

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҚОШИДАГИ
ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАЛСАФА
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
PhD.30.08.2018.FM/T.01.12 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

НУРДИНОВА РАЗИЯХОН АБДИХАЛИКОВНА

**ГЕНЕРАТОР ТИПИДАГИ ФОТОҚАБУЛ ҚИЛУВЧИ ҚУРИЛМАНИ
ЯРАТИШ**

01.04.10 – Яримўтказгичлар физикаси (техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2019 йил

**Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD)
диссертацияси автореферати мундарижаси**

**Оглавление автореферата диссертации
доктора философии (PhD) по техническим наукам**

**Contents of dissertation abstract
of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences**

Нурдинова Разияхон Абдихаликовна Генератор типдаги фотокабул қилувчи қурилмани яратиш.....	3
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна Разработка фотоприёмного устройства генераторного типа.....	21
Nurdinova Raziyakhan Abdikhalikovna Development and justification of the parameters of tracking systems for concentrators of solar installations.....	39
Эълон қилинган ишлар рўйхати Список опубликованных работ List of published works	42

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҚОШИДАГИ
ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКА
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ФАЛСАФА
ДОКТОРИ ИЛМИЙ ДАРАЖАСИНИ БЕРУВЧИ
PhD.30.08.2018.ФМ/Т.01.12 РАҚАМЛИ ИЛМИЙ КЕНГАШ**

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

НУРДИНОВА РАЗИЯХОН АБДИХАЛИКОВНА

**ГЕНЕРАТОР ТИПИДАГИ ФОТОҚАБУЛ ҚИЛУВЧИ ҚУРИЛМАНИ
ЯРАТИШ**

01.04.10 – Яримўтказгичлар физикаси (техника фанлари)

**ТЕХНИКА ФАНЛАРИ БЎЙИЧА ФАЛСАФА ДОКТОРИ (PhD)
ДИССЕРТАЦИЯСИ АВТОРЕФЕРАТИ**

Тошкент – 2019 йил

Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида № В2019.1PhD/T576 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертация Фарғона политехника институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгаш веб-саҳифасида (ispm.uz) ва «ZiyoNet» ахборот-таълим порталида жойлаштирилган.

Илмий раҳбар: **Касимахунова Анархан Мамасадиқовна**
техника фанлари доктори, профессор

Расмий оппонентлар: **Адукадилов Мухитдин Абдурашитович**
техника фанлари доктори, профессор

Раҳманов Анваржон Тожибоевич
техника фанлари доктори, профессор

Етакчи ташкилот: **Қорақалпоғистон давлат университети**

Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университети қошидаги Яримўтказгичлар физикаси ва микроэлектроника илмий тадқиқот-институти ҳузуридаги фалсафа доктори илмий даражасини берувчи PhD.30.08.2018.FM/T.01.12 рақамли илмий кенгашнинг 2019 йил «__» _____ соат ____ даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100057, Тошкент шаҳри, Янги Олмазор кўчаси, 20-уй. Тел./факс: (99895) 146-77-44; e-mail: info@ispm.uz), ЎЗМУ қошидаги ЯФМ ИТИ мажлислар зали).

Диссертация билан Ахборот технологияларини жорий этиш бўлимида танишиш мумкин (__ рақам билан рўйхатга олинган). Манзил: 100057, Тошкент шаҳри, Янги Олмазор кўчаси, 20-уй. Тел./факс: (99895) 146-77-44; e-mail: info@ispm.uz),

Диссертация автореферати 2019 йил «__» _____ да тарқатилди.
(2019 йил «__» _____ даги рақамли реестр баённомаси).

Ш.Б.Утамурадова
Фалсафа доктори илмий
даражасини берувчи
Илмий кенгаш раиси,
ф.-м.ф.д., профессор

С.С.Насриддинов
Фалсафа доктори илмий
даражасини берувчи
Илмий кенгаш илмий котиби,
т.ф.д., доцент

А.Т.Мамадалимов
Фалсафа доктори илмий
даражасини берувчи
Илмий кенгаш қошидаги илмий
семинар раиси, ф.-м.ф.д.,
профессор, академик

КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

Диссертация мавзусининг зарурати ва долзарблиги. Жаҳонда бугунги кунда жадал ривожланаётган яримўтказгичлар физикасининг муҳим йўналишларидан бири бўлган фотоэлектроника учун мўлжалланган янги яримўтказгич материалларини тадқиқ қилиш катта аҳамиятга эгадир. Бу борада бир микрон чуқурликда ёруғликни 99% ютувчи мис ва индий диселенидлари (CuInSe_2) бирикмаси катта қизиқиш уйғотади, унинг электронларининг ўзига хос энергетик спектри ва оптик хоссаларининг анизотропияси рақобатбардош фотосезгир структураларни яратиш имконини беради. Шунинг учун юқори кириш қаршилигига эга бўлган электрометрик қурилмаларнинг кучланиш манбаи сифатида қўлланиладиган фотогенератор структураларини яратиш фотоэлектрониканинг муҳим вазифаларидан бири бўлиб қолмоқда.

Бугунги кунда жаҳонда генератор типигаги фотоқабул қилувчи қурилмани яратишга, фотоэлектрик эффектларни тадқиқот қилишга ва аномал фотовольтаик кучланиш эффектига эга юпқа қатламли структураларни олиш технологияларини ривожлантиришга катта эътибор қаратилмоқда. Бунда мақсадли тадқиқотларни амалга ошириш, жумладан аномал фотовольтаик кучланиш эффектига эга бўлган CuInSe_2 қатламларини олиш технологияларини ривожлантириш, фотосезгир мис ва индий диселенидлари намуналарининг параметрларини ва фотосезгирлигининг кайта такрорланувчанлигини бошқариш, аномал фотовольтаик кучланиш эффектига изовалент киришмалар ва ташқи муҳитнинг таъсирини, магнит майдонида аномал фотовольтаик кучланиш эффектининг ҳосил бўлишига қутбланган ёруғликнинг таъсирини ўрганиш, аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг компонентларини ва қўшимча киришмаларни вакуумли чанглатиш йўли билан босқичма босқич ўтказишни амалиётга тадбиқ қилиш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Республикамызда тез ривожланаётган йўналишларга катта эътибор қаратилмоқда, жумладан кадмий теллурид, арсенид галий бирикмаларни тор энергетик сатҳлардаги хоссалари, теллурид кадмийнинг радиация таъсиридаги хусусиятлари устида илмий изланишлар жадал олиб борилмоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантиришнинг Ҳаракатлар стратегиясига кўра, илмий-тадқиқот ва инновация ютуқларини амалиётга жорий этишнинг самарали механизмларини яратиш масалаларига алоҳида эътибор қаратиш, яъни яримўтказгичлар физикаси соҳасидаги назарий ва амалий изланишлар натижасида инновацион технологияларни амалиётга жорий этиш орқали фотоэлектроника соҳасининг самарадорлигини ошириш муҳим аҳамиятга эга.

Ўзбекистон Республикасининг Президентини 2010 йил 15 декабрдаги ПҚ-1442-сон «2011-2015 йилларда Ўзбекистон Республикаси саноатини ривожлантиришнинг устивор йўналишлари тўғрисида» қарори, 2017 йил 7 февралдаги ПФ-4947-сон «2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини

ривожлантиришнинг бешта устивор йўналиши бўйича Ҳаракатлар стратегияси»¹ фармони, 2017 йил 17 февралдаги ПҚ-2789-сон «Фанлар академияси фаолияти, илмий-тадқиқот ишларини ташкил этиш, бошқариш ва молиялаштиришни янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида»ги қарори ҳамда мазкур фаолиятга тегишли бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланиши устувор йўналишларига мослиги. Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг III. Энергетика, энергоресурс тежамкорлиги, асбобсозлик, замонавий электроника, микроэлектроника, электрон асбобсозликнинг ривожлантиришни устувор йўналиши доирасида бажарилган.

Муаммонинг ўрганилганлик даражаси. Япониялик олимлар Takahashi M., Nakai J. томонидан вакуумда 10^{-5} мм.см.уст. босим остида 100 мкм/с. буғлатиш тезлик билан Ge асосидаги қатлам олинган. Улар чанглатиш бурчагини ошириш йўли билан фотокучланишни ортишига ва максимал қийматга 60° бурчак остида эришилганини аниқлашган. Бунда қатламнинг қалинлигини 0,02 дан 0,2 мкмга орттирилганда фотокучланишнинг камайиши кузатилган.

Ўзбекистонда германийдан олинган биринчи қатламлар академик Э.И.Адирович раҳбарлигида олинган. 0,1 мкм қалинликдаги қатламларни чанглатиш 45-60 градус бурчак остида, 200-400⁰С тагликнинг ҳароратида амалга оширилган. Ҳозир пайтда сульфид кадмий аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг қўлланилишини янги йўналишлари бўйича профессор С.Отажонов томонидан тадқиқот ишлари олиб борилмоқда.

Аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг яхши ўрганилганига қарамай, уларнинг кутбланган ёруғликдаги фотоэлектрик, фотомагнит, магнитооптик ва бошқа хусусиятларига эътибор қаратиш зарур.

Тадқиқотнинг диссертация бажарилган илмий-тадқиқот муассасасининг илмий-тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги. Диссертация тадқиқоти Фарғона политехника институти илмий-тадқиқот ишлари доирасида АТ-Отех-133, «Металл қириндили абсорберли эффектив хаво исситгичини яратиш» (2017-2018й.й.) лойиҳаси асосида бажарилган.

Тадқиқотнинг мақсади мис ва индий диселениди қатламлари асосида генератор типдаги фотоқабул қилувчи қурилмани яратишдан иборат.

Тадқиқотнинг вазифалари:

CuInSe₂ бирикмали юпқа қатламлар асосида янги аномал фотовольтаик кучланишга эга структураларни олиш технологиясини ривожлантириш;

мис ва индий диселениди намуналарининг параметрларини ва фотосезгирлигининг кайта такрорланувчанлигини бошқаришни таъминлаш;

¹ Ўзбекистон Республикасининг президентини ПФ-4947-сон «Ўзбекистон Республикасининг янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида» ги 2017йил 7 февралдаги фармони.

аномал фотовольтаик кучланиш эффектига изовалент киришмаларнинг ва ташқи таъсирларнинг таъсирини ўрганиш;

магнит ва электр майдонларида аномал фотовольтаик кучланиш эффективининг намоён бўлишига қутбланган ёруғликнинг таъсирини аниқлаш;

аномал фотовольтаик кучланишга эга элементлар асосидаги генератор типидagi фотоқабул қилгич қурилмасини қўллаш ҳисобига квант генераторининг конструкциясини оптималлаштириш.

Тадқиқотнинг объекти CuInSe_2 асосидаги уч компонентли мураккаб яримўтказгичли қоришмалардан иборат.

Тадқиқотнинг предмети қутбланган ёруғлик таъсирида изовалент киришмали аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларда кечаётган физикавий жараёнлардан иборат.

Тадқиқотнинг усуллари. Қўйилган масалаларни ечимини топиш учун фотоэлектрик, фотомагнит ва оптик усуллар қўлланилган.

Тадқиқотнинг илмий янгилиги қуйидагилардан иборат:

олтингугурт ва селен изовалент киришмалар билан легирланган CuInSe_2 яримўтказгич бирикмалари асосидаги янги аномал фотовольтаик кучланишга эга элементларнинг олиш технологияси ишлаб чиқилган;

мис ва индий диселенидлари таркибий муносабатларини ва материални танлашни оптималлаштириш йўли билан параметрлари бошқариладиган ва қайта такрорланувчанлик имконига эга аномал фотовольтаик кучланиш эффектли қатламлар олинган;

CuInSe_2 яримўтказгич қатламлар асосидаги аномал фотовольтаик кучланиш элементларидаги фотокучланишлар қиймати (300 В) маълум теллурид висмут ва сурма асосидаги қатламларидагидан 2 даражага кўплиги аниқланган;

структуралар фронтал ёритилганда фотосезувчанлик қатламининг чуқурлиги бўйича киришмаларнинг жойлашиши бир жинсли эмаслиги ҳисобига аномал фотовольтаик кучланиш, фотоэлектрет ҳолат кучланиши, фотомагнит эффект кучланиши максимумлари қисқа тўлқин узунлиги томонига силжиши аниқланган;

АФК қатламлари компонентларини босқичма-босқич ўтқазишни ва кўшимча киришмаларни вакуумли чанглатишни таъминлайдиган икки бўғлатгичли қурилма яратилган.

Тадқиқотнинг амалий натижалари қуйидагилардан иборат:

юқори кучланиш майдон манбаи сифатида қўлланиши мумкин бўлган генератор типидagi фотоқабул қилгич яратилган;

яратилган фотоқабул қилгич оптоэлектрон микросхемаларда, кучланиш манбаини ўрнини босувчи автоном манба сифатида қўлланилган;

яратилган фотоқабул қилгич ўлчаш-назорат қурилмаларидаги маълумотни бирламчи ўзгартиргичи сифатида қўлланилган;

яратилган генератор типидagi фотоқабул қилгич паст кучланишларни юқори кучланишларга айлантирувчи оптоэлектрон трансформатор сифатида қўлланилган.

Тадқиқот натижаларининг ишончлилиги юқори сезгирликка ва ўта аниқликка эга бўлган тажрибавий услубларнинг қўлланилганлиги, шунингдек, физик жараёнларни тадқиқ қилишда умумқабул қилинган услубларнинг фойдаланилганлиги, турли усулларда олинган натижаларни таққослаш орқали таҳлил қилиниши билан таъминланган.

Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти. Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти, қутбланган ёруғлик таъсирида қийшиқ бурчак остида чанглантирилган мис ва индий диселениди юпқа қатламларидаги аномал фотовольтаик кучланиш эффектларининг хусусиятларини намоён қилишни кенгайтиришдан иборат.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти CuInSe_2 асосида яратилган АФК элементлардан оптоэлектрон трансформаторларни ва кириш қаршилиги катта бўлган қурилмалар учун кучланиш манбаларини тайёрлашда қўллаш билан изоҳланади.

Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши. Генератор типидagi фотоқабул қилгич қурилмани тадқиқ қилиш асосида:

мис ва индий диселениди қатламлари асосида яратилган генератор типидagi фотоқабул қилгич қурилма, “Электрошок” маъсулияти чекланган жамиятда, аномал фотовольтаик кучланишга эга элементларнинг ҳаракатдаги макети кўринишида электростатик майдонда ишловчи асбоб ва қурилмаларнинг алоҳида қисмлари учун кучланиш манбаи сифатида қўлланилган. (Ўзбекистон савдо-саноат палатасининг Андижон вилояти ҳудудий бошқармасининг 2019 йил 7 январдаги 8.01.19-сон маълумотномаси). Илмий натижаларнинг қўлланилиши алоҳида энергия боғлиқ бўлмаган қисмларни ишлаб чиқиш ва ўлчаш қурилмаларнинг ўлчамларини ихчамлаштириш имконини берган;

оптик нур манбаига эга бўлган квант генератори учун ҳалқаро миқёсдаги муаллифлик ҳуқуқини берувчи ЕС-01-001725 рақамли сертификат олинган. (18.05.2018 йил, Берлин, Германия). Бу ташқи энергия манбаига эга бўлмаган квант генераторининг сараловчи системасини яратиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг апробацияси. Диссертация ишининг асосий натижалари 10 та халқаро ва 8 та республика миқёсидаги илмий-амалий конференцияларда баён этилган ва муҳокама қилинган.

Тадқиқот натижаларининг эълон қилиниши. Диссертация ишининг мавзуси бўйича жами 6 та илмий иш чоп этилган, улардан 3 та мақола Ўзбекистон Республикаси ОАКнинг диссертация ишларини асосий илмий натижаларини чоп этиш тавсия этилган илмий нашрларида, 3 та мақола хорижий илмий журналларда чоп этилган, битта халқаро муаллифлик ҳуқуқини белгиловчи сертификат олинган.

Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши. Диссертация таркиби кириш, бешта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловадан иборат. Диссертациянинг ҳажми 34 та расм ва 1 та жадвални ўз ичига олган ҳолда 118 бетни ташкил этади.

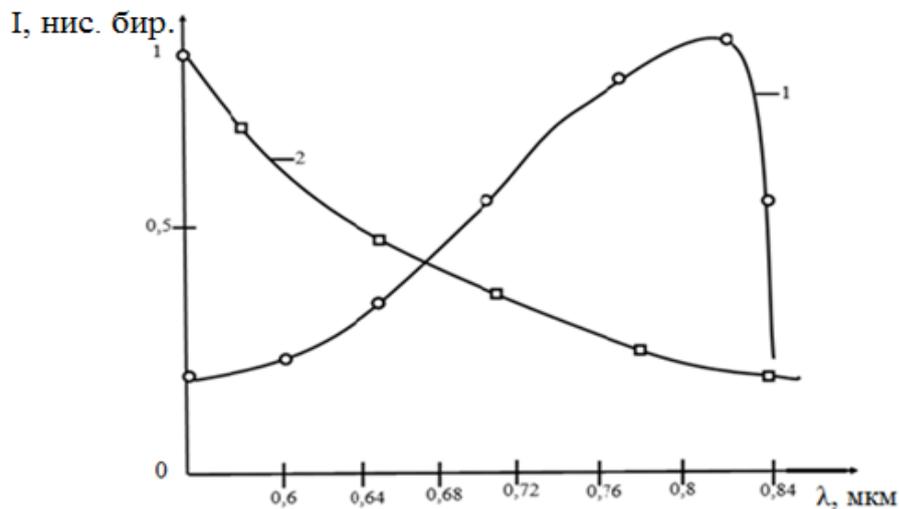
ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

Ишнинг **кириш қисмида** мавзунинг долзарблиги асосланган, тадқиқотнинг мақсад ва масалалари аниқланган, ишнинг илмий янгилиги ва унинг натижасини амалий аҳамияти кўрсатилган.

“Генератор типдаги аномал фотовольтаик кучланишга эга элементларнинг тадқиқотини ва техникавий қўлланилишини замонавий ҳолати” номли биринчи бобда аномал фотовольтаик кучланиш эффекти бўйича қилинган ишларнинг умумий ҳолати кўрсатилган ва берилган ишда уларнинг ечими ҳисобланган вазифалар аниқланган. Асосий эътибор, аввало оптоэлектрон асбобсозлик, ўлчаш ва ўзгартиргич техникаси соҳаларида аномал фотовольтаик кучланиш эффектнинг татбиқий имкониятларига, ҳамда аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг функционал микросхемаларда генератор типдаги фотоқабул килгич сифатида қўлланилишига бағишланган ишларга қаратилган. Аномал фотовольтаик кучланиш эффекти асосида бажарилган оптоэлектрон датчикларнинг ишлаш принципи ва хусусиятлари кўрсатилган ишлар таҳлил қилинган. Қайд этилганлар асосида диссертация ишининг аниқ вазифалари белгиланган.

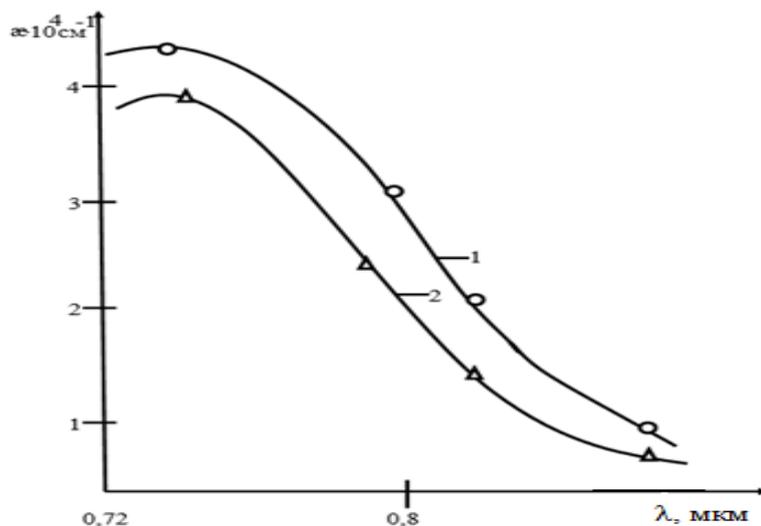
“Мис ва индий диселениди типли мураккаб ярим ўтказгичли бирикмалардан олинган аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг олиш технологиясининг хусусиятлари” номли иккинчи бобда вакуумли чанглатиш билан юпқа қатламларни шакллантириш жараёнларини модернизация қилишга бағишланган. CuInSe_2 асосидаги аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг олиш технологияси ва уларнинг асосий хусусиятлари ёритилган. Улар хусусиятлари бўйича аномал фотовольтаик кучланиш эффекти яхши ўрганилган CdTe , CdSe яримўтказгичли бирикмаларига яқин аналогдир. Шу сабабли, тадқиқот объекти сифатида, $\text{A}^{\text{IV}}\text{B}^{\text{III}}\text{C}_2^{\text{VI}}$ гуруҳ бирикмаларининг типик вакиллари ҳисобланган, юқорида кўрсатилган бирикмалар олинган. Бундан ташқари, бу бирикмаларда атомлараро боғланмалар ковалент таснифга эга. Квант механикаси нуқтаи назаридан, антипараллел спинли иккита электронларнинг иккита ядро майдонида жойлашиши энергетик жиҳатдан фойдалидир. Шунинг учун ковалент боғланишнинг ҳосил бўлиши энергияни тежашга олиб келади ва боғланишнинг ўзи эса жуда мустаҳкам бўлади. Ишда кучли электр майдонларда аномал фотовольтаик кучланишга эга элементнинг ўрганиш бўйича экспериментал натижалар келтирилган. Шунингдек, аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларни танлаш, уларнинг осонгина юқори каршиликка эга бўлиб қолиши ва нисбатан паст кучланишли манбалардан фойдаланадиган стандарт аппаратура ёрдамида текширилиши мумкинлиги билан асосланади. Ўлчашлар хона ҳароратида CuInSe_2 учун ИКС-14А ва CdTe учун СФД-2 асбобларида ўтказилган. Аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларини тайёрлаш ва уларга электродларни ўрнатиш вакуумда, чанглатиш йўли билан амалга оширилган. Электр майдони ИВН-1 доимий кучланиш манбаи ёрдамида ҳосил қилинган.

CdTe ва CuInSe_2 аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларда хусусий ютилиш чегараларини силжиши $5 \cdot 10^3 \div 10^4$ В/см майдонларда кузатилади. CdTe ва CuInSe_2 аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламлар учун тажриба йўли билан олинган $I_{\text{кт}}(\lambda)$ и $\alpha(\lambda)$ эгри чизиқлари 1,2,3,4-расмларда келтирилган.



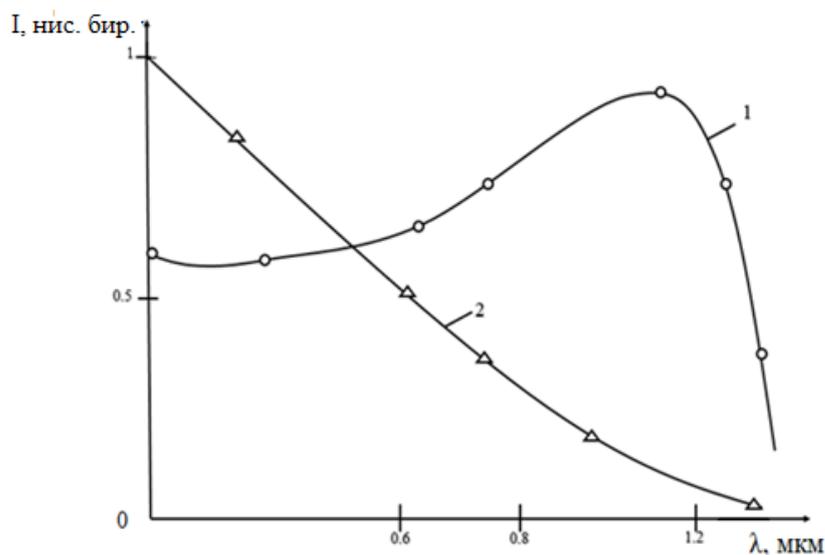
1- $I(\lambda)$, $E=50\text{В/см}$; 2- $I(\lambda)$, $E=10^4\text{В/см}$

1-расм. CdTe дан олинган аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг катта электр майдонларидаги спектрал характеристикалари



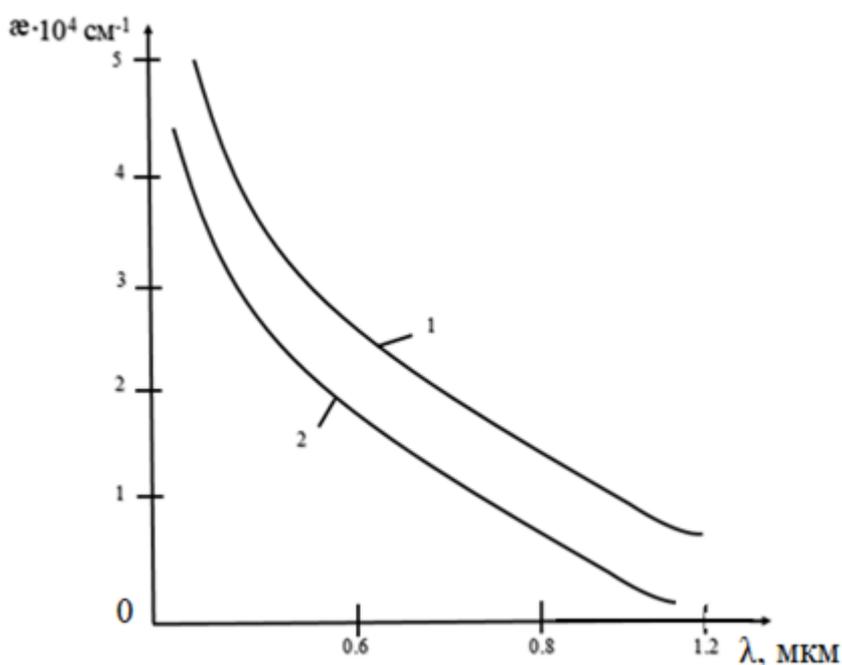
1- $E=10^4\text{В/см}$; 2- $E=50\text{В/см}$

2-расм. CdTe намуна учун $\alpha(\lambda)$ спектр ютилиши



1- $I(\lambda)$, $E=50\text{В/см}$; 2- $I(\lambda)$, $E=10^4\text{В/см}$

3-расм. CuInSe₂ дан олинган аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг катта электр майдонларидаги спектрал характеристикалари



1- $E=10^4\text{В/см}$; 2- $E=50\text{В/см}$

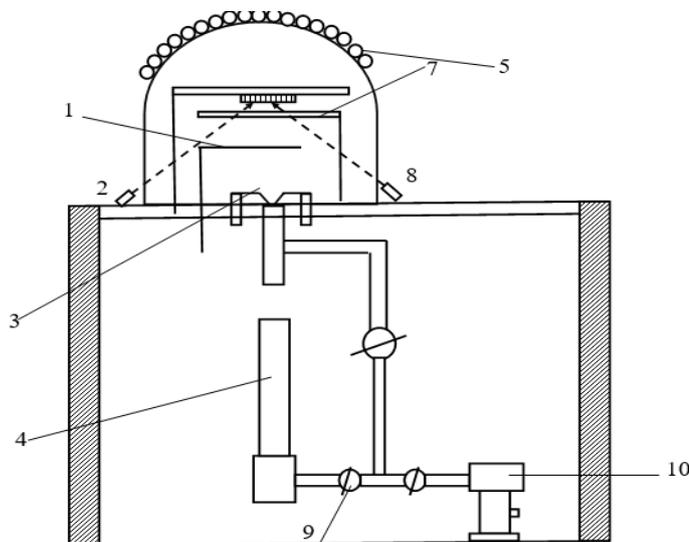
4-расм. CuInSe₂ намуна учун $\alpha(\lambda)$ спектр ютилиши

Аномал фотовольтаик кучланиш эффектига эга қатламларнинг микропараметрларини аниқлаш мақсадида, фотомагнит эффект ва фотоэлектрет ҳолат бўйича тадқиқотлар ўтказилган.

Дискрет буғлатиш йўли билан олинган CuInSe₂ поликристал қатламларда, 1,02 эВ тақиқланган зона кенглигида тўғри оптик ўтишлар содир бўлади. 200⁰С чўктириш ҳароратида қатламнинг ютилиш чегаралари сувалашган,

400⁰C ҳароратда эса олинган қатламлар кескин чегарага эга бўлиши аниқланган. Мураккаб бирикмалардан аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам тайёрлаш технологияси ишлаб чиқилган.

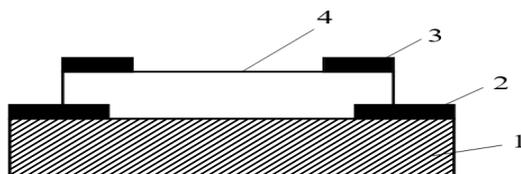
Вакуумда буғлатиш йўли билан қатламни ҳосил қилиш, ВУП-4 қурилмасида, шиша ёки металл ёпқичли вакуум камерасида амалга оширилган. Камерага ниқоб, парда ва уларнинг алмаштириш механизмига эга арматура жойлаштирилади. 5-расмда вакуум камерасининг соддалаштирилган кўриниши келтирилган. Буғлатилувчи материаллар камерасига жипс текисланган (W , M_0) материаллардан тайёрланган кичик алунидли тиглларда ёки буғлатилувчи материалга кўра, буғлатгичнинг бошқа турларида (вольфрам спиралларда, графитли тиглларда) киритилади. Буғлатгичлар электр иситгичлар билан таъминланади.



1- экран (затвор); 2- фотоэлемент; 3-исситгичли буғлатувчи модда (тигель); 4-диффузияли насос; 5- ёпгич; 6- тагликдаги қатлам; 7-электромагнит механизмга эга парда; 8- ёруғлик манбаи; 9- вакуумли кран; 10-форвакуумли механик насос; 11- ёпгич ташқарисидан исситувчи исситгич, унинг ёрдамида таглик ҳарорати ўрнатилади

5-расм. Вакуумда буғлатиш йўли билан аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг ҳосил қилиш қурилмаси

6-расмда тагликда олинган аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг бўйлама қирқими ва шакли келтирилган.



1-таглик; 2-пастки контакт (In); 3-юқори контакти (In); 4-аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам

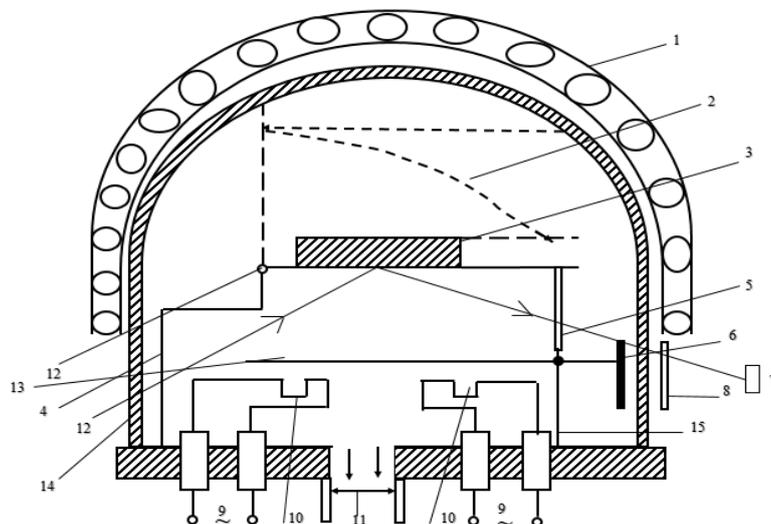
6-расм. Тагликда олинган аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам

Чанглатиш жараёнида махсус механизм ёрдамида модданинг чанглатиш бурчагини созлаш мумкин. Қатламлар доимий (яъни, қатламни чанглаш мобайнида чанглатиш бурчаги бир хилда ушлаб турилади) ва ўзгарувчан чанглатиш бурчакларида олинган.

“Изовалент киришмали аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламлар” номли учинчи аномал фотовольтаик кучланиш эффектини изовалент киришмали аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларда ўрганишга бағишланган. Легирлаш усули ва қурилмаси, киришмалар ва тагликни танлашнинг физикавий асослари таҳлили келтирилган. Изовалент киришмали мураккаб бирикмали CuInSe_2 аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг олиш технологияси ва уни хусусиятлари ёритилган.

Ушбу усулни тадбиқ қилиш учун махсус қурилма ишлаб чиқилган. Қурилманинг энг муҳим қисмлари 7-расмда кўрсатилган.

Конструкцияда молекуляр оқимнинг тушиш бурчагини 6° дан 86° гача ўзгаришини кўзда тутган. Бунга эришиш учун (6) елкани, (13) пардани (5) умумий ўққа нисбатан бураш керак. Бундай ҳаракатларни амалга ошириш учун (6) пўлат пластинкадан иборат катта елка, умумий буриш ўқиға нисбатан (8) магнит ёрдамида буралиши керак. Таглик буғлатгичга қаратиб йўналтирилган ва у, материалнинг буғлатиладиган “ёт” қисмидан ҳимоя қилиши учун (13) парда билан ажратилган. Қатлам қалинлиги буғлатиш жараёнида тагликдан қайтган нур бўйича назорат қилинади. Бунинг учун ёруғликнинг кўриш ёки яқин ИҚ манбасидан фойдаланилади.



1- тагликни киздириш учун исситгич; 2-чанглатиш учун тагликнинг ҳолати; 3-таглик; 4-тагликни ушлаб турувчи мослама; 5-чанглатиш бурчагини назорат қилиш механизми; 6-юпқа пўлат қатлам; 7-фотозэлемент; 8-магнит; 9-ўзгарувчан ёки доимий ток манбаи; 10-буғлатгичлар; 11-сўриб олиш учун тиркиш; 12-қалинликни назорат қилиш учун ёруғлик манбаи; 13-молекулалар оқимни беркитиш учун парда; 14-шиша камера

7-расм. Чанглатиш ва ўлчаш учун мўлжалланган қурилма

Таглик ушлагичнинг олди томони сиртига созланадиган пружина ёрдамида қотирилади. Намуна ва ушлагич вертикал ҳолатда айлантирилади. Намунанинг вертикал ёки горизонтал бураш ўқлари, текис пружиналар билан

V-симон шаклдаги фазали ўқлар билан ушлаб турилувчи (15) блокда кинематик равишда маҳкамланган. Маҳкамлашнинг бу тури талаб қилинган ишлаб чиқаришни таъминлайди ва вакуумда ёғлашсиз ишлаш учун жуда қулай ҳисобланади.

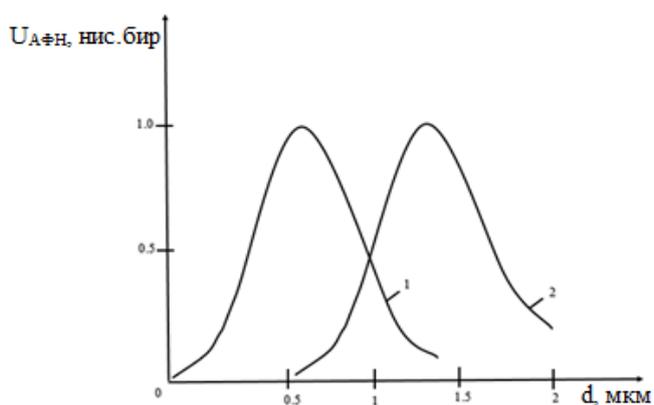
Аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламни олишнинг оптимал технологик жараёнини топиш учун кўп тажриба ишлари олиб борилган, уларнинг натижалари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг оптимал параметрлари

Ярим ўтказгичли материал	P, мм.см.ус т.	T _{таг} , °C	Чанглатиш бурчаги		қалинлик d, мкм	V _{АФК} , В
			Доимий	Ўзгарувчан		
CuInS ₂	10 ⁻⁵	200-300	-	0-75 ⁰	1-1,5	200
CuInS ₂	10 ⁻⁵	200-300	30 ⁰	-	1,5	50-60
CuInSe ₂	10 ⁻⁴	250	45 ⁰	-	1	100
CuInSe ₂	10 ⁻⁴	250	-	20-80 ⁰	1	300
CuInTe ₂	10 ⁻⁵	200	-	10-70 ⁰	1,6	300
CuInTe ₂	10 ⁻⁵	200	40 ⁰	-	1,5	10

Тажрибада олинган натижалар шуни кўрсатадики, аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламлар, қалинлик градиенти мавжудлиги ёки мавжуд эмаслигига боғлиқ бўлмасдан, фақатгина анизотроп чанглатишда ҳосил бўлади.



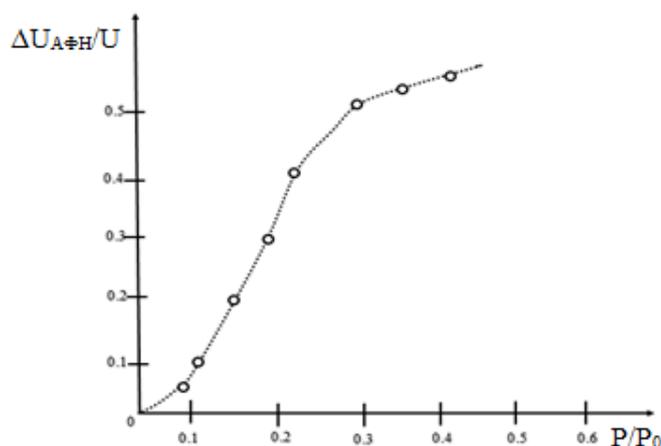
1- киришмаларнинг таркиби 10¹⁶ см⁻³ дан кам; 2- киришмаларнинг таркиби 10²⁰ см⁻³ гача етади

8-расм. Аномал фотовольтаик кучланишнинг қатлам қалинлиги билан боғлиқлик графиги

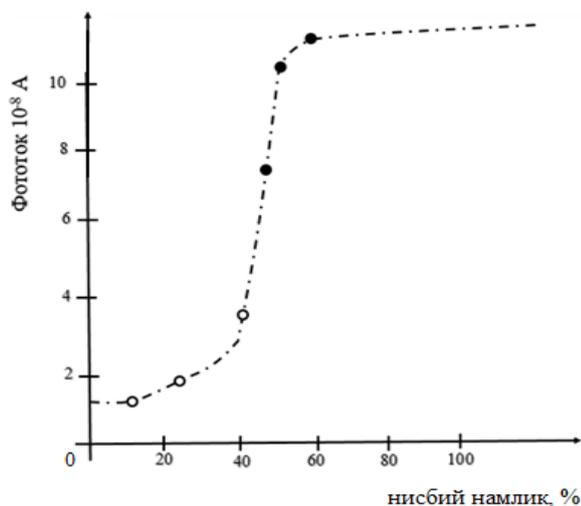
Қалинликнинг, узунликнинг чегаравий соҳалари, шунингдек юқори қаршилиқлик, ўта юқори бир жинсли эмаслик, анизотроплик, юқори легирланиш мезонлари ва аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам-

ларнинг аномаллик аломатлари бўйича тажрибаларда олинган натижалар келтирилган. Изовалент киришмали аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларда иккиланган нур синиши эффектини тадқиқ қилиш бўйича натижалар берилган (8- расм).

Аномал фотовольтаик кучланишга эга элементларнинг параметрларини турғунлигига намлик салбий таъсир кўрсатиши аниқланган. Бу ҳодисалар сув адробсияси билан боғлиқ бўлиб, улар юпқа катламли аномал фотовольтаик кучланишга эга элементларнинг параметрларини ўзгартиради (9, 10-расмлар). Намликдан ҳимоя қилиш учун аномал фотовольтаик кучланишга эга элементлар қатламлари МБК маркали лак билан қопланган.



9-расм. Аномал фотовольтаик кучланишга O_2 буғларининг абсорбцияси таъсирининг кўриниши



10-расм. Намликни аномал фотовольтаик кучланишга эга элементнинг фототокига таъсири

“Аномал фотовольтаик кучланишга эга бўлган қатламларнинг магнит ва электрооптик хоссаларини қутбланган ёруғликда тадқиқ қилиш” деб номланган тўртинчи бобда аномал фотовольтаик кучланиш эффектини қутбланган ёруғликдаги экспериментал тадқиқотлари натижалари

келтирилган. Бу бобда аномал фотovoltaик кучланишга эга элементларнинг асосий хусусиятларини назарий таҳлили келтирилган ва кутбланган ёруғликнинг аномал катта фотокучланиш катталигига таъсири экспериментал йўл билан аниқланган. Халькоген боғланишли аномал фотovoltaик кучланишга эга қатламларнинг типик кутбланган диаграммалари келтирилган. Аномал фотovoltaик кучланиш спектрига кутбланган ёруғликнинг таъсирини тақиқоти натижалари берилган. Аномал фотovoltaик кучланишга эга қатламларнинг кутбланган ёруғликка сезгирлиги янги оптоэлектрон асбобларни яратишда қўлланилиши мумкинлиги кўрсатилган.

Ёруғликнинг кутбланиши учун монохроматор чиқишига поляроид ўрнатилган. Ютилиш эгри чизиқлари қайтишнинг ҳисобга олган ҳолда олинган, яъни ўлчашлар турли хил қалинликларда амалга оширилган:

$$d_1 \text{ қалинликдаги қатлам учун, } J_1 = J_0(1 - r)e^{\alpha d_1} \quad (1)$$

$$d_2 \text{ қалинликдаги қатлам учун, } J_2 = J_0(1 - r)e^{\alpha d_2} \quad (2)$$

бу ерда, J_0 - тушаётган ёруғлик интенсивлиги; J_1, J_2 - d_1, d_2 га мос ҳолда ўтган ёруғлик интенсивлиги; r - қайтиш коэффициенти, α - ютилиш коэффициенти.

J_1/J_2 муносабатдан фойдаланиб ва қайтишни ҳисобга олиб, қуйидаги ифодага эга бўламиз

$$\alpha = \frac{\ln(J_1/J_2)}{d_2 - d_1} \quad (3)$$

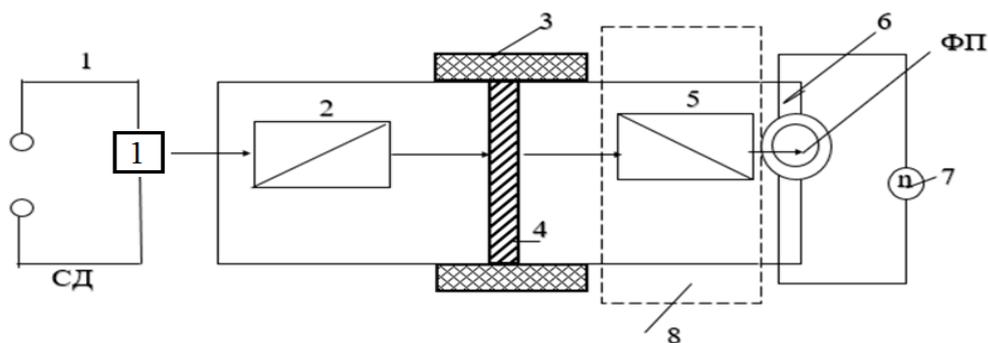
$d > 0,7$ мкм қалинликка эга битта қатламнинг турли қисмларида табиий ёруғликда ўлчанган аномал фотокучланиш спектрлари кўриниши, унинг қалинлигини ортиши билан кескин ўзгаради: спектрларнинг максимумлари силжийди, қўшимча максимумлар пайдо бўлади ва х.к. Шунинг учун кутбланган ёруғликда аномаль юқори кучланиш ва ютилиш коэффициенти (α) учун қатламнинг иккита тор қўшни қисмлари ($d < 0,7$ мкм)да танлаб олинган.

Магнит майдони кутбланиш текислигининг буришини ўзгартириши тажриба йўли билан кўрсатилган, ҳамда классик таҳлилга асосан, тўлқин узунлигига боғлиқ бўлган буриш бурчаги аниқланган: ўлчанган буриш бурчагини қийматига кўра, ташувчилар концентрацияси аниқланиши мумкин, агар ташувчилар концентрацияси маълум бўлса, эффектив оғирликни ҳам топиш мумкин бўлади. Кутбланиш текислигини айланиши 4-формуладан аниқланиши мумкин бўлган буриш бурчаги φ билан тавсифланади.

$$\varphi = \frac{e^3 B N \lambda^2 d}{8 \pi c^3 \theta n m^*}, \quad (4)$$

бу ерда, N -заряднинг эркин ташувчилари сони; B -магнит индукция; Θ -вакуумнинг диэлектрик доимийси; λ - тўлқин узунлиги; n -қатламга тушаётган ёруғликнинг синдириш кўрсаткичи коэффициентлари; d -қатлам қалинлиги.

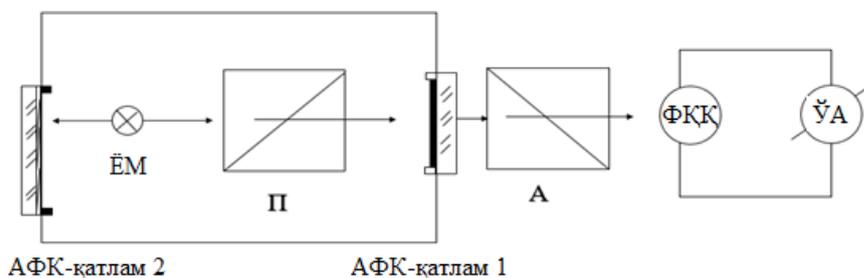
Спектрал боғлиқликка кўра, ($\alpha=k\lambda^2$, бу ерда k -нисбий магнит айланиши, у сон жиҳатдан қатламнинг бирламчи қалинлигида кутбланган ёруғлик текислигининг буриш бурчагига тенг) намунанинг нисбий қаршилигини баҳолаш имконияти мавжуд. Магнит майдон таъсирида намунанинг нисбий қаршилиги ортиб боради, бунинг натижасида эса аномал фотovoltaик кучланиш ҳам ортади (11-расм).



1-ёруғлик диоди; 2-поляризатор; 3-магнит майдонининг манбаси (соленоид); 4-аномал фотovoltaик кучланишга эга қатлам; 5-анализатор; 6-фотоқабул қилгич; 7-ўлчаш асбоби; 8-қурилманинг айланувчи қисми

11-расм. Магнит майдонида кутбланиш текислигининг айланишини кузатиш учун қурилма

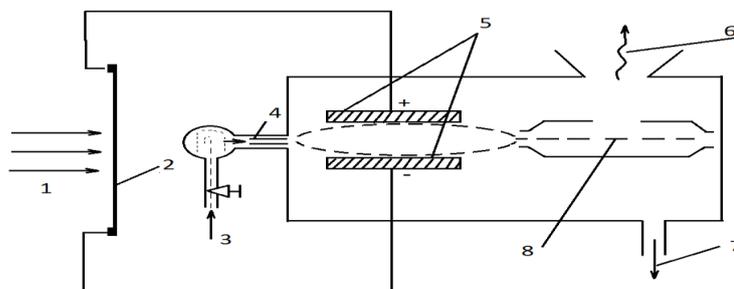
Шунингдек, кучли электр майдонида аномал фотovoltaик кучланишнинг ютилиш спектрига таъсири ўрганилган (12-расм). Агарда қатламга электр майдони таъсир этилса, x ва y ўқлари атрофидаги ёруғлик тезлигининг фарқига олиб келувчи шу ўқлар бўйича синдириш коэффициентлари ўзгаради, бу ўз навбатида ўтувчи ёруғликнинг x ва y ташкил этувчилари бўйича фазаларининг фарқига олиб келади. Фазаларнинг фарқи ёруғликнинг қатламдан ўтишига мос равишда ўсиб боради.



ЁМ-ёруғлик манбаи; П-поляризатор; А-анализатор; ФКК-фотоқабул қилгич; ЎА-ўлчаш асбоби
12-расм. Иккиланган нур синдириш кўрсаткичига эга бўлган аномал фотovoltaик кучланишга эга қатламларда электрооптик эффектни кузатиш учун мўлжалланган оптоэлектрон занжир

Аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламнинг чиқишида ташкил этув-чилар бўйича тебранишларнинг йиғиндисини натижаси эллиптик кутбланган ёруғлик бўлади. Бунда анализатор орқали ўтган асбобдан, фақат берилган анализаторга паралел кутбланган текисликка эга энергиянинг бир қисми чиқади. Қатламга қўйилган кучланиш ўзгарса, ёруғликнинг кутбланишини эллипсининг шакли ўзгаради. Шундай қилиб, электр кучланиши ёрдамида ёруғлик тўлқинларининг амплитудасини модуляциялаш имконияти ҳосил бўлади.

Диссертациянинг “Диселинид мис ва индий асосидаги аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг фотогенераторлик ва позицион сезгирлик хусусиятлари” номли бешинчи бобида аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам асосида яратилган генератор типидagi фотоқабул қилгич тушунтирилган. Яратилган генератор типидagi фотоқабул қилгич асосида, квант генераторларида электростатик майдон манбаи сифатида қўлланилган турли аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламларнинг потенциал имкониятлари кўриб чиқилган (13-расм).



1-ёруғлик манбаи; 2-аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам, доимий кучланиш манбаи; 3-газ манбаи; 4-капилляр; 5-сараловчи фокусловчи система; 6-нурлантириладиган тўлқинлар; 7-вакуум насосига; 8-резонатор

13-расм. Молекуляр-аммиакли генератор қурилмаси

Квант гуруҳидаги асбобларнинг сараловчи системасида кучли электр майдони манбаи сифатида қўлланиладиган генератор типидagi фотоқабул қилувчи қурилманинг қўлланилишини принципиал имкониятлари келтирилган. Генератор типидagi фотоқабул қилувчи қурилманинг қўлланилиши, сараловчи системанинг кучланиш блокининг оғирлигини бир неча даражага камайтириш имконини беради. Шунингдек ишда, оптик кучланиш манбаига эга квант генераторининг бошқаришни фундаментал масаласини ечими кўрсатилган.

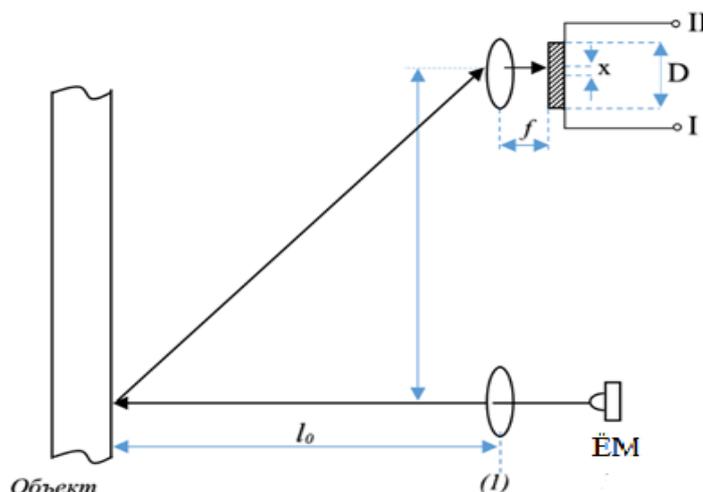
Бошқа фотоқабул қилгичлардан фарқли равишда, генератор типидagi фотоқабул қилувчи қурилма, узлуксиз сезгувчан соҳага эга. Уни позицион сезгир элемент сифатида ҳам қўллаш мумкин (14-расм). Ёруғлик доғи генератор типидagi фотоқабул қилгичнинг фотосезувчи соҳасига жойлаштирилади. У объектгача бўлган масофага пропорционал бир ўлчамли ёки икки ўлчамли сигналларни ўзгартиради:

$$z = z(p + 1), \quad (5)$$

бу ерда, z -модулнинг геометрик константаси, у куйидагича аниқланади: $k = f \frac{U_{\Phi}}{D}$; f - линзанинг фокус масофаси.

$$p = \frac{D}{x} - 1, \quad (6)$$

бу ерда, x - генератор типдаги фотоқабулқилгичнинг маркази ва ёруғлик доғи орасидаги масофа, D -генератор типдаги фотоқабулқилгичнинг фаол узунлиги.



D -генератор типдаги фотоқабулқилгичнинг фаол узунлиги; x -генератор типдаги фотоқабулқилгич маркази ва ёруғлик доғи орасидаги масофа

14-расм. Позицион сезгир элементнинг ишлаш принципи

Худди шу принципда жой алмаштириш датчиклари тадқиқ қилинса бўлади, бу ерда генератор типдаги фотоқабулқилгичлар бир неча сантиметрларгача бўлган масофаларда бўлган жой алмашинишларни ўлчаш учун қўлланилади. Бу датчиклар реал вақт масштабида ишлайди ва назорат қилиш қурилмаларида узунликларни ўлчаш учун, суюқ ва қаттиқ мухитларнинг сатҳини ўлчашда ва айланувчи объектни эксцентриситетини, жойлашини, ҳамда ишчи соҳада алоҳида объектларнинг мавжудлигини аниқлашда қўлланилиши мумкин. Генератор типдаги фотоқабулқилгич асосидаги датчикларнинг асосий афзаллиги, бу ҳолатда унга ташқи кучланиш манбаи керак бўлмайди. Бундай датчикларнинг спектрал диапазони $320 \div 1100$ нм, ўз навбатида улар спектрнинг УБ, кўриш, ва яқин ИҚ соҳаларида ишлайди. Катта, бир ўлчамли генератор типдаги фотоқабулқилгичларда сезувчанлик сирти $(1 \times 4) \div (1 \times 12)$ мм, катта, икки ўлчамли генератор типдаги фотоқабулқилгичларда эса $(4 \div 25)$ мм оралиқларида ётади.

Металл-оксид-яримўтказгич (МОЯ) - транзисторларини генератор типдаги фотоқабулқилгич билан биргаликда қўлланилиши, функционал микросхемаларнинг вазифаларини ечимини топишда функционал асбоб

сифатида ва уларда янги ривожланиш йўллари белгилаб беради. Бундай микросхемалар турли хил маълумотларни нозичли ўзгартиргичлари сифатида қўлланилиши мумкин.

ХУЛОСА

Мис ва индий диселениди асосидаги генератор типидagi фотоқабул қилувчи қурилмани яратиш учун олиб борилган илмий-тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар қилинди:

1. Чанглатиш бурчаги, чўктириш тезлиги ва таглик ҳароратини бошқариш билан аномал фотовольтаик кучланишга эга қатламни динамик режимда олиш имконини берувчи қурилма тайёрланган.
2. Вакуумли чанглатиш усули ёрдамида S ва Se изовалент киришмалар билан легирланган CuInSe_2 яримўтказгич бирикма асосидаги аномал фотовольтаик кучланишга эга элементларнинг олиш технологиясини хусусиятлари аниқланган.
3. Фронтал ёритилганлик таъсирида фотосезувчанлик қатламининг чуқурлиги бўйича киришмаларнинг жойлашишини бир жинсли эмаслиги ҳисобига аномал фотовольтаик кучланиш ($U_{\text{АФК}}$), фотоэлектрет ҳолат кучланиши ($U_{\text{ФЭХ}}$), фотомагнит эффект таъсиридаги кучланиш ($U_{\text{ФМЭ}}$) фотосезувчанлик максимумларининг спектрнинг қисқа тўлқин узунлиги томонига силжиши аниқланди.
4. Предмет ойнасига чўктирилган CuInSe_2 юпка қатламларнинг ютилиш коэффициентининг қутбланган ёруғлик тўлқин узунлигига боғлиқлиги тажриба йўли билан аниқланган. Бунинг асосида ташувчиларнинг диффузия узунлиги, микрофотоўтишларнинг сони, ташувчиларнинг эффектив ҳаракатланиш қиймати ва асосий бўлмаган ташувчиларнинг яшаш вақти аниқланган.
5. Материаллар таркибини таҳлил қилиш учун мўлжалланган молекуляр квант генераторининг сараловчи системасида юқори электростатик майдонни яратиш учун аномал фотовольтаик кучланишга эга қатлам асосидаги кучланиш манбаи яратилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.30.08.2018.FM/T.01.12 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ
ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ**

ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

НУРДИНОВА РАЗИЯХОН АБДИХАЛИКОВНА

**РАЗРАБОТКА ФОТОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА
ГЕНЕРАТОРНОГО ТИПА**

01.04.10 - Физика полупроводников

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ТЕХНИЧЕСКИМ НАУКАМ**

ТАШКЕНТ-2019

Тема диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за № B2019.1PhD/T576.

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекском, русском, английском (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (ispm.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet».

Научный руководитель:	Касимахунова Анархан Мамасадиқовна доктор технических наук, профессор
Официальные опоненты:	Абдукадыров Мухитдин Абдурашитович доктор технических наук, профессор Рахманов Анваржон Тожибоевич доктор технических наук, доцент
Ведущая организация:	Каракалпакский государственный университет

Защита диссертации состоится «__» _____ 2019 года в __ часов на заседании Научного совета по присуждению ученой степени доктора философии PhD.30.08.2018.FM/T.01.12 при Научно-исследовательском институте физики полупро-водников и микроэлектроники Национального университета имени Мирзо Улугбека (Адрес: 100057, г. Ташкент, ул. Янги Алмазар, дом 20. Тел: (+99895) 146-77-44, факс (+99895) 146-77-44, e-mail: info@ispm.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в отделе внедрения информационных технологий института. (зарегистрирована за №____) Адрес: 100057, г. Ташкент, ул. Янги Алмазар, дом 20. Тел: (+99895) 146-77-44,

Автореферат диссертации разослан «__» _____ 2019 года.
(реестр протокола рассылки №__ от «__» _____ 2019г.)

Ш.Б.Угамурадова
председатель Научного совета по присуждению
ученой степени доктора философии, д.ф-м.н.,
профессор

С.С.Насриддинов
ученый секретарь Научного совета по
присуждению ученой степени доктора
философии, д.т.н., доцент

А.Т.Мамадалимов
председатель Научного семинара при научном
совете по присуждению ученой степени доктора
философии, д.ф-м.н., профессор, академик

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. На сегодня мире в интенсивно развивающейся области физики полупроводников одна из важных направлений является освоение новых полупроводниковых материалов, перспективных для фотоэлектроники. В этом аспекте большой интерес представляют диселениды меди и индия (CuInSe_2), в которых 99 % света поглощаются на глубине одного микрона, а своеобразный энергетический спектр электронов и анизотропия оптических свойств позволяют создавать конкурентоспособные фоточувствительные структуры. В их числе фотогенераторные структуры, которые необходимо приспособить для питания электрометрических устройств с высоким входным сопротивлением, что является основной проблемой фотоэлектроники.

На сегодняшний день в мире большое внимание уделяется изучению фотоэлектрических эффектов и модификации технологии получения тонкопленочных структур с эффектом аномального фотовольтаического напряжения (АФН). В этом плане осуществление целевых исследований, в частности, реализация ниже приведенных направлений: усовершенствование технологии получения пленок CuInSe_2 применительно к структурам с АФН эффектом, управление параметрами и воспроизводимостью фоточувствительности образцов диселенида меди и индия, изучение влияния на АФН эффект изовалентных примесей и внешних условий, влияние поляризованного света на проявление эффекта аномального фотовольтаического напряжения в магнитном поле, изготовление устройства поэтапного осаждения компонентов АФН пленок и дополнительных примесей вакуумным напылением, считаются одними из важных задач.

В Республике значительное внимание уделяется перспективным направлениям, в частности, изучены свойства узкозонных полупроводниковых материалов (теллурида кадмия и арсенида галлия), исследовано влияние радиации на свойства теллурида кадмия. В соответствии со Стратегией действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, одной из приоритетных задач определено стимулирование научно-исследовательской и инновационной деятельности, в связи с чем наиболее важным является повышение эффективности отрасли фотоэлектроники на основе теоретических и практических исследований в области полупроводников за счет внедрения научных и инновационных технологий в практику.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Постановлении Президента Республики Узбекистан № ПП-1442 от 15 декабря 2010 года «О приоритетных направлениях развития индустрии Республики Узбекистан на 2011-2015 годах», № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «О мерах по дальнейшей реализации Стратегии действий по развитию Республики Узбекистан в 2017-

2021 годах»² и №-ПП-2789 от 17 февраля 2017 года «О мерах по дальнейшему совершенствованию деятельности организаций Академии наук, управления и финансирования их научно-исследовательской деятельности», а также в других нормативно - правовых документах, принятых в данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан. Диссертационная работа выполнена в рамках приоритетных направлений развития науки и технологии Республики Узбекистан: ППИ-3. «Энергетика, энерго- и ресурсосбережение, транспорт, машино- и приборостроение, развитие современной электроники, микроэлектроники, электронного приборостроения.

Степень изученности проблемы. Японскими учеными Takahashi M., Nakaï J. получены плёнки Ge в вакууме 10^{-5} мм. рт.ст. со скоростью испарения 100 мкм /с. Они установили, что с увеличением угла напыления фотонапряжение увеличивается и приобретает максимальные значения при углах 60° . При этом увеличение толщины пленок в интервале от 0,02 до 0,2 мкм приводило к снижению фотонапряжения.

В Узбекистане впервые плёнки германия были получены и изучены под руководством Э.И. Адировича. Напыление пленок толщиной 0,1 мкм проводили под углом 45-60 градус при температуре подложки 200-400°C. При комнатной температуре значения АФН составляли 100 В. К настоящему времени в направлении изучения новых аспектов применения АФН пленок на основе сульфида кадмия проводятся профессором С.Отажоновым.

Однако, несмотря на широкое изучение АФН-элементов, остаются неизученными вопросы фотоэлектрических, фотомагнитных, магнито-оптических и других свойств пленок с эффектом аномального фотовольтаического напряжения при поляризованном свете.

Связанность темы диссертации с научными исследованиями высшего учебного заведения, в котором выполнена диссертационная работа. Диссертационное исследование выполнено на основе проекта АТ-Отех-133 «Разработка эффективного воздухонагревателя с абсорбером из металлической стружки» (2017-2018 годах) в рамках научно-исследовательских работ Ферганского политехнического института

Целью исследования является разработка фотоприёмного устройства генераторного типа на основе пленок диселенида меди и индия.

В соответствии с поставленной целью необходимо было решить **следующие задачи:**

усовершенствовать технологию получения структур с эффектом аномального фотовольтаического напряжения на основе пленок CuInSe_2 ;

обеспечить управление параметрами и воспроизводимостью фоточувствительных образцов диселенида меди и индия;

изучить влияние изовалентных примесей и внешних условий на эффект аномального фотовольтаического напряжения;

² Указ Президента Республики Узбекистан № ПФ-4947 «О стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан» от 7 февраля 2017 года.

выявить влияние поляризованного света на проявление АФН эффекта в магнитном и электрическом полях;

оптимизировать конструкцию квантового генератора с использованием фотоприёмного устройства генераторного типа на основе АФН-элементов полупроводниковых соединений CuInSe_2

Объектом исследования является трехкомпонентный сложный полупроводниковый сплав на основе CuInSe_2 .

Предметом исследования являются физические процессы, протекающие в АФН-элементах с изовалентными примесями при воздействии интегрального и поляризованного излучения.

Методы исследований. Для проведения исследований использовались фотоэлектрические, фотомагнитные и оптические методы.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

отработана технология получения АФН-элементов на основе полупроводниковых соединений CuInSe_2 , легированных изовалентными примесями (S и Se);

путем оптимального выбора материала и соотношения компонентов диселенида меди и индия получены пленки с АФН эффектом с управляемыми параметрами и воспроизводимостью;

экспериментально показано, что значения фотонапряжения (300 В) в АФН-элементах на основе полупроводниковых пленок CuInSe_2 на 2 порядка больше, чем в известных пленках теллуридов висмута и сурьмы;

установлено, что максимумы аномального фотовольтаического напряжения, напряжения фотоэлектретного состояния, напряжения фотомагнитного эффекта при фронтальном освещении структур смещаются в коротковолновую область спектра за счет наличия неоднородности распределения примесей по глубине фоточувствительного слоя:

изготовлено устройство с двумя испарителями, обеспечивающее поэтапное осаждение компонентов АФН пленок и введение дополнительных примесей вакуумным напылением.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработан фотоприемник генераторного типа используемый в качестве источника высоковольтного поля;

разработанный фотоприёмник использовался в оптоэлектронных микросхемах в качестве автономного фотоприёмного устройства;

разработанный фотоприёмник использовался в контрольно-измерительных устройствах как первичный преобразователь информации;

разработанный фотоприёмник генераторного типа использовался в качестве оптоэлектронного трансформатора для преобразования напряжений.

Достоверность результатов исследований обеспечивается использованием экспериментальных методов с высокой чувствительностью и разрешающей способностью, а также общепринятых методов для изучения физических процессов, а также сравнения результатов, полученных разными способами.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследований заключается в расширении представлений проявлении АФН-эффектов в тонких косонапыленных пленках диселенида индия и меди под воздействием поляризованного светового излучения.

Практическая значимость результатов исследований заключается в возможности использования АФН-элементов из CuInSe_2 при изготовлении оптоэлектронных трансформаторов и источников питания для устройств с высоким входным сопротивлением.

Внедрение результатов исследования. На основе разработки фотоприёмного устройства генераторного типа в пленках диселенида меди и индия:

изготовленные образцы фотоприемников генераторного типа использованы в обществе с ограниченной ответственностью «Электрошок» в качестве источников питания отдельных узлов приборов и устройств электростатического поля (Справка Андижанского регионального управления торгово-промышленной палаты Республики Узбекистан от 7 января 2019 года, № 8.01.19). Применение научных результатов позволило обеспечить автономное питание отдельных частей энергоустановок и уменьшить их габариты;

получен международный сертификат на авторское право на квантовый генератор с оптическим питанием (№ ЕС-01-001725 от 18.05.2018г. Берлин, Германия).

Апробация результатов исследования. Основные результаты диссертационной работы доложены и обсуждены на 10 международных и 8 республиканских научно-практических конференциях.

Публикации результатов исследования по теме диссертационной работы опубликовано 6 научных работ, из них 3 статьи в зарубежных реферируемых журналах, 3 статьи в журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных результатов диссертационных работ, получено международное авторское свидетельство.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных литературных источников и приложения. Текст диссертации изложен на 118 страницах, включая 34 рисунков, 1 таблицу.

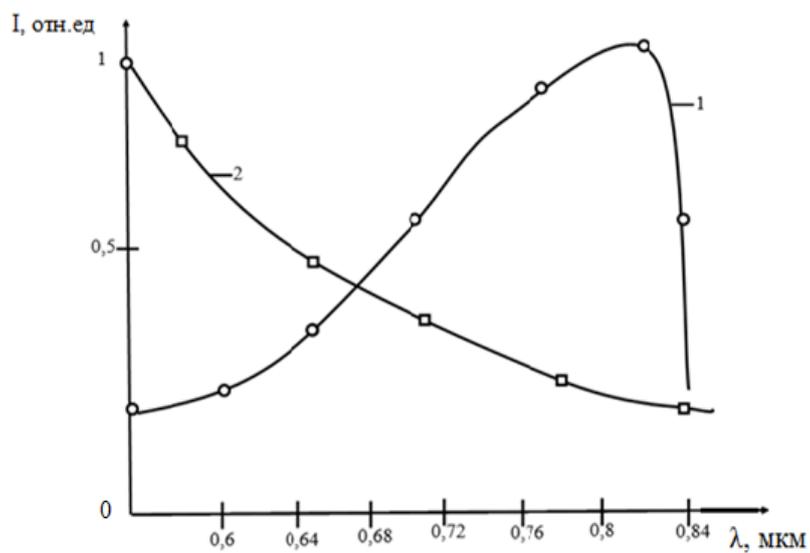
ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы, определены цели и задачи исследования, показана научная новизна и практическая ценность результатов работы.

Первая глава диссертации под названием **«Современное состояние исследований и технические применения АФН-элементов генераторного типа»** посвящена рассмотрению работ по АФН-эффекту, где показаны общее состояние вопроса и определены задачи, решению которых посвящена данная работа. Основное внимание посвящено работам, в которых рассмотрены прикладные возможности АФН-эффекта, прежде всего, в области оптоэлектронного приборостроения, измерительной и преобразовательной техники, а также применения фотоприемников генераторного типа в качестве функциональных элементов микросхем. Проанализированы работы, в которых рассмотрены принцип действия и свойства оптоэлектронных датчиков на основе АФН-эффекта. На основании изложенного определяются конкретные задачи, поставленные в диссертационной работе.

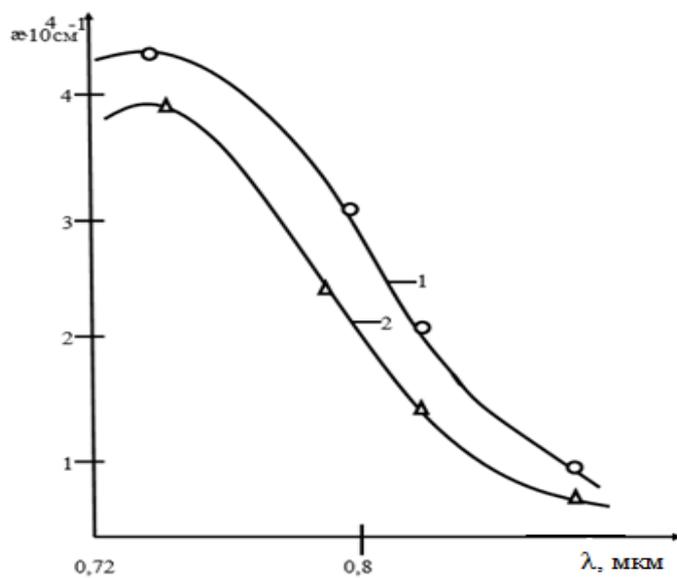
Вторая глава диссертации под названием **«Особенности технологии получения АФН-пленок на основе сложных полупроводниковых соединений типа диселенида меди и индия»** посвящена модернизации процесса формирования тонких пленок вакуумным напылением. Описана технология получения и основные свойства АФН-пленок диселенида меди и индия. По своим свойствам эти соединения является близкими аналогами полупроводниковых соединений $CdTe$, $CdSe$, в которых АФН-эффект хорошо изучен. По этой причине в качестве объекта исследований выбраны вышеуказанные соединения, которые являются типичными представителями соединений группы $A^I B^{III} C_2^{VI}$. Кроме того, в этих соединениях межатомные связи имеет ковалентный характер. С точки зрения квантовой механики пребывание двух электронов с антипараллельными спинами в поле двух ядер энергетически выгодно. Поэтому образование ковалентной связи сопровождается значительным выигрышем энергии и сама связь весьма прочная. В работе приводятся экспериментальные результаты по изучению АФН-элемента в сильных электрических полях. Выбор АФН-пленок также обусловлен тем, что они легко получают высокоомными и могут быть исследованы при использовании стандартной аппаратуры с применением источников сравнительно низкого напряжения. Измерения проводились на приборах ИКС-14А ($CuInSe_2$) и СФД-2 ($CdTe$) при комнатной температуре. Изготовление АФН-пленок и нанесение на них электродов производилось методом вакуумного напыления. Электрическое поле создавалось с помощью источника постоянного напряжения ИВН-1.

Сдвиг края собственного поглощения наблюдался на АФН-пленках $CdTe$ и $CuInSe_2$ при полях порядка $5 \cdot 10^3 \div 10^4$ В/см. Экспериментальные кривые $I_{кз}(\lambda)$ и $\alpha(\lambda)$ для АФН-пленок $CdTe$ показаны на рис.1 и рис.2, а для АФН-пленок тройных сплавов $CuInSe_2$ на рис.3 и рис.4.



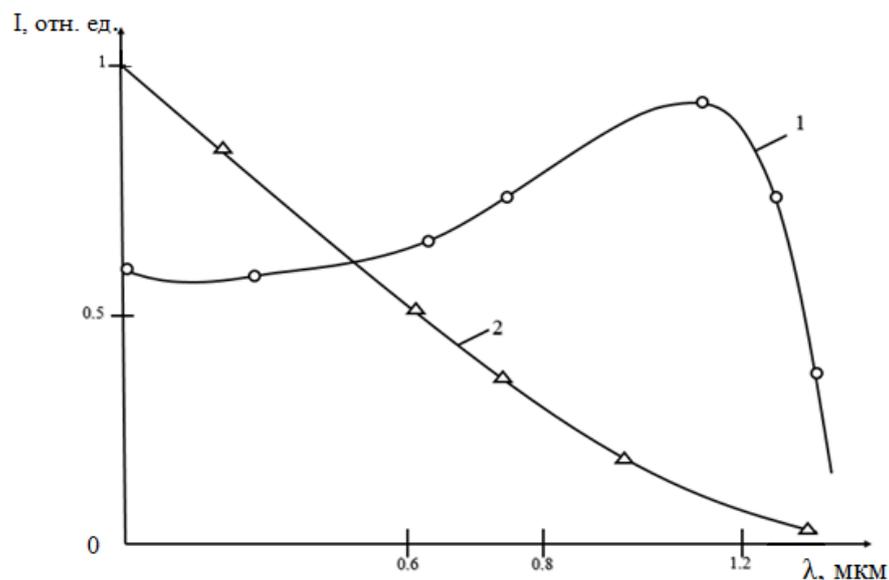
1- $I(\lambda)$ при $E=50$ В/см; 2- $I(\lambda)$ при $E=10^4$ В/см

Рис. 1. Спектральная характеристика АФН-пленок из CdTe при больших электрических полях



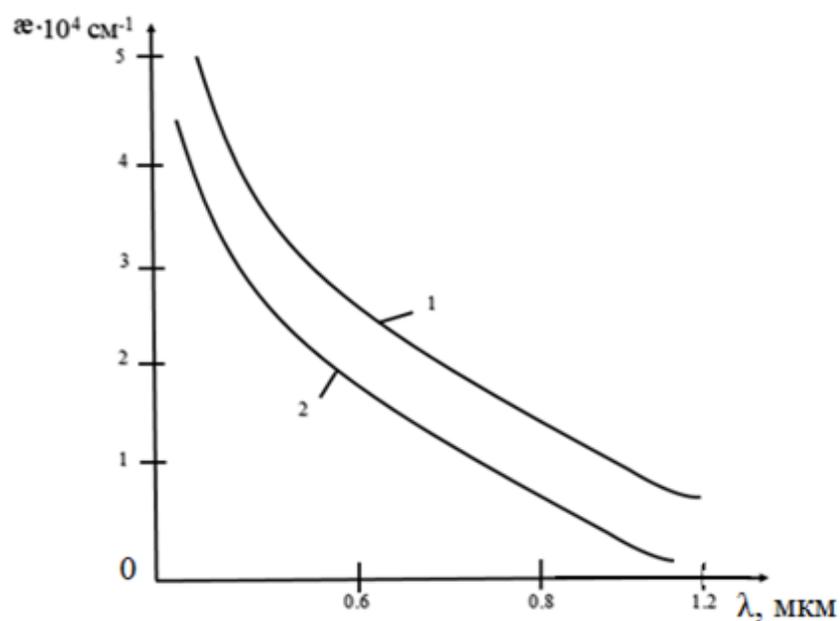
1- $E=10^4$ В/см; 2- $E=50$ В/см

Рис.2. Спектры поглощения $\alpha(\lambda)$ образцов CdTe



1- $I(\lambda)$ при $E=50\text{В/см}$; 2- $I(\lambda)$ при $E=10^4\text{В/см}$

Рис. 3. Спектральная характеристика АФН-пленок из CuInSe_2 при больших электрических полях



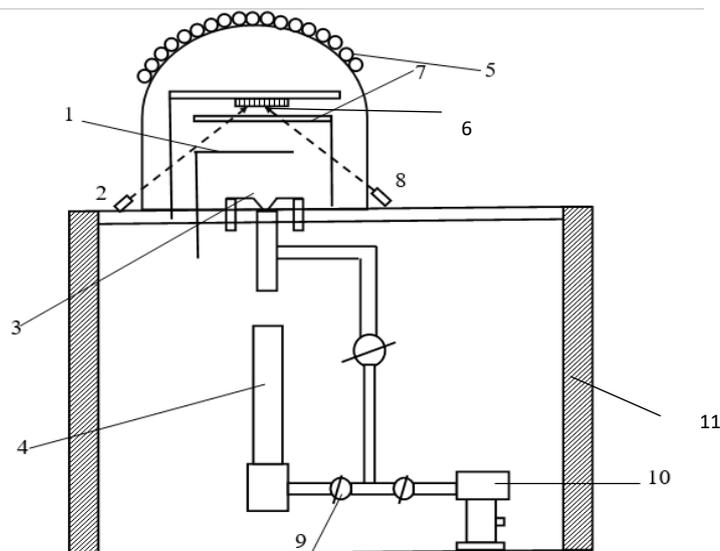
1- $E=10^4\text{В/см}$; 2- $E=50\text{В/см}$

Рис.4. Спектры поглощения $\alpha(\lambda)$ образцов CuInSe_2

С целью определения микропараметров АФН-пленок, проведено исследование фотомагнитного эффекта и фотоэлектретного состояния.

Установлено, что в поликристаллических пленках CuInSe_2 , получаемых путем дискретного испарения компонентов, происходят прямые оптические переходы при ширине запрещенной зоны, равной 1,02 эВ. Обнаружено, что при осаждении пленок при температуре 200°C край поглощения размыт, тогда как у пленок, получаемых при 400°C , спек-

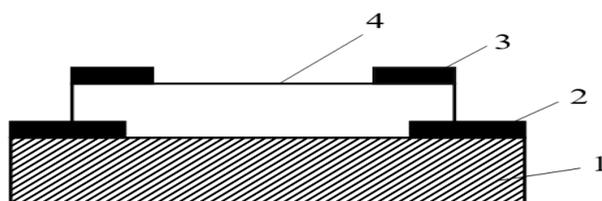
тральная зависимость коэффициента поглощения имеет резкий край. Отработана технология изготовления АФН-пленок из сложных соединений. Процесс нанесения пленки вакуумным испарением производился на установке ВУП-4 в вакуумной камере под стеклянным или металлическим колпаком. В камере помещается арматура с комплектом масок, шторы и механизмом их смены. Схематически вакуумная камера показана на рис.5. Испаряемые материалы вводят в камеру на маленьких алунодовых тиглях из тугоплавкого материала (W , M_0) или испарителях другого вида в зависимости испаряемого материала (на вольфрамовых спиралях, в графитовых тиглях и др.). Испарители снабжаются электрическими нагревателями.



1-экран (затвор); 2-фотоэлемент; 3-напыляемое вещество с нагревателем (тигель); 4- диффузионный насос; 5-колпак; 6- пленка на подложке; 7-штора с электромагнитным механизмом; 8-источник света; 9-вакуумный кран; 10-форвакуумный механический насос; 11-печь нагреваемый с наружи колпака, с помощью этой печи температура подложки устанавливается

Рис.5. Установка для нанесения АФН-пленок методом вакуумного испарения

На рис.6. показано поперечное сечение и форма АФН-пленки, полученной на подложке.

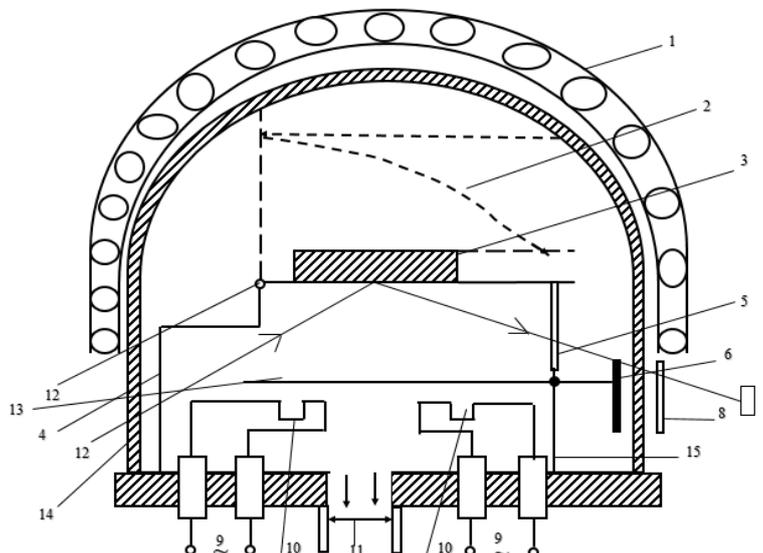


1-подложка; 2-нижние контакты (In); 3-верхние контакты(In); 4-АФН-пленка

Рис.6. АФН-пленки, полученные на подложке

В процессе напыления с помощью специального механизма можно регулировать угол напыления вещества. Пленки изготавливались при постоянном угле напыления (т.е. в течение процесса напыления пленок угол напыления поддерживался постоянным) и переменном угле напыления.

В третьей главе под названием «АФН-пленки с изовалентными примесями» рассмотрены зависимости электрофизических свойств АФН-пленок от толщины и угла нанесения компонентов с изовалентными примесями, где использована специальная установка с управляемым углом напыления и температурой подложки, рис.7.



1-печь для подогрева подложек; 2-положение подложки для напыления; 3-подложки; 4-держатель подложки; 5-механизм для контроля угла напыления; 6-тонкий стальной лист; 7-фотоэлемент; 8-магнит; 9-источник переменного или постоянного тока; 10-испарители; 11-отверстие для откачки; 12-источник света для контроля толщины; 13-шторка для закрывания молекулярного пучка; 14-стеклянная камера

Рис.7. Камера для напыления и измерения

Конструкция предусматривала изменение угла падения молекулярного пучка от 6° до 86° . Для достижения этого необходимо вращать плечо (6) шторы (13) относительно общей оси (5). Для создания таких движений большое плечо со стальной пластинкой (6) поворачивается с помощью магнита (8) относительно общей оси вращения. Подложка обращена к испарителю и отделена от него шторой (13), которая предохраняет его от попадания испаряемой «грязной» части материала. Толщина пленки контролируется по отражению луча от подложки в процессе испарения. Для этого используется источник видимого или ближнего ультрафиолетового (УФ) света.

Подложка крепится на передней поверхности держателя в трех точках с помощью регулируемой пружины. Образец и держатель поворачиваются в вертикальном положении. Вертикальная и горизонтальная оси вращения образца фиксированы кинематически в блоке опор с плоскими пружинами (15), удерживающими оси в V-образных фазах. Такой тип опоры обеспечивает требуемую воспроизводимость и очень удобен при работе в вакууме без смазки. Весь механизм также расположен в эвакуированном объеме, однако, его можно вынимать для регулировки или очистки; при этом юстировка не нарушается.

Для нахождения оптимального технологического режима получения АФН-пленок проведены экспериментальные работы, результаты которых представлены в таблице 1.

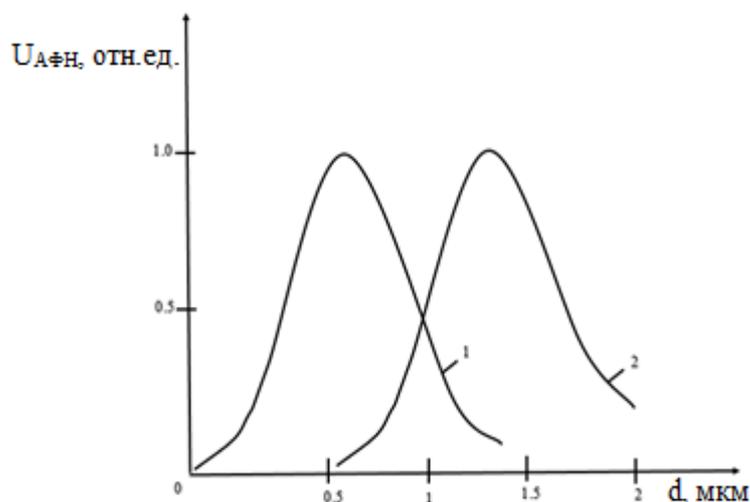
Таблица 1

Оптимальные параметры АФН-пленки

Полупроводниковый материал	P, мм.рт.ст.	T _{под} , °C	Угол напыления		Толщина, d, мкм	V _{АФН} , В
			Постоян.	Перемен.		
CuInS ₂	10 ⁻⁵	200-300	-	0-75 ⁰	1-1,5	200
CuInS ₂	10 ⁻⁵	200-300	30 ⁰	-	1,5	50-60
CuInSe ₂	10 ⁻⁴	250	45 ⁰	-	1	100
CuInSe ₂	10 ⁻⁴	250	-	20-80 ⁰	1	300
CuInTe ₂	10 ⁻⁵	200	-	10-70 ⁰	1,6	300
CuInTe ₂	10 ⁻⁵	200	40 ⁰	-	1,5	10

Из экспериментальных результатов следует, что АФН-пленки образуются только при анизотропном напылении независимо от наличия или отсутствия градиента толщины.

Приводятся экспериментальные результаты по определению предельной области толщины, длины, а также критерий высокоомности, сверхнеодно-родности, анизотропности, высоколегированности и связь с аномальностью АФН-пленок. Изложены результаты по исследованию эффекта двояколучепреломления в АФН-пленках с изовалентными примесями, рис. 8.



1-содержание примесей не более 10¹⁶ см⁻³; 2-содержание примесей доходят до 10²⁰ см⁻³

Рис. 8. Зависимость АФН от толщины пленок

Установлено, что влага оказывает отрицательное влияние на стабильность параметров АФН-элементов. Для защиты от влаги пленки АФН-элементов покрыты с лаком марки МБК. Эти явления, связанные с адсорбцией

воды, бесспорно, изменяют параметры тонкопленочных АФН-элементов, рис. 9,10.

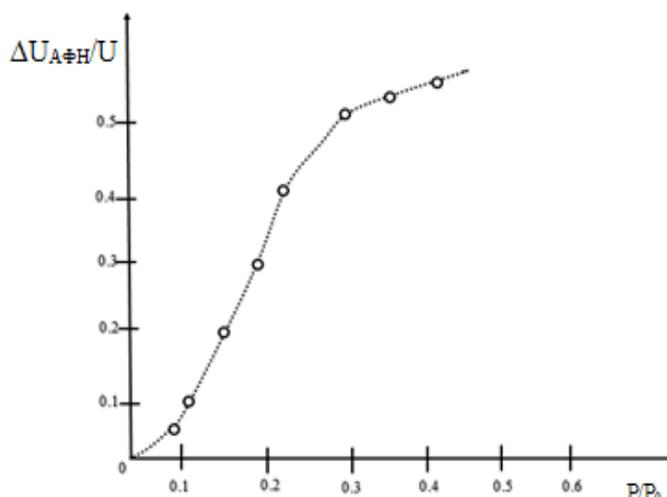


Рис. 9. Представление адсорбции паров O_2 на АФН пленках

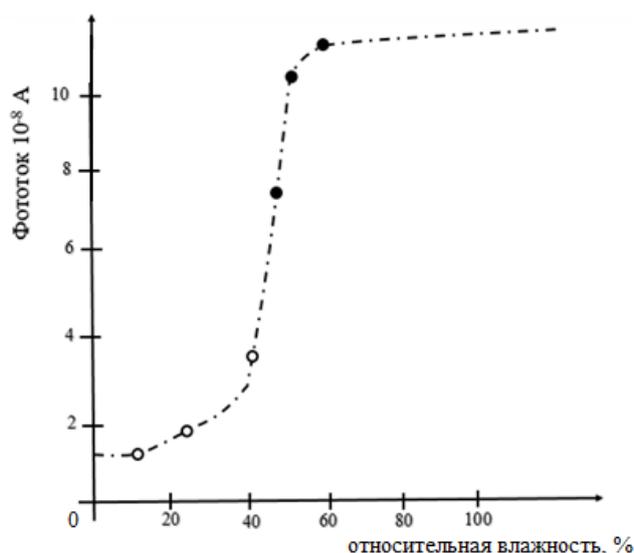


Рис. 10. Влияние влажности на фототок АФН-пленок

В четвертой главе «Исследование магнито- и электрооптических свойств АФН-пленок в поляризованном свете» приводятся результаты экспериментальных исследований АФН-эффекта в поляризованном свете. Проведен теоретический анализ основных свойств и экспериментально выяснено влияние поляризованного света на величину аномально большого фотонапряжения. Приведены типичные полярные диаграммы АФН-пленок халькогенидных соединений. Изложены результаты исследования влияния поляризованного света на спектр АФН. Показано, что чувствительность АФН-пленок к поляризации света, может быть использована при создании новых оптоэлектронных приборов.

Для поляризации света применялся поляроид, установленный на выходе монохроматора. Кривые поглощения снимались с учетом отражения, т.е. измерения проводились на разных толщинах:

$$\text{при толщине пленки } d_1 \quad J_1 = J_0(1 - r)e^{\alpha d_1} \quad (1)$$

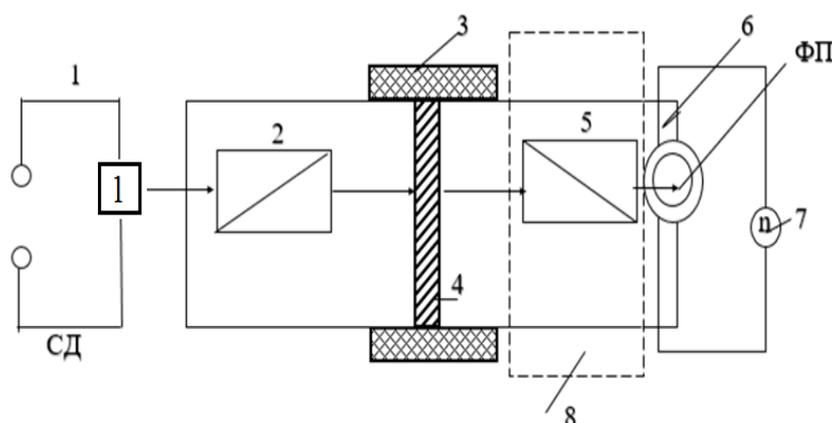
$$\text{при толщине пленки } d_2 \quad J_2 = J_0(1 - r)e^{\alpha d_2} \quad (2)$$

где, J_0 - интенсивности падающего света J_1 , J_2 - интенсивности прошедшего света, соответственно d_1 , d_2 ; r - коэффициент отражения, α - коэффициент поглощения.

Используя отношение J_1/J_2 и учитывая отражения, находим

$$\alpha = \frac{\ln(J_1/J_2)}{d_2 - d_1} \quad (3)$$

Спектры аномально большого фотонапряжения измеренные в естественном свете на разных участках одной и той же пленки слоя (при, $d > 0,7$ мкм), сильно видоизменяются с ростом его толщины: смещаются максимумы спектров, появляются побочные максимумы и т.д. Поэтому для аномально большого фотонапряжения и коэффициента поглощения (α) в поляризованном свете выбирались два узких соседних участка пленки при $d < 0,7$ мкм.



1-светодиод (СД); 2-поляризатор; 3-источник магнитного поля (соленоид); 4-АФН-пленка; 5-анализатор; 6-фотоприёмник; 7-измерительный прибор; 8-вращающая секция установки

Рис.11. Установка для наблюдения вращения плоскости поляризации (ϕ) в магнитном поле

Экспериментально показано, что магнитное поле вызывает поворот плоскости поляризации и согласно формуле (4), определен угол поворота, который зависит от длины волны: по измеренным значениям угла поворота может быть определена концентрация носителей, если концентрация носителей известна, то можно найти значения эффективной массы. Вращение

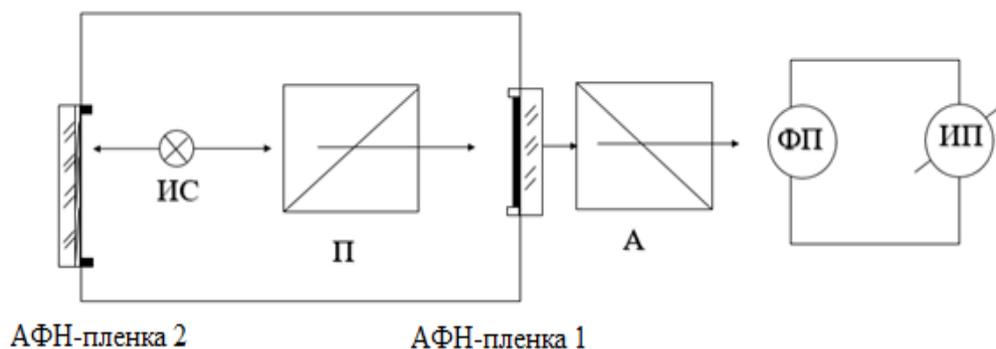
плоскости поляризации количественно характеризуется углом поворота φ , который может быть определен по формуле

$$\varphi = \frac{e^3 B N \lambda^2 d}{\pi c^3 \theta n m^2}, \quad (4)$$

где, N -концентрация свободных носителей заряда; B -магнитная индукция; θ -диэлектрическая постоянная вакуума; λ -длина волны; n -коэффициент преломления падающего на пленку света; d -толщина пленки.

По спектральной зависимости ($\alpha = k\lambda^2$, где k -удельное магнитное вращение, оно численно равно углу поворота плоскости поляризации света пленки единичной толщины) можно оценить удельное сопротивление образца. Показано, что под действием магнитного поля удельное сопротивление образцов возрастает, и, как следствие этого растет АФН, рис. 11.

Так же изучено влияние сильного электрического поля на спектр поглощения в АФН-пленках. Если к АФН-пленке приложить электрическое поле, изменяются коэффициенты преломления по осям x и y , что приводит к различию скорости света вдоль этих осей, а это, в свою очередь, приводит к различию фаз проходящего света по составляющим x и y . Разность фаз будет нарастать по мере прохождения через пленку, рис. 12.



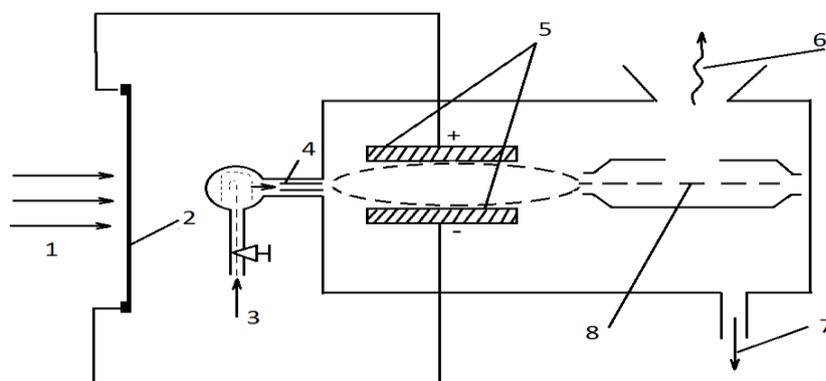
ИС-источник света; П-поляризатор; А-анализатор; ФП-фотоприемник; ИП-прибор для измерения

Рис. 12. Оптоэлектронная цепь для наблюдения электрооптического эффекта на АФН-пленках с двойным лучепреломлением

На выходе из АФН-пленки результатом суммирования колебаний по составляющим будет эллиптический поляризованный свет. При этом только часть энергии выйдет из прибора через анализатор - это энергия колебаний, имеющих плоскость поляризации, параллельную заданному анализатору. При изменении напряжения, приложенного к пленке, будет меняться форма эллипса поляризации света. Таким образом, появляется возможность модулировать амплитуду световых волн при помощи электрического напряжения.

В пятой главе диссертации под названием «**Фотогенераторные и позиционно-чувствительные способности АФН-пленок на основе диселинида меди и индия**» приведены данные ключевых параметров

фотоэлектрического генератора на основе АФН-пленок. На основе экспериментального образца фотоэлектрического генератора, рассмотрены потенциальные возможности различных АФН-пленок в качестве источника фотоэлектростатического поля в квантовых генераторах, рис. 13.



1-источник света; 2-АФН-пленка, источник постоянного напряжения; 3-источник газа; 4-капилляр; 5-сортирующая фокусирующая система; 6-излучаемые волны; 7-к вакуумному насосу; 8-резонатор

Рис.13. Устройство молекулярного аммиачного генератора

Показана принципиальная возможность использования фотоприёмника генераторного типа в качестве источника сильного электрического поля в сортирующей системе приборов квантовой группы. Использование фотоприёмника генераторного типа позволило уменьшить вес блока питания сортирующей системы более, чем на несколько порядков. Так же в работе приведено решение фундаментальной задачи управления квантового генератора с оптическим питанием.

Следует отметить, что в отличие от других фотоприёмников, полупроводниковый фотоэлектрический генератор имеет непрерывную чувствительную область. Его можно применять как позиционно-чувствительный датчик, рис.14.

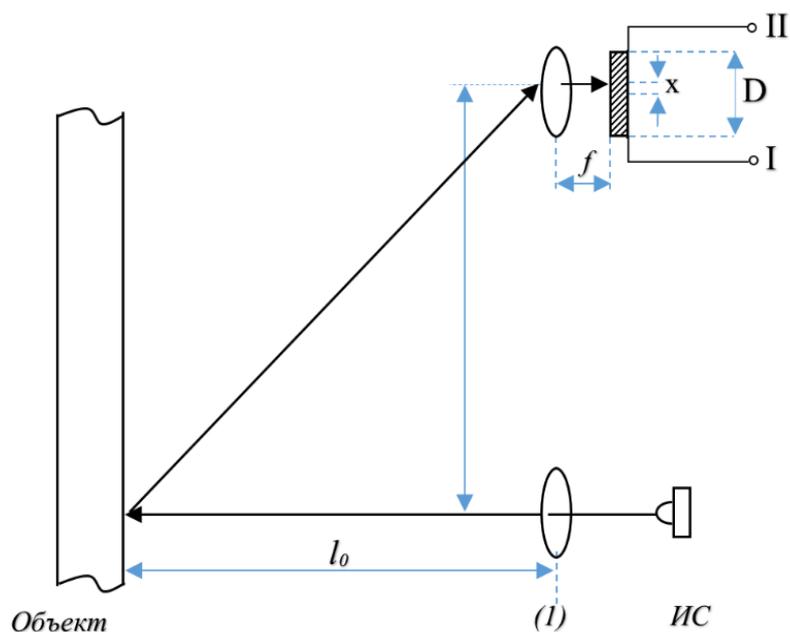
Световое пятно, перемещающееся по фоточувствительной зоне фотоприёмника генераторного типа, преобразует одномерный или двумерный сигналы, пропорциональные расстоянию до объекта:

$$z = z(p + 1) \quad (5)$$

где, k -геометрическая константа модуля, она определяется по формуле $k = f \frac{U_{\Phi}}{D}$; f -фокусное расстояние линзы.

$$p = \frac{D}{x} - 1, \quad (6)$$

здесь, x - расстояние между центром фотоприёмника генераторного типа и световым пятном; D - активная длина фотоприёмника генераторного типа.



D -активная длина фотоприёмника генераторного типа. x -расстояние между центром фотоприёмника генераторного типа и световым пятном

Рис.14. Принцип действия позиционно-чувствительного датчика

На этом же принципе работы можно реализовать промышленный оптоэлектронный датчик перемещений, в котором фотоприёмника генераторного типа используется для измерения небольших перемещений на расстоянии нескольких сантиметров.

Эти датчики эффективно работают в реальном масштабе времени и применяются при измерениях: уровня жидких и твердых сред, высоты в таких устройствах, как системы контроля; эксцентриситета вращающегося объекта; перемещений, а также для обнаружения присутствия в рабочей зоне определенных объектов. Основным достоинством датчиков на основе фотоприёмника генераторного типа является то, что в данном случае не нужен источник питания. Спектральный диапазон таких датчиков составляет $320 \div 1100$ нм, следовательно, они работают в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра. Чувствительная поверхность на большого одномерного фотоприёмника генераторного типа лежит в пределах $(1 \times 4) \div (1 \times 12)$ мм, в то время как в большого двухмерного фотоприёмника генераторного типа ее сторона составляет $(4 \div 25)$ мм.

Показаны возможности использования тонкопленочного металл-оксид-полупроводник (МОП)-транзистора совместно с фотоприёмником генераторного типа как функционального прибора, открывающего новые перспективы для решения задач функциональной микроэлектроники. Такие МОП-транзисторы можно использовать для нелинейных преобразователей различных информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе результатов научных исследований по разработке устройства генераторного типа на основе пленках диселенида меди и индия сделаны следующие выводы:

1. Изготовлена установка, позволяющая получить пленки с АФН эффектом в динамическом режиме с управляемым углом напыления, скоростью осаждения и температурой подложки.

2. Выявлены особенности технологии получения АФН-элементов на основе полупроводниковых соединений CuInSe_2 , легированных изовалентными примесями (S и Se) методом вакуумного напыления.

3. Установлено, что наличие неоднородности распределения примесей по глубине фоточувствительного слоя CuInSe_2 приводит к смещению максимума аномально фотовольтаического напряжения ($U_{\text{АФН}}$), напряжения фотоэлектрического состояния ($U_{\text{ФЭС}}$), напряжения фотомагнитного эффекта ($U_{\text{ФМЭ}}$) в коротковолновую область спектра при фронтальном освещении.

4. Экспериментально установлена зависимость коэффициента поглощения тонких пленок CuInSe_2 , нанесенных на предметное стекло от длины волны поляризованного света, на основе которой определены значения длины диффузии носителей, количество микрофотопереходов, значение эффективной подвижности носителей и время жизни неосновных носителей.

5. Разработан источник питания на основе АФН пленок для создания высокого электростатического поля в сортирующей системе молекулярно-квантового генератора, используемого для анализа состава материалов.

**SCIENTIFIC COUNCIL AWARDING OF THE SCIENTIFIC DEGREES
DSc. 30.08.2018.FM/T.01.12 AT THE SCIENTIFIC RESEARCH
INSTITUTE OF PHYSICS OF SEMICONDUCTORS AND
MICROELECTRONICS AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF
UZBEKISTAN NAMED AFTER MIRZO ULUGBEK**

FERGANA POLYTECHNICAL INSTITUTE

Nurdinova Raziyakhan Abdikhalikovna

**DEVELOPMENT OF A PHOTO RECEIVER DEVICE
GENERATOR TYPE**

01.04.10- Physics of semiconductors

**ABSTRACT OF DISSERTATION OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PHD)
ON TECHNICAL SCIENCES**

TASHKENT – 2019

The theme of dissertation of doctor of philosophy (PhD) on technical sciences was registered at the Supreme Attestation Commission at the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number № B2018.1PhD/T576.

Dissertation has been prepared at the Fergana Polytechnic Institute.

The abstract of the dissertation is posted in three languages (Uzbek, Russian, English (resume)) on the website of Scientific council (ispm.uz) and on Information and educational portal “ZiyoNet”.

Scientific supervisor: **Kasimahunova Anarkhan Mamasadikovna**
doctor of technical sciences, professor

Official opponents: **Abdikadirov Mukhitdin Abdurashitovich**
doctor of technical sciences, professor

Rakhmanov Anvarjon Tojiboevich
doctor of technical sciences, professor

Leading organization: **Qoraqalpakistan state university**

Dissertation defense will take place « ___ » _____ 2019 at _____ at the meeting of Scientific council number DSc. 30.08.2018.FM/T.01.12 at Institute of semiconductor physics and microelectronics of the National university of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek (Address: 100057, Uzbekistan, Tashkent, Yangi Almazar Str., building 20, Phone: (+99895) 146-77-44, fax (99871) 246-19-76, e-mail: info@ispm.uz/ The administrative building of the

The thesis can be found in the Department of information technology of the Institute. (registered no.____) Address: 20, Yangi Almazar street, Tashkent, 100057. Tel: (+99895) 146-77-44,

Abstract of dissertation sent out on « ___ » _____ 2019.

(Mailing report № ___ on « ___ » _____ 2019).

Sh.B.Utamuradova
Chairman of scientific council
on award of scientific degrees,
DSc in physics and mathematics,
professor

S.S.Nasriddinov
Scientific secretary of scientific council
on award of scientific degrees,
doctor of sciences in technical sciences,
docent

A.T.Mamadalimov
Chairman of scientific Seminar under
Scientific Council on award of
scientific degrees, DSc in physics and
mathematics, academician

INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

The aim of the research work is: the study of the technology of production and metrology of the little-studied AHV-elements of semiconductor compounds CuInSe₂ and a more detailed study of their basic photoelectric, photomagnetic properties.

The object of the study is a three-component composite semiconductor alloy based on CuInTe₂ and CuInSe₂.

Scientific novelty consists in the following:

anomalously large photoelectric, photomagnetic, and photoelectret effects were found in CuInSe₂ and CuInTe₂ semiconductor films, which are 2–3 times greater than the usual photovoltage;

A technology has been developed for the production of film photoelectrets based on AHV elements CuInTe₂ doped with isovalent impurities (Te, Se, S, etc.);

the microparameters of the AHV elements (N, τ , μ , and L), the number of NP-junctions, the photocarrier lifetime, their effective mobility, the diffusion length experimentally were determined;

explanations are given for the shift of the V_{AHV} , V_{PEC} and V_{PME} maxima of photosensitivity in the case of frontal illumination to the short-wave region of the spectrum by substantiating the inhomogeneity along the planes, the variable composition over the depth, and the inhomogeneity along the layer length.

Implementation of the research results. Based on the study of the features of generator-type photodetectors, the following results were implemented:

the results of the development, in the form of acting mock-ups of AHV-elements (generator-type photodetectors) were used as power sources for individual assemblies of devices and devices of the electrostatic field in Electroshock LLC. (The act of introduction from 07.09.2018). The use of scientific results allowed the development of individual non-volatile parts, and reducing the size of the measuring devices.

Structure and scope of the thesis. The thesis consists of an introduction, 5 chapters, conclusion, a list of references and applications, outlined in 131 pages.

ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙЎХАТИ
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I бўлим (I часть; I part)

1. Найманбаев Р., М.Тохиров, С.С.Собиров, Нурдинова Р.А. О природе АФН эффекта в полупроводниковых пленках теллурида меди и индия Uzbek Journal of Physics, 2012г., Vol/14 (№5-6), PP.311-315 (01.00.00, № 5)

2. М.Каримов, Р.Найманбоев, Р.А.Нурдинова Некоторые применения АФН эффекта в интегральных микросхемах, ФарПИ «Илмий-техника» журналы 2013й., №1, с.17-19 (05.00.00. № 20)

3. Касимахунова А.М., Нурдинова Р.А. Исследование АФН-элементов сдвой-ным лучепреломлением, Uzbek Journal of Physics, Vol/19 (№5), PP.302-306, 2017 г (01.00.00, №5)

4. A.M.Kasimakhunova, Sh.A.Olimov, R.Nurdinova, Tahir Iqbal, L.K.Mamadaliyeva Highly Efficient Conversion of Solar Energy by the Photoelectric Converter and a Thermoelectric Converter, Journal of Applied Mathematics and Physics, JAMP, 2018, 6, PP. 520-529 (01.00.00, № 6, Scientific Publishing Inc, Google based IF=0.53, Research Gate IF=0.24)

5. Касимахунова А. М., Найманбаев Р., Мамадалиева Л.К., Нурдинова Р.А., Олимов Ш.А. Исследования некоторых явлений в АФН-структурах с изовалентными примесями для разработки приборов и устройств для неразрушающего контроля и измерения, Computational nanotechnology, Издательский дом «Юр-ВАК», г. Москва, № 2, 2018 г., с.72-76. (01.00.00, № 60)

6. Касимахунова А. М., Найманбаев Р., Мамадалиева Л.К., Нурдинова Р.А., Олимов Ш.А. Research of ANV-effect in films and crystals with the effect of the double luxurification, Computational nanotechnology, Издательский дом «Юр-ВАК», г. Москва, № 3, 2018 г., PP 44-48 (01.00.00, № 60)

II бўлим (II часть; II part)

7. Найманбаев Р., Нурдинова Р.А. Опико-управляемый источник высокого напряжения для приборов квантовой группы., Материалы III Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах, г.Фергана, 14-15 ноябрь 2014г., с.24-25

8. Найманбаев Р., Нурдинова Р.А. Применение АФН-эффекта в интегральных микросхемах, Материалы III Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах, г.Фергана, 14-15 ноябрь 2014г., с.25-27

9. Нурдинова Р.А. Метрологические обеспечения устройств с аномально-фотонапряжением, Фаргона Давлат университети Республика ёш олим ва иктидорли талабаларининг «Илм-заковатимиз – сенга, она-Ватан!» мавзусидаги илмий-амалий анжумани материаллари, Фаргона, 2016й., 93-94 бетлар

10. Найманбаев Р., Нурдинова Р.А., Алимжанов И.Ш. Оптоэлектронный первичный преобразователь информации на АФН-элементе, Материалы X Международной научно-практической интернет-конференции «Тенденции и перспективы развития науки и образования в условиях глобализации» Сборник научных трудов Переяслав-Хмельницкий 16-17 января 2016 года, стр.345-347

11. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Нурдинова Р.А. Определения микропараметров фотоприёмников генераторного типа, Материалы Республиканской конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки» Ташкент, НПО «Физика -солнце» 28-29 июня 2016г., стр.143-144

12. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Нурдинова Р.А., Алимжанов И.Ш. Микроминиаритюрзация приборов квантовой группы, Материалы Республиканской конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки» Ташкент, НПО «Физика -солнце» 28-29 июня 2016г., стр.144-145

13. Найманбоев Р. Нурдинова Р.А. Фотоприёмники генераторного типа на основе АФН пленок трехселенистой сурьмы Материалы Республиканской конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки» Ташкент, НПО «Физика -Солнце» 28-29 июня 2016г., стр.169-170

14. Нурдинова Р.А. Фотоприёмники генераторного типа на основе селенид меди и индия, Материалы Республиканской конференции «Возобновляемые источники энергии: технологии и установки» Ташкент, НПО «Физика -солнце» 28-29 июня 2016г., стр.168

15. Нурдинова Р.А. Оптоэлектронное устройство для преобразование информации с применением АФН-элементов, Таълим жараёнига ахборот коммуникацион технологиялари тадбиқ қилиш муаммолари Республика илмий ва илмий - техник анжуман материаллари, Ан ДУ 2017 йил, 24 апрель, 152-153 бетлар

16. Касимахунова А.М., Найманбаев Р., Нурдинова Р.А., Алимжанова А.Ш. Технология получения АФН-элементов с двойным лучепреломлением, «Ярим ўтказказгичлар физикасининг ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг замонавий муаммолари», Республика илмий-амалий анжумани материаллари, АнДУ, 2018 йил 20-21 апрель, 118-119 бетлар

17. Касимахунова А.М., Найманбаев Р., Нурдинова Р.А., Алимжанова А.Ш. АФН-эффекты в пленках селенида кадмия с изовалентными примесями, «Ярим ўтказказгичлар физикасининг ва қайта тикланувчи энергия манбаларини ривожлантиришнинг замонавий муаммолари», Республика илмий-амалий анжумани материаллари, АнДУ, 2018 йил 20-21 апрель, 119-121 бетлар

18. Ш.А. Олимов, А.М.Касимахунова, Л.К.Мамадалиева, Р.А.Нурдинова Технология конструирования преобразователя солнечной энергии нового типа, "Седьмая Международная конференция по Физической Электронике

IPES-7", сборник тезисов докладов, 18-19 мая 2018г., Ташкент, Узбекистан, стр.76

19.Касимахунова А.М., Найманбаев Р., Нурдинова Р.А., Алимжанова А.Ш. Исследование АФН-эффекта в пленках селенида кадмия с изовалентными примесями, "Седьмая Международная конференция по Физической Электронике IPES-7", сборник тезисов докладов, 18-19 мая 2018г., Ташкент, Узбекистан, стр. 81

20.Касимахунова А.М.,Найманбаев Р., Нурдинова Р.А., Алимжанова А.Ш. Влияние оптической неоднородности для преобразование фотонапряжений,сборник тезисов докладов Седьмой Международной конференции по Физической Электронике IPES-7", г.Ташкент, Узбекистан., 18-19 мая 2018г., стр.102

21.Нурдинова Р.А. Современное состояние исследований АФН-эффекта, Материалы III Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах, часть II, г.Фергана, 25-26 мая 2018г., стр.84-87

22.Нурдинова Р.А. Исследование электрооптических и магнитооптических явлений на АФН-структурах, Материалы III Международной конференции по оптическим и фотоэлектрическим явлениям в полупроводниковых микро- и наноструктурах, часть II, г.Фергана, 25-26 мая 2018г., стр.87-90

23.Ш.А. Олимов, А.М.Касимахунова, Л.К.Мамадалиева, Р.А.Нурдинова, М.А. Норбутаев Разработка и исследование позиционно-чувствительных датчиков на основе фотоприёмников генераторного типа, “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман мақолалар тўплами, II шўъба, 3-4 октябрь 2018 йил, Андижон, 57-60 бетлар

24.Олимов Ш.А., Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Р.А.Нурдинова, Зокиров С.И.Вопросы применение АФН-пленок для приборов электростатического поля, “Замонавий ишлаб чиқаришнинг иш самарадорлиги ва энерго-ресурс тежамкорлигини ошириш муаммолари” мавзусидаги халқаро илмий-амалий анжуман мақолалар тўплами, II шўъба 3-4 октябрь 2018 йил, Андижон, 27-30 бетлар