

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКА  
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ**

**ЮСУПОВ АБДУРАШИД ХАМИДИЛЛАЕВИЧ**

**ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ОПТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР ҲАМДА  
ТРАНЗИСТОРЛАР КОМБИНАЦИЯСИ АСОСИДА ҚИШЛОҚ  
ХЎЖАЛИГИ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ЯРАТИШ**

**01.04.10 – Яримўтказгичлар физикаси**

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

**Тошкент – 2022**

УДК: 621.382:669.782:681.7.08

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

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

**Content of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) of technical  
science**

**Юсупов Абдурашид Хамидуллаевич**

Яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзисторлар комбинацияси асосида қишлоқ хўжалиги қурилмаларини яратиш..... 3

**Юсупов Абдурашид Хамидуллаевич**

Создание сельскохозяйственных устройств на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов..... 23

**Yusupov Abdurashid Khamidillaevich**

Creation of agricultural devices based on a combination of semiconductor optoelectronic devices and transistors..... 43

Эълон қилинган ишлар рўйхати

Список опубликованных работ 47  
List of published works.....

**ЎЗБЕКИСТОН МИЛЛИЙ УНИВЕРСИТЕТИ ҲУЗУРИДАГИ  
ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАР ФИЗИКАСИ ВА МИКРОЭЛЕКТРОНИКА  
ИЛМИЙ-ТАДҚИҚОТ ИНСТИТУТИ ҲУЗУРИДАГИ ИЛМИЙ  
ДАРАЖАЛАР БЕРУВЧИ DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 РАҚАМЛИ  
ИЛМИЙ КЕНГАШ**

---

**АНДИЖОН МАШИНАСОЗЛИК ИНСТИТУТИ**

**ЮСУПОВ АБДУРАШИД ХАМИДИЛЛАЕВИЧ**

**ЯРИМЎТКАЗГИЧЛИ ОПТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР ҲАМДА  
ТРАНЗИСТОРЛАР КОМБИНАЦИЯСИ АСОСИДА ҚИШЛОҚ  
ХЎЖАЛИГИ ҚУРИЛМАЛАРИНИ ЯРАТИШ**

**01.04.10 – Яримўтказгичлар физикаси**

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

**Тошкент – 2022**

Фалсафа доктори (PhD) диссертацияси мавзуси Ўзбекистон Республикаси Вазирлар самаси ҳузуридаги Олий аттестация комиссиясида B2022.1.PhD/T2438 рақам билан рўйхатга олинган.

Диссертацияси Андижон машинасозлик институтида бажарилган.

Диссертация автореферати уч тилда (ўзбек, рус, инглиз (резюме)) Илмий кенгашнинг веб-саҳифасида (info@ispm.uz) ҳамда «ZiyoNet» Ахборот таълим порталида (www.ziynet.uz) жойлаштирилган.

**Илмий раҳбар:**

**Олимов Лутфиддин Оманович**  
физика-математика фанлари доктори, профессор

**Расмий оппонентлар:**

**Қўлдашов Оббозжон Хоқимович**  
Техника фанлари доктори, доцент

**Нурдинова Розияхон Абдихаликовна**  
PhD (техника фанлари бўйича), доцент

**Етакчи ташкилот:**

**Қорақолпоқ давлат университети**

Диссертация ҳимояси Ўзбекистон Миллий университети ҳузуридаги Яримўтказгичлар физикаси ва микроэлектроника илмий - тадқиқот институти ҳузуридаги илмий даражалар берувчи DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 рақамли Илмий кенгашнинг 2022 йил «02» 10 янв соат 14-00 даги мажлисида бўлиб ўтади. (Манзил: 100057, Ўзбекистон, Тошкент шаҳри, Янги Олмазор кўчаси, 20 уй. Тел./факс: (371) 248-79-92; e-mail: info@ispm.uz)

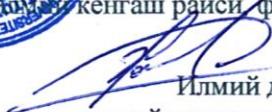
Диссертация билан ЯЎМ ИТИ нинг Ахборот технологияларини жорий этиш бўлимида танишиш мумкин. (41 рақам билан рўйхатга олинган.) (Манзил: 100057, Ўзбекистон, Тошкент шаҳри, Янги Олмазор кўчаси, 20 уй. Тел./факс: (371) 248-79-92; e-mail: info@ispm.uz)

Диссертация автореферати 2022 йил «19» 10 да тарқатилди.  
(2022 йил «19» 10 даги 41 рақамли реестр баённомаси).

01.10.10



  
**Ш.Б. Утамурадова**  
Илмий даражалар берувчи  
кенгаш раиси, ф.-м.ф.д., профессор

  
**Ж.Ж. Хамдамов**  
Илмий даражалар берувчи  
илмий кенгаш илмий котиби, PhD

  
**Н.А. Тургунов**  
Илмий даражалар берувчи илмий  
кенгаш қошидаги илмий семинар  
раиси, ф.-м.ф.д., доцент

Тошкент – 2022

## КИРИШ (фалсафа доктори (PhD) диссертацияси аннотацияси)

**Диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурияти.** Ҳозирги даврда жаҳон амалиётида яримўтказгичли тузилмалар ва оптоэлектрон асбобсозлик соҳаларида n-p-n ёки p-n-p турли транзисторлар ва ёруғлик чиқарувчи p-n-ўтишли тузилмалари кенг қўламда фойдаланиб келинмоқда. Улар орасида айниқса, электр сигналларини кучайтиришга мўлжалланган транзисторлар ҳамда оқ нур чиқарувчи диодлар ўз ўрнига эга. Бундай тузилмалар электр сигналларини бошқаришга мўлжалланган транзистор ва қурилмалар, самарадорлиги юқори бўлган ёруғлик нурлари чиқарувчи оптоэлектрон асбоблар ва уларнинг комбинациясига асосланган қурилмаларни ишлаб чиқаришда муҳим аҳамият касб этади.

Дунё миқёсида оқ нур чиқарувчи диод тузилмалари ҳамда юқори кучланишлар ҳосил қилишда база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларида юз берувчи физик жараёнларни тадқиқ қилиш ва уларни бошқариш орқали оптоэлектрон асбоблар ва транзисторлар комбинациясига асосланган қурилмалар ишлаб чиқариш истикболли йўналишлардан ҳисобланади. Шу сабабдан яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ёруғлик нурларининг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини тадқиқ қилиш; транзистор иш ҳолатида база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларидаги физик жараёнларни ўрганиш бўйича илмий изланишлар олиб борилмоқда. Бу борада оптоэлектрон асбоблар ва транзисторларда юз берувчи физик жараёнларни бошқариш орқали уларнинг комбинациясига асосланган қурилмалар яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикамизда яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзисторлар комбинацияси асосида иқтисодий соҳаларга мўлжалланган қурилмалар яратиш технологияларини ўрганиш борасида муайян натижаларга эришилмоқда. Бу борада ёруғлик чиқарувчи диод ёруғлик нурларининг турли муҳитларда тарқалиши ҳамда транзисторнинг база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларидаги физик жараёнларни бошқариш усуллари ўрганиш ва уларни турли нурлатгичли қурилмаларга тадбиқ этишга бўлган эҳтиёж ортиб бормоқда. Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегиясида «... мутлақо янги турдаги маҳсулотлар ва технологияларни ишлаб чиқаришни ўзлаштириш, шу асосда маҳаллий товарларнинг ташқи ва ички бозорларда рақобатбардошлигини таъминлаш»<sup>1</sup> вазибалари белгиланган. Мазкур йўналишда ёруғлик чиқарувчи диоднинг турли муҳитларда тарқалиши қонуниятлари ва транзисторнинг база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларидаги физик жараёнларни бошқариш орқали яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзисторлар комбинацияси асосида иқтисодий соҳаларга мўлжалланган қурилмалар яратиш муҳим илмий аҳамият касб этади.

---

<sup>1</sup> Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги "2017-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича ҳаракатлар стратегияси тўғрисида" ги ПФ 4947-сонли фармони.

Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2021 йил 19 мартдаги ПҚ-5032-сон “Физика соҳасидаги таълим сифатини ошириш ва илмий тадқиқотларни ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2020 йил 28 январдаги ПҚ-4575-сон “Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясида белгиланган вазифаларни амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги, 2021 йил 1 майдаги ПҚ-2939-сон “Балиқчилик тармоғини бошқариш тизимини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорлари, 2021 йил 3 февралдаги ПФ-6159-сон “Қишлоқ хўжалигида билим ва инновациялар тизими ҳамда замонавий хизматлар кўрсатишни янада ривожлантириш” тўғрисидаги Фармони, шунингдек, ушбу соҳада қабул қилинган бошқа меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларда белгиланган вазифаларни амалга оширишга ушбу диссертация тадқиқоти муайян даражада хизмат қилади.

**Тадқиқотнинг республика фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига боғлиқлиги.** Мазкур тадқиқот республика фан ва технологиялар ривожланишининг III. «Энергетика, энергоресурс тежамкорлиги, транспорт, машина ва асбобсозлик, замонавий электроника, микроэлектроника, фотоника ва электрон асбобсозлиги ривожланиши»нинг устувор йўналишига доир бажарилган.

**Муаммонинг ўрганилганлик даражаси.** Ҳозирги кунга қадар оптоэлектрон асбоблар ва транзисторларнинг электрофизик ва фотоэлектрик характеристикалари ва уларда юз берувчи физик жараёнларни тадқиқ қилиш муаммолари қуйидаги илмий марказларда ўрганилган: Politecnico di Torino (Италия), Yonsei University (Корея), International Iberian Nanotechnology Laboratory (Португалия), Michigan Technological University (АҚШ), Ajou University (Корея), The University of Tokyo (Япония), Center for Emergent Matter Science (Япония), K L University (Хиндистон), University of Michigan (АҚШ), Parma University (Германия), Sana’a University (БАА), А.Ф. Иоффе номидаги Физика-техника институти, Россия ФАнинг микроструктуралар физикаси институти (Россия), Ўзбекистон Миллий университети, Тошкент давлат техника университети (Ўзбекистон).

Н.Lee (Корея), Zhi Jiang (Япония), K.Swapna (Хиндистон), P.Bhattacharya (АҚШ), R.Fornari (Германия), A.Darwish (БАА), В.Н.Давыдовлар (Россия) яримўтказгичли оптоэлектрон қурилмаларнинг фойдали иш самарадорлигини ошириш, фотоэлектрик ва электрофизик характеристикаларини тадқиқ қилиш, интеграл микросхемаларда қўллаш устида илмий тадқиқотлар олиб боришган. Шунингдек G.Smestad, Н.Ris, А.Faraji қуёш батареялари ва оптоэлектрон қурилмаларнинг вольт-ампер характеристикаларини, S.Sabri, R.Malek, X.Kassmi лар InAs/GaAs нинг структуравий хусусиятларини оптоэлектрон қурилмаларга таъсирини ўрганишган. О.Сергиенко, В.Кононенко, И.Манак, Д.Ушаковлар оптоэлектрон қурилмаларнинг хусусиятларини, ва уларнинг иқтисодиёт соҳаларига тадбиқи, техника технологияларда қўллашнинг самарадорлигини ўрганишган. С.З. Зайнабидинов, А.Т. Мамадалимов, М.К. Баходирхонов, Х.К. Арипов, А.М. Қасимахунова, А.В. Каримов,

А.Тешабоевлар томонидан яримўтказгичли материаллар ва улар асосида p-n, n-p, p-n тузилмалар олиш, уларнинг электрофизик ва фотоэлектрик характеристикаларини тадқиқ қилишган, лекин оптоэлектрон асбоблар ва транзисторлар комбинацияси асосида юқори самарали, энергия тежамкор қишлоқ хўжалиги қурилмалари яратиш масалалари тўлиқ ўрганилмаган.

**Тадқиқотнинг диссертация бажарилган олий таълим муассасасидаги илмий тадқиқот ишлари режалари билан боғлиқлиги.** Диссертация иши Андижон машинасозлик институти илмий-тадқиқот ишлари режасининг № БФЗ-003 «Киришмали вольттик эффектга асосланган яримўтказгич негизли микро ва наноўлчамли ноанъанавий ва муқобил энергия манбаларини яратиш» (2017-2020 йй.) ҳамда № UZB-Ind-2021-92 “Микро- ва наноўлчамли (грануллашган) яримўтказгичли термоэлектрик материалларини ишлаб чиқиш ва жорий этиш” (2021-2023 йй.) мавзусидаги тадқиқот лойиҳалари доирасида бажарилган.

**Тадқиқотнинг мақсади** яримўтказгичли оптоэлектрон асбобларнинг ёруғлик нурларини ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ҳамда n-p-n тузилмали транзисторларни ўрганиш асосида қишлоқ хўжалиги учун мўлжалланган қурилмаларни яратиш.

**Тадқиқот вазифалари:**

турли нурлантргичларнинг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини аниқлашнинг оптоэлектрон методларини ишлаб чиқиш;

оптоэлектрон методлар асосида нурлантргичларнинг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини аниқлаш;

n-p-n тузилмали транзисторларининг иш ҳолатидаги ВАХ ўрганиш асосида юқори кучланишлар ҳосил қилиш технологиясини ишлаб чиқиш;

яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзисторлар комбинацияси асосида қишлоқ хўжалиги учун мўлжалланган қурилмалар яратиш.

**Тадқиқотнинг объекти** сифатида нурлантргичларнинг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиши қонуниятлари ҳамда n-p-n структурали транзисторларини ўрганиш олинган.

**Тадқиқотнинг предмети** нурлантргичларнинг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ҳамда n-p-n структурали транзисторларнинг характеристикаларини ўрганиш ва уларнинг комбинацияси асосида қишлоқ хўжалигига мўлжалланган қурилмалар яратишдан иборат.

**Тадқиқотнинг усуллари.** Белгиланган вазифаларни ечиш учун қуйидаги усуллар қўлланилган: люксметр ҳамда кремнийли қуёш элементи асосида ёруғлик нурларини ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятларини аниқлаш усуллари, транзисторнинг иш фаолиятида база-эмиттер ва база-коллектор ўтишларида ток ўтиш механизмлари вольт ампер характеристикани таҳлил қилишнинг замонавий усулларидан фойдаланилган. Ёруғлик нурларини тарқалиш қонуниятларини аниқлаш LX1330В маркали рақамли ёруғлик ўлчагич қурилмаси ёрдамида амалга оширилган, қурилманинг ўлчаш вақти

0,5секунд, ёруғлик кучининг ўлчаш кенглиги 0,1-200000 люкс, 0,01-20000FC, ўлчаш аниқлиги 0,1 люкс, ёруғлик қабул қилгичи – филтрли масофавия селенли фотодиод. Кремнийли қуёш элементи ёрдамида олинган фотокучланиш ва фототокни GDM-8245 универсал мультиметр ёрдамида ўлчанган. Қурилманинг ўзгармас кучланишда ўлчаш хатоси  $\pm 0,03\%$ , ўзгармас ток кучининг ўлчаш хатоси  $\pm 0,05\%$ , частота кенглиги 20Н дан 50 кН гача. Энергия самарадор юқори кучланиш олиш схемасини олишда, транзисторнинг характеристикаларини температурага боғлиқлигини ўлчашда RIGOL DS1102Z-E маркали оциллографдан фойдаланилган. Қурилманинг тармоқ кенглиги 100МН, икки каналли, ишга тушириш узоклиги 8нс – 10с оралиқни ўз ичига олади. Сувдаги микроорганизмларнинг фаол ривожланишини таъминловчи оптимал ёруғлик манбаининг аниқлашдаги энг самарали, кремнийли қуёш элементи асосида сув муҳитида ёруғлик нурларини тарқалишини аниқлаш усулидан фойдаланилган.

**Тадқиқотнинг илмий янгилиги** қуйидагилардан иборат:

нурлантиргичларнинг ёруғлик нурини сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ва ёруғлик спектрини аниқлашнинг оптоэлектрон методи ишлаб чиқилган;

оптоэлектрон метод ёрдамида нурлантиргичларнинг фотоэлектрик характеристикаларини тадқиқ қилиш орқали сувли муҳит учун энг оптимал манба яримўтказгичли ёруғлик диоди эканлиги асослантирилган;

n-p-n тузилмали транзисторлар асосида юқори кучланишлар ҳосил қилишнинг соддалаштирилган схемаси таклиф қилинган бўлиб, иш ҳолатида тўғри ўтиш режимида транзистор  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  ҳарорат оралиқларида қизиши билан p-n ўтишлар токининг ҳарорат коэффиценти 600 мкА дан 94 мкА гача камайиши ҳамда тесқари ўтиш режимида токнинг ҳарорат коэффиценти  $\alpha_1$  0,5 дан нолга интилиши аниқланган;

n-p-n тузилмали транзисторнинг иш ҳолатидаги тўғри ўтиш режимида  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  ҳарорат оралиғида қизиши билан ( $\varepsilon_U$ ) база-эмиттер соҳа учун p-n ўтиш кучланишининг ҳарорат коэффиценти 2,2 мВ/°С дан 1,3 мВ/°С гача, база-коллектор соҳа учун 1,3 мВ/°С дан 0,6 мВ/°С гача чизиқли камайиши ҳамда тесқари ўтиш режимида база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларидаги кучланиш ортиши аниқланган;

яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда n-p-n тузилмали транзисторлар комбинацияси асосида балиқчилик ёритиш қурилмаси ва зараркунанда ҳашоратларга қарши курашга мўлжалланган биофизик тутқичлар конструкцияси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқотнинг амалий натижалари** қуйидагилардан иборат:

кремнийли қуёш элементи ёрдамида сувли муҳитдаги ёруғлик нурининг тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини ўрганиш методлари ишлаб чиқилган бўлиб, оптоэлектрон асбобсозлик ривожланишида муҳим аҳамият касб этган;

p-p-n тузилмали транзисторлар иш ҳолатида тўғри ўтиш режимида база-эмиттер ва база-коллектор ўтишларида кучланишининг ҳарорат коэффиценти чизиқли ўзгариши ҳароратни ўлчаш параметри сифатида фойдаланиш имконини беради;

p-p-n тузилмали транзисторлар иш ҳолатида тўғри ўтиш режимида транзистор p-n ўтишлари токи ва унинг ҳарорат коэффиценти ўзгариш табиати уни тебранишларни ҳосил қилиш ва кучайтиришда, шунингдек ўзгарувчан схемаларда фойдаланиш имконини бериши аниқланган;

яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзистор комбинацияси асосида қишлоқ хўжалиги зараркунанда ҳашоратларга қарши кураш қурилмаси ишлаб чиқилган;

яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзистор комбинацияси асосида балиқчилик ёритиш қурилмаси ишлаб чиқилган.

**Тадқиқот натижаларининг ишончилиги** оптоэлектрон асбоблар ва электр сигналларини кучайтириш транзисторларининг электрик ва оптик характеристикалари ва параметрларини текширишда стандарт ва кенг қўлланиладиган замонавий илмий ва технологик методлардан фойдаланилганлиги билан изоҳланади. Натижа ва хулосалар физикавий тасаввурларга асосланган назарий ва экспериментал натижалар билан тасдиқланган.

**Тадқиқот натижаларининг илмий ва амалий аҳамияти.** Тадқиқот натижаларининг илмий аҳамияти яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ёруғлик нурларини ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ҳамда электр сигналларини кучайтириш транзистор ўтишлари вольт-ампер характеристикаси база-эмиттер ва база-коллектор ўтишларининг физик параметрларига боғлиқлиги ҳақида кенгроқ тасаввур этиш имконини берган.

Тадқиқот натижаларининг амалий аҳамияти шундан иборатки, яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ва электр сигналларини кучайтириш транзисторлари комбинацияси асосида қишлоқ хўжалиги зараркунанда ҳашоратларига қарши кураш, балиқчилик тармоғи учун балиқларни табиий озуқа билан таъминлаш ҳамда сув ҳавзасидаги балиқ личинкалари, бентослар, детритлар ва сув ўтларини жадал ривожланишини таъминлаш имконига эга энергия тежамкор қурилмалари ишлаб чиқилган ва амалиётга жорий этиш таклиф қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши:**

яримўтказгичли оптоэлектрон асбобларнинг ёруғлик нурларини ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ҳамда p-p-n тузилмали транзисторларни ўрганиш бўйича олинган илмий натижалар асосида:

ёруғлик нурларининг ҳаво ва сув муҳитида тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикасини ўрганишда қўлланилган оптоэлектрон метод ҳамда олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси Тожикистон энергетика институтининг “Кучли электроника” лабораториясида (Тожикистон энергетика институтининг 21.11.2021 йилдаги №431/11-21-сон маълумотномаси) ҳамда “Академик Б.Ғофуров номидаги Хўжанд давлат

университети” Аниқ ва табиий фанлар Илмий-тадқиқот институтида (“Академик Б.Ғофуров номидаги Хўжанд давлат университети” Тожикистон Республикаси Илм ва фан давлат таълими муассасасининг 05.11.2021 йилдаги №01-17710-сон маълумотномаси) ёруғлик нурларининг ҳаво ва турли сув муҳитларида тарқалишининг спектрал характеристикаларини ҳамда куч транзисторларининг характеристикаларини ўрганишда қўлланилган. Илмий натижалар ва оптоэлектрон методдан фойдаланиш ёруғлик нурларининг ҳаво ва сув муҳитида тарқалиши қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини ҳамда куч транзисторларининг характеристикаларини ўрганиш имконини берган;

ёруғлик нурларининг ҳаво ва сув муҳитида тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикасини ўрганишда олинган натижалар ва уларнинг муҳокамаси “Яримўтказгичлар ва уларнинг наноструктураларида фотонли кинетик самараларнинг назарий тадқиқи” мавзусидаги фундаментал тадқиқот лойиҳасида (ОТ-Ф2-66 лойиҳа раҳбари ф.-м.ф.д., профессор Р.Я. Расуловнинг 17.11.2021 йилдаги №01-3626-сон маълумотномаси) ёруғлик нурларини турли муҳитларда тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини ҳамда р-п ўтишларнинг характеристикаларини тадқиқ қилишда қўлланилган. Илмий натижалардан фойдаланиш ёруғлик нурларининг конденсирланган муҳитларда тарқалиш қонуниятлари ва спектрал характеристикаларини ҳамда р-п ўтишларда кучланиш ва ток кучининг ҳарорат коэффициентларининг назариясини ишлаб чиқиш ва моделлаштириш имконини берган;

оқ ёруғлик нури чиқарувчи диод ҳамда транзистор комбинациясига асосланган “Зарарли учар ҳашоратларга қарши кураш қурилмаси” ишлаб чиқилган ва унга Ўзбекистон Республикаси Интеллектуал мулк агентлигининг фойдали моделга патенти (Patent Uz FAP 01356, 31.01.2019) олинган. Ишлаб чиқилган қурилма қишлоқ хўжалиги зараркунанда учар ҳашоратларга қарши самарали ва уйғунлашган кураш чораларини жорий этишнинг экологик жиҳатдан соф тизимини яратиш имконини берган;

**Тадқиқот натижаларининг апробацияси.** Диссертация ишининг натижалари 5 та халқаро ва 2 та республика миқёсида ўтказилган илмий-амалий конференцияларда маъруза ва муҳокама қилинган.

**Тадқиқот натижаларининг эълон қилинганлиги.** Диссертация мавзуси бўйича асосий натижалар 15 та илмий ишда, улардан 7 таси диссертация ишларининг асосий илмий натижаларини нашр этиш учун Ўзбекистон Республикаси Олий аттестация комиссияси томонидан тавсия этилган илмий журналларда, шу жумладан 5 та мақола хорижий халқаро журналларда чоп этилган.

**Диссертациянинг ҳажми ва тузилиши.** Диссертация кириш, тўртта боб, хулоса, фойдаланилган адабиётлар рўйхати ва иловалардан иборат. Диссертациянинг ҳажми 50 та расм, 4 та жадвални ўз ичига олган ҳолда, 120 бетни ташкил этади.

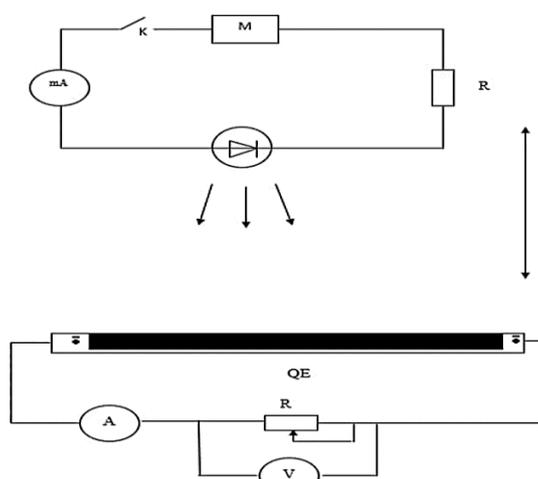
## ДИССЕРТАЦИЯНИНГ АСОСИЙ МАЗМУНИ

**Кириш** қисмида диссертация мавзусининг долзарблиги ва зарурати асосланган, тадқиқотнинг Ўзбекистон Республикаси фан ва технологиялари ривожланишининг устувор йўналишларига мослиги кўрсатилган, мавзу бўйича хорижий илмий тадқиқотлар шарҳи, муаммонинг ўрганилганлик даражаси келтирилган, тадқиқот мақсади, вазифалари, объекти ва предмети тавсифланган, тадқиқотнинг илмий янгилиги ҳамда амалий натижалари баён қилинган, олинган натижаларнинг назарий ва амалий аҳамияти очиб берилган, тадқиқот натижаларининг жорий қилиниши, нашр этилган ишлар ва диссертация тузилиши бўйича маълумотлар берилган.

Диссертациянинг **“Муаммонинг ҳолати ва яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзисторларнинг функционал характеристикалари”** деб номланган биринчи бобида мавзу бўйича батафсил адабиётлар шарҳи қилинган. Яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ва транзисторларнинг электрофизик ва фотоэлектрик характеристикаларини тадқиқ қилиш бўйича оригинал илмий мақолалар ва патент маълумотларини таҳлил қилиш натижалари келтирилган.

Бундан ташқари ушбу бобда, яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзисторлар асосидаги қурилмаларнинг иқтисодиёт соҳаларига тадбиқ қилиш муаммолари таҳлил қилинган. Хусусан, яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда транзистор комбинацияси асосида қишлоқ хўжалиги учун мўлжалланган қурилмалар яратиш орқали зарарқунанда учар ҳашоратларга қарши кураш, балиқчилик соҳасининг табиий озуқа (учар ҳашоратлар) базасини оширишнинг самарали ва уйғунлашган, экологик жиҳатдан соф тизимини яратиш муаммолари очиб берилган. Улар асосида мавзу муаммосининг қўйилиши асосланган. Мавжуд маълумотларнинг назарий ва экспериментал таҳлили натижасида тадқиқот мақсади ва вазифаларининг қўйилиши шакллантирилган.

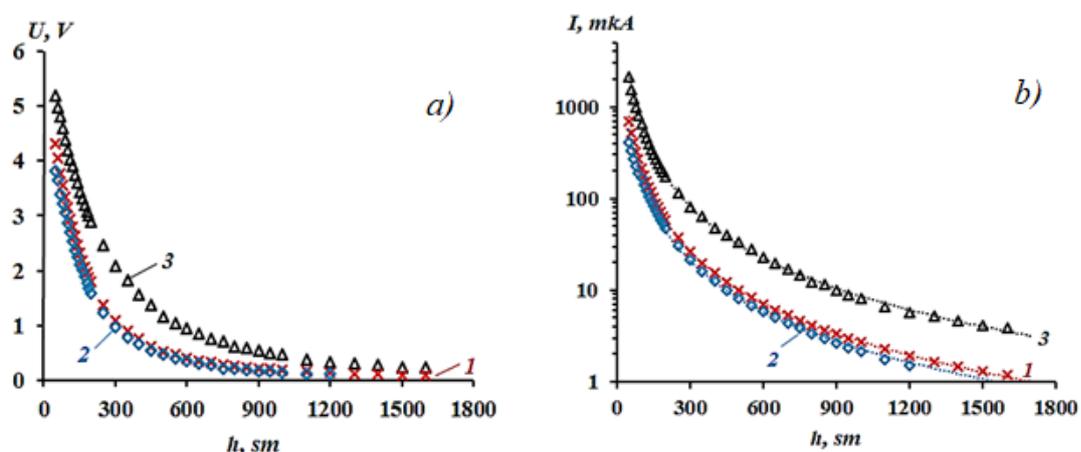
Диссертациянинг **“Яримўтказгичли оптоэлектрон нурлантиргичларнинг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари”** деб номланган иккинчи бобида турли оптик нурланиш манбалари ёруғлик нурларининг ҳаво ва сув муҳитида тарқалишга оид амалий тадқиқотлар ўтказилди. Турли нурлатгичларнинг ҳаво ва сувли муҳитда тарқалиш қонуниятлари ҳамда спектрал характеристикаларини ўрганишда олинган тадқиқот натижалари келтирилган. Икки муҳит чегарасида, масалан, ҳаво муҳитидан сувли муҳитга ўтганда ёруғлик нурлари тўлқин узунлиги қисқа



**1-расм. Опто жуфтларнинг ҳаво муҳитида нурларнинг тарқалиш спектрини аниқлаш.**

тўлқин узунлик томонга ўзгаради. Шунинг учун ҳисобга олган ҳолда,  $h$  масофадаги ёруғлик нурлари оқимини назорат қилиш учун кремнийли қуёш элементи ҳамда люксметрлардан фойдаланилди. Қуёш элементида ҳосил бўлган ток ва кучланиш GDM-8245 универсал мультиметр ҳамда ёритилиши LX1330В русумли люксметр ёрдамида ўлчанди. Тадқиқотлар очик ҳаво ҳамда сув муҳитида олиб борилди. Нурлантиргичлар сифатида ёруғлик оқими бир хил 1200 lm бўлган, хусусан, оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диод, люминесцент ва чўғланма лампалар танлаб олинди (1-расм).

2-расмда кремнийли қуёш элементи ҳамда 3-расмда люксметр ёрдамида олинган натижалар келтирилган. Кремнийли қуёш элементи ёрдамида олинган натижалардан кўринадики, чўғланма лампанинг ҳаво муҳитида ёруғлик тарқатиш қобилияти бошқа турдаги ёритгичларга нисбатан сезиларли даражада юқори (2-расм, 3 чизиқ). Маълумки, кремнийли қуёш элементи максимал ёруғлик спектрал сезгирлиги  $\lambda=660\div 880$  нм, инфра қизил нур тўлқин узунлигига тўғри келади. Чўғланма лампа спирали қизиши ҳисобига ундан инфра қизил нурлар тарқалади. Шунинг учун кремнийли қуёш элементи бошқа турдаги ёритгичлардан тарқалаётган оқ нурга нисбатан чўғланма лампанинг инфра қизил нурини кучлироқ сезади. Бунга аниқлик киритиш учун люксметр ёрдамида олинган натижаларни кўриб чиқайлик.



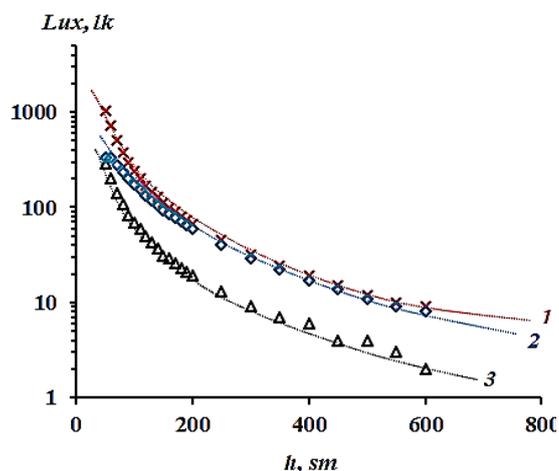
2-расм. Опто жуфтларнинг ҳаво муҳитида фотокучланиш (а) ва фототокнинг (б) нинг  $h$  га боғлиқлиги: 1 – ёруғлик чиқарувчи диод, 2 – люминесцент, 3 – чўғланма лампа.

Маълумки, люксметр оптик нурланиш манбаларининг ёруғлик тарқатиш қобилиятларини ўлчовчи асосий қурилмалардан бири ҳисобланади. Шунини ҳисобга олганда люксметр ёрдамида олинган натижалар ишончлироқдир. Люксметр ёрдамида олинган натижалардан кўринадикки, оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диоднинг ҳаво муҳитида ёруғлик тарқатиш қобилияти бошқа турдаги ёритгичларга нисбатан сезиларли даражада юқорилиги аниқланди (2-расм, 1 чизик).

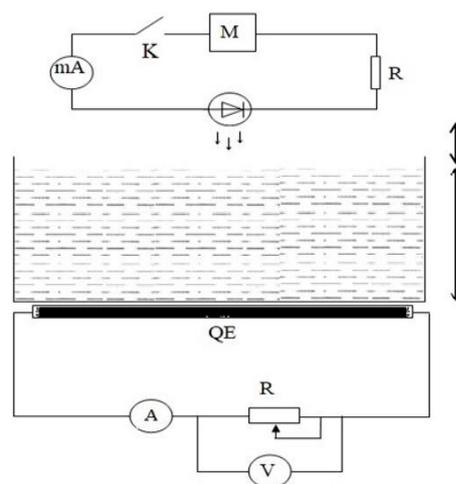
Люксметр ёрдамида олинган натижалардан кўринадикки, ҳаво муҳитида ёритгичлар сифатида фойдаланишда оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диод ёруғлик тарқатиш қобилияти ва энергия тежамкорлиги билан афзал оптик нурланиш манбаси эканлигидан далолат беради (3-расм).

4-расмда ҳаво муҳитидан сувли муҳитга ўтгандаги ёруғлик нурлар оқимининг характеристикаларини аниқлаш методининг соддалаштирилган схемаси ҳамда 5-расмда қуёш элементи фототоки ( $I$ ) ва кучланиши ( $U$ )нинг  $h$  га боғлиқлиги тасвирланган.

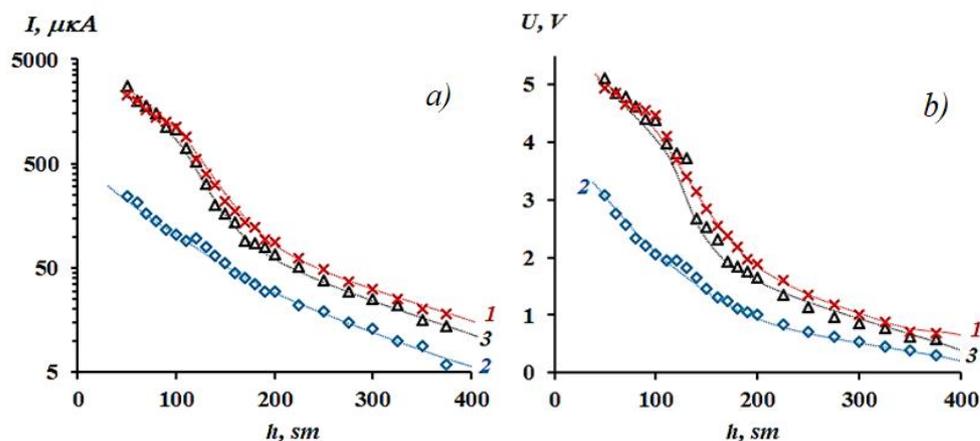
Таъкидлаш жоизки, ёритгичлар сув сатҳидан 1 метр баландликка жойлаштирилган, сувли муҳит баландлиги эса 3 метрни ташкил қилади. Демак, натижаларнинг  $h \leq 1$  метр ҳолати ҳаво муҳитига, қолган қисми сувли муҳитга тўғри келади. Юқоридаги сингари  $h \leq 1$  метр ҳаво муҳитида чўғланма лампа натижалари бошқа турдаги натижалардан юқори бўлиб, сувли муҳитга ўтганда унинг ёритганлиги сезиларли даражада камайиши (3 чизик), аксинча, оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диод бўйича олинган натижа сезиларли даражада юқори бўлиши аниқланди (1 чизик).



3-расм. Ёруғлик оқимининг  $h$  га боғлиқлиги: 1 – ёруғлик чиқарувчи диод, 2 – люминесцент, 3 – чўғланма лампа.



4-расм. Опто жуфтларнинг сув муҳитида нурларнинг тарқалиш спектрини аниқлаш.



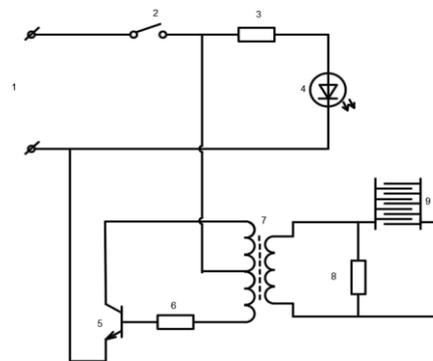
5-расм. Опто жуфтларнинг сувли муҳитда фототок (а) ва фотокучланишнинг (б)  $h$  га боғлиқлиги: 1 – ёруғлик чиқарувчи диод, 2 – люминесцент, 3 – чўғланма лампа.

Маълумки, сув ҳаводан 770 марта зичроқ бўлиб, ҳавога нисбатан юқори иссиқлик сиғимиغا эга, товуш тебранишини яхши ўтказди, бироқ ёруғлик оқимини сусайтиради. Яъни, сувли муҳитда ёруғлик нурининг сочилиш ( $k$ ), ютилиши ( $\sigma$ ) ва сусайиши ( $\epsilon$ ) кузатилади. Ёруғлик нури частотаси ўзгармайди, аксинча, тўлқин узунлиги қисқа тўлқин узунлик томонга ўзгаради. Масалан, сувли муҳитда ёруғлик нурларини катта миқдорда ютилиши ҳисобига чўғланма лампадан тарқалаётган инфрақизил нурлар тўлқин узунлиги 880 нм дан 476 нм гача камаяди (3 чизик). Худди шундай ҳолат бошқа турдаги ёритгичлар учун ҳам ўринлидир. Бироқ, оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диодларнинг чиқараётган ёруғлик нури оқими деярли қуёш нури спектрига яқин ҳамда кенг спектр оралиғида бўлиб, сувли муҳитда турли тўлқин узунликдаги нурларга ажралади. Сувли муҳитда уларнинг асосий қисми  $\lambda > 660$  нм тўлқин узунлигига тўғри келади. Бу кремний асосли қуёш элементи учун етарли даражадаги спектрал ёруғликдир (4-расм).

Шуни ҳам таъкидлаш жоизки,  $\lambda > 660$  нм тўлқин узунликдаги қизил ёки инфрақизил нурлар ҳаво ва сувли муҳитдаги ўсимликлар ва микроорганизмларнинг бир меъёردа ривожланишида муҳим ўрин эгаллайди. Бундан кўринадики, оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диод сув хавзаларидаги микроорганизмларнинг ривожланишида, балиқ ва балиқ личинкаларининг функционал тизимларининг ўсишида, уларни табиий озик-овқат базаси бўлган, сув ҳавзасида ўсадиган ўсимликлар, бактериялар, детритлар, бентосларнинг бир меъёрдa ривожланишида афзал оптик нурланиш манбаси эканлигидан далолат беради.

Диссертациянинг “**Юқори кучланиш ҳосил қилиш технологияси ва қурилманинг ишлаш сифатини ошириш**” деб номланган учинчи бобида яримўтказгичли транзисторларнинг характеристикаларини тадқиқ қилиш, улардан фойдаланиш масалаларининг ҳозирги ҳолати таҳлил қилинган. Хусусан, электр сигналларини кучайтиришга мўлжалланган яримўтказгичли транзисторлар улар асосида юқори кучланишлар ҳосил қилиш, база-эмиттер ва база-коллектор ўтишлари вольт-ампер характеристикаларининг температурага боғлиқлиги амалий жиҳатдан тадқиқ қилинди.

6-расмда электр сигналларини кучайтириш транзистори ёрдамида юқори кучланишлар ҳосил қилиш электр схемаси келтирилган. Ўзгармас ток манбаидан берилган кириш кучланиши 6 В, ток кучи 4 А га тенг. Транзистордан ўтган ток оқимининг қиймати манба-эмиттер 2,4 А, коллектор-чўлғам 1,9 А, база-чўлғам 0,55 А, манба-чўлғам 2,56 А ни ташкил этади. Транзисторнинг иш бажарув коллектор-эмиттер оралиғидаги ўзгармас кучланиши 0,5 В, ўзгарувчан кучланиш 2,2 В, база-эмиттер орасидаги ўзгармас кучланиш 0,79 В, ўзгарувчан кучланиш эса 0,42 Вга тенг. Трансформатор биринчи чўлғам диаметри 50 мм<sup>2</sup> бўлган мис сим, ўрамлари сони 50 та бўлган икки ўрамдан иборат. Иккинчи чўлғамнинг диаметри 30 мм<sup>2</sup> бўлган мис сим, ўрамлари сони 1950 та. Электр схема манбага уланганда трансформаторнинг иккиламчи чўлғамда ток кучи жуда ҳам кичик бўлган ~3000 вольтли юқори кучланиш ҳосил бўлиши ва маълум вақтдан сўнг транзисторнинг қизиши кузатилди. Қизишни олдини олиш учун совутиш радиаторидан фойдаланилди. Бироқ, узок муддат, 10 соат атрофида ишлаганда транзисторда қисман қизиш жараёни аниқланди. Буларга боғлиқ ҳолда, транзистор иш режимидаги база-эмиттер ва база-коллектор ўтишлари вольт-ампер характеристикаларининг температурага боғлиқлиги ўрганилди.



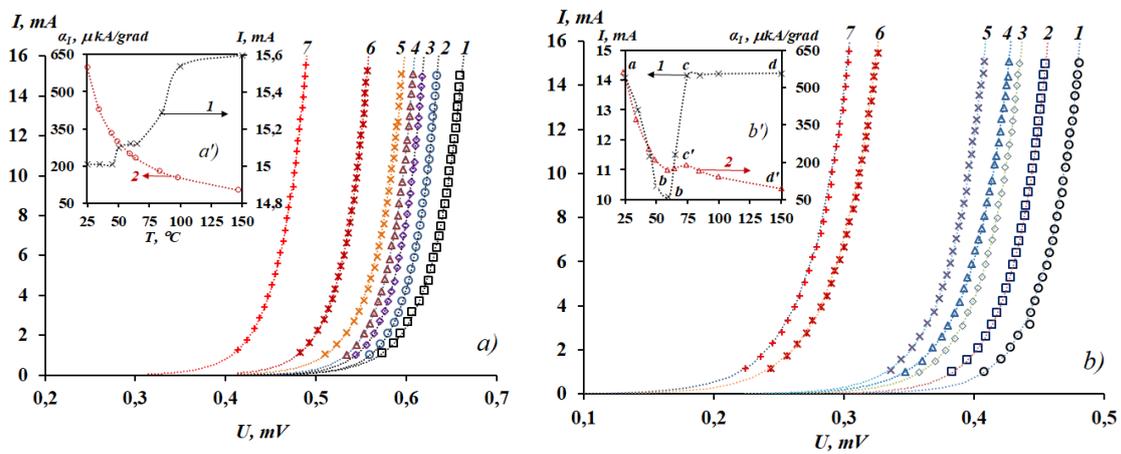
**6-расм. KTD 718 русумли транзистори ёрдамида юқори кучланилар ҳосил қилиш электр схемаси.**

7-расмда турли температураларда база-эмиттер (a) ва база-коллектор (b) соҳаларидаги тўғри йўналиши ток кучининг кучланишга боғлиқлиги тасвирланган. Ҳар икки ҳолда ҳам температура ортиши билан p-n – ўтишда кучланиш (U)нинг чап томонга параллел равишда силжишини кўришимиз мумкин.

Токнинг кучланишга боғлиқлигини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_{p-n} = I_0 \exp \frac{qU - \Delta W}{kT} \quad (1)$$

Бу ерда,  $I_0$  – иссиқлик токи,  $q$  – электрон заряди,  $k$  – Больцман доимийси,  $T$  – температура,  $\Delta W$  – база қалинлиги.



7-расм. Турли температураларда база-эмиттер (a) ва база-коллектор (b) соҳадаги тўғри йўналиши ток кучининг кучланишга боғлиқлиги: 1 – 25°C, 2 – 35°C, 3 – 50°C, 4 – 65°C, 5 – 75°C, 6 – 100°C, 7 – 150°C.

Ҳар икки ҳолда ҳам температура билан  $I_0$  ортиши ҳисобига  $I_{p-n}$  ортади. Иш режимда  $qU < \Delta W$  кўрсаткич манфий бўлиб, температура ортиши билан  $I_{n-p}$  ортади. Бу ҳолда,  $I_{p-n}$  учун транзисторнинг кириш характеристикалари  $\Delta U = 1 \div 2 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$  қиймат билан чап томонга силжийди. Биз олган натижалар ушбу мулоҳазаларга тўғри келади. Бундай ҳолда, ўрганилаётган транзисторда ток учун кучланишнинг ҳарорат коэффициенти ( $\varepsilon_U$ ) қуйидагича бўлиб, диодли тузилмалардаги сингари  $\varepsilon_U \sim 2 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$  ни ташкил қилади.

$$\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{\Delta T} \quad (2)$$

Бизнинг ҳолда,  $\varepsilon_U$  база-эмиттер соҳа учун  $2,2 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$  дан  $1,3 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$  гача база-коллектор соҳа учун  $1,3 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$  дан  $0,6 \text{ мВ/}^{\circ}\text{C}$  гача чизикли камаяди. Ушбу режимда токнинг қийматини 10 мА дан юқори танланиши керак. Бунда ҳар икки ўтишда ҳам кучланиш пасайишининг температурага сезгирлиги ўзгармас қийматларни қабул қилади. Яъни, температура ортиши билан кучланиш чизикли камаяди, бу улардан температуранинг ўлчаш параметри сифатида фойдаланиш имкониятини бериши мумкин.

Аксари адабиётларда температура ортиши билан ток ва кучланиш боғлиқлиги чап томонга силжиши ҳақида фикр юритилган. Шу нуқтаи назардан, кремний асосли транзистор база-коллектор ўтишида тўғри йўналиши токнинг температурага боғлиқлигини синчиклаб ўрганиш қизиқиш уйғотади.

7-расмда база-эмиттер (a') ва база-коллектор (b') соҳалари учун  $I_{p-n}$  максимал қийматининг температурага боғлиқлиги (1 чизик) тасвирланган. Расмдан кўринадики, уларнинг температурага боғлиқлиги бир-биридан фарк қилади. Масалан, база-эмиттер соҳаси учун  $I_{p-n}$   $T \sim 25 \div 45^{\circ}\text{C}$ ,  $T \sim 60 \div 65^{\circ}\text{C}$  ҳамда  $T \geq 100^{\circ}\text{C}$  да турғун ўзгарса,  $T \sim 45 \div 60^{\circ}\text{C}$ ,  $T \sim 65 \div 100^{\circ}\text{C}$  да бирдан ортади. База-коллектор соҳаси учун  $I_{p-n}$  ноодатий масалан,  $T \sim 60^{\circ}\text{C}$  гача камайиб (a-b),  $T \sim 60 \div 85^{\circ}\text{C}$  да қайта ортади (b-c), ва  $T \geq 85^{\circ}\text{C}$  да турғун (c-d) ўзгаради.  $I_{p-n}$  нинг бундай ноодатий ўзгаришини баҳолаш учун токнинг температуравий коэффициенти  $\alpha_I = \Delta I / \Delta T$  аниқланди (2 чизик). Кўринадики, база-эмиттер соҳаси учун  $\alpha_I$  температурага экспоненциал равишда ўзгаради. База-коллектор

соҳаси учун эса  $T \leq 85$  °C да  $\alpha_I$  нинг ўзгариши ( $a-c$ ),  $I_{p-n}$  нинг температурага боғлиқлигига мос келади. Яъни  $T \leq 60$ °C да  $\alpha_I$  нинг камайиши  $I_{p-n}$  нинг камайишига,  $T \sim 60 \div 85$  °C да қайта ортиши  $I_{p-n}$  нинг ҳам ортишига олиб келади.

Таъкидлаш жоизки, p-n тузилма ёки транзисторларининг айрим хусусиятлари ўтишларнинг физик параметрларига боғлиқ бўлиб, ток ўтишининг температура коэффициентидан ташқари ўтишларнинг дифференциал қаршилигини ҳам ўз ичига олади. У кичик қийматга эга бўлишига қарамай температурага мос ҳолда ўзгариб туради. Шунингдек, температура ортиши билан база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларидаги ўтишларда потенциал тўсиқ баландлиги камаяди, электрон-ковак жуфтликлари ҳосил бўлиши ортади, заряд ташувчиларнинг энергия бўйича тақсимоли ўзгаради (масалан, электронлар ўтказувчанлик зонасида нисбатан юқорида энергетик сатҳларни эгаллайди), бу ўз навбатида дифференциал қаршилиқнинг камайишига олиб келади. Бу ҳар икки ҳол учун муайян температура оралиқларида токнинг ортишига олиб келади. Шунинг ҳам таъкидлаш жоизки,  $p$  ва  $n$  соҳаларда ҳосил бўлаётган электрон-ковак жуфтликлари ортишига қарамасдан, маълум бир температура оралиқларида кристалл панжаранинг иссиқлик тебраниши ортиши ҳисобига заряд ташувчилар ҳаракатчанлиги камаяди. Бунда дифференциал қаршилиқ ортади, бу база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларида  $I_{p-n}$  нинг турғун ўзгаришига ёки база-коллектор соҳаси учун  $T \leq 60$  °C да  $I_{p-n}$  нинг ( $a-b$ ) камайишига олиб келади.

Кўриб ўтилган p-n – ўтишларда токнинг маълум диапазонидаги ноодатий ўзгариши уни тебранишларни ҳосил қилиш ва кучайтиришда, шунингдек ўзгарувчан схемаларда ишлатиш имконини бериши мумкин.

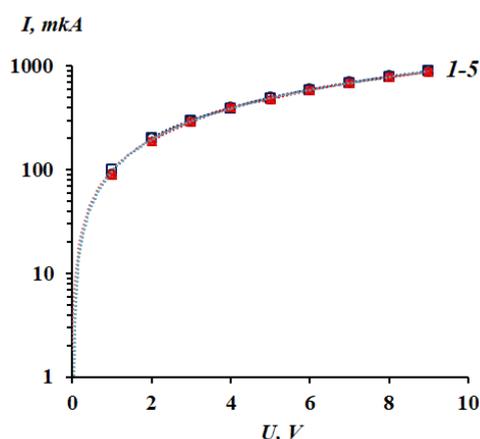
База-эмиттер ва база-коллектор соҳаларининг тескари режимидаги характеристикалари ҳам ўрганилди. Белгиланган температураларда ҳар икки ҳолдаги p-n – ўтишларнинг тескари режимида кучланиш ортиши билан ток ўзгармаслиги кузатилди (8-расм).

Таъкидлаш жоизки, кўп ишларда, база-коллектор p-n – ўтиши тескари токининг температура сезгирлиги кузатилган. Бироқ, бизнинг ҳолда,  $25 \div 150$  °C да, база-коллектор p-n – ўтиши тескари токи кучланишининг кичик (1 В кичик) қийматларида қисман ортади, сўнгра кучланиш ортиши билан ток ортиши деярли сезилмайди. Яъни, температура  $25$ °C дан  $150$ °C гача ортганда ток ўзгармайди,  $\alpha_I$   $0,5$  дан нолга интилади. Юқорида айтиб ўтганимиздек, бу хусусият транзистор база-эмиттер ёки база-коллектор p-n – ўтишларининг физик параметрларига боғлиқ бўлиши мумкин. Яъни, температура таъсирида  $p$  ва  $n$  соҳаларда электрон-ковак жуфтликларининг ортишига қарамасдан p-n – ўтишлар соҳасида потенциал тўсиқ баландлиги ҳамда дифференциал қаршилиги ортади. Бунда  $\alpha_I$  нолга интилади ва тескари ток ўзгармайди.

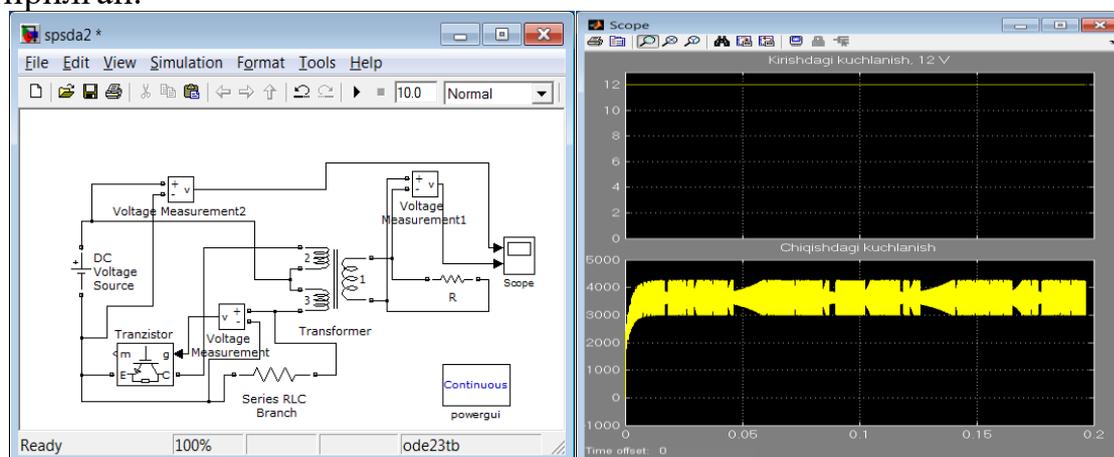
База-эмиттер ёки база-коллектор р-п – ўтишлари тескари режимида ўтишлар токни чекловчи вазифасини бажаради (8-расм), тўғри уланиш режимида эса температура ортиши билан ток чизикли равишда камаяди. Бу жараёнлар биргаликда база-эмиттер ёки база-коллектор р-п – ўтишлари вольт-ампер характеристикасини ҳосил қилади.

9-расмда электр сигналларини кучайтириш яримўтказгич транзистори ёрдамида юқори кучланишлар ҳосил қилиш электр схемасининг MATLAB (SPS) тизимидаги математик модели ҳамда кириш ва чиқишда ҳосил бўлган кучланишларнинг оцилограммалари келтирилган.

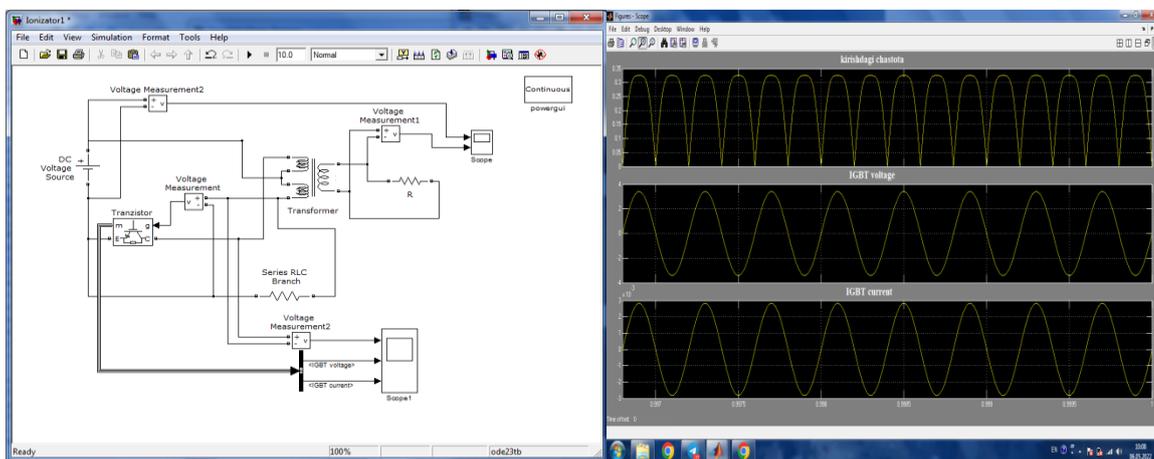
10-расмда юқори кучланиш ҳосил қилишда электр схемада фойдаланилган KTD718 русумли транзисторнинг MATLAB (SPS) тизимидаги база-коллектор ва эмиттер-коллектор кириш чиқиш частоталарининг оцилограммалари келтирилган.



8-расм. Турли температура-ларда база-коллектор тескари режимидаги токнинг кучланишга боғлиқлиги: 1 – 30°C, 2 – 50°C, 3 – 75°C, 4 – 100°C, 5 – 150°C.



9-расм. Электр сигналларини кучайтириш яримўтказгич транзистори ёрдамида юқори кучланишлар ҳосил қилиш электр схемасининг MATLAB (SPS) тизимидаги математик модели ҳамда кириш ва чиқишда ҳосил бўлган кучланишларнинг оцилограммалари



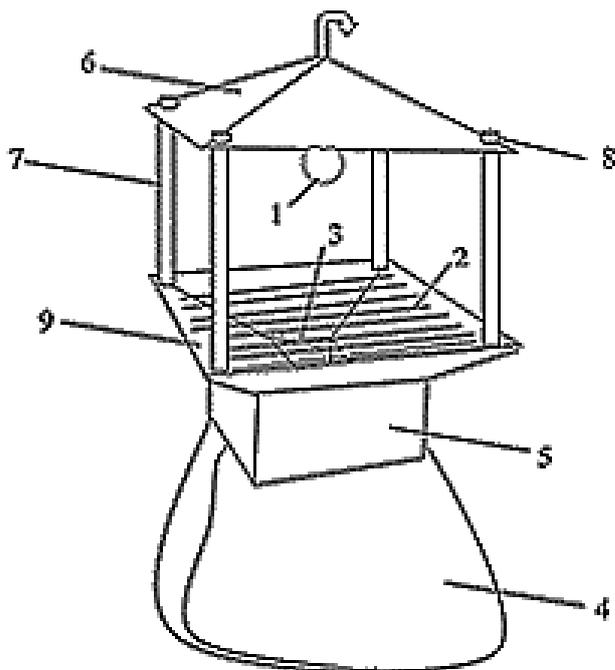
**10-расмда юқори кучланиш ҳосил қилишда электр схемада фойдаланилган KTD718 русумли транзисторнинг MATLAB (SPS) тизимидаги база-коллектор ва эмитер-коллектор кириш чиқиш частоталарининг осциллограммалари**

Шундай қилиб, температура ортиши билан белгиланган тоқларда кучланишнинг камайиши уни температурани ўлчаш учун параметр сифатида ишлатишга имкон беради, маълум температура оралиқларида тўғри йўналиш тоқининг ноодатий табиати уни тебранишларни ҳосил қилиш ва кучайтиришда, шунингдек ўзгарувчан схемаларда ишлатишга имкон беради.

Диссертациянинг **“Яримўтказгичли асбоблар асосида қишлоқ хўжалиги қурилмалари яратиш муаммолари ва ечимлари”** деб номланган тўртинчи бобида илмий асосланган усулларни ва интенсив технологияларини иқтисодиёт соҳаларига жорий қилиш масалалари ҳал қилинган. Оптоэлектрон асбоблар асосида турли нурлатгичлар, масалан биофизик қурилмалар яратишда унинг қўлланилиш соҳаси ва имкониятларини аниқлаш талаб этилади. Тадқиқотлар олиб бориш учун нурлатгич сифатида оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диод ҳамда турли рангдаги полимер ҳамда ўзидан ёруғликни ўтказувчи оқ рангли метариаллар танлаб олинди.

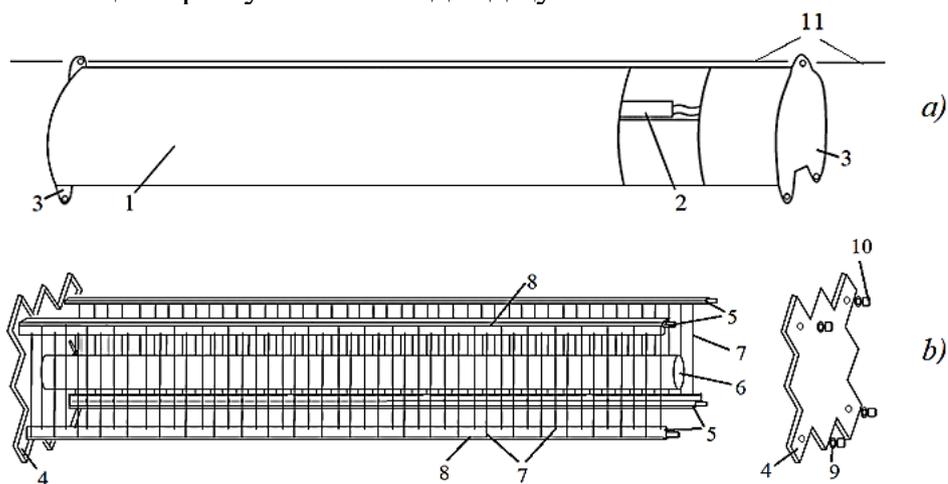
11-расмда зараркунанда ҳашоратларга қарши курашга мўлжалланган оптоэлектрон асбоблар асосидаги энергия тежамкор биофизик қурилмаси тасвирланган. Қурилманинг оптик нурланиш манбаи сифатида оқ ёруғлик нури чиқарувчи яримўтказгичли диодли (1 – Led) лампа қўлланилган бўлиб, у остки юзаси қирмизи рангли қалпоқ ҳамда сариқ рангли ванна ўртасига жойлашган. Иш режимида қалпоқ остки ҳамда ванна юзасига тушиб қайтган нурлар оптик нурланиш манбаи нурлари билан ўзаро аралашмаси товланган ҳолда атрофга тарқалиши таъминланди. Бу билан учиб юрувчи ҳашоратларни ўзига жалб қилиши аниқланди. Ванна сиртига юқори кучланишли сетка кўринишидаги қирувчи мослама унинг остига жинсий феромон жойлашган бўлиб, у тузоқ вазифасини бажаради. Феромонлар ёруғликка келган зараркунанда ҳашоратларни ўзига жалб қилиб, юқори кучланишли тўрли тўсиқда ҳашоратлар яқсон бўлади ва тирқиш орқали қопга тушади. Тадқиқотларда фойдали ҳашоратларга умуман зарар етмаслиги аниқланди. Юқори кучланиш ҳосил қилиш технологияси б-расмдаги электр схемага

асосланган ҳолда ишлайди. Битта қурилманинг таъсир доираси 300 м<sup>2</sup> дан 1 гектаргачадир.



11-расм. Оптоэлектрон асбоблар асосидаги биофизик тутқич қурилмаси.

12-расмда балиқчилик учун мўлжалланган оптик электрон асбоблар асосидаги энергия тежамкор ёритгичнинг соддалаштирилган схемаси тасвирланган. Балиқчилик учун мўлжалланган ёритгич қурилмасининг оптик нурланиш манбаи сифатида оқ шиша трубка ичига жойлашган оқ ёруғлик нури чиқарувчи чизикли яримўтказгичли диод қўлланилган.



12-расм. Балиқчилик учун мўлжалланган оптик электрон асбоблар асосидаги энергия тежамкор ёритгичнинг соддалаштирилган схемаси.

Қурилма вазифаси ва юқоридаги тадқиқот натижаларига кўра, барча қисмлари сариқ рангда бўлиб, ҳимоя қалпоғи (а расм), горизонтал шаклда тайёрланган диэлектрик асос (b расм), юқори кучланишли тўр шаклидаги ҳашоратларни шикастлаш воситаси, унинг ўртасига жойлашган оптик нурланиш манбаи ҳамда электр схема элементларидан иборат.

Ҳимоя қалпоғи турли ташқи таъсир ва ёғингарчиликдан сақлашга мўлжалланган бўлиб, икки томони вертикал тўсиқлар билан беркитилган (3)

ҳамда унга электросхема элементлари жойлаштирилган (2). Вертикал тўсиқнинг юқори қисмида симли (11) илгакка бириктирилиши қурилмани сув юзасининг исталган қисмида, исталган узунликда ўрнатиш ва фойдаланиш имконини бериши таъминланган. Диэлектрик асоснинг остки қисми очик, юқори қисми қалпоқ билан чегараланган. Унинг икки томонига шикастлаш воситаси ўрнатилган. Шикастлаш воситасини (III) шаклда ўрнатиш учун махсус тешик ва ўйиқлар ҳосил қилинган (7 ва 8), бу билан энергия сарфини камайтириш таъминланган. Бу қурилмада ҳам юқори кучланиш ҳосил қилиш технологияси 6-расмдаги электр схемага асосланган ҳолда ишлайди.

Шикастлаш воситасининг ўртасига энергия ресурс тежамкор оқ шиша трубка ичига жойлашган оқ ёруғлик нури чиқарувчи чизикли яримўтказгичли диод жойлаштирилган. Қурилма асосининг остки қисми очик ҳолда тайёрлаш билан оптик нурланиш манбаига интилган ва шикастлаш воситасида яқсон бўлган ҳашоратларни сув ҳавзасига тушиши таъминланган.

Қурилманинг ишлаш принципи содда бўлиб, юқоридаги тадқиқотлар асосида атрофга бир нечта спектрли нурларнинг тарқалишига асосланган. Қурилма қисмларидан ҳамда сув юзасидан синиб қайтган нурлар оптик нурланиш манбаи нурлари билан ўзаро аралашиб турли спектрлардан иборат нурларни товланиб тарқалиши таъминланган. Бу билан сув ҳавзаси атрофидаги ҳашоратларни ҳамда сув остидаги балиқларни кўпроқ жалб қилиш имконини беради.

Оқ нурли ёруғлик чиқарувчи диодларнинг ёруғлик нури табиий (куёш) ёруғлик нурларининг ёритиш интенсивлигига мос келиши, оптик нурланиш манбаининг горизонтал равишда чизикли ўзгармас ҳолатда жойлашиши, бу билан сув юзасига ўзгармас бурчак остида нурлар тушиши таъминланганлиги нурларни атроф ва сув ҳавзасига бир меъёрда сочилишига олиб келиши таъминланди. Қурилмани қўлланилиши сувнинг юқори сатҳидан 1 метрдан 2 метр баландлик оралиғида ўрнатилиши энг қулай ва оптимал баландлик бўлиши аниқланди. Бу сув остидаги балиқларни кўпроқ жалб қилишга, сувда ўсадиган ўсимликлар, бактериялар, детритлар, бентосларнинг бир меъёрда ривожланишига амалий ёрдам бериши таъминланди.

Қурилмага етиб келган, оптик нурланиш манбаига интилган ҳашоратлар шикастлаш воситасида нобуд бўлади ва улар қурилманинг остки очик қисми орқали сув ҳавзасига тушади. Бу билан балиқларнинг табиий озуқа, ҳашоратлар билан озикланиши таъминланади. Қурилманинг бундай оптоэлектрон асбоблар ёрдамида такомиллаштирилиши шу кунгача адабиётларда қайд этилмаган.

## ХУЛОСА

1. Оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диоднинг ҳаво муҳитида ёруғлик тарқатиш қобилияти бошқа турдаги ёритгичларга нисбатан сезиларли даражада юқори бўлиши люксметр ёрдамида асосланган. Бу билан у ёруғлик тарқатиш қобилияти юқорилиги ва энергия тежамкорлиги билан ҳаво муҳитида ёритгичлар сифатида фойдаланишда афзал оптик нурланиш манбаси эканлиги кўрсатиб берилган.

2. Оқ нурли ёруғлик чиқарувчи яримўтказгичли диодларнинг ҳаво муҳитида ёруғлик тарқатиш қобилияти бошқа турдаги ёритгичларга нисбатан сезиларли даражада юқори бўлиши аниқланган бўлиб, сувли муҳитда турли тўлқин узунлиқдаги нурларга ажралиши ҳамда сувли муҳитда уларнинг асосий қисми  $\lambda > 660$  нм тўлқин узунлигига тўғри келиб, кремний асосли қуёш элементи учун етарли даражадаги спектрал ёруғлик бўлиши асосида тушунтирилган.

3. *p-n* тузилмали транзисторлар асосида юқори кучланишлар ҳосил қилишнинг соддалаштирилган схемаси таклиф қилинган бўлиб, иш ҳолатида тўғри ўтиш режимида транзистор  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  ҳарорат оралиқларида қизиши билан *p-n* ўтишлар токининг ҳарорат коэффиценти 600 мкА дан 94 мкА гача камайиши ҳамда тескари ўтиш режимида токнинг ҳарорат коэффиценти  $\alpha_I$  0,5 дан нолга интилиши аниқланган.

4. *p-n* тузилмали транзисторлар иш ҳолатида тўғри ўтиш режимида транзистор  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  ҳарорат оралиқларида қизиши билан *p-n* ўтишлар кучланишининг ҳарорат коэффиценти ( $\varepsilon_U$ ) база-эмиттер соҳа учун 2,2 мВ/°С дан 1,3 мВ/°С гача, база-коллектор соҳа учун 1,3 мВ/°С дан 0,6 мВ/°С гача чизиқли камайиши ҳамда тескари ўтиш режимида база-эмиттер ва база-коллектор соҳаларидаги кучланиш ортиши аниқланган.

5. Яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда *p-n* тузилмали транзисторлар комбинацияси асосида зараркунанда ҳашоратларга қарши кураш қурилмаси ишлаб чиқилган.

6. Яримўтказгичли оптоэлектрон асбоблар ҳамда *p-n* тузилмали транзисторлар комбинацияси асосида балиқчилик ёритиш қурилмаси ишлаб чиқилган.

7. Кремнийли қуёш элементи ёрдамида сувли муҳитда ёруғликни тарқалишини хусусан, нурлантиргичларнинг спектрал ёруғлик сезгирлигини аниқлашнинг ярим автомат методи ишлаб чиқилган.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.FM/Т.01.12  
ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ  
ПРИ НАЦИОНАЛЬНОМ УНИВЕРСИТЕТЕ УЗБЕКИСТАНА**

---

**АНДИЖАНСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ**

**ЮСУПОВ АБДУРАШИД ХАМИДИЛЛАЕВИЧ**

**СОЗДАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УСТРОЙСТВ НА  
ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ  
ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ И ТРАНЗИСТОРОВ**

**01.04.10 – Физика полупроводников**

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

**Ташкент – 2022**



## **ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))**

**Актуальность и востребованность темы диссертации.** В настоящее время транзисторы с n-p-n или p-n-p переходом и светоизлучающие структуры с p-n переходом широко используются в полупроводниковых структурах и промышленности оптоэлектронной аппаратуры. Среди них свое место занимают транзисторы и белые светодиоды, предназначенные для усиления электрических сигналов. Такие структуры важны при производстве транзисторов и устройств, предназначенных для управления электрическими сигналами, оптоэлектронных устройств, излучающих световые лучи с высокой эффективностью, и устройств на их основе.

Одним из перспективных направлений считается производство устройств на основе комбинации оптоэлектронных устройств и транзисторов путем исследования и управления физическими процессами, происходящими в зонах база-эмиттер и база-коллектор при формировании диодных структур белого света и высоких напряжений. По этой причине изучение закономерностей и спектральных характеристик распространения световых лучей в воздушной и водной среде полупроводниковых оптоэлектронных приборов; Проводятся научные исследования по изучению физических процессов в полях база-эмиттер и база-коллектор в рабочем состоянии транзистора. В связи с этим особое внимание уделяется созданию устройств на основе их комбинирования путем управления физическими процессами, происходящими в оптоэлектронных устройствах и транзисторах.

В нашей республике достигаются определенные результаты в изучении технологий создания приборов для отраслей народного хозяйства на основе сочетания полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов. В связи с этим возрастает потребность в изучении методов управления физическими процессами в областях база-эмиттер и база-коллектор световых лучей светодиодов в различных средах и в применении их к различным излучающим устройствам. В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан отмечены задачи «...освоение выпуска принципиально новых видов продукции и технологий, обеспечение на этой основе конкурентоспособности отечественных товаров на внешних и внутренних рынках»<sup>2</sup>. В этом направлении большое научное значение имеет создание устройств, предназначенных для хозяйственных сфер, на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов за счет управления физическими процессами в областях база-эмиттер и база-коллектор транзистора.

Постановление Президента Республики Узбекистан от 19.03.2021 г. № ПП-5032 «О мерах по повышению качества образования в области физики и развитию научных исследований», 03.02.2021 г. по обеспечению комплексной

---

<sup>2</sup> Указ Президента Республики Узбекистан от 07 февраля 2017 года № УП-4947 «О Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан на 2017–2021 годы».

интеграции образования, науки и производства в сельском хозяйстве, новое Постановление № ПФ-6159 «О дальнейшем развитии системы знаний и инноваций в сельском хозяйстве и предоставлении современных услуг» о внедрении научных разработок, Постановление № PQ-2939 от 01.05.2021 «О мерах по совершенствованию системы управления рыбным хозяйством», Постановления № ПП-4575 от 28.01.2020 г. «О мерах по реализации задач, поставленных в Стратегии развития сельского хозяйства Республики Узбекистан на 2020-2030 годы» и изучения. Данная диссертационная работа в определенной степени способствует реализации задач, поставленных в соответствующих нормативных актах.

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

**Степень изученности проблемы.** До настоящего времени исследования электрофизических и фотоэлектрических характеристик полупроводниково-оптоэлектронных устройств изучались в следующих научных центрах: Politecnico di Torino (Италия), Yonsei University (Корея), International Iberian Nanotechnology Laboratory (Португалия), Michigan Technological University (США), Ajou University (Корея), The University of Tokyo (Япония), Center for Emergent Matter Science (Япония), K L University (Индия), University of Michigan (США), Parma University (Германия), Sana'a University (ОАЭ), в Физико-техническом институте имени А.Ф. Иоффе, в Институте физики микроструктур РАН (Россия) и в Национальный университет Узбекистана, Ташкентский государственный технический университет (Узбекистан).

H.Lee (Корея), Zhi Jiang (Япония), K.Swapna (Индия), P.Bhattacharya (США), R.Fornari (Германия), A.Darwish (ОАЭ), В.Н.Давыдов (Россия) проводились исследования по повышению эффективности оптоэлектронных устройств, применению фотоэлектрических и электрофизических характеристик, их применению в интегральных схемах. Также G.Smestad, H.Ris, A.Faraji вольт-амперные характеристики солнечных элементов и оптоэлектронных устройств, S.Sabri, R.Malek, X.Kassmi и другие исследовали влияние структурных свойств InAs / GaAs на оптоэлектронные устройства. О.Сергиенко, В.Кононенко, И.Манак, Д.Ушаков исследовали оптоэлектронные устройства и их особенности, применение в сферах экономики, эффективность использования в технических технологиях. С.З. Зайнабидинов, А.Т. Мамадалимов, М.К. Баходирханов, Х.К. Арипов, А.М. Касимахунова, А.В. Каримов, А. Тешабоев изучали полупроводниковые материалы и их p-n, n-p, n-p-n структуры, их электрофизические и фотоэлектрические характеристики, но вопросы создания высокоэффективных, энергосберегающих сельскохозяйственных устройств на

основе комбинации оптоэлектронных приборов и транзисторов детально не были исследованы.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.**

Диссертационная работа выполнена в рамках фундаментального исследовательского проекта № БФЗ-003 «Создание нетрадиционные и альтернативные источники энергии на основе примесные вольтаические эффектах в микро и наноразмерных полупроводниках» (2017-2020) а также № UZB-Ind-2021-92 “Разработка и внедрение микро- и наноразмерных (гранулированных) полупроводниковых термоэлектрических материалов” (2021-2023 гг.) по плану научно-исследовательских работ Андижанского машиностроительного института.

**Целью исследования** является создание приборов для сельского хозяйства на основе изучения закономерностей распространения световых лучей полупроводниковых оптоэлектронных приборов в воздушной и водной средах, а также транзисторов структуры n-p-n.

**Задачи исследования:**

разработка оптоэлектронных методов определения законов распространения и спектральных характеристик различных излучателей в воздухе и воде;

определение законов распространения и спектральных характеристик излучателей в воздушной и водной среде на основе оптоэлектронных методов;

разработка технологии генерации высокого напряжения на основе исследования ВАХ в рабочем состоянии транзисторов со структурой n-p-n;

создание сельскохозяйственных устройств на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов;

**Объектом исследования** является изучение закономерностей распространения излучателей в воздухе и воде, а также транзисторов n-p-n структуры.

**Предметом исследований** является изучение закономерностей распространения излучателей в воздушной и водной средах и характеристик n-p-n структурных транзисторов и создание на их основе сельскохозяйственных устройств.

**Методы исследования.** Для решения поставленных задач были использованы следующие методы: определение законов распространения света в воздухе и воде, люксметр, кремниевый солнечный элемент, транзисторные переходы база-эмиттер и база-коллектор для усиления электрических сигналов, зависимость вольт-амперных характеристик от температуры. Определение распределения световых лучей осуществлялось с помощью цифрового люксметра LX1330B, время измерения прибора 0,5 секунды, ширина измерения силы света 0,1-200000 люкс, 0,01-20000FC, точность измерения 0,1 люкс, светоприемник - светофильтр дистанционный селеновый фотодиод. Определение распределения световых лучей

осуществлялось с помощью цифрового люксметра LX1330B, время измерения прибора 0,5 секунды, ширина измерения силы света 0,1-200000 люкс, 0,01-20000FC, точность измерения 0,1 люкс, светоприемник - светофильтр дистанционный селеновый фотодиод. Фотонапряжение и фототок, полученные с помощью кремниевого солнечного элемента, измерялись с помощью универсального мультиметра GDM-8245. Погрешность измерения прибора по постоянному напряжению  $\pm 0,03\%$ , погрешность измерения постоянного тока  $\pm 0,05\%$ , по частоте от 20Гц до 50кГц. С помощью осциллографа RIGOL DS1102Z-E получена энергоэффективная высоковольтная схема, а также измерена температурная зависимость характеристик транзистора. Полоса пропускания прибора 100МГц, двухканальная, дистанция пуска включает интервал  $8\text{нс} - 10\text{с}$ . Использован метод определения распределения световых лучей в водной среде на основе кремниевого солнечного элемента, наиболее эффективный при определении оптимального источника света, обеспечивающего активное развитие микроорганизмов в воде.

#### **Научная новизна исследования:**

разработан оптоэлектронный метод определения законов распространения и спектра света излучателей, в водной среде;

обосновано, что наиболее оптимальным источником для водной среды является полупроводниковый диод, путем исследования фотоэлектрических характеристик источников света с использованием оптоэлектронного метода;

предложена упрощенная схема генерации высоких напряжений на транзисторах с n-p-n структурой, при которой в рабочем состоянии при нагреве транзистора в температурных интервалах  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  температурный коэффициент тока p-n переходов уменьшается с 600 мкА до 94 мкА, а в режиме обратного перехода температурный коэффициент тока  $\alpha_I$  стремится к нулю с 0,5;

при нагревании транзистора с n-p-n-структурой в рабочем состоянии, в режиме прямого перехода в температурном интервале  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  с ( $\epsilon_U$ ) установлено линейное снижение температурного коэффициента p-n-перехода для областей база-эмиттер  $2,2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$  до  $1,3 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ , для база-коллектор с  $1,3 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$  до  $0,6 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ , а также в режиме обратного перехода обнаружено увеличение напряжения в областях база-эмиттер и база-коллектора;

на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов со структурой n-p-n разработана конструкция устройство для освещения рыб и биофизических устройств для борьбы с вредителями.

#### **Практические результаты исследования:**

разработаны методы исследования законов распределения и спектральных характеристик света в водной среде с использованием кремниевой солнечной батареи, что сыграло важную роль в развитии оптоэлектронной техники;

транзисторы структуры n-p-n позволяют использовать в качестве параметра измерения температуры линейное изменение температурного

коэффициента напряжения на переходах база-эмиттер и база-коллектор в правильном переходном режиме в рабочем режиме;

установлено, что транзисторы n-p-n структуры позволяют использовать p-n переходы транзистора в правильном режиме перехода в рабочем режиме и характере изменения его температурного коэффициента при генерации и усилении колебаний, а также в переменных цепях;

разработано устройство для борьбы с сельскохозяйственными вредителями на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов;

на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов разработана осветительный прибор для рыбоводстве.

**Достоверность результатов исследования** объясняется применением стандартных и широко применяемых современных научно-технических методов при исследовании электрических и оптических характеристик и параметров оптоэлектронных устройств и транзисторов для усиления электрических сигналов. Результаты и выводы подтверждаются теоретическими и экспериментальными результатами, основанными на физических предположениях.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.** Научная значимость результатов исследования позволила более широко понять законы распространения световых лучей в оптоэлектронных устройствах в воздухе и воде, а также зависимость вольт-амперных характеристик транзисторов, усиливающих электрические сигналы, от физических параметров переходы база-эмиттер и база-коллектор.

Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что разработаны и предложены к реализации энергосберегающие устройства на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов для усиления электрических сигналов. Этот прибор служит в борьбе с сельскохозяйственными вредителями, обеспечит естественное питание рыб для рыбного хозяйства и быстрое развитие личинок рыб, бентоса, детрита и водорослей под водой.

#### **Внедрение результатов исследования.**

На основе полученных научных результатов изучения закономерностей распространения световых лучей полупроводниковых оптоэлектронных приборов в воздухе и воде и транзисторов структуры n-p-n:

оптоэлектронный метод, использованный для исследования закономерностей распространения и спектральных характеристик световых лучей в воздухе и водной среде, а также полученные результаты и их обсуждение в лаборатории «Силовая электроника» Института энергетики Таджикистана (Справка Министерство энергетики и водных ресурсов Республики Таджикистан Институт энергетики Таджикистана №431/11-21 от 22.11.2021 года) и Научно-исследовательском институте точных и естественных наук Государственного образовательного учреждения «Худжандский государственный университет имени академика Б. Гафурова»

и применялся при исследовании спектральных характеристик рассеяния в различных водных средах и характеристик силовых транзисторов. (Справка Образования и науки Республики Таджикистан Государственное образовательное учреждение «Худжандский государственный Университет имени академика Бободжона Гафурова» №01-17710 от 05.11.2021 года). Научные результаты и применение оптоэлектронного метода позволили изучить закономерности и спектральные характеристики распространения световых лучей в воздухе и воде, а также характеристики силовых транзисторов;

результаты, полученные при изучении закономерностей распространения световых лучей в воздухе и воде и их спектральных характеристик и их обсуждение в рамках фундаментального научно-исследовательского проекта по теме «Теоретическое исследование фотонных кинетических эффектов в полупроводниках и их наноструктурах» (Справка руководитель проекта ОТ-Ф2-66, профессора Расулова Р.Я. №01-3626 от 17.11.2021 г.) при исследовании законов распространения света и спектральных характеристик в различных средах и характеристик р-п переходов. Использование научных результатов позволило разработать и смоделировать законы распространения и спектральные характеристики световых лучей в конденсированных средах, а также теорию температурных коэффициентов напряжения и тока в р-п-переходах.

на основе комбинации полупроводникового диода и транзистора, излучающего белый свет, получен патент «Устройство для борьбы с вредными летающими насекомыми» (Uz FAP 01356, 31.01.2019) на полезную модель Агентства интеллектуальной собственности Республики Узбекистан. Разработанное устройство позволило создать экологически чистую систему внедрения эффективных и согласованных мер борьбы с вредителями;

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на 5 международных и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Основные результаты по теме диссертации опубликованы в 15 научных трудах, из них 7 статей в научных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертационных работ, в том числе 5 статьи в зарубежных международных реферируемых журналах.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Текст диссертации изложен на 123 страницах, включая 50 рисунков и 4 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЕРТАЦИИ

Во введении диссертации обоснованы актуальность и востребованность исследования; определены цель и задачи, а также объект и предмет исследования; указано соответствие приоритетным направлениям развития науки и техники республики, изложена научная новизна, практические результаты; раскрыта теоретическая и практическая значимость результатов; приведены сведения о внедрении результатов исследования, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «Условие задачи и функциональные характеристики полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов» сделан подробный обзор литературы по теме. Приведены результаты анализа оригинальных научных статей и патентных данных по исследованию электрофизических и фотоэлектрических характеристик полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов. Кроме того, в данной главе анализируются проблемы внедрения в отрасли экономики устройств, созданных на основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов. В частности, были выявлены проблемы создания эффективной и согласованной, экологически чистой системы борьбы с вредителями- летающими насекомыми, увеличения базы натуральных кормов (летающих насекомых) рыбной промышленности путем создания устройств для сельского хозяйства на основе полупроводниковых оптоэлектронных устройств и комбинаций транзисторов. В их основе обоснован постановка задачи. Теоретический и экспериментальный анализ имеющихся данных позволил сформулировать цели и задачи исследования.

Во второй главе диссертации «Закономерности распространения полупроводниковых оптоэлектронных излучателей в воздушной и водной среде» проводились практические исследования распределения световых лучей от различных источников оптического излучения в воздухе и воде. Исследование спектральных характеристик излучателей в различных средах - одна из основных научно-технических задач в области оптоэлектроники. На границе между двумя средами, например, при переходе из воздушной среды в водную, длина световых лучей изменяется в направлении самой короткой длины волны. Имея это в виду, кремниевый солнечный элемент и люксметры LX1330В использовались для контроля потока световых лучей на расстоянии  $h$ . Ток и напряжение, генерируемые в солнечном элементе, измерялись универсальным мультиметром GDM-8245, а также люксметром. Исследования проводились как на открытом воздухе, так и в водной среде.

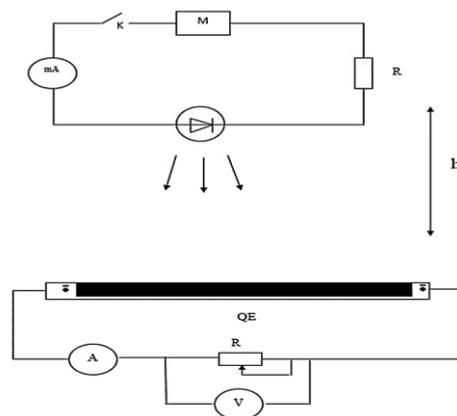


Рис. 1. Определение спектра рассеяния света в воздушной среде оптопар.

В качестве излучательных приборов были выбраны лампы с одинаковым световым потоком 1200 лм, в частности, белые светодиоды, люминесцентные лампы и лампы накаливания (рис. 1).

На рис. 2 показаны результаты, полученные с использованием кремниевого солнечного элемента, а на рис. 3 - люксметра. Результаты, полученные с использованием кремниевого солнечного элемента, показывают, что способность лампы накаливания рассеивать свет в воздухе значительно выше, чем у других типов ламп (рис. 2, линия 3). Известно, что максимальная световая спектральная чувствительность кремниевого солнечного элемента составляет  $\lambda = 660 - 880$  нм, что соответствует длине волны инфракрасного света. Инфракрасный свет излучается лампой накаливания из-за ее нагрева. Таким образом, кремниевый солнечный элемент воспринимает инфракрасный свет лампы накаливания сильнее, чем белый свет, излучаемый другими типами ламп. Чтобы прояснить это, необходимо посмотреть на результаты, полученные с помощью люксметра.

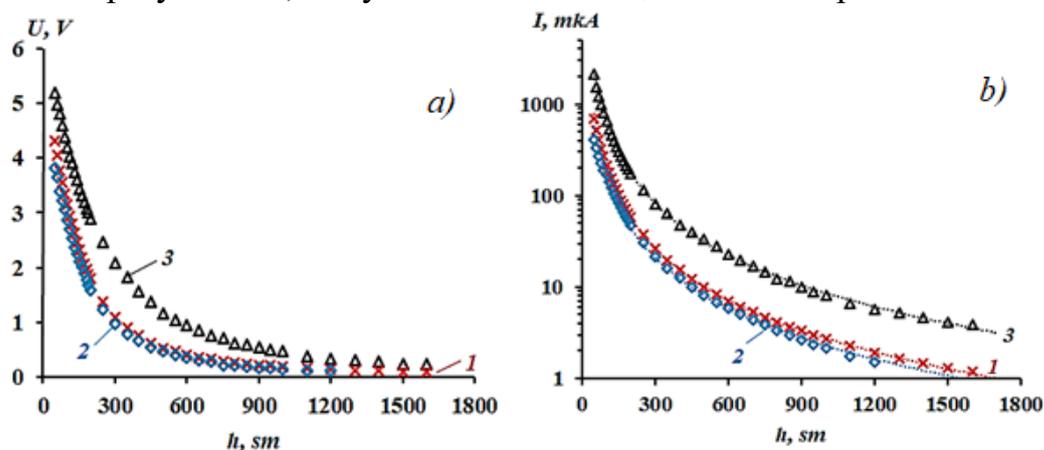


Рис. 2. Зависимость фотонапряжения (а) и фототока (б) от  $h$  в воздушной среде оптопар: 1 - светодиод, 2 - люминесцентный, 3 - лампа накаливания.

Известно, что люксметр является одним из основных устройств для измерения светорассеивающей способности источников оптического излучения. С учетом этого результаты, полученные с помощью люксметра, более надёжны. Результаты, полученные с помощью люксметра, показывают, что способность белого светоизлучающего полупроводникового диода излучать свет в воздухе значительно выше, чем у других типов ламп (рис. 2, линия 1).

Результаты, полученные с помощью люксметра, показывают, что белый светоизлучающий полупроводниковый диод при использовании в качестве излучателя в воздушной среде является предпочтительным источником

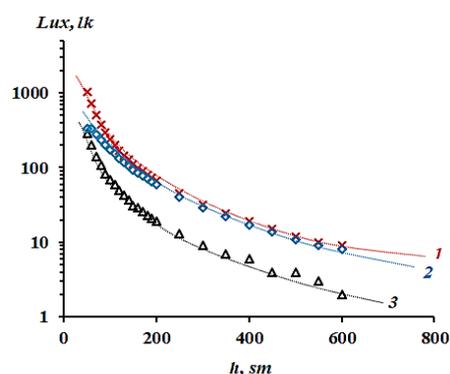
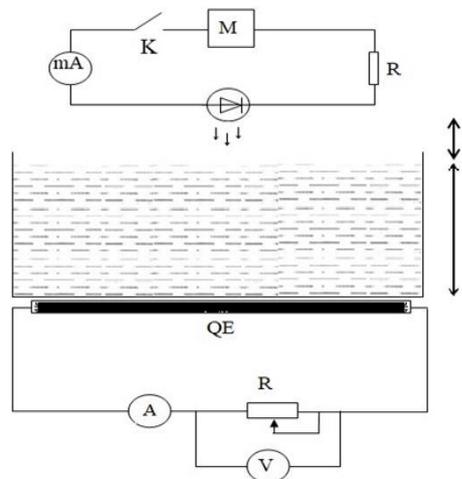


Рис. 3. Зависимость светового потока от  $h$ : 1 - светодиод, 2 - люминесцентный, 3 - лампа накаливания.

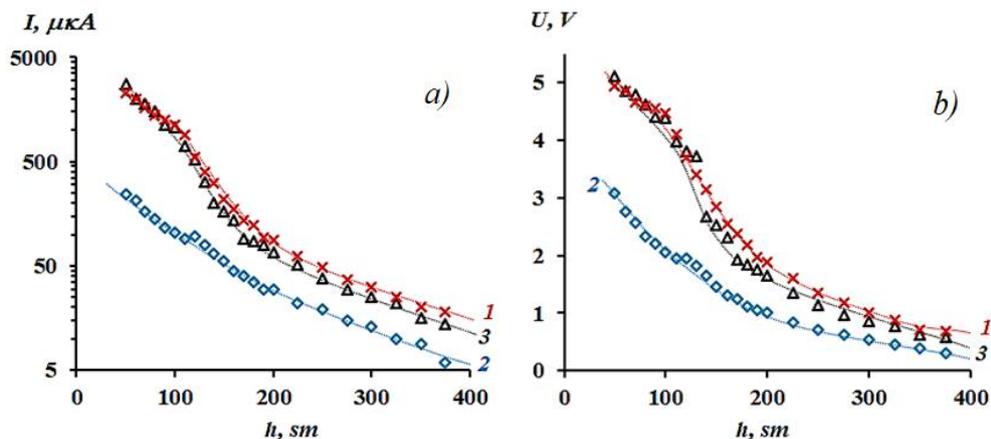
оптического излучения с возможностью рассеивания света и экономией энергоресурсов (рис. 3).

На рис. 4 представлена упрощенная схема метода определения характеристик светового потока из воздуха в водную среду, а на рис. 5 — зависимость фототока ( $I$ ) и напряжения ( $U$ ) солнечного элемента от  $h$ .

Стоит отметить, что светильники размещаются на высоте 1 метр над уровнем воды, а высота водной среды составляет 3 метра. Следовательно, состояние результатов  $h \leq 1$  метр соответствует воздушной среде, остальное - водной среде. Как упоминалось выше, у лампы накаливания результаты в воздушной среде  $h \leq 1$  метр выше, чем у других типов результатов, ее освещенность значительно снижается при переносе в водную среду (3 строки), в то время как результат, полученный для белого светоизлучающего полупроводникового диода, находится быть значительно выше (1 строка).



**Рис. 4. Определение спектра рассеяния оптопар в водной среде.**



**Рис. 5. Зависимость оптопар от фототока (а) и фотонапряжения (б)  $h$  в водной среде: 1 - светодиод, 2 - люминесцентный, 3 - лампа накаливания.**

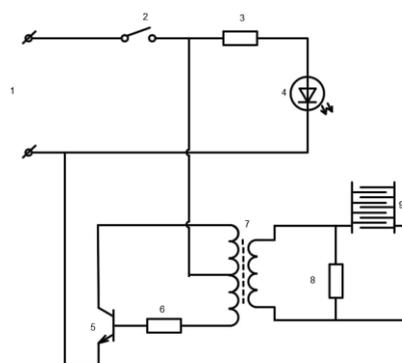
Известно, что вода в 770 раз плотнее воздуха, имеет большую теплоемкость, чем воздух, хорошо проводит звуковые колебания, но ослабляет световой поток. То есть в водной среде наблюдаются рассеяние света ( $k$ ), поглощение ( $\gamma$ ) и ослабление ( $\epsilon$ ). Частота света не меняется, наоборот, длина волны изменяется в сторону короткой длины волны. Например, из-за большого поглощения световых лучей в водной среде длина волны инфракрасного света, излучаемого лампой накаливания, уменьшается с 880 нм до 476 нм (линия 3). То же самое и с другими видами освещения. Однако световой поток, излучаемый белыми светоизлучающими полупроводниковыми диодами, почти близок к спектру солнечного света и

находится в широком спектре, расщепляясь на лучи с разной длиной волны в водной среде. В водной среде большинство из них соответствует длине волны  $\lambda > 660$  нм. Этого спектрального света достаточно для кремниевого солнечного элемента.

Следует отметить, что красные или инфракрасные лучи с длиной волны  $\lambda > 660$  нм играют важную роль в нормальном развитии растений и микроорганизмов в воздухе и водной среде. Видно, что белый светоизлучающий полупроводниковый диод является предпочтительным источником оптического излучения при развитии микроорганизмов в водоемах, при росте функциональных систем рыб и личинок рыб, при нормальном развитии растений, бактерий, детрита, бентос, произрастающий в водоемах, которые являются их естественной пищевой базой.

В третьей главе диссертации, озаглавленной «Технология генерации высокого напряжения и повышения качества работы устройства», анализируется современное состояние исследования характеристик полупроводниковых транзисторов, их использования. В частности, полупроводниковые транзисторы, предназначенные для усиления электрических сигналов, генерируют на их основе высокие напряжения, а температурная зависимость вольт-амперных характеристик переходов база-эмиттер и база-коллектор исследована на практике.

На рисунке 6 показана электрическая блок-схема генерации высокого напряжения с помощью бустерного транзистора для электрических сигналов. Входное напряжение, подаваемое от источника переменного тока, составляет 6 В, а сила тока - 4 А. Величина тока, протекающего через транзистор, составляет 2,4 А на истоке-эмиттере, 1,9 А на коллекторной катушке, 0,55 А на базовой катушке и 2,56 А на катушке истока. Рабочее напряжение транзистора в диапазоне коллектор-эмиттер составляет 0,5 В, переменное напряжение 2,2 В, переменное напряжение между базой-эмиттером 0,79 В, переменное напряжение 0,42 В. Первая катушка трансформатора состоит из двух витков медной проволоки диаметром 50 мм<sup>2</sup>, количество витков которых составляет 50. Вторая катушка имеет медный провод диаметром 30 мм<sup>2</sup>, количество витков - 1950. Когда схема была подключена к источнику, было замечено, что во вторичной обмотке трансформатора генерировалось высокое напряжение ~ 3000 вольт, которое было очень маленьким, и что транзистор перегревался через определенное время. Радиатор использовался для охлаждения перегрева. Однако при длительной эксплуатации, около 10 часов, в транзисторе был обнаружен процесс не высокого нагрева. В связи с этим исследована температурная зависимость вольт-амперных характеристик переходов



**Рис. 6. Схема генерирования высоких напряжений с помощью транзистора KTD 718**

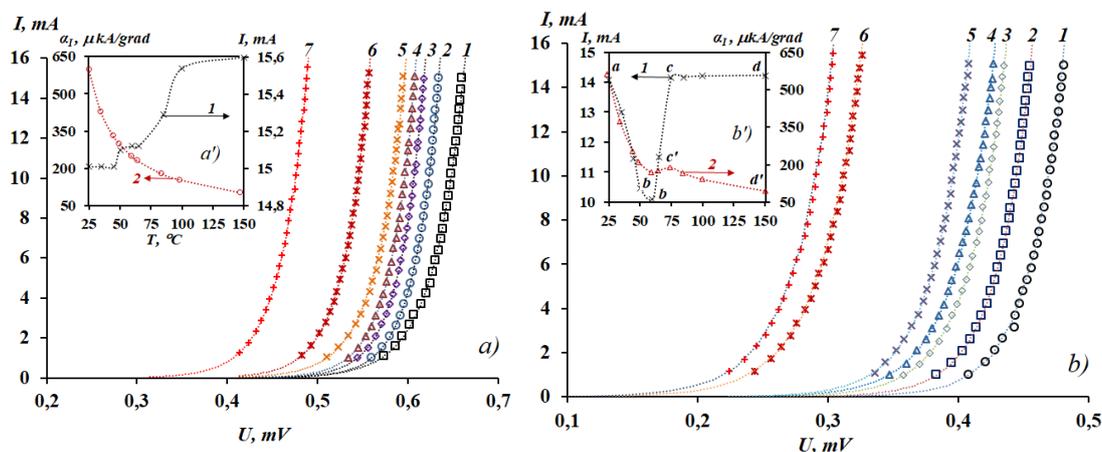
база-эмиттер и база-коллектор в режиме работы транзистора.

На рис. 7 показана зависимость постоянного тока перехода от напряжения в полях база-эмиттер (а) и база-коллектор (б) при различных температурах. В обоих случаях мы можем видеть, что напряжение (U) сдвигается параллельно влево в p-n-переходе при повышении температуры.

Зависимость тока от напряжения можно выразить следующим образом:

$$I_{p-n} = I_0 \exp \frac{qU - \Delta W}{kT} \quad (1)$$

Здесь  $I_0$  – тепловой ток,  $q$  – заряд электрона,  $k$  – постоянная Больцмана,  $T$  – температура,  $\Delta W$  – толщина базы.



**Рис. 7. Правильное направление тока в полях база-эмиттер (а) и база-коллектор (б) при разных температурах зависит от напряжения: 1 – 25°C, 2 – 35°C, 3 – 50°C, 4 – 65°C, 5 – 75°C, 6 – 100°C, 7 – 150°C.**

В обоих случаях  $I_{p-n}$  увеличивается из-за увеличения температуры и теплового тока. В рабочем режиме показатель  $qU < \Delta W$  отрицательный и  $I_{n-p}$  увеличивается с повышением температуры. В этом случае входные характеристики транзистора для  $I_{p-n}$  смещаются влево на значение  $\Delta U = 1 \div 2$  мВ/°С. Полученные нами результаты согласуются с этими соображениями. В этом случае температурный коэффициент ( $\varepsilon_U$ ) напряжения для тока в исследуемом транзисторе, как и в случае диодных структур,  $\varepsilon_U \sim 2$  мВ/°С.

$$\varepsilon_U = \frac{\Delta U}{\Delta T} \quad (2)$$

В нашем случае U уменьшается линейно с 2,2 мВ/°С до 1,3 мВ/°С для поля база-эмиттер и с 1,3 мВ/°С до 0,6 мВ/°С для поля база-коллектор. В этом режиме необходимо выбрать значение тока выше 10 мА. В этом случае температурная чувствительность падения напряжения на обоих переходах принимает постоянные значения. То есть напряжение линейно уменьшается с увеличением температуры, что может позволить использовать их в качестве параметра измерения температуры.

В большинство литературах предполагает, что зависимость тока и напряжения смещается влево при повышении температуры. В связи с этим интересно детально изучить температурную зависимость правильного направленного тока при переходе база-коллектор кремниевого транзистора.

На рисунке 7 показана температурная зависимость максимального значения  $I_{p-n}$  для полей база-эмиттер ( $a'$ ) и база-коллектор ( $b'$ ) (линия 1). Как видно из рисунков, их температурная зависимость разная. Например, для поля база-эмиттер  $I_{p-n}$  постоянно увеличивается при  $T \sim 25 \div 45^\circ\text{C}$ ,  $T \sim 60 \div 65^\circ\text{C}$  и  $T \geq 100^\circ\text{C}$ , в то время как  $T \sim 45 \div 60^\circ\text{C}$ ,  $T \sim 65 \div 100^\circ\text{C}$ . Для поля база-коллектор  $I_{p-n}$  необычен, например, уменьшается до  $T \sim 60^\circ\text{C}$  ( $a-b$ ), снова увеличивается при  $T \sim 60 \div 85^\circ\text{C}$  ( $b-c$ ) и стабильно при  $T \geq 85^\circ\text{C}$  ( $c-d$ ) изменится. Чтобы оценить такое необычное изменение  $I_{p-n}$ , был определен температурный коэффициент тока  $\alpha_I = \Delta I / \Delta T$  (линия 2). Видно, что для поля база-эмиттер  $\alpha_I$  экспоненциально изменяется с температурой. Для поля база-коллектор изменение  $\alpha_I$  ( $a-c$ ) при  $T \leq 85^\circ\text{C}$  соответствует температурной зависимости  $I_{p-n}$ . То есть уменьшение  $\alpha_I$  в  $T \leq 60^\circ\text{C}$  приводит к снижению  $I_{p-n}$ , а дальнейшее увеличение  $T \sim 60 \div 85^\circ\text{C}$  приводит к увеличению  $I_{p-n}$ .

Следует отметить, что некоторые свойства р-п структур или транзисторов зависят от физических параметров переходов, включая дифференциальное сопротивление переходов в дополнение к температурному коэффициенту токового перехода. Несмотря на то, что это небольшое значение, оно меняется в зависимости от температуры. Кроме того, с повышением температуры высота потенциального барьера на переходах база-эмиттер и база-коллектор уменьшается, образование пар электрон-резонатор увеличивается, а энергетическое распределение носителей заряда изменяется (например, электроны занимают относительно более высокие энергетические уровни в зоне проводимости) приводит к уменьшению сопротивления. Это приводит к увеличению тока в определенных диапазонах температур в обоих случаях. Также следует отметить, что, несмотря на увеличение пар электрон-дырка, образующихся в р- и п-полях, подвижность носителей заряда уменьшается из-за увеличения тепловых колебаний кристаллической решетки в определенных температурных диапазонах. Это увеличивает дифференциальное сопротивление, что приводит к устойчивому изменению  $I_{p-n}$  в областях база-эмиттер и база-коллектор или уменьшению  $I_{p-n}$  ( $a-b$ ) на  $T \leq 60^\circ\text{C}$  для области база-коллектор.

Необычное изменение тока в данном диапазоне рассматриваемых р-п переходов может позволить использовать его при генерации и усилении колебаний, а также в цепях переменного тока.

Также были исследованы обратные модовые характеристики полей база-эмиттер и база-коллектор. При заданных температурах в обоих случаях при увеличении напряжения в обратном режиме р-п перехода не наблюдалось изменения тока (рисунок 8).

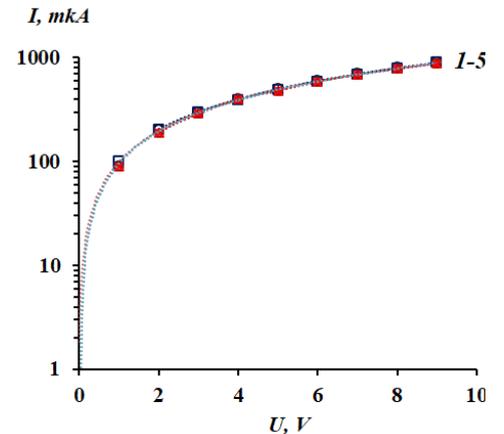
Следует отметить, что во многих исследованиях наблюдалась температурная чувствительность р-п-обратного тока база-коллектор. Однако в нашем случае при  $25 \div 150^\circ\text{C}$  обратный ток р-п-перехода база-коллектор частично увеличивается при малых (малое на 1 В) значениях напряжения, тогда увеличение тока практически незаметно с увеличением напряжения. То есть ток не меняется при повышении температуры от  $25^\circ\text{C}$  до  $150^\circ\text{C}$ ,  $\alpha_I$

стремится от 0,5 до нуля. Как упоминалось выше, это свойство может зависеть от физических параметров р-п-переходов база-эмиттер или база-коллектор транзистора. То есть под действием температуры, несмотря на увеличение пар электрон-дырка в р- и п-полях, высота потенциального барьера и дифференциальное сопротивление в р-п-переходе увеличиваются. В этом случае  $\alpha_I$  стремится к нулю и обратный ток не меняется.

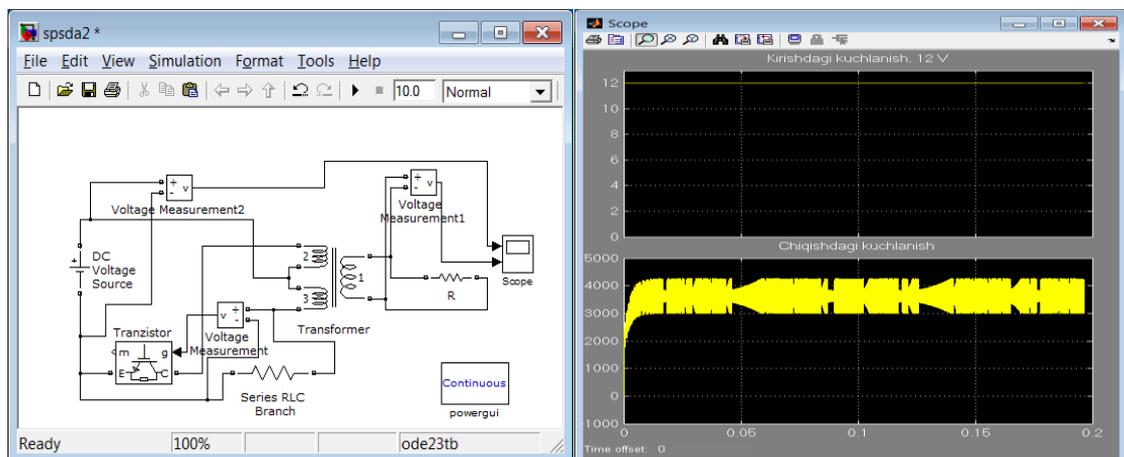
Р-п-переходы база-эмиттер или база-коллектор В обратном режиме переходы действуют как ограничители тока (рисунок 8), тогда как в правильном режиме подключения ток линейно уменьшается с увеличением температуры. Вместе эти процессы образуют р-п переходную вольт-амперную характеристику база-эмиттер или база-коллектор.

На рис. 9 представлена математическая модель электрической схемы генерирования высоких напряжений с использованием полупроводникового транзистора, усиливающего электрические сигналы в системе MATLAB (SPS), а также осциллограммы генерируемых на входе и выходе напряжений.

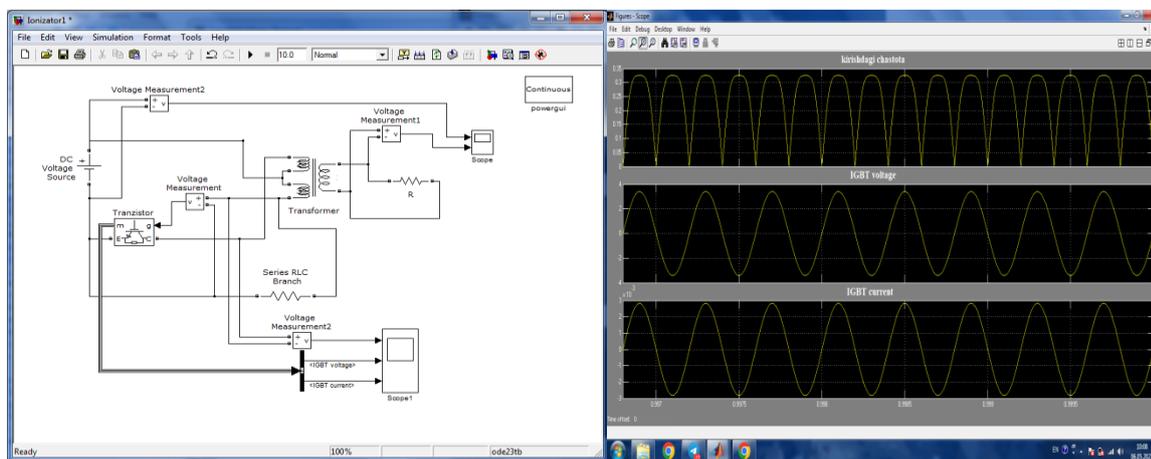
На рис. 10 представлены осциллограммы входных и выходных частот база-коллектор и эмиттер-коллектор транзисторной системы MATLAB (SPS) КТД718, используемой в схеме генерации высокого напряжения.



**Рис. 8.** Зависимость тока от напряжения в обратном режиме база-коллектор при различных температурах: 1 – 30°C, 2 – 50°C, 3 – 75°C, 4 – 100°C, 5 – 500°C



**Рис. 9.** Математическая модель схемы генерации высокого напряжения с использованием полупроводникового транзистора, усиливающего электрические сигналы в системе MATLAB (SPS) и осциллограммы генерируемых напряжений на входе и выходе

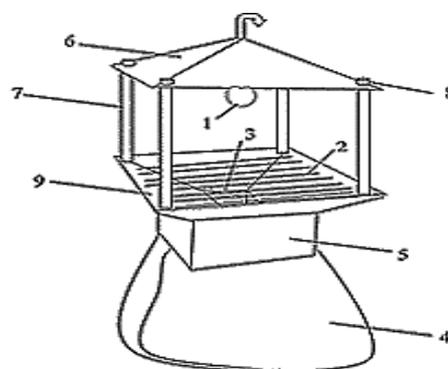


**Рис. 10. Осциллограммы входных и выходных частот база-коллектор и эмиттер-коллектор в системе MATLAB (SPS) транзистора КТД718, используемого в схеме генерации высокого напряжения**

Таким образом, снижение напряжения при токах, определяемых повышением температуры, позволяет использовать его в качестве параметра для измерения температуры, необычный характер постоянного тока в определенных диапазонах температур позволяет использовать его для генерации и усиления колебаний, а также в цепях переменного тока.

Четвертая глава диссертации «**Проблемы и решения по созданию сельскохозяйственных устройств на базе полупроводниковых приборов**» посвящена применению методов научных исследований и интенсивных технологий в области экономики. При создании различных излучателей, например создания биофизических устройств на основе оптоэлектронных устройств, необходимо определить его область применения и возможности. В качестве излучателей для исследования были выбраны белый светодиод и различные цветные полимеры, а также белые светопропускающие материалы.

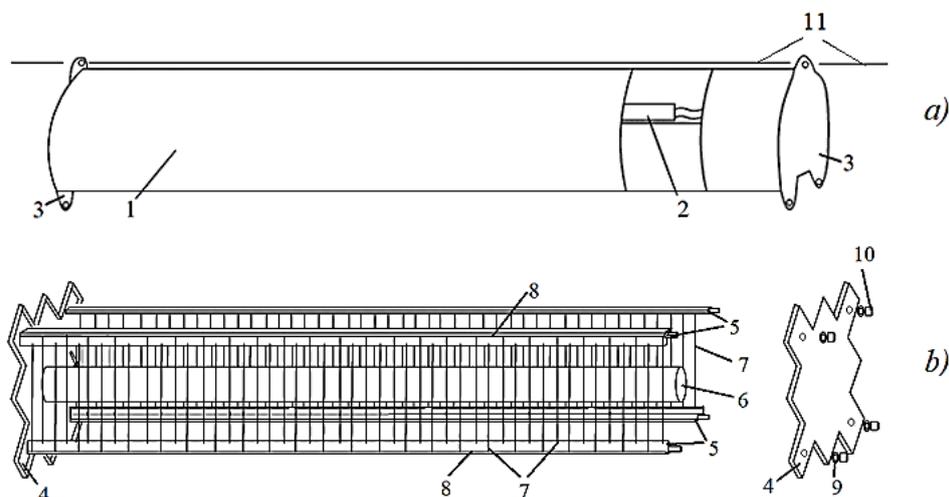
На рис. 11 показано энергоэффективное биофизическое устройство на основе оптоэлектронных устройств, предназначенное для борьбы с вредителями. В устройстве в качестве источника оптического излучения используется полупроводниковая диодная (1 - LED) лампа, излучающая белый свет, нижняя поверхность которой расположена между красной крышкой и желтой ванной. В рабочем режиме лучи, падающие на дно крышки и на поверхность ванны, рассеивались в атмосфере в смеси с лучами источника оптического излучения. Было обнаружено, что он привлекает летающих насекомых. На поверхности ванны находится боевое устройство в виде высоковольтной сетки, под которой расположен половой феромон, выполняющий роль ловушки.



**Рис. 11. Биофизическое устройство на основе оптоэлектронных устройств.**

Феромоны привлекают насекомых-вредителей, которые выходят на свет, пробивают высоковольтную сетку и через щель попадают в пакет. Исследования показали, что полезные насекомые совершенно не пострадают. Площадь воздействия одного устройства от 300 м<sup>2</sup> до 1 га.

На рис. 12 представлена упрощенная схема энергосберегающего биофизического устройства на основе оптоэлектронных устройств для рыбоводства. В качестве источника оптического излучения излучательного устройства для рыбоводства использовался линейный полупроводниковый диод, излучающий белый свет внутри белой стеклянной трубки.



**Рис. 12. Упрощенная схема энергосберегающего освещения на базе оптоэлектронных устройств для рыбоводства.**

В соответствии с функцией устройства и проведенным выше исследованием все части желтого цвета и состоят из защитного колпачка (рис. а), горизонтально сделанного диэлектрического основания (рис. б), средства отпугивания насекомых в форме высоковольтной сетки, источник оптического излучения в середине и элементы схемы.

Защитный колпак предназначен для защиты от различных внешних воздействий и атмосферных осадков, с обеих сторон прикрыты вертикальными преградами (3) и размещенными на нем элементами схемы (2). Присоединение проволоки (11) к крючку в верхней части вертикального барьера гарантирует, что устройство можно установить и использовать на любой части водной поверхности любой длины. Нижняя часть диэлектрического основания открыта, верхняя прикрыта защитным колпачком. По обеим сторонам от него установлена сетка. Для установки сетка (Ш) в форму сделаны специальные отверстия и пазы (7 и 8), что обеспечивает снижение энергопотребления. В этом устройстве также работает технология генерации высокого напряжения, основанная на принципиальной схеме на рисунке 6.

В центре намоточного инструмента находится линейный полупроводниковый диод, который излучает белый свет, излучаемый в энергосберегающую белую стеклянную трубку. За счет подготовки нижней части основания устройства на открытом воздухе обеспечивается попадание

насекомых, нацеленных на источник оптического излучения и погибших в высоковольтной сети, в водоем.

Принцип работы устройства прост, основан на рассеянии нескольких спектральных лучей в окружающую среду на основе вышеупомянутых исследований. Гарантируется, что преломленные лучи от деталей устройства и от поверхности воды взаимодействуют с лучами источника оптического излучения и рассеивают лучи разных спектров. Это позволяет привлечь больше насекомых вокруг водоема, а также подводных рыб.

Светящих белых светодиодов соответствует интенсивности освещения естественными (солнечными) световыми лучами, источник оптического излучения расположен горизонтально с линейной постоянной, таким образом гарантируя, что свет падает под постоянным углом к поверхности воды. Было установлено, что применение устройства является наиболее удобным и оптимальным по высоте для установки в диапазоне от 1 метра до 2 метров над уровнем воды. Это оказало практическую помощь в привлечении большего количества подводных рыб и в нормальном развитии водных растений, бактерий, детрита, бентоса.

Насекомых, которые достигают устройства в поисках источника оптического излучения, убивают в высоковольтной сети, и они попадают в бассейн с водой через открытую часть дна устройства. Это гарантирует, что рыба питается натуральной пищей, насекомыми. До сегодняшнего дня в литературах нет информации об усовершенствованиях устройства с использованием таких оптоэлектронных устройств.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С использованием люксметра обосновано, что способность излучения света белого светоизлучающего полупроводникового диода в воздухе значительно выше, чем у других типов ламп. Показано, что он является предпочтительным источником оптического излучения при использовании в качестве ламп в воздушной среде с высокой светорассеивающей способностью и энергосбережением.

2. Выявлено, что белые светоизлучающие полупроводниковые диоды обладают значительно более высокой способностью рассеивания света в воздухе по сравнению с другими типами ламп. Это объясняется тем, что белый свет разделяется на лучи с разной длиной волны в водной среде и что их основная часть в водной среде соответствует длине волны  $\lambda > 660$  нм, и что спектрального света достаточно для кремниевых солнечных батарей.

3. Предложена упрощенная схема генерации высоких напряжений на транзисторах с n-p-n структурой, при которой в рабочем состоянии при нагреве транзистора в температурном интервале  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  температурный коэффициент тока p-n переходов уменьшается с 600 мкА до 94 мкА, а в режиме обратного перехода температурный коэффициент тока  $\alpha_I$  стремится к нулю с 0,5.

4. При нагревании транзистора n-p-n-структуры в режиме прямого перехода, в рабочем состоянии в температурном интервале  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  с ( $\varepsilon U$ ) установлено линейное снижение температурного коэффициента p-n-перехода для областей база-эмиттер от  $2,2 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$  до  $1,3 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ , для база-коллектор от  $1,3 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$  до  $0,6 \text{ мВ}/^\circ\text{C}$ , а также в режиме обратного перехода обнаружено увеличение напряжения в областях база-эмиттер и база-коллектора.

5. На основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов со структурой n-p-n разработано устройство для борьбы с вредителями.

6. На основе комбинации полупроводниковых оптоэлектронных приборов и транзисторов со структурой n-p-n разработано осветительное устройство для рыбоводства.

7. Разработан полуавтоматический метод определения спектральной светочувствительности светильников, в частности распределения света в водной среде с помощью кремниевого солнечного элемента.



**SCIENTIFIC COUNCIL DSc. 03/30.12.2019.FM/T.01.12 ON THE  
AWARDING ACADEMIC DEGREES AT THE SCIENTIFIC RESEARCH  
INSTITUTE OF SEMICONDUCTOR PHYSICS AND MICROELEC-  
TRONICS OF THE NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

---

**ANDIJAN MACHINE-BUILDING INSTITUTE**

**YUSUPOV ABDURASHID KHAMIDILLAEVICH**

**CREATION OF AGRICULTURAL DEVICES BASED ON A  
COMBINATION OF SEMICONDUCTOR OPTOELECTRONIC DEVICES  
AND TRANSISTORS**

**01.04.10 - Physics of semiconductors**

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD) ON  
TECHNICAL SCIENCES**

**Tashkent – 2022**

The theme of the dissertation of the doctor of philosophy(PhD) on technical sciences was registered by the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.1.PhD/T2438.

The dissertation was carried out at the Andijan machine-building institute

The abstract of the dissertation was posted in three (Uzbek, Russian, English (resume)) languages on the website of the Scientific Council at [www.ispm.uz](http://www.ispm.uz) and on the website of "ZiyoNet" Information and Educational Portal at [www.ziyo.net.uz](http://www.ziyo.net.uz).

**Scientific supervisor:** **Olimov Lutfiddin Omanovich**  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

**Official opponents:** **Kuldashov Obbozjan Khokimovich**  
Doctor of Technical Sciences, Ass. Professor

**Nurdinova Roziyakhan Abdikhalikovna**  
PhD of Technical Sciences, Ass. Professor

**Leading organization:** **Karakalpak State University**

The defense of the doctoral dissertation will be held on " 02 " 11 2022, at 14-00 at the meeting of the Scientific Council No. DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 at the Scientific Research Institute of Physics of Semiconductors and Microelectronics of the National University of Uzbekistan (Address: 20 Yangi Olmazor str., 100057 Tashkent city, Uzbekistan. Tel. (+99871) 248-79-94, fax: (+99871) 248-79-92, e-mail: [info@ispm.uz](mailto:info@ispm.uz))

The doctoral dissertation can be looked through in the ICT Implementation Unit (registered under No. 41 ). Address: 20 Yangi Olmazor str., 100057 Tashkent city, Uzbekistan. Tel.: (+99871) 248-79-59, e-mail: [info@ispm.uz](mailto:info@ispm.uz).

The abstract of the dissertation was distributed on " 18 " 10 2022.  
(Registry record No. 41 dated " 18 " 10 2022)



**Sh. B. Utamuradova,**  
Member of the Scientific Council for the Award of Scientific Degrees, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

**J. J. Khamdamov,**  
Scientific secretary of the Scientific Council on Award of Scientific Degrees, Doctor of Philosophy (PhD)

**N.A. Turgunov,**  
Chairman of the Scientific Seminar of the Scientific Council on Awarding of Scientific Degrees, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Docent

## INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

**The aim of the research work** creation of devices for agriculture based on the study of the patterns of propagation of light rays of semiconductor optoelectronic devices in air and water environments, as well as transistors of the n-p-n structure.

**The object of investigation** is the study of the patterns of propagation of emitters in air and water, as well as transistors n-p-n structure.

**The scientific novelty of the research:**

an optoelectronic method for determining the laws of propagation of light rays in aqueous media and the light spectrum has been developed;

substantiated that the most optimal source for the aquatic environment is a semiconductor diode, by studying the photoelectric characteristics of light sources using the optoelectronic method;

a simplified scheme for generating high voltages on transistors with an n-p-n structure is proposed, in which, in the operating state, when the transistor is heated in the temperature ranges  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$ , the temperature coefficient of the current p-n junctions decreases from 600  $\mu\text{A}$  to 94  $\mu\text{A}$ , and in the reverse transition mode, the temperature coefficient of the current  $\alpha I$  tends to zero from 0.5;

the temperature coefficient of the p-n junction voltage for the base-emitter field from 2.2  $\text{mV}/^\circ\text{C}$  to 1.3  $\text{mV}/^\circ\text{C}$ , with heating of the n-p-n structured transistor in the operating mode in the direct transition mode in the temperature range  $T \sim 25 \div 150^\circ\text{C}$  ( $\varepsilon_U$ ), a linear decrease from 1.3  $\text{mV}/^\circ\text{C}$  to 0.6  $\text{mV}/^\circ\text{C}$  for the base-collector field and an increase in voltage in the base-emitter and base-collector fields in the reverse mode;

based on a combination of semiconductor optoelectronic devices and transistors with an n-p-n structure, a design was developed for a device for lighting fish and biophysical devices for pest control.

**Implementation of research results.** Based on the obtained scientific results of studying the patterns of propagation of light rays of semiconductor optoelectronic devices in air and water and transistors of the n-p-n structure:

optoelectronic method used to study the patterns of propagation and spectral characteristics of light rays in air and water, as well as the results obtained and their discussion in the Power Electronics laboratory of the Institute of Energy of Tajikistan (Certificate of the Ministry of Energy and Water Resources of the Republic of Tajikistan Institute of Energy of Tajikistan No. №431/11-21 dated November 22, 2021) and the Research Institute of Exact and Natural Sciences of the State Educational Institution "Khujand State University named after Academician B. Gafurov" and was used in the study of the spectral characteristics of scattering in various aqueous media and the characteristics of power transistors. (Certificate of Education and Science of the Republic of Tajikistan State Educational Prevention "Khujand State University named after academician Bobojon Gafurov" №01-17710 dated 11/05/2021). Scientific results and the application of the optoelectronic method made it possible to study the patterns and spectral characteristics of the

propagation of light rays in air and water, as well as the characteristics of power transistors;

the results obtained in the study of the patterns of propagation of light rays in air and water and their spectral characteristics and their discussion in the framework of the fundamental research project on the topic "Theoretical study of photon kinetic effects in semiconductors and their nanostructures" (Reference project leader OT-F2-66 , Professor Rasulov R.Ya. №01-3626 dated 11/17/2021) in the study of the laws of light propagation and spectral characteristics in various media and characteristics of p-n junctions. The use of scientific results made it possible to develop and simulate the laws of propagation and spectral characteristics of light rays in condensed media, as well as the theory of temperature coefficients of voltage and current in p-n junctions;

on the basis of a combination of a semiconductor diode and a transistor emitting white light, a patent "Device for combating harmful flying insects" (Uz FAP 01356, 01/31/2019) was obtained for a utility model of the Intellectual Property Agency of the Republic of Uzbekistan. The developed device made it possible to create an environmentally friendly system for the implementation of effective and coordinated pest control measures.

**The structure and volume of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. The text of the dissertation consists of 120 pages, including 50 figures and 4 tables.

**ЭЪЛОН ҚИЛИНГАН ИШЛАР РЎЙХАТИ**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I бўлим (I часть; part I)**

1А. L.O. Olimov, A.Kh. Yusupov, D.D. Alijanov. Problems of Introduction of Innovative Technologies and Modern Equipment in the Fishing Industry // International Journal of Research Studies in Electrical and Electronics Engineering (IJRSEEE) 2019. Vol. 5, Issue 4, pp. 23-25. (№35 CrossRef, IF =4.12)

2А. А.Х.Юсупов. Замонавий инновацион энергия ресурс тежамкор биофизик тутқич // Илмий техник журнал – Нам. МТИ. 2019. Том 4, махсус сон №3, С. 233-237. (05.00.00; №33)

3А. Л.О. Олимов, А.Х.Юсупов, Д.Д.Алижанов. Балиқчилик учун инновацион қурилма // Илм-фан ва инновацион ривожланиш. 2019. №6 С.103-108. (05.00.00; ЎЗР ОАК Раёсатининг 2019 йил 28 февралдаги 262/9.2-сон қарори)

4А. L.O. Olimov, A.Kh. Yusupov. Problems of implementation of semiconductored leds for fishery lighting devices // The American Journal of Engineering and Technology. 2020. November, (ISSN-2689-0984) for Volume 02 Issue 11. <https://usajournalshub.com/index.php/tajet/article/view/1595/1519>. (№35 CrossRef, IF =5.32)

5А. Olimov L. O., Yusupov A. Kh.. The Influence Of Semiconductor Leds On The Aquatic Environment And The Problems Of Developing Lighting Devices For Fish Industry Based On Them // The American Journal of Applied sciences, 2021. Pages: 119-125. <https://doi.org/10.37547/tajas/Volume03Issue02-14>. (№35 CrossRef, IF =5.634)

6А. Yusupov Abdurashid Khamidillaevich, Creating A Biophysical Trapping Device Based On An Optical Radiation Source With A Light-Emitting Diode // ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. 2021. April, <https://saarj.com> Vol. 11, Issue 4, pp. 1537-1543., doi:10.5958/2249-7137.2021.01273.8. (№23 SJIF, IF =7.492)

7А. Olimov, L. O., & Yusupov, A. K.. Temperature dependence of transistor characteristics of electric signal amplification in optoelectronic devices // ISJ Theoretical & Applied Science, 2021. №08(100), pp.169-171. <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.08.100.32>. (№23 SJIF, IF =7.184)

**II бўлим (2 част; part 2)**

8А. Л.О.Олимов, А.Юсупов, Ф.Омонбоев, Э.Юсупов Зараркунанда хашоратларга қарши кураш қурилмаси // Патент UZ FAP 01356., 31.01.2019.

9А. А.Х. Юсупов, Л.О. Олимов Қуёш батареяли энергия ресурс тежамкор биофизик тутқичлар тайёрлаш муаммолари // «Инновацион ғоялар, ишланмалар ва уларни ишлаб чиқариш ҳамда таълимда қўллашнинг замонавий муаммолари» мавзусида халқаро илмий-амалий конференция. 2019. – С. 363-364.

10А. А. Kh. Yusupov, L. O. Olimov. Energy-efficient biophysical trap // «Global science and innovations 2019 Central Asia» International scientific conference, 2019. – September, Nur-Sultan, Kazakhstan, pp. 115-116.

11А. А. Kh. Yusupov. Innovative device for agriculture // «Innovative development and the requirement of science in modern» International scientific conference, 2019 – Kazakhstan, Taraz, pp. 333-334.

12А. Л. Олимов, А. Юсупов, Ф. Абдулхамидов. Балиқчилик ёритиш курилмаси учун энергия ресурс тежамкор схемалар яратиш муаммолари // Илм-фан, таълим ва ишлаб чиқаришнинг инновацион ривожлантиришдаги замонавий муаммолар мавзусида халқаро илмий-амалий конференция, 2020, – Андижон, С. 255-258.

13А. Л. Олимов, А. Юсупов. Яримўтказгичли ёруғлик чиқарувчи диодларни балиқчилик ёритгичларига тадбиқ қилиш муаммолари // “Замонавий микроэлектрониканинг ривожланишида фан, таълим ва инновация интеграцияси” халқаро илмий-амалий конференция, 2020, – Андижон. С. 35-37.

14А. Л. О. Олимов, А. Х. Юсупов, Электр сигналларини кучайтириш транзистори характеристикаларининг температурага боғлиқлигининг оптоэлектрон курилмаларга таъсири // Машинасозлик илмий-техника журнали. 2021, №3(4). С. 21-26.

15А. Юсупов А. Х., Олимов Л. О., Анарбоев И. Энергосберегающая биофизическая ловушка // «Роль науки и образования в модернизации предприятий нефтегазовой отрасли», Материалы республиканской научно-технической конференции, 2021, ноябр. –Ташкент. С. 279-283.





Автореферат “Тил ва адабиёт таълими” журнали тахририятида тахрирдан ўтказилди ва ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнларини мослиги текширилди (17.10.2022).

Бичим 60x841/16. Рақамли босма усули. Times гарнитураси.

Шартли босма табағи: 3,25. Адади 60. Буюртма № 37

Гувоҳнома reester № 10-4434

Яримўтказгичлар физикаси ва микроэлектроника илмий-тадқиқот институти босмаҳонасида чоп этилган.

Босмаҳона манзили: 100057, Тошкент ш., Янгиолмазор кўчаси 20-уй

