

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ФАНЛАР
АКАДЕМИЯСИ**

АНДИЖОН ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

**«ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА,
НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА НОАНЪАНАВИЙ
ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ФИЗИКАСИНИНГ
ДОЛЗАРБ МУАММОЛАРИ» МАВЗУСИДАГИ
РЕСПУБЛИКА ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАНИ
МАТЕРИАЛЛАРИ
ТЎПЛАМИ**

Хозирги кунда жаҳон миқёсида, шунингдек Республикамизда ҳам энг кўп эътибор энергетика соҳасига, жумладан, қайта тикланувчи энергия манбаларини, микроэлектроника ва нанотехнологияларни ривожлантиришга қаратилмоқда. Бошқа томондан, жамиятда инсонларнинг энергия манбаларига бўлган эҳтиёжи ортмоқда. Бу эса бутун жаҳонда энергетика соҳасида илмий тадқиқот ишлари билан шуғулланаётган олимларнинг зиммасига бир қатор муаммоли вазифаларни юкламоқда.

Ушбу муаммоларни ҳал қилиш мақсадида ташиқил этилаётган илмий-амалий анжуманлар ёш олимларимизда билим ва кўникмаларни ривожлантиришга, мутахассислик бўйича эркин ва зеҳнли кадрларни тайёрлашга асос бўлади.

«Яримўтказгичли микроэлектроника, нанотехнологиялар ва ноанъанавий энергия манбалари физикасининг долзарб муаммолари»га бағишланган илмий-амалий анжуман соҳанинг:

- **Яримўтказгичлар физикасининг фундаментал ва амалий муаммолари;**
- **Яримўтказгичли микро- ва нано- электроника муаммолари ва истиқболлари;**
- **Яримўтказгичли фотовольтаиканинг тадқиқий ва амалий масалалари;**
- **Қайта тикланадиган энергия манбаларини ривожлантириш;**
- **Яримўтказгичлар физикаси ва қайта тикланадиган энергия манбалари мутахассисларини тайёрлашнинг ўқув-ташкилий ва методологик масалаларини ечишга қаратилган.**

Мазкур тўпламга Республикамизда фаолият кўрсатаётган мутахассислар, профессор-ўқитувчилар ва ёш тадқиқотчиларнинг «Яримўтказгичли микроэлектроника, нанотехнологиялар ва ноанъанавий энергия манбалари физикасининг долзарб муаммолари»га бағишланган илмий маърузаларининг тезислари киритилган.

Ташкилий қўмита аъзолари:

С.Зайнобидинов	- физика-математика фанлари доктори, академик, раис
Р.Алиев	- техника фанлари доктори, профессор, раис ўринбосари
А.Қурбонов	- физика-математика фанлари номзоди, доцент, бош муҳаррир
М.Абдувоҳидов	- докторант, муҳаррир ўринбосари
Ж.Гуломов	- магистрант.

Ушбу нашрда келтирилган барча маълумотлар ва фикр-мулоҳазалар муаллифларга тегишли бўлиб, таҳрир хайъати аъзоларининг фикрига мос келмаслиги мумкин. Нашрда келтирилган рақамлар, статистик маълумотлар, фикр-мулоҳазалар учун муаллифлар масъул ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси
Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги

Заҳриддин Муҳаммад Бобур номидаги Андижон давлат университети

**“ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА,
НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА НОАНЪАНАВИЙ ЭНЕРГИЯ
МАНБАЛАРИ ФИЗИКАСИНИНГ ДОЛЗАРЪ МУАММОЛАРИ”**

мавзусидаги

Республика илмий –амалий анжумани

Д А С Т У Р И

2021-йил, 7-8-октябрь, Андижон шаҳри

Конференция онлайн тартибда Zoom орқали ўтказилади

Конференция ID рақами: 869 1730 0220

Кириш пароли: 196690

Кириш учун қуйидаги линкдан фойдаланишингиз мумкин:

<https://us02web.zoom.us/j/86917300220?pwd=cGtjTitTbHjdWJkaWFPb1gwWXpiZz09>

АНЖУМАННИНГ ОЧИЛИШИ

КУН ТАРТИБИ:

1. Кириш сўзи. АДУ ректори, профессор А.С.Юлдашев
2. Кириш сўзи. ЎзРФА академиги Р.А.Муминов
3. Кириш сўзи. Андижон давлат университети профессори, академик С.Зайнобидинов

I ЯЛПИ МАЖЛИС

4. Имамов Э.З., Муминов Р.А. (ТАТУ, ФТИ АН РУз) ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛА СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА С НАНО РАЗМЕРНЫМИ ГЕТЕРО ПЕРЕХОДАМИ ПО ЕГО СВЕТОВОЙ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ
5. Гулямов Г. (НамМҚИ) ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ НАНОИПЛАРДА ЭЛЕКТРОНЛАР ЭНЕРГИЯ САТХЛАРИ ВА ТЎЛҚИН ФУНКЦИЯЛАРИ.
6. Разиқов Т.М. (ФТИ АН РУз) МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ ПЛЕНОК Sb₂Se₃ СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО ПУЧКОВОГО ОСАЖДЕНИЯ
7. Зайнабидинов С., Тургунов Н. (ИФПМ при НУУ) ВЛИЯНИЕ СКОПЛЕНИЙ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ НИКЕЛЯ НА КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ
8. Алиев Р.У., Гуломов Ж. (АДУ) МЕТАЛЛ НАНОЗАРРАЧАЛИ КРЕМНИЙ АСОСИДА МОДЕЛЛАШТИРИЛГАН ҚУЁШ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ХУСУСИЯТЛАРИ

Соат 12⁰⁰ - 12³⁰ танаффус

2018 йил, 7-октябрь, соат 12³⁰

II ЯЛПИ МАЖЛИС

9. Шарибаев М.Б. (НамТИ) ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЛУЧЕНИЙ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСИТОННЫХ ОБЛАСТЕЙ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ZnTe/GaAs
10. Сулаймонов С.Х. (ИМ АН РУз) СОЗДАНИЕ СЕЛЕКТИВНО ПОГЛОЩАЮЩИХ КЕРМЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ TiO₂-NiO ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОПРИЕМНИКОВ
11. Насриддинов С.С. (ИФПМ при НУУ) САМООРГАНИЗАЦИЯ КЛАСТЕРОВ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ Ni В КРЕМНИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ
12. Исаханов З.А. (ИИПЛТ АН РУз) ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ В КРЕМНИИ
13. Якубов К. (УрДУ) QUYOSH PANELLARIGA TASHQI OMILLAR TASIRI VA UNIBARTARAF QILISH IMKONIYATLARI
14. Сапарбаев А.А. (IPLTI) NOORGANIK CsPbI₃ PEROVSKIT QUYOSH ELEMENTLARINI ATMOSFERA SHAROITIDA IKKI MARTA SPIN QOPLASHNING SAMARADORLIGI

16⁰⁰-18⁰⁰-ШЎЪБАЛАР МАЖЛИСЛАРИ

АНЖУМАН ШЎЪБАЛАРИ:

1. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИНИНГ ФУНДАМЕНТАЛ ВА АМАЛИЙ МУАММОЛАРИ

Раис: академик Зайнобидинов С.

Котиб: доцент Мадаминов Х.

2021 йил, 8-октябрь

соат 9⁰⁰-10⁰⁰- шўъбалар мажлислари

2. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МИКРО- ВА НАНО- ЭЛЕКТРОНИКА МУАММОЛАРИ ВА ИСТИҚБОЛЛАРИ

Раис: профессор Ғуломов Ғ.

Котиб: катта ўқитувчи Бобоев А.

соат 10⁰⁰-11⁰⁰- шўъбалар мажлислари

3. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ФОТОВАЛТАЙКАНИНГ ТАДҚИҚИЙ ВА АМАЛИЙ МАСАЛАЛАРИ

Раис: профессор Алиев Р.

Котиб: доцент Абдуазимов В.

соат 11⁰⁰-12⁰⁰- шўъбалар мажлислари

4. ҚАЙТА ТИКЛАНАДИГАН ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ

Раис: профессор Далиев Х.

Котиб: доц. Эрматов Ш.

соат 12⁰⁰-13⁰⁰- шўъбалар мажлислари

5. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНАДИГАН ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ МУТАХАССИСЛАРИНИ ТАЙЁРЛАШНИНГ ЎҚУВ-ТАШКИЛИЙ ВА МЕТОДОЛОГИК МАСАЛАЛАРИ

Раис: проф. Джураев М.

Котиб: доц. Курбанов А.О.

соат 13⁰⁰-

III ЯЛПИ МАЖЛИС

Якуний ҳулосалар, Анжуманнинг ёпилиши

1-ШЎБА
ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИНИНГ ФУНДАМЕНТАЛ ВА АМАЛИЙ
МУАММОЛАРИ

ВЛИЯНИЕ СКОПЛЕНИЙ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ НИКЕЛЯ НА
КРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ МОНОКРИСТАЛЛОВ КРЕМНИЯ

С.З.Зайнабидинов¹, Н.А.Тургунов², Э.Х.Беркинов², Р.М.Турманова²

¹Андижанский государственный университет

²Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники
при Национальном университете Узбекистана

Твердые полупроводниковые кристаллические материалы применяемые в современной микро- и нанoeлектронике имеют различные дефекты. В зависимости от условий применения и различных внешних факторов эти дефекты могут оказать значительное влияние на свойства кристаллических материалов [1-3]. Поэтому, изучение дефектных состояний различной природы, наблюдаемых на поверхности или в объеме твердых кристаллических структур, в настоящее время является одной из важнейших в разработке новых технологий получения полупроводниковых материалов. Примесные атомы играют важную роль в модификации свойств полупроводниковых материалов. Атомы примесей могут образовывать с матрицей кристалла различные многокомпонентные скопления, которые в зависимости от условий легирования могут находиться в электрически активном или же в электронейтральном состоянии. Взаимодействие собственных структурных дефектов решетки и примесных дефектов безусловно влияют на физические свойства полупроводниковых материалов. Исходя из природы дефектов и закономерностей их взаимодействия, можно объяснить многие явления происходящих в кристалле при различных внешних воздействиях.

Следует отметить, что исследованию природы микро- и нановключений примесных атомов в полупроводниках посвящено достаточно много работ [4,5]. В них более подробно рассмотрены эффекты влияния примесных микродефектов на электрофизические, фотоэлектрические и оптические свойства полупроводников. В изучении свойств легированных полупроводниковых материалов сведения о последовательности процессов формирования примесных микровключений, их поведение под влиянием внешних воздействий представляет большой интерес с точки зрения управления электрофизическими параметрами данных материалов.

Одним из важных объектов исследований влияния скоплений примесных атомов на свойства полупроводникового кремния, является механические взаимодействия между примесных микровключений и окружающей его кристаллической структуры. Известно, что при образовании примесных скоплений в объеме полупроводниковых монокристаллов происходит деформация окружающей кристаллической структуры. В зависимости от размеров и внутренней энергии образующихся примесных микро- и нановключений, деформация кристаллической решетки может привести к существенному изменению электрофизических параметров полупроводникового материала. При условии, что рассматриваемые кристаллы содержат примеси, либо специально вводимые, так называемые легирующие примеси, либо неконтролируемые, микроскопическая неоднородность в распределении этих примесей обуславливает локальные изменения параметра решетки кристалла, приводящие к образованию дислокаций [6].

Результаты структурных исследований в образцах $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ показали, что в процессе диффузионного легирования при $T=1523\text{ K}$, с последующим быстрым охлаждением ($v_{\text{охл}}=400\text{ K/c}$), в объеме образцов формируются скопления примесных атомов различных размеров и форм. Как выяснилось, образующиеся примесные нановключения никеля с размерами до $d=600\text{ нм}$, имеющие иглообразную форму, оказывают существенное механическое воздействие на окружающую кристаллическую структуру кремния, в результате которого происходит образование дислокационных линий. На рис. 1 приведена типичная картина образующихся дислокационных линий, длина которых достигает до $\sim 1,5\text{ мкм}$. Как видно они образуются практически вокруг каждого примесного нановключения. А иногда в некоторых областях матричной структуры, окружающих подобные микровключения наблюдаются микротрещины, и это подтверждает то, что между границами нановключения–кристаллическая структура существует область высоких упругих напряжений, которое характерно для термодинамических неравновесных примесных скоплений.

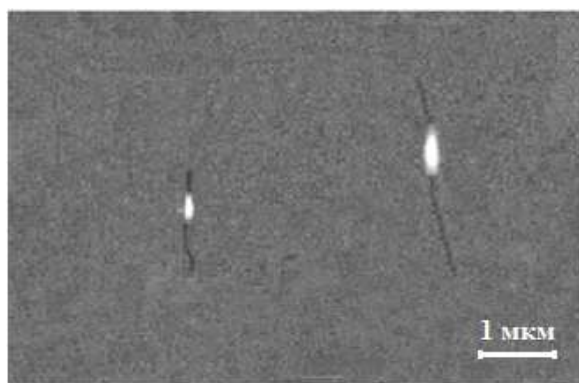


Рис. 1. Типичная картина дислокационных линий, образованных вокруг иглообразных нановключений никеля в кремнии.

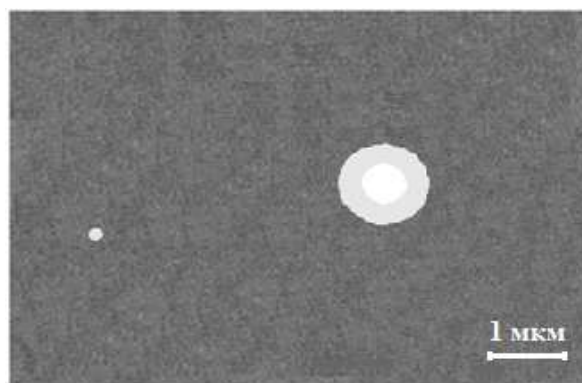


Рис. 2. Микроснимок окружающей структуры вокруг сферических микровключений никеля в кремнии.

Результаты изучения кристаллической структуры вокруг сферических микровключений с относительно крупными размерами ($d \geq 1\text{ мкм}$) в образцах $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ со скоростью охлаждения $v_{\text{охл}}=1\text{ K/c}$ после диффузионного отжига показали, что подобные микровключения не оказывают существенные механические воздействия на окружающую кристаллическую структуру кремния (рис. 2). На микроснимке, полученной с помощью электронно-зондового микроанализатора можно увидеть, что вокруг относительно крупных микровключений никеля в кремнии в кристаллической структуре существенных разрушений не наблюдается.

Таким образом, примесные нановключения никеля, с линзообразными формами, существенно воздействуют на окружающую кристаллическую структуру кремния. Размеры дислокационных линий, образующихся вокруг нановключений никеля и их плотность, в основном, зависят от размеров и формы нановключений. В отличие от них, примесные микровключения никеля со сферической формой не приводят к существенной деформации окружающей кристаллической структуры.

Литература

1. Backlund D.J., Estreicher S.K. Ti, Fe, and Ni in Si and their interactions with the vacancy and the A center: A theoretical study // Phys. Rev. 2010. В 81. Р. 235213.

2. Weber J., Scheffler L., Kolkovski V., Yarykin N. New Results on the Electrical Activity of 3d-Transition Metal Impurities in Silicon // Solid State Phenomena. 2014. Vols. 205-206. pp. 245-254.
3. Grafutin V.I., Prokop'ev E.P., Timoshenkov S.P. Gettering and synergetic approaches to the problem of silicon and silicon-based materials. // Review. Nanotechnology Research and Practice, 2014, vol. 1, no. 1, pp. 4-26.
4. Turgunov N.A. Formation of Cobalt Impurity Microinclusions in Silicon Single Crystals // Inorganic Materials. 2018. Vol. 54. No. 12. pp. 1183-1186.
5. Nakatsuka O., Hasegawa M., Kato K., Taoka N., Zaima Sh. Formation and crystalline structure of Ni silicide on Si(110) substrate // Japanese Journal of Applied Physics. 2014. Volume 53, Number 5S2. P. 05GA12.
6. Kveder V., Khorosheva M. Seibt M. Interplay of Ni and Au atoms with dislocations and vacancy defects generated by moving dislocations in Si. // Solid State Phenomena. 2016. Vol. 242. pp. 147-154.

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ В КРЕМНИЙ

З.А.Исаханов, А.Ш.Усмонкулов, Р.Джаббарганов, Р.Курбанов
Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз

Проводился методом ВИМС работы по изучению влияния объемных примесей и адсорбированных атомов на выход отрицательных ионов при бомбардировке кремния ионами цезия. Масс спектр отрицательных ионов кремния зафиксированных при комнатной температуре показало, что его состав богат адсорбированными атомами и молекулами. С увеличением температуры образца до 800°C , с поверхности кремния исчезало гидриды, гидроокислы и резко уменьшалась количество различных окислов. Результаты показали, что любое загрязнение поверхности примесными и адсорбированными атомами приводит к перераспределению химических связей и поверхностной структуры изучаемого материала и как следствие уменьшает выход отрицательных ионов. Были обнаружены влияние продолжительности ионной бомбардировки на состав масс спектров кремния. Это приводит к очистке поверхности от адсорбированных частиц легких масс (Н, С, О) и их соединения, также проявляются отрицательные ионы типа Si_n^- , где n достигает значений $n=5$. Сравнивались масс спектры не очень чистой поверхности и очищенный первичным пучком поверхности кремния более высоком вакууме, и выявлено, что легче расшифровать спектр, отражающий состав более чистой поверхности. Также было обнаружено, что с большой массой бомбардирующего иона можно зафиксировать молекулярные ионы с большими значениями « n » и интенсивности распыления ионов с большими « n » возрастает при увеличении массы бомбардирующего иона.

Полученные результаты также показывает, что при бомбардировке образцов ионами цезия, образования отрицательных ионов обладает особенностями, так как ионы цезия аномально и непропорционально усиливает выход различных отрицательных ионов. Это в свою очередь приводит к увеличению доли многоатомных ионов в масс-спектре распыления изучаемых образцов.

Проводился исследование элементного состава поверхности $\text{Si}(111)$, с использованием метода ВИМС, с предварительной имплантацией ионов Cs^+ на поверхность с последующим нагревом. Поверхность заранее очищенного $\text{Si}(111)$ бомбардировались ионами Cs^+ с $E_0=15$ кэВ при дозе $D \approx 2 \cdot 10^{16}$ ион $\cdot\text{см}^{-2}$. При этом концентрация Cs в ионно-легированном слое составляла $\leq 10^{19} \text{см}^{-3}$. После образец прогревался от $T=400\text{K}$ до 900K с интервалом 100K и измерялись изменение интенсивности пика I_{Si^-} . Прогрев при каждой температуре продолжался в течение 30 мин. При этом работа выхода ϕ поверхности изменялся от $4,2 \text{eV}$ до $\sim 1,8 \text{eV}$. Все измерение проводились после остывание мишени до комнатной температуры.

На основе анализа спектров ВИМС определены концентрации примесных атомов на поверхности $\text{Si}(111)$ (табл.). Из таблицы видно, что ВИМС отрицательных ионов со сниженной работой выхода не только дает возможность обнаружить малоколичественные примесные атомы, который невозможно регистрировать методом ЭОС, но и позволяет определить концентрации атомов с высокой точности, чем ЭОС.

Таблица

Концентрация атомов на поверхности чистого $\text{Si}(111)$

Метод	Концентрация примесных элементов (в ат.%)																		
	Si	C	O	N	Al	Cl	K	Ca	Mn	Cu	Zn	Ge	As	Sc	Sr	Ag	In	Na	Cs
ВИМС	97,8	0,5	0,6	0,5	0,01	0,05	0,05	0,03	0,01	0,005	0,001	0,055	0,000	0,001	0,05	0,05	0,03	0,05	0,1

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ НАНОИПЛАРДА ЭЛЕКТРОНЛАР ЭНЕРГИЯ САТХЛАРИ ВА ТЎЛҚИН ФУНКЦИЯЛАРИ.

Г.Гулямов¹, А.Б.Давлатов², Д.Р.Ўринбоев¹

¹Наманган муҳандислик-қурилиш институти

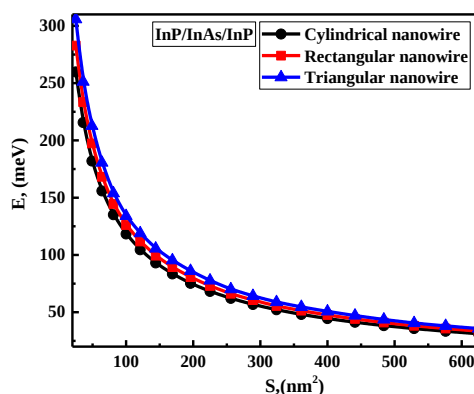
²ЎзРФА, Физика-Қуёш ИИЧБ, Физика-техника институти.

Бу ишда учбурчакли, тўртбурчакли ва цилиндрик наноипларда электронлар энергиясини ва тўлқин функциясини Шредингер тенгламасини ечиш орқали ҳисобланган. Ҳисоблашларни InP/InAs/InP гетеротузилмали чекли потенциалли квант ўраси учун бажарилган. Учбурчакли, тўртбурчакли ва цилиндрик наноиплардаги энергия сатхлари орасидаги умумийлик топишган. Энергия сатхлари ва тўлқин функцияларини аниқлашда электрон эффектив массаси ўзгариши ҳисобга олинган.

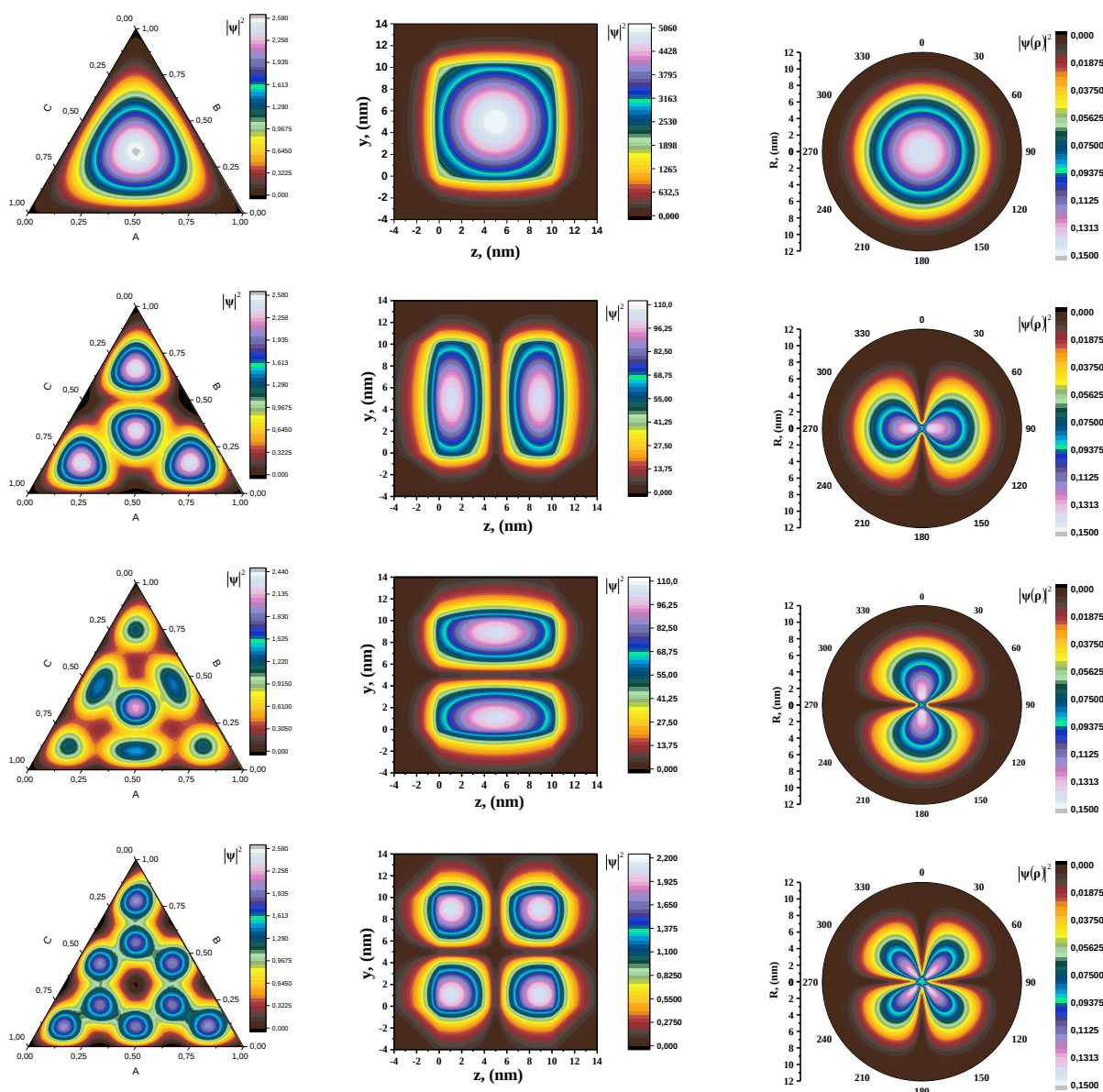
Ҳозирги кунда яримўтказгичли InP/InAs/InP гетеротузилма квант ўрасида электрон ва ковак энергиясини ҳисоблаш бўйича кўплаб ишлар олиб борилмоқда. [1],[2] ишларда наноиплар ўстириш технологиялари келтирилган ва турли хил ўлчамдаги наноиплар олинган. Тўғри тўртбурчак шаклидаги квант ипда электрон энергия спектри ва тўлқин функциясини аниқлаш учун [3] ишларда Шредингер тенгламасини турли-хил математик усуллар ёрдамида ечилган. Чекли потенциалга эга ва дисперсияси параболик бўлган цилиндрик квант ип учун Шредингер тенгламасини аналитик усулда [4],[5] ишларда ечилган. Турли шаклдаги чекли чуқур потенциал ўрали квант ипдаги зарралар тўлқин функцияси ва энергиясини аниқлашда барер ичида ва ўра ичида зарра массаси ўзгаришини ҳисобга оламиз. Шредингер тенгламаси фақат у ва z йўналишда аниқланган бўлади.

$$-\frac{\hbar^2}{2m^*}\nabla^2\psi(\vec{r})+V(\vec{r})\psi(\vec{r})=E\psi(\vec{r})$$

Ҳисоблашларни кўрсатишича учбурчакли, тўртбурчакли ва цилиндрик наноипларда кўндаланг қирқим юзалари тенг бўлганда электронлар энергия сатхлари бир-бирига жуда яқин бўлар экан (1-расм).



1-расм. Учбурчакли, тўртбурчакли ва цилиндрик наноипларда электронлар биринчи сатх энергияларини иплар кўндаланг қирқим юзасига боғлиқлиги



2-расм. Учбурчакли, тўртбурчакли ва цилинрик наноипларда электронлар биринчи тўртта сатх тўлқин функцияси тасвири

Адабиётлар

1. P. Mohan, J. Motohisa, T. Fukui. Controlled growth of highly uniform, axial/radial direction-defined, individually addressable InP nanowire arrays. *Nanotechnology* 16 (2005) 2903–2907.
2. J. Motohisa, J. Noborisaka, J. Takeda, M. Inari, T. Fukui. Catalyst-free selective-area MOVPE of semiconductor nanowires on (111)B oriented substrates. *J. Cryst. Growth* 272 (2004) 180–185.
3. G. Gulyamov, A.G. Gulyamov, A.B. Davlatov, B.B. Shahobiddinov. Electron Energy in Rectangular and Cylindrical Quantum Wires. *J. Nano-Electron. Phys.* 12 No 4, 04023, (2020).
4. G. Gulyamov, A.G. Gulyamov, A.B. Davlatov, Kh.N. Juraev. Energy Levels in Nanowires and Nanorods with a Finite Potential Well. *Hindawi. Advances in Condensed Matter Physics. Volume 2020, Article ID 4945080, 12 pages.*
5. G. Gulyamov, A.B. Davlatov, S.T. Inoyatov, S.A. Makhmudov. Calculation of the energy levels and wave functions of electrons in nanowires by the shooting method. *Journal of Applied Science and Engineering*, 2021. Vol. 25, No 1, Page 31-36.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО ЗАРЯДА В СЛОЕ SiO₂ МНОГОСЛОЙНЫХ СТРУКТУР

И.Н.Каримов, В.А.Абдуазимов, М.Б.Фозилжонов

Андижанский государственный университет

В целях выявления подвижного заряда в слое окисла исследуемых структур металл – диэлектрик – полупроводник, проводились их термополяризации в электрическом поле $E=10^6$ В/см при температурах 100-300⁰С. На таких структурах до облучения γ - квантами не отмечались появление подвижного заряда (т.е. не было сдвига на C-V кривых). Следовательно, хлорное выращивание достаточно хорошо стабилизирует свойства окисла.

Однако, облучение γ - квантами снижало термополевою стабильность такого окисла, что выражалось в появлении подвижного заряда в окисле. Все это стимулировало исследование влияния γ - облучения непосредственно на диэлектрические свойства окисла стабилизированного хлором.

Как известно, диэлектрические свойства материала исследуются обычно с помощью измерения температурных и частотных свойств тангенс угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости: ТКЕ, являющегося характеристикой степени упорядоченности материала при повышенных температурах, а именно, если $TKE>0$, то тогда величина энтропии $S>0$, при поляризации диэлектрика степень упорядоченности понижается, а если $TKE<0$ то тогда $S<0$, то поляризации диэлектрика с повышением температуры происходит упорядоченности материала ($TKE = \frac{1}{\epsilon} \frac{d\epsilon}{dT}$).

Исследование $tg\delta$ и ϵ проводился в области температур 80-240 К на частотах 30-850 кГц. Все результаты приведены для частоты 150 кГц.

Для измерений воспользовались методикой Элдридес - Лейборинг [1] (J.Appl.Physics.40 №4p.192-30.1969).

По этой методике температурная зависимость диэлектрических потерь измеряется на структуре, смешанной в область обогащения, для исключения влияния поверхностных состояний и объемного заряда в полупроводнике, т.е. работаем на половине C-V характеристики, что соответствует емкости диэлектрика. Экспериментальные результаты показали, что при измерении $tg\delta$ двуокиси кремния выращенного в присутствии хлора до облучения отмечается слабая температурная зависимость до 140 К и в области 180-20 К релаксационной максимум.

При этом емкость диэлектрика почти не зависит от температуры, т.е. $TKE=0$, что характерно для хороших диэлектриков.

После облучения образцов γ - облучения 10^6 рад, на зависимости $tg\delta$ от T наблюдались два релаксационных максимума, при $T=120K$ и при $T=220K$. ёмкость SiO₂ увеличивалась. С повышением температуры, ТКЕ в начале уменьшался, достигал насыщения, а потом возрастал, т.е. повышение T в какой-то степени приводила к упорядочению материала, для того чтобы определить роли хлора в стабилизации диэлектрических SiO₂ проведено аналогичные измерения на образцах, у которых SiO₂ выращивалась без хлорной пассивации.

Как показали результаты, до облучения у таких структур $tg\delta$ с T возрастает. Релаксационные максимумы не наблюдались.

Ёмкость резко возрастает, с повышением температур степень SiO₂ увеличивается. Облучение таких структур приводило к резкому ухудшению всех диэлектрических параметров.

Таким образом выращивание SiO₂ в хлоросодержащей среде приводит к стабилизации диэлектрических свойств окисла после облучения γ - квантами. Можно предположить, что пленки SiO₂, выращенная без хлора имеет различного рода дефекты и видимо способствует большим значениям tg δ и ТКЕ и их сильной зависимости от температуры. Внесение хлора в SiO₂ способствует как бы «залечиванию» таких дефектных мест путем связывание возможных кислородных и кремниевых вакансий с образованием Si-Cl и Si-O-Cl связей, что проявляется в слабой зависимости tg δ и ТКЕ от температуры.

Облучение γ – квантами дозой 10⁶ рад, как бы расшатывает эти связи, но все же не приводит к полному их разрыву. И на зависимости tg δ от Т наблюдаем два релаксационных пика: первый с энергией активации ~0,1 эВ, а второй ~0,3 эВ.

Литература

1. Eldridge T.M. Polarization of Thin Phosphosilicate Glass Films in MGOS structures. Y.A.P. vol.40, 4, pp.192-30, 1966

САМООРГАНИЗАЦИЯ КЛАСТЕРОВ ПРИМЕСНЫХ АТОМОВ Ni В КРЕМНИИ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ

С.С.Насриддинов, М.И.Маннанов

Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники
Национального университета Узбекистана

Данная работа посвящена электрофизическому исследованию примеси <Ni> на p-Si кристаллах с ориентацией (111). Для этого на поверхность кремния химическим способом осаждали никель из раствора. Процесс никелирования проводился в следующем порядке, в посуду для никелирования наливался электролит (без аммиака и гипофосфита натрия) и нагревался на плитке до $80\div 90^{\circ}\text{C}$, затем в раствор добавлялся аммиак, гипофосфит натрия и в этот электролит опускались кремниевые пластины. Время никелирования составляло 1 мин. Температура электролита контролировалась ртутным термометром. Диффузию никеля в кремний осуществляли в диффузионной печи. Температура диффузии, контролировалась платина-платино-родиевой термопарой, расположенной непосредственно рядом с ампулой. Выдерживали при температуре 1200°C в течение 60 минут, с последующим быстрым охлаждением.

Известно, что наличие атомы никеля в кристаллах полупроводников могут находиться в виде отдельных изолированных атомов в узлах и междоузлиях кристаллической решетки, может значительно изменять электрофизические свойства кремния и структур на его основе, а также поведение в нем электроактивных центров с участием собственных точечных дефектов кристалла. В данной работе приводятся оригинальные и новые экспериментальные результаты по самоорганизации нанокластеров атомов никеля в решетке кремния. Нами определены оптимальные термодинамические условия формирования нанокластеров и исследованы их свойств.

Установлено, что нанокластеры однородно распределены по всему объему и их концентрация составляет $N \approx 10^{14} \div 10^{15} \text{ см}^{-3}$. Результаты исследования электрических и фотоэлектрических свойств контакта кластер – кремния, методом четырехзондового исследования показали, что вольтамперная характеристика таких контактов аналогична ВАХ барьера Шоттки с большим коэффициентом выпрямления.

Литература

1. Мартинес-Дуарт Дж.М. Мартин-Палама Р.Дж. Агулло-Руеда Ф. Нанотехнология для микро-и оптоэлектроники. Москва. Техносфера, 2009, 368с.
2. Долгий А.Л., Прищепа С.Л., Петрович В.А., Бондаренко В.П. Особенности электрохимического осаждения никеля в мезопористый кремний. Доклады БГУИР. 2012 № 1 (63)
3. Насриддинов С.С., Атахонов А.С. Терморезисторы на основе кремния с кластерами атомов никеля. Фундаментальные и прикладные вопросы физики. Материалы меж. конференции. 2010г.с.309

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБЛУЧЕНИЙ НА ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЭКСИТОННЫХ ОБЛАСТЕЙ ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ПЛЕНОК ZnTe/GaAs

М.Б.Шарибаев¹, Ш.Баймуратов², А.Уразбоева¹, Ш.Қаландарова¹

¹Каракалпакский Государственный Университет имени Бердаха

²Нукусский филиал Ташкентского университета информационных технологий

Аннотация: Интерес к излучению квантово-размерных структур на основе A2B6 материалов обусловлен возможностью изготовления на их базе инжекционных источников когерентного [1] и некогерентного излучения, а также излучателей с электронной накачкой [2], перекрывающих практически весь видимый диапазон. Методом низко температурной фотоотражения, фотолюминесценции (НТ ФЛ T=4,2 и 77 K) исследовались качества эпислея ZnTe и границы раздела ZnTe/GaAs.

Ключевые слова: фотолюминесценция (ФЛ), фотоотражения (ФО), эпитаксиальные пленки.

Интерес к излучению квантово-размерных структур на основе A2B6 материалов обусловлен возможностью изготовления на их базе инжекционных источников когерентного [1] и некогерентного излучения, а также излучателей с электронной накачкой [2], перекрывающих практически весь видимый диапазон.

Спектр НТ ФЛ ЭС ZnTe-GaAs рассматривалась в трех энергетических областях:

1. Область связанных экситонов и переходов на маленькие уровни из зоны проводимости (519-550 нм).
2. Область излучения донорно-акцепторных пар (550-590 нм).
3. Область, соответствующая излучательной рекомбинации на глубоких дефектах (590-775 нм).

Методика эксперимента

Квантово-размерные структуры выращивались методом молекулярно-лучевой эпитаксии на установке “Катунь”. Методом низко температурной фотоотражения, фотолюминесценции (НТ ФЛ T=4,2 и 77 K) исследовались качества эпислея ZnTe и границы раздела ZnTe/GaAs. Измерения спектров фотолюминесценции, PL, и отражения ($R(\lambda)$), проводились при 4.2 и 77 K на спектральном приборе с разрешением ≤ 0.5 мэВ. Спектры PL возбуждались излучением Ar лазера модели LGN-503 с $\lambda_1=0,5145$ и $\lambda_2=0,4880$ мкм. Облучение электронами с энергией 1,8 МэВ и интегральным флюенсом 4×10^{16} см⁻² проводили на импульсном ускорителе ИЛУ-6 в следующем режиме: длительность импульса 700 мкс, частота 25 Гц, плотность электронного тока в импульсе $3,5 \times 10^{14}$ см⁻²·с⁻¹. Как видно из рисунка рис. 1, на кривой отражения, $R(\lambda)$, наблюдаются особенности, связанные с экситонными резонансами тяжёлых и лёгких ($I_{FX^{lh}}$ и $I_{FX^{hh}}$, отмечено стрелками) дырок. По положению и по расщеплению резонансов легких и тяжелых дырок в спектрах отражения была вычислена величина остаточных упругих деформаций. Остаточные упругие деформации $\epsilon(\epsilon_{xx} = \epsilon_{yy})$ были вычислены по формуле [3]: $\Delta E = 2b \cdot \epsilon \cdot (S_{11} - S_{12}) / (S_{11} + S_{12})$, где $\Delta E = F_X^{lh} - F_X^{hh}$ (мэВ); деформационный потенциал $b = +1,30$ эВ; коэффициенты упругости $S_{11} = 2,4 \cdot 10^{-11}$ и $S_{12} = -0,87 \cdot 10^{-11}$ м²·Н⁻¹. Величина деформаций растяжения составила $\epsilon = 6,5 \cdot 10^{-4}$, 77 K.

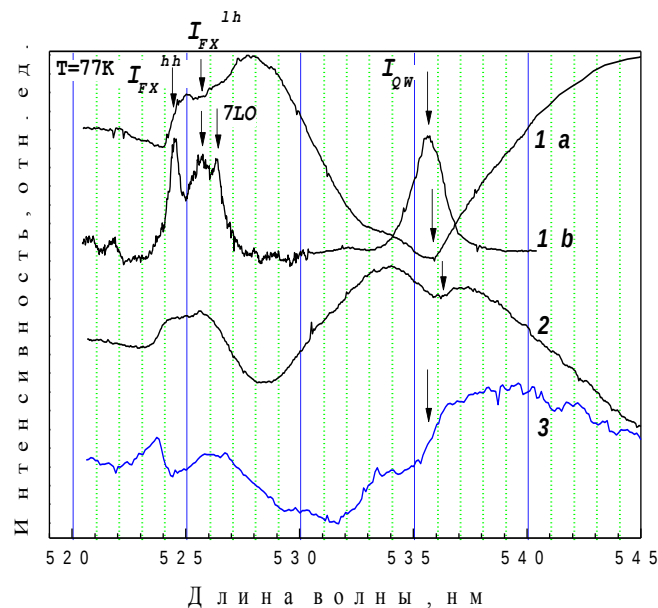


Рис. 1. Спектры отражения, $R(\lambda)$, исходного буферного ZnTe слоя без квантово-размерных слоев до (кривая 1) и после облучения электронами (кривая 2)

После облучения происходило незначительное смещение особенностей экситонного резонанса в сторону меньших длин волн и уменьшение величины ΔE по отношению к исходному образцу. Величина деформаций для облучённого образца составила величину $\varepsilon = 6.24 \cdot 10^{-4}$, 77 K, т.е. произошла релаксация упругих деформации на величину $(\varepsilon_0 - \varepsilon_f) / \varepsilon_0 \cdot 100\% = 4\%$ где $\varepsilon_{0,f}$ - деформации в исходном (облучённом) образце, соответственно. Изменение величины упругих деформаций, вычисленное из спектров низкотемпературной PL того же образца, исходного и облученного электронами, по смещению положения полосы, связанного на тяжёлой дырке (I_{FX}^{hh}) экситона ($h\nu_0 = 2.3800$ эВ, 4.2 K) составило величину $\Delta\varepsilon = 1.6 \cdot 10^{-5}$, что достаточно хорошо согласуется с данными, полученными из спектров отражения при 4.2 K [3].

По спектрам экситонных линий были идентифицированы природа дефектов в эписле, так и на границе раздела. Было установлено существенно неоднородное распределение Ga в приповерхностной области. Оказалось, что у самой поверхности ЭС ZnTe концентрация галлия существенно возрастает т.е. происходит собрание галлия вблизи поверхности роста. Одновременно происходит увеличение концентрации V вблизи поверхности.

После облучения происходит смещение положения особенностей экситонного резонанса в сторону меньших длин волн. Это связано с заметной релаксацией (уменьшением) напряжений после облучения. Механизм радиационно-стимулированной релаксации напряжений в квантово-размерных структурах может быть связан с генерацией протяженных и точечных дефектов или с изменением состава ямы при интердиффузии ее компонент.

Кроме особенностей, связанных с экситонами в буферном слое, в спектрах отражения $R(\lambda)$ при энергии, совпадающей с максимумом излучения от квантовой ямы (I_{QW}) наблюдаются накладывающиеся на интерференционную картину особенности, которые “следят” за смещением максимума ФЛ при облучении. Эти особенности смещаются при рентгеновском облучении в сторону меньших энергий, а при облучении быстрыми электронами – в сторону больших энергий.

Предполагается, что доноры Ga диффундируют их GaAs подложки в пленку ZnTe в процессе роста. В области гетерограницы ЭС- подложка отчетливо проявляется полоса ФЛ 810-860 нм. Видно полоса $\lambda = 833,4$ нм, соответствующая переходу e-Zn. Следы

остаточного акцептора Zn на фоне гораздо более интенсивных переходов связанных с остаточными примесями показывает, что происходит диффузия Zn в подложку GaAs. Переходной слой пленка-подложка формируется в процессе роста, а вовсе не вследствие классической гетеродиффузии компонент в пленке и подложке [4-5].

Выводы

После облучения электронами в эпитаксиальных пленках наблюдается смещение в коротковолновую сторону экситонных линий от буферного ЭС, под КЯ, что свидетельствует об уменьшении напряжений растяжения в этом слое. Поскольку в одиночном буферном ЭС (ZnTe) релаксация практически отсутствует, то можно полагать, что в сложной гетероструктуре радиационно-стимулированная релаксация напряжений в основном происходит между ямами и барьерами (связанных с рассогласованием параметров ям и барьеров).

Литература

1. Иванов С.В., Торопов А.А., Сорокин С.В. и др. //ФТП.-1998.-Т.32.-С. 1272.
2. Басов Н.Г., Дианов Е.М., Козловский В.И. и др.// Квантовая электроника.-1995.-Т.22.-С.756.
3. Журавлев К.С., Якушева Н.А., Шамирзаев Т.С. и др. Влияние легирования гадолинием висмутового раствора-расплава на остаточные примеси в эпитаксиальном GaAs // ФТП. 2003. Т. 27. № 9. С.1473-1479.
4. Воронина Т.Н., Лагунова Т.С., Саморуков Б.Е., Стругов Н.А. Свойства эпитаксиальных слоев арсенида галлия, легированных редкоземельными элементами // ФТП. 1988. Т. 22. № 1. С. 147-150.
5. Wu M.C., Chiu C.M. Very High Purity InP Layer Grown by Liquid-Phase Epitaxy Using Erbium Gettering // J. Appl. Phys. 1993. V. 73. № 1. P. 468-70.

МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРИМЕСНЫХ МИКРОВКЛЮЧЕНИЙ НИКЕЛЯ В ОБРАЗЦАХ n-Si<Ni>

Э.Х.Беркинов¹, К.И.Вахабов², Н.А.Тургунов¹, Д.Х.Нурмирзаева¹

¹НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз

²Ташкентский государственный технический университет.

Современные кремниевые термодатчики, в которых чувствительным элементом является р-п-переход, широко применяются в создании автоматических электронных устройств. Благодаря высокой технологичности изготовления и стабильности работы они занимают ведущее место в производстве датчиков температуры. Разработка миниатюрных термодатчиков с улучшенными параметрами, позволяющих встраивать их в системы дистанционного контроля температуры объекта, является еще одним из актуальных направлений полупроводниковой микроэлектроники. Создание новых моделей высокочувствительных датчиков требует изучения и использования новых материалов, которые могут обладать более широкими функциональными возможностями: стабильными параметрами, быстродействием и возможностью использования в различных условиях. В данной области определенный интерес представляют функциональные возможности легированных, в частности, сильнокомпенсированных полупроводниковых материалов. В объеме таких материалов происходят физические процессы, которые существенно воздействуют на их электрофизические и фотоэлектрические свойства [1-4]. Это проявляется в изменении таких параметров полупроводников, как концентрация носителей заряда, удельное сопротивление, энергия активации примесей, фотопроводимость, фоточувствительность и др. Поэтому изучение структурных свойств монокристаллов кремния, легированных элементами 3d переходных металлов для возможного использования при создании новых термодатчиков, представляет особый интерес.

Технология получения легированных монокристаллов кремния с воспроизводимыми параметрами является достаточно сложной и требует тонкого подхода в выборе параметров исходного материала и легирующей примеси. В зависимости от условий легирования и сильной компенсации существенно меняются не только растворимость или коэффициент диффузии легирующих элементов, но и распределение носителей заряда в энергетических состояниях и электронной структуре дефектов, а также энергетические уровни примесных атомов. В связи с этим, в настоящей работе исследованы морфологические параметры примесных микровключений никеля в монокристаллах кремния.

Образцы n-Si<Ni> были получены на основе исходного материала – монокристаллического кремния марки КЭФ с удельным сопротивлением $\rho=10$ Ом·см, выращенного методом Чохральского. Легирование проводили путем диффузии никеля при $T = 1523$ К, в течение 2 часов. После диффузионного отжига образцы охлаждались с разными скоростями охлаждения: «быстрой» скоростью $v_{\text{охл}}=400$ К/сек и «медленной» скоростью $v_{\text{охл}}<1$ К/сек. Морфологические параметры примесных микровключений никеля в монокристаллах кремния были исследованы с помощью метода электронно-зондового микроанализа.

Результаты структурных исследований полученных образцов кремния, легированного никелем, показали, что в их объеме образуются примесные микровключения, имеющие различные геометрические формы и размеры. Оказалось, что морфологические параметры этих микровключений, в основном, зависят от значения скорости охлаждения $v_{\text{охл}}$ после диффузионного отжига. В образцах n-Si<Ni> с быстрым

охлаждением $v_{\text{охл}}=400$ К/сек после диффузионного отжига образуются микровключения с размерами до 1 мкм. Электронно-микроскопический анализ таких микровключений показывает, что они имеют иглообразную, дискообразную, линзообразную или сложную многогранную форму (рис. 1). Кроме того, они имеют однослойную структуру, и их плотность по объему образцов достигает $\sim 10^5$ см⁻³.

В объеме образцов $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$, полученных с $v_{\text{охл}} < 1$ К/сек после диффузионного отжига образуются микровключения с относительно крупными размерами (до 7 мкм) и имеют, в основном, сферическую форму. Такие микровключения состоят из нескольких слоев, т.е. имеют многослойную структуру.

Результаты исследований химического состава примесных микровключений никеля в кремнии, с использованием метода



Рис. 1. Снимок примесных микровключений в образцах $n\text{-Si}\langle\text{Ni}\rangle$ со скоростью охлаждения $v_{\text{охл}}=400$ К/сек.

энергодисперсионной спектроскопии показали, что в зависимости от их размеров и формы микровключений, содержание атомов никеля в их объеме отличаются. В относительно мелких микровключениях ($d \leq 1$ мкм) процентная доля атомов никеля по объему составляет $\sim 25\%$. В более крупных сферических микровключениях с диаметром $d > 2 \cdot 10^{-6}$ м, которые состоят из нескольких слоев, в центральном слое это значение достигает до $\sim 75\%$. В последующих слоях, по направлению к поверхности микровключения, это значение уменьшается.

Таким образом, при высокотемпературном диффузионном легировании монокристаллов кремния никелем образуются микровключения примесных атомов с различными размерами, формами и химическим составом. При этом значение скорости охлаждения образцов, после диффузионного отжига играет существенную роль в процессе формирования примесных микровключений. Микровключения примесных атомов, сформированные в объеме кремния, используемого в качестве подложки для будущих микроприборов и схем, являются источником дополнительных носителей заряда, которые влияют на электрофизические свойства данного материала, а приповерхностная их часть может играть существенную роль в работе сформированной на такой подложке структуры, дополнительно повышая ее эффективность, особенно принимая во внимание, что плотность примесных скоплений вблизи поверхности существенно больше того, что наблюдается при движении в глубину образцов.

Литература

1. Фистуль В.И. Атомы легирующих примесей в полупроводниках. –М.: 2004. - 432 с.
2. Булярский С.В., Цыганцов А.В. Термодинамика формирования металлических кластеров // Журнал: Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. (Пенза). №1. 2009. С. 139-144.
3. Zainabidinov S.Z., Musaev K.N., Turgunov N.A., Turaev A.R. Dopant microassociation mechanisms in $\text{Si}\langle\text{Mn}\rangle$ and $\text{Si}\langle\text{Ni}\rangle$ // Inorganic Materials. 2012. Vol. 48. Issue 11. pp. 1065-1069.
4. Таланин В.И., Таланин И.Е. Применение диффузионной модели образования ростовых микродефектов для описания дефектообразования в термообработанных монокристаллах кремния // ФТТ. 2013. том 55. вып. 2. С. 247-251.

МИКРОСТРУКТУРА И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТОНКИХ ПЛЕНОК Sb_xSe_y ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ХМПО ОТ ОТДЕЛЬНОСТИ ИСТОЧНИКА ЭЛЕМЕНТОВ Sb И Se

Т.М.Разыков, К.М.Кучкаров, Б.А.Эргашев, Р.Р.Хуррамов,
М.Махмудов, Д.З.Исаков, С.Р.Жумабоев

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз

В настоящее время, предлагаемый нами материал Sb_2Se_3 является пригодным для тонкопленочных солнечных элементов. Это обусловлено тем, что физические свойства данного материала то есть, р-тип проводимость, запрещенная зона $E_g=1,1\div 1,3$ эВ, высокий коэффициент поглощения $\alpha > 10^5 \text{ см}^{-1}$, низкая температура плавления и высокое парциальное давление дает возможность выращивать высококачественные пленок при низких температурах. Кроме того, элементы входящие в эти материалы имеют относительно низкую стоимость (распространенность в природе), стабильность при внешних воздействиях и нетоксичность. Это даст возможность изготовить экологически чистые и эффективные солнечные модули, а также откроют пути их широкого изготовления в промышленном масштабе.

В настоящее время эффективность тонкопленочных солнечных элементов на основе Sb_2Se_3 составляет $3\div 9\%$ [1].

Эффективность солнечного элемента на основе Sb_2Se_3 сильно зависит от физических свойств базового слоя. На сегодняшний день для получения базового слоя в солнечных элементах применяются безвакуумные, высоковакуумные и низковакуумные методы [2]. Однако, электропроводимость пленок Sb_2Se_3 полученных этими методами очень низкая $\sim 10^{-8} \div 10^{-6} (\text{Ом}\cdot\text{см})^{-1}$. Улучшение структурные и электрические свойства базового слоя Sb_2Se_3 даст возможность повышения эффективности данного солнечного элемента.

В данной работе были исследованы микроструктура и электрические свойства тонких пленок Sb_xSe_y различного состава, полученных методом химически молекулярно-пучкового осаждения (ХМПО) на подложках из чистого стекла и стекла с предварительно нанесенным $0,6 \mu\text{m}$ слоем молибдена при температуре подложки 500°C .

Получение пленок Sb_xSe_y методом ХМПО подробно описано в работе [3]. В качестве исходного вещества, были использованы элементы Sb и Se полупроводниковой чистоты (99,999%), которые испарялись в потоке водорода при атмосферном давлении. Температурный интервал испарения материалов Sb и Se для выращивания пленок находился в пределах $800^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$ для Sb, а для Se $400^\circ\text{C} - 500^\circ\text{C}$ соответственно.

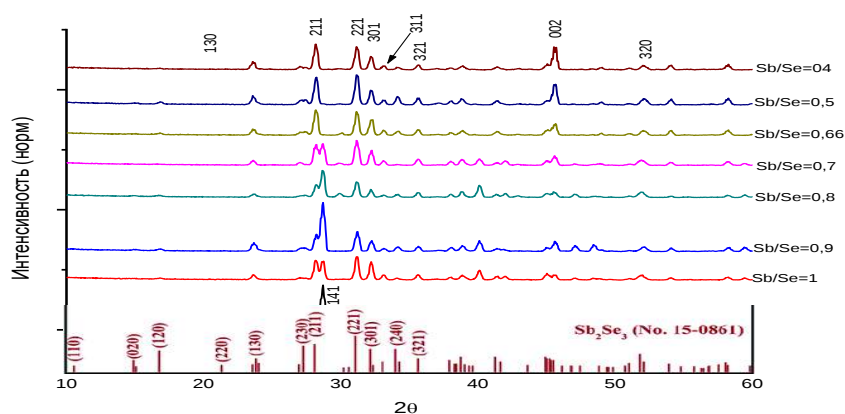


Рис 1. Рентгенограммы пленок Sb_xSe_y на стекле с подслоем молибдена.

На рис. 1 представлены рентгенограммы тонких пленок с различными соотношениями Sb/Se . Все тонкие пленки имеют заметные пики, хорошо согласующиеся со стандартной картой JCPDS (№ 15–0861) орторомбической фазы Sb_2Se_3 без каких-либо обнаруживаемых примесей. Два основных дифракционных пика (211) и (221) показывают высокую интенсивность, указывающая на высококристаллическую природу пленки с преимущественной кристаллографической ориентацией вдоль (hk1).

Полученные электрофизические параметры приведены в таблице 1. Как видно из таблицы 1, с увеличением соотношения парциального давления элементов Sb/Se в диапазонах $x=0,3 \div 0,66$ электропроводимость ($\sim 10^{-5}$ (Ом•см) $^{-1}$) пленок Sb_xSe_y почти не изменилась. Было наблюено резкое увеличение проводимости с 10^{-5} (Ом • см) $^{-1}$ при $Sb/Se \geq 0,66$ до 10^2 (Ом • см) $^{-1}$ при $Sb/Se = 0,9$, и она почти не меняется до тех пор, пока $Sb/Se = 1,22$. Более того, установлено изменение типа проводимости носителей заряда в зависимости от соотношения Sb/Se . Образцы имели р-тип проводимости в диапазоне составов $0,3 \leq Sb/Se \leq 0,7$, а при $0,8 \leq Sb/Se \leq 1,22$ n-тип. В то время была обнаружена инверсия типа проводимости при $Sb/Se = 0,7$, что соответствует стехиометрическому составу Sb_2Se_3 .

Таблица 1. Тип проводимости, электропроводимости и энергии активации образцов, полученных при различных соотношениях Sb/Se .

Sb/Se	0,3	0,5	0,7	0,8	0,9	1,22
Тип проводимости	р	р	р	п	п	п
Электропроводимость (Ом•см) $^{-1}$, при 300К	$3,8 \cdot 10^{-5}$	$4,38 \cdot 10^{-5}$	7,1	36	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$
Энергия активации (мВ)	230; 140	230; 140	~3	~3	~3	~3

Для объяснения изменения электропроводимости полученных образцов в зависимости от соотношения элементов Sb/Se были изучены температурные зависимости электропроводимости. Из этих зависимостей найдены энергии активации образцов различного состава. Энергия активации пленки составляет около 230 мэВ для высокотемпературной области и 140 мэВ для низкотемпературной области. В то время, образцы полученные при $Sb/Se = 0,7$; 0.8 и 0.9 имели вырожденный полупроводник (уровень Ферми расположен на краю зоны проводимости) с энергией активации ~ 3 мэВ (таблица 1). Энергии активации $E_a = 230$ мэВ и 140 мэВ соответствуют «дефекту 2» и «дефекту 1», соответственно, описанные в работе [4]. Высказывается предположение, что в образцах с высоким содержанием селена преобладающими дефектами являются вакансии сурьмы V_{Sb} и антиструктурный дефект Se_{Sb} . В то время как для образцов с высоким содержанием сурьмы преобладающими дефектами являются вакансии селена V_{Se} и межузельная сурьма Sb_i .

Литература

- [1] T. Razykov, A. Mavlonov, Fazal Raziqa, Jiantuo Gana, Jakapan Chantanac, Yu Kawanoc, Takahito Nishimurad, Haoming Weie, Andriy Zakutayev, Takashi Minemotoc, Xiaotao Zua, Sean Lig, Liang Qiaoa. A review of Sb_2Se_3 photovoltaic absorber materials and thin-film solar cells. Solar Energy, v. 201, pp.227-246.;
- [2] X.M. Wang, R.F. Tang, Y.W. Yin, H.X. Ju, S.A. Li, C.F. Zhu, T. Chen, Interfacial engineering for high efficiency solution processed Sb_2S_3 solar cells, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 189 (2019) 5–10.; X. Liu, J. Chen, M. Luo, M. Leng, Z. Xia, Y. Zhou, S. Qin, D.J. Xue,

- L. Lv, H. Huang, D. Niu, J. Tang, Thermal evaporation and characterization of Sb_2S_3 thin film for substrate $\text{Sb}_2\text{Se}_3/\text{CdS}$ solar cells, ACS Appl. Mater. Interfaces 6 (2014) 10687–10695.
- [3] Razykov T. M. Chemical molecular beam deposition of II-VI binary and ternary compound films in gas flow. Applied Surface Science, 1991, v.48/49, N1, p.p.89-92.
- [4] Xiaobo Hu, Jiahua Tao, Guoen Weng, et.al. *Investigation of electrically-active defects in Sb_2Se_3 thin-film solar cells with up to 5.91% efficiency via admittance spectroscopy*, Sol. Energy Mater. and Sol. Cells 186 (2018) 324–329

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКОВ В УСЛОВИЯХ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ $p\text{-Si-n-Si}_{1-x}\text{Sn}_x\text{-n}^+\text{-Si}_{1-x}\text{Sn}_x$ ($0 \leq x \leq 0.04$) - СТРУКТУР

Х.М.Мадаминов

Андижанский государственный университет

Полупроводниковые $p\text{-n-p}^+$ -структуры на основе твердых растворов кремний-олово представляют существенный интерес для твердотельной электроники и весьма важно иметь ясное представление о вольт-амперной характеристике (ВАХ) этих структур.

Исходя из этого было поставлена цель данной работы – исследования особенностей комнатного ВАХ $p\text{-n-p}^+$ -структур на основе твердого раствора “кремний-олово”.

Для этого сначала рассмотрим возможности образования твердых растворов замещения на основе Si и Sn, связанных с условиями образования непрерывных твердых растворов замещения. Эти условия приведены в работе [1] в виде

$$\Delta z = (z_{Si} + z_{Si}) - (z_{Si} + z_{Sn}) = 0, \quad (1)$$

где z_{Si} и z_{Sn} - валентности атомов кремния и олова, соответственно.

Суммы ковалентных радиусов атомов молекул Si_2 и Sn имеют близкие значения, тогда из условия [1] можно получить:

$$\Delta r = |(r_{Si} + r_{Si}) - (r_{Si} + r_{Sn})| = |2,34 \text{ \AA} - 2,51 \text{ \AA}| = 0,17 \text{ \AA} \approx 0,073 \cdot (r_{Si} + r_{Si}) < 0,1 \cdot (r_{Si} + r_{Si}), \quad (2)$$

где r_{Si} и r_{Sn} - ковалентные радиусы атомов кремния и олова по Полингу соответственно. Из (2) видно, что отличие суммы ковалентных радиусов атомов молекул Si_2 и $SiSn$ составляет порядка 7.3%, следовательно, эти компоненты удовлетворяют условию образования непрерывного твердого раствора замещения, представленной в [1].

Таким образом, замещение Si_2 молекулой $SiSn$ не сильно деформирует кристаллическую решетку, при этом энергия упругих искажений кристаллической решетки будет незначительной и твердый раствор замещения в виде $Si_{1-x}Sn_x$ является стабильной твердой фазой.

В ходе поставленных экспериментов были измерены темновые ВАХ (рис. 1). Измерение ВАХ было проведено при комнатной температуре $T=293$ К в режимах прямого тока (рис. 1а). Прямым считалось направление тока в структуре, когда к контакту с тыльной стороны прикладывался положительный потенциал.

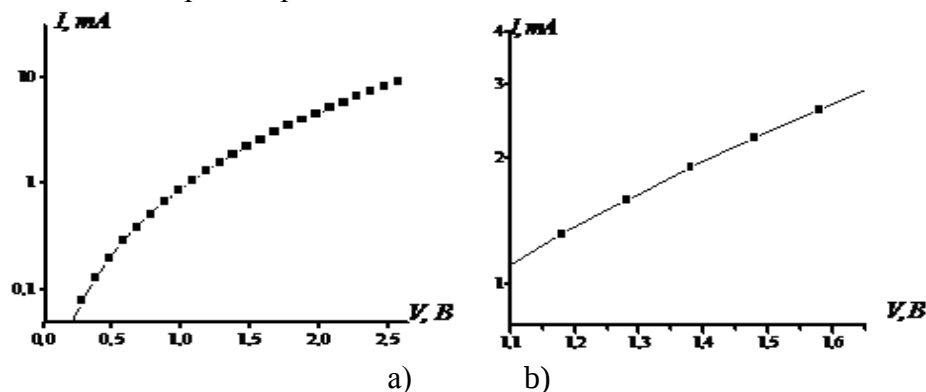


Рис. 1. Прямые ветви ВАХ $p\text{Si-nSi}_{1-x}\text{Sn}_x$ гетероструктур (а) и их сублинейные участки (б) при комнатной температуре

ВАХ исследованных образцов содержит сублинейный участок. На рис. 1b изображен сублинейный участок ВАХ, перестроенный в полулогарифмическом масштабе. Нетрудно убедиться, что в этих координатах сублинейный участок выпрямляется. Это свидетельствует о том, что он удовлетворительно описывается экспоненциальной зависимостью типа

$$V \approx V_0 \cdot \exp(JA) \quad (3)$$

Теоретические исследования процессов амбиполярного транспорта неравновесных носителей в р-п-п⁺-структурах показывают, что ВАХ, описываемое выражением (3), может возникать в условиях эффекта инжекционного обеднения, впервые предсказанного Лейдерманом, Карагеоргий-Алкалаевым [2].

Этот эффект имеет место в условиях развитой аккумуляции носителей у п-п⁺-перехода п-базы, обуславливающей встречные направления диффузии и дрейфа. При этом благодаря инжекционной модуляции заряда глубоких примесей имеет место спад концентрации неравновесных носителей тока п, линейный рост скорости амбиполярного дрейфа v_a с ростом тока в виде

$$v_a = a \cdot D_p \cdot J \quad (4)$$

$$a = \frac{1}{2qN_t D_n} \quad (5)$$

где q - заряд электрона, D_n , D_p - коэффициенты диффузии электронов и дырок соответственно; N_t - концентрация глубоких примесей.

Как показано в [3, 4] коэффициент A в (3) определяется по формуле

$$A = a \cdot W \quad (6)$$

где W - длина п-базы.

График $I(V)$ на рис. 1b позволяет оценить параметра «а» по формуле

$$a = \frac{\ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) \cdot S}{(J_1 - J_2) \cdot W} \quad (7)$$

где S – площадь поперечного сечения образца. Вычисление по формуле (5) показывает, что значения параметра $a=6.58 \cdot 10^3$ см/А и концентрация глубоких примесей ответственных за появление сублинейного участка в виде (3), при комнатной температуре, значение которого составляло $N_t=5.3 \times 10^{12}$ см⁻³.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что наличие сублинейного участка на ВАХ р-п-п⁺-структур на основе твердых растворов кремний-олово связано с эффектом инжекционного обеднения.

Литература

- [1]. Саидов А.С. Твердые растворы многокомпонентных полупроводниковых соединений с нанодфектами и примесные вольтаические эффекты в фотоэлементах // Гелиотехника. 2006. Т. 1, № 4. С.48-54.
- [2]. Leiderman A.Yu., Karageorgy-Alkalaev P.M. On the theory of sublinear current-voltage characteristics of semiconductor structures // *Solid State Communications*, 1978, vol. 25, iss. 10. pp.781-783. DOI: [https://doi.org/10.1016/0038-1098\(78\)90529-X](https://doi.org/10.1016/0038-1098(78)90529-X)
- [3]. Зайнабидинов С.З., Лейдерман А.Ю., Каланов М.У., Усмонов Ш.Н., Бобоев А.Й. Особенности электрофизических свойств р-п структур на основе непрерывного

твёрдого раствора n-Ge – p-(Ge₂)_{1-x-y}(GaAs)_x(ZnSe)_y // Узбекский физический журнал. 2015. Т. 17, № 5. С.301-305.

[4]. Saidov A.S., Leyderman A.Y., Usmonov S.N. et al. Effect of Injection Depletion in p-Si-n-(Si₂)_{1-x}(ZnSe)_x (0 ≤ x ≤ 0.01) heterostructure. Semiconductors. 2018. vol. 52, no. 9. pp.1188-1192. DOI: <https://doi.org/10.1134/S1063782618090142>.

ЗАВИСИМОСТЬ ЗАСЕЛЕННОСТИ УРОВНИ ЛАНДАУ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ

П.Ж.Байматов¹, Б.Т.Абдулазизов², М.С.Тохиржонов¹¹Наманганский государственный университет²Физико-технический институт АН РУз

При наличии магнитного поля приложенного перпендикулярно к плоскости квантовой ямы - спектр носителей становится полностью дискретным. При изменении магнитного поля меняется положение уровни Ландау, расстояния между ними, а также кратность вырождения уровней. Когда уровень Ферми пересекает уровни Ландау – ряд термодинамических величин потерпят резкое изменение. Это наблюдается в магнитных осцилляционных явлениях, например осцилляции магнетосопротивлении, восприимчивости, химического потенциала, намагниченности, теплоемкости и т.д.

Проведен численный расчет температурной зависимости химического потенциала при различных значениях фактора заполнения ν уровня Ландау. Найдена степень заполнения каждого уровня Ландау в зависимости от температуры. Обсуждаются влияние теплового возбуждения происходящего как внутри - так и между уровнями Ландау на изменения химического потенциала с температурой.

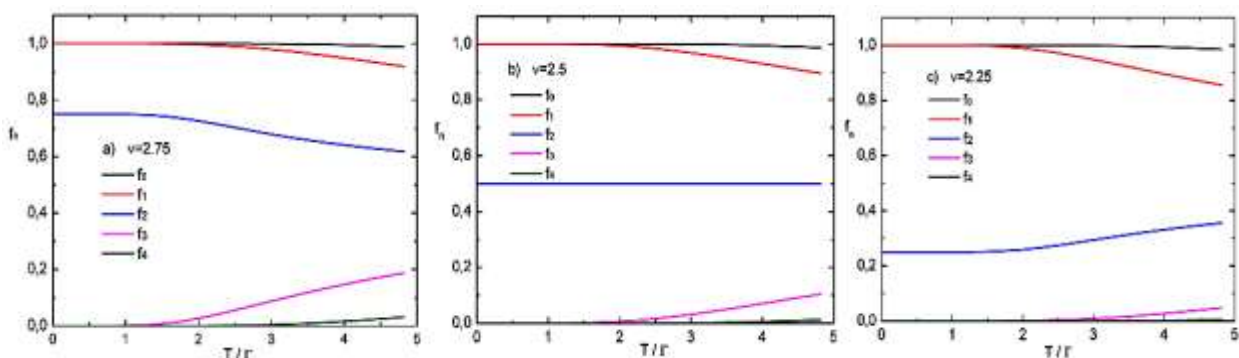
Для заданной температуры T , концентрации n_s , параметра уширения уровня Γ и магнитного поля B - химический потенциал 2D электронного газа $\mu(T, B, \Gamma)$ можно найти из уравнений [1-4]

$$n_s = D\hbar\omega \sum_n \int_0^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}\Gamma} \exp\left[-\frac{(\varepsilon - \varepsilon_n)^2}{2\Gamma^2}\right] f(\varepsilon, \mu, T) d\varepsilon \quad (1)$$

Фактор заполнения ν определяется как $\nu = n_s / D\hbar\omega$.

С помощью уравнение (1) можно определить заселенности каждого уровня в зависимости от T, Γ, ν . Графики этих зависимости представлены на рисунке, где энергия Ферми лежит вблизи второго уровня Ландау, $\nu = 2.75, 2.5, 2.25$ и для GaAs принято $m^* = 0.067m_0$, $n_s = 0.36 \times 10^{12} \text{ cm}^{-2}$, $\Gamma = 0.5 \text{ meV}$.

В случае (а) $\nu = 2.75$ - энергия Ферми лежит выше, чем второго энергетического уровня $\varepsilon_F > \varepsilon_2$. С ростом температуры, начиная с $T \geq \Gamma$, доминируют тепловые переходы между уровнями $\varepsilon_2 \rightarrow \varepsilon_3$. Заселенность 2-го уровня f_2 уменьшается, а 3-го уровня f_3 растет, а заселенность 1-го начинает меняться позднее. Причина наблюдения такой картины заключается в следующем: интенсивность тепловых переходов пропорционально заселенности начальных f_i и количество свободных конечных f_F состояний. Поэтому тепловые переходы $2 \rightarrow 3$ интенсивнее, чем переходы $1 \rightarrow 2$.



Аналогично можно судит и случай (с), где 2-й уровень заполнен меньше наполовину $\nu = 2.25$. Здесь, тепловые переходы $1 \rightarrow 2$ интенсивнее, чем переходы $2 \rightarrow 3$, и поэтому оно проявляется раньше, при температурах $T \geq T_c$.

В случае (b), 2-й уровень заполнен ровно наполовину $\nu = 2.5$. Здесь, интенсивности тепловых переходов $1 \rightarrow 2$ и $2 \rightarrow 3$ равны. Число электронов уходящих из 2-го уровня к 3-му уровню полностью компенсируется приходящими электронами из 1-го. Поэтому заселенность 2-го уровня f_2 не меняется с температурой.

Литература

- [1] Ramos A.C.A., Farias G.A., Almeida N.S. Thermodynamics of a Quasi-two Dimensional Electron Gas: Effects of Magnetic Fields, Temperature and Finite Width. *Physica E: Low-Dimensional Systems and Nanostructures*. **43**, 2011. 1878-1881 p .
- [2] W. Zawadzki, R. Lassnig, Magnetization, Specific heat, Magneto-thermal Effect and Thermoelectric Power of Two-dimensional electron gas in a Quantizing Magnetic Field, *Surface Science* **142**, 225-235 (1984)
- [3] Cristine Villagonzalo , Rayda Gammag, The Intrinsic Features of the Specific Heat at Half-Filled Landau Levels of Two-Dimensional Electron Systems, *J Low Temp Phys* (2011) **163**: pp.43–52, doi 10.1007/s10909-010-0259-3
- [4] I. Fezai, S. Jaziri, Thermodynamic properties of Landau levels in InSb two-dimensional electron gas, *Superlattices and Microstructures* **59**, (2013), pp. 60–65

YUQORI ENERGIYALI ZARRACHALAR OQIMINI KREMNIYNING ELEKTROFIZIK VA REKOMBINATSIYAVIY HUSUSIYATLARIGA TA'SIRI

Z.Ahmedova, SH. Oripov, A.O.Kurbanov
Andijon davlat universiteti

Yarimo'tkazgichlar radiatsiyaviy fizikasi oldida turgan muammolardan biri yarimo'tkazgichli moddalarning elektrofizik, fotoelektrik va boshqa hususiyatlarini radiatsiyaviy nurlanishlarga barqarorligini oshirishdir [1]. Kremniy yarimo'tkazgichida radiatsiyaviy nurlanishlar natijasida sodir bo'ladigan fizikaviy jarayonlar mexanizmlarini aniqlash va ular asosida tayyorlangan asbob va qurilmalarning ishlash vaqtini uzaytirish dolzarbdir [2]. Ma'lumki, yarimo'tkazgichlarda radiatsiyaviy nurlanishlar ta'sirida radiasion nuqsonlar hosil bo'ladi [3]. Radiasion nuqsonlar ko'p hollarda yarimo'tkazgich moddasidagi zaryad tashuvchilar kontsentratsiyasi, harakatchanligi va ularning yashash vaqtiga ta'sir qiladi.

Kremniyda olib borilgan ilmiy izlanishlar natijalari, ya'ni kremniy moddasi radiatsiya nuri bilan nurlantirilganda hosil bo'lgan radiatsiyaviy nuqsonlarning energetik sathlari quyidagi jadvalda keltirilgan.

Jadval.

Kremniy yarimo'tkazgichida hosil bo'ladigan ayrim radiatsiyaviy nuqsonlar parametrlari

Nuqson	Bel-gisi	Zaryad holati	Energetik sath, eV	Sath turi	Tutib olish kesimi (σ_n, σ_p), sm^2	Emirilish temperaturasi, K	Emirilish aktivatsiya energiyasi, eV
Vakansiya	V	V^- V^0 V^+	$E_c-0,09$ $E_c-0,11$ $E_v+0,2$ $E_v+0,05$	A D A D	$\sigma^0=5 \cdot 10^{-17}$	60-90 150-180	
Bivakansiya	W	W^- W^- W^0 W^+	$E_c-0,23$ $E_c-0,4$ $E_c-0,54$ $E_v-0,21$	A A D D	$\sigma_n^-=5 \cdot 10^{-16}$ $\sigma_n^0=4 \cdot 10^{-15}$ $\sigma^0=2 \cdot 10^{-16}$	550	< 1,5
A- markaz	V-O	$(V-O)^-$ $(V-O)^0$	$E_c-0,18$	A	$\sigma_n^0=2 \cdot 10^{-16}$ $\sigma^-=2 \cdot 10^{-14}$	600-620	1,3
E- markaz	V-P	$(V-P)^-$ $(V-P)^0$	$E_c-0,4$	A	$\sigma_n >> 10^{-16}$ $\sigma_p \sim 10^{-13}$	400-420	0,9-1,3
Vakansiya-bor	V-B	$(V-B)^0$ $(V-B)^-$	$E_v+0,45$	D		300	0,42

Bu energetik sathlardan bir nechta bir vaqtini o'zida radiatsiya natijasida hosil bo'lib, ulardan ba'zilar moddada yuz beradigan rekombinatsiyaviy jarayonlarga ta'sir qilishi mumkin.

Kuchsiz legirlangan ($n_0 >> p_0$, $n_0 >> p_1$, $n_0 < n_1$) n-tur kremniyda nurlanish dozasini ortishi bilan akseptor tabiatli E_t kompensirlovchi markazni kontsentratsiyasi ortadi, natijada Fermi energetik sathiga yaqinlashib boradi. Bu holda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar yashash vaqti quyidagi ifoda bilan topiladi:

$$\tau = \tau_{p0} + \tau_{p0} e^{\frac{E_t - F}{kT}} \quad \text{yoki} \quad \frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau_0} = \frac{\sigma_p \nu}{e^{\frac{E_t - F}{kT}}} \cdot N_t \quad (1)$$

bu yerda $\tau_0 = \tau_{p0}$ – asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning radiatsiyaga qadar yashash vaqti; N_t - radiatsiyaviy nuqson hosil qilgan tutib qoluvchi markaz kontsentratsiyasi ($N_t = \Phi \cdot \Delta(E_b)$), bu

yerda $\Delta(E_b)$ - radiatsiya ta'sirida rekombinatsion markaz hosil bo'lish ehtimolligi, Φ - nurlanish dozasi), $f_e(E_t - F) = e^{-\frac{E_t - F}{kT}}$ - tutib qoluvchi markazni elektron bilan to'lish va shu bilan birga kovaklarni tutib olishga tayyorlik ehtimolligi.

Yuqoridagi belgilashlarni hisobga olgan holda (1) ifodani umumiy holda quyidagicha yozish mumkin:

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{\tau_0} = \Delta(E_b) \sigma_c \cdot v \cdot f_b(F - E_t) \cdot \Phi = K\Phi \quad (2)$$

$K = \Delta(E_b) \cdot \sigma_c \cdot v \cdot f(F - E_t)$ - radiatsiya ta'sirida asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning o'zgarishidagi doimiy koeffitsient bo'lib, u zaryad tashuvchilar kontsentratsiyasiga (n_0 , p_0), radiatsiya ta'sirida E_t markazlar hosil bo'lish tezligiga, elektron va kovaklarni tutib qolish ko'ndalang kesim yuzasiga (σ_s) va Fermi energetik sathi (F) ga bog'liqdir; v - elektron va kovaklarning issiqlik tezligi.

$$v = \sqrt{3(kT / m^*)} = \sqrt{(3 \cdot 0,026 \cdot 1,6 \cdot 10^{-12}) / (9,1 \cdot 10^{-28}) \cdot (m^* / m_0)} \cdot \sqrt{T / T_0} \quad (3)$$

Kremniy uchun ($T=T_0=300$ K) $v_n=2 \cdot 10^7$ sm/s va $v_p=1,6 \cdot 10^7$ sm/s

Ba'zi hollarda, nurlanishda zaryad tashuvchilarning diffuziyanishi o'zgarishini ko'rsatuvchi koeffitsient K_L ishlatiladi (τ ni L bilan bog'liqligi quyidagicha ifodalanadi: $L = \sqrt{D\tau}$, bu yerda D- asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilarning diffuziya koeffitsienti). Yuqorida aytib o'tilganlarga ko'ra (2) ifodani quyidagi ko'rinishda yozish mumkin:

$$\frac{1}{L^2} = \frac{1}{L_0^2} = K_L \Phi \quad (2.28)$$

bu yerda L_0 - yarimo'tkazgichdagi nurlanishdan oldingi zaryad tashuvchilarning diffuziyanish uzunligi.

Kremniyda yuqori dozalarda nurlantirish orqali hosil qilingan tugunlararo hususiy atomlar (I), vakansiyalar (V) va yuqori darajada legirlash yordamida hosil qilingan, chuqur energetik sath hosil qiluvchi kirishmalar atomlari klasterlari kremniy moddasining elektrofizik, rekombinatsiyaviy va fotoelektrik xususiyatlarini belgilab beradi. Elementar radiatsiyaviy nuqsonlarning kirishma atomlari klasterlari bilan o'zaro ta'sirini o'rganish uchun gamma nurlanishi alohida qiziqish uyg'otadi, chunki bu nurlanish kremniyda faqat vakansiyalar va tugunlararo atomlarning paydo bo'lishiga olib keladi. Shuni qayd etish kerakki, yuqori energiyali nurlanishlar har doim ham yarimo'tkazgichli asboblarning parametrlarini yomonlashtirmaydi, balki ma'lum bir dozalarda ularni yaxshilashi ham mumkin. Buni quyidagicha tushuntirish mumkin. Yarimo'tkazgich asboblarni tayyorlashdagi texnologik jarayonlarning takomillashmaganligi L ni kamaytirishga olib keladigan turli nuqsonlarni hosil qiladi. Bu nuqsonlar kichik nurlanish dozalarida parchalanib, tartiblangan strukturalar sonini ko'payishiga va L ni kattalashishiga olib kelishligi aniqlangan.

Adabiyotlar

1. Makhkamov Sh., Karimov M., Khakimov Z., Begmatov K., Kurbanov A.O., Odilova N. Interaction of deep impurities with radiation defects in n-Si at γ -irradiation. Radiation Effects and Defects in Solids 2005, 160(8), c. 349-356.
2. Зайнобидинов С., Курбанов А.О. Влияние γ - радиации на рекомбинационные и фотоэлектрические свойства кремния, легированном никелем. Узбекский физический журнал. 2018. №2. (20), С.105-111.
3. Пагава Т. А. Исследование рекомбинационных центров в облученных кристаллах p-Si // Физика и техника полупроводников. –Санкт-Петербург, 2004, -том 38, вып. 6. -С.665-669.

ЧАНГЛАНГТУВЧИ – ПИРОЛИЗ УСУЛИ БИЛАН SnO_2 , ZnO ВА Zn_2SnO_4 МЕТАЛЛООКСИД ҚАТЛАМЛАРИНИ ОЛИШ.

Х.А.Махмудов

Андижон машинасозлик институти докторанти

Ушбу ишда чанглангтувчи – пиролиз усули билан SnO , ZnO ва Zn_2SnO_4 юпқа металлоксид қатламларининг ҳосил қилиш имкониятлари ўрганилган. Чанглатувчи пиролиз усули арзон, вакуум талаб қилмайдиган кукун ва юпқа парда шаклидаги материалларни синтез қилиш усул ҳисобланади. Юпқа парда ҳолида, одатда, улар жуда кўп турдаги тагликларда ўстирилиши мумкин.

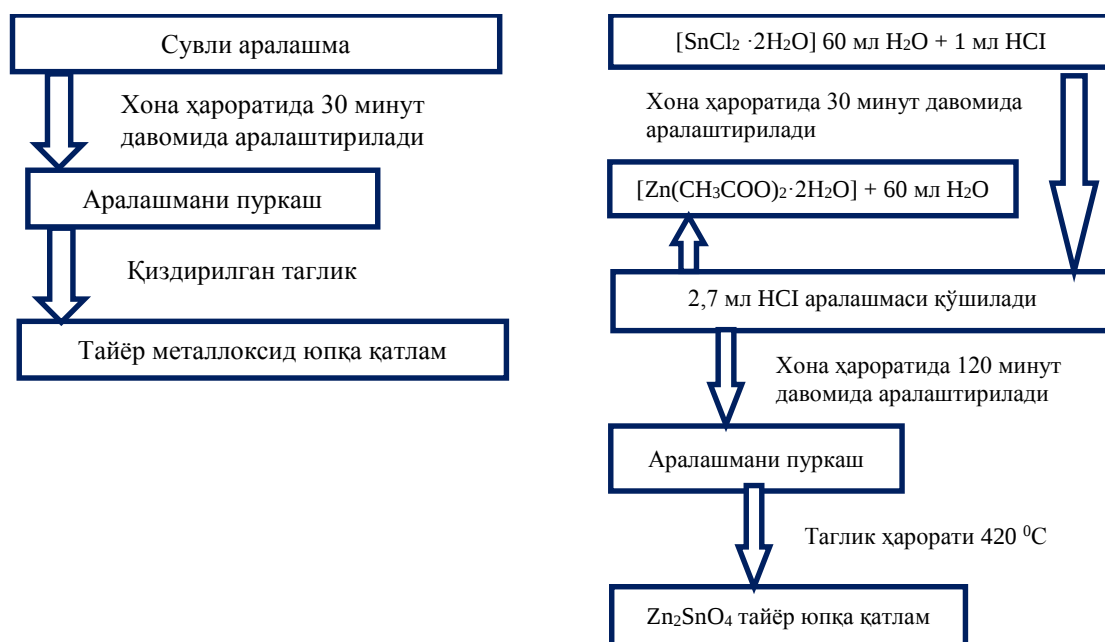
Спрей пиролиз [1] усули билан эритмалар микропрепаратларга мўлжалланган (ГОСТ 9284-75) 26x76x1 мм ўлчамли предмет ойнасида ўстирилади. Ушбу ойна 245x60 мм ўлчамли ИҚ керамик қиздиргич элементи билан қиздирилди. Сиртдаги ҳароратлар фарқини минимал қилиш учун предмет ойнаси иситгич бўйлаб марказга жойлаштирилди. Ҳарорат HoldPcak hp-1500 пирометри билан ўлчанди. Қиздиришда 300 дан 500 °C гача турли ҳароратлар синаб кўрилди ва SnO_2 , ZnO ва Zn_2SnO_4 лар учун оптимал деб 420°C танланди. Бу усул билан эритмадан оксид қатламни ўстириш учун сопло диаметри $d = 0.3$ мм бўлган ОРН1R АС004Д аэрограф ёрдамида аэрозол ҳосил қилинди. Аэрографдаги ҳаво босими ёғсиз поршенли компрессор АS186 ёрдамида олинди.

SnO_2 ва ZnO , ларнинг синтези мос металл тузларнинг эритмаларидан амалга оширилди. Қалай оксиди юпқа пардасини синтез қилиш учун прекурсор сифатида қалай – хлорид $[\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ дан фойдаланилди, цинк оксиди эса цинк ацетатидан $[\text{Zn}-(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ синтезланди. Эритмадаги металл тузлари миқдори 0.25 М концентрацияга мос келди. Мис оксиди (II) синтези мис хлорид $[\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ нинг сувдаги эритмасидан синтезланди, бунда эритмадаги миснинг моляр миқдори 0.1М ни ташкил қилди. Эритувчи сифатида 200 мл ҳажмли дистрланган сувдан фойдаланилди. Қалай хлоридни сувдаги гидролизидан сақланиш учун унга 1 мл хлорид кислотаси қўшилди. Кейин эритма 30 минут давомида аралаштирилди. Аралаштириш ҳона ҳароратида IKA RH basic2 магнитли аралаштиргич билан амалга оширилди. SnO_2 ва ZnO юпқа пардаларни спрей – пиролиз усули ёрдамида олишнинг соддалаштирилган схемаси 1-расмда келтирилган.

SnO_2 ва ZnO юпқа пардаларни чанглатиш 2 бар ҳаво босимида, 8мл/мин тезликда олиб борилди. Чанглатувчи туйнукдан дастлаб қиздириб олинган предмет ойнасигача бўлган масофа 85 см ни ташкил этди. SnO_2 юпқа парда 18 минут давомида бир қават қилиб ўстирилди. Кўп қатламли ZnO юпқа пардаси таглик ҳарорати ни тиклаб олиш учун 1 минутдан, 30 секунд танаффус билан амалга оширилди. Шу усулда 14 қатлам ҳосил қилинди.

Станнат цинк юпқа пардасини синтези учун прекурсор сифатида цинк ацетати $[\text{Zn}-(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ ва қалай хлориди $[\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ танланди. Zn_2SnO_4 бирикмани синтезида цинк ацетати $[\text{Zn}-(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ цинк оксиди манбаи сифатида, қалай хлориди $[\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ эса қалай оксиди манбаи сифатида фойдаланилди. Эритмадаги цинк ацетати ва қалай хлоридининг моляр муносабати 2:1 қилиб олинди. Ҳисобланган цинк ацетати ва қалай хлорид миқдори иккита эритма ҳосил қилиш учун дистрланган сувда эритилди. Тузлар гидролизини олдини олиш учун қалай хлоридга хлорид кислотаси HCl қўшилди. Кейин икки эритма аралаштирилиб, охириги эритмада чўкма ҳосил бўлади ва яна хлорид кислотаси қўшилади. Кейинги аралаштириш ҳона ҳарорати да 2 соат давом этирилди. Спрей-пиролиз усули билан Zn_2SnO_4 юпқа пардасини

олишнинг соддалаштирилган схемаси 2 – расмда келтирилган.



1 – расм. SnO_4 ва ZnO юпқа пардаларни спрей-пиролиз усули билан олиш схемаси

2 – расм. Спрей-пиролиз усули билан Zn_2SnO_4 юпқа пардасини олиш схемаси

Кўп қатламли юпқа пардани ўстириш меъёри 1.5 минут қиздирилган таглик сиртига узлуксиз аэрозол бериш ва таглик сирти ҳарорати ни тўла тиклаш учун 40 секундли танаффусдан иборат бўлди. Тагликкача бўлган масофа 85 см ни ташкил этди. Натижада бир циклда таглик сиртида 1 қатлам ҳосил бўлди, ҳаммаси бўлиб 7 қатлам Zn_2SnO_4 юпқа пардаси ўстирилди

Адабиётлар

1. Максимов А.И., Мошников В.А., Таиров Ю.М., Шилова О.А Основы золь-гель-технологии нанокompозитов.

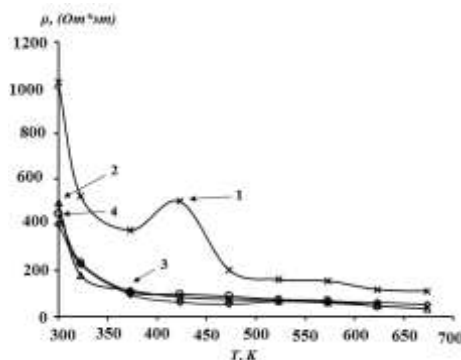
ИШҚОРИЙ МЕТАЛЛ АТОМЛАРИНИНГ ГРАНУЛЛАНГАН КРЕМНИЙНИНГ ЭЛЕКТРОФИЗИК ХОССАЛАРИГА ТАЪСИРИ

З.М. Сохибова

Андижон давлат университети

Ҳозирги кунда ишқорий металл атомларининг монокристал кремний ҳамда поликристал кремний асосидаги яримўтказгичли асбоблар ва қуёш элементларининг электрофизик ва фотоэлектрик хоссаларига таъсири етарли даражада ўрганилган, шунингдек, уларда киришмали ҳолатларнинг ҳосил бўлиш механизмларини тушунтириш учун физик моделлар ва механизмлар таклиф этилган [1, 79 б; 3, 140 б; 4, 72 б; 5, 36 б; 6, 361 б]. Адабиётлар таҳлиliga кўра, ишқорий металл (Na, Cs, K) атомлари электрон ўтказувчанликнинг ҳосил қилиши кремний асосида p-n тузилмалар олиш имконини бериши [8, 95 б], тез ҳаракатчанлиги билан нуқсонларни бартараф қилиши яримўтказгичли асбоблар ва қуёш элементларининг радиация нурлари оқимиға чидамлилигини ошириши кўрсатиб берилган [2, 970 б; 7, 221 б]. Ишқорий металл атомлари поликристал кремний ҳажмидаги донаторликлараро чегара соҳаларида адсорбланиши ёки десорбланиши ҳисобига киришмали ҳолатлар ҳосил қилиши, уларни заряд кўчиш жараёнларига кучли таъсир қилиши эътироф этилган [8, 198 б]. Бундан ташқари, [9, 79 б] ишда, ишқорий металл атомлари киритилиши кукунли технология асосида олинган поликристал кремнийнинг электрофизик хоссаларини яхшилаши кўрсатиб берилган. Бундай тадқиқотларнинг кўплигига қарамасдан, ишқорий металл атомларининг грануллиланган кремнийда заряд кўчиш жараёнларига таъсири, кришмали ҳолат ва уларда электрон-ковак жуфтликларининг ҳосил бўлиши ҳамда уларни тушунтириш механизмлари ўрганилмаган соҳалардан бири ҳисобланади.

Таъкидлаш жоизки, тайёр кремний грануласига ишқорий металл атомлари киритилганда, яримўтказгич-метал тузилмага эга, яримўтказгич-метал контакти ҳосил бўлиши кузатилади. Бу ҳолда, ишқорий металл атомларининг грануллиланган кремнийдаги заряд кўчиш жараёнларига таъсири яримўтказгич-метал контакти ҳодисаларига боғлиқ бўлади. Яна ҳам аниқроқ айтганда, бундай тузилмада ишқорий металл атомларининг грануллиланган кремний ва кремний-оксид қатламдаги заряд кўчиш жараёнларига таъсири, икки туташган соҳада киришмали ҳолат ва электрон-ковак жуфтликларининг ҳосил бўлиш механизмларини ўрганиб бўлмайди. Бизнинг тадқиқотимиз мақсадига кўра, грануллиланган кремний ва кремний-оксид қатламдаги заряд кўчиш жараёнларига ишқорий металл атомларининг таъсирини, икки туташган соҳада кришмали ҳолат ва электрон-ковак жуфтликларининг ҳосил бўлиш механизмларини ўрганишга қаратилган.



1-расм. Солиштирма қаршилиқининг температураға боғлиқлиги:
1 – Si, 2 – Na, 3 – Cs, 4 – K атомлари киритилган грануаларга тегишли

Таркибига ишқорий металл атомлари киритилган (2, 3 ва 4) гранулланган кремний солиштирма қаршилиги (ρ) нинг температурага боғлиқлиги 1-расмда тасвирланган. Олинган натижаларни таққослаш мақсадида ишқорий метал атомлари киритилмаган гранулланган кремнийнинг солиштирма қаршилиги (1) ҳам келтирилган. Тадқиқот натижаларидан кўринадики, таркибига ишқорий металл атомларининг киритилиши гранулланган кремний солиштирма қаршилигига сезиларли таъсир қилади. Масалан, температура ортишининг бошланғич ҳолатларида солиштирма қаршилик 2 марта, температура ортишининг кейинги босқичларида 5÷8 мартагача камайишига олиб келиши аниқланди.

Хулоса қилиб айтганда бу ҳолат ишқорий металл атомлари томонидан гранулаларнинг икки туташган соҳасида ҳосил бўлган киришмали ҳолат ва нуқсонлардан иборат (3.7-расм, 5 соҳа) рекомбинация марказларининг бартараф қилинишига боғлиқ бўлиши мумкин. Рекомбинация марказлари, яъни гранулаларнинг икки туташган соҳасида киришмали ҳолат ёки нуқсонларнинг ҳосил бўлиши ва уларни ишқорий металл атомлари таъсирида бартараф қилиш механизмини ойдинлаштириш кизиқиш уйғотади.

Адабиётлар

1. С.З.Зайнабидинов, Б.М.Абдурахманов, Р.Алиев, Л.О.Олимов, Э.Мухтаров. Получение поликристаллических пластин из кремниевого порошка. //Гелиотехника. №3. 2005. - С.79-82.
2. С.З.Зайнабидинов, Р.Алиев, Х.Мансуров, Л.О.Олимов, Н.Жалилов. Электрофизические свойства кремниевых пластин, полученных с использованием порошковой технологии. //Всероссийская конф. "Кремний-2003", Москва, 19-24 мая. 2003. - С.87.
3. Б.Л.Оксенгендлер Б.М.Абдурахманов М.М.Адилов, Х.Б.Ашуров. Новые аспекты термоэлектричества: электронные скуттерудиты. //Гелиотехника. №2, 2017. - С.37-40.
4. Л.О.Олимов. Нанозифика асослари. Ўқув қўлланма. Тошкент, Янги аср авлоди нашриёти. 2014. - Б. 140.
5. Л.О.Олимов, Б.М.Абдурахманов, Ф.С.Абдураззаков. Микроструктура межзеренных границ в поликристаллическом кремнии и её влияние на перенос носителей заряда. Физическая инженерия поверхности, Харьков, т.8, №1, 2010. - С.72-76.
6. Л.О.Олимов. Влияние щелочных металлов на электронные свойства межзеренных границ в объеме поликристаллического кремния. Ўзбекистон республикаси фанлар академияси маърузалари. №3, 2008. - С.36-39.
7. Л.О.Олимов. Исследование структуры и электрофизические свойства межзеренных границ поликристаллического кремния. Ўзбекистон физика журналы, №5-6, 2007. - С.361-365.
8. А.В.Дмитриев, И.П.Звягин. Современные тенденции развития физики термоэлектрических материалов. Успехи физических наук., том 180. вып 8. 2010. - С. 821.
9. Л.О.Олимов, Б.М.Абдурахманов, А.Тешабоев. Влияние атомов щелочных металлов на перенос носителей заряда в области межзеренных границ поликристаллического кремния. "Материаловедение", № 1, 2014. - С.79-82

КВАНТ НУҚТАЛИ $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ ҚАТТИҚ ҚОРИШМАСИНИ ОЛИШ

Д.П.Абдурахимов

Андижон давлат университети таянч докторанти

Ушбу ишда яримўтказгичли квант нуқталарни ҳосил бўлиш жараёнларининг ўзига хос хусусиятларини ўрганилган.

Квант нуқталари бўлган эпитаксиал тузилмаларни ўстириш суяк фаза эпитаксия усулида мажбурий совитиш орқали амалга оширилди. Мажбурий совутиш усулининг моҳияти шундан иборатки, юпқа қатлам ўстириладиган асос сирт юзаси тўйинган қаттиқ қоришмага тегиб туради ва танланган маълум бир T температурда t вақт давомида асос юзасида КН ли эпитаксиал наноқатлам кристалланиш содир бўлади. Бу ҳолда кристалланиш жараёни таъминловчи куч сифатида кристалланаётган модда атомларини суяк (μ_L) ва қаттиқ (μ_S) ҳолатларидаги кимёвий потенциалларини фарқи ҳисобланади. Бу ерда КН материали кристалл панжараси доимийси a_2 ($a_{2,\text{ZnSe}}=5.66 \text{ \AA}$) яримўтказгичли асосиники ($a_{1,(\text{GaAs})_{1-x}(\text{Ge}_2)_x}=5.4595 \text{ \AA}$) дан етарли даражада фарқ қиладиган бўлгани учун; КН шакллашишида субкристаллитлар (блоклар) ва эпитаксиал қатлам гетерочегарасида механик кучланишлари вужудга келади. Бу механик кучланишлар координатаси x бўлган ($0 \leq x \leq d/2$, d – КН си асосини диаметри) КН сининг атомига мос келувчи $U(x)$ эластик энергия билан ифодаланиши мумкин. У ҳолда кимёвий потенциаллар фарқи қуйидагича аниқланади:

$$\Delta\mu_{ST} = \mu_L - \mu_S - U(x) = \Delta\mu - U(x) \quad (1)$$

$U > \Delta\mu$ бўлганда кристаллизация жараёни эришишга айланади, чунки $\Delta\mu_{ST}$ манфий катталиққа айланади. $U = \Delta\mu$ бўлганда КН даги бўлиши мумкин бўлган энг катта механик кучланишни билдиради. Асос яримўтказгични панжара доимийси $a_{1,\text{GaAsGe}}$ ва КН си моддаси учун $a_{2,\text{ZnSe}}$ температурага боғлиқ эмас. Бунда пайдо бўладиган КН сини асосини

диаметри (d) кўриладиган ўстириш шароитларида $U\left(\frac{d}{2}\right) = \Delta\mu$ ифодадан қуйидаги кўринишда аниқланиши

$$d = 2 \sqrt{\frac{\Delta\mu(a_1 + a_2)a_1a_2N_s}{G(a_1 - a_2)^2}} \quad (2)$$

мумкин. Бунда N_s – бирлик сиртидаги атомлари сони, G – силжиш модули. Эпитаксиал қатламлар субкристалл блоклари гетерочегараларида пайдо бўладиган куртаклар сферик сегмент шаклида бўлгани учун уларни эгрилик радиуси кристалланишни ўхшаш шароитларида суяк фазада ҳосил бўлган гомоген куртак критик радиусига мос бўлгани учун бундай куртакни эгрилик радиуси қуйидаги ифодадан

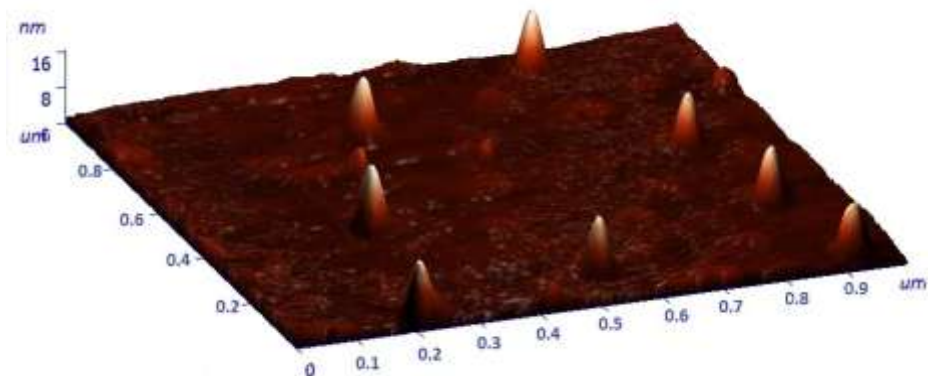
$$r = \frac{2\sigma M}{\rho RT \ln \frac{C}{C_0}} \quad (3)$$

аниқланади. Бунда σ – суяк ҳолатдаги фазалар аро сиртий энергия, ρ , M – куртакларнинг моддасининг зичлиги ва моляр массаси; R – универсал газ доимий; C , C_0 – асос яримўтказгич (GaAsGe) ва КН (ZnSe) ларнинг ўта тўйинган ва мувозанат ҳолатидаги қоришмалардаги мос ҳолдаги зичликлари. Бу ҳолда КН сининг гетероген куртаги баландлиги h қуйидагича аниқланади:

$$h = r \left[1 - \left(1 - \frac{d^2}{(2r)^2} \right) \right] \quad (4)$$

КН си куртагининг ўсиш жараёнида КН (ZnSe) (3.1.4) моддаси қатламларида гетерочегара яқинида механик кучланишни эластиклик доимийлигига мос қийматларгача ортиши кузатилади. КН лар кучланиш яримўтказгичли асос текислигига тик йўналган бўлгани учун $\mu_{ST} < 0$ бўлганда КН нинг асоси яқинида КН ён сиртини эгри чизикли шаклда едирадиган фронт ҳосил бўлади. Бу ўз навбатида гетерочегара яқинида нисбатан ўзгаришига олиб келади.

1-расмда эпитаксиал юпка қатламни АКМ да олинган тасвири келтирилган. Расмдан намуналар сиртида ҳар хил ўлчамли алоҳида-алоҳида наноорлчалар пайдо бўлганини кўриш мумкин. Таҳлиллар бундай нанооролчаларни асосини диаметри 100 нм гача, баландлиги 6-8 нм атрофида бўлиши мумкинлиги кўрилди.



1-расм. $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ қаттиқ қоришмаларнинг уч ўлчамли АКМ тасвири.

GaAs/ZnSe ва GaAs/Ge тизимлар учун натижада доимийларини фарқлари бирига яқин бўлгани учун фарқи 0,323% GaAs сиртида ZnSe ни ҳам Ge ни ҳам КН бўлиш имкониятлари мавжуд. Айтиш керакки, эпитаксиал юпка парда ZnSe нанокристаллитлари панжараси параметри уларни адабиётларда келтирилган қийматидан $\sim 0,22\%$ каттароқ, бу эса эпитаксиал юпка пардани кристалл панжарасини деформацияланиши сабабли бўлиши мумкин.

Шундай қилиб эпитаксиал қатламларни ўстириш жараёнида яримўтказгичли асосга нисбатан юқориноқ ўтказувчанликка эга бўлган етарлича зичликка ва хусуиятлари нисбатан бир жинсли бўлган квант ўлчамли наноожисмлар ансамблини яратишга эришиш мумкин экан. Суюқ фаза эпитаксия усули ёрдамида $(\text{GaAs})_{1-x}(\text{Ge}_2)_x$ турдаги қаттиқ қоришмаларни сирти ва сирт олди қатламларида ZnSe таркибли КН ларни ҳосил қилиш мумкинлиги кўрсатилган.

Адабиётлар

1. Йўлчиев Ш.Х. Синтез и свойства многослойных полупроводниковых гетероструктур. Ташкент: Изд. «Фан» 2020 г.

2-ШҶҒБА
ҶАРИМҶҒТКАЗГҒИЧЛИ МИКРО- ВА НАНО- ЭЛЕКТРОНИКА МУАММОЛАРИ ВА
ИСТИҚБОЛЛАРИ

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ
ХЛОПКА-СЫРЦА НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ИЗЛУЧАТЕЛЯХ

Далиев Х.С., Кулдашов О.Х., Мананов М.

Научно-исследовательский институт физики полупроводников и микроэлектроники

В течение последних десятилетий технический прогресс в области разработки и изготовления светодиодов средней ИК – области идет с интенсивной скоростью. Средняя ИК – область наиболее актуальна для решения задач в области газового анализа, экологического мониторинга [1] и влагометрии [2].

Разработана устройство для дистанционного контроля влажности хлопка-сырца на основе светодиодов средней ИК – области (1,94 мкм). На рис.1 приведена её блок-схема, состоящая из следующих элементов: задающей генератор – ЗГ; триггер – Т; делитель частоты – ДЧ; дифференцирующие устройства – ДУ1, ДУ2; модулятор экспоненты – МЭ; эмиттерный повторитель – ЭП; импульсный усилитель – ИУ; приемник излучения – ФП; малошумящий усилитель – МШУ; схема совпадения – СС; счетчик – СЧ; дешифратор – ДШ; индикатор – ИН; опорный светодиод – ИД1; измерительный светодиод – ИД2.

Устройство для дистанционного контроля влажности хлопка-сырца работает следующим образом: прямоугольные импульсы с выхода задающего генератора ЗГ, воздействует на счетный вход триггера Т, в результате которого на выходе последнего формируется симметричные прямоугольные импульсы. Сформированные импульсы с выхода триггера, поступают на вход, второго дифференцирующего устройства ДУ2, на вход импульсного усилителя ИУ, и на управляющий вход модулятора экспоненты МЭ, а через делитель частоты ДЧ, на запускающий вход модулятора экспоненты.

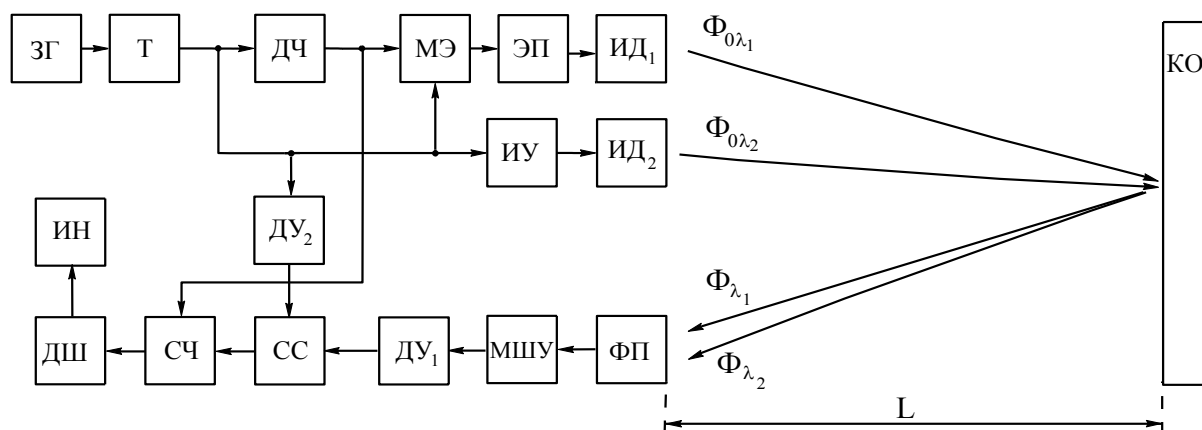


Рис.4.3. Блок схема ИК – датчика.

С выхода модулятора экспоненты МЭ, промоделированные по экспоненциальному закону прямоугольные импульсы через эмиттерный повторитель ЭП, подается на опорный излучающий диод ИД1. Противоположные экспоненциальному импульсу, прямоугольные импульсы с выхода импульсного усилителя ИУ, подается на измерительный излучающий диод ИД2.

В результате, которого опорный излучающий диод, излучает импульсные потоки излучения $\Phi_{0\lambda 1}$ на длине волны $\lambda = 2,2 \text{ мкм}$ в котором отсутствует поглощения воды. Амплитуда данного патока излучения изменяется во времени по спадающему экспоненциальному закону. Измерительный излучающий диод, излучает импульсные потоки излучения на длине волны $\lambda = 1,94 \text{ мкм}$ в котором происходит максимум поглощения влаги. Амплитуда измерительного потока во времени постоянна. Хлопок – сырец облучается двумя противофазными импульсными потоками излучения $\Phi_{0\lambda 2}$. При этом потоки излучения $\Phi_{0\lambda 1}$ и $\Phi_{0\lambda 2}$ пройдя дистанцию L достигается к поверхности хлопка - сырца от него отражается. Отраженные потоки от поверхности хлопка - сырца КО, на опорных и измерительных длинах волн $\Phi_{\lambda 1}$ и $\Phi_{\lambda 2}$ воспринимается приемником излучения ФП. Фотоэлектрический сигнал с выхода фотоприемника усиливается малошумящим усилителем МШУ и дифференцируется на первом дифференцирующем устройстве ДУ1 и подается на один из входов схемы совпадения СС, а на другой вход последнего подается короткий импульс с выхода второго дифференцирующего устройство ДУ2. В результате чего с момента сравнения $t_{ср}$ до конца экспоненциального импульса формируется пачки импульсов который записывается счетчике Сч и передается к дешифратору ДШ, по показаниям индикатора ИН определяется влажность хлопка - сырца. Характерными особенностями устройства для дистанционного контроля влажности хлопка - сырца является высокая избирательность, чувствительность, точность и воспроизводимость измерений, а также возможность непрерывного неразрушающего контроля, бесконтактность и экспрессность анализа. Для исключения влияния на результат измерения деградационных свойств светодиодов и, следовательно, повышения чувствительности применялся двухволновая структурная схема.

Абсолютная погрешность результатов измерения содержания влаги составляло 0,5%.

Литература

1. Михайлова М.П., Моисеев К.Д., Яковлев Ю.П. Открытие полупроводников АПВВ: физические свойства и применение // Физика и техника полупроводников. 2019. вып.53.Том 3.С.291-302.
Kuldashov O.Kh., Kuldashov G.O., Mamasodikova Z. Y. Optoelectronic Double-Wave Method for Remote Control of Vegetable Fiber Moisture // Her. Bauman Moscow State Tech. Univ. Ser. Instrum. Eng. 2019. №4. – P. 84 – 96. doi: 10.18698/0236-3933-2019-4-84-96.

SIMULATION OF THE AMPLITUDE OF RANDOM TELEGRAPH NOISE IN VERTICAL FIELD EFFECT TRANSISTOR WITH A SINGLE CHARGE TRAPPED AT THE OXIDE-SEMICONDUCTOR INTERFACE

A.Abdikarimov¹, S.Ulashov², H.Abdikarimov¹

Urgench State University
Tashkent University of Information Technologies

Abstract— In this paper, it is studied the impact of interface single trapped charge to the drain current of vertical field effect transistor

Introduction.

It is known that according to Moore's law, every two years the number of transistors in microcircuits increases by half by reducing their geometric dimensions [1]. However, reducing the geometric dimensions of transistors leads to various degradation effects. One of these effects is short-channel effects. As the channel length decreases, the configuration of the two-dimensional electric field of the bulk charge changes due to the convergence of the spatial charge regions of the source and drain. This leads to an increase in the average electric field strength under the gate. Due to this short-channel effect, the surface potential decreases and therefore the threshold voltage is increased. Single charges in the oxide layer of the field-effect transistor also lead to degradation effects like to random telegraph noise [2]. Therefore, the prevention and/or reduction of such undesirable effects in nanoscale transistors is an urgent problem of nanoelectronics. This paper presents the results of a study of the effect of a single interface trapped charge on the drain current of a vertical field effect transistor.

Used models and parameters of the device

The classical drift-diffusion model was used to model the transistor under study. This model uses the following Poisson and continuity equations:

$$\nabla \cdot \epsilon \nabla \phi = -q(p - n + N_D - N_A) - \rho_{\text{trap}},$$

where ϵ – it is the dielectric constant, q – it is the electron charge, p – and n – these are the concentration of electrons and poplars respectively, N_D – and N_A – these are the concentration of ionized donors and acceptors respectively, ρ_{trap} – it is the charge on the defect, and charge density generated from fixed charges. The continuity equation is given by:

$$\begin{aligned} \nabla \cdot J_n &= qR_{\text{net}} + q \partial n / \partial t ; \\ -\nabla \cdot J_p &= qR_{\text{net}} + q \partial p / \partial t , \end{aligned}$$

where J_n – and J_p – are current density for electrons and holes respectively, R_{net} – it is electron-hole recombination rate. The current density for electrons and holes is determined by the following expressions:

$$J_n = -nq\mu_n \nabla \Phi_n ; J_p = -pq\mu_p \nabla \Phi_p ,$$

where Φ_n – and Φ_p – these are the quasi Fermi potential of the electron and the poplar respectively, μ_n – and μ_p – the mobility of the electron and the poplar.

It is required quantum effects to be taken into account in the modeling because the transistor being modeled is in nanometer sizes. To account for the quantum effects, the quantum correction Λ_n is included in the expression n of the current carrier density:

$$n = N_c F_{\frac{1}{2}} \left(\frac{E_{F,n} - E_c - \Lambda_n}{kT_n} \right)$$

The quantum correction Λ_n expression is based on the density gradient model commonly used in FinFET transistors and has the following form:

$$\Lambda_n = \frac{\gamma \hbar^2 v^2 \sqrt{n}}{6 m_n \sqrt{n}},$$

where γ - is the convergence factor, m_n - is the electron mass.

I-V characteristics of the considered transistor is calibrated by experimental results. In this case, the transistor parameters were selected as follows: gate length is $L_g=10\text{nm}$ (G), used gate oxide is HfO_2 with equivalent thickness 0.35 nm , the length and width of the back oxide layer, respectively, $L_{\text{box}} = 30\text{ nm}$ and $W_{\text{box}} = 100\text{ nm}$ [3].

The transistor channel is doped with boron up to a concentration level of 10^{15} sm^{-3} , the width of its base is $W = 10\text{ nm}$, and the source and drain areas doped according to the Gaussian distribution with phosphorus with a maximum concentration of 10^{20} sm^{-3} . The length of the source and drain areas is 10 nm . The radius and density of single spherical charged area trapped at the oxide-semiconductor boundary is 0.5 nm , and $1.27 \cdot 10^{14}\text{ sm}^{-2}$ correspondingly. In modeling, the charged field is modeled with a uniformly charged circle. The radius of the circle is close to the distance between the atoms, which is typical for crystalline silicon, ie 0.543 nm [4-6]. The structure of this modeled transistor is shown in Figure 1.

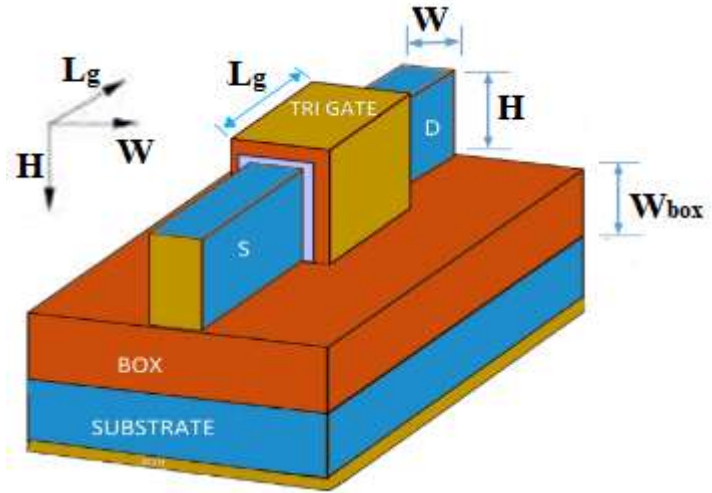


Figure 1. The geometric structure of the modeled vertical tri gate field-effect transistor

Simulation procedure and discussion of results

The simulation was performed in three stages. At the first stage, single charge was trapped on the top surface of the channel, at the second stage the charge was trapped, on the right side surface and at the third stage, on the left side surface of the channel. At all positions of single charge the random telegraph noise (RTN) amplitude was calculated. The results obtained from simulation is seen in figures 2-3.

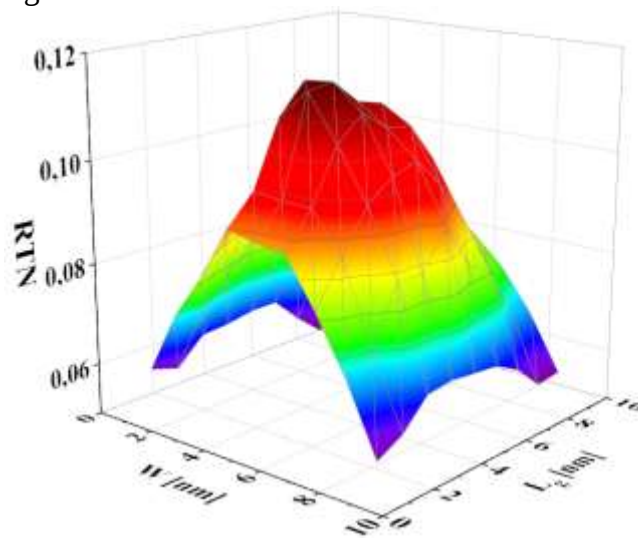


Figure 2. RTN was calculated when single charge located on the top surface of the channel.

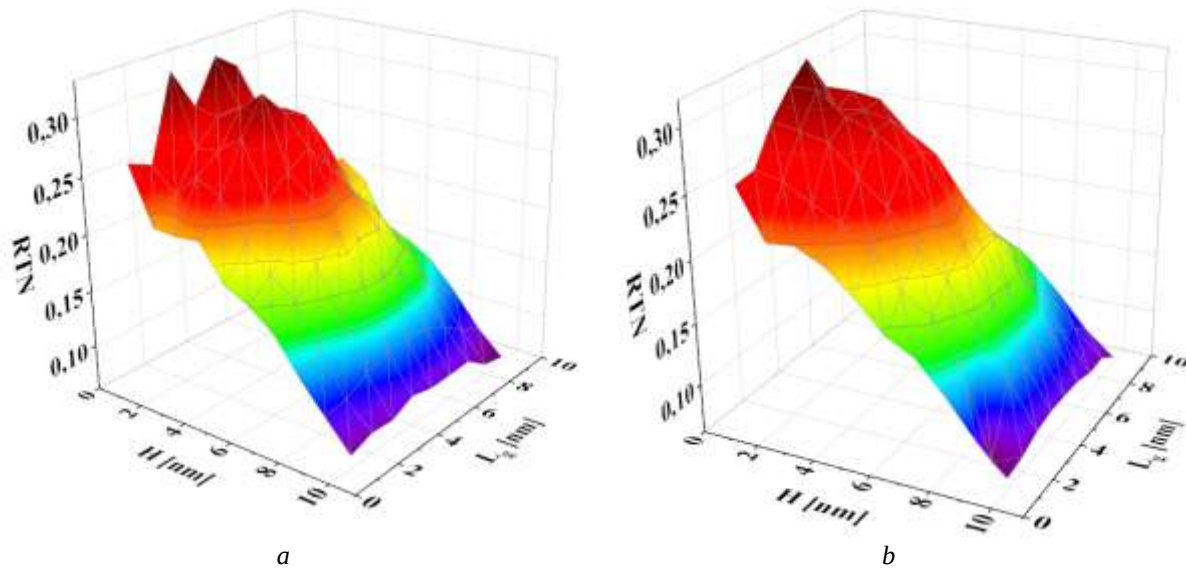


Figure 3. RTN was calculated when single charge located on a)- the left side surface of the channel b) the right side surface of the channel.

The results show that the RTN is greatest when the single charge is located on the top of the channel center.

References

- [1] P. Razavi, N. D. Akhavan, R. Yu, G. Fagas, I. Ferain, and J. P. Colinge, Extended Abstracts of the 2011 International Conference on Solid State Devices and Materials (Nagoya, 2011) p. 106.
- [2] Atabek E. Atamuratov, Mahkam M. Khalilloev, Ahmed Yusupov, A. J. García-Loureiro, Jean Chamberlain Chedjou and Kyamakya Kyandoghere. Contribution to the Physical Modelling of Single Charged Defects Causing the Random Telegraph Noise in Junctionless FinFET. Appl. Sci. 2020, 10, 5327; doi:10.3390/app10155327.
- [3] J. P. Campbell, L. C. Yu, K. P. Cheung, J. Qin, J. S. Suehle, A. Oates, and K. Sheng, 2009 IEEE International Conference on IC Design and Technology (Austin, 2009) p. 17.
- [4] M.-L. Fan, S.-Y. Yang, V. P. -H. Hu, Y.-N. Chen, P. Su, and C.-T. Chuang, Microelectron. Reliab. 54, 698 (2014).
- [5] A. N. Nazarov, I. Ferain, N. D. Akhavan, P. Razavi, R. Yu, and J. P. Colinge, Appl. Phys. Lett. 98, 092111 (2011).
- [6] D. Roy and A. Biswas, Superlattices Microstruct. 97, 140 (2016).
- [7] A. E. Abdikarimov, A. Yusupov, and A. E. Atamuratov, Tech. Phys. Lett. 44, 962 (2018).
- [8] A. E. Atamuratov, A. Abdikarimov, M. Khalilloev, Z. A. Atamuratova, R. Rahmanov, A. GarciaLoureiro, and A. Yusupov, Nanosyst.: Phys. Chem. Math. 8, 71 (2017).
- [9] A. Abdikarimov, G. Indalecio, E. Comesaña, A. J. Garcia-Loureiro, N. Seoane, K. Kalna, and A. E. Atamuratov, 2014 Inter-national Workshop on Computational Electronics (Paris, 2014).
- [10] A. E. Abdikarimov, Tech. Phys. Lett. 46, 494 (2020).
- [11] S. Barraud, M. Berthome, R. Coquand, M. Casse, T. Ernst, M.-P. Samson, P. Perreau, K. K. Bourdelle, O. Faynot, and T. Poiroux, IEEE Electron Device Lett. 33, 1225 (2012).
- [12] M. M. Khalilloev, B. O. Jabbarova, and A. A. Nasirov, Tech.Phys. Lett. 45, 1245 (2019).

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИСТАЛЛА АРСЕНИДА ГАЛЛИЙ В ЛАЗЕРАХ СО СОЛНЕЧНОЙ НАКАЧКОЙ ДЛЯ МОДУЛЯЦИИ ДОБРОТНОСТИ РЕЗОНАТОРА

Ф.Ф.Шайимов

Филиал Российского государственного университета нефти и газа

Методы получения ультракоротких лазерных импульсов с помощью пассивных затворов на основе насыщающихся поглотителей является эффективным направлением в создании лазеров с модуляцией добротности и синхронизации мод, что позволяет значительно упростить конструкцию, способствовать улучшению эффективности, надежности, и уменьшают стоимость лазерного источника по сравнению с активной модуляцией добротности. Основанные на этих методах лазерные системы применяются в микроэлектронике, лазерной обработке материалов, получение наноматериалов, микроструктурных исследованиях, химии, биологии, медицине и др.

В неодимовых лазерах в качестве пассивного нелинейного элемента широко применяются полупроводниковые кристаллы групп $A^{III}B^V$ и $A^{II}B^{VI}$. В этих полупроводниках центрами насыщающегося поглощения служат дефектные уровни в запрещенной зоне полупроводника. В частности, дефекты в полупроводниковых кристаллах GaAs играют определяющую роль в их оптических свойствах, благодаря чему в последнем десятилетии эти кристаллы нашли широкое применение в качестве нелинейно-оптических элементов для управления параметрами лазерного излучения.

В последние годы, интенсивно проводится работы по созданию лазеров с солнечной накачкой. В частности, разработка солнечных лазеров на малогабаритных концентраторах, привлекает себя внимание многих исследователей. Продолжается рассмотрение разные схемы для таких лазеров, проводится расчеты и эксперименты, получено непрерывное излучение солнечных лазеров. Но до настоящего времени нет информации о получении ультракоротких импульсов в солнечных лазерах.

В этой работе, проводится численные эксперименты по применению кристалла арсенида галлий (GaAs) в качестве полупроводникового насыщающего поглотителя в солнечном лазере. Для этого разработана компьютерная модель лазера с солнечной накачкой, и с насыщающимся поглотителем, где используются скоростные уравнения, учитывающие поглощение на кристалле GaAs.

Расчеты проводились для активного элемента оксихлорида фосфора с неодимом ($POCl_3-SnCl_4-Nd^{3+}$), накачиваемых солнечным потоком на фокусе концентратора солнечного излучения с радиусом 1м и, соответственно, максимальная мощность концентрированного потока солнечного излучения предполагалась равной 2.5 кВт. Длина резонатора 1м, коэффициент отражения выходного зеркала $R_2=0.95$. Данные по сечениям поглощения на основном и возбужденном состояниях кристалла GaAs, а также времени жизни были взяты из [1: 304-310]. Проводились более подробные исследования влияния концентраций дефектов на выходные параметры лазерного излучения, при различных уровнях накачки. Изучались зависимости формы и длительности, частоты повторения, а также амплитуды генерируемых импульсов от концентрации дефектов при различных уровнях накачки с концентрированным потоком солнечного излучения. Мощность накачки варьировалась в пределах 0-2500Вт, а концентрация дефектов $1.0 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ - $1.0 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$.

На рис.1. приведена временная зависимость выходного излучения при концентрации дефектов 10^{16} см^{-3} в кристалле GaAs. Как видно из рисунка, генерация начинается с формирования последовательности импульсов, которые со временем затухают и лазер переходит в стационарный режим работы.

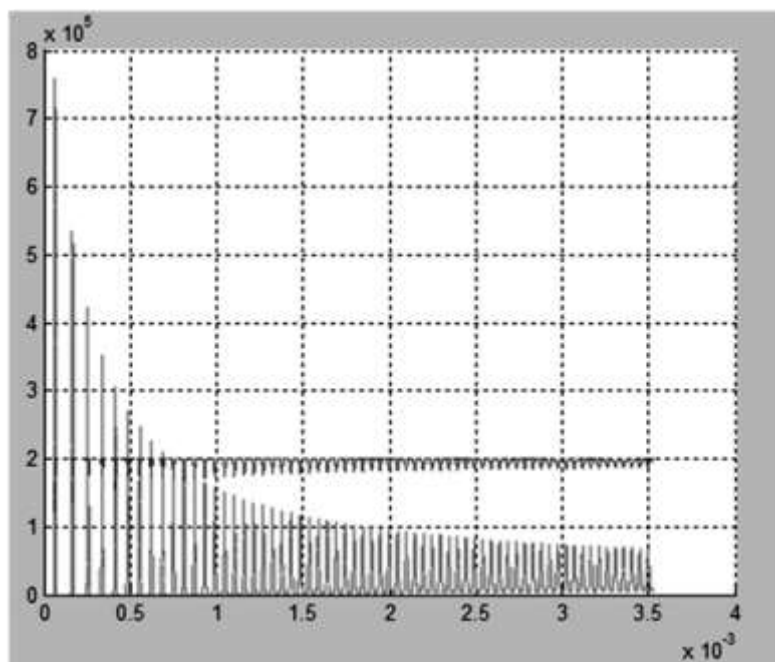


Рис.1. Временная зависимость выходного излучения при концентрации дефектов 10^{16} см^{-3} на кристалле GaAs. Мощность накачки 2500Вт.

При увеличении концентрации дефектов на $1.2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ лазер переходит в стационарный режим без затухания, т.е. в стационарный импульсно-периодический режим работы, где генерируется непрерывная последовательность импульсов как на рис.2.

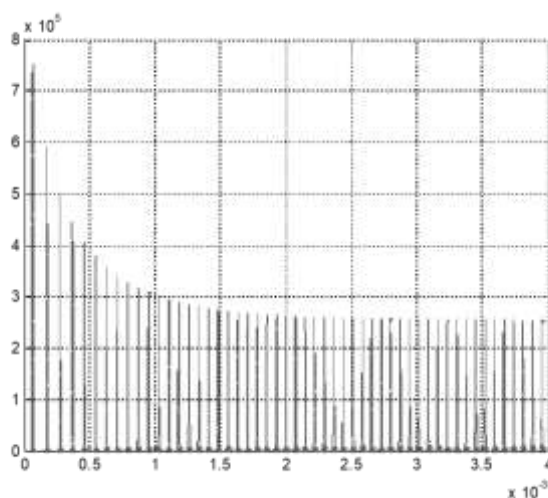


Рис.2. Временная зависимость выходного излучения при концентрации дефектов $1.2 \cdot 10^{16}$ на кристалле GaAs. Мощность накачки 2500Вт.

Результаты показывает, что использование кристалл GaAs в лазерах с солнечной накачкой в качестве выходного зеркала позволяет получить последовательности стабильных импульсов короткой длительности.

Литература

1. G.C. Valley, A. L. Smirl. Theory of transient energy transfer in gallium arsenide // IEEE Journal of Quantum Electronics. 1988. vol. 24. No. 2. –P. 304-310.

Se BILAN BOYITILGAN Sb₂Se₃ YUPQA QATLAMLARINING STRUKTURAVIY VA ELEKTROFIZIK XOSSALARI

T.M.Razykov, Q.M.Qo'chqarov, B.A.Ergashev, A.X.Shukurov, A.Olimov, M.Mahmudov, D.Z.Isaqov, M.Pirimmatov

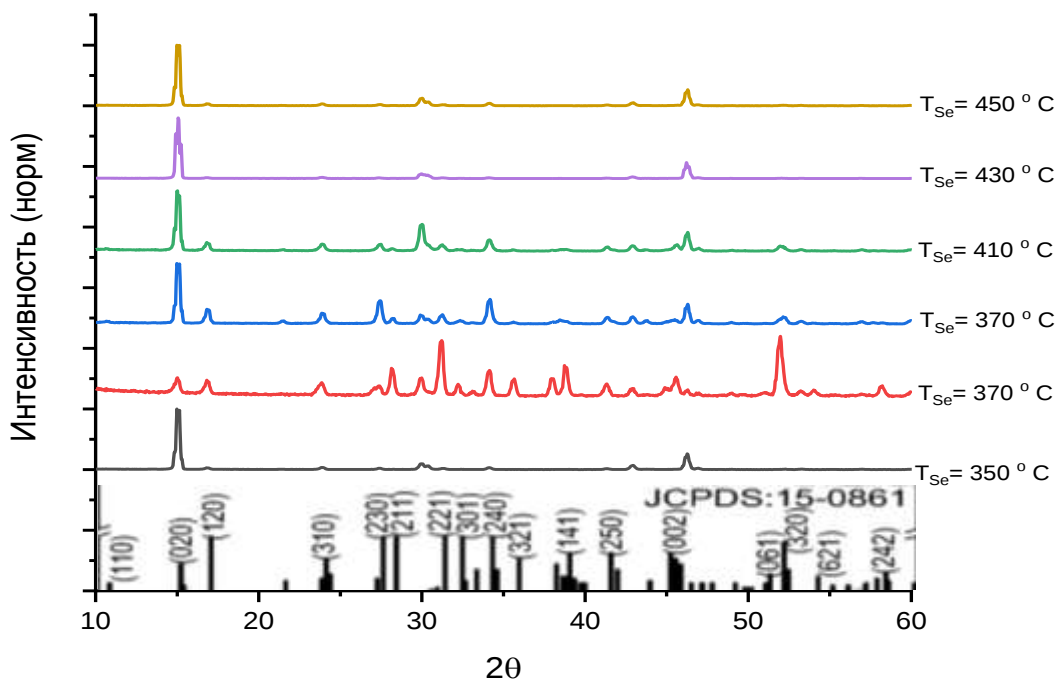
O'zR FA Fizika-texnika instituti

Bugungi kunda jahon tadqiqotchilari Sb₂Se₃ qatlamlarini quyosh elementlari uchun yutuvchi qatlam sifatida ishlatishga alohida e'tibor qaratmoqdalar. Buning sababi shundaki, bu materiallarning fizik xususiyatlari (p-tipli o'tkazuvchanlik, taqiqlangan soha kengligi $E_g=1.01-1.3$ eV, yuqori yutilish koeffitsienti $\alpha>10^5$ sm⁻¹) Cu(In, Ga) (Se, S)₂ xususiyatlariga juda yaqin [1]. Shuningdek uning arzon, ekologik jihatdan zararsiz, hamda yer yuzida keng tarqalganligidir. Bu ekologik toza va samarali quyosh modullarini ishlab chiqarish imkonini beradi, shuningdek ularni sanoat miqyosida keng ishlab chiqarishga yo'l ochadi.

Yupqa qatlamli quyosh elementlarining samaradorligi asosan asosiy qatlamning fizik xususiyatlari bilan bog'liq. Hozirgi vaqtda quyosh elementlarida asosiy qatlamni olishning vakuumsiz, yuqori va past vakuumli usullari qo'llaniladi [2]. Quyosh elementining asosiy qatlamining fizik xususiyatlari usullarning texnologik parametrlariga sezilarli darajada bog'liq.

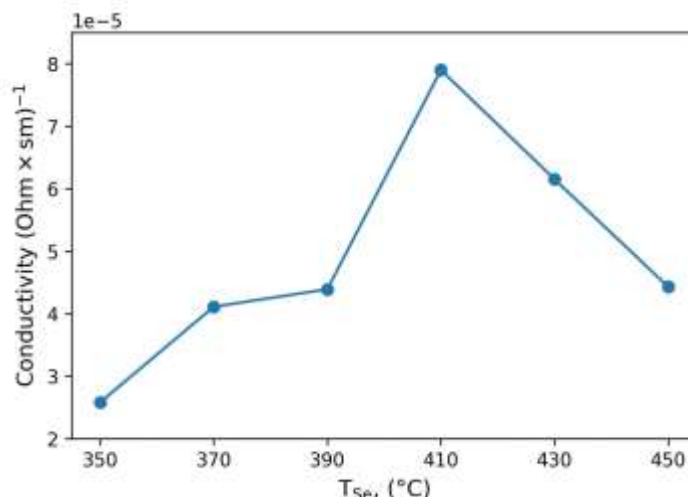
Bu ilmiy ishning maqsadi, turli miqdorda Se elementi bilan boyitilgan Sb₂Se₃ yupqa qatlamlarining strukturaviy va elektrofizik xossalari tadqiq etish. Boshlang'ich material sifatida Sb₂Se₃ kukuni (99.999 %) va toza Se elementi ishlatilgan bo'lib, ular kimyoviy molekulyar dastalarda olish (KMDO) usuli bilan vodorod atmosfera bosimida olingan. Vodorod gazining oqimi 20 sm³/min. Sb₂Se₃ yupqa qatlamini bir vaqtda Sb₂Se₃ kukuni va Se elementining bug' fazadagi miqdorini o'zgartirish orqali olingan. Sb₂Se₃ kukunining buglanish harorati o'zgaras 900 °C da va Se elementining bug'lanish harorati (350°C, 370 °C, 390 °C, 410 °C, 430 °C, 450 °C) o'zgartirib borildi.

1-rasmda Se elementi bilan boyitilgan Sb₂Se₃ yupqa qatlamining rengen analizi berilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, hosil bo'lgan intensiv cho'qqilar (JCPDS: 15-0861) kartotekadagi cho'qqilarga muvofiq bo'lib, bu esa Sb₂Se₃ yupqa qatlami polikristall ortorombik strukturaga ega ekanligidan dalolat beradi.



1-rasm. Se elementi bilan boyitilgan Sb₂Se₃ yupqa qatlamining rengen analizi

2-rasmda σ elektr o'tkazuvchanlikning Se ning bug'lanish haroratiga bog'liqligi ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki bug'lanish, harorat 350 °C va 410 °C oralig'ida Sb_2Se_3 yupqa qatlamining elektr o'tkazuvchanligi ko'tarildi. 410 °C dan yuqori haroratda elektr o'tkazuvchanligi kamayishi aniqlandi. Se ning harorati ko'tarilishi bilan elektr o'tkazuvchanligining oshishi Se_{Sb} -antistrukturali nuqtaviy nuqsonlarining xosil bo'lishi bilan izoxlanadi. Yani kovaklarning konsentratsiyani oshiradi. Harorat ortib borgan sari Se_{Sb} -antistrukturali nuqtaviy nuqsonlar donor hususiyatiga o'tib kovaklar konsentratsiyasini kamayishiga olib kelishi, elektr o'tkazuvchanligi kamayishiga sabab bo'ladi.



2-rasm. Elektr o'tkazuvchanlikning Se ning bug'lanish haroratiga bog'liqligi

Adabiyotlar

1. T. Razykov, A. Mavlonov, Fazal Raziqa, Jiantuo Gana, JaKapap Chantanac, Уи kawanoc, Takahito Nishimurad, Haoming Weie, Andriy Zakutayev, Takashi Minemotoc, Xiaotao Zua, Sean Lig, Liang Qiaoa. A review of Sb_2Se_3 photovoltaic absorber materials and thin-film solar cells. Solar Energy, v. 201, pp.227-246.
2. X.M. wang, R.F. Tang, Y.W. Yin, H.X. Ji, S.A. Ji, C.F. Ji, T. Chen, Interfacial engineering for high efficiency solution processed Sb_2S_3 solar cells, Sol. Energy Mater. Sol. Cells 189 (2019) 5-10.; X. Ji, J. Chen, M. Luo, M. Leng, Z. Ma, Y. Ji, S. Ji, D.J. Xie, Y. Lv, H. Huang, D. Ji, J. Tang, Thermal evaporation and characterization of Sb_2S_3 thin film for substrate $\text{Sb}_2\text{S}_3/\text{CdS}$ solar cells, ACS Appl. Mater. Interfaces 6 (2014) 10687-10695.
3. Razykov T. M. Chemical molecular beam deposition of II-VI binary and ternary compound films in gas flow. Applied Surface Science, 1991, v.48/49, N1, P.P.89-92.

ВОЗМОЖНОСТИ УПРОЩЕНИЯ СХЕМ СОЛНЕЧНЫХ ЛАЗЕРОВ НА ПАРАБОЛИЧЕСКИХ КОНЦЕНТРАТОРАХ

Ф.Ф.Шайимов

Филиал Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина

Известно, что в последнее время с появлением новых активных сред, которые успешно применяются для лазеров с солнечной накачкой, предложено довольно много схем для лазеров такого типа [1, 2]. Особый интерес представляет собой лазеры на малогабаритных параболических концентраторах. В расчетах многих схем таких лазеров для увеличения однородности и эффективности накачки предлагают использовать вторичные концентраторы. Конечно, использование вторичных концентраторов в таких системах дает свой эффект, но одновременно усложняет лазерную систему и ее техническое обслуживание. Требуется также дополнительные меры для охлаждения отдельных узлов; чтобы увеличить концентрацию отраженных лучей, иногда требуются вторичные концентраторы специальной геометрической формы; возникают неудобные условия для осуществления юстировки лазера.

В этой работе для концентрации солнечных лучей мы предлагаем использовать параболические концентраторы с большими значениями угла раскрытия. Такие концентраторы, как правило, имеют относительно малое фокусное расстояние (фокус находится вблизи «дна» концентратора), соответственно большое значение имеет коэффициент концентрации, что в свою очередь приводит к большим значениям интенсивности накачивающего излучения. Во-вторых, в таких условиях отраженные лучи от концентратора «покрывают» активную среду, и таким образом, осуществляется однородная накачка без каких-либо вторичных концентраторов. Для оценки эффективности накачки был использован статистический метод Монте – Карло, а также метод слежения лучей. Моделирование проводилось для лазеров на параболических концентраторах с радиусами 100, 125, 150, 175 и 200 см. В фокусе параболического концентратора находится цилиндрическая кварцевая кювета, наполненная жидкой активной средой неодимовой оксихлоридом фосфором. Длина кюветки равнялась 1 см, а радиус составлял 0,25 см. Были определены эффективности накачки для лазерных систем с вторичными концентраторами и для лазерных систем без вторичных концентраторов. Результаты численного эксперимента представлены в таблицу 1.

Таблица 1. Значение эффективности накачки.

Радиус концентратора, см	Значение эффективности накачки для систем с вторичным концентратором, %	Значение эффективности накачки для систем без вторичным концентратором, %
100	7,5	7,9
125	6,4	7,6
150	6,0	7,3
175	5,6	7,1
200	5,3	6,7

Результаты математического моделирования показывают, что при использовании в лазерных системах параболических концентраторов с большим углом раскрытия дает возможность исключить вторичные концентраторы, не ухудшая выходных параметров лазера.

Литература

1. S. Bakhramov, Sh. Payziyev, A. Kasimov and F. Shaiimov, Applied Solar Energy, V.45, No:4, 276, (2009).
2. Ш.Д.Пайзиев, С.А.Бахрамов, Ф.Ф.Шайимов. Узбекский физический журнал. Том 15. №5-6. 270. (2013)

ROTATING AND NONLINEAR MAGNETIC-CHARGED BLACK HOLE

K.B. Haydarov, K.P. Abdurakhmanov, A.A. Abdujabbarov

Tashkent University of Information Technologies

Nowadays, the Standard Model of cosmology (SMC) is the best theory available for the description of the Universe. It is based on two fundamental ingredients: the standard model of particle physics, and the general theory of relativity [1]. The success of the SMC lies on the fact that it agrees with three observational pillars in cosmology: the Hubble's law, the primordial abundances of light elements (big bang nucleosynthesis), and the cosmic microwave background: "the black body radiation left over from the first few hundred thousand years" [2].

Space-times from a spherically symmetric background without solving Einstein's field equations. This mathematical idea was first proposed by Newman and Janis in 1965 [3]. Using this "curious derivation," they were able to obtain Kerr's metric by performing a complex coordinate transformation on the Schwarzschild line element [3]. The key point behind the NJA lies on the fact that the contravariant tensor $g_{\mu\nu}$, expressed in Eddington-Finkelstein (EF) coordinates, can be defined in terms of a null tetrad.

The line element we have obtained within this note has the following form

$$ds^2 = - \left[1 - \frac{2\rho r}{\Sigma} \right] dt^2 + \frac{\Sigma}{\Delta} dr^2 - \frac{4a\rho r \sin^2\theta}{\Sigma} dt d\phi + \Sigma d\theta^2 + \sin^2\theta \left[r^2 + a^2 + \frac{2a^2\rho r \sin^2\theta}{\Sigma} \right] d\phi^2, \quad (1)$$

where

$$\begin{aligned} \Delta &= r^2 - 2\rho r + a^2, \\ \Sigma &= r^2 + a^2 \cos^2\theta, \\ 2\rho &= \frac{2Mr^3}{Q^3 + r^3} + Cr^{-3\omega_q}. \end{aligned}$$

and a, Q, C, ω are the rotation parameter, magnetic charge of the black hole, normalization parameter and quintessential parameter, respectively.

In this work we have obtained the rotating solution of a nonlinear magnetic-charged black hole surrounded by quintessence using a modified version of the NJA discussed in Refs. [4,5]. Using $\omega_q = -2/3$, we studied the behavior of the event horizon, the ergosphere, and the ZAMO (zero angular momentum observer) for different values of the charge Q , the spin parameter a , and the quintessence parameter C . In the case of the event horizons, we solved corresponding equations numerically and found three solutions: the inner, outer, and quintessence horizons.

Table 1 shows the values of the inner, outer, and quintessential horizon for different values of Q and C . From Table 1, we see that r_- and r_q increase while r_+ decreases as Q increases. On the other hand, for fixed values of Q , the quintessential horizon r_q decreases while r_+ increases as C increases.

Q	C = 0.01			C = 0.02			C = 0.03			C = 0.04		
	r_-	r_+	r_q	r_-	r_+	r_q	r_-	r_+	r_q	r_-	r_+	r_q
0.100	0.080	2.034	97.95842168	0.080	2.079	47.91310621	0.080	2.129	31.196697	0.080	2.184	22.808295
0.205	0.159	2.0259	97.95842168	0.159	2.071	47.91310635	0.159	2.121	31.196698	0.159	2.176	22.808297
0.3	0.234	2.013	97.95842172	0.325	2.038	47.91310673	0.234	2.108	31.196699	0.234	2.163	22.808301
0.4	0.325	1.992	97.95842180	0.399	2.017	47.91310746	0.324	2.088	31.196702	0.316	2.145	22.808308
0.49	0.399	1.971	97.95842195	0.501	1.982	47.91310867	0.398	2.067	31.196706	0.393	2.124	22.808321
0.605	0.502	1.935	97.95842214	0.596	1.944	47.91311048	0.499	2.033	31.196713	0.498	2.090	22.808339
0.7	0.598	1.895	97.95842242	0.717	1.886	47.91311300	0.593	1.996	31.19672341	0.591	2.054	22.808365
0.81	0.722	1.836	97.95842279	0.717	1.886	47.91311635	0.713	1.941	31.196736	0.708	2.001	22.808400
0.9	0.839	1.770	97.95842328	0.830	1.825	47.91312065	0.823	1.884	31.196752	0.815	1.947	22.808444
1	1	1.666	97.95842384	0.982	1.730	47.91312573	0.966	1.797	31.1967730	0.951	1.868	22.808500

Table 1. Values for the inner (r_-), outer (r_+), and quintessential (r_q) horizons as a function of Q for different values of C . We set $a=0.1$ and $M=1$.

References

1. C. Bambi and A. D. Dolgov, Introduction to Particle Cosmology: The Standard Model of Cosmology and its Open Problems (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2016).
2. S. Dodelson, Modern Cosmology (Academic Press, New York, 2003).
3. E. T. Newman and A. I. Janis, J. Math. Phys. (N.Y.) 6, 915(1965).
4. B. Toshmatov, Z. Stuchlík, and B. Ahmedov, Eur. Phys. J. Plus 132, 98 (2017).
5. M. Azreg-Aïnou, Phys. Rev. D 90, 064041 (2014).

SHADOW OF BLACK HOLES UNDER GENERAL PARAMETRIZED METRICS

K.B.Haydarov, A.A.Abdujabbarov

Tashkent University of Information Technologies

One of the main problems of gravity theories is to test the theory in strong field regime with high accuracy. However, the LIGO-Virgo experiments on gravitational wave observation [1–2] and observation of black hole shadow image at the center of M87 elliptic galaxy [3] give us the opportunity to develop new tests of general relativity and modified/alternative theories of gravity in the strong field regime. In this note we plan to study shadow of the black holes described by the parametric spacetime metric proposed in [4].

The lowest-order metric expression of the KRZ parametrization has the following form [4]:

$$ds^2 = -\frac{N^2(\tilde{r}, \theta) - W^2(\tilde{r}, \theta) \sin^2 \theta}{K^2(\tilde{r}, \theta)} dt^2 - 2W(\tilde{r}, \theta) \tilde{r} \sin^2 \theta dt d\phi + K^2(\tilde{r}, \theta) \tilde{r}^2 \sin^2 \theta d\phi^2 + \Sigma(\tilde{r}, \theta) \left(\frac{B^2(\tilde{r}, \theta)}{N^2(\tilde{r}, \theta)} d\tilde{r}^2 + \tilde{r}^2 d\theta^2 \right), \quad (1)$$

where $\tilde{r} = r/M$, $\tilde{a} = a/M$ and

$$\begin{aligned} \Sigma &= 1 + a^2 \cos^2 \theta / \tilde{r}^2, \\ N^2 &= (1 - r_0/\tilde{r}) \left[1 - \epsilon_0 r_0/\tilde{r} + (k_{00} - \epsilon_0) r_0^2/\tilde{r}^2 + \delta_1 r_0^3/\tilde{r}^3 \right] + [a_{20} r_0^3/\tilde{r}^3 + a_{21} r_0^4/\tilde{r}^4 + k_{21} r_0^3/\tilde{r}^3 L] \cos^2 \theta, \\ B &= 1 + \delta_4 r_0^2/\tilde{r}^2 + \delta_5 r_0^2 \cos^2 \theta / \tilde{r}^2, \\ W &= [w_{00} r_0^2/\tilde{r}^2 + \delta_2 r_0^3/\tilde{r}^3 + \delta_3 r_0^3/\tilde{r}^3 \cos^2 \theta] / \Sigma, \\ K^2 &= 1 + aW/r + \left\{ k_{00} r_0^2/\tilde{r}^2 + k_{21} r_0^3/\tilde{r}^3 L \cos^2 \theta \right\} / \Sigma, \\ L &= \left[1 + \frac{k_{22} (1 - r_0/\tilde{r})}{1 + k_{23} (1 - r_0/\tilde{r})} \right]^{-1}. \end{aligned}$$

We have studied the shadow of the black hole described by the parametrized KRZ spacetime. It has been shown that the parameters δ_1 and δ_4 can change the size of the shadow but with opposite effect. The parameter δ_2 makes the shadow deviate from the center, the parameter δ_5 also can change the size of the shadow but effect is relatively weak. The parameters δ_3 and δ_6 can change the contour shape. The shape of the shadow has different sensitivity to different parameters: the shadow is more sensitive to parameters δ_1 , δ_2 , δ_4 and less sensitive to parameters δ_3 , δ_5 , δ_6 . The effects of the parameters δ_7 and δ_8 to the shape of shadow is very weak and almost negligible (compare with [5] where authors have neglected the effects of δ_7 and δ_8 on the iron line in the X-ray spectrum of black holes).

One of the main results of this paper is the analysis of the dependence of the average radius of the shadow and asymmetry (distortion) parameter from the spin parameter and KRZ parameters. Among the effects of other parameters the effect of parameter δ_1 is dominant in changing the average radius of the shadow. On the other hand the main contribution to the change of the asymmetry parameters comes due to the presence of the parameter δ_2 . Fig. 1 shows the dependence of R and A as a function of the spin parameter (Kerr metric) and δ_i (KRZ metric) for the fixed values of inclination angle $\theta_0 = \pi/4$ and the spin parameter $a = 0.5$. From Fig. 10b one can easily see that the δ_1 and δ_4 have a greater impact on R, but with different trend: when δ_1 increases the value of R decreases and when δ_4 increases the value of R increases.

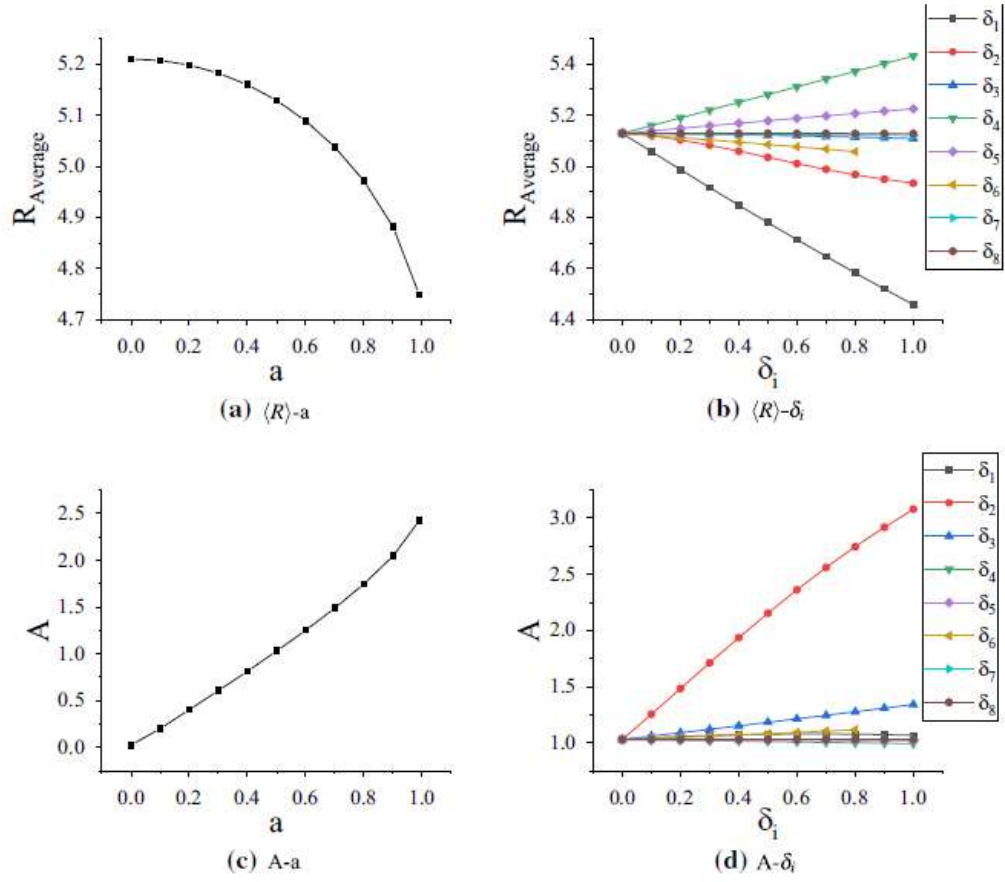


Fig.1 Average radius R (top row) and asymmetry parameter A (bottom row). The first column corresponds to the Kerr metric with the values of spin $0 \leq a \leq 1$, the second column corresponds to the KRZ metric with different values of δ_i and the spin $a = 0.5$

References

1. T. Damour, G. Esposito-Farèse, Phys. Rev. D 58, 042001 (1998).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.58.042001>
2. A. Cárdenas-Avendaño, S. Nampalliwar, N. Yunes, Class. Quantum Gravity 37, 135008 (2020). <https://doi.org/10.1088/1361-6382/ab8f64>
3. K. Akiyama et al., Event horizon telescope. Astrophys. J. 875, L1 (2019).
<https://doi.org/10.3847/2041-8213/ab0ec7>
4. R. Konoplya, L. Rezzolla, A. Zhidenko, Phys. Rev. D 93, 064015 (2016).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevD.93.064015>
5. Y. Ni, J. Jiang, C. Bambi, J. Cosmol. Astropart. Phys. 2016, 014 (2016).
<https://doi.org/10.1088/1475-7516/2016/09/014>

ПЕРСПЕКТИВЫ ГЕТЕРОСТРУКТУРНЫЕ ФОТОПРИЕМНИКИ НА ОСНОВЕ GaAs-Al_xGa_{1-x}As

А.А Пулатов, Д.А.Юсупов

Наманганский государственный университет

Одними из главных требований предъявляемых к фотоэлектрическим приемникам излучений являются: необходимая чувствительность, определенный диапазон спектральной чувствительности, высокое быстродействие. Гетеропереходы могут существенно улучшить параметры существующих и создать новые многофункциональные фотоприемники, т.к. идеальные гетеро пары открывают следующие возможности управления и влияния на физические процессы происходящие в объеме полупроводниковой структуры:

- 1) Управление потоками носителей (односторонний характер инжекции);
- 2) Управление световыми потоками (вывод и ввод излучения без заметного поглощения);
- 3) Ввод излучения непосредственно в область объемного заряда узкозонного материала и совмещение области генерации с областью пространственного разделения носителей;
- 4) Разделение области поглощения света в узкозонной части и рекомбинация неравновесных носителей в широкозонной части, то есть антистоксовское преобразование света;
- 5) Преобразование светового сигнала одного спектрального состава - в световой квазимонохроматического излучения;
- 6) Передача световой информации из одной части кристалла в другую без снижения интенсивности и т.д [1].

Эти возможности имеют громадное значение для приемников излучений, которые прежде всего характеризуются рядом параметров. К важнейшим параметрам фотоприемников относятся: спектральный диапазон fotocувствительности, интегральная чувствительность, КПД преобразования световой мощности, порог чувствительности или обнаружительная способность, быстродействие. Эти характеристики удобно рассмотреть на примере одного гетероперехода, а более сложные структуры с несколькими переходами будут в большинстве случаев описываться теми же характеристиками. Некоторые отличия многослойных структур будут рассмотрены при описании самих приборов.

1. Спектральная характеристика фотоприемника определяется как зависимость тока короткого замыкания от длины волны падающего света. В фотоприемниках на основе гомо - p-n перехода диапазон и вид спектральной чувствительности определяется, в основном, следующими факторами: длинноволновая граница чувствительности - шириной запрещенной зоны полупроводника, а вид спектра и коротковолновая граница многими факторами, важнейшими из которых является глубина залегания p-n перехода, коэффициент поглощения, диффузионная длина неосновных носителей и скорость поверхностной рекомбинации. В фотоприемниках с гетеропереходом диапазон спектральной чувствительности определяется, главным образом, ширинами запрещенных зон контактирующихся полупроводников, длинноволновая граница - узкозонной базой, а коротковолновая - широкозонным эмиттером. В интервале энергии фотонов $E_{gб} < h\nu < E_{gэ}$ обычно наблюдается постоянство тока короткого замыкания (эффект «окна»), т.к. для указанного интервала длин волн падающих квантов широкозонный эмиттер является прозрачным и потому появляется возможность генерации фотоносителей прямо в области пространственного заряда гетероперехода.

Строго говоря эффект «окна», т.е. постоянство чувствительности в широком интервале длин волн $dI_{\phi} / d\lambda - const$, хотя и наблюдается для большинства гетеропереходов, но он будет точно соответствовать для полупроводниковых пар с высоким коэффициентом поглощения. Другими словами постоянство спектральной чувствительности гетерофотоэлемента будет обеспечено, если область генерации фотоносителей совпадет с областью разделения.

2. Интегральная чувствительность характеризуется отношением выходного сигнала фотоприемника (ток, напряжение) к изменению падающей световой мощности, т.е. $S_V - \Delta V / \Delta P$ или $S_I - \Delta I / \Delta P$. Ко в большинстве случаев чувствительность фотоприемника характеризуется квантовой эффективностью Q, которая численно равна количеству электронно-дырочных пар, генерированных при поглощении одного кванта излучения.

3. КПД преобразования световой мощности характеризуется выходной электрической мощностью выделяемой на оптимальной нагрузке при освещении фотоприемника единичной световой мощностью:

$$S = \frac{IVF}{AP} \cdot 100\% \quad (1)$$

где F - коэффициент заполнения вольт-амперной характеристики, A -площадь фотоприемника.

4. Пороговая чувствительность фотоприемника определяется наименьшей обнаруживаемой мощностью излучения, при которой фотоответ равен величине шумов. Эквивалентная мощность шума, характеризующая качеством фотоприемника, зависит от характеристики приходящего излучения и частоты модуляции потока, а также от площади чувствительного элемента. Поэтому для оценки приемников введено понятие обнаружительной способности D - пороговая чувствительность, отнесенная к единице площади чувствительной поверхности:

$$D = \frac{\sqrt{S \cdot \Delta f}}{\Phi_n} \quad (2)$$

где Δf - частота модуляции, Φ_n -поток падающей световой мощности.

5. Быстродействие гетерофотоэлементов, в отличие от фотоэлементов на основе гомо - р-п переходов, не зависит от длины волны падающего света. Естественно, это происходит тогда, когда все излучение в пределах "окна" поглощается в слое объемного заряда и неосновные неравновесные носители переносятся сильным электрическим полем. При этом предельная частота генерации будет определяться временем пролета, где w - ширина обедненной области, и до частот $f \sim 1/t$ квантовая эффективность фотоприемника остается постоянной. Поэтому в гетерофотоэлементах, благодаря совмещению области генерации с областью разделения, инерционные свойства определяются только собственной емкостью и последовательным сопротивлением, т.е. временем RC -релаксации. Поэтому для увеличения быстродействия требуются сравнительно слаболегированные слои ($n < 10^{15} \text{ см}^{-3}$) [2], поскольку снижение концентрации носителей в области генерации электронно - дырочных пар уменьшает барьерную емкость ($C \sim (n)^{1/2}$) и позволяет работать при низких напряжениях без потери чувствительности и быстродействия.

Литература

1. Алферов Ж.И, Гореленок А.Т, Данилченко В.Г. и др.Высокоэффективный фотодетектор для ультрафиолетового излучения // Письма ЖТФ 1983.т.9.№24.
2. Волков Л.А, Корольков В.И, Пулатов А.А Вертикальное фотосопротивление на основе n⁰-GaAs// Письма ЖТФ.1985.Т.№13

АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОВЕРХНОСТИ ТОНКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛЕНОК МЕТОДОМ ВТОРИЧНО ИОННОЙ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ НА «ПРОСТРЕЛ»

Р.Т. Курбанов, З.А. Исаханов

Институт ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз

В данной работе изучена возможность использования метода вторичной ионно-ионной эмиссии (ВИИЭ) «на прострел» для анализа химического состава поверхности тонких полупроводниковых пленок. Для анализа использовались поликристаллические пленочные системы металл-полупроводник *Cu-Si*, полученный методом описанной в работе [1]. Толщина пленки кремния в системе *Cu-Si* составила 300-400 Å, при общей толщины системы 750-800 Å. Масс-спектральный состав поверхности пленок изучена в двух режимах ВИИЭ: «на отражение» и «на прострел». В первом случае пленка бомбардируется с лицевой стороны под углом 50° относительно нормали пленки, во втором случае с тыльной стороны под углом 45° относительно нормали. В обоих случаях эмитированные вторичные ионы отбирается с лицевой стороны по нормали пленки и пропускается через статический масс-спектрометр. Сравнительное изучение масс-спектрального состава вторичных ионов, выбитых с одной и той же поверхности пленки в режимах ВИИЭ «на прострел» и «на отражение» показало, что: 1) Массовый состав распыленных ионов в обоих режимах сходен в диапазоне 2-100 а.е.м. Наблюдались ионы мишени, ионы объемных примесей, ионы молекул, адсорбированных на поверхности пленки газов и их химические соединения с атомами полупроводника. 2) В масс-спектрах ВИИЭ на «отражение» присутствуют в большом количестве заряженные наночастицы типа M_n^+ и $(M_nX_n^+)$ ($n=1-10$, $m=2-4$), где M -атом полупроводника, X -атомы и молекулы загрязнений из газовой фазы или объема мишени. Высокие выходы ионов M_n^+ ($n>10$) наблюдается также при бомбардировке кристалла *Si* в режиме ВИИЭ «на отражение» [2].

При ВИИЭ «на отражение» в окрестностях ионного удара протекают всевозможные реакции с участием атомов пленки и адсорбированных частиц, связанные с локальным разогревом и электронным возбуждением распыленных атомов и молекул поверхности. Эти процессы и приводят к появлению в масс-спектрах пиков заряженных наночастиц типа M_n^+ и $(M_nX_n^+)$ и затрудняет интерпретацию результатов химического анализа поверхности пленки.

В случае ВИИЭ «на прострел» бомбардировка пленочной системы *Cu-Si*, производится с достаточной для зарождения в пленке последовательность столкновения атомов вблизи лицевой стороны. При этом каскад столкновений должна сообщить поверхностному атому импульс, достаточный для преодоления потенциального барьера твердое тело-вакуум. Исследование показало, что в числе частиц, эмитированные с лицевой стороны пленки, содержится большое количества атомов и молекул, которые распределены на поверхности пленки *Si*, а пики, соответствующие продуктам реакции, обусловленные первичным пучком, полностью отсутствуют. Таким образом, в случае ВИИЭ «на прострел», бомбардируемая и анализируемая поверхности разделены толщиной пленки *Cu-Si*, и поверхность анализируется без разрушения первичным пучком. Тем самым повышается точность анализа состава поверхности пленки.

При анализе поли и монокристаллических пленок толщиной от 100 до десятки тысяч ангстрем, могут быть использованы ионы H^+ или ионы инертных газов, энергия ионов можно изменять от 10 до несколько десятков кэВ, и выбирается в зависимости от толщины пленки и массы первичного иона.

Литература

1. Исаханов З.А. Умирзаков Б.Е. и др. Патент на изобретение. РУз. № IAP 05741. 2018г.
2. Джемилев Н. Х. Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследование. 2012 г. №8, с. 28-34.

МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ ПЛЕНОК Sb_2Se_3 СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ ХИМИЧЕСКОГО МОЛЕКУЛЯРНОГО ПУЧКОВОГО ОСАЖДЕНИЯ

А.Х.Шукуров, Т.М.Разыков

Физико-технический институт НПО «Физика-Солнце» АН РУз.

Методом химически молекулярно-пучкового осаждения (ХМПО) были получены пленки Sb_2Se_3 из соединения Sb и Se как стехиометрического состава. Исследовано влияние температуры подложки на структурные и морфологические свойства пленок. На основе представленных изображений сканирующего электронного микроскопа и анализа элементного состава полученных пленок, выявлено, что в процессе синтеза при высоких температурах подложки, происходит обогащение стибнитом. При этом размеры зерен пленок меняются в пределах 5-10 мкм в зависимости от температуры подложки. Кроме того, рентгеноструктурный анализ образцов показало, что для всех пленок наблюдался интенсивный пик (211). Это говорит о том, что пленки с [211] предпочтительной ориентацией зерен будут иметь меньший разрыв ковалентных связей. Другими словами, границы зерен [211] предпочтительных ориентации зерен могут иметь более низкие поверхностные энергии и меньше оборванных связей, а потери при рекомбинации были меньше.

Введение

Солнечные элементы на основе неорганических поглотителей, таких как Si, GaAs, CdTe и Cu(In,Ga)Se_2 , обеспечивают высокую эффективность и стабильность устройства. Из-за трехмерной (3D) структуры кристаллов оборванные связи неизбежно существуют на границах зерен, что значительно снижает производительность пленки из-за потерь при рекомбинации. Таким образом, рост монокристаллических материалов или пассивация дефектов в границе зёрен необходимы для решения этой проблемы, что приводит к дополнительной сложности обработки и стоимости. Селенид сурьмы (Sb_2Se_3), как простой, нетоксичный, высокообогащенный и недорогой материал с надлежащей шириной запрещенной зоны (1,0–1,2 эВ) и высоким коэффициентом поглощения ($> 10^5 \text{ см}^{-1}$), является перспективным альтернативным источником света поглотитель для фотоэлектрических применений [1–4]. Sb_2Se_3 имеет специальную одномерную ленточную кристаллическую структуру. Ленты укладываются через ковалентные связи в направлении вдоль ленты, в то время как они удерживаются вместе посредством не связывающих сил в направлении, пересекающем ленту [5,6]. В то время как ориентированные ленты стоят вертикально на подложке, фотогенерированные носители будут эффективно транспортировать вдоль одномерных лент, обеспечивая высокую подвижность и низкую скорость рекомбинации. Теоретическая эффективность преобразования тонкопленочных солнечных элементов Sb_2Se_3 может достигать 25% [7,8]. Кроме того, ряд технологических методов может быть использован для получения пленок Sb_2Se_3 с одной и стабильной фазой. Чой и соавторы сообщили, что Sb_2Se_3 был получен методом центрифугирования с использованием раствора исходного прекурсора из одного источника, а сенсibilизированные Sb_2Se_3 солнечные элементы были изготовлены с эффективностью 3,21% [2]. Сообщалось, что эффективность солнечного элемента, сенсibilизированного электроосажденным Sb_2Se_3 , составляет 2,1% [3]. Группа Тана продемонстрировала, что на основе гидразина в растворе обработаны тонкопленочные солнечные элементы $\text{Sb}_2\text{Se}_3/\text{TiO}_2$ и достигнута эффективность преобразования 2,26% [9]. В то же время обычное термическое испарение и быстрое термическое испарение использовались для нанесения тонких пленок Sb_2Se_3 , а

соответствующие суперстратовые солнечные элементы с гетеропереходом Sb_2Se_3 / CdS показали наивысшую эффективность 5,6% [10,11].

В данной работе плёнки Sb_2Se_3 были изготовлены методом ХМПО при атмосферном давлении в потоке водорода. В качестве исходного материала были использованы соединения Sb_2Se_3 с процентными соотношениями Sn- 50,7% и Se -49,3%. Бинарные соединения Sb_2Se_3 были получены по следующей схеме: элементы полупроводниковой чистоты Sb и Se были помещены в кварцевые ампулы, в которых был создан высокий вакуум. Затем, для синтеза соединений Sb_2Se_3 кварцевые ампулы загружались в муфельную печь и нагревались до 640⁰C в течение 24 часов. После термического отжига, охлаждение до комнатной температуры проводилось со скоростью 50 град./ч. Извлеченные из муфельной печи кварцевые ампулы моментально охлаждались в ледяной воде. Чтобы проверить были ли получены соединения Sb_2Se_3 провели рентгеноструктурный анализ методом рентгеновской дифракции лучей. Результаты рентгеноструктурного анализа показывают, что соединения Sb_2Se_3 имеют орторомбическую кристаллическую структуру.

В контейнеры загружались соединения Sb_2Se_3 . Далее систему приводили в рабочее состояние и продували водородом с целью удаления из нее атмосферных загрязняющих газов. Затем была включена наружная печь реакционной камеры. Уровень нагрева определяется задаваемыми температурами осаждения. По достижению требуемого уровня нагрева подложки, включается печь индивидуального нагрева компонент Sb_2Se_3 и доводят ее до требуемой температуры испарения. Температурный интервал испарений для выращивания пленок находится в пределах 700⁰C -800⁰C, а температура подложки варьировалась в интервале 450⁰C - 550⁰C. Поток газа носителя водорода составлял ~ 20 см³/мин. Длительность процесса осаждения зависит от требуемой толщины пленок и находится в интервале от 30 до 60 мин.

В рисунке 1 дано EDX пленки из соединения Sb_2Se_3 при температурах подложки 450°, 500° C и 550° C. У всех пленках обогащены Sb. Как видно из рисунка, повышение температуры подложки в пленки Se уменьшается. Это объясняется тем, что с увеличением температуры подложки повышается кинетическая энергия атомов Se и происходит reevaporation.

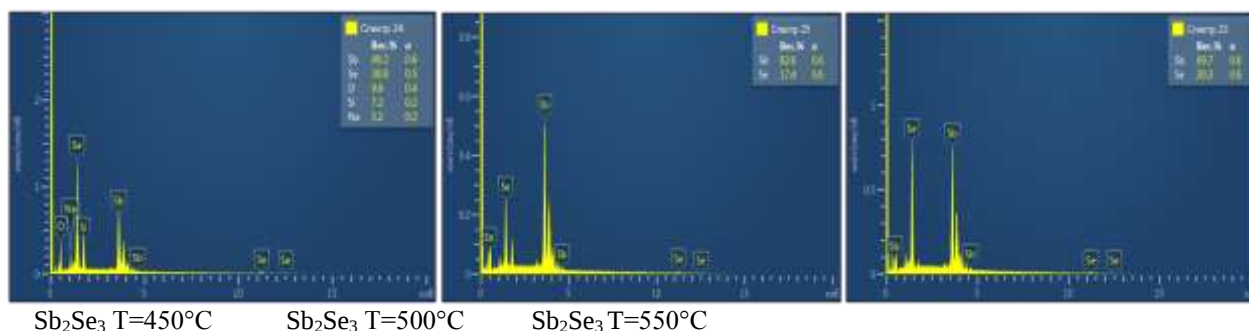


Рис.1. Результаты энерго-дисперсионного анализа для пленок Sb_2Se_3 осаждённые при разных температурах подложки.

Рентгеновские исследования образцов выполнялись на рентгеновском дифрактометре «Panalytical Empyrean» с Cu трубкой ($K_{\alpha 1} = 1.5406$ Å). Измерения проводились при комнатной температуре в интервале углов 2θ от 20° до 80° в режиме пошагового сканирования с шагом 0.02 градуса и временем накопления сигнала в точке 5с. Морфологические исследования проводились с помощью сканирующего электронного микроскопа SEM - EVO MA 10, а составы пленок определялись с помощью энерго-дисперсионного элементного анализатора марки EDX (Oxford Instrument) – Aztec Energy Advanced X-act SDD.

Рентгеноструктурный анализ для образцов, полученных из соединения Sb_2Se_3 при 450° , 500° и 550° C показывает наличие интенсивного пика при $2\theta = 28,1989$, который соответствует кристаллографической ориентации (211) (Рис.2.). В этом направлении нанотрубки стибнита селена перпендикулярна на поверхности подложке, которые носители заряда легко движется. Напротив, при температура подложках 450°C и 550°C , есть слабые пик (120), которые кристаллиты параллельна на поверхности подложке. При температуре 500°C показывает предпочтительную кристаллическую структуру ориентация, подтвержденная отсутствием (120) пика около 17° , но сильного (211) пика при $28,4^\circ$. Это указывает на то, что 1D ленты в основном перпендикулярно к поверхности подложке, что идеально для транспортировки носителя, предпочтительнее лент, чем параллельных подложке (120).

При сопоставлении спектров рентгеновских лучей для всех образцов с базой данных (JCPDS № 15–0861) было выявлено, что все пленки имеют орторомбическую структуру.

Параметры кристаллической решетки для всех образцов были вычислены следующей формулой: $\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2}$, где d – расстояние между плоскостями, h, k, l – индексы Миллера. Параметры постоянной решетки для пленок, при различных температурах подложки имеют следующие значения: $a = 11.63\text{Å}$, $b = 11.78\text{Å}$, $c = 3.985\text{Å}$.

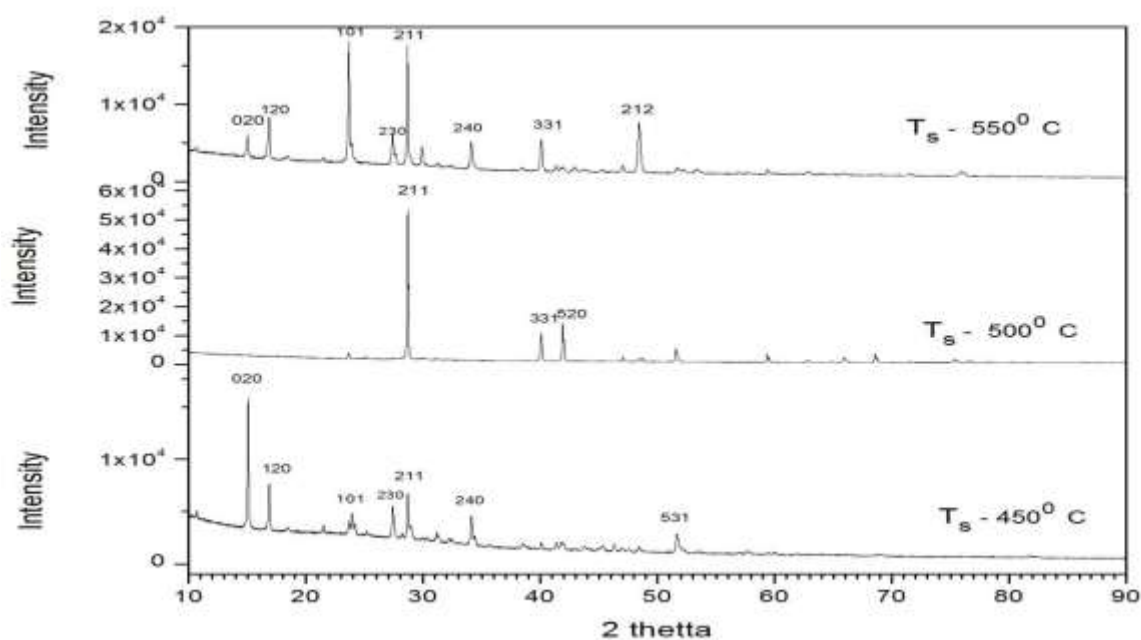


Рис. 2. Рентгенограммы пленок, полученных из соединения Sb_2Se_3 при различных температурах подложки.

На рисунке 3 показаны снимки СЭМ для всех образцов, осажденных из соединения Sb_2Se_3 при различных температурах подложки. Микрокристаллы для всех пленок Sb_2Se_3 равномерно распределены по поверхности подложки. Как видно из рисунка 3, микроструктура (форма и размер зерен) образцов зависит от температуры подложки. При увеличении температуры подложки размеры зерен увеличивались. Как видно из рисунка 3, формы зерен всех образцов, осажденных при температурах 450° , 500° и 550° C имели уплощенный вид. Размеры зерен для всех образцов составляет 5-10 мкм и имеют поликристаллическую структуру, но размеры зерен пленок, при температуре подложки 500° C увеличились – $8\div 20$ мкм, а структура стала более плотноупакованная. Кроме того, при увеличении и уменьшении температуры подложки

наблюдалось появление вертикально осажденных зерен, то есть (120) пик при температуре 450°C и 550°C на поверхности пленок Sb_2Se_3 , в тоже время при температуре 500° С они совсем исчезли.

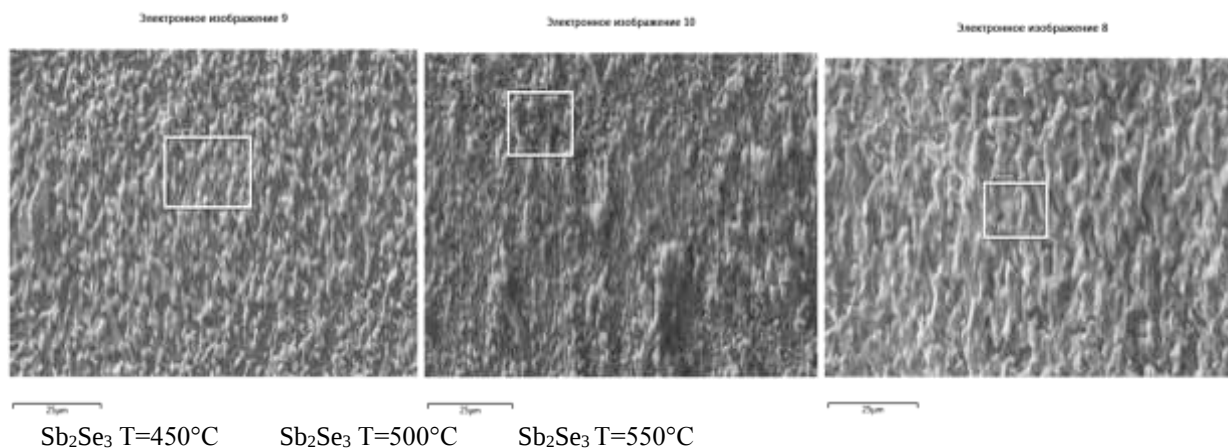


Рис.3. Фотографии поверхности пленок Sb_2Se_3 со сканирующего электронного микроскопа:

Таким образом, нами были исследованы влияние температуры подложки на морфологических и структурных свойств пленок Sb_2Se_3 . Результаты анализа сканирующего электронного микроскопа с энерго-дисперсионным элементным анализатором и снимки сканирующего электронного микроскопа показали, что: 1) при высоких температурах подложки пленки будут обогащены Sb; 2) с увеличением температуры подложки инородные частицы исчезают с поверхности пленок Sb_2Se_3 и пленки будут иметь более плотноупакованную поликристаллическую структуру.

Результаты измерения электрических свойств пленок показали, что электропроводности пленок при увеличении температуры подложки осажденных при температуре 550°C уменьшилась. Самый оптимальный температура подложки был 500°C.

Литература

1. Im, C.S. Lim, J. Chang, Y. Lee, N. Maiti, H.J. Kim, M. Nazeeruddin, M. Gratzel, S. Seok, Toward interaction of sensitizer and functional moieties in hole-transporting materials for efficient semiconductor-sensitized solar cells, *Nano Lett.* 11 (2011) 4789–4793.
2. Y.C. Choi, T.N. Mandal, W.S. Yang, Y.H. Lee, S.H. Im, J.H. Noh, S.I. Seok, Sb_2Se_3 -sensitized inorganic–organic heterojunction solar cells fabricated using a single source precursor, *Angew. Chem. Int. Ed.* 126 (2014) 1353–1357.
- [3] T.T. Ngo, S. Chavhan, I. Kosta, O. Miguel, H.-J. Grande, R. Tena-Zaera, Electrodeposition of antimony selenide thin films and application in semiconductor-sensitized solar cells, *ACS Appl. Mater. Interfaces* 6 (2014) 2836–2841.
- [4] C.E. Patrick, F. Giustino, Structural and electronic properties of semiconductor sensitized solar-cell interfaces, *Adv. Funct. Mater.* 21 (2011) 4663–4667.
- [5] V. Rajasekarakumar, K. Sridevi, Y. Hulusi, M. Carlos, Self-standing nanoribbons of antimony selenide and antimony sulfide with well-defined size and band gap, *Nanotechnology* 22 (2011) 175705.
- [6] J.J. Carey, J.P. Allen, D.O. Scanlon, G.W. Watson, The electronic structure of the antimony chalcogenide series: prospects for optoelectronic applications, *J. Solid State Chem.* 213 (2014) 116–125.
- [7] M.R. Filip, C.E. Patrick, F. Giustino, GW quasiparticle band structures of stibnite, antimonselite, bismuthinite, and guanajuatite, *Phys. Rev. B* 87 (2013) 205125.

- [8] V.L. Deringer, R.P. Stoffel, M. Wuttig, R. Dronskowski, Vibrational properties and bonding nature of Sb₂Se₃ and their implications for chalcogenide materials, *Chem. Sci.* 6 (2015) 5255–5262.
- [9] Y. Zhou, M. Leng, Z. Xia, J. Zhong, H. Song, X. Liu, B. Yang, J. Zhang, J. Chen, K. Zhou, J. Han, Y. Cheng, J. Tang, Solution-processed antimony selenide heterojunction solar cells, *Adv. Energy Mater.* 4 (2014) 1079–1083.
- [10] X. Liu, C. Chen, L. Wang, J. Zhong, M. Luo, J. Chen, D.-J. Xue, D. Li, Y. Zhou, J. Tang, Improving the performance of Sb₂Se₃ thin film solar cells over 4% by controlled addition of oxygen during film deposition, *Prog. Photovolt.: Res. Appl.* 23 (2015) 1828–1836.
- [11] Y. Zhou, L. Wang, S. Chen, S. Qin, X. Liu, J. Chen, D.-J. Xue, M. Luo, Y. Cao, Y. Cheng, E.H. Sargent, J. Tang, Thin-film Sb₂Se₃ photovoltaics with oriented one dimensional ribbons and benign grain boundaries, *Nat. Photon.* 9 (2015) 409–415.

ВЛИЯНИЕ ПРИМЕСИ ТИТАНА НА СТРУКТУРУ КРЕМНИЙ-ГЕРМАНИЕВЫХ ПЛЁНОК, ПОЛУЧЕННЫХ ГАЗОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИЕЙ

Ш.К.Кучканов¹, М.М.Адилов¹, Ш.Т.Хожиев²

¹Институт ионно-плазменных и лазерных технологий имени У.А.Арифова АН РУз;

²Институт биоорганической химии имени О.С.Садыкова

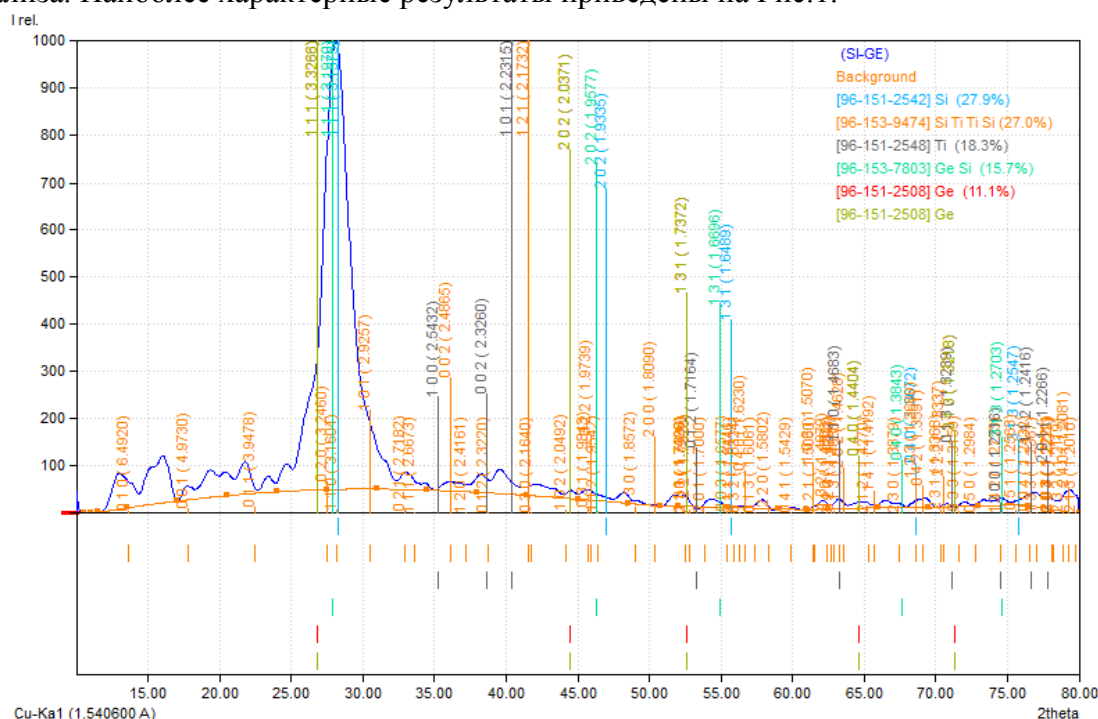
Широкое использование альтернативной энергетики становится всё более определяющей чертой развития современного общества. Весьма актуальной, но недостаточно решённой проблемой в этой области является создание методов и устройств эффективного прямого преобразования тепла в электричество. Один из основных сдерживающих факторов здесь состоит в относительной дороговизне материалов, применяемых для данных целей. В этой связи разработка преобразователей тепловой энергии на основе такого относительно дешёвого и технологичного материала, как кремний, представляется весьма интересным и многообещающим направлением. Значительный интерес здесь представляет описанный в [1] тепловольтаический эффект, заключающийся в возникновении аномально высоких термо-эдс и генерации носителей заряда у нагреваемых образцов поликристаллического кремния, содержащих высокую концентрацию дефектов. В работах [2,3] представлены результаты исследования тепловольтаического эффекта в полученных газофазной эпитаксией кремний-германиевых плёночных р-п структурах, в том числе необлучённых и после γ -облучения с дозой 10^9 рад [3]. Показано, что при нагреве на данных плёночных структурах возникает темновое напряжение холостого хода U_{xx} и происходит эффективная генерации носителей, причём плотность тока короткого замыкания $I_{кз}$ в образце после облучения возрастает более чем на порядок. Аналогичный эффект усиления генерации носителей наблюдался ранее также на кремниевых плёночных р-п структурах [4], полученных вакуумным осаждением. Эти результаты позволили сделать вывод об определяющей роли в возникновении тепловольтаического эффекта в полупроводниковых плёнках дефектов собственной структуры. Однако, для кремний-германиевых структур остался открытым вопрос о роли дефектов, связанных с разупорядоченностью, вызванной легированием плёнок примесью Ti.

Для проверки предположения о роли дефектов, связанных с атомами Ti, нами было проведено исследование кремний-германиевых плёнок Si-Ge/Si, осаждённых на кремниевых подложках. Структуры Si-Ge/Si были получены газофазной эпитаксией в условиях, аналогичных [5], в системах $SiCl_4$ - $GeCl_4$ - H_2 и $SiCl_4$ - $GeCl_4$ - $TiCl_4$ - H_2 на Si подложках марок КДБ-10 и КДБ-40 соответственно, с ориентацией (111) и (100). Полученные плёнки были исследованы методами рентгеноструктурного и элементного анализа. Идентификацию образцов проводили на основе дифрактограмм, которого снимали на аппарате XRD-6100 (Shimadzu, Japan), управляемом компьютером. Применяли CuK_{α} -излучение (β -фильтр, Ni, 1.54178 режим тока и напряжения трубки 30 mA, 40 kV) и постоянную скорость вращения детектора 4 град/мин с шагом 0,02 град. ($\omega/2\theta$ -сцепление), а угол сканирования изменялся от 4 до 80°. Анализ результатов производился с использованием базы данных [6].

Элементный анализ образцов показывает, что нелегированные кремний-германиевые плёнки имеют следующий состав (в весовых процентах): Si – 58,98%, Ge – 41,05%. Для структур, легированных титаном, получены следующие весовые соотношения: Si – 42,24%, Ge – 22,46%, Ti – 35,30%.

Столь высокая степень легирования титаном неизбежно должна приводить к значительной аморфизации структуры плёнок. Для оценки степени их кристалличности

нами были проведены соответствующие исследования методом рентгеноструктурного анализа. Наиболее характерные результаты приведены на Рис.1.



Анализ полученных данных свидетельствует, что высокая степень легирования титаном действительно приводит к значительной аморфизации кремний-германиевых плёнок. Так, если в нелегированных структурах S-Ge/Si доля аморфной фазы составляет 17,79%, то в легированных титаном до указанных выше весовых соотношений она возрастает до 33%. Это, в свою очередь, способствует созданию электронных уровней, связанных с дефектами собственной структуры, которые, в свою очередь, и являются ответственными на эффективную генерацию эдс и носителей при нагреве.

Полученные результаты, таким образом, могут служить подтверждением сильного влияния дефектов структуры в образцах Si-Ge:Ti/Si на генерацию в них тока и напряжения. Эти результаты и данные [2-4] свидетельствуют, таким образом, что в общем случае именно дефекты собственной структуры играют основную роль в возникновении тепловольтаического эффекта в объектах различного типа.

Литература

- [1] M.S. Saidov, B.M. Abdurakhmanov, L.O. Olimov. //Applied Solar Energy. 2007. V.43. P.203.
- [2] Ш.К. Кучканов, Х.Б. Ашуров. //Узбекский физический журнал. 2017. Т.19. №5. С.285-289.
- [3] Ш.К.Кучканов, Х.Б.Ашуров, Б.М.Абдурахманов, М.М.Адилов, С.Е.Максимов, С.Ж.Ниматов. //В кн.: «Восьмая Международная конференция по Физической Электронике IPES-8. 23-24 сентября, 2021. Ташкент, Узбекистан. Сборник тезисов докладов». С.112-113.
- [4] Б.М.Абдурахманов, М.Х.Ашуров, Х.Б.Ашуров, Ш.К.Кучканов, С.Е.Максимов, С.Ж.Ниматов. //Узбекский физический журнал. 2014. Т.16. №3. С.219.
- [5] Ж.Т.Абдурахманов, И.В.Драчук, К.Л.Лютювич. //Узбекский физический журнал. 1997. №5-6. С.74.
- [6] K.Lejaeghere, V.Van Speybroeck, G. Van Oost, S.Cottenier. //Critical Reviews in Solid State and Materials Sciences. 2014. V.39(1). P.1.

МЕТАЛЛ НАНОЗАРРАЛАРДА ФОТОЭМИССИЯ

Н.М.Юлдашева

Андижон давлат университети

Маълумки, металл нанозарралар электрон зичлигининг тебраниши спектрнинг кўриш ва инфрақизил қисмида резонанс частота— локаллашган плазма резонанси (ЛПР) га эга. Шунинг учун наноплазмониканинг асосий вазифаси ЛПР туфайли юзага келадиган оптик ва электрофизик жараёнларни ўрганишдир. ЛПР сиртий зарядлар потенциал ўра ҳосил қилиши ва бу ўрада электронларнинг ташки электромагнит майдон (ЭМ) таъсирида тебраниши оқибатида юзага келади. ЛПР частотаси кичик зарралар учун уларнинг ўлчамларига боғлиқ бўлмасдан, кўпроқ уларнинг шаклига, материалга ва уни ўраб турган муҳитга боғлиқ бўлади. ЛПР частотасида ташки ЭМ энергия зичлиги нанозарра ичида ташқаридагига нисбатан бир неча тартибга юқори бўлади. ЛПР уйғотилганда нанозарра ўзини резонатордек тутати. Металл нанозарраларнинг резонанс хоссалари (плазмонлар) ва ўз атрофларида ЭМни йиғиши жуда кўп янги эффектларни кузатишга имкон беради, улардан бири – гигант комбинацион сочилишдир. Бу эффектлар асосида плазмон нанозаррали оптоэлектрон қурилмалар, наноўлчамли лазерлар, юқори эффективли куёш элементлари таклиф қилинди ва баъзилари амалга оширилди.

ЛПР уйғотилишида юзага келадиган эффектлардан бири нанозарралардан фотоэмиссиядир. Ушбу иш ЛПР уйғотилишини ҳисобга олган ҳолда металл нанозарралардан сиртий фотоэмиссиянинг кесимини аниқлаш ва нанозарралардан фотоэмиссия макроструктуралардагига нисбатан самарали эканлигини кўрсатишга бағишланган. Металл фотодетекторлар сиртида уларнинг самарадорлигини ошириш учун микро ва нано структуралар яратилган, лекин бу структуралар металл қобиклар билан яхши электр контактга эга бўлганлиги учун уларда ЛПР уйғотилиши ва фотоэмиссия кучайтирилиши мумкин эмас. ЛПР уйғотилишини ҳисобга олган ҳолда металл нанозарралардан сиртий фотоэмиссиянинг ортиши амалда кузатилган, лекин бу жараён назарий ва систематик ўрганилмаган.

Ушбу ишда [2] монографияга асосланиб, ЛПР уйғотилишини ҳисобга олган ҳолда металл нанозарралардан сиртий фотоэмиссиянинг кесимини ҳисоблаш кўриб чиқилади. Бунда электр майдони ва электрон массасининг сиртда сакраб ўзгариши ҳисобга олинади, бу фотоэмиссиянинг кескин ортишига олиб келади.

Металл нанозарралардан фотоэмиссия кесими

$$\sigma_{ph-em} = \frac{8\pi\hbar\omega}{cn_+} C_{em} |F|^2 K_{geom} \quad (1)$$

ифода орқали аниқланади, бу ерда $n_+ = \text{Re} \sqrt{\epsilon_+}$,

$$C_{em} = \frac{e^2 k T V^2}{\pi^2 \hbar^5 \omega^4} \int dx [1 + (\hbar\omega/V - 1)/x]^{1/2} \ln(1 + \exp(-\frac{E_f - Vx}{kT})) U(x) |K_{dis}(x)|^2 - \text{фотоэмиссия эҳтимоллиги};$$

$$F = \frac{1}{1 + R_{dep} - iR_{rad}} \frac{\epsilon_+}{\epsilon_+ + (\epsilon_- - \epsilon_+)L} - \text{деполяризация ва радиацион йўқотишларни ҳисобга}$$

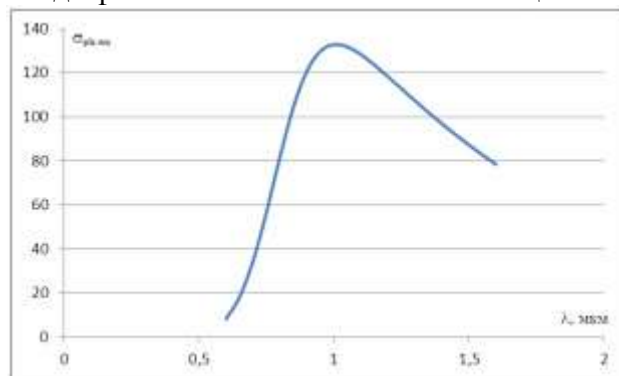
олувчи функция;

$$K_{geom} = \frac{\pi a^2}{r} \left[\frac{r}{1-r^2} + \frac{1-2r^2}{(1-r^2)^{3/2}} \arcsin(1-r^2)^{1/2} \right] - \text{нанозарра шакли ва ўлчамини ҳисобга}$$

олувчи функция;

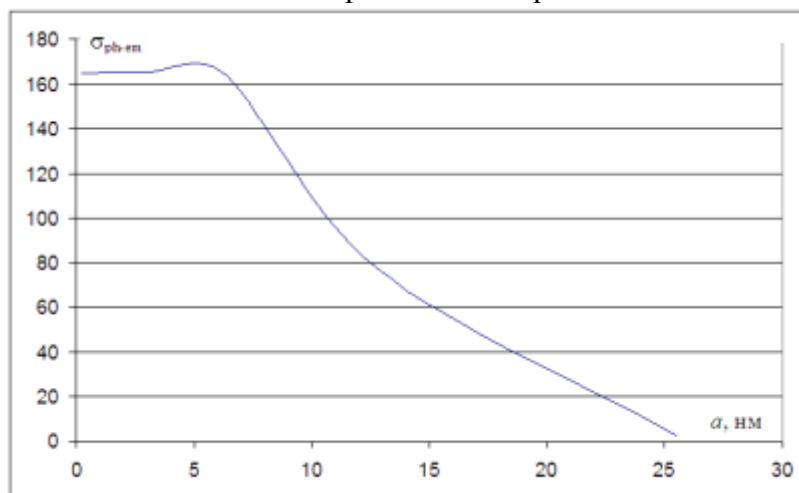
Юқорида келтирилган ифодалардан олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг тушаётган ёруғлик тўлқин узунлигига ва нанозарра ўлчамига боғлиқлигини ўрганиш учун Visual Basic-6.0 да махсус дастур тузилди ва ишга туширилди. Дастурнинг ўзига хос хусусияти шундаки, у катталиклар орасидаги боғланишни нафақат жадвал, балки MS Excel да чизувчи график кўринишида ҳам ифодалашга имкон беради. Дастур шунингдек, нанозарранинг массаси, энергияси, шакли, Ферми сатҳи ва температуранинг назорат қилишга имкон беради.

1-расмда олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлиги келтирилган. Расмдан кўриниб турибдики, ёруғлик тўлқин узунлиги ~ 1 мкм бўлганда фотоэмиссия кесими максимал қийматга эришади.



1-расм. Олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлиги

2-расмда олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг нанозарра ўлчамига боғлиқлиги келтирилган. Расмдан кўриниб турибдики, нанозарра ўлчами 5.5 нм бўлганда фотоэмиссия кесими энг юқори қийматга эришади.



2-расм. Олтин нанозарралардан фотоэмиссия кесимининг нанозарра ўлчамига боғлиқлиги

р-типли кремнийда жойлашган сферик олтин нанозарраларда ЛПР ҳосил бўлувчи тўлқин узунлиги λ бўлганда фотоэмиссия кесими ютилиш кесимининг бир неча фоизини ва геометрик кесимнинг ярмини ташкил этади. Шундай қилиб, агар нанозарраларнинг нисбий зичлиги 0.3 га тенг бўлса, барча фотонларнинг 5% фотоэлектронларга айланади. $\lambda = 1$ мкм бўлганда нанозарралардан фотоэмиссион ток олтин қатламидагига нисбатан икки тартибга юқори бўлади. Металл нанозарранинг радиуси оптимал қийматга эришганда фотоэмиссион ток энг юқори бўлади.

Ишда олинган натижалар янги юқори сезгирликка эга бўлган фотодетекторлар ва фотоўзгартиргичлар яратишда қўлланилиши мумкин.

Адабиётлар

1. И.Е.Проценко, А.В.Усков//УФН, т.182, №5, 2012, с.543-554
2. С.Зайнабидинов, Р.Алиев, М.Муйдинова, Б.Урманов Об оптической эффективности кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. // Гелиотехника, 2018, №5, С. 3-9.
3. Р.Алиев, М.Насиров Фотоэмиссия из металлических наночастиц -основа наноплазмонного эффекта//Научный вестник АГУ, 2017, №2, с.15-19.

3-ШЎБА. ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ФОТОВОЛЬТАИКАНИНГ ТАДҚИҚИЙ ВА АМАЛИЙ МАСАЛАЛАРИ

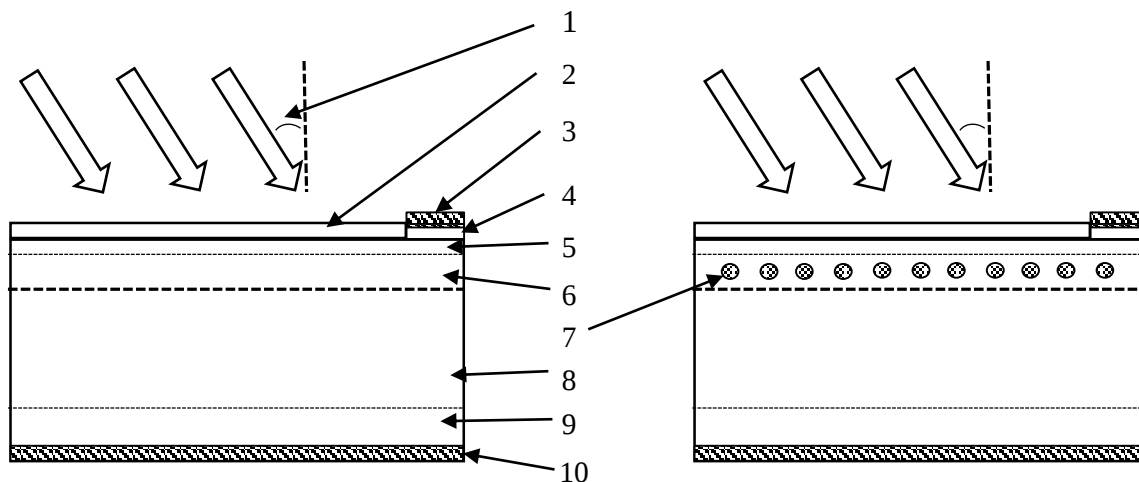
TURLI METAL NANOZARRACHALAR KIRITILGAN KREMNIY ASOSLI QUYOSH ELEMENTINING FOTOELEKTRIK PARAMETRLARIGA ATROF- MUHIT TA'SIRI

Prof. R.Aliev.

Andijon davlat universiteti

Quyosh elementlarini turlari juda ko'p. Ular ichida eng keng tarqalgani kremniy asosli quyosh elementidir. Kremniy asosli quyosh elementini foydali ish koeffitsientini o'ttirish, uning xususiyatlarini to'liqroq o'rganish maqsadga muvofiq. Chunki kremniy dunyoda eng keng tarqalgan elementlardan biri. Kremniy asosli quyosh elementlarning elektro-optik parameterlarini yaxshilashning bir necha uslublari mavjud. Biz ilmiy tadqiqotlarimiz davomida turli nanozarrachalar kiritilgan kremniy asosli quyosh elementlarini o'rgandik. Bunda platina nanozarrachasi kremniy asosli quyosh elementining n soxasiga kiritilgandan yaxshiroq samara berishi aniqlandi [1]. Shuning uchun, ushbu ilmiy ishda turli nanozarracha kiritilgan kremniy asosli quyosh elementini asosiy fotoelektrik parameterlariga atrof muhit ta'siri o'rganildi. Atrof muhit parameterlariga yorug'lik intensivligi, temperatura va yorug'lik tushish burchagi kiradi.

Quyosh elementlarinin modellastirishda Synopsys kompaniyasining Sentaurus TCAD dasturidan foydalanildi. Sentaurus TCAD umumiy 20 ta instrumentdan iborat bo'lib ulardan 17 tasi asosiy va 3 tasi yordamichi instrumentlar hisoblanadi. Quyosh elementlarini modellastirishda 4 ta asosiy instrumentdan foydalaniladi. Bular *Sentaurus Structure Editor (SDE)*, *Sentaurus Device (SDevice)*, *Sentaurus Visual (SVisual)* va *Sentaurus Work Bench (SWB)*.



Rasm 1. Oddiy va nanozarracha kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining chizmasi. Bu yerda: 1 – yorug'likning tushish burchagi, 2 – optik qatlam, 3 – oldi kontakt, 4 – kontakt soha, 5 – n++ soha, 6 – n soha, 7 – nanozarracha, 8 – p soha, 9 – p++ soha va 10 – orqa kontakt.

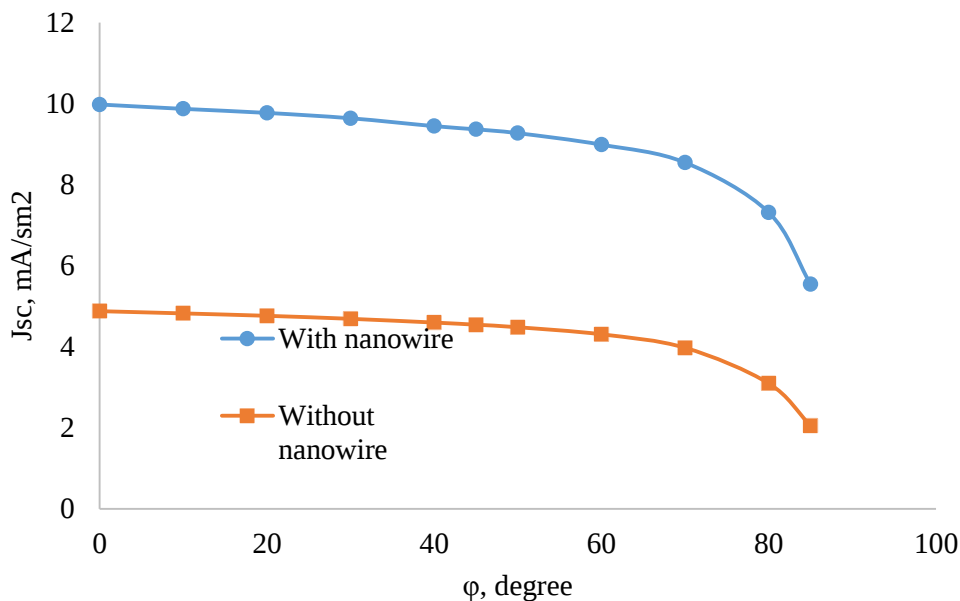
Geometrik model hosil qilishda asosiy e'tibor, sohalarni koordinatalarni to'g'ri berishdan iborat. Model quydagi tartibda hosil qilinadi.

1. Sohalarning koordinatalari, nomi va material turi beriladi.
2. Kerakli sohalarga kirishma beriladi. Bunda asosan kirishma konsentratsiyasi miqdori va kirishma atom turi beriladi.
3. Elektrodlar beriladi va aktiv holatga keltiriladi.

4. Geometrik modelning o'lchamiga qarab kerakli o'lchamda to'rlanadi.

Biz ikki xil oddiy va nanozarracha kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining geometrik modellarini yasadik. Nanozarracha kiritilgan quyosh elementining o'lchamlari nanozarracha radiusi r ga proporsional olingan. Ya'ni optik qatlam qalinligi $3r$, n^{++} qatlam qalinligi $5r$, n qatlam $7r$, p qatlam $45r$ va p^{++} qatlam $5r$ olingan. Kengligi esa 2 mkm olingan. Nanozarracha sifatida platina, oltin, mis va kumush materiallari tanlandi (Rasm 1).

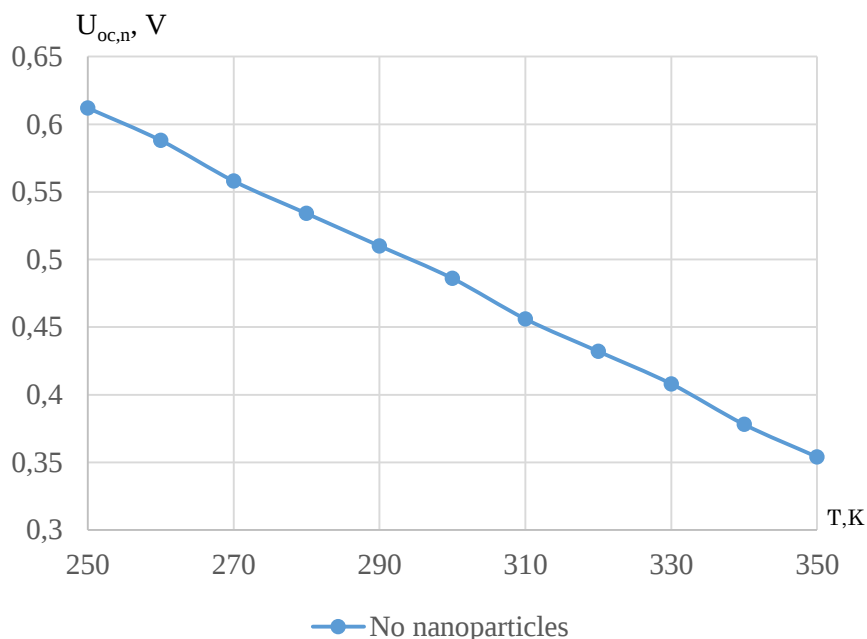
Yorug'lik tushish burchagi 0 gradusdan 80 gradusgacha o'zgarganda nanozarracha kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining qisqa tutashuv toki deyarli 1.7 marta kamaydi. Bunda yorug'lik tushish burchagini ikki oraliqqa bo'lishimzim mumkin. Birinchisi $(0:60)$ va ikkinchisi $(60:80)$ (Rasm 2). Birinchi oraliqda qisqa tutashuv tokining o'zgarishi chiziqli ikkinchi oraliqda esa eksponensialdir [2].



Rasm 2. Nanozarracha kiritilgan va oddiy kremniy asosli quyosh elementining qisqa tutashuv tok zichligini yorug'lik tushish burchagiga bog'liqlik grafigi

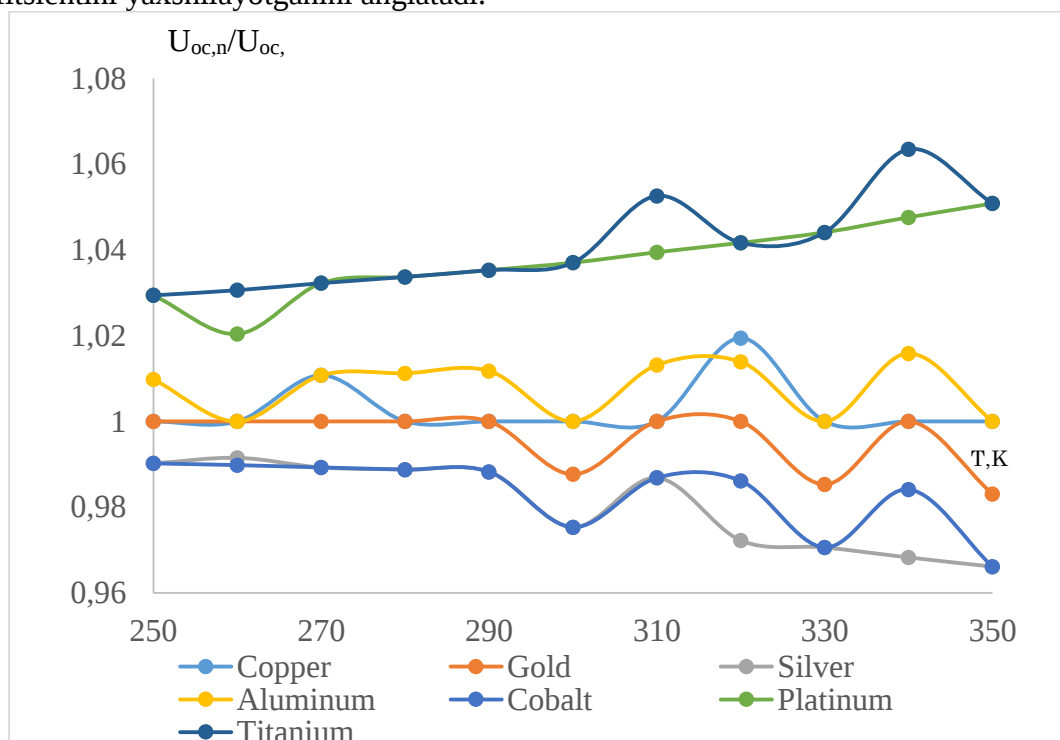
Rasm 3. da oddiy quyosh elementining salt ishlash kuchlanishi temperatura 250K dan 350K ga ortganda 42% ga demonstratsiya qilingan [3]. Radziemskaya va Klugman tomonidan olib borilgan eksperimental tadqiqotlar temperatura 1K ga o'zgarganda salt ishlash kuchlanishi 0.4% o'zgarishi aniqlangan [4]. Hatto, Green tomonidan salt ishlash kuchlanishini temperatura koeffitsienti aniqlash uchun 7-formula ishlab chiqilgan [5]. Nanozarrachaning o'lchami 20 nm deb hisoblandi. Ushbu holat uchun mis, oltin, kumush, alyuminiy, kobalt, platina va titan metal nanozarrachalari kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi aniqlandi.

Platina va titan metal nanozarrachalari kiritilgan quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi oddiy quyosh elementiga qaraganda yaxshiligi aniqlandi. Kumush va kobalt nanozarrachalari kiritilgan quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi yaxshi emasligi ya'ni temperature ortishi bilan oddiy quyosh elementiga nisbatan salt ishlash kuchlanishi jadalroq tushib ketishi aniqlandi. Oltin, alyuminiy va mis nanozarrachalari kiritilgan quyosh elementlarining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi oddiy quyosh elementinikidan deyarli farq qilmaydi. Indiy nanozarrachasi kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishi temperatura 1K ga o'zgarganda 0.2% ga o'zgarishi Pervin tomonidan aniqlangan [6].



Rasm 3. Oddiy nanozarracha kiritilmagan quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi

Platina va Titan nanozarrachasi kiritilgan kremniy asosli quyosh elementi salt ishlash kuchlanishini temperatura 1K ga o'zgarganda 0.4% o'zgarishi kuzatildi. Bu platina va titan nanozarrachalarini nanoo'lchamli kremniy asosli quyosh elementining temperatura koeffitsientini yaxshilayotganini anglatadi.



Rasm 4. Turli nanozarracha kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini oddiy kremniy asosli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishiga nisbatini temperaturaga bog'liqligi.

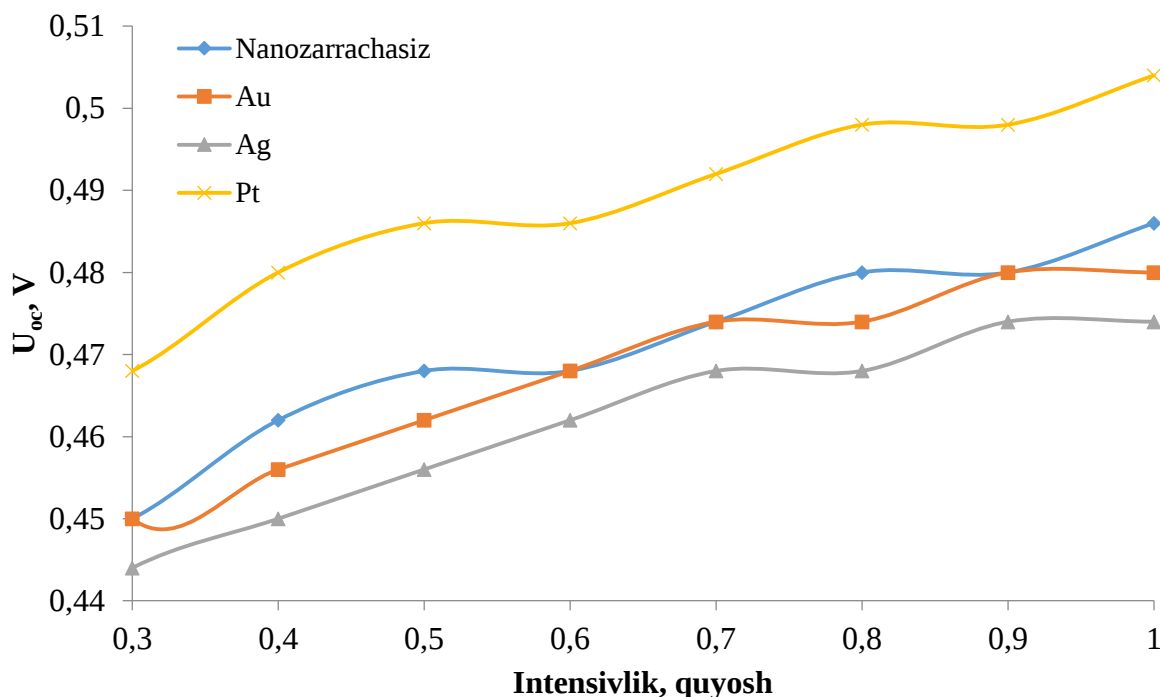
Bunga sabab nanozarrachalar plazmonika effekti tufayli o'zlaridan qo'shimcha issiq elektronlar chiqarib kremniyning ta'qiqlangan zona kengligini o'zgartirayotganidir. Chunki salt ishlash kuchlanishi ta'qiqlangan zona kengligiga bog'liqdir.

$$\frac{dU_{oc}}{dT} = - \frac{\left(\frac{nE_g}{mq} - U_{oc} + \frac{\gamma nkT}{q} \right)}{T} \quad (1)$$

Bu yerda: E_g – ta'qiqlangan zona kengligi, γ, m – o'zgarmaslar, U_{oc} – salt ishlash kuchlanishi, k – boltsman doimiysi, T – temperatura, n – noideallik koeffitsienti, q – elementar zaryad.

Quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi chiziqli emas. Rasm 5 da oddiy va Au, Ag, Pt nanozarrachalari kiritilgan kremniy asosli quyosh salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi tasvirlangan. Oddiy va nanozarracha kiritilmagan quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligi koeffitsienti deyarli bir xil $K_U = 1.05E-4 \text{ Vsm}^2/\text{W}$ ekanligi aniqlandi. Demak nanozarrachlar salt ishlash kuchlanishini qiymatiga ta'sir ko'rsatadi, lekin salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqlik sifatiga ta'sir ko'rsatmaydi. Salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi qisqa tutashuv toki zichligi orqali tushuntiriladi. Ya'ni qisqa tutashuv toki zichli yorug'lik intensivligiga chiziqli bog'langan. Formula (10) da keltirilganidek, salt ishlash kuchlanishi qisqa tutashuv toki zichligiga logarifmik bog'langan [7]. Demak salt ishlash kuchlanishi va yorug'lik intensivligi orasida ham logarifmik bog'lanish mavjud bo'lishi kerak.

$$V'_{oc} = \frac{nkT}{q} \ln \left(\frac{XI_{sc}}{I_0} \right) = \frac{nkT}{q} \left[\ln \left(\frac{I_{sc}}{I_0} \right) + \ln X \right] = V_{oc} + \frac{nkT}{q} \ln X \quad (2)$$



Rasm 5. Nanozarracha kiritilmagan va Au, Ag, Pt nanozarrachalari kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi

Olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlarga ko'ra kremniy asosli quyosh elementlarining spektral sezgirligi va foydali ish koeffitsientlari ortib bormoqda. Ushbu ilmiy ishda turli nanozarrachalar kiritilgan kremniy asosli quyosh elementlarining fotoelektrik parametrlarini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi aniqlandi. Bunda Pt va Ti nanozarrachalarning ta'siri yaxshi, Ag va Co nanozarrachalarning ta'siri yomon hamda Au va Cu nanozarrachalarini ta'siri deyarli yo'qligi aniqlandi. Ushbu olingan natijalardan kremniy asosli quyosh elementining xususiyatlarini foydali nanozarracha kiritish orqali tubdan o'zgartirish mumkinligi aniqlandi. Nanozarracha kiritilgan kremniy faqat quyosh elementi yasashda emas, balki boshqa yarimo'tkazgichli qurilmalar yashashda ham ishlatish maqsadga muvofiq bo'ladi. Masalan, Pt va Ti nanozarracha kiritilgan kremniydan sezgirligi 2 barobar yaxshi bo'lgan intensivlik o'lchash uchun yangi avlod pirometrini yasash mumkin. Bundan tashqari kremniy asosli

quyosh elementlarining fotoelektrik parameterlarini yorug'lik tushish burchagi koeffitsienti 2 marotaba ortishi aniqlandi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Aliev, R., Gulomov, J., Abduvohidov, M., Aliev, S., Ziyoyitdinov, Z., & Yuldasheva, N. (2020). Stimulation of Photoactive Absorption of Sunlight in Thin Layers of Silicon Structures by Metal Nanoparticles. *Applied Solar Energy (English Translation of Geliotekhnika)*, 56(5). <https://doi.org/10.3103/S0003701X20050035>
2. Gulomov, J., Aliev, R., Mirzaalimov, A., Mirzaalimov, N., Kakhkhorov, J., Rashidov, B., & Temirov, S. (2021). Studying the effect of light incidence angle on photoelectric parameters of solar cells by simulation. *International Journal of Renewable Energy Development*, 10(4), 731–736. <https://doi.org/10.14710/ijred.2021.36277>
3. Gulomov, J., & Aliev, R. (2021). Study of the Temperature Coefficient of the Main Photoelectric Parameters of Silicon Solar Cells with Various Nanoparticles. *Journal of Nano- and Electronic Physics*, 13(4), 04033-1-04033–04035. [https://doi.org/10.21272/JNEP.13\(4\).04033](https://doi.org/10.21272/JNEP.13(4).04033)
4. Radziemska, E., Klugmann, E. (2002) Thermally affected parameters of the current–voltage characteristics of silicon photocell. *Energy Conversion and Management*, 43, 1889–1900: [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00132-7](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00132-7)
5. Green, M. (2003) General Temperature Dependence of Solar Cell Performance and Implications for Device Modelling. *Prog. Photovolt: Res. Appl.* 11, 333–340: <https://doi.org/10.1002/pip.496>
6. Pervin, F., Islam, S., Rahman, R., Mohammedy, M. (2015) Photovoltaic characteristics and non-idealities of thin film silicon plasmonic solar cells. *International Conference on Telecommunications and Photonics (ICTP)*, Dhaka, Bangladesh: <https://doi.org/10.1109/ICTP.2015.7427929>
7. Bunea, G., Wilson, K., Meydbray, Y., Campbell, M., & De Ceuster, D. (2006). Low Light Performance of Mono-Crystalline Silicon Solar Cells. 2006 IEEE 4th World Conference on Photovoltaic Energy Conference. doi:10.1109/wcpec.2006.279655

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ МАТЕРИАЛА СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА С НАНО РАЗМЕРНЫМИ ГЕТЕРО ПЕРЕХОДАМИ ПО ЕГО СВЕТОВОЙ ВОЛЬТАМПЕРНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКЕ

Э.З.Имамов¹, Р.А.Муминов², М.А.Аскарлов³, Х.Н.Каримов¹

¹Ташкентский университет информационных технологий - ТУИТ

²Физико-технический институт, НПО «Физика-Солнце» АН РУз

³Каракалпакский государственный университет

Аннотация. Определены оптимальные соотношения параметров солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами обеспечивающие максимальной мощности коэффициент полезного действия.

Из полученных соотношений следует, что солнечный элемент с нано размерными гетеро переходами можно построить таким образом, что его эффективность будет иметь всегда требуемый высокий уровень.

Показано, что такая управляемая ситуация возможна применительно к солнечному элементу с нано размерными р-п переходами, созданные в силу явления самоорганизации на подложке из технического кремния.

Ключевые слова. Эквивалентная схема, световой ток, преобразователь, вольтамперная характеристика

Введение. В работе проводится оптимизация параметров материала солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами (СЭсНРПП) по световой вольтамперной характеристике (СВАХ).

Особенностью исследований является то, что нано размерные гетеро переходы созданы на поверхности подложки из технического кремния. Обычно, для преобразования солнечного излучения в электричество эта модификация кремния практически не используется. Однако, в наших предыдущих работах [1-7]

- подробно обоснован выбор технического кремния (после дополнительного нано технологического воздействия) в качестве подложки солнечного элемента,

- рассмотрена технология создания на его поверхности гетеро контактных структур,

- определены требования, предъявляемые к контактирующим материалам,

- оценены условия, при которых эффективность солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами, будет соизмерим с эффективностью традиционных солнечных элементов на основе кристаллической модификации кремния.

Технологические условия для создания солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами. Солнечный элемент с нано размерными гетеро переходами создаётся в соответствии с физическим явлением самоорганизации [8-11], которое сопровождается естественным ростом на поверхности полупроводника «островков» нано включений с последующим формированием на их основе нано гетеро эпитаксиальных систем. Метод молекулярно лучевой эпитаксии оказался наиболее желательным методом формирования устойчивых нано размерных гетеро контактных структур.

Характерная особенность физического явления самоорганизации состоит в том, что оно реализуется наиболее успешно, если степень кристалличности обеих контактирующихся материалов близки друг другу. Поэтому за счет проявления на границе соприкосновения материалов упругих напряжений, рост на поверхности солнечного элемента нано размерных островков, например, из высоко кристаллических халкагенидов свинца будет естественным образом сопровождаться только в тех местах, где в процессе эпитаксии островки нано включений столкнутся с редкими

кристаллическими участками подложки. (В работе [12] показано, что халкогениды свинца по кристаллической структуре близки к монокристаллам кремния и способны на поверхности солнечного элемента, на основе явления самоорганизации создавать наноразмерные гетеро контактные системы).

Исследование структуры реального однородного технического кремния [13] показало наличие в нем таких кристаллических участков в малых пропорциях (в пределах одного процента и даже меньше). Их можно рассматривать равномерно распределенными по поверхности подложки. Именно взаимодействие с ними приводит к росту островков нано включений, которые становятся затем центрами формирования устойчивых наноразмерных гетеро контактных структур. Их мало (до нескольких сотен миллионов в одном см^2), но они есть, независимо от неупорядоченного некристаллического массивного окружения.

Подобное свойство физического явления самоорганизации найти кристаллические участки подложки и формировать в них устойчивых наноразмерных гетеро контактных структур при нанотехнологическом воздействии на поверхность твердого тела методом молекулярно лучевой эпитаксии позволяет в качестве подложки солнечного элемента исследовать возможность использования взамен дорогого монокристаллического кремния, дешевый, стабильный и устойчивый технический кремний.

Каждая наноразмерная гетеро эпитаксиальная система, созданная таким образом в силу самоорганизующихся свойств контактирующих материалов, содержит наноразмерную p-область из высоко кристаллического полупроводникового материала и длинную (порядка нескольких мкм) n-область в кристаллических прослойках технического кремния.

Анализ оптических свойств солнечного элемента со многими наноразмерными гетеро переходами. Как показано в работах [14,15] световая вольтамперная характеристика одиночного наноразмерного гетеро перехода, степень кристалличности p- и n- областей которого близки друг другу, можно рассматривать в модели идеального диода (как это принята в работах [16-21]) обычно с самостоятельным «генератором» G светового тока I_L (см. рисунок).

При исследовании оптических свойств солнечного элемента с многими наноразмерными гетеро переходами (на квадратном сантиметре до нескольких сотен миллионов) его будем рассматривать в виде электрической цепи из n параллельно соединенных друг с другом одиночных и однородных контактных структур (см. рисунок) [22,23].

В этой электрической цепи солнечного элемента со многими наноразмерными гетеро переходами ток I через внешнюю нагрузку R формируется за счет самостоятельного источника электродвижущей силы ε (или функции генератора G светового тока I_L) из независимых и идентичных микро токов каждого из них I_s . Поэтому этот ток можно представить в виде алгебраической суммы n независимых микро токов I_s ($I_d = I_{00} \cdot (e^{aU_p} - 1)$ - диодный ток):

$$I = n \cdot I_s = n \cdot (I_L - I_d - U_p/R_p)$$

Наличие в формуле очень больших и трудно определяемых параметров n и R_p (R_p - внутреннего параллельного сопротивления диода), осложняет исследование вольтамперной характеристики солнечного элемента с наноразмерными гетеро переходами. Это осложнение, однако, устраняется заменой их на два легко

экспериментально измеряемых максимальных величин световой вольтамперной характеристики: I_{sc} - тока короткого замыкания солнечного элемента ($I_{sc} = n \cdot I_L$) и U^* - величины его напряжения холостого хода.

В итоге для вольтамперной характеристики солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами получим соотношение:

$$I = I_{sc} \cdot \{(1 - U_p/U^*) + I_d^*/I_L \cdot (U_p/U^* - I_d/I_d^*)\}$$

Соответственно, P - мощность солнечного элемента с n независимыми одиночными нано размерными гетеро контактными структурами определяется произведением текущего тока $I = n \cdot I_s$ на текущее напряжение U_p , то есть $P = I \cdot U_p = n \cdot I_s \cdot U_p$.

Введя ряд удобных коэффициентов:

$$\begin{array}{llll} \gamma = I_{00}/I_L & \alpha = e/(A \cdot k \cdot T) & \Omega = (1 + \gamma)/\gamma & a = (e^\tau - \Omega)/\Omega > 0 \\ \tau = \alpha \cdot U^* & e^{\alpha \cdot U^*} = e^\tau & e^{\alpha \cdot U_p} = e^{\tau y} & I_L/I_s = I_{sc}/I_{sc} = 1 \\ f = I/I_{sc} & y = U_p/U^* & \Psi = P/U^* \cdot I_{sc} = U_p I_s/U^* \cdot I_{sc} = y \cdot f \end{array}$$

а также поделив текущие U_p , и I_{na} соответствующие граничные величины U^* и I_{sc} , полученные соотношения удобно представить в нормированном и безразмерном виде:

$$\begin{array}{ll} f = [\Omega \cdot (1 + ay) - e^{\tau y}] \cdot [1/(\Omega - 1)] & \text{- СВАОХ} \quad (1) \\ \Psi = P/U^* \cdot I_{sc} = y \cdot f = [y/(\Omega - 1)] \cdot [\Omega \cdot (1 + ay) - e^{\tau y}] & \text{- мощность СЭСНРГП} \quad (2) \end{array}$$

Параметры максимума мощности солнечного элемента. Главными показателями эффективности солнечного элемента являются параметры максимума мощности: I_m , P_m и U_m (или в безразмерном и нормированном виде Ψ_m , f_m и y_m). Найдя напряжение этого максимума y_m , по формулам (1) и (2) находится f_m и Ψ_m .

Положение максимума определяется из условия равенства нулю dP/dU_p - первой производной от мощности солнечного элемента по напряжению U_p (или в безразмерной форме $d\Psi/dy$). Оно однозначно определяет y_m :

$$e^{y_m \tau} = \Omega \cdot (1 + 2 \cdot y_m \cdot a) / (1 + \tau \cdot y_m) \quad (3)$$

Решив его, определяется y_m , а затем f_m и Ψ_m (или U_m , I_m и P_m). В безразмерном виде результат имеет вид:

$$\Psi_m = f_m \cdot y_m \quad y_m \quad f_m = [y_m \Omega / (\Omega - 1) (1 + \tau \cdot y_m)] [\tau + a(\tau \cdot y_m - 1)] \quad (4)$$

Мощность солнечного элемента, поделенная на $I_{sc} \cdot U^*$, определяет его КПД - коэффициент полезного действия $\eta = P/I_{sc} \cdot U^*$, который в безразмерной форме совпадает по определению с нормированной мощностью и имеет вид:

$$\eta = y \cdot f = P/I_{sc} \cdot U^* = y \cdot [1/(\Omega - 1)] \cdot [\Omega \cdot (1 + ay) - e^{\tau y}] \quad (5)$$

В точке максимальной мощности коэффициент полезного действия в безразмерной форме равен:

$$\eta_m = [y_m^2 \cdot \Omega / (\Omega - 1)] \cdot [(\tau + a(\tau \cdot y_m - 1)) / (1 + \tau \cdot y_m)] \quad (6)$$

Физический смысл введенных приближений. При выводе и расчете вольтамперной характеристики солнечного элемента со многими нано размерными гетеро переходами (1) и (2) приняты ряд физически обоснованных модельных требований:

- Ток через внешнюю нагрузку формируется во многих параллельно соединенных, независимых и одиночных контактных структурах.
- Ток определен просто как алгебраическая сумма идентичных микро токов от каждой ячейки эквивалентной схемы.
- Экспериментально измеряемые параметры вольтамперной характеристики (ток короткого замыкания, напряжение холостого хода) считаются известными и вводятся как расчетные параметры.

- Ток через внешнюю нагрузку во всем диапазоне изменения напряжений считается положительным.

- Мощность всей электрической цепи солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами при граничных параметрах ($y=0$ и $y=1$). С ростом y (напряжения) увеличивается от нуля до некоторого максимума Ψ_m (при некотором токе f_m и напряжении y_m). Затем она быстро уменьшается до нуля при $y=1$ (или $U_p = U^*$).

Анализ полученных результатов. Анализ полученных результатов показывает, что величина максимальной мощности коэффициент полезного действия существенно определяется параметрами солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами: Ω , τ и соотношением между ними.

Из трансцендентного уравнения (3) следует, что левая растущая экспоненциальная часть $e^{y_m \tau}$ равняется правой, асимптотически уменьшающейся относительно y_m части: $\Omega(1+2y_m a)/(1+\tau \cdot y_m)$. Но из (1) следует, что во всем интервале изменения напряжения от 0 до U^* ($y \leq 1$), величина нормированного тока f должна быть положительной. А это возможно при условии $e^{\tau y} > \Omega$, которое гарантированно выполняется вблизи границы $y \leq 1$. Отметим, что $e^{\tau y}$ и Ω сами по себе большие, но достаточно близкие друг другу числа.

Поскольку $\Omega > 1$ и $a = e^{\tau}/\Omega - 1$, то убывание правой части (3) возможно при $(1+2y_m a)/(1+\tau y_m) < 1$.

Сочетание всех этих условий: $e^{\tau y} > \Omega$, $\Omega > 1$, $(1+2y_m a)/(1+\tau y_m) < 1$ и $2a < \tau$, позволяет получить соотношение связывающее Ω , τ и U_m в обобщенном виде:

$$e^{\tau y} > \Omega > 2 \cdot e^{\tau}/(2 + \tau) \quad (7)$$

Из этого неравенства следует, что наибольшая эффективность солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами проявляется, когда

$$\Omega = I_L/I_{00} + 1 \geq 2 \cdot e^{U^*/(A \cdot k \cdot T)}/(2 + e^{U^*/(A \cdot k \cdot T)}) = 2 \cdot e^{\tau}/(2 + \tau). \quad (8)$$

Из условия $\Omega \geq 2 \cdot e^{\tau}/(2 + \tau)$ следует, что величина максимального напряжения U_m должна быть близка к граничному напряжению U^* , то есть $U_m \leq U^*$.

Именно при одновременном выполнении неравенств (7) и $U_m \leq U^*$ возможно достижение максимальное значение η_m - показателя эффективности солнечного элемента с нано размерными гетеропереходами.

Перечислим ряд комбинаций чисел $\Omega = 1 + I_L/I_0$ и $e^{\tau} = e^{U^*/(A \cdot k \cdot T)}$, подстановка которых в (6) дадут высокую эффективность солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами. При этом для определения высокой эффективности необходимо чтобы e^{τ} и Ω были практически близки друг другу по величине, несмотря на условие $e^{\tau} > \Omega$.

$$\begin{array}{lll} \Omega=8 \text{ и } e^{\tau}=10 & \Omega=21 \text{ и } e^{\tau}=24 & \Omega=51 \text{ и } e^{\tau}=56 \\ \Omega=101 \text{ и } e^{\tau}=111 & & \Omega=201 \text{ и } e^{\tau}=203 \end{array}$$

Температурные вариации или изменения A - коэффициента неидеальности диода влияет на величину e^{τ} - показателя экспоненты $\tau = U^*/(A \cdot k \cdot T)$. Например, при увеличении $A \cdot k \cdot T$ резко меняется вид вольтамперной характеристики или за счет температуры, или изменения A .

Заключения. Определены оптимальные соотношения параметров солнечного элемента с нано размерными гетеро переходами обеспечивающие максимальной мощности коэффициент полезного действия.

Из полученных соотношений следует, что солнечный элемент с нано размерными гетеро переходами можно построить таким образом, что его эффективность будет иметь всегда требуемый высокий уровень.

Показано, что такая управляемая ситуация возможна применительно к солнечному элементу с нано размерными р-п переходами, созданные в силу явления самоорганизации на подложке из технического кремния. Подобные солнечные элементы

могут способствовать повышению эффективности гелиоэнергетики, формированию высоко эффективных, дешевых фото преобразователей.

Благодарности. Авторы благодарны академику Р.А.Захидову и профессорам М.Н.Турсунову, К.А.Исмаилову за стимулирующее обсуждение полученных результатов.

Работа выполнена в рамках двух проектов Программы фундаментальных исследований: ФА-ФЗ-004 «Изучение фундаментальных новых физических моделей, механизмов, способов» и № БВ-ФЗ-005 «Теоретические исследования параметров солнечного элемента и влияний нано технологической обработки его поверхности на повышение эффективности гелиоэнергетики»

Литература

1. Т.А. Джалалов, Э.З.Имамов, Р.А.Муминов, Р.Х.Рахимов / Computational nanotechnology /Выпуск №1, С. 155-167 (2018)
2. Т.А.Jalalov, E.Z.Imamov, R.A.Muminov, H.Sabirov, Sh.Sh.Atoev /J.Computational nanotechnology №3, p.p.85-90, (2018)
3. Э.З.Имамов, Р.А.Муминов, Т.А.Джалалов, Х.Н.Каримов /Ilmiy xabarnoma- Научный вестник. №1 С.25-27 (2019)
4. Э.З.Имамов Р.А.Муминов Т.А.Джалалов Х.Н.Каримов Г.Эргашев /Узбекский физический журнал. №3.С. 173 -179 (2019)
5. Э.З.Имамов Р.А.Муминов Т.А.Джалалов Х.Н.Каримов Ж. «Физика полупроводников и микроэлектроника». №4 С.14-21 (2019)
6. E.Z.Imamov, R.A.Muminov,R.Kh.Rakhimov Computational nanotechnology T.7. № 2., p.p.58-63 (2020)
7. E.Z.Imamov R.A.Muminov R.Kh.Rakhimov /Scientific-technical journal (STJ FerPI, 2020, T.24, №5) pp 31-36 (2020)
8. H. Haken // Synergetics // Springer, Berlin-Heidelberg, 1997.
9. V.A., Shchukin N.N.Ledentsov P.S.Kop'ev D.Bimberg. Spontaneous ordering of arrays of coherent strained islands. Phys.Rev.Lett. V.75. №16. P.2968-2971. (1995)
10. Н.Н.Леденцов В.М.Устинов С.В.Иванов и др. /Упорядоченные массивы квантовых точек в полупроводниковых матрицах. УФН..Т.166.№4. С.423-428. (1996)
11. Н.Н.Леденцов В.М.Устинов В.А.Щукин и др. Гетеро структуры с квантовыми точками: получение, свойства, лазеры . ФТП.1998.Т.32.№4. С.385-410.
12. V.Stancu, E.Pentia, A.Goldenblum, M.Buda, G.Iordache, T.Botila. Romanian journal of information science and technology. Vol.10, №1, 53–66 (2007)
13. А.А.Раскин, В.К.Прокофьева. Технология материалов микро, опто- и нано электроники, в двух томах БИНОМ, Лаборатория знаний, Москва (2010).
14. Imamov E.Z., MuminovR.A. Rakhimov R.Kh. /Analysis of the efficiency of a solar cell with nano-dimensional hetero transitions /Computational nanotechnology. Выпуск №5, С.47-56 (2021)
15. E. Z. Imamov, R. A. Muminov, M. A. Askarov, H. N. Karimov /Determination of the optimal parameters of the material of a solar cell with nano-dimensional hetero transitions based on its light-voltage characteristic /Karakalpak Scientific Journal №2, С.23-26 (2021)
16. В. Ф. Гременок, М. С. Тиванов, В. Б. Залесский. Солнечные элементы на основе полупроводниковых материалов/ – Минск: Изд. Центр БГУ, 2007. –222 с.
17. Колтун М.М. Оптика и метрология солнечных элементов М.: Наука, 1984. 280 с.
18. А.М.Васильев, А.П.Ландсман /Полупроводниковые фотопреобразователи М.: Сов. радио, 1971. – 248 с.

19. А. Фаренбрух, Р. Бьюб Солнечные элементы: теория и эксперимент М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
20. В.Н.Мартынов, Г.И. Кольцов. Полупроводниковая оптоэлектроника – М.: МИСИС, 1999. – 400 с.
21. Т. Мосс, Г. Баррел, Б. Эллис Полупроводниковая оптоэлектроника М.: Мир, 1976. – 431 с.
22. Цой Б. Патент в Евразийском патентном ведомстве (EP2405487 A1. 08.30. 2012)
23. Цой Б. Патент во всемирной организации интеллектуальной собственности (№WO 2011/040838 A2 07. 04.2011)

NOORGANIK CsPbI₃ PEROVSKIT QUYOSH ELEMENTLARINI ATMOSFERA SHAROITIDA IKKI MARTA SPIN QOPLASHNING SAMARADORLIGI

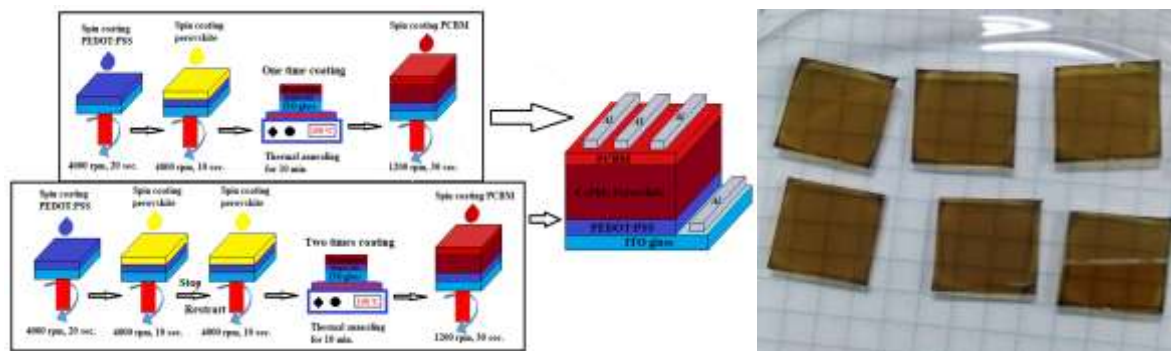
A.A.Saparbayev¹, L.R.Nurumbetova¹, B.G'.Xidirov²

¹Ion-Plazma va Lazer texnologiyalari instituti, O'zbekiston Fanlar Akademiyasi

2. O'zbekiston Milliy Universiteti magistr talabasi

So'nggi paytlarda noorganik perovskit materiallarga asoslangan quyosh elementlariga katta e'tibor qaratilmoqda. Nonorganik perovskit quyosh elementlari organik va gibrid perovskitlarga nisbatan solishtirganda yaxshi fotovoltaiik ko'rsatkichlarga va yuqori issiqlik barqarorligiga ega bo'lib, tadqiqotchilar orasida katta qiziqish uyg'otmoqda [75-77]. Biroq, istalgan kubik structurali yoki qora fazali perovskitlar deb nomlanadigan CsPbI₃ perovskitlar ochiq havo sharoitida juda beqaror bo'lib tez degaradatsiyaga uchraydi va perovskit materiallarning sintez jarayonida erishi cheklanganligi tufayli perovskit asosidagi faol qatlamlarning sifati haligacha qoniqarli emas[1].

Bu ishda yuqori sifatli perovskitli plyonkalarini atmosfera sharoitida ishlab chiqarish uchun ikki marta ketma ket spin coating qoplash jarayoni haqida natijalar keltirilgan. 1-rasmda CsBbI₃ perovskite quyosh elementini yasash jarayonining sxematik ko'rinishi tasvirlangan bo'lib tayyor holatdagi PQE ining to'liq strukturasi shisha/ITO/PEDOT:PSS/ CsBbI₃ perovskit/PCBM/Al dan iborat bo'ladi.



1-rasm. CsBbI₃ perovskite quyosh elementini yasash jarayoni va perovskit faol qatlamning qizdirilgan keyingi ko'rinishi

Ikki marta spin qoplama qilib perovskit faol qatlaqmini olish natijasida faol qatlamning teshik nuqsonlari va shunga o'xshash fotoelektrik parametrlarga salbiy ta'sir qiliuvchi nuqsonlar bataraf bo'lib faol qatlam qalinligi optimal ravishda oshadi. Bundan tashqari, yaxshilangan faol qatlam qalinligi yorug'lik yutulishini yaxshilaydi[2]. Natijada, har tomonlama yaxshilangan parametrlari bilan perovskite quyosh elementlari quvvatni konvertatsiya qilish samaradorligi oshadi. Bir xil shaoritda bir marta spin qoplama qilib olingan PQEining FIKi 7,83 % bo'lgan bo'lsa, ketma ket tezlik bilan ikki marta qoplangan PQElarda FIK 11% ga erishdi. Demak, bu ikkita natijani bir biri bilan solishtirganda FIK 42% ga oshganligini ko'rishimiz mumkin. Bundan tashqari, bunday yuqori sifatli ikki marta qoplanishi natijasida perovskit quyosh elementlarining qurilmaning barqarorligi ham yaxshilanadi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, ikki marta spin coating qoplash texnologiyasi yuqori barqarorlik va samarali perovskitli quyosh elementlarini ishlab chiqish borasidagi ilmiy izlanishlar borasida qo'llash uchun istiqbolli tanlovlardan biri bo'lishi mumkin.

[1] Holliman P. J. et al. Solvent issues during processing and device lifetime for perovskite solar cells //Materials Research Innovations. – 2015. – T. 19. – №. 7. – C. 508-511.

[2] Saparbaev A. et al. Efficient inverted all inorganic CsPbI₃ planar solar cells via twice-coating in air condition //Journal of Power Sources. – 2019. – T. 426. – C. 61-66.

FOTOELEMENT FOYDALI QUVVATINI ELECTRON, KOVAK VA FONON HARORATIGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH

G.Gulyamov, G.Majidova, B.Shahobiddinov, F.Muhitdinova

Namangan muxandislik – qurilish instituti

Fotoelementning tashqi zanjirga berayotgan quvvati.

$$P = iU$$

$$P = [i_l + j_{sp} \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_h}} - 1 \right) + j_{sn} \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_e}} - 1 \right)]U \quad (1)$$

$T_e = T_h = T$ ga teng bo'lganda bu formula

$$P = [i_l + j_s \left(e^{\frac{eU}{kT}} - 1 \right)]U \quad (2)$$

$$j_s = j_{sn} + j_{sp}$$

Fotoelementning tashqi zanjirga berayotgan maksimal quvvati qo'yidagi shartdan aniqlanadi [1].

$$\frac{\partial P}{\partial U} = \frac{\partial P}{\partial I} \cdot \frac{\partial I}{\partial U} = 0$$

$$\frac{\partial P}{\partial I} = 0 \quad P = iU = iU(i)$$

$$P = i(U)U$$

Fotoelementning maksimal quvvati $P(U, I)$ funksiya maksimumidan aniqlanadi. $\frac{\partial P}{\partial i} = 0$ sharti $\frac{\partial P}{\partial U} = 0$ sharti bilan ekvivalent chunki $\frac{\partial P}{\partial U} = \frac{\partial P}{\partial I} \cdot \frac{\partial I}{\partial U} = 0$ Fotoelementda tok kuchlanishning monoton o'suvchi funksiyasi. Bundan $\frac{\partial i}{\partial U} \neq 0$ har doim o'rinli bo'lganligi sababli $\frac{\partial P}{\partial U} = 0$ ham o'z-ozidan bajariladi [2].

$$\frac{\partial P}{\partial U} = i + U \cdot \frac{\partial i}{\partial U} = 0$$

VAXning ifodasidan foydalanib quyidagi tenglamani hosil qilamiz [3].

$$i_l + j_{sp} \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_h}} - 1 \right) + j_{sn} \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_e}} - 1 \right) + U \left[\frac{e}{kT_h} j_{sp} \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_h}} - 1 \right) + \frac{e}{kT_e} j_{sn} \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_e}} - 1 \right) \right] = 0$$

Bu tenglamaning yechimi maksimal quvvatga mos keluvchi kuchlanish U_m ni beradi. U_m ning qiymatini, J_m ni (1) ga qo'yib P_m ni (fotoelement ishlab chiqarayotgan maksimal quvvatini hisoblash mumkin.

Electron va kovaklarning qizishini xisobga olmaganda ularning xaroratlari panjara haroratiga teng $T_e = T_h = T$ bo'lib (1) tenglamadan (2) tenglama kelib chiqadi. (2) tenglama yechimidan foydalanib fotoelementning FIK har tomonlama o'rganilgan [4].

$$i_l + (j_{sp} + j_{sn}) \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_e}} - 1 \right) + \frac{eU}{kT_e} (j_{sp} + j_{sn}) \left(e^{\frac{e\varphi_0}{kT} - \frac{e(\varphi_0 - U)}{kT_e}} - 1 \right) = 0 \quad (3)$$

(3) transcendent tenglamani yechish orqali J_m va U_m undan foydalanib i_m ni va to'ldirish koeffitsiyenti foydali ish koeffitsiyentni electron va kovaklarning xaroratiga bog'liqligini aniqlash mumkin. Umumiy holda $P_m = J_m U_m$ funksiyani tekshirish elektronlar va fononlar xaroratini o'zgarishi $P_m(T_e, T_h, T) \setminus P_m(T)$ funksiyani o'zgarishlarini ko'rish masalani hal qilishda katta ro'l o'ynaydi [5].

$U_m J_m(U_m)$ U_m -ma'lum bo'lsa J_m ham ma'lum bo'ladi.

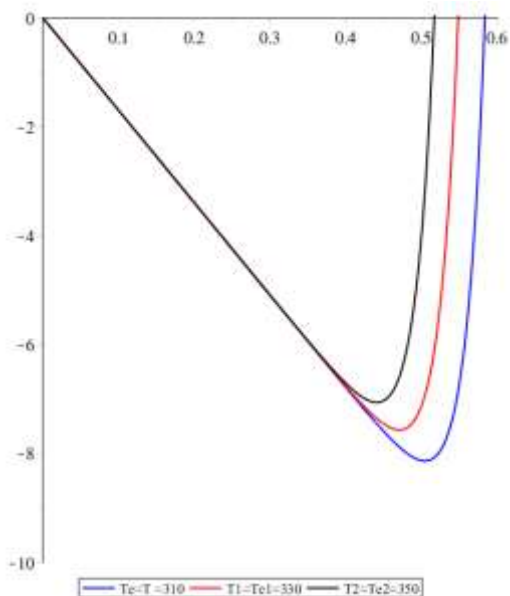
$$J_s(T) = J_s\left(\frac{T}{T_0}\right)^3 e^{\frac{E_g}{T_0} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)} = J_s(T_0) (T_0)^{\frac{3}{2}} e^{\frac{E_g}{T_0} \left(1 - \frac{T_0}{T} \right)} \quad (4)$$

$$jU = [J_s(T_0) \left(T_0 \right)^{\frac{3}{2}} e^{\frac{E_g}{T_0} \left(1 - \frac{T_0}{T} \right)} \left(e^{-\frac{eU}{kT}} - 1 \right) - J_f] U \quad (5)$$

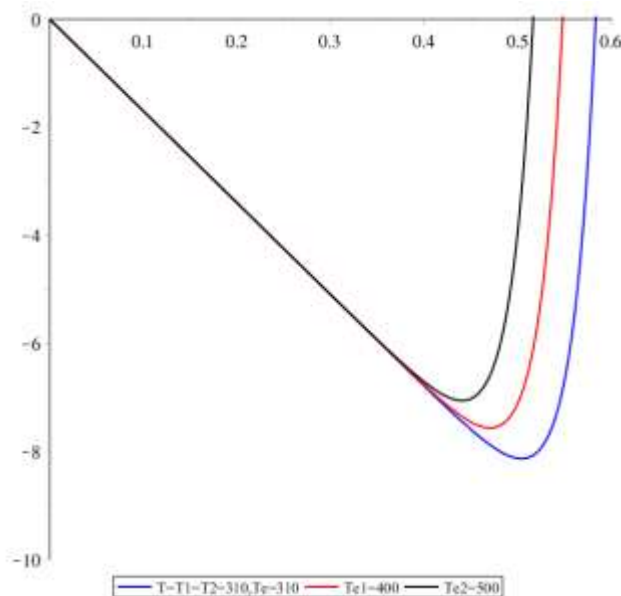
Olingan formulalarga qo'yidagi son qiymatlarni qo'yish orqali grafiklarni xosil qilishimiz mumkin.

$k := 1.38 \cdot 10^{-23}$: $q := 1.62 \cdot 10^{-19}$: $T := 310$: $Te1$
 $:= 400$: $\varphi := 0.6$: $U1 := 0$: $Rb1 := 0$: $Ru1$
 $:= 1000000$: $J_s := 10^{-9}$: $Jf1 := 17$: $Rb2 := 0.009$:
 $Ru2 := 100010$: $Jf2 := 19$: $A := 0$: $Te := 310$: $A1$
 $:= 0.001$: $E_g := 1.1$: $T_0 := 300$

Maksimal quvvatni grafik ko'rinishi

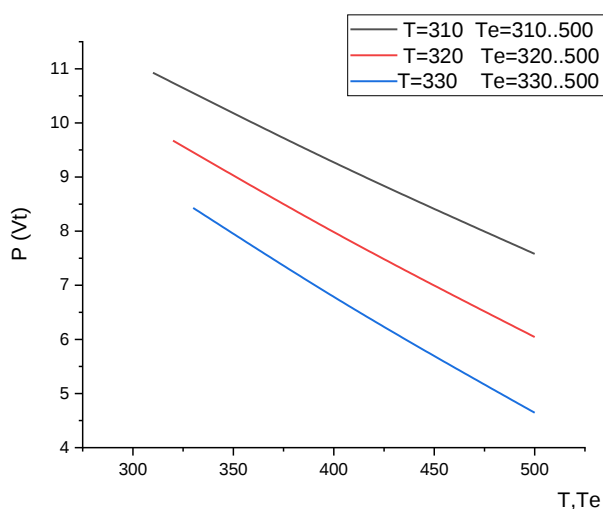


1- rasm Fonon va elektronlar teng qizigan xolda



2-Rasm fononning qizishi o'zgarmas elektron temperaturasi oshib borgan xolda

Maksimal quvvatning fononlar va elektronlar xaroratiga, bog'liqligi qo'yidagi rasmda keltirilgan.



3-rasm Quyosh fotoelementi quvvatining xaroratga bog'liqligi. T panjara xarorati, Te Elctron va kovakning xarorati

Grafiklardan ko'rinadiki elektron, kovak va fononlarning qizishi maksimal quvvatni kamayishiga olib kelar ekan. Quyosh fotoelementining maksimal quvvatini oshirish jarayonida bularni qizib ketishini xam e'tibor olinishi kerakligini ko'rishimiz mumkin [6].

Адабиётлар

1. Helmut Spieler “Introduction to radiation detectors and Electronics”, 30 – map – 99. IX.2.a. A semiconductor device primer – doping and diodes.
2. С. Зи “Физика полупроводниковых приборов” том – 1. Стр (91 – 100).
3. В.Л.Бонч-Бруевич, С.Г.Калашников «Физика полупроводников», Наука, М.1977.
4. М.А. Азизов “Яримўтказгичлар физикаси” Тошкент – 1974 стр.(208 – 210).
5. Tetsuo Soga Nanostructured Materials for Solar Energy Conversion © 2006 Elsevier B.V. All rights reserved. Chapter 1 Fundamentals of Solar Cell p (8-20).
6. Г. Гулямов , У.И. Эркабоев , Н.Ю. Шарибаев , А.Г. Гулямов ЭДС, возникающая в р–п-переходе при воздействии сильного СВЧ поля и света/ Физика и техника полупроводников, 2019, том 53, вып. 3

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГРАДИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ МОНОКРИСТАЛЛА КРЕМНИЯ

Я.А.Сайдимов¹, Ф.Б.Умаров², А.Р.Тураев², А.З.Абдурасулов²

¹НИИ физики полупроводников и микроэлектроники при НУУз,
²НУУз имени М.Улугбека

Кремний на сегодняшний день является одним из основных материалов современной электроники, технология производства которого хорошо разработана и относительно недорогая.

В работах [1-2] исследовали процессы генерации и накопления дефектов в приповерхностном слое [3] монокристаллического кремния при различных условиях и режимах протонного воздействия.

Как известно, наличие дефектов во многом определяет рабочие характеристики полупроводникового материала. Поэтому изучение механизмов образования дефектов и определение возможностей управления их концентрацией и пространственным распределением является актуальным для полупроводниковой технологии.

Нами проведена облучения монокристалла кремния на базе протонного ускорителя, а также ведет методологическую работы по усовершенствованию поста облучения.

В некоторых случаях во время облучения монокристалла кремния, требуется узнать температуру поверхности образца. Непосредственно измерить температуру на верхней поверхности образца во время облучения технический трудно. Если мы знаем градиент температуры зависимости от толщины образца (в нашем случае толщина образца 1.10 мм), тогда измеряя его температуру в нижней части (плоскости) во время облучения, можно косвенно определить температура на верхней части.

В нашей предыдущей работе [4] приведен, нами разработанный стенд для измерения градиента температуры монокристалла кремния и полученные результаты.

Поскольку ошибки в экспериментальных результатах в двух точках были большими, были выполнены дополнительные измерения и были получены результаты представлены в таблице 1.

*Таблица -1 Зависимость температуры от
напряжения*

$V (В)$	T_1^1/T_1^2	T_2^1/T_2^2	T_3^1/T_3^2	$k_{ср}$	δ_k
10	3,6	4,17	3,71	3,82	0,081
20	3,55	3,78	3,63	3,58	0,07
30	3,22	3,12	3,39	3,24	0,08
40	2,90	2,86	3,24	2,9	0,073
50	2,77	2,61	2,90	2,68	0,08

$k_{ср}$ - среднее соотношение между температурой на верхней и нижней части образца $(T^1) / (T^2)$, от приложенного напряжения, δ_k – среднеквадратичное отклонение коэффициента k .

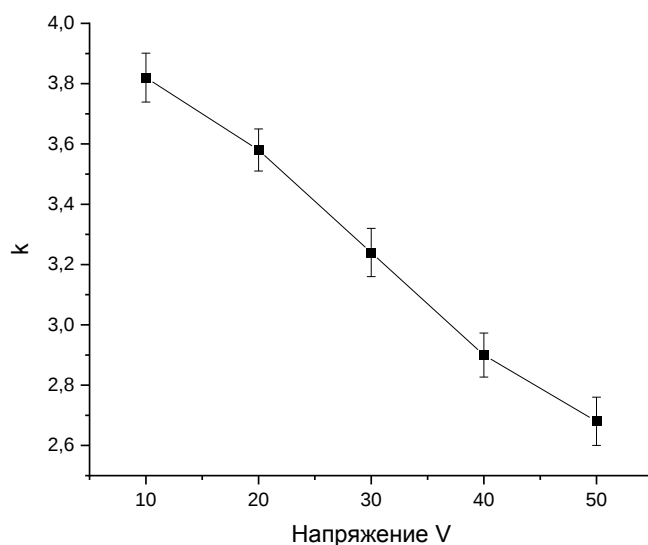


Рис.1. Зависимости напряжения от коэффициента K.

Как видно из рис. 1. коэффициент отношений температур образца ближе к линейному, поэтому можно косвенно определить температуру в верхней части монокристалла, зная температуру в нижней части, что даёт возможность контролировать ход облучения монокристаллов на ускорителе.

Литература

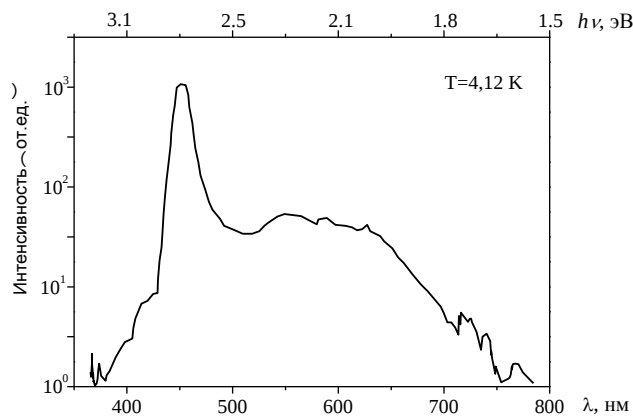
1. В.В.Козловский, В.А.Козлов, В.Н.Ломасов. Модифицирование полупроводников пучками протонов. Обзор. Физика и техника полупроводников. 2000, том 34, вып.2. стр.129.
2. В.А.Козлов, В.В.Козловский. Легирование полупроводников радиационными дефектами при облучении протонами и α -частицами. Обзор. Физика и техника полупроводников. 2001, том 35, вып.7. стр.769.
3. В.В.Козловский, А.А.Лебедев, Е.В.Богданова, Н.В. Середова. Влияние облучения протонами МэВ-ных энергий на компенсацию проводимости и фотолюминесценцию слабо легированного p-4H-SiC(CVD). ФТП, 2015. том 49, вып.9. стр.1198.
4. Я.А.Сайдимов, Ф.Б.Умаров, А.Р.Тураев, А.З.Абдурасулов. Измерения градиента температуры монокристалла кремния. Рес.конференция Яримўтказгичлар физикаси, микро ва наноэлектроника: фан, таълим ва ишлаб чиқариш интеграцияси истикболлари, 21—22 май 2021 йил., ТАТУ ва ЎзМУ ҳузиридаги яримўтказгичлар физикаси ва микроэлектроника илмий-тадқиқот институти. 38 бет.

n-GaP-p-(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y ГЕТЕРОТУЗИЛМАНИНГ ФОТОЭЛЕКТРИК ХОССАСИ

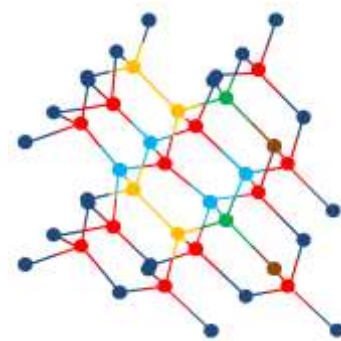
А.Й.Бобоев, Ж.Н.Усмонов, М.А.Абдуқаххорова

Андижон давлат университети

Ушбу ишда *n-GaP-(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* гетеротузилмаларининг фотозлектрик хоссалари тадқиқотларининг экспериментал натижалари келтирилган. Тузилмалар қалинлиги ~ 400 мкм бўлган, (111) кристаллографик ориентацияга эга бўлган монокристал тагликларга суюқ фазали эпитаксия усули билан олинган (GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y қаттиқ қоришмаларини ўстириш асосида тайёрланди [1]. Аралашма-эритманинг таркиби ҳамда кристалланишнинг бошланиш ҳарорати дастлабки тажрибалар натижалар ва қўпкомпонентли GaAs-Ge-ZnSe-Bi тизилма асосида танлаб олинди. Олинган эпитаксиал қатламлар *p*-тур ўтказувчанликка эга бўлиб, солиштирма қаршилиги 10 Ом·см ва ток ташувчилар концентрацияси $1,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ га тенг бўлиб, қалинлиги 10 мкмни ташкил этади.



1-расм. *(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* қаттиқ қоришмасининг 4,12 К ҳароратдаги фотолуминесценция спектри

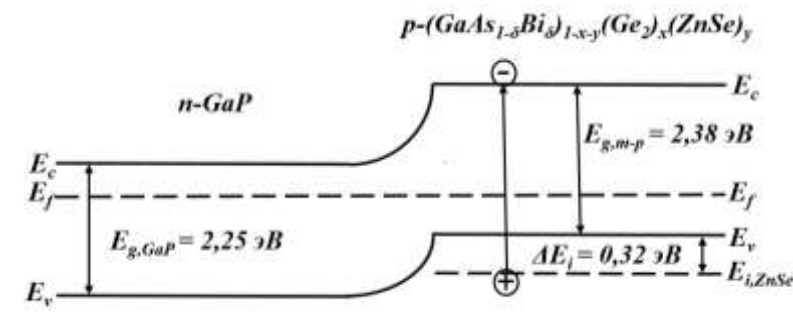


2-расм. *(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* узлуксиз қаттиқ қоришмасининг молекулалари тетраэдрик боғланишининг фазовий конфигурацияси: ● – As, ● – Ga, ● – Bi, ● – Ge, ● – Se, ● – Zn.

Ўстирилган *(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* қаттиқ қоришмали эпитаксал қатламнинг 4 К ҳароратдаги фотолуминесценция спектри ўрганилди. 1-расмда *(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* қаттиқ қоришмали эпитаксиал қатламнинг фотолуминесценция спектри келтирилган. Фотолуминесценция суюқ гелий ҳароратида (4,12 К) эпитаксиал қатламдан лазер нурланиши ($\lambda_{\text{л}}=325 \text{ нм}$) билан қўзғатилди ва намунадан чиқаётган сигналларни СДЛ-2 детектори ёрдамида қайд қилинди. 4.4.1-расмда. -расмдан, *(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* қаттиқ қоришмаси кўзга кўринувчи нурларни тўла қамраб олган кенг спектрга эга бўлиб, энг юқори интенсивликдага фоточўққи $\lambda_{\text{max}}=457 \text{ нм}$ да кузатилган. Бу фоточўққи ZnSe монокристали таъқиқланган соҳаси 2.7 эВ га мос келади тенг.

Маълумки, тоза яримўтказгичли руҳ селен материалида ZnSe молекула атомларини ковалент ($E_{g,\text{ZnSe}} = 2.74 \text{ эВ}$) боғи Ga-As ва Ge-Ge боғларга нисбатан мустаҳкамроқ бўлади. Лекин ZnSe молекулалари қаттиқ қоришма тераэдр панжарасида GaAsBi бирикмаси ёки Ge₂ молекулалари ўзаро ўрин алмашилиши, яъни уни Ga, As, Bi ва Ge атомлари ўраб олиши натижасида Zn-Se боғ нисбатан кучсизлашади (2-расмда).

Ушбу ZnSe бирикмасига тегишли бўлган фоточўққини кенг фотолуминесценция спектрида сезиларли даражада ажралиб туриши *(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y* қаттиқ



3-расм. $n\text{-GaP-p-(GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_{\delta})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ гетеротузилма-сининг энергетик соҳалари диаграммаси қоришмаси валент соҳаси шифтидан $\Delta E_i = E_{g,\text{ZnSe}} - E_{g,(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_{\delta})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x} = 2.7 - 2.38 = 0.32$ эВ пастда жойлашган 2.7 эВ ионланиш энергиясига эга бўлган энергетик соҳа ҳосил қилаётганидан далолат беради.

3.82 эВ энергияга эга бўлган лазер нурланиши эпитакциал қатламнинг сирти бўйлаб соҳаларида деярли тўлиқ ютилганлиги сабабли, қалинлиги 1 микрон билан фотолюминесцент нурланиш эпитаксиал қатламнинг ушбу соҳаларида содир бўлади. Бироқ 1,5 мкм чуқурликкача эпитаксиал қатламда ZnSe нинг моляр миқдори 10-14 % ни ташкил этади (3-расм.). Шунинг учун, $(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_{\delta})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ қаттиқ қоришмасида бундай миқдордаги ZnSe молекулари эпитаксиал қатлам валент соҳасида жойлашган изовалаент киришма сатҳини намоён қиляпти.

Адабиётлар

1. Мансуров Х.Ж., Бобоев А.Й., Усмонов Ж.Н., Махмудов Х.А., Абдурахимов Д.П., Уринбоев М.И. Получение, структура и электрофизические свойства твердого раствора $(\text{GaAs}_{1-\delta}\text{Bi}_{\delta})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$. // Научный вестник Андижанского государственного университета (Физика-математика тадқиқотлари), №2 (43) 2020, С. 15-23.

DISTRIBUTION OF MECHANICAL STRESS THROUGH THE SILICON SOLAR CELL

B.D.Rashidov¹, R.B.Rahmatullayev¹, O.Sh.Rashidova²

Andijan State University
Buston region 4th school

For the study, theoretical and experimental methods were used, as well as a digital system of instrumental and technological modeling. In particular, on the basis of the theory of the structure of a semiconductor with a diamond-like crystal lattice and a covalent interatomic bond, as well as the mechanism of directed charge transfer through the p-n junction, the relationship between the deforming external force and the short-circuit photocurrent is revealed. When illuminating the SC, on the front surface of which mechanical pressure is exerted, the value of the short-circuit photocurrent is measured. When carrying out statistical processing of the results of the experimental study, the method of the smallest crystals was used.

The COMSOL Multiphysics environment was used as a digital system for instrumental and technological modeling. This environment includes numerous physics models and simulation programs. Unlike other common programs, the selected system allows you to explore a variety of physical processes in [1]. It is possible to simulate an entire system consisting of many processes that differ in physical nature. The developed models can be generated in the form of “Java” program codes, which opens up wide possibilities for using the basic data of 14 libraries of the “COMSOL Multiphysics” environment.

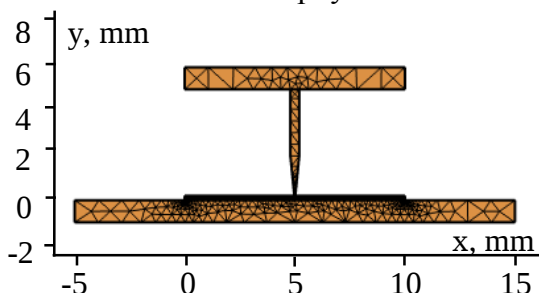


Fig. 1. Geometric shapes of the mesh modeling object

When creating a new digital model, the following sequential steps were performed: - “creating a geometric model of the system” in one of the 1D, 2D or 3D formats, - “choosing materials and their parameters”, - “forming the physical properties of the system”, - “dividing the system into large-scale grids”, - “selection of a calculation method and obtaining results” [1]. To solve the problem posed in this work, a 2D format model was created, silicon was selected as the main investigated material, and a metal needle for providing vertical local pressure on the silicon surface was copper and geometric shapes of the mesh modeling object is shown in Fig. 1.

The calculation is performed in a stationary mode, since the elastic process in a solid is considered, Hooke’s law holds

$$\nabla S + F_v = 0 \quad (1)$$

where S - mechanical stress, F_v - volumetric force.

$$S = S_{ext} + C : \varepsilon_{el} \quad (2)$$

$$\varepsilon_{el} = \varepsilon - \varepsilon_{inel} \quad (3)$$

where S_{ext} is the additional mechanical stress, C is the four-dimensional structural tensor, ε_{el} is the two-dimensional elastic stress tensor, ε is the total stress, and ε_{inel} is the inelastic stress.

The four-dimensional constructive tensor (C) and Poisson’s ratio (ν) are expressed in terms of Young’s modulus (E) in the following form:

The calculation results obtained by the digital simulation method are shown in Fig. 2 in the form of a graph of the dependence of mechanical stress on the depth of silicon. it can be

noted that when an external force $\Delta F = 350 \text{ N/m}^2$ is applied to a local point of the silicon surface, the magnitude of the mechanical stress decreases with depth [2]. Moreover, two areas of exponential decrease in mechanical stress with depth are characteristic: the first decreases by almost 8% in the range $d_1 \leq 20 \mu\text{m}$ and the second decreases by almost 73% in the range $20 \mu\text{m} \leq d_2 \leq 150 \mu\text{m}$. If we pay attention to the geometric structure of traditional semiconductor phase transitions, it turns out that the first section covers both the depth of the p-n junction and the width of the space charge region (SCR). In other words, significant mechanical stress (the first and second sections of the graph in Fig. 2 corresponds to almost the entire thickness of active absorption of light and generation-recombination of carriers. One can expect a direct effect of mechanical stress on both the generation-recombination processes of carriers and the external quantum efficiency of the photoelectric conversion of the SC.

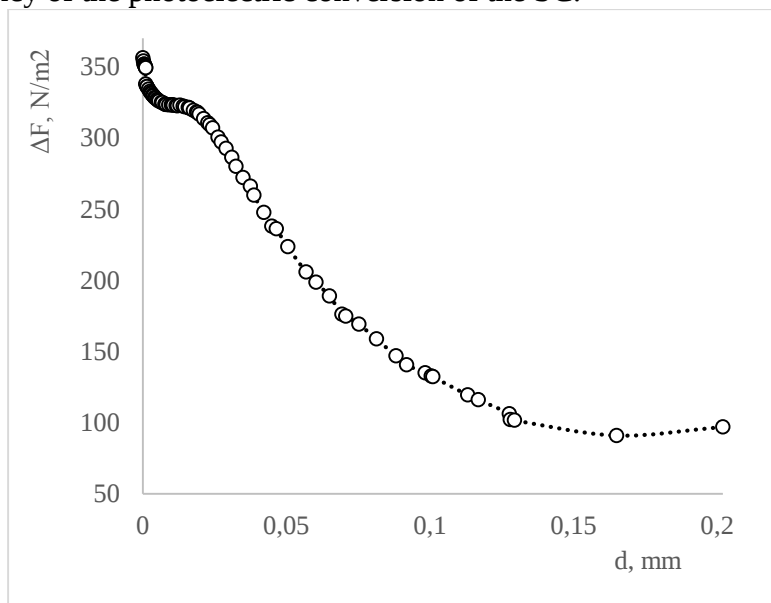


Fig. 2. Dependences of mechanical stress on the silicon depth.

Thus, in the work, firstly, the effect of deformation of a silicon crystal under the action of mechanical pressure is theoretically analyzed and a new equation is obtained that describes the dependence of the short circuit current on the magnitude of the acting force. Second, an experimental study of the dependence of the short circuit current of a silicon SC with a diffusion p-n junction on the magnitude of the locally acting force was carried out, and a new empirical equation was obtained. Third, it was established by digital modeling that a relatively high mechanical stress caused by a local external force on the surface of a silicon crystal corresponds to almost the entire thickness of active absorption of light and generation-recombination of carriers, which is very important in the design of device structures. The results obtained are of practical interest for the development of technical solutions aimed at realizing the effect of increasing the photoelectric parameters (photocurrent and efficiency) of semiconductor SCs by applying mechanical stress to the crystal. It is also promising to search for technological ways of obtaining a semiconductor material with a deformed lattice in order to create more efficient phase transitions on its basis.

References

1. Курушин, А. А. (2016). Решение мультифизических СВЧ задач с помощью САПР COMSOL. Москва: One-Book.
2. Gulomov, J., Aliev, R., & Rashidov, B. (2021). Effect of the Local Mechanical Stress on Properties of Silicon Solar Cell. *Journal of Mechanical Engineering Research and Developments*, 44(9), 125–133.

(GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y EPITAKSIAL QATLAMNING MORFOLOGIK HAMDA FOTOELEKTRIK XUSUSIYATLARI

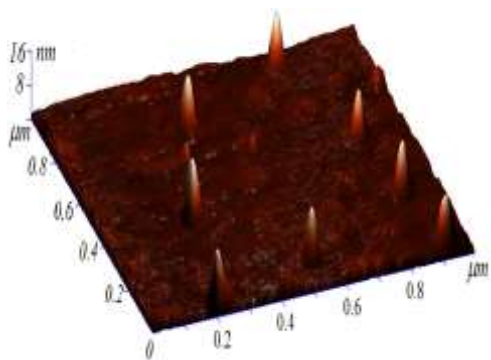
Sh.X.Yulchiyev, K.S.O'rinboyeva, A.Y.Boboyev

Andijon davlat universiteti

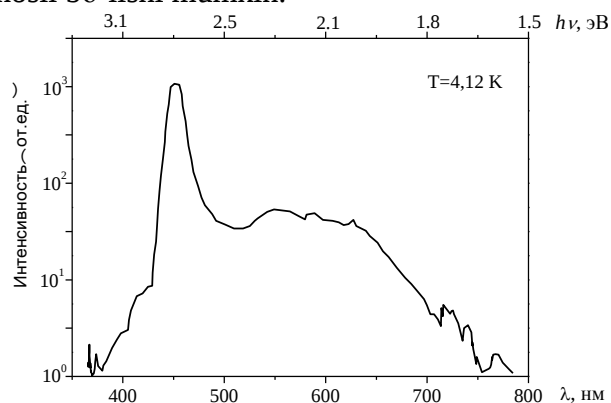
Nanoobyektli, ko'ptarkibli geterotuzilmalar olishning texnologik shart-sharoitlari, ularning fizik xususiyatlarini tadqiq qilish va mikroelektron va optoelektron mahsulotlar sanoatiga tadbiiq qilish yarimo'tkazgichlar fizikasi va texnikasining zamonaviy bosqichining dolzarb muammosi hisoblanadi. Nanotexnologiyaning rivojlanishi va nanoob'ektlarni tadqiq qilishning dolzarbligi, xususan, nanokristallitlarni, ya'ni yarimo'tkazgich kvant nuqtalar ham fundamental tadqiqotlar uchun ham ularni elektron va optoelektron qurilmalar ishlab chiqarishda qo'llanishi bilan muhim ahamiyat kasb etadi.

Shuning uchun, ushbu maqolada (GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y nanoob'ektli, ko'ptarkibli epitaksial qatlamining morfologik hamda fotoelektrik xususiyatlari o'rganilgan, shuningdek, injeksion lazer elementi sifatida qo'llash imkoniyatlari keltirilgan.

(GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y epitaksial qatlamlarning sirtining relefi atom-kuch mikroskopi yordamida o'rganildi. 1-rasmda epitaksial qatlamning sirtining uch o'lchovli AKM tasviri ko'rsatilgan. Rasmdan sirt bo'ylab turli o'lchamdagi o'ziga xos nanoorolchalar hosil bo'lganini ko'rish mumkin. Olingan natijalarning tahlili nanoorolchalar asosining diametri 50÷90 nm, balanligi esa 3÷12 nm oralig'idagi qiymatlarni qabul qilishini ko'rsatadi. Yuqorida ta'kidlaganimizdek, turli yarimo'tkazgich materiallarining epitaksial qatlamini hosil qilish jarayonida ularning kristall panjarasi qiymatlarining mos bir-biriga kelmasligi kristall panjarada deformatsiya energiyasi yuzaga kelishi tufayli, o'z-o'zini shakllantiradigan uch o'lchamli nanoorollarni hosil bo'lishi uchun asosiy omil hisoblanadi [1]. Shuning uchun (GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y tuzilmalarining kristall panjara qiymatlari nomuvofiqligi, ya'ni 3,67% ga farqlanishi tufayli, ZnSe kvant nuqta sifatida hosil bo'lishi mumkin.



1-rasm. (GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y epitaksial qatlam sirtining AKM tasviri



2-rasm. (GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y epitaksial qatlamining fotolyuminesentsiya spektri

Ushbu olingan epitaksial qatlamda (100) kristallografik orientatsiyali, kristall panjarasining qiymati $a_{\text{ZnSe}} = 5.667 \text{ \AA}$ va 59 nm o'lchamli ZnSe nanokristallitlari, shuningdek, (100) kristallografik orientatsiyali, kristall panjarasining qiymati $a_{\text{Ge}} = 5.67 \text{ \AA}$ va 44 nm o'lchamli yo'nalishlari Ge nanokristallitlari borligi aniqlangan. Bundan tashqari epitaksial qatlam ichida ZnSe nanokristalliti kristall panjarasining qiymati asosiy yarimo'tkazgich kristall panjarasining qiymatidan 0,22% ga ortiqligi epitaksial qatlamning kristall panjarasida turli mayda deformatsiyalarni yuzaga keltiradi. Yuqoridagi bo'limda keltirilgan rentgenografik tahlil natijalari hamda AKM tadqiqotlari natijalari yordamida olingan nanoorolchalarining (kvant nuqtalari) o'lchamlari juda ham yaqin hamda bu ikki tadqiqot natijalari bir-birlarini qanoatlantiradi. Ushbu ma'lumotlar asosida, shuningdek, o'rganilayotgan epitaksial qatlam

sirtida hosil bo'layotgan nanoorolchalarni ZnSe kvant nuqtalari tufayli paydo bo'ladi degan xulosani qabul qilish mumkin.

Shuningdek, $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ qattiq qorishmlarining 4,12 K haroratdagi fotolyuminestsentsiya spektri o'rganildi. 2-rasmda $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ epitaksial qatlamining fotolyuminestsentsiya spektri taqdim etilgan. Fotolyuminestsentsiya galayontirishlari to'liq uzunligi ($\lambda_1=325$ nm) lazer nurlanishlari suyuq geliy harorati o'tkazildi, signallar SDL-2 qurilmasida qayd yilib olindi. 2-rasmda $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ epitaksial qatlamining fotolyuminestsentsiya spektri $\lambda_{\max} = 457$ nm maksimumga ega bo'lgan to'liq ko'zga ko'rinuvchi nurlanishlar sohasini qamrab oluvchi keng cho'qqi kuzatilgan. Yuqori qiymatdagi cho'qqi ZnSe kristallining man etilag sohasiga to'g'ri keladi yani 2.7 eV. Fotolyuminestsentsiya spektrining uchtidv bunday ZnSe cho'qqisini kuzatilishi ionlanish energiyasi 2.7 eV bo'lgan energetik sath GaAs asosiy yarimo'tkazgich valent sohasi shifti yaqinida $\Delta E_i = E_{g,\text{ZnSe}} - E_{g,\text{GaAs}} = 1.26$ eV joylashgan bilan ta'sirlashayotganidan dalolat beradi.

Shunday qilib, ZnSe kvant nuqta geometrik o'lchamlari qiymatlarini va $n\text{-GaAs-p-}(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})$ geterotuzilmasini mukammaligini boshqarish orqali GaAs hamda uning qattiq qorishmalari asosida nurlanish spektrining ko'rinuvchi va infraqizil sohalarida ishlovchi yorug'lik qabulqilgich uchun samarali, qulay va arzon fotofaol material hamda lazer materiallari sifatida foydalanish mumkin.

Adabiyotlar

1. S.Z. Zainabidinov, A.S. Saidov, A.Y. Boboev, and J.N. Usmonov. Features of the Properties of the Surface of $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ Semiconductor Solid Solution with ZnSe Quantum Dots. Journal of Surface Investigation: X-ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2021, Vol. 15, No. 1, pp. 94-99.

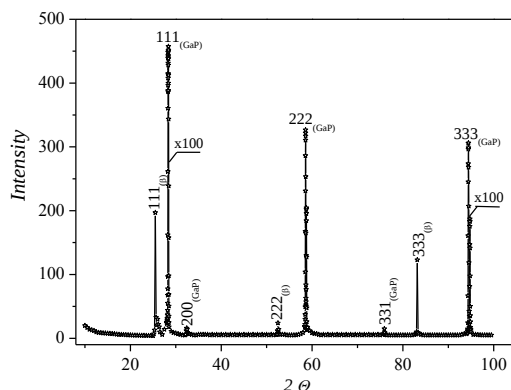
n-GaP-p-(GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y ГЕТЕРОТУЗИЛМАСИНИНГ ТУЗИЛМАВИЙ ХУСУСИЯТЛАРИ

Ж.Н.Усмонов, А.Акбаров, Б.М.Эргашев

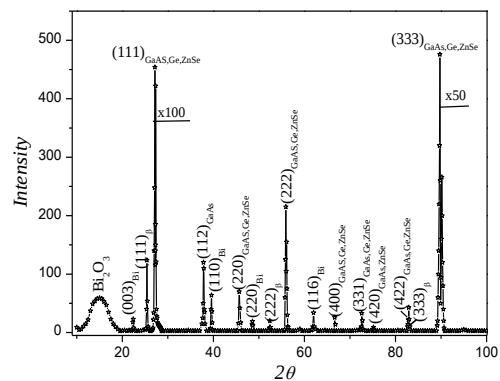
Андижон давлат университети

Ушбу ишда GaP асосида яримўтказгичли (GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y қаттиқ қоришмаларини тузилмавий хоссаларини тадқиқ қилинган.

Кўптаркибли (GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y қаттиқ қоришмалари суюқ фаза эпитаксия усулида висмут ҳосил қилувчи аралашма-эритмадан ўстирилди. Таглик сифатида (111) кристаллографик ориентациали, *n*-тур ўтказувчанликка эга GaP пластинкаларидан фойдаланилди. Аралашма-эритманинг кимёвий таркиби дастлабки экспериментал тадқиқотлар натижалари [1] ҳамда Bi-GaAs-Ge-ZnSe суюқфаза системаси асосида танлаб олинди. Эпитаксил қатламлар палладий билан тозаланган водород атмосферасида 1÷1,5 град/мин ўсиш тезлигида мажбурий совитиш тизимида висмутли ҳосил қилувчи аралашма-эритмадан ўстирилди. Қатламларнинг кристалланиши 750÷650°C ҳарорат оралиғида амалга оширилди. Ўстирилган эпитаксиал плёнкалар *p*-тур ўтказувчанликка эга, солиштира қаршилиги 10 Ом·см ва ток ташувчилар концентрацияси $1,5 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$ га тенг бўлиб, қалинлиги 10 мкм ни ташкил этди.



1-расм. GaP таглигининг рентгенограммаси.



2-расм. (GaAs_{1-δ}Bi_δ)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y эпитаксиал плёнканинг рентгенограммаси

Ўстирилаган эпитаксиал плёнкалар ҳамда улар учун фойдаланилган тагликларнинг тузилмавий тадқиқотлари θ - 2θ тизими бўйича қадамли текширувчи 6100-рентгенодифрактометрида (XRD-6100, Shimadzu, Japan, CuK α – нурланишли, $\lambda = 1.5418 \text{ \AA}$) амалга оширилди.

1-расмда GaP монокристалл таглигининг рентгенограммаси келтирилган. Дифракцион расмдан турли интенсивликдаги селектив табиатга эга бўлган бир қатор тузилмавий аксланишлар кузатилган. Таҳлиллар таглик сирти кристаллографик текисликка (111) мос келишини кўрсатади. Бу ҳақида рентгенограммада (ННН) (бу ерда Н=1,2,3...) селектив аксланишлар серияларини, яъни кучли интенсивликдаги с $d/n = 0,3141$ ($2\theta = 28,4^\circ$) да $(111)_{\text{GaP}}$ ва $d/n = 1,046 \text{ \AA}$ ($2\theta = 94,9^\circ$) да $(333)_{\text{GaP}}$ пайдо бўлиши гувоҳлик беради. Уларнинг β ташкил этувчиси мос равишда $2\theta = 25,7^\circ$ ва $2\theta = 83,3^\circ$ бурчак сочилишларида кузатилади. Дифракцион спектрда нисбатан юқори бурчак сочилишларида кучсиз интенсивликда рефлекс $d/n = 1,2479 \text{ \AA}$ ($2\theta = 76,3^\circ$) да $(331)_{\text{GaP}}$ тузилмавий аксланиши ҳам кузатилган. Асосий аксланишнинг юқори интенсивлиги ва ингичкалиги, шунингдек, нозластик фон сатҳининг монотон характерга эга эканлиги

таглик кристалл панжарасининг мукамаллик даражасини юқорилигидан далолат беради.

2-расмда ўстирилган $(\text{GaAs}_{1-x}\text{Bi}_x)_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ эпитаксиал қатламнинг рентгенограммаси келтирилган. У таглик рентгенограммасидан сезиларли даражада фарқ қилади. Рентгенограммада интенсивлиги бўйича турли селектив тузилмавий аксланиш кузатилган. Рентгенограммада бундай юқори интенсивликдаги $\{ \text{HKL} \}$ (бу ерда $\text{H}, \text{K}, \text{L} = 1, 2, 3, \dots$) сериясида $d/n = 3.44 \text{ \AA}$ да $(111)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$, $d/n = 1.631 \text{ \AA}$ да $(222)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$, ва $d/n = 0.9422 \text{ \AA}$ да $(333)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$ селектив табиатга эга бўлган аксланишларни кузатилиши, эпитаксиал қатлам сиртининг (111) кристаллографик ориентацияга эгалигидан далолат беради. Уларнинг β ташкил этувчилари мос равишда $2\theta_{(200)} = 25.6^\circ$, $2\theta_{(400)} = 52.8^\circ$ ва $2\theta_{(600)} = 83.5^\circ$ кузатилди. Бундан ташқари рентгенограммада турли интенсивликдаги янги тузилмавий аксланишлар кузатилган: $d/n = 2.305 \text{ \AA}$ ($2\theta = 38.5^\circ$) да $(112)_{\text{GaAs}}$, $d/n = 2.273 \text{ \AA}$ ($2\theta = 39.4^\circ$) да $(110)_{\text{Bi}}$, $d/n = 2.001 \text{ \AA}$ ($2\theta = 45.19^\circ$) да $(220)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$, $d/n = 1.868 \text{ \AA}$ ($2\theta = 48.46^\circ$) да $(220)_{\text{Bi}}$, $d/n = 1.491 \text{ \AA}$ ($2\theta = 62.16^\circ$) да $(116)_{\text{Bi}}$, $d/n = 1.297 \text{ \AA}$ ($2\theta = 72.68^\circ$) да $(331)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$ ва $d/n = 1.155 \text{ \AA}$ ($2\theta = 83.46^\circ$) да $(422)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$.

Шунингдек, рентгенограммада яна кучсиз интенсивликдаги сфалерит тузилмалар учун таъқиқланган учта $d/n = 3.955 \text{ \AA}$ ($2\theta = 22.3^\circ$) да $(003)_{\text{Bi}}$, $d/n = 1.413 \text{ \AA}$ ($2\theta = 66.1^\circ$) да $(400)_{\text{GaAs, Ge, ZnSe}}$ ва $d/n = 1.245 \text{ \AA}$ ($2\theta = 75.1^\circ$) да $(420)_{\text{GaAs, ZnSe}}$ тузилмавий аксланишлар кузатилган. Уларнинг интенсивликларини асосий аксланиш интенсивлигига нисбати $I(003)/I(400) = 5.1 \times 10^{-4}$, $I(400)/I(111) = 5.7 \times 10^{-4}$ ва $I(420)/I(111) = 2 \cdot 10^{-4}$ баҳоланди. Ҳисоблаб топилган катталик 10^{-4} миқдор атрофида бўлгани учун киришмлар олмоссимон панжарада бир текисда тақсимланганлигидан далолат беради. Асосий аксланишнинг юқори интенсивликдалиги ($2 \cdot 10^5 \text{ имп} \cdot \text{с}^{-1}$) ҳамда унинг ингичкали қаттиқ қоришманинг кристаллик даражасининг мукамаллигидан далолат бериб, унинг сирти (111) кристаллографик ориентацияга монокристал эканлиги тасдиқлайди. Экспериментал тадқиқот натижаларидан кристалл панжара доимийсининг қиймати ҳамда асосий чўққи ярим кенглигидан тадқиқ қилинаётган плёнка субкристаллитларининг (блокларининг) ўлчамлари мос равишда $a_f = 0,5656 \text{ \AA}$ ва $620 \text{ \AA}$ га тенглиги аниқланди.

Фойдаланилган адабиётлар

1. S.Z. Zainabidinov, A.S. Saidov, A.Y. Boboev, and J.N. Usmonov. Features of the Properties of the Surface of $(\text{GaAs})_{1-x-y}(\text{Ge}_2)_x(\text{ZnSe})_y$ Semiconductor Solid Solution with ZnSe quantum dots. Journal of Surface Investigation: X-Ray, Synchrotron and Neutron Techniques, 2021, Vol. 15, no. 1, pp. 94–99

KASSITERIT ASOSIDAGI VA SILICON OPTIK QATLAMLI FOTOELEMENTLARNI XUSUSIYATLARINI O'RGANISH

M.Fozilova, A.Eraliyev, G.Mamatova

Andijon davlat universiteti

Annotatsiya: Maqolada kassiterit asosidagi va silicon optik qatlamli fotoelementlarni xususiyatlarini o'rganish usullari yoritilgan.

Kalit so'zlar: kassiterit , fotoelement, optik qatlam, fotogeneratsiya, Silicon, geteroo'tish, gomoo'tish, nur yutish ko'effitsienti, nur qaytarish ko'effitsienti.

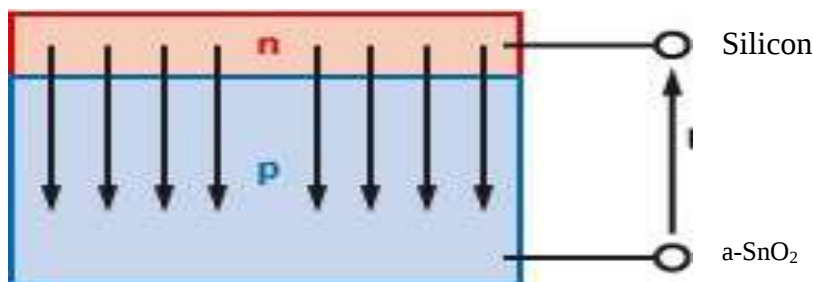
Energetika jamiyat hayotida muhim o'rin tutadi. U turli tuman ehtiyojlarni qondirish imkoniyatlarini bir necha barobar orttirishga imkon beadi. Insoniyat sivilizatsiyasining rivoji doimo ishlatilayotgan energiyaning hajmi va turlari bilan chanbarchars bog'liq. Biroq, milliy va jahon iqtisodiyotining bugungi kundagi rivoji tabora energiya resurslarining haddan ortiq ko'p ishlatilishi va unga bog'liq holda ular hajmini kamayib borishga sabab bo'lmoqda. Shuning uchun elektr energiyasini oson, qulay, kamharj va eng asosiysi atrof muhitga zarar yetkazmagan holda hosil qilish asosiy ehtiyojlarimizdan biri xisoblanadi. Ma'lumki, saxovatli Quyosh milliard yillardan buyon o'z nurini Yerga sochib turadi. Quyosh nuri xam energiya. Odamlar uni elektr tokiga aylantirishni o'rganib oldilar. Buning uchun maxsus yarimo'tkazgichli asboblarni yaratgan. Ular birgalikda quyosh batareyalarni tashkil qiladi. Yerga uzatilayotgan Quyosh energiyasining miqdori, xozirda dunyoda ishlab chiqarilayotgan energiya miqdoridan taxminan, 20 marta ko'pdir. Bugungi kunda qayta tiklanuvchi elektr manbalaridan keng foydalanish va ularning samaradorligini oshirish yuzasidan butun dunyo bo'ylab ko'plab ilmiy ishlar va ushbu sohani rivojlantirish yuzasidan izlanishlar olib borilmoqda. Bu kabi masalalar orasida fotoelementlarning samaradorligini yuqori darajaga yetkazish aksariyat tadqiqotlarning oldida turgan asosiy vazifasi hisoblanadi. Biz ham shunday vazifalarni oldimizga qo'ygan holda, fotoelementlarni yaratishda quyidagi takliflarni bermoqchimiz.

Fotoelementlar – o'ziga tushayotgan yorug'likni yutib, elektr toki (fototok) yoki foto elektr yurituvchi kuch hosil qiluvchi elektr asbob. Yarimo'tkazgichli fotoelementlardan quyosh batareyalari, fotoelektr generatorlarida quyosh energiyasini to'g'ridan to'g'ri elektr energiyasiga aylantirishda foydalaniladi. Biz taklif bermoqchi bo'lgan quyosh batareyalarining asosiy elementi sifatida, Kassiterit yani qalaytosh (SnO_2) dan foydalaniladi. Ushbu modda qalayning eng muhim rudasi xisoblanadi va eng ko'p uchraydigan birikmasi, qalaytosh suvda va xlorid kislatada erimaydi, shuningdek o'ziga xos tortish kuchi mavjud , ob-xavoga chidamli xisoblanadi . Kassiteritni asosiy qatlam qalinligini 120 μm oldik.

Fotoelementlarda asos va ustki qismiga turli kimyoviy tarkibli materiallardan foydalaniladi. Biz taklif qilayotgan fotoelement asosi kassiterit xisoblanadi. Optik qatlam yarim o'tkazgichlarning nur yutish xususiyatini oshirishda qo'llaniladi. Optik qatlam qalinligi nm (nanometr)o'lchamda bo'ladi. Taklif qilinayotgan fotoelementning optik qatlami Silicondan iborat holda tekshirib ko'rilgan fotoelementdagi fotogeneratsiyasi jarayoni yuqori bo'lishini ta'kidlab o'tamiz. Fotogeneratsiya jarayoni elektron va kovak juftliklarining hosil bo'lishidir. Elektron va kovaklar esa, fotoelementda zaryad tashish vazifasini bajaradi. Kassiterit va Silicon orasida geteroo'tish sodir bo'ladi. Taqiqlangan zonalar kengligi teng, ya'ni kimyoviy jihatdan bir xil yarim o'tkazgich materiallar asosidagi elektr o'tishlar gomoo'tish, taqiqlangan zonalar qiymati bir biridan farqlanuvchi yarim o'tkazgichlar asosidagi o'tishlar esa geteroo'tish deb ataladi.

Silicon va kassiterit turlicha taqiqlangan zona kengligiga ega bo'lgan elementlar bo'lgani uchun ular orasida geteroo'tish sodir bo'ladi. Bunda Silicon , kassiterit ustki qatlamiga 60 nm o'lchamda qoplanadi.

Muhit-havo
 $DSnO_2=60\text{ nm}$
 $DSi=120\mu\text{m}$



Quyoshdan kelayotgan nurning barcha qismi fotoelementda tok hosil bo'lish jarayoniga sarf bo'lishini ta'minlash maqsadida fotoelementlar sirti piramidalar ko'rinishida yasalsa, piramidaga tushayotgan nur piramida tomonlariga urilib 4 marta sinadi va har singanda, nurning ma'lum bir qismiyutilib tushayotgan yorug'lik nuri deyarli qatmaydi. Bunda piramidalar teng yonli bo'lishi va asosi va yon tomoni orasidagi burchagi 73.12° bo'lishi maqsadga muvofiqdir. Mana shunda biz o'ylagan maqsadga yaqin kelamiz va foydali ish ko'effitsentini ma'lum darajaga oshirishga erishamiz.

Biz ushbu o'zgarishlarni qilganimizdan so'ng quyidagi natijalarga erishdik

■ Illumination

Angle of incidence

Zenith, θ

→ Switch to isotropic

Spectrum

Sunlight

→ Set standard test conditions

■ Surface morphology

Side	Morphology	Periodicity	Angle ($^\circ$)	Height (μm)	Width (μm)
Front	Upright pyramids	Random	73.12	3.54	2.15
Rear	Planar				

■ Layer materials

Layer	Thickness	Material
Surrounds		Air []
× Front film	60 nm	SnO2 Undoped [Rao19]
Substrate	120 μm	Si Crystalline, 300 K [Gre08]

+ Add front film

+ Add rear film

↑ Flip material stack

→ Switch to rear reflector

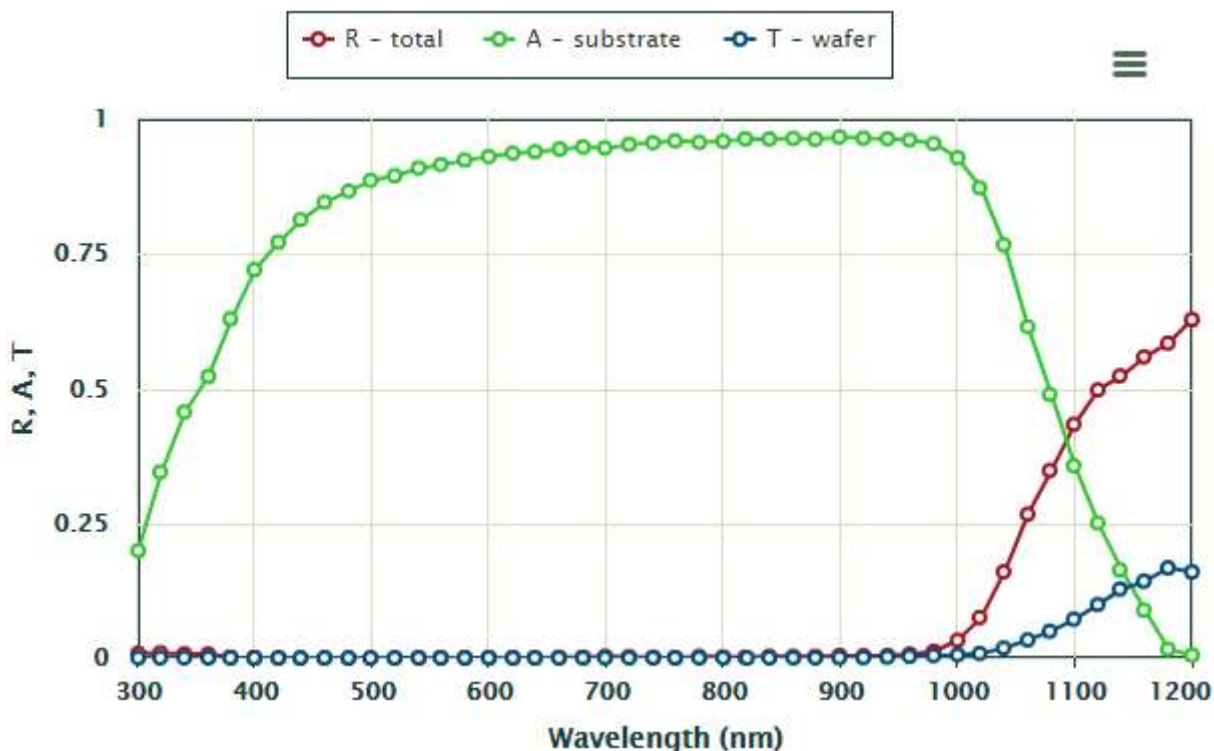
× Clear all front films

≡ Symmetrical structure

+ Add detached reflector

■ Options

Minimum wavelength	300 nm	Number of rays per run	5000
Maximum wavelength	1200 nm	Max total rays	50000
Wavelength interval	20 nm	Max bounces per ray	1000
Calculate gen profile	☐	Intensity limit	0.01 %
		Minimise error in J_G	☐
		Significant figures	4



Bu yerda:

- R- nurni qaytarish ko'effitsienti
- A- nurni yutish ko'effitsienti
- T- nurni o'tkazuvchanlik ko'effitsienti

Yuqoridagi takliflardan foydalangan holda kiritilgan parametrlar, hozirda quyosh elementlarining xossalari chuqur o'rgangan holda yaratilgan dastur-PV LIGHT HOUSE dasturida tekshirib ko'rildi. Grafikdan ko'rinib turibdiki, fotoelementning nur yutish ko'effitsienti to'liq uzunligi 600÷1000 nm oraliqda bo'lganda maksimal qiymatni qabul qilib 1 ga yaqinlashmoqda, nur qaytarish ko'effitsienti esa, juda kam qiymatni ko'rsatmoqda. Fotogeneratsiya jarayoni 99.21% ko'rsatkichda ekanligi, ushbu fotoelementning dastlabkilariga nisbatan ancha samarador ekanligini ko'rsatib beradi.

Grafikdan ko'rinib turibdiki, Kassiterit asosli, optik qatlamli Silicon bo'lgan yarim o'tkazgichli quyosh batareyasi hozirda qo'llanilib kelayotgan quyosh batareyalaridan, xavfsiz va samaraliligi yuqoriligi bilan ustun bo'la oladi.

Adabiyotlar

1. А.Юсупов, К.Адамбаев, С.Р.Алиев, З.З.Тураев, А.Кутлимратов Создании электрические свойства гетеро переходов p-Cu₂ZnSnS₄/n-Si // Письма в ЖТФ, том 43 вып. 2, 2017. с. 98-102.
2. Katagiri H., Saitoh K., Washio T. et al. Development of thin film solar cell based on Cu₂ZnSnS₄ thin film. 11th Tech. Dig. Photovoltaic Science and Engineering Conf., Sapporo, 1999, pp. 647 (in Eng.).

4-ШҰҒБА.

ҚАЙТА ТИКЛАНАДИГАН ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ

СОЗДАНИЕ СЕЛЕКТИВНО ПОГЛОЩАЮЩИХ КЕРМЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ $\text{TiO}_2 - \text{NiO}$ ДЛЯ СОЛНЕЧНЫХ ТЕПЛОПРИЕМНИКОВ

С.Х.Сулейманов, В.Г.Дыскин, М.У.Джанклич, Н.А.Кулагина, Ш.Ё.Амиров

Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУз

Увеличение коэффициента полезного действия (КПД) солнечных тепловых электростанций является актуальной задачей, решение которой давно известно – увеличение температуры теплоносителя. В солнечной тепловой энергетике эта задача решается применением концентрирующих систем, увеличивающих плотность потока солнечного излучения. Применение параболоцилиндрических концентраторов, в фокусе которых расположен теплоприемник, позволяет получить пар с температурой $\sim 400^\circ\text{C}$. Однако эта температура пара не является оптимальной для турбин: чтобы турбина работала в оптимальном режиме с КПД $\sim 35\%$, необходим пар с температурой $600 - 700^\circ\text{C}$. Для этого необходимо на поверхность теплоприемника нанести селективное поглощающее покрытие (СПП), которое при таких температурах было бы стабильно, химически и механически прочным не только в вакууме, но и на воздухе, и не теряло бы своих селективных свойств.

Имеется большое количество работ и обзоров, посвященных этой проблеме [1 – 3]. На основании анализа этих работ, был сделан вывод, что наиболее перспективными материалами для высокотемпературных селективных покрытий являются композитные материалы, а точнее керметы – композиционные системы на основе оксидных матриц и металлических наполнителей.

В нашей работе мы синтезируем керметы на основе $\text{TiO}_2 - \text{NiO}$ методом плавления на солнечной печи. Покрытия, полученные из синтезированного на солнечной печи материала, обладают лучшими оптическими и механическими свойствами. Это связано с тем, что предварительный синтез композиционного материала позволяет получить заданную структуру, фазовый состав, избавиться от адсорбированных газов в исходной шихте. Суть метода заключается в применении металлургического способа производства металлов – восстановление металлов из их оксидов твердым углеродом при высоких температурах. Одновременно с синтезом оксидных соединений происходит частичное восстановление углеродом металла одного из оксидов, в результате чего происходит формирование структуры керметов, образуется оксидная матрица, в которой распределяется металлическая фаза. В расплаве перемешивание идет на молекулярном уровне, что способствует устранению концентрационных неоднородностей, выравниванию состава и достижению химической гомогенности.

Нами изучено влияние технологических режимов синтеза методом плавления на солнечной печи на свойства получаемых керметов. Установлено, что наиболее существенное воздействие на образование керметов оказывают такие факторы, как температура, время выдержки расплава и скорость его охлаждения. При скорости охлаждения $10^2^\circ\text{C}/\text{с}$ были получены материалы сложного состава, в которых присутствуют керамические матрицы и агломераты восстановленных металлических частиц (рис. 1 а). Чтобы получить гомогенный расплав, необходимо дать перегрев расплаву более 250°C . Получение керметной композиции с равномерным вкраплением металлических наночастиц возможно при температуре синтеза $>2000^\circ\text{C}$ и скорости закалки $\sim 10^5 - 10^6^\circ\text{C}/\text{с}$ (рис. 1 б).

Для изучения фазового состава синтезированных материалов выполнен рентгенофазовый анализ на установке ДРОН-УМ1. Из полученных дифрактограмм видно, что при синтезе системы $\text{TiO}_2 - \text{NiO}$ в присутствии углерода мы добились частичного восстановления никеля из оксида никеля.

Из керметов, полученных при разных технологических режимах, наносили СПП на подложки из нержавеющей стали термическим испарением в вакуумной камере. После нанесения покрытий были проведены измерения спектров отражения СПП из керметов, полученных при разных технологических режимах, в видимой области спектра. Результаты измерений представлены на рис. 2.



Рис. 1 Фотография синтезированного материала $\text{TiO}_2 - \text{NiO}$: а) полученного плавлением на воздухе и охлажденного на водоохлаждаемой подложке со скоростью $\sim 10^2$ $^{\circ}\text{C}/\text{c}$; б) полученного плавлением на воздухе с перегревом расплава и охлаждением закалкой со скоростью $\sim 10^5 - 10^6$ $^{\circ}\text{C}/\text{c}$

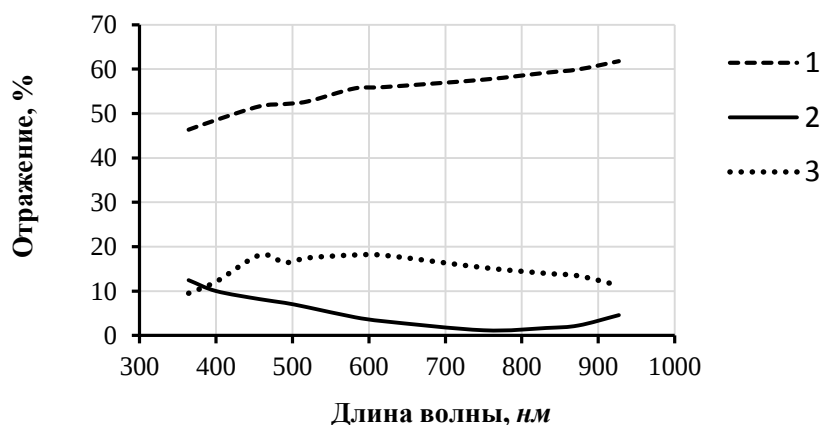


Рис. 2 Спектры отражения для композиционных покрытий на основе керметных материалов: 1 – нержавеющая сталь без покрытия; 2 – нержавеющая сталь с покрытием из материала, полученного плавлением на воздухе при скорости охлаждения расплава $\sim 10^5 - 10^6$ $^{\circ}\text{C}/\text{c}$; 3 – нержавеющая сталь с покрытием из материала, полученного плавлением на воздухе при скорости охлаждения расплава 10^2 $^{\circ}\text{C}/\text{c}$

По данным измерений спектров отражения образцов был рассчитан интегральный коэффициент поглощения α в спектральном диапазоне 350 – 950 нм. Измерение степени черноты ε было выполнено на терморadiометре ТРМ. По данным интегрального коэффициента поглощения и степени черноты были рассчитаны значения коэффициентов селективности α/ε . После напыления покрытие $\text{TiO}_2 - \text{NiO}$ на основе материала, полученного плавлением на воздухе с перегревом расплава и охлаждением закалкой со скоростью $\sim 10^5 - 10^6$ $^{\circ}\text{C}/\text{c}$, имеет значение $\alpha = 96,96$ %, $\varepsilon = 3,48$ %, $\alpha/\varepsilon = 27,861$.

Так как СПП в солнечных теплоприемниках используются в температурном диапазоне 400 – 700 $^{\circ}\text{C}$, то необходимо было провести исследования поведения спектрально-оптических свойств СПП при высоких температурах. Проведено исследование композиционных покрытий на термическую стойкость в вакуумной камере в интервале температур $500 \div 30$ $^{\circ}\text{C}$ при вакууме $4 \cdot 10^{-4}$ торр.

Образцы из нержавеющей стали с композиционными покрытиями на основе TiO_2 – NiO показали достаточно высокую стабильность. Значения интегрального коэффициента поглощения α и степени черноты ε изменились незначительно. После термоциклирования в вакууме $\alpha = 94,595 \%$, $\varepsilon = 3,5 \%$, $\alpha/\varepsilon = 27,0$.

Проведенные исследования показали, что керметные селективно поглощающие покрытия на основе TiO_2 – NiO имеют высокий коэффициент селективности и могут быть успешно использованы в солнечных теплоприемниках.

Литература

1. Kennedy C.E. “Review of Mid- to High-Temperature Solar Selective Absorber Materials” // NREL/TP – 520–31267. 2002. Golden, CO: National Renewable Energy Laboratory.
2. F. Cao, Kenneth McEnaney, Gang Chen and Zhifeng Ren. “A review of cermet-based spectrally selective solar absorbers” // Energy Environ. Sci. 2014. Vol. 7. P. 1615 – 1627.
3. Kennedy C. E. “Progress to develop an advanced solar-selective coating” // 14th Biennial CSP SolarPACES (Solar Power and Chemical Energy Systems) Symposium. March 4 – 7, 2008. Las Vegas, Nevada.

Si:H МОДИФИКАЦИЯЛАРИНИНГ ФОТОЭЛЕКТР ЎТКАЗУВЧАНЛИГИГА ФЕРМИ САТҲИ СИЛЖИШИНИНГ ТАЪСИРИ

*С.З.Зайнабидинов¹, У.С.Бобохўжаев², А.Б.Набиев²,
М.А.Усманов², Ф.Исабоева², Ж.Нематуллаев²*

¹Андижон давлат университети

²Наманган давлат университети

Аморф гидридланган кремний(*a-Si:H*) ва унинг модификациялари (*μc-Si:H*, *nc-Si:H*, *pm-Si:H*) ёруғликка ўта сезгир бўлгани учун ($\sigma_{\text{ф}}/\sigma_{\text{к}}=10^5\text{-}10^3$) фотоэлектрик қурилмаларда кенг қўлланилади. Маълумки фотоэлектрик қурилмалар кенг ҳарорат диапозонида ишлайди. Шунинг учун *Si:H* нинг параметрларини ҳароратга боғлиқлигини тадқиқ қилиш ҳозирги кунда ҳам ўз долзарблигини йўқотмаган.

Ушбу ишда *i-a-Si:H* нинг фотоэлектр ўтказувчанлигини ҳароратга боғлиқлиги назарий жиҳатдан таҳлил қилинган ва аналитик ифода тақлиф қилинган ва уни келтириб чиқаришда электрон ва коваклар учун қуйидаги кўринишдаги узлуксизлик ва кўчиш тенгламаларидан фойдаланилади.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Delta n}{\partial t} + \frac{1}{e} \text{div} j_n &= G - R_n - \frac{\Delta n_s}{\tau} & j_n &= e \Delta n \mu_n E + e D_n \nabla n \\ \frac{\partial \Delta p}{\partial t} + \frac{1}{e} \text{div} j_p &= G - R_p - \frac{\Delta p_s}{\tau} & j_p &= e \Delta p \mu_p E + e D_p \nabla p \end{aligned}$$

Юқоридаги тенгламалар системасидан керакли аналитик ифода олишда рекомбинация ва тутилиш механизмлари учун *Si:H* нинг ҳаракатчанлик тирқишидаги D^0 , D^+ ва D^- –зарядли ҳолатларни энергетик жойлашуви катта рол ўйнайди. Бундан ташқари ҳароратга боғлиқ ҳолда $D^+ \rightarrow D^0$, $D^0 \rightarrow D^+$ каби қайта зарядланиш ҳолатлари фотоэлектрик ўтказувчанлик табиатига таъсир кўрсатади. $D^0 \rightarrow D^+$ қайта зарядланишда D^0 – зарядли ҳолатни энергетик ҳолати катта аҳамиятга эга бўлиб, бу ўз навбатида Ферми сатҳини силжишига олиб келади. Ушбу силжишни электронейтраллик тенгламасидан аниқлаш мумкин.

$$\int_{-\infty}^{\infty} f(\varepsilon, T) \cdot g(\varepsilon) d\varepsilon = \text{const}$$

Электронейтраллик тенгламасини тақик соҳасини турли ҳоллари учун сонли ечими олиниб, Ферми сатҳини энг катта силжиши “хусусий” ўтказувчанликка эга син ва унинг модификацияларига тўғри келиши кўрсатилди. Юқоридагиларни ҳисобга олиб фотоэлектр ўтказувчанлик учун қуйидаги кўринишдаги аналитик ифода олинди.

$$\sigma(T) = \frac{1}{2} e \mu \left[G \tau_n + \left[\frac{G N_c}{N_m C_n^0} \right]^{1/2} \cdot \exp \left[-\frac{E_c - E_{tn}}{2kT} \right] + \int_{\varepsilon_F}^{\varepsilon} f(\varepsilon) g(\varepsilon) d\varepsilon \right]$$

Ушбу ифодадаги ҳар бир ҳад қандайдир ҳарорат оралиғи учун олинган бўлиб, ҳар бир ҳарорат оралиғида содир бўладиган генерацион жараёнларни ўз ичига олади. Олинган ифода ёрдамида *Si:H* нинг барча модификациялари учун фотоэлектрик ўтказувчанликни ҳароратга боғлиқлик графиги олинди. Графиклар экспериментал олинган графиклардан катта фарқ қилмайди[1,2]. Фотоэлектрик ўтказувчанликни хона ҳарорати атрофида сўнишига асосан Ферми сатҳини силжиши сабаб бўлиб, бу силжиш наъмуна параметрларига кучли боғлиқлиги электронейтраллик тенгламасини сонли ечими орқали кўрсатилди.

Литература

1. И.А. Курова, Н.Н. Ормонт, Е.И. Теруков, И.Н. Трапезникова, В.П. Афанасьев, А.С. Гудовских, “Электрические и фотоэлектрические свойства слоистых пленок *a-Si:H* и влияние на них термического отжига”, Физика и техника полупроводников, т.35, в.3, с.367-370, 2001
2. М.В. Хенкин, “Электрические, фотоэлектрические и оптические свойства двухфазных пленок гидрогенизированного кремния”, дис. к. ф.-м.н., МГУ, им. Ломоносова, с.157, 2015.

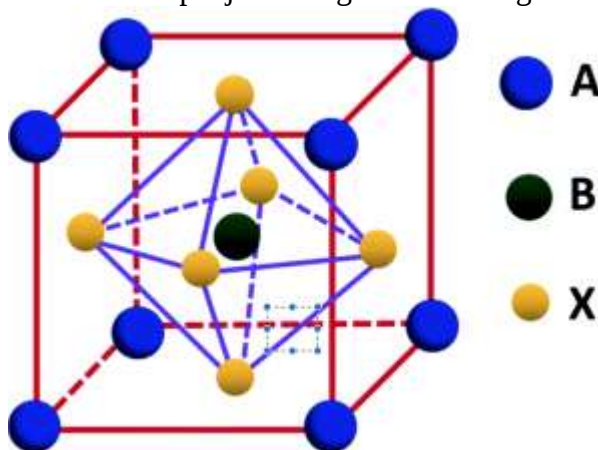
PEROVSKITLAR: QUYOSH ENERGIYASINING ARZON VA ISTIQBOLLI KELAJAGI

O.X.Polvonov, X.Z.Siddiqov, R.A.Sitdiqov

Toshkent davlat texnika universiteti

Zamonaviy quyosh fotoelektr stantsiyalarining quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish koeffitsienti katta emas. Toza quyoshli ob-havoda, quyosh vektoriga perpendikulyar bo'lgan maydonning har kvadrat metriga taxminan 1 kVt quyosh energiyasi tushadi, ammo avtonom fotoelektr tizimlari va qurilmalari iste'molchiga yetkazib beriladigan energiyadan ancha kam energiya oladi. Ishlab chiqarilgan energiya miqdorini sezilarli darajada kamaytiradigan omillar ommaviy ishlab chiqariladigan kremniy fotoelektrik elementlarining o'rtacha real samaradorligi pastligi (12-14%) va tanlangan quyosh batareyasining ishlab chiqarish qobiliyatining past darajada ishlatilishi hisoblanadi. Natijada ko'p fotoelektr stantsiyalari va elektr ta'minoti tizimlarining umumiy energiya samaradorligi 5-10% dan oshmaydi [1]. Bu esa o'z navbatida kremniyni boshqa turdagi materiallar bilan almashtirish kerak bo'ladi. Kremniyli quyosh batareyalaridan kelgusida elektr energiyasini tejash imkoniyati cheklangan. Ishlab chiqarish xarajatlarini biroz siqish mumkin bo'lsada, hozirda quyosh qurilmasining narxida qo'shimcha xarajatlar - o'rnatish, simlar, elektronika va boshqalar ustunlik qiladi. Bu shuni anglatadiki, hozirgi quyosh energiyasi tizimlari iqlim o'zgarishi kabi muammolarni hal qilish uchun global elektr energiyasiga bo'lgan kerakli talabni qondira olmaydi. Bundan tashqari, bizning hozirgi LED yorug'lik texnologiyasi juda qimmat va an'anaviy yoritishni qisqa vaqt ichida almashtirish uchun yetarli darajada yaxshi emas. Bu muammo, chunki yorug'lik dunyodagi karbonat angidrid chiqindilarining 5% ini tashkil qiladi. Bu bo'shliqni tezda to'ldirish uchun yangi texnologiyalar kerak.

Perovskitga asoslangan quyosh elementlari yaqin kelajakda fotoelementlarning eng istiqbolli turi hisoblanadi. Buning sababi, bu mineralning yer qobig'ida hamma joyda tarqalishi va ishlab chiqarish texnologiyasi kremniyga qaraganda ancha arzon. Hozirgi vaqtda perovskit panellari hal etilishi qiyin bo'lgan muammo - elementlarning bir qator tashqi omillarga beqarorligi tufayli ular perovskit kristall panjarasining tez buzilishiga olib keladi[2].



1-rasm. Metall galidli perovskitning kristall panjarasining birlik birligi.

Perovskit CaTiO_3 - 19-asrda 1839 yilda nemis mineralogi Gustav Rosa tomonidan Uralga ilmiy ekspeditsiyasi paytida topilgan va birinchi yarmida Rossiya shtati vaziri graf LA Perovskiy (1792-1856) sharafiga nomlangan perovskitlar guruhidagi mineral modda. Ideal perovskitning kristall tuzilishi kubikdir, lekin ko'pgina minerallarning tuzilishi (shu jumladan perovskitning o'zi) normal sharoitda faqat yuqori haroratda barqaror bo'lgan perovskit tipidagi

kubik tuzilishdan farq qiladi. Haroratning pasayishi bilan paydo bo'ladigan va umumiy strukturani buzmaydigan kichik buzilishlar ideal perovskit - tetragonal, rombik yoki monoklinikaga juda yaqin tuzilmalar paydo bo'lishiga olib keladi (1-rasm).

1-rasmda: X- halogen atomlarining anionlari (yod, brom yoki xlor) oktaedrlarning cho'qqilarini egallaydi, uning markazida ikki valentli metall kation B2 +joylashgan. Bu butun struktura kubik yoki tetragonal tartibda organik (yoki noorganik) A + kationlari bilan o'ralgan. Murakkabning umumiy kimyoviy formulasini ABX_3 deb yozish mumkin (kubning tepasida yoki yuzida joylashgan atomlar bir vaqtning o'zida bir nechta elementlarga tegishli, shuning uchun to'g'ri formulalar uchun ularning sonini tegishli raqamga bo'lish kerak[3]).

Perovskitdan farqli o'laroq, sintetik kaltsiy titanatning fizik xususiyatlari yaxshi o'rganilgan. Sintetik perovskit "virtual ferroelektriklar" deb ataladi, bunda Kyuri harorati nazariy jihatdan 0 K dan past bo'ladi Perovskit mineral namunalarini kimyoviy tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, unda $CaTiO_3$: 0,01Fe kimyoviy formulasiga mos keladigan oz miqdordagi iflos temir bor. Demak, tabiiy perovskitning dielektrik reaksiyasi kimyoviy toza sintetik perovskitnikidan farq qilishi mumkin.

Angliyaning Kembrij shahridagi laboratoriya galogenli perovskitlar deb nomlanuvchi yangi materiallar oilasi bilan ishlamoqda. Ular yarimo'tkazgichlar bo'lib, ular yorug'lik ta'sirida zaryad o'tkazadilar. Perovskit siyohi shisha yoki plastmassaga surtiladi va metall ionlari, galogenlar va organik birikmalardan tashkil topgan, inson sochini kengligining taxminan yuzdan bir qismini tashkil etuvchi juda nozik plyonkalar hosil qiladi. Elektrod kontaktlari orasiga joylashganda, bu plyonkalar quyosh batareyalari yoki LED qurilmalarini hosil qiladi. Ajablanarlisi shundaki, ular yutadigan yoki chiqaradigan yorug'lik rangini kimyoviy tuzilishini o'zgartirish orqali o'zgartirish mumkin. Ularni yetishtirish usulini o'zgartirib, ularni nurni (quyosh paneli uchun) yoki yorug'lik chiqarishga (LED uchun) ko'proq mos keladigan qilib moslashtira olamiz. Bu ultrabinafsha nurlardan ko'rinadigan va infraqizil diapazongacha yorug'lik chiqaradigan turli xil rangli quyosh batareyalari va LEDlarni yaratishga imkon beradi.

Bugungi kunda perovskitlar shartli formulali ABX_3 bilan ko'plab birikmalar xosil qiladi, ular ion-kristalli tuzilishining umumiy turi bilan birlashtirilgan. Yuqorida aytib o'tilgan metall galidli perovskitlar, xuddi shunday tuzilishga ega bo'lgan moddalarning alohida holati. Biroq, tarixan "perovskit" atamasi faqat kaltsiy titanat mineralini tasvirlash uchun ishlatilgan (2 -rasm).



2-rasm. Perovskit mineralining kubik kristallari ($CaTiO_3$).

An'anaviy kremniy elementlaridan farqli o'laroq, perovskitlar yuqori samaradorlikka ega bo'lishi kerak, perovskit plyonkalari juda o'zgaruvchan kattalikdagi (nanometrdan millimetrgacha) mozaikali "donalar" va kimyoviy tarkibga ega. Bundan tashqari, perovskit plyonkalaridagi kichik dog'lar yoki nuqsonlar katta quvvat yo'qotilishiga olib kelmaydi[4].

Arzon va ko'p qirrali ishlov berishiga qaramay, bu materiallar quyosh batareyalari sifatida ham, yorug'lik chiqaruvchi sifatida ham ajoyib ta'sir ko'rsatdi. Perovskite quyosh batareyalari 2019 yilda 25,2% samaradorlikka erishdi, undan keyin kristalli kremniyli hujayralar 26,7% ga etdi va perovskitli LEDlar allaqachon organik yorug'lik chiqaruvchi

diodlarga (OLED) yaqinlashmoqda. Gipotetik tarzda bu materiallardan binolar yoki uylar bilan uyg'unlashgan "dizayner" rangli quyosh elementlari yoki oynali, lekin energiya ishlab chiqaruvchi quyosh derazalari yasash mumkin.

Ammo haqiqiy imkoniyat - bu kremniy elementlaridan ustun bo'lgan yuqori samarali elementlarni ishlab chiqish. Masalan, perovskitli quyosh batareyasida ikkita ko'p rangli perovskitli plyonkalarni birlashtirishimiz mumkin. Har bir qatlam quyosh spektrining turli hududlarini to'plab, elementning umumiy samaradorligini oshiradi. Ushbu tandemli qatlamli yondashuvlar quyosh panellarining samaradorligini 30%dan yuqori tezlik bilan oshirishi mumkin, bu ham panel, ham tizim xarajatlarini kamaytiradi, hamda ularning energiya sarfini kamaytiradi. Ushbu perovskit qatlamlari, shuningdek, gazeta qog'ozi kabi qayta ishlanishi mumkin bo'lgan moslashuvchan quyosh panellarini ishlab chiqarish uchun ishlab chiqilmoqda, bu esa xarajatlarni yanada kamaytiradi. Engil, kuchli quyosh panellari, shuningdek, elektromobillar va aloqa yo'ldoshlarini quvvatlantirish imkoniyatlarini ochadi.

LEDlar uchun perovskitlar ajoyib rang sifatiga erishishi mumkin, bu esa ilg'or moslashuvchan display texnologiyalariga olib kelishi mumkin. Perovskitlar, shuningdek, sovuq yoki issiq oq nurni yoki har qanday soyani ishlab chiqarishga qodir bo'lgan "rang harorati" bilan, hozirgi LEDlariga qaraganda arzonroq, yuqori sifatli oq yoritishni ta'minlay oladilar. Ular, shuningdek, kelajakdagi kvant kompyuterlari uchun qurilish materiallari, shuningdek, juda past dozali tibbiy tasvir va xavfsizlik tizimlari uchun rentgen detektorlari sifatida qiziqish uyg'otadi. Birinchi mahsulotlar allaqachon paydo bo'lgan bo'lsada, muammolar hali ham mavjud. Uzoq muddatli barqarorlikni ko'rsatish asosiy masalalardan biridir. Ammo bu tadqiqotlar umid baxsh etadi va ular hal etilgach, galogenli perovskitlar haqiqattan ham bizning energiya ishlab chiqarishimiz va iste'molimiz o'zgarishiga turtki bo'lishi mumkin[5].

Adabiyotlar

1. Popov Elena Alekseyevna "Crystal chemistry and physical properties of minerals and synthetic compounds with perovskite-type structure" Dissertation is submitted for the degree of candidate of geological and mineralogical sciences. Saint Petersburg-2018.
2. Крашенинникова Ольга Владимировна Висмутсодержащие слоистые перовскиты. Получение, строение и физико-химические свойства Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Нижний Новгород-2017г.
3. <https://solarsoul.net/chto-takoe-perovskitovye-fotoelemnty>.
4. <https://mobile.ruscable.ru/article/1895/>
5. <https://nplus1.ru/material/2020/04/17/perovskite-solar-cells-future>

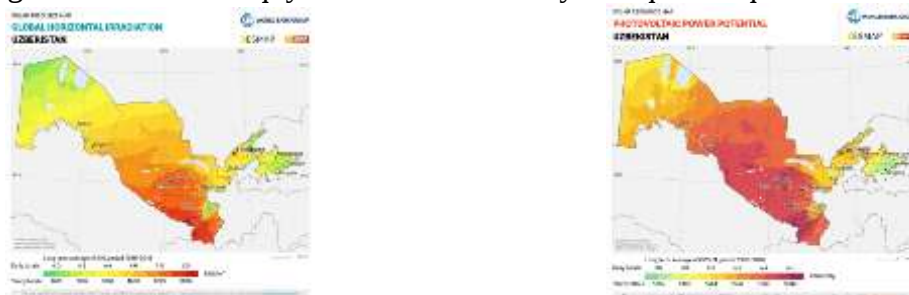
QUYOSH PANELLARIGA TASHQI OMILLAR TASIRI VA UNI BARTARAF QILISH IMKONIYATLARI

K.Yakubov¹, R.Bazarbayev¹, D.Qurbanov¹, S.Karajanov²

¹Urgench State university, Uzbekistan

²Institute of energy technology, Kjeller, Norway

Hozirgi kunda insoniyatning energiyaga bo'lgan ehtiyoji, zaxiralari cheklangan qazilma boyliklari - ko'mir, neft, gaz hisobiga qoplanmoqda. Ushbu qazilma boyliklari zaxiralari tugash xavfi mavjudligi tufayli va bu elektr energiyasi olishning noan'anaviy manbalaridan foydalanish zaruriyatini yuzaga keltiradi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida eng ko'p qo'llanilayotganligi bu quyosh elektr stansiyalari hisoblanadi va butun dunyoda quyosh fotoelektr stansiyalari tomonidan ishlab chiqariladigan elektr energiya miqdori har yili bir necha o'n gigavattlarga ortmoqda. Bu tendensiya ushbu sohaning yanada rivojlantirishni taqozo qiladi. Bu sohani rivojlantirish butun dunyoda uch bosqichli amaliyot qo'llaniladi. Dastlab texnologik usullar bilan toza yarimo'tkazgichli material olish, bu materialdan kerakli o'lchamlarda yupqa plastinalar tayyorlash hamda tayyorlangan plastinalarga ikkinchi qatlamni o'tirg'izish orqali p-n o'tishni hosil qilishdan iborat. Yarimo'tkazgichli quyosh elementlari tayyorlash texnologiyalari bo'yicha dunyoda Hindiston, AQSh, Xitoy, Norvegiya yetakchi mamlakatlar hisoblanadi. Yurtimizda ham quyosh elektr stansiyalari yordamida elektr energiyasi ishlab chiqarishga bo'lgan e'tibor yildan yilga kuchaytirilmoqda va bu borada yurtimizning turli hududlarida quyosh fotoelektr stansiyalari qurilmoqda.



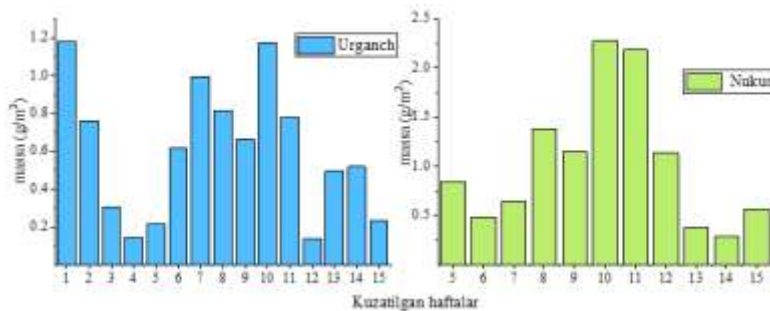
1-rasm. Quyosh energiyasidan elektr energiya olish potentsiali. (Global Solar Atlas)

Shu bilan birga quyosh panellariga tashqi omillarning ta'siri sezilarli darajada bo'lishi kuzatilmoqda. Quyosh fotoelektr stansiyalari ekpluatatsiya davri ortishi bilan ulardan olinadigan elektr energiyasi quvvati kamayib boradi. Bunga panellar yuzasida to'planadigan chang va turli tarkibli moddalar, shuningdek panellarning o'rnatilgan hudud iqlim sharoitiga mos kelmasligi kabi omillar sabab bo'ladi. Quyosh fotopanellaridan olinadigan quvvatning kamayishiga eng katta ta'sirni panel sirt yuzasida to'planadigan chang miqdori yuzaga keltiradi. Yurtimizda ham quyosh panellaridan elektr energiyasi olishda ushbu omillar - chang, harorat, namlik kabi ta'sirlarni hisobga olish zarur.

Respublikamizning shimoliy hududlari hisoblangan - Xorazm viloyati va Qoraqalpog'iston Respublikasi Nukus shahrida olib borilgan kuzatishlar shuni ko'rsatmoqdaki, quyosh panellari sirt yuzasida chang to'planishi kun davomiyligi yuqori bo'lgan fasllar bahor, yoz va kuz fasllarida ancha yuqori ekan (2-rasm).

Harorat yuqori bo'lgan kunlarda panellar sirt yuzasida chang to'planish miqdori ancha katta bo'lishi kuzatildi. Shuningdek ushbu kuzatishlarni laboratoriya sharoitida amalga oshirish uchun Urganch davlat universitetida qurilma ham yasaldi. Ushbu qurilmada quyosh paneliga chang, harorat, shamol tezligi, namlik kabi omillarning ta'sirini o'rganish va olingan ma'lumotlarni tabiiy sharoitlarda olib borilgan kuzatishlar bilan solishtirish imkoniyati mavjud.

Olimlar panellar yuzasida chang to'planishni kamaytirish yoki tozalashning bir nechta usullari – mexanik yoki o'z-o'zidan tozalanish usullarini taklif qilishgan. Mexanik tozalash usuli ishchi kuchi va ancha vaqtni talab qiladi.



2-rasm. Quyosh paneli yuzasida to'plangan chang miqdorlari.

Panellar sirt yuzasini o'z-o'zidan tozalanish usuli ancha tejamkor usul hisoblanadi. Bunda quyosh paneli sirt yuzasi panel sirt optik xususiyatlariga jiddiy ta'sir ko'rsatmaydigan qoplamalar bilan qoplanadi va bu qoplamalar panel sirtiga changing o'tirish ehtimolini kamaytiradi.

Quyosh panelini barqaror ishlashi uchun gidrofob qoplamali materiallardan foydalanish eng tejamkor usul hisoblanadi, chunki bunday tozalash tejamkor hisoblanadi va panel yuzasini mexanik shikastlanishiga va ifloslanishiga olib kelmaydi. Buning natijasida panellarning foydali ish koeffitsientini barqaror bo'lishi ta'minlanadi. Butun dunyoda bunday turdagi qoplamalar keng qo'llaniladi. Quyosh panellarining sirtini qoplash uchun o'z-o'zidan tozalanadigan gidrofob materiallardan foydalanish, panellarning samaradorligini oshirishning samarali usuldir. Hozirda istiqbolli hisoblagan alyuminiy oksidi (Al_2O_3) ga asoslangan qoplamalar keng qo'llanilmoqda.

Alyuminiy oksidi qoplamasi yuqori dielektrik doimiyliги, mukammal barqarorlik, qulay issiqlik o'tkazuvchanligi, yuqori qattiqlik, gidrofoblik, yuzani ifloslantiruchi omillarga qarshi xususiyati va past sinish ko'rsatkichi kabi afzalliklari tufayli optika, mashinasozlik, akkumulyator va mikroelektronika sohasida texnologik jihatdan istiqbolli material sifatida qo'llanilib kelinmoqda. Bunday tarkibli qoplamalarning keng qamrovli qo'llanish tufayli yildan yilga bunday xom ashyoga talab ortib bormoqda.

Alyuminiy oksidi qoplamalari asosida tayyorlangan qoplamalarning statik aloqa burchagi 161° dan pastroq burchak ostida o'z-o'zini tozalashning yuqori samarasini ko'rsatadi.

Yorug'lik dastlab qalinligi 300 nm bo'lgan Al_2O_3 ($n=1,35$) qoplamaga tushadi, undan keyin shisha ($n=1,56$) substratga o'tadi. Bu jarayonda tushayotgan yorug'likning 95% ulushi quyosh elementi yuzasiga etib kelishi nazariy usullar bilan aniqlangan. Dunyo bozorida sotiladigan quyosh batareyalarining fotovoltaik ko'rsatkichlari shisha bilan qoplangan yuza va alyuminiy oksidi bilan qoplangan shisha sirtida har xil sharoitlarda o'lchash natijalari solishtirish orqali sirt yuzasining tozalik darajasini saqlab turishi mos ravishda 67% va 91% ni ko'rsatgan, bu esa alyuminiy oksidi asosidagi supergidrofob qoplamalar foydalanish samarali ekanligini ko'rsatadi[1]. Bu sohada mahalliy xom ashyolardan Al_2O_3 kukunini tayyorlash usullari o'rganib chiqildi va hududdagi resurs uchun mos texnologik usul tanlandi. Olingan kukundan quyosh elementlari uchun yuqori yorug'lik o'tkazuvchanlik xususiyatiga ega yupqa plyonka tayyorlash maqsadida kukunni mkm o'lchamlargacha kichik zarralarga maydalash ishlari olib borildi. Plyonka tayyorlashning samarali texnologik usuli tanlanib olingan yupqa qatlamli plyonkalar yasalgan qurilmada sinovdan o'tkaziladi.

Adabiyotlar:

1. Sutha, S., Suresh, S., Raj, B., & Ravi, K. R. (2017). Transparent alumina based superhydrophobic self-cleaning coatings for solar cell cover glass applications. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 165, 128–137. doi:10.1016/j.solmat.2017.02.027
2. S. M. K. S. Mekhilef, "Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, no. 5, pp. 2920-2925, 2012.
3. S. Y. L. L. J. L. Xueqing Liua, "Investigation of the Dust Scaling Behaviour on Solar Photovoltaic Panels," *Journal of Cleaner Production*, vol. Volume 295, 2021.

МЕХАНИЗМ ОБРАБОТКИ ДИЭЛЕКТРИКОВ И КЕРАМИКИ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОЭРОЗИИ

А.А.Зарипов¹, У.Б.Халилов^{1,2}, Ш.Кучканов¹, Х.Б.Ашуров¹

¹Институт Ионно-плазменных и лазерных технологий АН РУз

²PLASMANT Research Group, NANOLab Center of Excellence, University of Antwerp, Antwerp, Belgium

Диэлектрики из керамики и композитов с заранее рассчитанными свойствами [1-3] а также поликристаллический кремний качественно обрабатываются электроэрозионным методом которая, отличается от других немеханических методов экономичностью и возможностью обработки композитных материалов сложного профиля [4]. Однако, для понимания физики процессов происходящих в межэлектродном пространстве, а также для повышения скорости обработки является важным выяснения механизма удаления материалов (MRR).

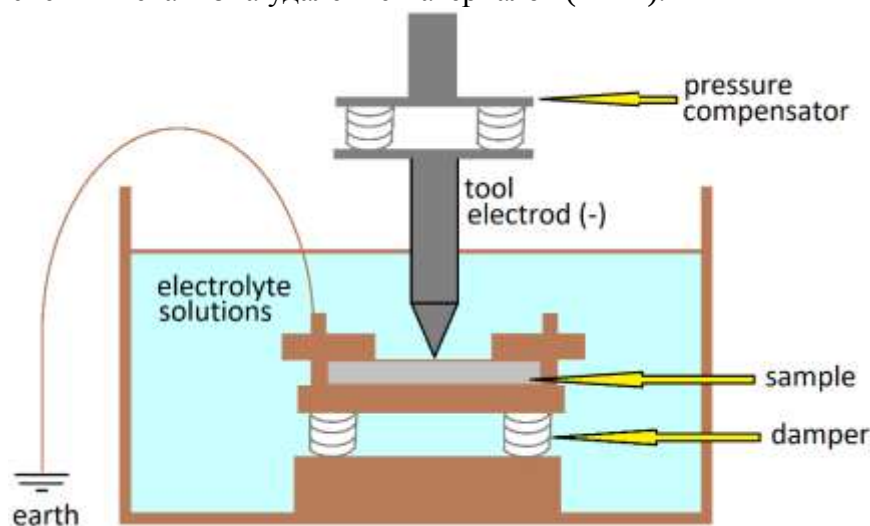


Рис.1. Схематическое изображение электроэрозионного устройства для удаления диэлектриков в электролитах.

Для решения этой актуальной проблемы было разработано электроэрозионное устройство (см рис.1) с релаксационным генератором, оборудованное со специальной следящей компенсирующей системой в виде плавающей головки и держателя демпфера [5].

Была использована специальная форма электрода инструмента, которая в совокупности с электроэрозионной установкой повысить скорость ЭЭО на порядок.

С помощью электроэрозии в электролитах обрабатывали разные по природе образцы (см.рис.2) из диэлектрика и полупроводников.

Характер поверхности которых сильно указывает на воздействия разрядов, которые участвуют в сложных процессах. Результаты влияния мощности на скорость удаления материала поменьше, чем влияния типа анионной группы. Изменения этой группы с Cl^- на OH^- приводит к повышению скорости удаления материала на порядок. Очевидно, что анионная группа щелочей натрия и калия, которые в условиях разряда в межэлектродном промежутке способствовала повышению интенсивности появления пузырьков вблизи катода, которые в свою очередь способствуют к появлению разрядов. Собственно, появления разрядов связано с некой пороговой интегральной плотности тока, которое условно названо критической плотности тока [5], величина которого

сильно связано с физико-химическими свойствами электролита. А наличие электролита обеспечивает появление в разрядной системе свободных электронов при меньших напряженностях электрического поля и обеспечивает более высокую скорость удаления.

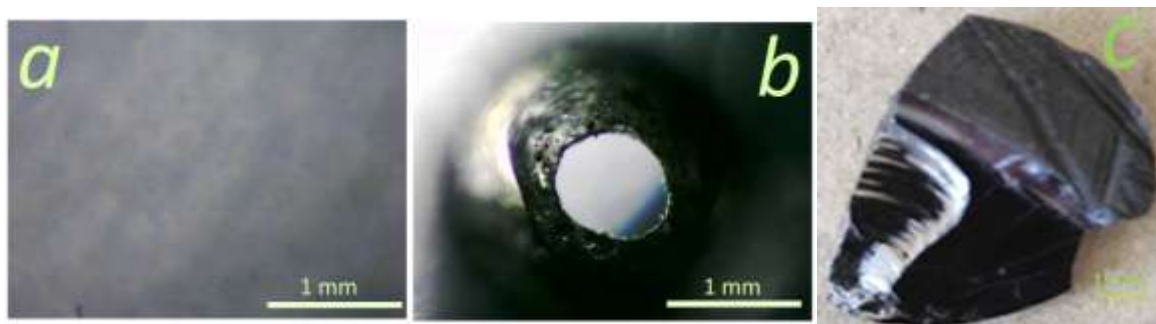


Рис.2. Образец стекла до (а), после (б) а также поликремния (с) электроэрозионной обработки в электролите.

Исходя из этого на образование дырок или прорезов на образцах, больше влияет не температурное воздействие плазмы, которое естественно увеличивается с повышением вкладываемой мощности, а параметры, связанные с характеристиками разряда (например, частота следования импульсов, крутизна переднего фронта, длительность разряда и т.д.).

В целом, результаты показывают, что предложенная модель охватывает основные процессы механизма удаления материалов, чем традиционные тепловые модели.

Литература

1. Ralbag N. et al. Composite materials with combined electronic and ionic properties //Matter. – 2019. – Т. 1. – №. 4. – С. 959-975.
2. Li Z. et al. Confined synthesis of 2D nanostructured materials toward electrocatalysis //Advanced Energy Materials. – 2020. – Т. 10. – №. 11. – С. 1900486.
3. Li N. et al. Progress in additive manufacturing on new materials: A review //Journal of Materials Science & Technology. – 2019. – Т. 35. – №. 2. – С. 242-269.
4. Rayat M. S. et al. Fabrication and machining of ceramic composites—A review on current scenario // Materials and Manufacturing Processes. – 2017. – Т. 32. – №. 13. – С. 1451-1474.
5. Зарипов А.А. Процессы при электроэрозионной обработке диэлектриков: дисс. PhD. Ташкент, 2019

GIBRID FOTOELEKTRIK STANSIYALARIGA ATROF MUHIT TA'SIRINI TAHLIL QILISH UCHUN MASOFADAN BOSHQARILUVCHI AVTOMATIK SISTEMANI ISHLAB CHIQISH

A.Mirzaalimov, S.Temirov, B.Jo'raboyev

Andijon davlat universiteti

Kalit so'zlar: Quyosh energiyasi, Aduino UNO, sensorlar, dasturiy ta'minot.

Annotatsiya

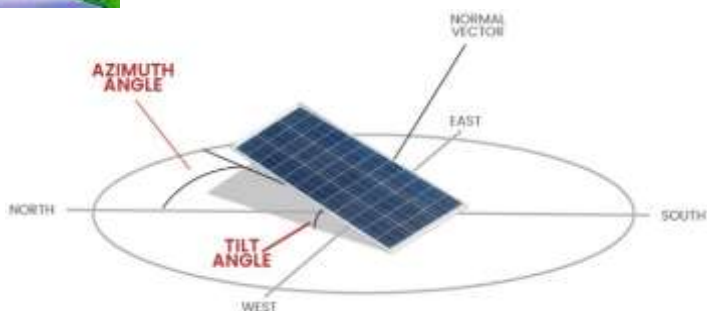
Hozirgi zamonda yashil energiya dolzarb masalaga aylangan. Bulardan biri quyosh va shamol energiyasidir. Quyosh energiyasida ishlovchi fotoenergetik qurilmaning past temperaturali, ya'ni yuqori samarali ishlash tartibi ta'minlanadi. So'ngi yillarda an'anaviy konstruksiyali energetik qurilmalar orasida kichik quvvatli va vertikal o'qli qurilmalar paydo bo'ldi. Ular an'anaviy gorizontall o'qli qurilmalarga nisbatan o'zining konstruksion-dinamik afzalliklari tufayli yuqori samaradorlikka ega bo'lishi amaliyotda tasdiqlandi.

Quyosh paenllarini har xil iqlim sharoitida ishlatiladi. Shuning uchun ularga atrof muhit ta'sirini o'rganish muhim. Chunki har bir regionning o'ziga xos iqlimi mavjud. Atrof muhitning asosiy parametrlari temperatura, bosim va namlik hisoblanadi. Quyosh modullari ochiq sharoitlarda o'rnatilganda ularni sinashda bir qancha muammolar yuzaga keladi.

- Ilmiy laboratoriyadan uzoq masofadali
- Aniq vaqtdagi atrof muhit temperaturasi, namligi, bosimi va yorug'lik intensivligi haqida ma'lumotga ega bo'lish.

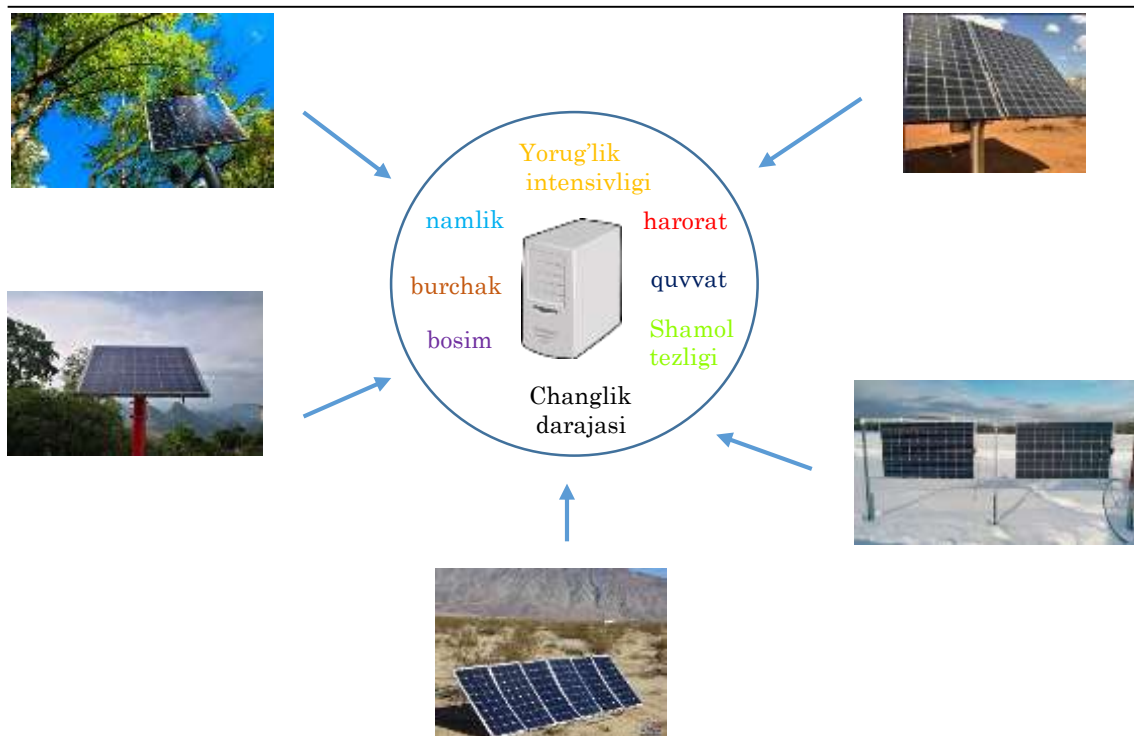


Minimal 300 m



- Aniq vaqtdagi quyosh modulining tok kuchi va kuchlanishini o'lchab turish.
- Ushbu muammolarni bartaraf etishda Arduino platasi va C# dasturlash tili yordamida quyosh modullariga atrof muhit ta'sirini o'rganish uchun avtomatlashtirilgan tizim ishlab chiqish mumkin.

Aduino ikki texnik va dasturiy qismga bo'linadi. Texnik qism programmashtirish mumkin bo'lgan plata, dasturiy qism esa Arduino IDE muhitidir. Dasturlar esa asosan C++ dasturlash tilida yoziladi.



Plata orqali juda ko'p qismlarni boshqarish mumkin. Maslan, motor, diod, led, lampa, rele shunga o'xshash qo'shimcha boshqa vositalarni. Bundan tashqari tashqaridan ma'lumot olish uchun huddi inson sezgi roganlari kabi plataga sensorlar ulash mumkin. Masalan temperaturani o'lchash uchun termovarshilikdan, namlikni o'lchash uchun esa DHT sensoridan foydalanish mumkin.

Termovarshilik yordamida temperaturani o'lchash uchun uning fizik xususiyatlari va temperaturaga bog'liqlik xarakteristikalarini bilish kerak.

Termistor - harorat o'zgarishi bilan qarshiligi o'zgaradigan qurilma. Ma'lum qarshilik orqali nomalum qarshilikni aniqlashimiz mumkin. Ya'ni agar bizda ikkita qarshilik mavjud bo'lib, ulardan birining qarshiligi ma'lum va ikkinchisining qarshiligi noma'lum bo'lsa, u holda ularni ketma-ket ulab qarshiliklarga tushayotgan kuchlanishga qarab no'malum qarshilikni aytishimiz mumkin.

Temperatura va namlikni birgina DHT senosri orqali o'lchash mumkin. Uning bitta chiqish va ikkita kiish uchun kontaktlari mavjud. DHT 5V kuchlanishda ishlaydi.



Arduinoda ma'lumotlarni masofadan turib uzatish uchun radio modul, wi-fi, bluetooth, GSM lardan foydalanish mumkin. Ular orasidan quyosh modulidan ma'lumotlarni uzatib turish uchun Radio moduldan foydalangan Afzal. Chunki u ham arzon ham uzoq masofaga uzatish mumkin. Ushbu proyektda nrel24 modeldan foydalanilgan.

Radio modulga yoziladigan kodga qarab uni uzatgich yoki qabul qilgich sifatida ishatish mumkin. Ularning kodi bir-birdan keskin farq qiladi.

Ushbu DHT, radio modul sensori va Arduino uno platasi yordamida quyosh panellarini yuzasini, atrof muhitni temperaturasini va namligini o'lchash uchun sxema hosil qilindi.



Qurilma	Termometer	Namlik	Lyuksometer	piranometer	aneometer	Changlik darajasi
Narx	98.0	42.0	210.0	781.0	161.0	500.0
Umumiy						1792.0

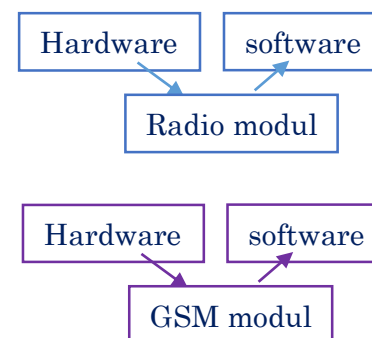


Qurilma	Quyosh elementi x2	plata	sensorlar	Batareya x2	Boshqa harajatlar
Narx	10.0	33.0	341.0	54.0	50.0
Umumiy					488.0

Qurilma	Quyosh elementi x6	Plata x2	sensorlar	Radio modul x2	Boshqa harajatlar
Narx	30.0	66.0	385.0	38.0	100.0
Umumiy					619.0

Qurilma	Quyosh elementi x6	Plata	sensorlar	GSM module	Boshqa harajatlar
Narx	30.0	33.0	385.0	360.0	100.0
Umumiy					908.0

Ko'chma



Bizning proyektda 3 ta DHT sensor, 2 ta radio modul va 2 ta Arduino plata ishlatildi. 3ta DHT, 1 ta radio modul va 1 ta Arduino uno platasi yordamida yig'ilgan sxema quyosh modullari o'rnatilgan joyga joylashtirildi. 2 ta DHT sensor monokristall va polikristall kremniy asosli quyosh panellari yuzasiga joylashtirildi, 1 sensor esa havo temperaturasi va namligini o'lchash uchun quyosh panellaridan 0.5 m balandlikka joylashtirildi. Sensorlardan kelayotgan ma'lumotlar massiv ko'rinishga o'tkazildi va radio modul yordamida signal qilib bir kilometr masofagacha tarqatildi. Ushbu signalni qabul qilib kompyuterga uzatish uchun bitta radio modul va Arduino uno platasi yordamida qabul qilgich sxemasi hosil qilindi va kompyuterga ulandi. Radio modulda qabul qilinayotgan signallar Arduino uno platasi yordamida yana massiv ko'rinishiga o'tkazilib ma'lumot ko'rinishida kompyuterning serial portiga uzatildi. Serial portdan kelayotgan ma'lumotlarini o'qish va tahlil qilish hamda bazaga to'g'ri shaklda saqlash uchun C#9.0 dasturlash tilida dastur ishlab chiqildi.

Adabiyotlar

1. Mirzaalimov A.A., Gulomov J.J., Abduvoxidov M.K." Создание фотоэлектронэнергетических устройств нового поколения с в'сокоэффективной кремниевой базой" G'G' Universum: Texnicheskiye nauki : elektron. nauchn.URN. 2020. № 6(75). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/9594>
<https://doi.org/10.32743/UniTech.2020.75.6-3>
2. G'ulomov J "Kremniy quyosh batareyalarini yig'ish va sinash" Bitiruv malakaviy ish. Andijon – 2021 yil.3.3(67-71 betlat)
3. https://aliexpress.ru/item/32831857482.html?spmqa2g0o.productlist.0.0.4f5f4fd9ev4pAf&algo_pvidqd6421cf0-95f2-42b3-baed-28318903f0fb&algo_expidqd6421cf0-95f2-42b3-baed-28318903f0fb-1&btsidq0b8b036316330001847026337eb972&ws_ab_testqsearchweb0_0,searchweb201602_,searchweb201603_

ҚУЁШ ПАНЕЛЛАРИНИНГ ЧИҚИШ ХАРАКТЕРИСТИКАЛАРИГА ТАЪСИР ЭТУВЧИ ОМИЛЛАРНИ ЎРГАНИШ ВА АНИҚЛАШ

М.М.Камилов

Гулистон давлат университети, докторанти

Ҳозирги даврда қайта тикланидиган энергия манбалари ичида фотовольтаик энергиядан фойдаланиш муҳим ўринни эгаллайди. Қуёш фотоэлектрстанцияларидан фойдаланиш сўнгги ўн йилликларда мисли кўрилмаган ўсишни қайд этди. Қуёш энергетикаси бўйича Европа уюшмасининг (Solar Power Europe) сўнгги маълумотларига кўра, қуёш энергетикасининг ўрнатилган қуввати 630 GVt дан ошди. Дунё электр энергиясини ишлаб чиқаришда қуёш энергетикасининг улуши бугунги кунда тахминан 2,6% ни ташкил қилади[1].

Республикамиз қайта тикланидиган энергия манбалари улушини 2025 йилга бориб, умумий энергия истеъмолида 19,7% гача, шу жумладан қуёш энергетикасини 2,3% гача оширишни режалаштирмоқда [2].

Қуёш фотоэлектрстанциялардан ишлаб чиқарилган электр энергияга бўлган талабнинг ошиши билан, қуёш панелларинг республикамизнинг мавсумий иқлим шароитларида улардан фойдаланиш ва уларни ишлаш жараёнида турли хил муаммолар ва камчиликлар келиб чиқади. Экспериментал тадқиқотлар шуни кўрсатдики[3], қуёш панеллариининг реал иқлим шароитларида самарадорлигини пасайиши ташқи ва ички таъсир қилувчи омилларга боғлиқ [4]. Қуёш панелларининг чиқиш характеристикаларига таъсир этувчи омилларни аниқлаш ва ўрганиш бугунги кунда энг долзарб муаммолардан биридир.

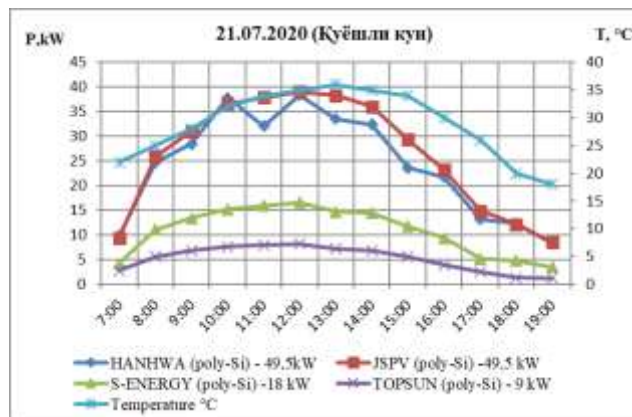
Ушбу мақолада Ўзбекистон Республикасининг мавсумий иқлим шароитларида қуёш панелларига ишлаш жараёнида таъсир қилувчи ташқи ва ички омиллар, ҳамда қуёш панелларинг деградацияси ва юзага келадиган нуқсонлар келтирилган.

Тадқиқот объекти 2015 йилда Наманган вилояти Поп туманида синов эксперименти учун қурилган, қуввати 130 кВт бўлган қуёш фотоэлектрстанциядир. Станцияда ўрнатилган барча поликристал қуёш панеллари Корея Республикасининг HANHWA, JSPV, S-ENERGY ва TOPSUN ишлаб чиқарувчи компанияларига тегишли. Қуёш фотоэлектрстанцияси электр тармоғига параллел уланган. Ҳар бир компаниянинг қуёш панеллари алоҳида инверторлар ва электр ҳисоблагичлар билан жиҳозланган.

Тадқиқот усули. Қуёш фотоэлектрстанциясида ишлаб чиқарилган электр энергиясини ҳисобга олиш учун трансформаторга уланиш нуқтасида DTS-541U 530230-сонли электрон ҳисоблагич ўрнатилган. Бу ҳисоблагич ёрдамида ишлаб чиқарилган электр энергиясини актив ва реактив қувватлари соатлик, кунлик, ойлик ва йиллик кесимларда қайд қилинади. Инверторлар орқали ҳар бир компания қуёш панелларининг ишлаб чиқарган кучланиши, қуввати ва ток ҳажми қайд қилиб борилади. Тўпланган маълумотлар Microsoft Excel ва бошқа дастурлар асосида таҳлил қилинади.

Тадқиқот натижалари. Илмий изланишлар шуни кўрсатдики, 2015-2020 йилларда қуёш фотоэлектрстанцияси томонидан электр тармоғига 830739 кВт·соат электр энергияси етказиб берилган. Ишлаб чиқарилган электр энергияни йиллар бўйича ўзгариши, 2015 йилда 141556 кВт·соат, орадан беш йил ўтиб, 2020 йилда эса 133871 кВт·соат электр энергияси ишлаб чиқарилган. Ушбу келтирилган сонлардан аниқланадики, қуёш фотоэлектрстанциясининг ишлаб чиқариш самарадорлиги 9,4% га камайган. Бундан ташқари, илмий тадқиқотлардан маълумки [5], қуёш панелларини ҳар хил иқлим шароитларида эксплуатация жараёнида, уларга ташқи ва ички омиллар таъсири аниқланган. Қуёш фотоэлектрстанция ўз эҳтиёжи учун тахминан, мавсумий ўзгаришларга қараб, ишлаб чиқарилган умумий электр энергиядан 5-10%ни сарф қилган.

Қуёш панелларини мавсумий иқлим шароитларида техник характеристикаларини ўзгариши ва самарадорлигини пасайишини аниқлаш мақсадида, 2020 йил 21 июль бир кунлик ишлаб чиқарилган қувватни температурага боғлиқлиги, ҳар бир компания панеллари бўйича олинди. Қуёш панелларининг қувватини температурага боғлиқлик ўзгариши динамикаси 1-расмда келтирилган. 1-расмдан кўринадики, HANHWA, JSPV, S-ENERGY ва TOPSUN компаниялари қуёш панелларининг электр энергия ишлаб чиқариш вақти эрталаб соат 7:00 дан то 19:00 гача давом қилган. Ушбу JSPV, S-ENERGY ва TOPSUN компаниялари қуёш панелларининг қувватини температурага боғлиқлик ўзгариши динамикаси бир текис, ҳеч қандай ўзгаришсиз давом қилган, бироқ HANHWA компанияси қуёш панеллари қувватини ўзгариш динамикасини нотекислиги кузатилади.



1-расмдан HANHWA компанияси қуёш панеллари қувватини, JSPV, S-ENERGY ва TOPSUN компаниялари қуёш панеллари қувватига қараганда нотекис пасайиб кетишини кузатиш мумкин. 1-расмда 4 та компания қуёш панелларининг фотоэлектрстанцияда ўрнатилган қувватларини қийматлари ҳам келтирилган. Қуёш фотоэлектрстанция панелларини устки қисмини диққат билан кузатилганда, HANHWA компанияси қуёш панеллари 5-6 панелларда, устки қатламнинг туси ўзгарганлиги ва нуқсонлар (пуфакчалар) пайдо бўлгани аниқланди.

Шундай қилиб, HANHWA компанияси қуёш панеллари температурасини ҳавонинг иссиқ ва қуриқ кунларида ошиб кетиши натижасида, EVA пленкасида ҳаво пуфакчалари пайдо бўлганини кузатиш мумкин, бу эса қуёш панелига тушаётган қуёш нурларини тўлиқ тушишига тўсқинлик қилади. Қуёш панелларини устки қатламнинг туси ўзгариши эса ички омилларга боғлиқлиги аниқланди. Ушбу ҳолатлар HANHWA компанияси қуёш панелларида деградация жараёнларини бошланганлигидан далолат беради.

Адабиётлар

1. Solar Power Europe, 2021, www.renen.ru
2. Энергетика вазирлиги сайти, www.minenergy.uz
3. Odamov U.O., Komilov M.M. "Evaluation of solar panels quality and research of degradation processes in the climate conditions of Uzbekistan" // Sciences of Europe. 2019. Vol. 1. № 43(43). PP. 62-66.
4. Одамов У.О., Камиллов М.М. Оценка деградации фотоэлектрических модулей на основе кристаллического кремния после нескольких лет эксплуатации в реальных условиях // Международной конференции «ЭНЕРГО- И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ: НОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, ТЕХНОЛОГИИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ» Карши 24-25 сентября 2021 г.
5. Odamov U.O., Kamilov M.M., Niyazov Sh.K., Kihyun Song "Research of the efficiency of the solar battery operations in real exploitation conditions" // SCIENTIFIC REPORTS OF BUKHARA STATE UNIVERSITY // №4, 2021

ҚУЁШ МОДУЛЛАРИНИ ҚЎЛЛАНИЛИШИ ВА ИҚТИСОДИЙ АСОСЛАНИШИ*Ж.И.Қаҳҳоров, М.С.Мирзаалимова*

Андижон давлат университети

Ҳозирги вақтда электр энергиясини тежашнинг самарали усулларида бир бу – қуёш ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантириш ҳисобланади. Қуёш ёруғлик энергиясини электр энергияга айланиши учун кремний асосли фотоэлементлардан фойдаланилади. Фотоэлементларни ишлаб чиқишда 85% кремний асосли, қолган 15% бошқа материаллардан тайёрланади. Бизнинг Ўзбекистон шароитида кремний асосли қуёш элементларини тан нархи бир оз қиммат. Бунга сабаб кремний моддасини ишлаб чиқиш йўлга қўйилмаганидир. Шундан келиб чиққан ҳолда, ўрнатилган қуёш электр станцияларини тан нархи ҳам хўжалик учун юқори ҳисобланади. Бу ҳолатни олдини олиш ва қуёш электр станцияларини фойдали иш коэффициентини ошириш учун ўрнатилган қуёш электр станциялари устида илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бундай қуёш электр станцияларини ўрнатишнинг мақбул жойи бу – таълим муассасалари. Таълим муассасаларига қуёш электр станцияларини ўрнатишнинг қулайлиги шундаки, бинонинг катталиги, қуёш ҳаракатига мос ҳолатда қурилганлиги, қуёш электр станциясига керакли қурилмаларни жойлаштириш қулай ҳисобланади. Таълим муассасалари жуда катта электр қувват сарфлайди. Шунинг учун таълим муассасаларига катта қувватли қуёш электр станциялари ўрнатиш тавсия этилади. Илмий изланишлар олиб бориш учун Андижон давлат университети маърузалар зали том қисмига соатига 3кВт қувватга эга бўлган иккита қуёш электр станцияси ўрнатилди.

Биринчи тур қуёш модули поликристал кремний асосли қуёш батареяларидан ташкил топган, максимал соатига 3 кВт қувватга эга, аккумулятор тизимида ишлайди.

Иккинчи тур қуёш модули монокристал кремний асосли қуёш батареяларидан ташкил топган, максимал 3кВт қувватга эга, тармоқ қуёш электр станцияси тизимида ишлайди.

Қуёш модулини ташкил қилган қуёш панелларини техник кўрсаткичларини қуйидаги жадвалда кўриш мумкин:

1-жадвал

Параметрлар номи	Параметрларни қийматлари
Қувват	250 Вт
Элементларнинг ўлчами ва сони	156x156 мм (60 та)
Ишчи кучланиши	31,02 В
ФИК	17,12 %
Яроқлилиқ муддати	25 йил
Қувватни камайиши (12 йил)	10 % ортиқ бўлмаган ҳолда
Қувватни камайиши (25 йил)	20 % ортиқ бўлмаган ҳолда
Ишлаш температураси оралиғи	-40 °С дан +85 °С гача
Қуёш панеллини ўлчами	1640x992 мм
Қуёш панелининг юзаси	1,62 м ²
Панелнинг массаси	18,6 кг

Биринчи тур қуёш модули поликристалл асосли қуёш панели, инвертер, бошқариш қурилмаси, аккумулятор ва улагич симларни ўз ичига олади. Бу тўпламнинг тан нархи 45.000.000 (қирқ беш миллион) сўмни ташкил қилади.



1-расм. Поликристал кремний асосли қуёш панелларидан ташкил топган қуёш модулининг таркибий қисмлари

Иккинчи тур қуёш модули монокристалл асосли қуёш панели, инвертер ва улагич симларни ўз ичига олади. Бу тўпلامнинг тан нархи 30.000.000 (ўттиз миллион) сўмни ташкил қилади.



2-расм. Монокристал кремний асосли қуёш панелларидан ташкил топган қуёш модулининг таркибий қисмлари

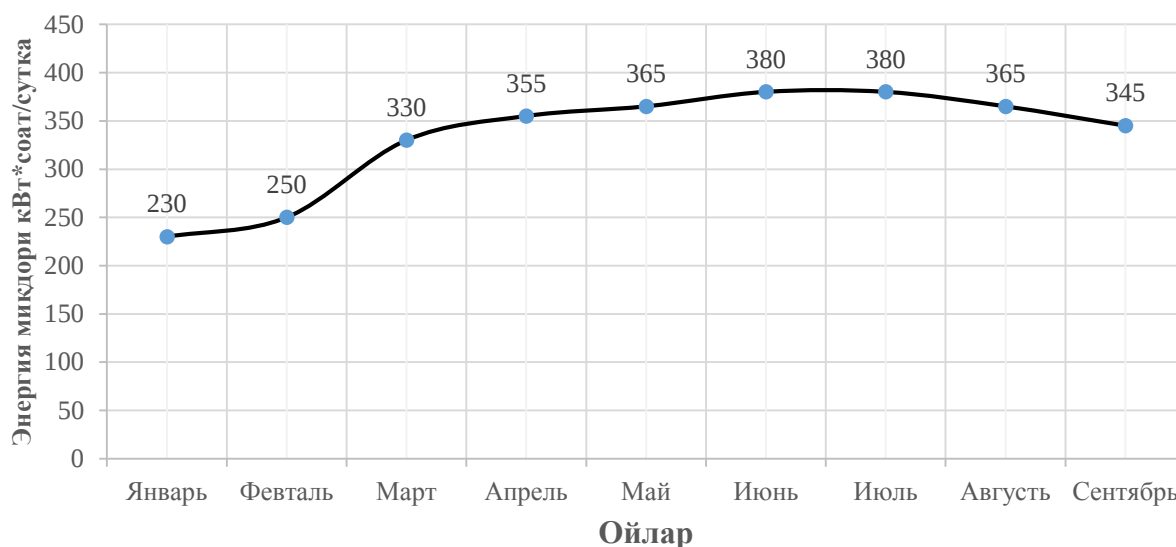
Бу қуёш модулини ҳаражатлар жадвали қуйидагича:

2-жадвал

Буюм номи	Миқдори (та)	Суммаси (минг сўм)	Умумий сумма (минг сўм)
Улагич симлар	4	500	2.000
Қуёш панеллари (100 Вт)	32	562,5	18.000
Тармоқ тизимида ишлайдиган Инвертер	1	10.000	10.000
Жами:			30.000

Тармоқ тизимида ишлайдиган қуёш модули кунлик ўртача ишлаб чиқариш қуввати 15 кВт га етади. Бу йиллик ўртача 5475 кВт энергия ишлаб чиқара олади.

Андижон вилоятининг иқлим шароитидан келиб чиққан ҳолда ҳисоб – китоблар амалга оширилди. Горизонтга нисбатан 38° бурчак остида ўрнатилган қуёш панеллари учун ойлар бўйича ишлаб чиқилган энг юқори қувват кўрсаткичлари графиги тузилди.



1-график. Ҳар бир ойда олинган энергия миқдори бўйича график.

Энергия йил давомида 8 соат ишлаётганда 350 Вт қувватга эга 17 та компьютер ёки 24 Вт қувватга эга 250 та ёритиш чироқларини (LED) ишлашига этарли энергия этказиб бера олади.

Бу олинган натижалар қуйидаги формула ёрдамида қуёш энергиясини ишлаб чиқарувчи станция ўзини-ўзи қанча муддатда қоплай олишини кўриш мумкин:

$$T = N_{\text{ум}} / (Q \cdot C_{\text{ўз}} \cdot 365)$$

бу ерда $N_{\text{ум}}$ – қуёш модулининг умумий тан нархи, Q – электр энергиясини истеъмол учун тариф режаси (юридик шахслар учун 1кВт электр энергия 450 сўм, жисмоний шахслар учун эса 295 сўм), $C_{\text{ўз}}$ – ўртача йиллик энергия ишлаб чиқариш.

- Биринчи тур қуёш модули учун $T = 45.000.000 / (450 \cdot 5475 \cdot 365) = 18,26 \text{ йил}$
- Иккинчи тур қуёш модули учун $T = 30.000.000 / (450 \cdot 5475 \cdot 365) = 12,17 \text{ йил}$

Ҳисоб – китоблар шуни кўрсатадики, агарда бу қуёш модуллининг ишлаш муддари 25 йил бўлса юқоридаги йиллардан кейинги муддатларда улар ўрнатилган муассасалага иқтисодий фойда олиб келади.

Адабиётлар

1. Ю.В. Телюк, М.С. Кононова, Технико-экономическое обоснование применения фотоэлектрических панелей для общеобразовательных учреждений. № 2 (17), 2021
2. Р.Алиев, Ж.И.Каххоров, А.А.Мирзаалимов, Н.А.Мирзаалимов, Б.Д.Рашидов. Разработка и внедрение фотоэлектрической станции с мощностью 3-6 квт с элементами “smart greed” в условиях ферганской долины. Scientifi Bulletin. Physical and Mathematical Research: Vol. 3 : Iss. 1 , Article 8. DOI: 621.383
3. Ж.И.Қахҳоров, А.А.Мирзаалимов. Қуёш панелларини фарғона водийсига ўрнатиш ва таҳлил қилиш. НамМҚИ, 24 апрель, 2021 йил, 255-258 бетлар.

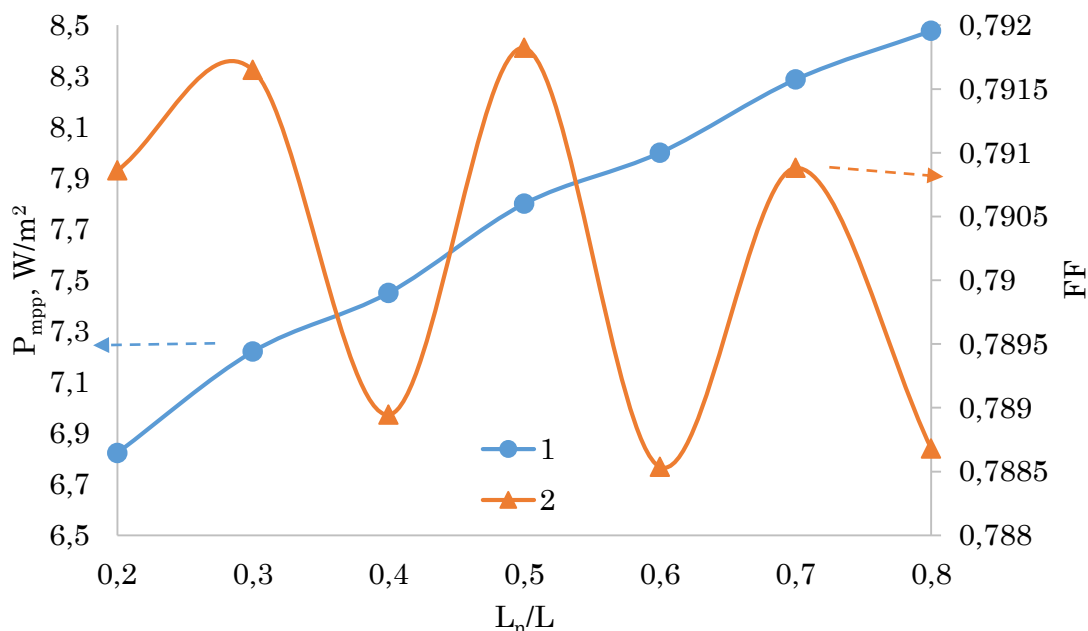
TURLI KONSTRUKSIYADAGI FAQAT ORQA KONTAKTLI KREMNIY ASOSLI QUYOSH ELEMENTLARINI MODELASHTIRISH

M.Abduvohidov, J.G'ulomov

Andijon davlat universiteti

Bugungi kunda quyosh elementlarini foydali ish ko'effitsienti oshirish uchun turli konstruksiyalar ishlab chiqilmoqda. Shokley Quessier nazariyasiga ko'ra kremniy asosli quyosh elementining foydali ish ko'effitsienti 29% dan oshmaydi. Lekin, sanoatda ishlab chiqarilayotgan kremniy asosli quyosh elementlarining foydali ish ko'effitsienti taqriban 21% ga teng. Quyosh elementlarini foydali ish ko'effitsientini maksimal qiymatga olib chiqish uchun uning optik, elektrik va termik xususiyatlarini yaxshilash kerak. Quyosh elementlarida yutulish ko'effitsientini oshirish uchun yuzasida optik qatlamlar hosil qilinadi va teksturalanadi. Quyosh elementlaridagi mavjud yana bir muammo bu uning yuzasida soya effektining hosil bo'lishidir. An'anaviy quyosh elementlari emmitrdan tokni olish uchun yuzasida to'r ko'rinishidagi kontaktlar hosil qilinadi. Shuning uchun, kontakt to'r hosil qilingan yuzada yorug'lik yutilmaydi, ya'ni ushbu soha soyalanadi. Bunda yuzaga tushayotgan yorug'likning 3% kontaktdan qaytib ketadi. Ushbu muammoni yechimi sifatida faqat orqa kontaktga ega quyosh elementlari loyihalashtirilgan.

Orqa kontaktli quyosh elementlari xaqida birinchi maqola 1975-yil R.J. Schwartz tomonidan chop etilgan. So'ngi 10 yil ichida orqa kontaktli quyosh elementlariga qiziqish ortmoqda va asta-sekin ishlab chiqarishga joriy qilinmoqda. Orqa kontaktli quyosh elementlari asosan 3 turga bo'linadi. Bular orqa o'tishli, emitter bilan qoplangan va metal bilan qoplangan[1].



Rasm 1. Faqat orqa kontaktli kremniy asosli quyosh elementining maksimal quvvati (1) va to'ldirish ko'effitsienti (2) ni n sohaning ulushiga bog'liqligi

Ushbu orqa kontaktli quyosh elementining yana bir afzalligi uning ikki tomonlama sezgirligidir. Ya'ni ushbu quyosh elementlarining orqa tarafi deyarli oldi tarafiga nisbatan 2

barobar kam tok hosil qiladi [2]. Bunga sabab, orqa tarafdagi metal kontaktlar orqa taraf yuzasining 50% ni qoplagan.

$$L=L_n+L_p \quad (1)$$

Ushbu ilmiy ishda quyosh elementining bazasi sifatida p tip kremniy tanlangan va uning orqa sohasida n tipli kremniydan tashkil topgan kichik sohalar hosil qilingan. Ushbu n soxa emitter vazifasini bajaradi. Formula 1 da umumiy ikkita kontaktning uzunligini hisoblash uchun ifoda keltirilgan. U quyosh elementining p soxasini orqa tarafdagi uzunligini n soxaning uzunligiga yig'indisiga teng. E'tiborli jihati quyosh elementining orqa tarafida o'lchimga qarab ko'plab kontaktlar bo'ladi. n va p soxaning quyosh elementining orqa tarafida egallagan sohasini umumiy 1 ulush desak, n soxa 0.5 bo'lsa p soxa ham 0.5 ulushga ega bo'ladi. Demak, n soxaning ulushi ortsa, p soxaning ulushi kamayadi. Rasm 1 da faqat orqa kontaktli kremniy asosli quyosh elementining maksimal quvvati va to'ldirish koeffitsientining n soxa ulushiga bog'liqligi tasvirlangan. Bunda n soxaning ulushi ortgan sari chiqish quvvati chiziqli ortgan, to'ldirish koeffitsienti esa to'liqsimon kamaygan. n soxaning ulushi 0.2 dan 0.8 gacha ortganda chiqish quvvati 1.67 W/m^2 ga ortgan. To'ldirish koeffitsientining maksimal qiymatlari n soxaning toq ulushlarida minimal qiymatlari esa, juft ulushlarida kuzatilgan. To'ldirish koeffitsienti bevosita quyosh elementining va kontaktlarning qarshiliklariga va yuza rekombinatsiyasiga kuchli bog'langan.

Adabiyotlar

1. Kerschaver, E. V., & Beaucarne, G. (2006). Back-contact solar cells: A review. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 14(2), 107-123.
2. Desa, M. M., Sapeai, S., Azhari, A. W., Sopian, K., Sulaiman, M. Y., Amin, N., & Zaidi, S. H. (2016). Silicon back contact solar cell configuration: A pathway towards higher efficiency. *Renewable and sustainable energy reviews*, 60, 1516-1532.

AYLANUVCHI 3D FORMATLI FOTOELEKTRIK ENERGETIK QURILMANING NAZARIY VA TEXNIK ASOSLARI

N.Mirzaalimov, J.Qahhorov, A.Mirzaalimov

Andijon davlat universiteti

Quyosh panellari atrof muhit bilan nurlanish orqali issiqlik energiyasi almashib turadi. Lekin quyosh panelinining atrof-muhitga issiqlik nurlanish energiyasiga qaraganda quyoshdan kelayotgan va quyosh paneli yuzasiga tushayotgan issiqlik energiyasi kattaroq shuning uchun quyosh panelining yuzasining temperaturasi atrof muhitnikiga qaraganda yuqoriroq bo'ladi [1]. Tajribada olingan natijalarga ko'ra quyosh panelining yuzasini temperaturasi atrof muhit temperaturasi qaraganda 63% ga balandroq qiymatgacha ko'tariladi. Masalan, atrof-muhit temperaturasi 35 °C bo'lsa, quyosh panelining yuzasining temperaturasi 57 °C gacha ko'tariladi [2]. Issiqlik uzatilishining yana bir usuli mavjud bu konveksion issiqlik uzatilishidir [3]. Agar quyosh paneli atrofidagi havo qatlamlari harakatga kelsa, u holda quyosh paneli yuzasidagi issiqlik energiyasini atrof muhitga uzatilishiga sabab bo'ladi. Bu esa quyosh paneli yuzasining harorati atrof muhitniki bilan kata farq qilmasligiga sabab bo'ladi. Albatta bu yerda savol tug'iladi, har doim ham shamol bo'lmaydiku? Buning yechimi oddiy, agar shamol mavjud bo'lmasa qurilmaning o'zini harakatga keltirsak, uning atrofidagi temperaturasi yuqori bo'lgan molekulalarni harakatga keltirib temperaturasi past bo'lgan molekulalar bilan almashishini ta'minlay olamiz. Bu esa majburiy konveksiyani yuzaga keltiradi. Bu jaraoyon davomiy bo'lgani uchun qurilma yuzasining harorati atrof muhit harorati bilan taxminan teng bo'ladi.

Nazariy tadqiqotlarimizga ko'ra, asosi ixtiyoriy sondagi burchaklarga ega muntazam ko'pburchakdan tashkil topgan kesik piramidadan yasalgan 3D formatli fotoelektrik energetik qurilmaning aylanish burchak tezligi va uning mexanik parametrlari orasidagi formula 1 dagi kabi bog'lanish topildi va u eksponensial ekanligi aniqlandi.

$$\omega = \frac{2M_t}{k(r_1^2 + r_2^2)} (1 - e^{-\frac{k(r_1^2 - r_2^2)}{2I}}) \quad (1)$$

Ushbu formuladan quydagicha xulasalar olishimiz mumkin. Qurilma harakatlanishning boshlang'ich vaqtlarida tezlanish bilan harakat qiladi, ma'lum vaqtdan keyin esa o'zgarmas tezlikka erishadi. Bunga sabab ishqalanish kuchi momenti bilan motorning qurilmaga beradiga kuch momenti tenglashib qolgani. Bu hodisa taxminan 1-2 sekundlar oralig'ida yuz beradi. Ushbu hodisa, qurilmaning inersiya momenti, havoning qarshilik kuchi va motorning quvvatiga bog'liq [4].

Bu yerda inersiya momenti quyidagicha aniqlanadi.

$$I_z = \frac{2m(a^2 - b^2)}{a^3 - b^3} \left(\frac{1 + \cos^2 a}{24} + \frac{h^2 \sin^2 a}{5(a-b)^2} \right) \quad (2)$$

$$\alpha = \arctg \left(\frac{2h}{\sqrt{3}(a-b)} \right) \quad (3)$$

Yuqoridagi hosil qilingan nazariyaga ko'ra C#9.0 dasturlash tilida "STVertical" nomli dastur tuzildi. Dasturda yuqoridagi (1) formuladagi differensial tenglama sonli metod orqali yechildi. Hamda qurilmani tuzilishi va uni ishlashi haqida to'liqroq tushincha hosil bo'lishi uchun 3D modeli ishlab chiqildi. Grafik 1 da ushbu dasturda olingan burchak tezlikning vaqtga bog'liqligi tasvirlangan. Biz tanlagan qiymatlarda burchak tezlik 2 sekunda 0 rad/s dan 8 rad/s gacha eksponensial ortgan.

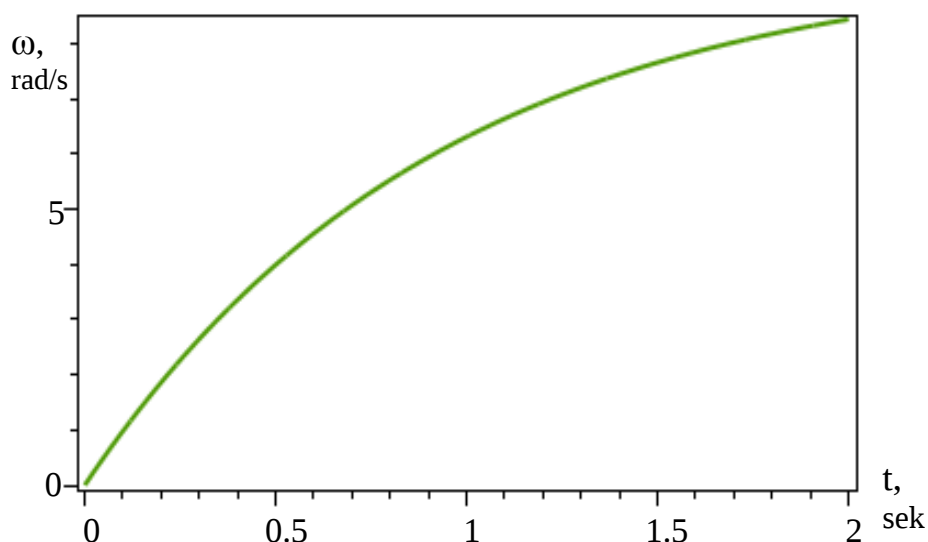


График 1. Фотоэлектрик қурилманинг ҳаракатни бoshлаганидан 2 секунд davomida бurchak tezligini o'zgarishi.

Nazariyani umumlashtirgan holda, ixtiyoriy бurchak tezlik bilan aylanayotgan қурилманинг yuzasini temperaturasini aniqlandi. График 2 da atrof muhit temperaturasi 20 °C bo'lgan holat uchun қурилманинг yuzasini temperaturasini uning бurchak tezligiga bog'liqligi tasvirlangan.

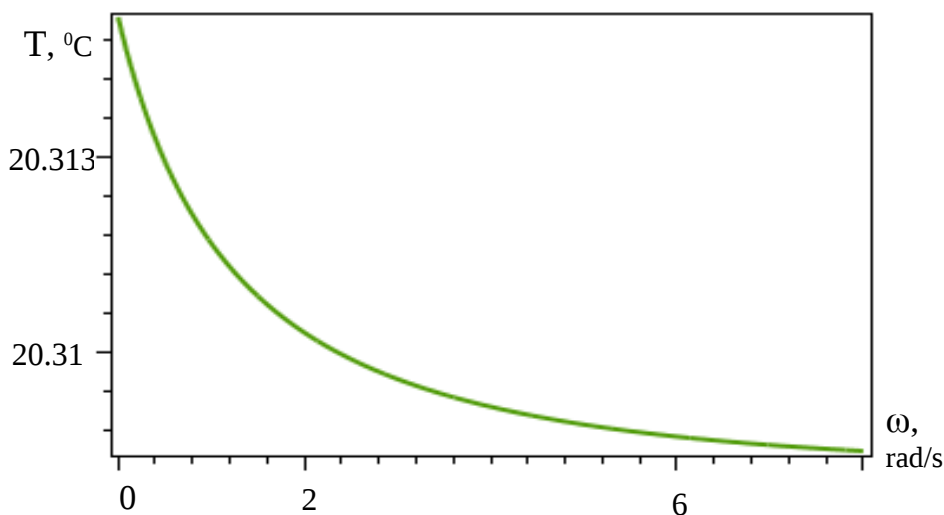


График 2. Фотоэлектрик қурилманинг yuzasini haroratini aylanish tezligiga bog'liqligi.

Bilamizki, havoning qarshilik kuchi mavjudligi tufayli, biz taklif qilayotgan қурилма 2 секунд ichida uning бurchak tezligi eksponensial ortadi (График 1). Keyin esa, қурилма bir xil tezlikda aylana boshlaydi. Bunga sabab havoning qarshilik kuchi momenti bilan motorning қурилмага berayotgan kuch momenti tenglashadi.

Қурилmani bo'yi, ustki va pastki asoslari radiuslarini o'zgartirib қурилманинг texnik jihatdan yaxshi variantini ishlab chiqa olamiz. Qattiq jismlar dinamikasidan ma'lumki, piramidaning bo'yi, ustki va pastki radiusi o'zgarsa uning inersiyasi o'zgarishiga sabab bo'ladi. Inersiya ning o'zgarishi esa o'z navbatida қурилманинг aylanish tezligini o'zgarishiga sabab bo'ladi. Demak quyosh elementlarining yuzasini harorati ham o'zgaradi.

Barcha ishlab chiqilgan nazariyalar asosidagi dasturni O'zbekiston Respublikasining Intelektual mulk agentligi tomonidan DGUNo09198 nomeri bilan "STVvertical" nomi bilan 24.09.2020 yil ro'yxatga olingan. Ushbu dasturning imkoniyatlari keng va olingan natijalarni qayta ishlash hamda tajribada olingan natijalar bilan solishtirish imkoniyati yaratilgan.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlarga eʼtibor beradigan boʻlsak, barchasi quyosh panellarini yuzasini shamol tufayli haroratini oʻzgarishi oʻzrganilgan. Tasavvur qilaylik shamol mavjud emas, lekin qurilmani oʻzini harakatga keltirishimiz mumkin-ku. SHuning uchun ham biz qurilmani aylantirishga qaror qildik. Uni yuqorida texnik va nazariy jihatdan yechim topgani xarakat qildik. Olingan natijalar koʻrsatadiki, qurilmaning burchak tezligi 8 rad/s boʻlganda uning yuzasining temperaturasi qisman oʻzgarmaydi. Yuqoridagi nazariy yechimlar shuni koʻrsatadiki, qurilmaning yuzasini harorati vaqt oʻtishi bilan ortmaydi.

Adabiyotlar

1. M. Koehl, M. Heck, D. Philipp, K.-A. Weiss, C. Ferrara, W. Herrmann, Indoor and outdoor weathering of PV-modules, in: Proceedings of the SPIE Conference 7048, San Diego, 2008.
2. E. Skoplaki, J.A. Palyvos, operating temperature of photovoltaic modules: a survey of pertinent correlations, *Renew. Energy* 34 (2009) 23–29.
3. S.W. Churchill, a comprehensive correlating equation for laminar, assisting, forced and free convection. *Journal of American Institute of Chemical Engineers* 23 (1) (1976) 10-16.
4. Gulomov, J., Aliev, R., Abduvoxidov, M., Mirzaalimov, A., Mirzaalimov, N., & Rashidov, B. (2020). Mathematical model of a rotary 3D format photo electric energy device. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 8(2), 164-172.

YUQORI SAMARADOR “MAXEON GEN III” YANGI AVLOD QUYOSH ELEMENTLARINING AFZALLIKLARI

N.Mirzaalimov, A.Mirzaalimov, S.Jo'rayeva, D.Xonbutayeva

Andijon davlat universiteti

Insoniyat hayoti davomida tabiat tomonidan minglab yillarda to'plangan energiyadan foydalanib kelinmoqda. Bunda ushbu energiyadan foydalanish usullari, undan maksimal samaradarlik olish maqsadida doimo takomillashib bormoqda. Energetika insoniyat hayotida muhim rol o'ynaydi. Inson faoliyatining barcha turlari energiya sarfi bilan chambarchas bog'liqdir.

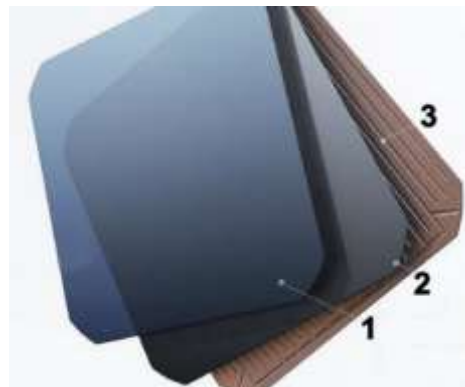
Qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish salmog'ini oshirish va yangi konstruksiyadagi quyosh elementlarini ishlab chiqish muhim ishlardan biridir.

Bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalari turlaridan biri bo'lgan quyosh elementlarini optimallashtirish, foydali ish koeffitsientini oshirish va ishlab chiqarish texnologiyalari orqali uning tan narxini tushirish hozirgi kun dolzarb muammolaridan biri sanaladi. Bu muammolarni yechish maqsadida dunyodagi olimlar ham nazariy ham amaliy ilmiy izlanishlar olib borishi natijasida hozirgi kunda quyosh elementlarining ko'plab turlarini ishlab chiqarilishiga erishildi.

An'anaviy quyosh panellari korroziyaga uchrashi va sinishi tufayli vaqt o'tishi bilan samarasi pasayishiga va o'z kuchini yo'qolishiga olib keladi. Quyosh elektr stansiyalarda o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, an'anaviy quyosh panellarining buzilish sabablari, yillar davomida massivning 41% i ularining qizarishi, yorilishi va panellarning orqa tomonida nuqsonlar hosil bo'lishi bilan bog'liq. [1]

Bu muammolarni yechimini SunPower korporatsiyasi tomonidan ishlab chiqilgan yangi avlod “MAXEON” quyosh elementlari yangicha dizayn va konstruksiyaga ega. Egiluvchanlik hususiyati elementning tashqi kuch ta'sirida sinishi, yorilishini SunPower Maxeon elementlari orqadagi kontaktli o'tkazuvchanlikdan foydalanadi, ular metallning ko'zga ko'rinmas tarmoqlarini yo'qligi quyosh nurlarini ko'proq qabul qilishga imkon beradi. [2]

Mexanik va geometrik afzalliklaridan tashqari ushbu “Maxeon” va monokristall kremniy asosli an'anaviy quyosh elmeentining ustida olib borilgan tadqiqotlarimizda yangi qiziqarli natijalar aniqlandi. An'anaviy quyosh elmenetining faqat yuzasigina yorug'likka sezgir va uning yuzasida kontaktlari mavjud bo'lgani uchun soyalanish effekti kuzatiladi. Maxeon quyosh elementida esa oldi yuzada hech qanday kontakt mavjud emas, shuning uchun butun yzuaga tushayotgan yorug'lik soya effektiga duch bo'lmasdan yutiladi.



1-rasm. Maxeon quyosh elementining tuzilishi. 1-sof kremniy, 2- yorug'likni ushlab turadigan, ko'proq quvvatni tortadigan noyob sirt qoplamasi, 3- qattiq mis asosli taglik.

1-jadval. Monokristal asosidagi fotoelement va MAXION turlarining ba'zi xususiyatlari bo'yicha taqqoslama jadvali

SunPower Maxeon quyosh elementi	Quyosh elementlarining rasmlari	An'anaviy quyosh elementi
Element ustida panjara chiziqlari yo'q. Quyosh nurini ko'proq yutadi va ajoyib ko'rinish beradi		Element oldida metal kontakt chiziqlari bor. Quvvat chiqishi pasayadi, ingichka metal kontakt nurni aks ettiradi va korroziyaga uchraydi
Qattiq mis asosli Bizning qalin mis asos katta kuch qo'shadi va korroziyani deyarli o'tkazmaydigan bo'ladi		Elementning orqasida ko'proq metall pastasi mavjud. Bu esa hech qanday kuch bermaydi. Harorat o'zgarganda element yorilib, parchalanishi va kuchini yo'qotishi mumkin
Qalin ulagichlar. Kundalik harorat o'zgarishi bilan kengayish va qisqarish bizning o'rnatilgan kuchlanish pasayishi bilan muammo emas.		Yupqa, kuchsiz bog'lanishlar. Bu tor bog'lanish chiziqlari ya'ni bog'lovchi kontaktlar, birorta kontakt uzilish natijasida bog'lanishni yo'qotish hisobiga elementlarni yaroqsiz holatga olib kelishi mumkin [3].

Ularning orqa tarafini solishtirsak, an'anaviy quyosh elementining orqa yuzasi to'la metal bilan qoplangani uchun yorug'likka sezgir emas, maxeon esa metal to'r bilan qoplangani uchun orqa yuza yorug'likka sezgir ya'ni unga yorug'lik tushurilganda oldi yuzaga nisbatan 2 barobar kamroq tok ishlab chiqaradi. Bunga asosiy sabab, uning orqa yuzasidagi metal kontaktlarning 50% soya effekti mavjudligidir.

Quyosh elementlarida uchraydigan muammolarni yangi dizayn va konstruksiyaga ega Maxeon quyosh elementi orqali deyarli bartaraf etildi. An'anaviy quyosh batareyalari korroziya va sinishi tufayli vaqt o'tishi bilan o'z kuchini yo'qotadi. Ammo SunPower quyosh elementlarining noyob dizayni an'anaviy quyosh elementlar ishlaymay qolishining 85% muammoli sabablarini bartaraf qiladi. Shunday qilib, quyosh tizimi bilan o'nlab yillar davomida ajoyib ishlashi va elementlarni tashqi omillarga chidamli yangi elementlar orqali mablag' tejatlashiga erishiladi.

Adabiyotlar

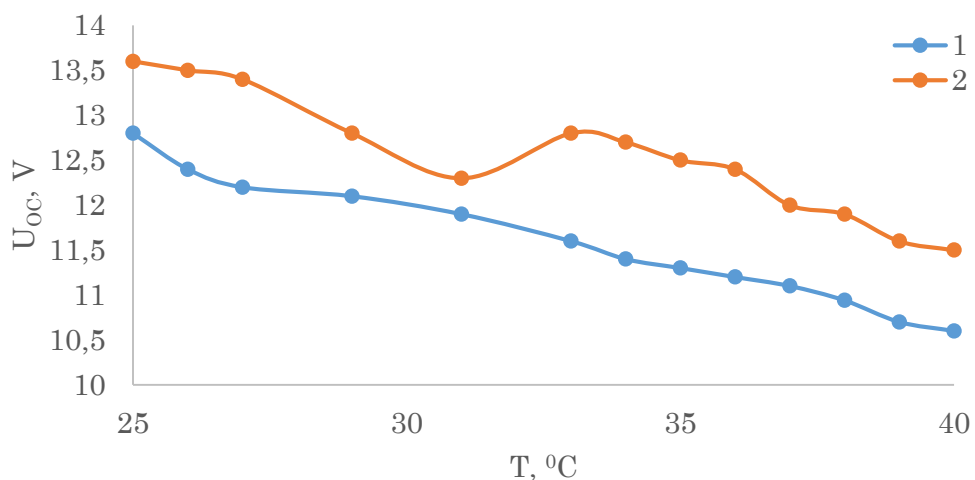
1. D. D. Smith et al., "SunPower's Maxeon Gen III solar cell: High efficiency and energy yield," 2013 IEEE 39th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 2013, pp. 0908-0913, doi: 10.1109/PVSC.2013.6744291.
2. <https://sunpower.maxeon.com/int/solar-panel-products/sunpower-maxeon-solar-panels>
3. <https://us.sunpower.com/why-sunpower/maxeon-solar-cells>

VERTIKAL O'TISHLI QUYOSH ELEMENTINING SALT ISHLASH KUCHLANISHIGA YORUG'LIK INTENSIVLIGI VA TEMPERATURANING TA'SIRI

A.Mirzaalimov

Andijon davlat universiteti

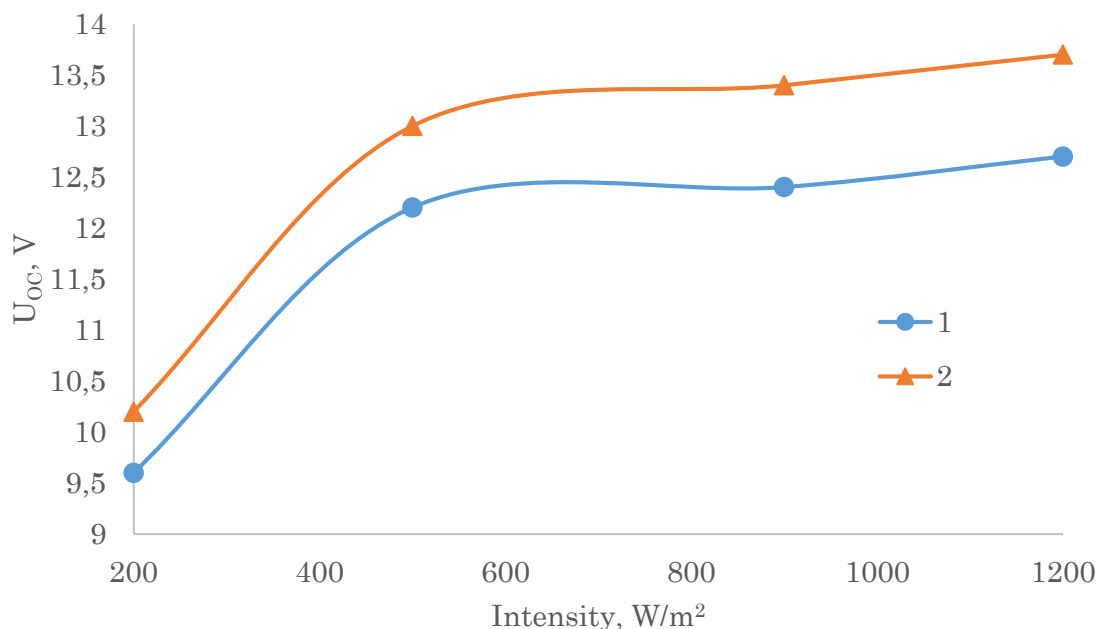
Energiyaga bo'lgan ehtiyojni ortishi bilan bir vaqtda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish hajmi ham ortmoqda. Chunki, qayta tiklanuvchi energiya manbalari bugungi kundagi energiya taqchiligini atrof-muhitga zarar yetkazmasdan bertaraf etishning eng maqbul yechimidir. International energy agency ning ma'lumotiga ko'ra 2021-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalari hajmi 276 GW ga yetgan. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida quyosh energiyasidan issiqlik va elektr energiyasi olishda keng foydalanilmoqda. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirish uchun asosan quyosh elementlaridan foydalaniladi. Sanoatda ishlab chiqarilayotgan quyosh elementlarining 85% qismini kremniy asosli quyosh elementlari tashkil qiladi. Shuning uchun ushbu ilmiy ishda tadqiqot obyekti sifatida kremniy asosli quyosh elementi tanlandi. Nazariy hisoblarga ko'ra kremniy asosli quyosh elementining maksimal foydali ish koeffitsienti 29% dan ortmaydi. Kremniy asosli quyosh elementining foydali ish koeffitsientini oshirish va tannarxini tushurish uchun ilmiy ishlar olib borilmoqda. Masalan, kremniy asosli quyosh elementini yuza rekombinatsiyasini kamaytirish va optik xususiyatlarini yaxshilash uchun uning yuzasi qalinligi 75 nm bo'lgan SiN_x yoki 100 nm bo'lgan SiO_2 bilan qoplanadi. Bundan tashqari, kremniy asosli quyosh elementiga metal nanozarrachalar kiritilganda foydali ish koeffitsientini ortishi aniqlangan. Ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining miqdorini oshirish uchun ikki tomonlama sezgir kremniy asosli quyosh elementlari loyihalashtirilgan. Tajribda, ikki tomonlama sezgir kremniy asosli quyosh elementining oldi tarafining foydali ish koeffitsienti 19.4% va orqa tarafi 16.5% ligi aniqlangan, 18.4% va 18.1% ega bo'lgan ikki tomonlama sezgir quyosh elementlari ham eksperimentda yasalgan [1].



Rasm 1. Bir va ikki tomonlama yoritilgan kremniy vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi.

Ushbu ilmiy ishda kremniy asosli vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishiga temperaturaning ta'siri o'rganildi. Rasm 1 da bir (1) va ikki (2) tomonlama yoritilgan holatlar uchun vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi tasvirlangan. Ikki tomoni yoritilganda temperaturaning 27-31 °C

oralig'ida keskin kamayishi va 31-33 °C oraliqda ortishi kuzatildi. Bir tomonlama yoritilganda esa salt ishlash kuchlanishi deyarli chiziqli kamaydi. Temperatura 25 °C dan 40 °C gacha ortganda ikki tomonlama yoritilgan holatda salt ishlash kuchlanishi 15.4% ga, bir tomonlama yoritilganda esa 17.2 % ga kamaydi.



Rasm 2. Bir va ikki tomonlama yoritilgan kremniy vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini temperaturaga bog'liqligi.

Kremiy asosli quyosh elementining qisqa tutashuv tokinig yorug'lik intensivligiga bog'liqligi chiziqli bog'langan. Lekin salt ishlash kuchlanishining bog'lanishi nochiqlikdir. Shuning uchun ham, salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi o'rganildi. Rasm 2 da bir va ikki tomonlama yoritilgan holatlar uchun vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqligi tasvirlangan. Ikkala holatda ham salt ishlash kuchlanishining yorug'lik intensivligiga bog'liqlik egri chizig'ining sifati bir xil. Ya'ni, intensivlikning 200-500 W/m² oraliq'ida keskin ortadi va 500-1200 W/m² oraliqda salt ishlash kuchlanishi 0.7V ga o'zgargan.

Demak vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishini yorug'lik intensivligiga bog'liqlik sifatiga bir yoki ikki taraflama yoritilish ta'sir etmaydi. Ammo temperaturaga bog'liqlik sifatiga ta'sir ko'rsatadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. A.Mirzaalimov, R.Aliev, N.Mirzaalimov, J.Gulomov. Simulation photoelectric parameters of vertical junction solar cells. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 10(2). Doi: 10.30534/ijatece/2021/131022021

5-ШҶЪБА.

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНАДИГАН ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ МУТАХАССИСЛАРИНИ ТАЙЁРЛАШНИНГ ЎҚУВ-ТАШКИЛИЙ ВА МЕТОДОЛОГИК МАСАЛАЛАРИ

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ MOBILE BASIC

М.З.Насиров, В.А.Абдуазимов, С.Д.Матбабоева

Андижанский государственный университет

Как известно, колебательные процессы широко распространены в природе и технике. Качание маятника часов, волны на воде, переменный электрический ток, свет, звук являются примерами колебаний различных физических величин. При движении маятника колеблется координата его центра тяжести. В случае переменного тока колеблются напряжение и ток в цепи. Эти два процесса качественно совершенно различны по своей физической природе. Однако количественные закономерности этих процессов имеют между собой очень много общего [3].

В последнее время в процесс обучения физике все более активно входит компьютер. Он ни в какой мере не заменяет традиционные средства обучения, а дополняет их и вместе с ними образует систему средств обучения, ориентированную на использование новых информационных технологий, применение которых создает условия обучения физике в учебно-информационной среде [1, 2].

С появлением компьютеров появилась возможность исследования объектов и явлений на основе компьютерных моделей. В последнее время компьютерное моделирование физических явлений находит все большее применение в науке и процессе обучения физике. Главным в компьютерном моделировании является определение целей моделирования. Модель нужна для того, чтобы понять, как устроен конкретный объект, какова его структура, основные свойства, законы развития и взаимодействия с окружающим миром, научиться управлять объектом (процессом) и определить наилучшие способы управления при заданных целях и критериях, прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации заданных способов и форм воздействия на объект и т.д. [4-6].

Так как у всех студентов имеются сотовые телефоны, в данной работе рассматривается возможность моделирования колебательных процессов на основе Mobile Basic, т.е. создана программа для android телефонов, которая позволяет наблюдать гармоническое и затухающее колебания маятника, фазовые портреты и графики гармонической, затухающей и вынужденной колебаний, фигуры Лиссажу, а также выполнять расчеты как виртуальная лаборатория.

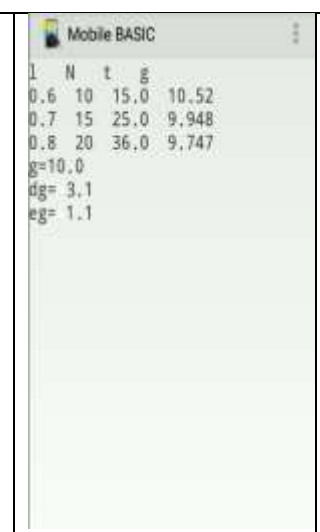
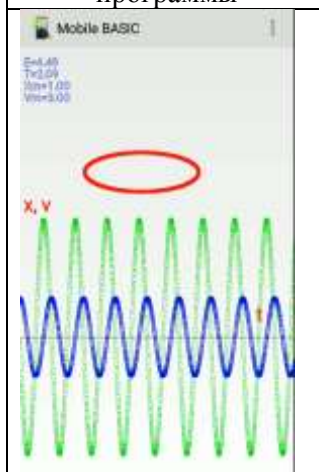
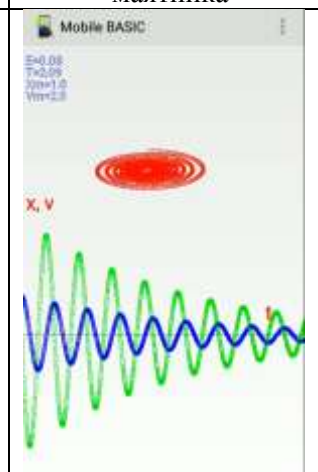
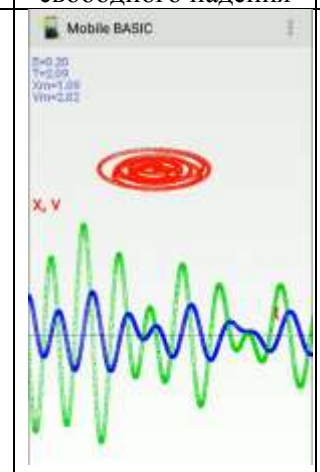
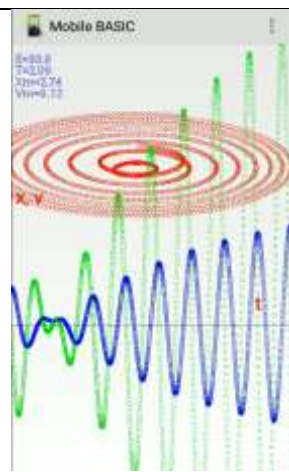
При запуске программы экран телефона принимает вид рисунка 1. Для выбора имеются 7 позиций. Если выбираем “Mayatnik”, то анимационно демонстрируется гармоническое колебание, если “Mayatnik-S”, то затухающее колебание математического маятника (рис.2). При выборе видов колебательных уравнений “ $x'' + \omega^2 x = 0$ ”, “ $x'' + \omega^2 x - g v = 0$ ” и “ $x'' + \omega^2 x - g v = f(t)$ ”, демонстрируются фазовые портреты и графики решений соответствующих уравнений (рис. 5-7). При этом сразу вычисляются полная энергия, период колебаний, амплитуда смещения и скорости. При выборе вынужденных колебаний, можно ввести частоту внешней силы. Если частоты внешней и собственной колебаний совпадают, то происходит резонанс, т.е. амплитуда возрастает (рис. 8). При выборе “Lissaju” демонстрируются фигуры Лиссажу в зависимости от

амплитуд и частот слагаемых колебаний (рис.4). Амплитуда и частота первого колебания соответственно равны $A_1=200$, $\omega_1=3$, а амплитуда и частота второго колебания соответственно изменяются в интервалах $A_2=50-300$, $\omega_2=1.5-6$. Фаза между ними изменяется в интервале $0-2\pi$.

Как известно, в обычной лабораторной работе, для определения ускорение свободного падения по формуле

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow g = \frac{4\pi^2 l}{T^2} = \frac{4\pi^2 l N^2}{t^2}$$

измеряются (как минимум в три раза) длина маятника (l), число (N) и время (t) колебаний. При выборе “Labaratoriya”, можно вводить значения этих величин (естественно измеренные) и вычислить значение ускорения свободного падения. Например, выбирая “Labaratoriya”, вводим “ $l_1=0.6$, $N_1=10$, $t_1=15$; $l_2=0.7$, $N_2=15$, $t_2=25$; $l_3=0.8$, $N_3=20$, $t_3=36$ ” и получим $g=10.0$ м/с², $\Delta g=3.1$, $\varepsilon_g=1.1\%$ (рис.3).

		 <table border="1"> <thead> <tr> <th>l</th> <th>N</th> <th>t</th> <th>g</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.6</td> <td>10</td> <td>15.0</td> <td>10.52</td> </tr> <tr> <td>0.7</td> <td>15</td> <td>25.0</td> <td>9.948</td> </tr> <tr> <td>0.8</td> <td>20</td> <td>36.0</td> <td>9.747</td> </tr> </tbody> </table> g=10.0 dg= 3.1 eg= 1.1	l	N	t	g	0.6	10	15.0	10.52	0.7	15	25.0	9.948	0.8	20	36.0	9.747	
l	N	t	g																
0.6	10	15.0	10.52																
0.7	15	25.0	9.948																
0.8	20	36.0	9.747																
Рис. 1. Основной вид программы	Рис. 2. Колебание математического маятника	Рис. 3. Вычисление ускорения свободного падения	Рис. 4. Фигуры Лиссажу																
																			
Рис. 5. Гармоническое колебание	Рис. 6. Затухающее колебание	Рис. 7. Вынужденное колебание	Рис. 8. Явление резонанс																

Особая сторона программы состоит в том, что пользователь за короткое время может самостоятельно запускать программу, выполнять, наблюдать, сравнить и сделать выводы. Данной программой можно пользоваться при самостоятельном изучении и при

преподавании физики. Составление и применение при преподавании подобных программ способствует повышению интереса к физике и глубокому пониманию физических понятий и закономерностей.

Таким образом, за счет применения компьютеров и телефонов, позволяющих моделировать и наблюдать многие явления, значительно расширяются возможности традиционного физического практикума.

Литература

1. Harvey Gould, Jan Tobochnik, Wolfgang Christian. “An introduction to computer simulation methods. Applications to Physical Systems”. Pearson Education/inc/ publishing as Addison Wesley, 2007.
2. Р.В.Майер Компьютерное моделирование физических явлений. Глазов, 2009, 112 с.
3. М.Насиров, Н.Юлдашева, С.Матбабаева Моделирование физических процессов на основе Mobile Basic//Universum: Технические науки, 2020, № 11(80), с. 32-35.

ҚАЙТА ТИКЛАНУВЧИ ЭНЕРГИЯ МАНБАЪЛАРИДАН ФОЙДАЛАНИШНИ ТАЪЛИМ ТИЗИМИДА ҚЎЛЛАШ ЗАРУРЛИГИ

М.Ф.Рахматуллаева

Тошкент ахборот технологиялари университети

Ҳаммага маълумки, инсоният турмуш тарзини ҳамда фан ва техниканинг, ишлаб чиқаришнинг мавжуд бутун соҳаларининг ривожланишини энергетикасиз, яъни энергия манбаларисиз тасаввур этиб бўлмайди. Чунки охириги йиллар ичида муқобил энергия манбаларидан фойдаланишга катта аҳамият берилмоқда ҳамда бу борада жуда кўп изланишлар олиб борилмоқда ва катта ютуқларга эришиляпти.

Хозирги кунда муқобил энергия мавзусида бутун Жаҳон бўйлаб бир қанча илмий изланишлар, ихтиролар олиб бориляпти. Ўзбекистон Республикасида энергетика илм-фанининг асосий объектлари: “Физика-Қуёш ИИБ” ва “Улкан қуёш ўчоғи” жойлашган. Бундай иншоотлар ноеб хисобланади: бири Францияда иккинчиси эса Ўзбекистонда. Бирлашма олимларининг кашфиёт ва ютуқлари тақсинга сазовор. Бундай изланишларни талабаларга ва ёш педагогларга намуна сифатида хорижий тажрибаларни эътиборга олган ҳолда келгусида профессор ва ўқитувчиларнинг малака ошириш жараёнида физика фани таълимида фойдаланиш мумкин. Бу йўналишга республикамиз президентининг охириги йилларда чиқарган қарорлари ва фармонлари ушбу йўналишнинг долзарблигини кўрсатади. Буларга мисол тариқасида:

- 2017 йил 26 майда қайта тикланадиган энергетикани ривожлантириш ҳамда иқтисодиёт ва ижтимоий соҳада энергия самарадорлигини ошириш тўғрисида хужжат,
- 2017 йил 13 ноябрда президентнинг “Энергия ресурсларидан оқилона фойдаланишни таъминлашга доир чора-тадбирлар тўғрисида”ги Қарори,
- 2018 йил 1 январдан бошлаб барча биноларни иссиқ сув билан таъминлаш мақсадида қуёш сув иситиш қурилмалари билан жиҳозлаш тўғрисида хужжат ва
- 2018 йил 18 майда Ўзбекистон ва Халқаро Молия корпорацияси (IFC) ўртасида маслаҳат хизматлари тўғрисида келишувларни келтириш мумкин.

Шунингдек, Ўзбекистон 2025 йилга қадар умумий қиймати 5,3 миллиард доллар бўлган 810 та лойиҳани амалга оширади. Лойиҳалар орасида Ўзбекистоннинг 25 та энг йирик корхоналарида энергия сарфлашни камайтириш ҳам режалаштирилган.

Муқобил энергияни ўрганишни аввал ўрта мактабдан физиканинг бошланғич тушунчалари билан бирга бошлаш керак, яъни энергия ва унинг турлари мавзусини кенгроқ, элементар тушунчалар билан дарс олиб бориш керак. Масалан, Қуёш энергияси, муқобил энергия, энергетика ва хоказалар.

Академик лицей ва касб-ҳунар коллежлари физика таълимида қайта тикланувчи энергия манбалари элементар тушунчаларини шакллантиришда кўргазмали воситалар, иш ҳолатидаги макетлардан фойдаланиш ҳам дарс самарадорлиги ва ўқувчиларнинг бу соҳаларга қизиқишининг янада ортишига олиб келади.

Олий таълим тизимида эса, энергия манбалари турларини физика фани асосида шакллантиришда баъзи бир методик кўрсатмалар, тавсиялар, янги педагогик ва ахборот технологиялари асосида дарс технологик хариталарини ишлаб чиқиш керак. Техник йўналишдаги олийгоҳларда физика фани асосида муқобил энергия мавзусини кенгроқ, чуқурроқ ўқитилиш мақсадга мувофиқдир. Чунки, ҳар бир соҳа мутахассисларининг компитентлик даражасини юкори савияда қилиб етиштириш олий таълимнинг вазифаси ва бурчидир. Физика фани таркибида энергетика, муқобил энергия ва унинг турларига таалукли мавзулар жуда кўп. Масалан, Қуёш энергиясидан фойдаланишнинг ўзида ўтказгичлар, яримўтказгичлар, аралашмалар яримўтказгичлар,

улардаги заряд ташувчилар, р-п,р-п-р ўтишларнинг содир бўлиши. Шунингдек, фотоэффект (ички ва ташқи), фотоўтказувчанлик ҳодисалари, иссиқлик нурланиш конунлари, генератор ва унинг ишлаш тамоили, термо-электр юритувчи куч, термопаралар, ҳарорат градиенти каби тушунчаларни ҳам билиш керак.

Қуёш энергиясининг электр энергияга айлантиришдаги панелларнинг материали, ҳажми, ўтказувчанлиги каби хусусиятларини билиш зарур. Булардан кўриниб турибдики, муқобил энергияни ўрганишда бир қанча фанларнинг интеграцияси талаб этилади. Бунда, физика билан бирга математика, кимё ва экология фанлари биргаликда ўрганилиши лозим. Қайта тикланувчи энергия манбаларига доир мавзуларни ўрганишда табиий ва аниқ фанлар интеграциясидан фойдаланиш имкониятлари сифатида “Қуёш фотоэнергетикаси элементар тушунчалари”, “Шамол энергетикаси ва ундан фойдаланиш имкониятлари”, “Биоэнергетика ва биогаз ҳосил қилиш қурилмалари”, “Геотермал энергетика ва ундан фойдаланиш имкониятлари”, “Мини гидроэлектростанциялар ва уларнинг замонавий конструкциялари”, “Шўрланиш энергиясидан фойдаланиш имкониятлари” мавзуларини юқорида келтирилган фанларда фаннинг йўналишига мос ўрганилади.

Муқобил энергия манбаларидан кенг фойдаланиш ҳар бир мамлакатнинг устувор мақсадлари ҳамда энергетика ҳафсизлиги вазифаларига мувофиқ келади ҳамда энергетика соҳасининг жадал ривожланаётган йўналишларидан ҳисобланади. Ҳукуматимиз томонидан миллий иқтисодиёт тармоқларини кам углеродлик ҳолатига ўтишга кўпроқ эътибор қаратилмоқда, бу эса мамлакатимиздаги энергия сарфини ҳамда ишлаб чиқариш харажатларини камайтиришга ўз ҳиссасини қўшади. Ўзбекистон Республикаси молия вазирлигида бўлиб ўтган матбуот анжуманида айнан шу мавзу муҳокама этилди. Унда энергия тежамкорлиги ва самарадорлигини ошириш, бирламчи энергия манбаларини, айниқса табиий газни катта миқдорда тежаш имконини бериши алоҳида такидланди. Бу соҳаларда йўналтирилган инвестициялар нафакат иқтисодий самараси билан балки экология учун нафи билан ҳам долзарбдир.

Айни вақтда, Ўзбекистон Республикаси Иқтисодиёт вазирлиги ва халқаро ташкилотлар билан ҳамкорликдаги қўшма лойиҳаси доирасида кам углеродлик ривожланиш стратегияси ва унинг доирасида 2050 – йилгача бўлган дастур ишлаб чиқилди.

Хулоса қилиб айтиш мумкинки, муқобил энергия ва унинг турларини фан сифатида ўрта мактабда, касб-хунар коллеж ва академик лицейларда, техник олий таълим муассасаларида ўрганиш республикаимизда бу соҳадаги мутахассис кадрларни етиштириб чиқаришда ва аҳоли ўртасида энергиядан самарали фойдаланиш ҳақидаги билим ва кўникмаларини шакллантиришда катта аҳамият касб этади.

Адабиётлар

1. ”Потенциал Узбекистана в сфере альтернативной энергетики”Рахматуллаева М.Ф.,Тахиров У.Х.Илмий конференция материаллари VIII Всероссийской научной конференции с международным участием «Теплофизические основы энергитических технологий».Томск-2019г.Стр193-195.
2. ”Муқобил энергияни фан сифатида ўрганиш ва ўргатиш замон талаби”Рахматуллаева М.Ф.Илмий конференция маериаллари. «Муқобил энергия манбаларидан фойдаланишнинг жорий ҳолати ва истикболлари» мавзусидаги республика илмий-амалий конференция материаллари туплами. Наманган-2020й.26-28бетлар.

FANNI O'QITISHDA INNOVATSION TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISH

A.J.Eraliyev, A.A.Alijonov, M.Mirzakarimova

Andijon davlat universiteti

Kirish

Ta'lim tizimining rivojlanishini hozirgi holatini axborotlashtirishsiz tasavvur qilish mumkin emas. Darhaqiqat, zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish ta'lim sifatini oshirishga zamin yaratadi. Bunda pedagogik jarayonning mazmuni takomillashadi, o'qitishning innovatsion modellari joriy etiladi, shuningdek, o'quvchi va o'qituvchilarning hamkorlikdagi faoliyati tashkil etiladi. Har qanday ta'lim muassasida o'quv jarayonini axborotlashtirishning zaruriy sharti sifatida zamonaviy axborot texnologiyalarini ham boshqaruvda, ham ta'lim-tarbiya jarayoniga joriy etish bo'yicha yagona siyosat va strategiyani ishlab chiqish hisoblanadi.

Ta'lim yangi bosqichga ko'tarilmoqda, o'quvchilarning fikrlash darajasi kengaymoqda, axborot olish osonlashmoqda, bunday o'sish jarayonida o'qitishda innovatsion texnologiyalardan foydalanmaslik darsning samaradorligini keskin kamaytiradi.

O'zbekistonning bugungi kuni uchun iqtisodiyotning innovatsiyalarga asoslangan rivojlanishini ta'minlash vazifasi turmoqda. Shuning uchun O'zbekistonda ta'lim tizimidagi islohotlar iqtisodiyotdagi yangi o'zgarishlar paydo bo'lishi bilan chambarchas bog'liq bo'lib qolmoqda. O'zbekiston ta'lim tizimida keyingi 20 yilda qator o'zgarishlar amalga oshirildi.

Bu muammolarga asoslardan biri sifatida darsliklarning sifati va yangi chop etilayotgan fan darsliklarining o'quvchilar uchun tushunarsizligi hamda ushbu darsliklarning zamonaviy axborot texnologiyalardan foydalanib yaratilgan elektron yoki virtual variantlari mavjud emasligi bilan izohlash mumkin. Ayni shu muammolarni hal etish yo'lida bugungi kunda axborot texnologiyalaridan foydalanish va ushbu soxa rivojiga qaratilgan bir qancha qarorlar o'z kuchini ko'rsatmoqda. Bu yo'lida o'z navbatida o'qitish tizimi uchun darsliklarning virtual va elektron variantlari ishlab chiqilmoqda. Bunday darsliklarning yaratilishida albatta bir qancha dasturlardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda har bir o'qituvchi pedagog axborot texnologiyasidan foydalanishni bilishi shart va kerak.[1]

Eksperimental metod

Quyida ixtiyoriy mavzuni o'qitishda foydalanilgan "PhET simulation" dasturining virtual laboratoriyasini ko'rishimiz mumkin. PhET simulation dasturi o'qitishda bir qancha qulaylik va o'quvchi uchun reallikni ta'minlaydi. O'quv darsligidagi murakkab jummalarni tushunmasa ham virtual laboratoriyani ko'rib, o'quvchida real voqelikni ko'rish va shu orqali darslikdagi yangi atama va qonuniyatlarni o'rganish juda ham qulay bo'ladi. Ushbu dastur orqali umumta'lim va Oliy ta'lim tizimida elektrmagnetizm bo'limi laboratoriyalarini o'tkazish bo'yicha tayyorlangan virtual laboratoriya bilan tanishib chiqamiz.

Olingan natija va ularning tahlili

Ta'lim tizimining rivojlanishini hozirgi holatini axborotlashtirishsiz tasavvur qilish mumkin emas. Darhaqiqat, zamonaviy axborot texnologiyalaridan foydalanish ta'lim sifatini oshirishga zamin yaratadi. Bunda pedagogik jarayonning mazmuni takomillashadi, o'qitishning innovatsion modellari joriy etiladi, shuningdek, o'quvchi va o'qituvchilarning hamkorlikdagi faoliyati tashkil etiladi. Har qanday ta'lim muassasida o'quv jarayonini axborotlashtirishning zaruriy sharti sifatida zamonaviy axborot texnologiyalarini ham boshqaruvda, ham ta'lim-tarbiya jarayoniga joriy etish bo'yicha yagona siyosat va strategiyani ishlab chiqish hisoblanadi.

O'quv jarayonini axborotlashtirish texnologik, pedagogik va tashkiliy ishlar bilan bog'liq qiyin va ko'p qirrali masalalarni yechishni talab etadi. Ta'lim muassasasining axborot ta'lim muhitini yaratish sof texnik masalagina emas. Buning uchun muassasadagi tegishli ilmiy-metodik, tashkiliy va pedagogik imkoniyatlarni tizimli yondashuv asosida ishga solish

talab etiladi. «Axborot – ta’lim muhiti» tushunchasining ko‘plab ta’riflari mavjud. Ularning tahlili mazkur tushunchani aniq bir maqsadga yo‘naltirilgan o‘quv jarayonini ta’minlovchi axborot-texnik, o‘quv-metodik tizimlar majmuidir degan xulosaga kelish imkonini beradi.



1-rasm. PhET dasturining ishchi oynasi. Kerakli laboratoriya shu oynadan tanlanadi

O‘quv jarayonida modellardan foydalanish yangi usul emas. Qadim-qadimdan o‘quv-o‘rganish mobaynida modellardan foydalanib kelingan. Xozirgi vaqtga kelib, simulyatorlar ta’lim jarayoniga keng tadbiiq etilmoqda. Kompyuter simulyatorlaridan asosan ikki yo‘nalishda foydalanish mumkin: haqiqiy ob’ektlarni modellashtirish hamda ushbu modellarni rivojlantirish. Hayotiy ob’ektlarni modellashtirishda eng sodda chiplardan tortib butun boshli murakkab kompyuter tizimlarigacha virtual prototiplarini yaratish mumkin. Talabalar virtual modellarni o‘rganish jarayonida ularning ishlash prinsip va usullarini yanada takomillashtirishlari ham mumkin bo‘ladi [2].

Ushbu oynadagi jarayonni kuzatib shuni mulohaza qilish mumkinki, magnit maydon oqimining o‘zgarishi induksion tokni vujudga keltiradi. Induksion tok qiymati magnit maydon oqimining son qiymatiga to‘g‘ri proporsional. Bundan xulosa qilish mumkinki, g‘altak magnit hosil qilayotgan maydonga qancha yaqin bo‘lsa induksion tok qiymati shuncha katta bo‘ladi ya’ni elektr lampasi yorqinligi ortadi va aksincha qancha uzoqlashsa elektr lampa yorqinligi shuncha kamayadi [3, 4]. Virtual jarayonni kuzatib shuni mulohaza qilish mumkinki, magnit oqimining o‘zgarishi induksion tokni vujudga keltiradi. Induksion tok qiymati magnit maydon oqimining son qiymatiga to‘g‘ri proporsional. Bundan xulosa qilish mumkinki, g‘altak magnit hosil qilayotgan maydonga qancha yaqin bo‘lsa induksion tok qiymati shuncha katta bo‘ladi ya’ni elektr lampasi yorqinligi ortadi va aksincha qancha uzoqlashsa elektr lampa yorqinligi shuncha kamayadi.(2-rasm)

Xulosa

Talabalarga dars jarayonidagi nazariy va amaliy bilimlarini hayotga tadbiiq qilishda virtual laboratoriyalardan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu tadqiqotlar jarayonida bilimlarini yanada mustahkamlash bilan bir qatorda nazariya hamda hayotiy tadbiiqotlarning rivojlanishiga bevosita hissa qo‘shadilar. Bundan tashqari o‘sha simulyatorlarning ham yanada rivojlanishiga, yanada haqiqiy hayotiy tadbiiqotlarga yaqin natijalar beradigan darajaga chiqarishda o‘z xissalarini qo‘shishlari mumkin. Bu o‘z o‘rnida talabalarni faqatgina “tinglovchi” vazifasida qolmasdan, bevosita ilmiy-tadqiqot ishlarida

qatnashuvchilarga aylantiradi. Bu esa o'z navbatida talabalarda o'qish va tadqiqotlarga bo'lgan qiziqishlarini yanada ortishiga olib keladi.



2-rasm. Induksion tokning hosil bo'lish laboratoriyasi [4,5].

Hozirgi kunda o'quvchilarga dars berishning zamonaviy axborot texnologiyalarini qo'llashga asoslangan yangi turlari shakllanmoqda. Ular orasida kompyuterda maxsus dasturlar yordamida o'quvchilar tomonidan kuzatilishi qiyin bo'lgan fizik jarayonlarni animatsiyalar, videoroliklar vositasida ko'rgazmali tushuntirish salmoqli ahamiyatga ega. Shuning uchun fizika kursidagi jarayonlarni o'rganish, hamda darslarda qo'llaniladigan qurilmalarni virtual analogini hosil qilish, talabalar ishlashini nazarda tutadigan turli virtual tajriba ishlari yordamida mashg'ulotlarni o'tkazishni yanada kuchaytirish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar

1. Sh. Mirziyoyevning 24.01.2020y dagi murojaatnomasi
2. Mirzaxmedov B.M. Fizika o'qitish metodikasi kursidan o'quv eksperimenti. T., O'qituvchi, 1989.
3. Bursian E.V. Zadachi po fizike dlya kompyutera, M., 1991, 357 s
4. <https://phet.simulation/bending-light>
5. <https://phet.colorado.edu/en/simulation/bending-light>

УМУМИЙ ФИЗИКА КУРСИНИНГ МОЛЕКУЛЯР ФИЗИКА БЎЛИМИНИ ЎҚИТИШДА ИЗЧИЛЛИК ТАМОЙИЛИНИ ҚЎЛЛАШ

М.О.Қўчқарова

Андижон давлат университети

Олий таълимда физика курси, умумий ва назарий физика курсларига бўлиб ўқитилади, табиийки бундай бўлиниш мазкур бўлим мавзуларини изчиллик тамойили асосида ўқитишда ҳам ўз аксини топиши керак. Шунинг учун мавзуга оид адабиётларни таҳлил қилиб, уларни физика курслари учун изчиллиги қандай даражада эканлигини кўриб чиқайлик.

Олий таълим муассасаларининг физика мутахассислиги учун ёзилган ўқув адабиётлари ичида А.К.Кикоин ва И.К.Кикоинларнинг “Молекуляр физика” қўлланмаси алоҳида ўрин тутди [1]. Унда статистик ғояларга кенг ўрин берилган бўлиб, термодинамик катталикларнинг статистик таърифига алоҳида тўхталиб ўтилган. Ўз вақтида ўзбек тилига муваффақиятли таржима қилинган ушбу адабиётда эҳтимоллик, тақсимот функцияси тушунчалари батафсил баён қилинган. Мазкур адабиётнинг термодинамикага бағишланган иккинчи қисмида эса, термодинамиканинг учинчи қонуни ҳамда олий таълим тизимида ўрганиладиган “Манфий температура” тушунчаси баён қилинган[2].

Д.В.Сивухиннинг “Термодинамика ва молекуляр физика” ўқув қўлланмаси [3] ҳам илмий тилда ёзилган бўлиб, унинг “Статистик тақсимотлар” деб номланган олтинчи боби турли статистик тақсимот функцияларини баён қилишга бағишланган. Бобнинг бошланишида, аниқ мисоллар асосида эҳтимоллар назариясидан керакли маълумотлар берилиб, кейин эса, Максвеллнинг тезликлар тақсимоти икки хил усул билан топилган. Авторнинг таъкидлашича, “Классик физика нуктаи назаридан макроскопик системалар ҳолатини бошқарувчи статистик ёки эҳтимолий қонунлар орқасида аниқ динамик қонунлар туради, уларга алоҳида атомлар, молекулалар ва уларни ташкил қилган зарралар буйсунади. Квант физикасига тўхталиб, микродунёнинг элементар қонунлари ҳам статистик қонунлардир, дейди. Яна муаллифнинг таърифига кўра, қатъий динамик қонунлар мавжуд эмас, мавжуд қонунларнинг барчаси статистик характерга эга бўлган қонунлардир”[2].

Қўлланманинг кейинги қисмида Больцман, Ферми-Дирак ва Бозе-Эйнштейн статистикалари, квант статистикасини классик статистикага ўтиш шартлари баён этилган. Жумладан, мазкур ўқув адабиётининг 84-параграфида эса, Нернст теоремаси термодинамик усул асосида таҳлил қилиниб, энтропия катталиги учун Больцман формуласи эҳтимолий-статистик нуктаи назардан таҳлил этилган.

Физика мутахассислари учун ёзилган ўқув қўлланмалардан яна бири А.Н.Матвеевнинг “Молекуляр физика” китоби бўлиб [4], у ўзининг илмий-методик савияси билангина эмас, балки ўқув материални замонавий физика тилида чуқур баён қилинганлиги билан ҳам ажралиб туради. Китобнинг биринчи бўлимида, статистик методга тўхталиб, кўп заррали системаларни тадқиқ қилиш методлари, математик тушунчалар, системанинг макроскопик ва микроскопик ҳолатлари, эргодик гипотеза, микроҳолатнинг эҳтимоллиги ва флуктуация масалалари батафсил баён қилинган. Кейинчалик эса Гиббс, Максвелл, Больцман тақсимотлари ва уларнинг таҳлили баён қилиниб, ҳарорат ва босимнинг статистик таърифи ва фазавий фазо ҳақида маълумотлар келтирилган[2].

Қўлланманинг кейинги қисмларида, феноменологик ва статистик термодинамика ва квант статистикасига тегишли маълумотлар келтириб ўтилган.

Мазкур ўқув қўлланма ўзининг мазмунига кўра, умумий ва назарий физика курсларини боғлаш вазифасини бажаради. Шунинг учун, ундан эҳтимолий-статистик тасаввурларни ўқитишнинг турли босқичларидаги изчилликни амалга оширишда фойдаланиш мақсадга мувофиқдир.

Е.М.Гершензон, Н.Н.Малов ва бошқаларнинг педагогика олий ўқув юртлари физика мутахассислиги талабалари фойдаланишлари тавсия этилган “Молекуляр физика” номли ўқув қўлланма [5]нинг муқаддимасида: “Молекуляр физика умумий физика курсининг якунловчи қисмидир. Унда, кўп атомли ва молекулалардан иборат макроскопик системаларнинг хоссалари қаралган. Бўлим якунловчи бўлганлиги сабабли, у зарралар, майдонлар, тўлқин ва квант ҳодисалар ҳақида зарурий билимларга эга бўлган, яъни эҳтимолий-статистик ғояларни ўзлаштира оладиган талабалар учун ёзилган”, - деб ёзилган. Ҳақиқатан, муаллифлар статистик қонунларнинг физик моҳиятини ва амалий тадбиқларини кенг кўламда ёритишга уринишган. Мазкур фикрнинг тасдиғи сифатида, қўлланмадаги айрим бобларнинг номланишини, масалан, 3 боб “Идеал газ хоссаларини статистик баён қилиш”, 5 боб “Нурланишнинг статистик назарияси” ва бошқаларнинг кўрсатишни жоиз деб билдик.

Давлатимиз олий таълим муассасалари профессор-ўқитувчилари томонидан ҳам ўзбек тилида бир қатор ўқув адабиётлари тайёрланиб, ўқувчилар ҳуқуқига ҳавола этилди. Шулардан бири, СамДУ да босмадан чиққан Ў.Б.Жўраевнинг “Молекуляр физика” дарслиги ҳисобланади [6]. Мазкур ўқув адабиёти умумий физика курсининг молекуляр физика ва термодинамика бўлими мавзуларини ёритишга бағишланган бўлиб, университетларнинг физика мутахассислиги талабаларига мўлжалланган. Мазкур китоб 87тапараграфни ўз ичига олувчи 7та бобдан иборат бўлиб, мазмунан қуйидаги маълумотларни қамраб олган:

- 1-боб. Молекуляр кинетик назариянинг асослари.
- 2-боб. Идеал газнинг кинетик назарияси.
- 3-боб. Статистик тақсимотлар.
- 4-боб. Термодинамика асослари.
- 5-боб. Реал газ ва суёқликлар.
- 6-боб. Қаттиқ жисмлар.
- 7-боб. Молекуляр ҳаракатлар ва кўчиш ҳодисалари.

Дарслик қамраб олган мавзулар номидан кўриниб турибдики, унда молекуляр физика ва термодинамикага тегишли барча асосий масалалар муфассал баён этилган. Бундан ташқари, ундаги 3боб статистик тақсимотларга бағишланган бўлиб, жумладан, Максвелл тақсимоти, ўртача тезликлар, барометрик формула ва Больцман тақсимоти, Максвелл-Больцман, Ферми-Дирак ва Бозе-Эйнштейн тақсимотлари ёритилган ва таҳлили бажарилган.

Ўтказилган юқоридаги каби таҳлиллардан кўринадики, молекуляр физикага доир тегишли ўқув адабиётлари таркибида, эҳтимоллар назариясининг элементлари батафсил баён қилинган алоҳида бобнинг бўлиши, ўқув материални талабалар томонидан тўлақонли ўзлаштирилишига хизмат қилади.

Яна шу нарса ҳам ўринлики, бу ерда талабаларнинг физиологик, психологик ва билим даражаси ҳисобга олиниши ҳамда ўқитишда улар орасидаги изчиллик амалга оширилишига эришиш керак. Статистик ғояларнинг очилишига хизмат қилувчи мавзулардан бири “Газ молекулаларининг тезликлар бўйича Максвелл тақсимоти” ҳисобланади. Бунинг сабаби, молекуляр-кинетик назарияга микдорий жиҳатдан статистик усулни биринчи қўллаган олим Максвелл ҳисобланади. Ушбу усул эҳтимолий-статистик тушунчаларни умумий физика курсида тарихийлик тамойилини қўллашга бирламчи яққол мисол ҳисобланса, иккиламчи, ушбу метод эҳтимолий-статистик ғояларнинг методологик аҳамиятини ёритишга хизмат қилади[2].

Адабиётлар

1. Кикоин А. И., Кикоин И. К. Молекулярная физика. Москва., 2016. С. 478.
2. Kuchkarova M.A., Joraev M. Realizing Continuity Principle in General Physics Course Study. Eastern European Scientific Journal. 2018, 6. Pp.151-158.
3. Садриддинов Н., Раҳимов А., Мамадалиев А., Жамолова З. Физика ўқитиш методи асослари. – Т.: Ўзбекистон, 2006. – 192 б.
4. Матвеев, А. Н. Молекулярная физика.-М.: “Академия”, 1981.-400 с.
5. Гершензон Е. М., Малов Н. Н. И др. Курс общей физики: В 4 т. М.: Просвещение, 1980.
6. Жўраев Ў.Б. Молекуляр физика. СамДУ босмахонаси. 2000 й.

ЧИГИТЛИ ПАХТАНИ ҚУРИТИШДАГИ АЙРИМ КЎРСАТКИЧЛАРГА ФУНКЦИОНАЛ КЕРАМИКА АСОСИДАГИ ИНФРАҚИЗИЛ НУРЛАНИШНИНГ ТАЪСИРИ

А.Парпиев, Ғ.Рахматов

Ҳар бир технологик жараёни амалга ошириш учун махсус ускуналардан фойдаланилади. Пахтани қуритиш учун республикамиз пахта тозалаш корхоналарида ҳозирги пайтда барабанли қуритиш ускуналаридан фойдаланилади. Барабанли қуритгичларнинг бир неча турлари, яъни СБО, 2СБ-10 каби тўғри окимли қуритиш барабанлари мавжуд.

Қуритиш барабанларини афзаллиги эксплуатация қилиш осон, конструкцияси содда, пахта бўйича иш унумдорлиги 12 т/соат гача бўлиши мумкин. Лекин бу билан бир қаторда қуйидаги камчиликларга эга: барабан юқори температурада (200-250 °С) қуритиш тола сифати бузилиши ва ёнғин чиқиш ҳавфи мавжуд; барабанга берилаётган иссиқликдан фойдаланиш коэффициенти 0,3-0,4 ни ташкил этади, иссиқлик йўқотилиши юқори; барабаннинг намлик бўйича иш унумдорлиги юқори эмас, натижада пахтани 8-9 % намликгача қуритиш учун бир неча марта қайта қуритишга тўғри келади.

Пахтани қуритишда инобатга олиниши лозим бўлган шартларни бажариш бўйича Физика-Қуёш илмий ишлаб чиқариш бирлашмаси, Материалшунослик институтида тайёрланган махсус кўп таркибли функционал керамика асосидаги инфрақизил қуритиш лаборатория синов қурилмаси Тошкент тўқимачилик енгил саноати институти базасида тайёрланди. Қурилмада қуйидаги тажриба натижалари аниқланди. Бизга маълумки, пахтани қуритишда, қуритиш ҳарорати меъёр талаблари асосида 70 °С дан ошмаслиги тадқиқотлар натижасида аниқланган. Қуритиш жараёнидаги ишчи ҳарорат, ҳавонинг нисбий намлиги стандарт талаблари асосида бўлиши, толанинг сифат кўрсаткичларига зарар етказмаслигини таъминлайди.

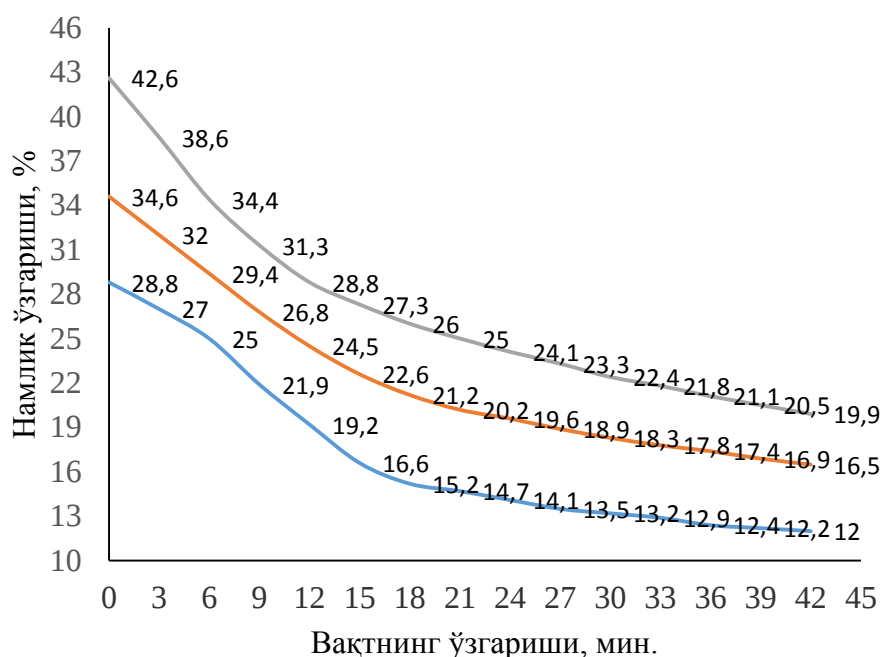
Шунинг учун қурилмани электр токига улаб, икки ярим соат вақт давомида кузатилди. Қурилманинг ишчи зонасида учта юворидан пастга қараб 300 мм, 400 мм ва 500 мм нукталарига “Operation manual for temp.& humidity meter” бир вақтнинг ўзида ҳарорат ва ҳавонинг нисбий намлигини кўрсатувчи термопарали датчик ёрдамида назоратга олинди. Назорат натижасида ишчи ҳарорат 55 °С дан, ҳавонинг нисбий намлиги эса 27 % дан кўтарилмаганлиги аниқланди. Натижадан шундай ҳулосага келиндики, қурилманинг ишчи зонасида пахтани қуритиш учун шароит етарли ва мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Намликлари 12.0 %, 17.0 % ва 24.0 % бўлган 100 гр оғирликдаги пахтага 15 гр. қўшимча сув пуркалди. Натижада пахтанинг намликлари мос равишда 28.9 %, 34.6 % ва 42.6 % га кўтарилди. Бунда нурлатгич ва пахтанинг орасидаги масофа 170 мм қилиб олинди. Пахта солиниши режалаштирилган сетка идиш, пахта солинган сетка биргаликда ҳамда пахтанинг соф оғирликлари ўлчаб олинди. Қурилма ишчи ҳолатда бўлганда тажриба ўтказилди, тажриба ўтказиш вақти 3 минутдан 42 минутгача давом этди. Ҳар 3 минутда пахтанинг оғирлигини камайтириш “Valor3000Xtreme” русумли 200 гр. оғирликгача ўлчовчи электрон тарозида ўлчаб борилди.

28.9 % намликдаги пахтанинг намлиги 3 минутдан 42 минутгача бўлган вақт оралиғида 12.0 % га, 34.6 % намликдаги пахтанинг намлиги 16.5 % га ҳамда 42.6 % намликдаги пахтанинг намлиги 19.9 % га камайганлиги аниқланди (1-расм).

Натижада пахтанинг юза қисмидаги сув молекулалари инфрақизил нурланишни интенсив ютиш хусусиятига эга. Нурланиш дастлаб пахтанинг юза қисмидаги сув молекулалари билан таъсирлашиб, буғланиш жараёни юқори нукталарда кузатилиши

аниқланди. Маълум бир нуқтага келганда пахтанинг аслий намлигида буғланиш кескин секинланиш жараёни кузатилди, деярли тўхтайди.



1-Расм. Пахтанинг юза қисмидаги сувга инфрақизил нурланишнинг таъсири.

Функционал керамика асосидаги инфрақизил қуриштиш натижасида бир қатор амалий натижалар ва хулосаларни қайд қилиш мумкин:

1. Пахтани қуриштишда оптимал ишчи ҳарорат 70°C дан ошмаслиги, инфрақизил қуригичнинг температураси деярли 50°C эканлиги мақсадга мувофиқдир.
2. Пахтани қуриштишда нурлатгич ва пахта орасидаги масофанинг оптимал қиймати 300 мм эканлиги.
3. Қурилмада буғланган намликни тезлик билан ишчи зонадан чиқариб юбориш, қуриш сифатини ошишига хизмат қилади.
4. Қурилмада инфрақизил нурланишнинг тўлиқ қисмини қуриштиш жараёнига йўналтириш мақсадида нурлатгичларнинг устки қисмига фалга қоғозининг ишлатилиши самарадорликни ошишига хизмат қилади.
5. Инфрақизил нурланиш дастлаб пахтанинг юза қисмидаги бирламчи боғланган намлик билан ўзаро таъсирлашиши аниқланди.
6. Қурилмада қуриштиш жараёнида пахта ва унинг компонентлари механик шикастланмаслиги кузатилди.

Адабиётлар

1. А.Парпиев, М.Ахматов, А.Усмонкулов, М.Мўминов. Пахта хом ашёсини қуриштиш. Дарслик. Чўлпон. Тошкент. 2009 й.
2. М.Рахмонов “Совершенствование технологии сушки хлопка-сырца и разработка новой барабанной сушилки”. Автореф. Дисс.Т.: 1984 г.
3. Р.Х.Рахимов, Н.Н.Тихонова “Керамические материалы и их применение”. Т.:2002 г.
4. G‘.Rakhmatov “Installation of the IR dryer of raw cotton”. European science review. № 5-6. 2016.

5. Р.Рахимов, В.Ермаков, М.Рахимов “Особенности сушки хлопка-сырца с использованием функциональной керамики, синтезированной на большой солнечной печи” Гелиотехника, 2011, №1.
6. G'.Rakhmatov “Physical principles of dry vegetables fruit products under the influence of infrared”. International journal of advanced research in science, engineering and technology. India. Vol.3, Issue 9. September 2016.

YARIMO‘TKAZGICHLI QURILMALARNI MODELASHTIRISHDA MONTE CARLO STATISTIK METODINING AHAMIYATI

M.A.Ziyoitdinova¹, R.S.Muradov²

Andijon davlat universiteti
Namangan muhandislik-texnologiya instituti

Annotatsiya: Yarimo‘tkazgichli qurilmalarni modellashtirishda statistik uslublardan keng foydalaniladi. Ushbu ilmiy ishda, Monte Carlo metodining yarimo‘tkazgichli qurilmalarni modellashtirishdagi ahamiyati va afzalliklari haqida yoritilgan.

Kalit so‘zlar: yarimo‘tkazgich, qurilma, modellashtirish, Monte Carlo, Fermi

Yarimo‘tkazgichli qurilmalarni modellashtirishda statistika va ehtimollikdan foydalaniladi. Masalan, yarimo‘tkazgichli qurilmalar ichidagi zaryad tashuvchilar taqsimoti Fermi-Dirak statistikasi orqali aniqlanadi. Chunki elektronlarning spini yarim butundir, shuning uchun ularning taqsimotini hisoblashda Fermi-Dirak statistikasi foydalaniladi. Fermi-Dirak statistikasini hisoblash murakkabroq bo‘lganligi sababli, uning tarkibida yarim Fermi integrali mavjudligi tufayli analitik uslubda hisoblab bo‘lmaydi. Shuning uchun asosan hisoblashda sonli metodlardan foydalaniladi [1].

$$n = N_c F_{1/2} \left(\frac{E_{F,n} - E_c}{kT} \right) \quad (1)$$

$$p = N_v F_{1/2} \left(\frac{E_v - E_{F,p}}{kT} \right) \quad (2)$$

bu yerda: n – elektronlar konsentratsiyasi, p – kovaklar konsentratsiyasi, $F_{1/2}$ – Fermi integrali, E_c – o‘tkazuvchanlik zona energiyasi, E_v – valent zona energiyasi, $E_{F,n}$ – elektronlar uchun kvazi Fermi energiyasi, $E_{F,p}$ – kovaklar uchun kvazi Fermi energiyasi, T – absolyut temperatura, N_c – o‘tkazuvchanlik zonasidagi ruxsat etilgan holatlar zichligi, N_v – valent zonadagi ruxsat etilgan holatlar zichligi, k – Bolsman doimiysi.

Qo‘shimcha ravishda shuni alohida ta’kidlash joizki, Monte Carlo statistik metodi yordamida yarimo‘tkazgichli qurilmalarni modellashtirishda ham keng qo‘llaniladi. Hozirgi an’anaviy uslublardan farqi kichik o‘lchamlardagi qurilmalarni o‘lcham effektini hisobga olgan holda modellashtiradi. Monte Carlo metodi asosan ikkiga bo‘linadi “single particle device” va “ensemble device”. Bundan tashqari, Monte Carlo yordamida qurilmaning to‘la zona diagrammasini hosil qilish mumkin [2].

“Single particle device” metodida, bitta zarracha “elektron yoki kovak” qurilma ichida huddi u bitta kontaktdan boshqa kontakt tomon harakati zaryad tashuvchilar zichligi uchun maqbul statistika hosil qilinguniga qadar ketma-ket modellashtirilaveradi. Shundan so‘ng, nohiziqli Puasson tenglamasi yechiladi. Bu protsedura yaqinlashishgacha takrorlanadi. Natijada, Puasson va Bolsman tenglamalarini muvozanat holati uchun yechimi o‘z-o‘zidan hosil bo‘ladi. U kristallografik yuzaga va kanal orientatsiyasiga qarab kovak yoki elektronlar uchun hamda mexanik zo‘riqish ostidagi turli zona diagrammalarini hosil qilsihga imkon beradi. Hamda u qo‘shimcha zona diagrammasining faylini modelga yuklashga imkon beradi. Bunga qo‘shimcha ravishda, hosil qilingan analitik zona modellari aniq berilgan mexanik kuchlanish tenzorining qiymatida foydalanilishi mumkin. Ushbu metod orqali olingan natijalar nanoo‘lcham tartibda o‘lchangan tok kuchini qoniqtirishi aniqlangan.

“Ensemble device” metodida zarrachalar (elektron va kovaklarning) ansambllarini qurilmadagi taqsimoti va zaryad tashuvchilarning kontakt kirishi va chiqishi hisoblanadi. Agar Shredinger tenglamasidan foydalanilsa qisqa sinxron vaqt qadamlari uchun Puasson tenglamasini yechish orqali aniqlangan o‘zgarmas elektr maydon kuchlanganligidan foydalanib

qurilma ichida hamma zarrachalar yo'naltiriladi. Ushbu jarayon aniq vaqt davomida takrorlanadi. Chunki, zarrachalar ansambli zaryad tashuvchilarning haqiqiy vaqtga bog'liq xarakterini modellashtira oladi.

Demak, nanoo'lchamdagi yarimo'tkazgichli qurilmalarni modellashtirishda an'anaviy sonli metodlardan ko'ra, Monte Carlo statistik metodini ishlatish maqsadga muvofiq. Chunki, u yordamida olingan natijalar eksperimental natijalarni qoniqtiradi va unda zona diagrammalarini ham o'zgarishini hisobga olish mumkin. Buning boisi shundaki, juda ko'p qurilmalarda ishlatilgan materiallarning ba'zi tashqi va ichki ta'sirlar tufayli zona diagrammasi o'zgarishi kuzatiladi.

Adabiyotlar

1. Jacoboni, Carlo., & Lugli, Paolo. (1989). The Monte Carlo Method for Semiconductor Device Simulation. 376.
2. H. Kosina, M. Nedjalkov and S. Selberherr, "Theory of the Monte Carlo method for semiconductor device simulation," in IEEE Transactions on Electron Devices, vol. 47, no. 10, pp. 1898-1908, Oct. 2000, doi: 10.1109/16.870569.

EHTIMOLLAR NAZARIYASI VA STATISTIK METODNI QO‘LLASH ORQALI YARIMO‘TKAZGICHLARDAGI MOTT KRITIK NUQTASINI TADQIQ QILISH

R.S.Muradov¹, M.A.Ziyoitdinova²

Namangan muhandislik-texnologiya instituti
Andijon davlat universiteti

Yarimo‘tkazgichlarda tokni tashuvchisi elektronlar va kovaklardir. Bu tashuvchilarning muvozanatdagi zichligi Fermi-Dirak statistikasi yordamida aniqlanadi. Asosiy parametr sifatida Fermi energiyasi E_F ni kvazineytrallikdan olish mumkin; u ta’qiqlangan zona o‘rtasiga yaqin va kirishmali yarimo‘tkazgichlar uchun donor yoki akseptor sathiga yaqin joylashgan bo‘ladi. Energiya zonasining chekkasi va Fermi energiyasi o‘rtasidagi farq Bolsman faktorining faollashuv energiyasini ifodalaydi, uning energiyasi orqali zaryad tashuvchilar zichligini ifodalash mumkin. Noasosiy zaryad tashuvchilarning zichligi keng ta’qiqlangan zona kengligiga ega yarimo‘tkazgichlarda o‘zgarmas bo‘lishi mumkin va ular kvazi-Fermi energiyasi bilan ifodalanishi mumkin.

Kvazi-zarrachalarning yuqori zichligida va past haroratda, fazali o‘tish optik va elektrik xususiyatlarda sezilarli o‘zgarishlar bilan sodir bo‘ladi. Dielektrik-Metall fazaviy o‘tishi kirishmaning kritik Mott zichligidan yuqori qiymatida sodir bo‘ladi. Shunga o‘xshash jarayon elektron va kovaklarning yetarli generatsiyasi bilan boshlanadi, bu elektron kovak plazmasini tegishli sharoitda electron-kovak suyuqligini kondensatsiyalanishiga olib keladi.

Elektron va kovaklarning taqsimoti harorat va kirishma konsentratsiyasining funksiyasidir. Kirishmasiz sof yarimo‘tkazgich xususiy yarimo‘tkazgich deb ataladi. Ya’ni panjara nuqsonlarining uning zaryad tashuvchilari zichligiga ta’siri ahamiyatsiz. Bunday yarimo‘tkazgichning elektrik xususiyatlari elektron va kovaklarning generatsiyasi va rekombinatsiyasi orqali aniqlanadi.

Juda past temperaturalarda $T \rightarrow 0$, vodorodga o‘xshash donor va akseptorlar neytral o‘tkazuvchanlik va valent zonadagi sathlar to‘lmagan va yarimo‘tkazgich o‘zini dielektrikdek tutadi. Juda yuqori kirishma konsentratsiyasida, agar ta’qiqlangan zonadagi energetik sathlarning energiyasi yetarli bo‘lsa, ular o‘zlarining holatlarini yo‘qotadi. Hamda, ushbu sathlar keyin tor zonalarini hosil qiladi va ular qisman elektronlar bilan to‘lsa, xatto $T \rightarrow 0$ holat uchun ham elektr o‘tkazuvchanlik hosil bo‘lishiga imkon beradi, ya’ni yarimo‘tkazgich o‘zini metaldek tutadi.

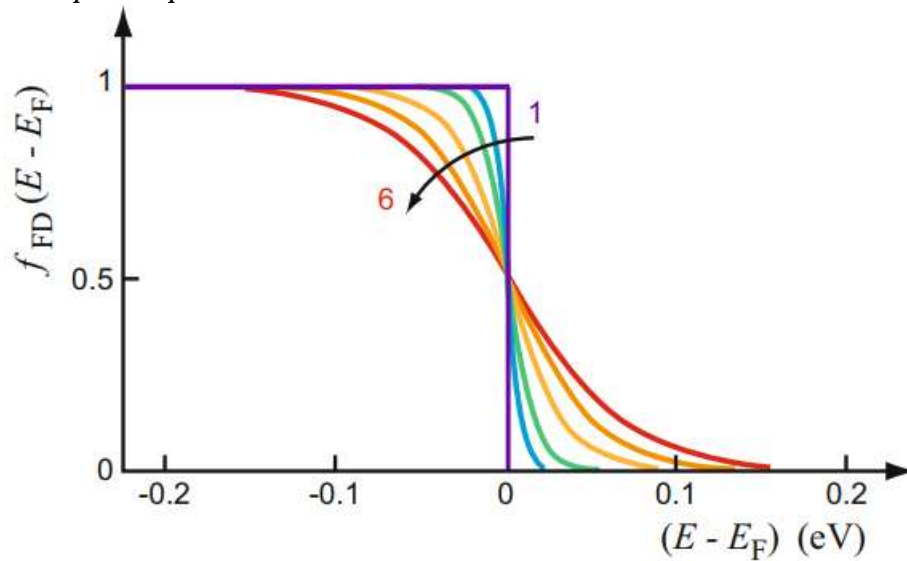
Demak, fazaviy o‘tish 2-tur hisoblanib, yarimo‘tkazgich ba’zi xususiyatlarini o‘zgartiradi, lekin energiya yutish yoki chiqarish orqali amalga oshmaydi. Shuning uchun ham 2-tur hisoblanadi. Yarimo‘tkazgichlarda, fazaviy o‘tishlar zaryad tashuvchilarni energetik sathlarni to‘ldirish ehtimolligi bilan bevosita bog‘liq. Elektronlar yarim butun sonli spinga ega bo‘lgani uchun fermionlar hisoblanadi va formula (1) da keltirilgan Fermi-Dirak taqsimotiga bo‘ysunadi.

$$F_{FD}(E) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right) + 1} \quad (1)$$

bu yerda: T -temperatura, E – energetik sathning energiyasi, E_F – Fermi sathi, k – Bolsman doimiysi, F_{FD} -Fermi-Dirak taqsimot funksiyasi.

Ushbu taqsimot funksiyasi $T=0$ da to‘rtburchak shaklda bo‘ladi. Demak, hamma Fermi sathidan quyida joylashgan sathlar zaryad tashuvchilar bilan to‘lgan ($F_{FD}=1$). Barcha Fermi sathidan yuqoridagi energetik sathlar elektronlar bilan umuman to‘lmagan. Temperatura noldan katta bo‘lgan holat uchun to‘ldirish darajasi energetik sath energiyasi ortgan sari kamayadi va Fermi energiyasining qiymatida 50% ga yetadi (Rasm 1). Fermi energiyasidan bir qancha kT

energiya yuqoridagi sathlarning to'ldirish koeffitsientini formula (2) da keltirilgan Bolsman yaqinlashishi orqali aniqlash mumkin.



Rasm 1. Turli temperaturalarda to'ldirish koeffitsienti va energetik sath energiyasi orasidagi bog'lanish.

$$F_B(E) = \exp\left(-\frac{E - E_F}{kT}\right) \quad (2)$$

Masalan yarimo'tkazgichga tashqi kuchlanish qo'yilganda unda fazaviy o'tish Mott kritik nuqtasidan pastda yuz beradi [1]. Bunga sabab tashqi kuchlanish qo'yilganda yarimo'tkazgichdagi energetik sathlarning to'lish ehtimolligining o'zgarishidir. Ya'ni, tashqi kuchlanishni Fermi funksiyasiga ta'siri mavjudligidir. Ushbu, statistika orqali ixtiyoriy holatlar uchun Mott kritik nuqtasini hisoblab chiqish mumkin.

Adabiyotlar

1. Rademaker, L., Vinokur, V. & Galda, A. Universality and critical behavior of the dynamical Mott transition in a system with long-range interactions. Sci Rep 7, 44044 (2017). <https://doi.org/10.1038/srep44044>

Қайдлар учун

[illegible]

МУНДАРИЖА

I ШЎБА

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИНИНГ ФУНДАМЕНТАЛ ВА АМАЛИЙ МУАММОЛАРИ

С.З.Зайнабидинов, Н.А.Тургунов, Э.Х.Беркинов, Р.М.Турманова <i>Влияние скоплений примесных атомов никеля на кристаллическую структуру монокристаллов кремния</i>	6
З.А.Исаханов, А.Ш.Усмонкулов, Р.Джаббарганов, Р.Курбанов <i>Элементный состав примесных атомов в кремний</i>	9
Г.Гулямов, А.Б.Давлатов, Д.Р.Ўринбоев <i>Яримўтказгичли наноипларда электронлар энергия сатхлари ва тўлқин функциялари</i>	10
И.Н.Каримов, В.А.Абдуазимов, М.Б.Фозилжонов <i>Исследование подвижного заряда в слое SiO₂ многослойных структур</i>	12
С.С.Насриддинов, М.И.Маннанов <i>Самоорганизация кластеров примесных атомов Ni в кремнии и исследование их свойств</i>	14
М.Б.Шарибаев, Ш.Баймуратов, А.Уразбоева, Ш.Қаландарова <i>Влияние электронных облучений на оптические свойства экситонных областей эпитаксиальных пленок ZnTe/GaAs</i>	15
Э.Х.Беркинов, К.И.Вахабов, Н.А.Тургунов, Д.Х.Нурмирзаева <i>Морфологические параметры примесных микровключений никеля в образцах n-Si<Ni></i>	18
Т.М.Разыков, К.М.Кучкаров, Б.А.Эргашев, Р.Р.Хуррамов, М.Махмудов, Д.З.Исаков, С.Р.Жумабоев <i>Микроструктура и электрические свойства тонких пленок Sb_xSe_y полученных методом ХМПО от отдельности источника элементов Sb и Se</i>	20
Х.М.Мадаминов <i>Исследование токов в условиях комнатной температуры p-Si-n-Si_{1-x}Sn_x-n⁺-Si_{1-x}Sn_x (0≤x≤0.04) - структур</i>	23
П.Ж.Байматов, Б.Т.Абдулазизов, М.С.Тохиржонов <i>Зависимость заселенности уровни Ландау от температуры</i>	26
Z.Ahmedova, SH. Oripov, A.O.Kurbanov <i>Yuqori energiyali zarrachalar oqimini kremniyning elektrofizik va rekombinatsiyaviy hususiyatlariga ta'siri</i>	28
Х.А.Махмудов <i>Чанглангтувчи – пиролиз усули билан SnO₂, ZnO ва Zn₂SnO₄ металлооксид қатламларини олиш.</i>	30
З.М.Сохибова <i>Ишқорий металл атомларининг грануланган кремнийнинг электрофизик хоссаларига таъсири</i>	32
Д.П.Абдурахимов <i>Квант нуқтали (GaAs)_{1-x-y}(Ge₂)_x(ZnSe)_y қаттиқ қоришмасини олиш</i>	34

II ШҶҒБА

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МИКРО- ВА НАНО- ЭЛЕКТРОНИКА МУАММОЛАРИ ВА ИСТИҚБОЛЛАРИ

Далиев Х.С., Кулдашов О.Х., Мананов М.

Устройство для дистанционного контроля влажности хлопка-сырца на полупроводниковых излучателях..... 36

A.Abdikarimov, S.Ulashov, H.Abdikarimov

Simulation of the amplitude of random telegraph noise in vertical field effect transistor with a single charge trapped at the oxide-semiconductor interface 38

Ф.Ф.Шайимов

Использование кристалла арсенида галлий в лазерах со солнечной накачкой для модуляции добротности резонатора 41

T.M.Razykov, Q.M.Qo'chqarov, B.A.Ergashev, A.X.Shukurov, A.Olimov, M.Mahmudov, D.Z.Isaqov, M.Pirimmatov

Se bilan boyitilgan Sb₂Se₃ yupqa qatlamlarining strukturaviy va elektrofizik xossalari 43

Ф.Ф.Шайимов

Возможности упрощения схем солнечных лазеров на параболических концентраторах 45

K.B. Haydarov, K.P. Abdurakhmanov, A.A. Abdujabbarov

Rotating and nonlinear magnetic-charged black hole 46

K.B.Haydarov, A.A.Abdujabbarov

Shadow of black holes under general parametrized metrics..... 48

А.А Пулатов, Д.А.Юсупов

Перспективы гетероструктурные фотоприемники на основе GaAs-Al_xGa_{1-x}As.. 50

Р.Т. Курбанов, З.А. Исаханов

Анализ химического состава поверхности тонких полупроводниковых пленок методом вторично ионной масс-спектрометрии на «Прострел» 52

А.Х.Шукуров, Т.М.Разыков

Морфологических и структурных характеристик тонких пленок Sb₂Se₃ синтезированных методом химического молекулярного пучкового осаждения ... 54

Ш.К.Кучканов, М.М.Адилов, Ш.Т.Хожиев

Влияние примеси титана на структуру кремний-германиевых плёнок, полученных газофазной эпитаксией..... 59

Н.М.Юлдашева

Металл нанозарраларда фотоэмиссия 61

III ШҶҒБА

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ФОТОВОЛЬТАИКАНИНГ ТАДҚИҚИЙ ВА АМАЛИЙ МАСАЛАЛАРИ

Prof. R.Aliev

Turli metal nanozarrachalar kiritilgan kremniy asosli quyosh elementining fotoelektrik parametrlariga atrof-muhit ta'siri..... 64

Э.З.Имамов, Р.А.Муминов, М.А.Аскаров, Х.Н.Каримов

Определение оптимальных параметров материала солнечного элемента с

нано размерными гетеро переходами по его световой вольтамперной характеристике	69
A.A.Saparbayev, L.R.Nurumbetova, B.G'Xidirov Noorganik CsPbI ₃ perovskit quyosh elementlarini atmosfera sharoitida ikki marta spin qoplashning samaradorligi	75
G.Gulyamov, G.Majidova, B.Shahobiddinov, F.Muhitdinova Fotoelement foydali quvvatini electron, kovak va fonon haroratiga bog'liqligini o'rganish	76
Я.А.Сайдимов, Ф.Б.Умаров, А.Р.Тураев, А.З.Абдурасулов Экспериментальное исследования градиента температуры монокристалла кремния.....	79
А.Й.Бобоев, Ж.Н.Усмонов, М.А.Абдуқаххорова n-GaP-p-(GaAs _{1-δ} Biδ) _{1-x-y} (Ge ₂) _x (ZnSe) _y гетеротузилманинг фотоэлектрик хоссаси	81
B.D.Rashidov, R.B.Rahmatullayev, O.Sh.Rashidova Distribution of mechanical stress through the silicon solar cell	83
Sh.X.Yulchiyev, K.S.O'rinboyeva, A.Y.Boboyev (GaAs) _{1-x-y} (Ge ₂) _x (ZnSe) _y epitaksial qatlamining morfologik hamda fotoelektrik xususiyatlari	85
Ж.Н.Усмонов, А.Акбаров, Б.М.Эргашев n-GaP-p-(GaAs _{1-δ} Biδ) _{1-x-y} (Ge ₂) _x (ZnSe) _y гетеротузилмасининг тузилмавий хусусиятлари	87
M.Fozilova, A.Eraliyev, G.Mamatova Kassiterit asosidagi va Silicon optik qatlamli fotoelementlarni xususiyatlarini o'rganish	89

IV ШҶЪБА

ҚАЙТА ТИКЛАНАДИГАН ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИНИ РИВОЖЛАНТИРИШ

C.X.Сулейманов, В.Г.Дыскин, М.У.Джанклич, Н.А.Кулагина, Ш.Ё.Амиров Создание селективно поглощающих керметных покрытий на основе TiO ₂ – NiO для солнечных теплоприемников	92
C.З.Зайнабидинов, У.С.Бобохўжаев, А.Б.Набиев, М.А.Усманов, Ф.Исабоева, Ж.Нематуллаев Si:H модификацияларининг фотоэлектр ўтказувчанлигига ферми сатҳи силжишининг таъсири	95
O.X.Polvonov, X.Z.Siddiqov, R.A.Sitdiqov Perovskitlar: Quyosh energiyasining arzon va istiqbolli kelajagi.....	96
K.Yakubov, R.Bazarbayev, D.Qurbanov, S.Karajanov Quyosh panellariga tashqi omillar tasiri va uni bartaraf qilish imkoniyatlari	99
A.A.Зарипов, У.Б.Халилов, Ш.Кучканов, Х.Б.Ашууров Механизм обработки диэлектриков и керамики с помощью электроэрозии.....	102
A.Mirzaalimov, S.Temirov, B.Jo'raboyev Гибрид фотоэлектрик stansiyalariga atrof muhit ta'sirini tahlil qilish uchun masofadan boshqariluvchi avtomatik sistemani ishlab chiqish.....	104

М.М.Камилов

Куёш панелларининг чиқиш характеристикаларига таъсир этувчи омилларни ўрганиш ва аниқлаш..... 108

Ж.И.Қаҳҳоров, М.С.Мирзаалимова

Куёш модулларини қўлланилиши ва иқтисодий асосланиши..... 110

М.Абдувоҳидов, Ж.Г'улотов

Turli konstruksiyadagi faqat orqa kontaktli kremniy asosli quyosh elementlarini modellash tirish 113

Н.Мирзаалимов, Ж.Қаҳҳоров, А.Мирзаалимов

Aylanuvchi 3D formatli fotoelektrik energetik qurilmaning nazariy va texnik asoslari 115

Н.Мирзаалимов, А.Мирзаалимов, С.Жо'раева, Д.Хонбутаяева

Yuqori samarador "MAXEON GEN III" yangi avlod quyosh elementlarining afzalliklari..... 118

А.Мирзаалимов

Vertikal o'tishli quyosh elementining salt ishlash kuchlanishiga yorug'lik intensivligi va temperaturaning ta'siri..... 120

V ШЎБА

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА ҚАЙТА ТИКЛАНДИГАН ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ МУТАХАССИСЛАРИНИ ТАЙЁРЛАШНИНГ ЎҚУВ-ТАШКИЛИЙ ВА МЕТОДОЛОГИК МАСАЛАЛАРИ

М.З.Насиров, В.А.Абдуазимов, С.Д.Матбабоева

Моделирование колебательных процессов на основе MOBILE BASIC..... 122

М.Ф.Рахматуллаева

Қайта тикланувчи энергия манбаъларидан фойдаланишни таълим тизимида қўллаш зарурлиги 125

А.Ж.Ералиев, А.А.Алиjonov, М.Мирзакаримова

Fanni o'qitishda innovatsion texnologiyalardan foydalanish..... 127

М.О.Қўчқарова

Умумий физика курсининг молекуляр физика бўлимини ўқитишда изчиллик тамойилини қўллаш..... 130

А.Парниев, Ғ.Рахматов

Чигитли пахтани қуритишдаги айрим кўрсаткичларга функционал керамика асосидаги инфрақизил нурланишнинг таъсири 133

М.А.Зиyoitdinova, Р.С.Мурadov

Yarimo'tkazgichli qurilmalarni modellash tirishda Monte Carlo statistik metodining ahamiyati 136

Р.С.Мурadov, М.А.Зиyoitdinova

Ehtimollar nazariyasi va statistik metodni qo'llash orqali yarimo'tkazgichlardagi Mott kritik nuqtasini tadqiq qilish..... 138

**«ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ МИКРОЭЛЕКТРОНИКА,
НАНОТЕХНОЛОГИЯЛАР ВА НОАНЪАНАВИЙ
ЭНЕРГИЯ МАНБАЛАРИ ФИЗИКАСИНИНГ
ДОЛЗАРБ МУАММОЛАРИ» МАВЗУСИДАГИ
РЕСПУБЛИКА ИЛМИЙ-АМАЛИЙ АНЖУМАНИ
МАТЕРИАЛЛАРИ
ТЎПЛАМИ**