

ЗАХИРИДДИН
МУҲАММАД БОБУР
НОМИДАГИ АНДИЖОН
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ANDIJAN STATE
UNIVERSITY NAMED
AFTER ZAKHIRIDDIN
MUKHAMMAD BABUR

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА

Физика-математика
Тадқиқотлари
(Махсус сон)

SCIENTIFIC BULLETIN

Physical and
Mathematical Research
(Special Issue)

Андижон
2023 йил

Муассис

Захириддин Мухаммад Бобур номидаги Андижон давлат университети

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА. ФИЗИКА-МАТЕМАТИКА ТАДҚИҚОТЛАРИ

Журнал бир йилда 2 марта чоп этилади.

Андижон вилояти ахборот ва оммавий коммуникациялар бошқармаси
томонидан 2019-йил 26 декабрда
0452 рақам билан рўйхатга олинган.

Нашр индекси: 344

Нашр учун масъул:
А.Й.Бобоев

Босишга рухсат этилди:
27.12.2019.

Қоғоз бичими: 60x81 1/8

Босма табоғи: 13,5

Офсет босма. Офсет қоғози.

Адади: 110 дона.

Баҳоси келишилган нархда.

Буюртъа №: 165.

“Мухаррир” нашриёти манбаа бўлимида чоп этилди.
Тошкент шаҳри, Сўгалли ота кўчаси 7-уй

Таҳририят манзили:

170100, Андижон шаҳри, Университет кўчаси, 129. Телефон: +998911602043.

Факс: (374) 223-88-30

E-mail: adu_xabarnoma@mail.ru Расмий сайт: uzjournals.edu.uz/adu

**Сборник статей международной научно-практической конференции по
«Полупроводниковая опто- и наноэлектроника, альтернативные
источники энергии и их перспективы» Андижан, 12-13 октября 2023 года**

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.З. ЗАЙНАБИДИНОВ, А.Й. БОБОЕВ, Б.М. ЭРГАШЕВ Механизмы формирования квантово-размерных нанообъектов в многокомпонентных структурах GaAs/Ge/ZnSe и GaAs/Si/ZnSe.....	7
М.Х. АШУРОВ, Б.Л. ОКСЕНГЕНДЛЕР, С.Х. СУЛЕЙМАНОВ, С.Е. МАКСИМОВ, З.И. КАРИМОВ, Н.Н. НИКИФОРОВА, Ф.А. ИСКАНДАРОВА Современные аспекты радиационной деградации твердых тел и биообъектов.....	10
М.Т. НОРМУРАДОВ, Е.Н. ВЛАСОВА, К.Т. ДОВРАНОВ, Д.А. НОРМУРОДОВ, Х.Т. ДАВРАНОВ Измерение оптических параметров, диэлектрических материалов, созданных низкоэнергетическим ионно-плазменным методом.....	15
Е.С. РЕМБЕЗА, Т.В. СВИСТОВА, Н.Н. КОШЕЛЕВА, М.Б. РАСУЛОВА Гетероструктуры металлооксид-кремний, как перспективные структуры для создания солнечных элементов.....	24
О.О. МАМАТКАРИМОВ, В.Х. QUHQAROV, М.А. ERGASHEV, А.А. XOLMIRZAYEV Yarimo'tkazgich moddalariga asoslangan konvertorlarni ishlab chiqishda va uning asl parametrlarini saqlanishini o'rganish xossalari.....	28
S.Z. ZAINABIDINOV, H.J. MANSUROV, N.YU. YUNUSALIEV Photoelectric Properties of n-ZnO/p-Si Heterostructures.....	34
Х.Б. АШУРОВ, А.А. ЗАРИПОВ, А.А. РАХИМОВ, У.Ф. БЕРИДЕВ, И.Ж. АБДИСАИДОВ, М.М. АДИЛОВ Методы синтеза никелевого нанокатализатора для получения углеродных нанотрубок.....	39
Н.Ф. ЗИКРИЛЛАЕВ, М.М. ШОАБДУРАХИМОВА Особенности автоколебаний тока в компенсированном кремнии и их применение в электронике.....	46
Ш.Б. УТАМУРАДОВА, Ж.Ж. ХАМДАМОВ, В.Ф. ГРЕМЕНОК, К.А. ИСМАЙЛОВ, Х.Ж. МАТЧОНОВ, Х.Ю. УТЕМУРАТОВА Комбинационное рассеяние света в монокристаллическом Si, легированного атомами Gd.....	54
N.N. ABDURAZAKOV, R. ALIEV Power load forecasting using linear regression method of machine learning: Andijan regional case.....	58
И. Н. КАРИМОВ, М. ФОЗИЛЖОНОВ, А.Э. АБДИКАРИМОВ Вольт-фарадные характеристики SOI FINFET структуры.....	63
О.А. АБДУЛХАЕВ, А.З. РАХМАТОВ Низковольтные ограничители напряжения на основе структур с эффектом смыкания.....	67
SH.X. YO'LCHIYEV, B.D. G'ULOMOV, J.A. O'RINBOYEV ZnO va ZnO:Al yuqqa plyonkalarini sintez qilish va ularni fizik xossalari o'rganish.....	75
Ш.Т. ХОЖИЕВ, С.Ф. КОВАЛЕНКО, С.Е. МАКСИМОВ, В.М. РОТШТЕЙН, О.Ф. ТУКФАТУЛЛИН, Б.Л. ОКСЕНГЕНДЛЕР, Ш.К. КУЧКАНОВ Кластеры Y_n^+ и $Y_nO_m^+$, распыленные ионной бомбардировкой: эксперимент и теоретические аспекты.....	79

M. RASULOVA	
Application of Solution of the Quantum Kinetic Equations for Renewable Energy problem.....	85
A.A.МИРЗААЛИМОВ, Р.АЛИЕВ, Н.А.МИРЗААЛИМОВ	
разработка высокоэффективных и ресурсосберегающих конструкций кремниевых высоковольтных фотоэлектрических устройств.....	89
D.G' KHAJIBAEV, B.Ya. YAVIDOV	
On correlation of T_c and Cu-O _{apex} distance in single layered cuprates.....	97
A. АБДУЛВАХИДОВ, С.ОТАЖОНОВ, Р.ЭРГАШЕВ	
Фоточувствительность солнечных элементов гетероструктуры p CdTe – n CdS и p CdTe – n CdSe с глубокими примесными уровнями.....	102
М.К. КУРБАНОВ, К.У. ОТАБАЕВА, Д.У. ХУДОЙНАЗАРОВА	
Распыление пленок льда при бомбардировке ионами Ag+.....	107
H.O. QO'CHQAROV S.B. FAZLIDDINOV B.B.BURXONJANOV	
Simmetrik bo'lgan silikon diodning statik parametrlarini hisoblash p-n-uch nuqtali zaryadlangan nuqsonlarning δ -qatlami o'tish.....	113
N.Yu. SHARIBAYEV, B.M. BAXROMOV R.M. JALALOV A.A. YUSUFJONOV	
Study of electrophysical properties of semiconductor materials based on lead-selenium.....	120
Ш.К.КУЧКАНОВ, Х.Б.АШУРОВ, Б.М.АБДУРАХМАНОВ, С.Е.МАКСИМОВ, О. Э. КИМИЗБАЕВА, Ш.А.МАХМУДОВ	
О роли структурных дефектов в процессах генерации при нагреве эдс и носителей заряда в эпитаксиальных плёночных кремниевых p-n-структурах.....	125
S.Z. ZAYNABIDINOV, I.M. SOLIYEV, SH.K. AKBAROV	
Kremniy monokristallarida elektro noaktiv nikel va kislorod atomlarining o'zaro tasirlashuvi.	128
M.A.MUYDINOVA, G.J. MAMATOVA	
Yarimo'tkazgich plastinalar sirti va p-n strukturalarning optik xususiyatlari va ularni takomillashtirish usullari.....	132
L.O.OLIMOV, I.I. ANARBOYEV	
Kremniy granulalari asosida termoelektrik material samaradorligini oshirish mexanizimi.....	136

Яримўтказгич пластиналар сирти ва p - n структураларнинг оптик хусусиятлари ва уларни такомиллаштириш усуллари

М.А. Мўйдинова¹, Г.Ж. Маматова¹, И.М. Солиев²

¹Андижон давлат педагогика институти

²З.М. Бобур номидаги Андижон давлат университети

Аннотация: Ушбу мақолада p - n -структурали фотоэлектрик қурилмаларнинг оптик характеристикалари аввало база сифатида ишлатиладиган материал сиртининг оптик хусусиятларига кучли боғланган. Кремний сиртига қопланадиган оптик қатламларнинг турлари кўп бўлишига қарамасдан, уларни систематик тарзда физикавий синдириш кўрсаткичи қийматига ва қалинлигига қараб, маълум физик кетма-кетлик асосида бир ва кўпқатламли тизимда қўллаш рақамли моделлаштириш усули билан қуриб чиқилган. Оптик нуқтаи-назардан юқори самарадорликка эга фотоэлектрик қурилма яратиш омиллари илмий ёндашилган.

Калит сузлар: қайтариш коэффициенти, синдириш кўрсаткичи, оптик хусусияти, яримўтказгич пластина, кремний пластина, тўлқин узунлиги, фотоэлектрик қурилма.

Кириш. Яримўтказгич пластиналар сирти ва улар негизига қурилган p - n -структураларнинг оптик хусусиятларини оптималлаштириш учун аввало бир қатор фундаментал асосларга мурожаат қиламиз.

Фотоэлектрик қурилмалар учун база бўлиб хизмат қиладиган кремний пластиналар сирти уларни слитокдан металл симлар ёрдамида кесилганидан кейин бир неча микронларгача нотекикликларга эга бўлади. Пластиналарнинг бундай сиртлари абразив қуқунининг ўлчамлари майдалашиб бориш тартибиде тайёрланган суспензиялар ёрдамида қайта ишланиб, силлиқланади. Қаттиқ жисм сиртининг силлиқлик даражаси 14 турга ажратилади [1].

Кремний пластиналарининг сиртига механик ишлов берилганидан сўнг, сирт ювилиб унга кимёвий ишлов берилади. Пластиналар сиртида майда текстурлар деб аталадиган нотекикликлар мавжуд бўлиб қолади. Пластиналар сиртининг оптик характеристикаси деганда асосан сиртга тушган нурнинг оптик қайтариш коэффициенти ва унинг тушган нур тўлқин узунлигига боғлиқлиги тушунилади. Пластиналарнинг нур қайтариш коэффициенти R ва синдириш кўрсаткичи n ҳам нурнинг тўлқин узунлигига боғлиқдир. Одатда қаттиқ жисм сиртининг қайтариш коэффициенти ёки синдириш кўрсаткичи қийматлари тўғрисида гап кетганда нурнинг тўлқин узунлиги 0,5 мкм бўлгандаги ҳолат назарда тутилади.

Сиртининг оптик хусусиятлари монохроматорлар ёрдамида ўлчанади. Бунда турли оптик схемалардан фойдаланган ҳолда қаттиқ жисм сиртига юборилган нур, ундан қайтган нур ва пластинадан ўтган нур оқимлари турли тушиш бурчаклари ва пластиналарнинг турли қалинликлари учун бир хил фотодатчикларни қўллаш орқали амалга оширилади. Фотоэлектрик қурилмалар учун мўлжалланган пластиналар сиртининг оптик характеристикаларини ўлчашда $0,3 \div 1,1$ мкм тўлқин узунлиқдаги нурларни ажратиб бера оладиган монохроматорлар қўлланилади.

Экспериментал метод. “PVLighthouse” веб иловаси 2011 йил июнь ойида ишга туширилган бўлиб, ҳозирги кунда у Кит Макинтош (Keith McIntosh), Малкольм Эбботт (Malcolm Abbott), Бен Садбери (Ben Sudbury) ва бошқа бир қанча фотоэлектроника саноати билан шуғулланувчи мутахассислар томонидан кенгайтириб борилмоқда [56; -144 б.]. Тизимнинг ҳозирги кундаги фойдаланувчилари сони кескин ортиб бормоқда ва унга мурожаатлар сони бир ойда 10000 дан ортиб кетмоқда.

Мазкур тизим онлайн асосда ишлайди ва дастур ёрдамида бир қанча тадқиқот ишларни амалга ошириш мумкин. Жумладан, қуёш элементларини яратишда танлаб олинган материаллар параметрларни киритиб, уларни назарий таҳлил қилиш мумкин. Бунинг учун мазкур тизимнинг асосий ойнасидан “*CALCULATORS*” менюси танланади. Очилган менюдан “*WAFERS*” бўлимига кирилади. Бу бўлимда “*Wafer Dimensions*” ва “*Wafer ray tracer*” буйруқлари мавжуд бўлиб, улардан “*Wafer ray tracer*” ни танланади. Бу бўлим ёрдамида қуёш элементларининг ёки улар учун танланган базавий материалнинг оптик факторлари – ютилиш, қайтиш ва ўтиш параметрлари ўрганилади. Муҳим томони шундан иборатки, базавий материал сифатида бир неча қалинликлардаги ва бир неча турдаги кремнийни танлаш мумкин бўлади.

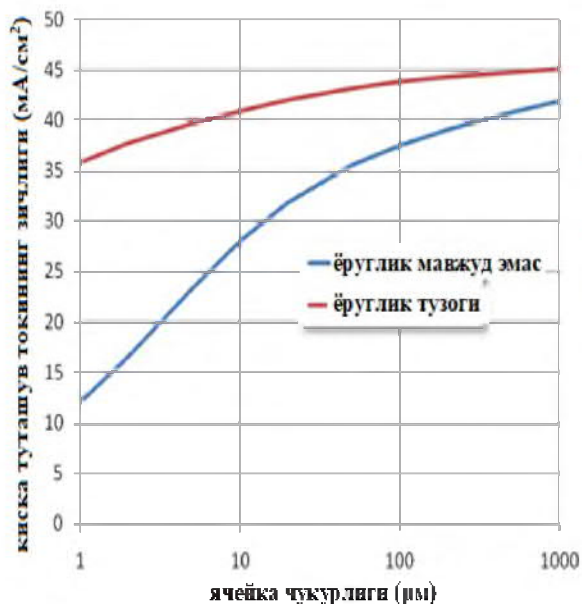
Тадқиқот ўтказиш учун ушбу дастур орқали қуйидаги датлабки параметрлар ҳам танланади:

“*Illumination*” – нурланиш параметрлари: зенит бўйича – қуёш тиклик бурчагини танлаб киритилади, спектр – қуёш нури, абсолют қора жисм, галоген ёки ксенонли лампа каби ёруғлик манбаининг тури (спектри) танлаб олинади.

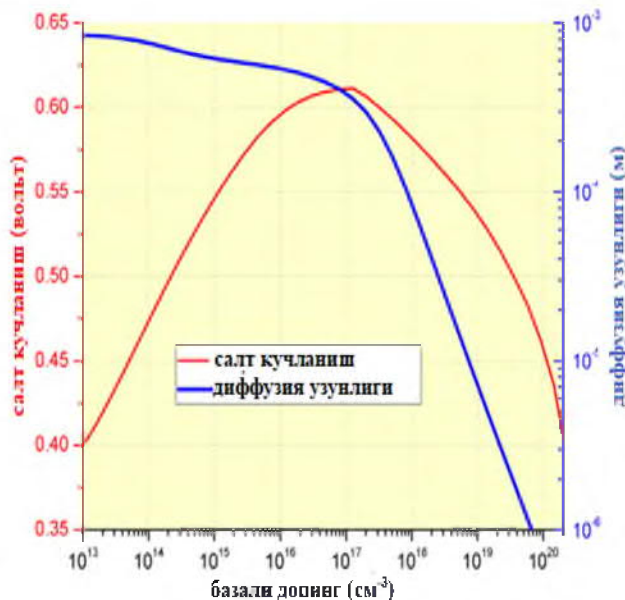
“*Surface morphology*” – юза морфологияси: фронтал қатлам – планар, оптик қатлам ёки текстура танланади, шунингдек орқа қатлам учун ҳам – планар, оптик қатлам ёки текстура танланади.

“*Layer materials*” – қатлам материаллари: бу ерда оптик қатлам материалининг тури ва унинг қалинлиги танланади. Шундай имконият яратилганки, бир ва кўпқатламли оптик қатламларни танлаш ва уларни турлича кетма-кетликларда шакллантириш мумкин бўлади.

Экспериментал натижалар. Фотоэлектрик қурилманинг фронтал ёки орқа томонида ёруғлик нурини тутиб қолувчи оптик тутқичларни шакллантириш орқали уларнинг оптик эффективлигини ошириш мумкин [2]. 1-расмда ана шундай ҳолатни намойиш қилувчи график келтирилган.



1-расм. Махсус нур тутувчи панжарали ва панжарасиз кремний асосли структурада қисқа туташув тоқининг қалинлик бўйича тақсимооти



2-расм. Кремнийли p-n-структурада ноасосий заряд ташувчилар диффузия узунлиги ва салт ишлаш қўчланишининг легирланганлик даражасига боғлиқлиги

1-расмдаги графикларни солиштириш орқали оптик тутқичлар шакллантирилса, кремний пластинаси қалинлигини қисман бўлсада камайтириш мумкинлиги келиб чиқади.

Фотоэлектрик қурилма учун база бўлиб хизмат қилувчи пластиналарнинг характеристикаларига, шу жумладан оптик, уларни легирлаш даражаси ҳам сезиларли даражада таъсир кўрсатади. Бу ишда [3] кремний асосли $n^+ - p - p^+$ структурали фотоэлектрик қурилмалар 7 МэВ энергияли электронлар оқими таъсирида синалган. Заряд ташувчилар (заряд ташувчи) яшаш вақтининг ўзгариши фотоэлектрик қурилмаларнинг эффективлигини туширувчи фактор сифатида қаралган. Ишнинг муҳим томони шундан иборатки, унда заряд ташувчи яшаш вақтининг қийматига таъсир қилиши мумкин бўлган факторлар кремний ҳажмидаги нуқсонларнинг аниқланганлигидир. Бу ишнинг фойдали томони заряд ташувчи яшаш вақтининг кремнийдаги легирлаш даражасига ва нуқсонлар концентрациясига боғлиқлигининг тасдиқланганлигидир. Бошқача айтганда бу ишда ҳам 2-расмда келтирилган графикнинг тўғрилиги тасдиқланган. фотоэлектрик қурилманинг самарадорлиги юқори бўлиши учун кремний пластинасидаги заряд ташувчи яшаш вақти ёки уларнинг диффузия узунлиги етарлича катта бўлиши керак, ёхуд легирланганлик даражаси маълум меёрдан ошмаслиги талаб этилади.

2-расмда кремний пластинасининг легирланганлик даражасининг заряд ташувчи диффузия узунлигига ва унинг негизига қурилган фотоэлектрик қурилмаларнинг салт ишлаш кучланишига таъсири график шаклида ифодаланган [4]. Графикдан кўринадик, агар базанинг легирланганлик даражаси 10^{17} см^{-3} дан ортиқ бўлса, заряд ташувчи диффузия узунлиги кескин пасайишни бошлайди. Бундай пластина негизига қурилган фотоэлектрик қурилманинг салт ишлаш кучланиши эса ўша чегаравий концентрацияда максимумга эришиб, ундан юқори концентрацияларда пасайиб кетади.

Таъкидлаш жоизки, одатда фотоэлектрик қурилманинг эмиттер қатлами базага нисбатан 1-2 тартибга юқори концентрацияга эга бўлади. Шунинг учун жуда юпка шаклда тайёрланади.

Заряд ташувчиларнинг фаол фотогенерацияси одатда база ҳудудига тўғри келади. Эмиттер ва $p-n$ -ўтишнинг ҳажмий заряд соҳаси фаол рекомбинацион ҳудудлар ҳисобланади. Ҳажмдаги рекомбинацияни камайтириш мақсадида фотоэлектрик қурилманинг орқа томонига яқин база ичида ички изотип майдон ҳосил қилинади. Фронтал ва орқа сиртда рекомбинацион жараёнларни камайтириш мақсадида пассивлаштирувчи оптик қатламлар қoplanadi.

Изотип майдон ҳосил қилинган ишда $n^+ - Si/n - Si/SiO_2/n^+ - ITO$ структурага эга бўлган икки томонлама фотосезгир фотоэлектрик қурилма ишлаб чиқилган. Бундай фотоэлектрик қурилмаларларнинг афзаллиги шундан иборатки, технологик жиҳатидан соддарок пиролизтик пульверизациялаш усули билан олинган ва ёруғлик нурининг қандай бурчак остида тушишишининг фарқи йўқ. .

Кремний пластинасида ёруғлик нурининг қайтишини ва рекомбинация жараёнини камайтириш мақсадида нур қайтишига қарши қатламлар қўлланилади. Бу мақсадда қўлланиладиган оптик қатламларнинг синдириш кўрсаткичи кремний ($n=3,4$) ва ҳаво ($n=1$) синдириш кўрсаткичлари орасидаги қийматга эга бўлиши керак. Бундай қатламнинг нур қайтишига қарши қатлам сифатида қўлланилишида биринчи - “ҳаво/ нур қайтишига қарши қатлам” ва иккинчи – “нур қайтишига қарши қатлам /кремний” чегара сирталаридан қайтган оптик нурларнинг устма-уст тушишида интерференция қонунлари асосий рол ўйнайди. Нур қайтишига қарши қатламнинг қалинлиги шундай бўлиши керакки, ҳавога қайтаётган нур учун интерференцион минимум шarti бажарилиши зарур.

Нур қайтишига қарши қатлам сифатида турли оптик шаффоф материаллар қўлланилади. Илмий адабиётларда асосан бирқатламли ва қисман иккиқатламли нур қайтишига қарши қатламлардан фойдаланилганлиги тўғрисидаги маълумотлар учрайди. Лекин кўпқатламли структуралар батафсил ўрганилмаган. Айрим оптик материалларнинг

турли калинликларидаги шаффофлик ва электр ўтказувчанлик кўрсаткичларининг фотоэлектрик қурилма самарадорлигига таъсири деярли ўрганилмаган.

Яримўтказгич материали, пластина сирти ёки фотоэлектрик қурилмалар сиртининг оптик хусусиятларини яхшилаш усулларида бири – текстуралашдир.

Текстуралар турли табиатга, турли геометрик шаклларга ва ўлчамларга, шунингдек сиртда тақсимоли бўйича биржинслилик ёки ножинслилик ҳамда уларни ҳосил қилиш технологияларига қараб жуда кўп турли бўлиши мумкин [6]. Илмий мақолаларда берилган маълумотларда одатда фақат бир турдаги текстура маълум бир асосга ва тузилишга эга бўлган фотоэлектрик қурилмалар учун қўлланилгани ҳамда айнан шу ҳолат учун оптималлаштириш чоралари кўрилганига гувоҳ бўлиш мумкин. Бироқ, айнан бир хил асосли фотоэлектрик қурилмаларга бир хил турдаги текстуралар ва уларнинг устига қопланадиган нур қайтишига қарши қатламлар билан биргаликда комплекс тарзида деярли ўрганилмаган.

Хулоса. Демак, *p-n*-структуралар ва фотоэлектрик қурилмаларнинг оптик характеристикалари аввало база сифатида ишлатиладиган материал сиртининг оптик хусусиятларига кучли боғланган. Кремний сиртига қопланадиган нур қайтишига қарши қатламларнинг турлари кўп бўлишига қарамасдан, уларни систематик тарзда физикавий синдириш кўрсаткичи қийматига ва калинлигига қараб бир ва кўпқатламли тизимда қўллаш рақамли моделлаштириш усули билан ўрганилмаган. Шунингдек, текстуралаш ва қўшимча оптик нур қайтишига қарши қатламлар қўллаш борасидаги тадқиқотлар ҳам бир тизимга солинмаган. Оптик нуқтаи-назардан юкори самарадорликка эга фотоэлектрик қурилма яратиш учун, биринчидан - нур ютиш характеристикаларига қараб яримўтказгич материални танлаш; иккинчидан яримўтказгич материалнинг калинлиги ва учинчидан унинг сиртига ишлов берилиши сифатига; тўртчинчидан сиртдаги нуқсонлар ва фотогенерацияланган заряд ташувчиларнинг рекомбинацияланишига олиб келадиган турли ҳолатларни пассивлаштириш каби омилларга илмий ёндашиш такозо этилади. Яъни, фотоэлектрик қурилмаларнинг оптик самарадорлигини мумкин қадар яхшилашга йўналтирилган илмий тадқиқотлар бажариш долзарб вазибалардандир.

Фойдаланилган адабиётлар:

- [1]. Шероховатость поверхности. <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/123/723.htm>;
- [2]. С.Зайнабидинов, Р.Алиев, М.Муйдинова, Б.Урманов Об оптической эффективности кремниевых фотоэлектрических преобразователей солнечной энергии. // Гелиотехника (Applied solar energy), том. 50, №5, 2018, С.3-9;
- [3]. А.В.Гетьман, Д.В.Олефиренко Влияние времени жизни носителей заряда на характеристики преобразователей солнечной энергии на космических аппаратах. // Энергетика: экономика, технологии, экология. Спецвыпуск – 2014. С. 19-24;
- [4]. А.Симашкевич, Е.Бобейко, Л.Брук, П.Морвилло, Ю.Усатый, В.Фёдоров, Д.Шербан Двусторонний преобразователь световой энергии в электрическую на основе изотипных переходов. // Sensor Electronics and Microsystem Technologies, 2007, No. 3. С. 30-34;
- [5]. Технология производства кремниевых солнечных элементов. <http://cellstester.narod.ru/technology.html>;
- [6]. С.Зайнабидинов, Р.Алиев, М.Муйдинова Особенности поглощения излучения в кремнии с поверхностной текстурой и излучение на свойства фотоэлектрических преобразователей. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология» 2019, № 28-33. С. 264-266.