

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**FARG‘ONA POLITEKNIKA INSTITUTI**

**XOMIDOV ABDULLAJON QAMBARALI O‘G‘LI**

**CdS, ZnS, CdTe ASOSIDAGI YARIMO‘TKAZGICHLI AVTONOM  
GELIOOPTOELEKTRON ASBOBLARNI ISHLAB CHIQISHNI  
TAKOMILLASHTIRISH**

**01.04.10 – Yarimo‘tkazgichlar fizikasi**

**TEXNIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Namangan-2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)  
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

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

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

**Xomidov Abdullajon Qambarali o'g'li**

CdS, ZnS va CdTe asosidagi yarimo'ktazgichli avtomon geliopotoelektron  
asboblarni ishlab chiqishni takomillashtirish..... 3

**Хомидов Абдуллажон Камбарали угли**

Совершенствование разработки автономных гелиоптоэлектронных  
устройств на основе полупроводников CdS, ZnS, CdTe..... 20

**Khomidov Abdullajon Kambarali ogli**

Improving the development of autonomous heliopotoelectronic devices  
based on semiconductors CdS, ZnS, CdTe ..... 37

**E'lon qilingan ishlar ro'yxati**

Список опубликованных работ  
List of published works..... 43

**NAMANGAN MUHANDISLIK-TEXNOLOGIYA INSTITUTI HUZURIDAGI  
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 RAQAMLI  
ILMIY KENGASH**

---

**FARG'ONA POLITEKNIKA INSTITUTI**

**XOMIDOV ABDULLAJON QAMBARALI O'G'LI**

**CdS, ZnS, CdTe ASOSIDAGI YARIMO'TKAZGICHLI AVTONOM  
GELIOOPTOELEKTRON ASBOBLARNI ISHLAB CHIQISHNI  
TAKOMILLASHTIRISH**

**01.04.10 – Yarimo'tkazgichlar fizikasi**

**TEXNIKA FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)  
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Namangan-2024**

**Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalari vazirligi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2021.4.PhD/T1772 raqam bilan ro'yxatga olingan.**

Dissertatsiya Farg'ona politexnika institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasiga ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) va Ziyonet Axborot-ta'lim portalida ([www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)) joylashtirilgan.

**Ilmiy rahbar:**

**Kasimaxunova Anarxan Mamasadikovna**  
texnika fanlari doktori, professor

**Rasmiy opponentlar:**

**Azamatov Zakirjon Taxirovich**  
fizika-matematika fanlari doktori, professor,

**Nabiyev Maxmud Bazarovich**  
texnika fanlari nomzodi, dotsent

**Yetakchi tashkilot:**

**Qaraqalpoq davlat universiteti**

Dissertatsiya himoyasi Namangan muhandislik-texnologiya instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ soat \_\_\_ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel./faks: (99869) 225-10-07; (99869) 225-76-75, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz), Namangan muhandislik-texnologiya instituti 3-bino, 2-qavat, ilmiy kengash xonasi).

Dissertatsiya bilan Namangan muhandislik-texnologiya institutiining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin. ( \_\_\_ raqam bilan ro'yxatga olingan.) Manzil: 160115, Namangan shahri, Kosonsoy ko'chasi, 7-uy. Tel: (99869) 225-10-07.

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ da tarqatildi.  
(2024 yil "\_\_\_" \_\_\_\_\_ dagi № \_\_\_ raqamli reestr bayonnomasi.)

**U.I. Erkaboev**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
raisi, f.-m.f.d., professor

**B.X. Qo'chqorov**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
ilmiy kotibi, PhD, dotsent

**N.Yu. Sharibayev**  
Ilmiy darajalar beruvchi Ilmiy kengash  
qoshidagi ilmiy seminar raisi,  
f.-m.f.d., professor

## **KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)**

**Dissertatsiya mavzusining zarurligi va dolzarbligi.** Jahonda energiya resurslariga bo'lgan talabning tobora ortib borishi va global ekologik muammolarning keskinlashuvi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish sezilarli darajada ortmoqda, bu rivojlanish tabiiy fanlarning yutuqlari bilan, birinchi navbatda mikro va nanostrukturali yarimo'tkazgichlar fizikasi bilan kengaytirishni talab qilmoqda. Dunyo miqyosida bu sohalaridagi so'nggi yutuqlar yorug'lik, magnit va harorat ta'sirida yarimo'tkazgichli tuzilmalarning mikro va nanostrukturali asboblari yaratish texnologiyalarini ishlab chiqishga hamda amaliyotga joriy etilishini taqozo etmoqda. Shuning uchun ekologik toza qayta tiklanuvchi energiya manbalari - yarimo'tkazgichli fotoelektrik energiya o'zgartirgichlar samaradorligini oshirish, ular yuzasiga tushadigan yorug'lik oqimining yutilishini ko'paytirish, yuqori samarali fotovoltaik quvvat qurilmalari uchun yangi istiqbolli mono va polikristalli tuzilmalar olish, ularning elektrofizik va fotoelektrik xususiyatlarini o'rganish, shuningdek energiya manbalaridan foydalanishning o'ziga xos imkoniyatlarini o'rganish shu kunning dolzarb muammolaridan bir bo'lib kelmoqda.

Jahonda hozirgi kunda zamonaviy mikroelektronika asboblari va fotoelektrik qurilmalarning xususiyatlarini yaxshilash, ularning tez ishlashi va yuqori samaradorlikka ega bo'lishlarini ta'minlash uchun eng so'ngi fan va texnologiya yutuqlaridan samarali foydalangan xolda kremniyning xususiyatlarini tubdan yaxshilashga katta resurstejamkor texnologiyalar va texnika vositalarining yangi ilmiy-texnikaviy yechimlarini ishlab, ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Bu borada maqsadli ilmiy tadqiqotlarni olib borish, jumladan mavjud mikroelektronika asboblarning funktsional imkoniyatlarini iste'molchilarning zamonaviy ehtiyojlariga moslab rivojlantirishda dastlabki bazaviy materiallarning xususiyatlarini tubdan o'zgartirib borish, kremniyning optik xususiyatlarini, sezgirligi va tez ishlash xususiyatlarini tubdan yaxshilash, uning hajmida yutiluvchi fotonlar energetik spektrini kengaytirish va kremniy asosida yaratilgan fotoelektrik asboblarning samaradorligini oshirish uchun kremniy sirtiga nanoolchamli metall zarrachalarni kiritib tadqiq etish, nanozarrachalarning kremniy hajmida kechadigan optik yutilishi, nomuvozanatli zaryad tashuvchilar ko'chishi va generatsiya-rekombinatsiya jarayonlarilarning fizik mexanizmlarini aniqlash dolzarb vazifalardan hisoblanamoqda.

Respublikamiz miqyosida ham optik va fotoelektrik qurilmalarning samaradorligini yanada orttirish maqsadida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar va izlanishlar natijasida, fan va texnikaning ko'pgina sohalarida inqilobiy o'zgarishlar yasay oladigan mikroelektronika, optoelektronika va geliotexnika kabi istiqbolli sohalar yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan "Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash hamda "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalariga faol joriy etish,

iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish”<sup>1</sup> kabi bir qator vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarini amalga oshirishda, jumladan, ion implantatsiyasi asosida yangi fazani shakllantirish, uch qatlamli strukturalar sirt xossalari tadqiq etish bugungi kunda muhim ahamiyat kasb etmoqda.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 9 sentyabrdagi PF-220-son “Energiya tejavchi texnologiyalarni joriy qilish va kichik quvvatli qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni, 2021 yil 9 apreldagi PQ-5063-son “O‘zbekiston Respublikasida qayta tiklanuvchi va vodorod energetikasini rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”, 2021 yil 19 martdagi PQ-5032-son “Fizika sohasidagi ta‘lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida” hamda 2020 yil 10 iyuldagi PQ-4779-son Iqtisodiyotning energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslarni jalb etish orqali iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg‘i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirishga doir qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarorlari hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me‘yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertatsiya tadqiqoti muayyan darajada xizmat qiladi.

**Tadqiqotning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo‘nalishlariga mosligi.** Dissertatsiya ishi bo‘yicha Respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III. “Energetika, energoresurs tejamkorligi, asbobsozlik, zamonaviy elektronika, mikroelektronika, elektron asbobsozlikni rivojlantirish”ning ustuvor yo‘nalishi doirasida bajarilgan.

**Muammoning o‘rganilganlik darajasi.** Yorug‘lik kvantlari (fotonlar) oqimining issiqligi, yorug‘ligi fotonlarini qabul qilib oluvchi eng qulay modda sifatida yarimo‘tkazgichlar tanlanishi dastlab A.F.Ioffe, E.I.Adirovich, L.S.Stilbans, M.M.Koltun, J.I.Alferov, N.S.Lidorenko va boshqa bir qator dunyoga mashhur olim-tadqiqotchilarning ishlarida isbotlangan. Yu.R.Nosov, N.P.Udalov, Kiyevlik N.Svechnikovlar optoelektronika elementlari, optoelektron zanjirlar nazariyasi sohasida o‘ta muhim nazariy va amaliy tadqiqot olib borishgan. Ularning tadqiqotlari optoelektronikaning rivojlanishi uchun asos bo‘lib xizmat qiladi. Keyinchalik xorijiy olimlardan Yongbo Yuan, Tao Li, Qi Wang, Jie Xing, Akash Bhatnager, Ayan Roy Chaudhuri, Young Heon Kim, Dietrich Hesse, Marin Alexe tomonidan nazariy va amaliy muammolari o‘rganilgan.

O‘zbekiston Respublikasining ilmiy maktab vakillari akademiklar R.A.Mo‘minov, M.S.Baxodirxonov, S.Zaynobidinov, A.S.Saidov, professorlar R.Ya.Rasulov, K.P.Abduraxmonov, E.Z.Imamov, G.Gulyamov, K.Ismailov, R.Aliev va boshqalar tomonidan Ni, Rh, Mn, Cu, Pt, Au, Ag, Ti kabi ko‘plab nanozarralarni kremniyning elektrofizik, rekombinatsion, fotoelektrik va boshqa xususiyatlariga hamda kremniy asosidagi quyosh elementlarining asosiy fotoelektrik parametrlariga ta'sirlari keng o‘rganilgan.

---

<sup>1</sup>O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi PF-60-son “2022-2026 yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘risidagi Farmoni

Fotoemissiya samaradorligini oshirish uchun metall fotodetektorlar yuzasida mikro va nanostrukturalarni yaratishning o'ziga hos yechimlari topilgani va keng qo'llanilishiga, fotodetektorlarning samaradorligini oshirish uchun nanozarrachalarning plazmonik hususiyatlaridan foydalanish taklif qilinganiga, LPR qo'zg'alganda metall nanozarrachalardan fotoemissiya samaradorligining oshishi eksperimental ravishda kuzatilgani va undan fotodetektorlar samaradorligini oshirishda foydalanish taklif qilinganiga qaramasdan nanozarrachalardan fotoemissiyani tizimli nazariy tahlil qilish va uning kesimini aniqlash hozirgacha amalga oshirilmagan. Shuningdek, tadqiqotlarda kremniy asosli fotoo'zgartirgichlarga kiritilgan turli nanozarrachalarning o'lchamlari va turi, metallar dielektrik funksiyalarining tushayotgan yorug'lik to'lqin uzunligiga bogliqligi hamda nanozarrachalarni kiritiladigan sohasini hisobga olgan holda o'tkazilgan ilmiy tadqiqot ishlari yetarlicha amalga oshirilmagan. Shuning uchun mazkur muammolarni bartaraf etish maqsadida ushbu ilmiy tadqiqotlarni bajarish bugungi kunning muhim dolzarb vazifasidir.

**Dissertatsiya mavzusining dissertatsiya ishi bajarilgan oliy o'quv yurtida olib borilayotgan ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog'liqligi.** Dissertatsiya tadqiqoti Farg'ona politexnika instituti ilmiy-tadqiqot ishlari doirasida OT-F-3-19 "Energiya o'zgartirish issiqlik sikllariga asoslangan quyosh energetik qurilmalari uchun yangi tipdagi parabolasilindrik konsentratorlarining modul tizimini yaratish bo'yicha fundamental tadqiqotlarini rivojlantirish" (2017-2020) loyihasi negizida bajarilgan.

**Tadqiqotning maqsadi** quyosh radiatsiyasi tabiiy oqimining issiqlik va yorug'lik ta'sirida geliooptoelektron qurilma va quyosh yorug'ligini, kuchli elektr potensialiga (elektr maydonga) aylantiradigan optoelektron qurilma yaratishdan iborat.

**Tadqiqotning vazifalari:**

optoelektron qurilmadagi yorug'lik qabul qiluvchi CdS, ZnS, CdTe, Ps, CdIn mavjud yarimo'tkazgich materiallar ichidan samarador moddalarni tanlash va ularning asosiy xarakteristikalarini aniqlash;

elementar optronlar uchun yorug'lik qabul qiluvchi elementni (foton iste'molchi) olish texnologiyasini takomillashtirish;

yarimo'tkazgich moddalarga yorug'lik kuchi ta'sirida optoelektron qurilmalarni elektr potensial samaradorligini aniqlash;

ilmiy texnikaviy tavsiyalar asosida quyosh radiatsiyasining issiqlik va yorug'lik ta'sirlaridan foydalanib, kuchli elektr potentsiali olish (maydon) va undan foydalanib optoelektron geliotexnik qurilma yaratish;

**Tadqiqot ob'ekti** sifatida kadmiy va rux xalkogenid yarimo'tkazgichlarining binar tarkibli nojins qorishmalarining kristall va amorf materiallari olindi (CdS, ZnS, CdTe).

**Tadqiqot predmeti** xalkogenid yarimo'tkazgich birikmalardan anomal fotoelektrik kuchlanish element - geterofotoelementlar tayyorlab, ulardan quyosh spektriga sezgir optoelektron geliotexnik qurilmalar yaratishning sodda, tezkor va tejimli texnologiyasi va texnikasining fizik asoslarini o'rganish.

**Tadqiqot usullari.** Tadqiqot jarayonida qo'yilgan masalani yechish uchun jumladan volt-amper, spektrometrik, elektronmikroskopik va fotoelektrik xarakteristikalarini o'lchash usullaridan foydalanilgan.

**Tadqiqotning ilmiy yangiligi** quyidagilardan iborat:

ilk bor, yarimo'tkazgich xalkogenidlaridan (CdS, ZnS va CdTe) vakuumda termik bug'latish yo'li bilan bir jinsli bo'lmagan fotovoltaik yupqa pardalar olish texnikasi va texnologiyasi yaratilgan;

xalkogenid yupqa pardalarida, o'ta ko'p qatlamli mikro p-n – tuzilmalar hamda ularning p-n – o'tishlar orasida o'zaro zaryad tashuvchilar almashunuvi "Tranzistor effekti" usulida qo'shni tomon bilan zaryad almashmasligi aniqlandi;

vakuum sharoitida xar hil uchuvchanlikka ega bo'lgan molekulalardan (atomlardan) tashkil topgan xalkogenid CdS, ZnS, CdTe yarimo'tkazgich birikmalaridan yupqa pardali generator, n-tipidagi foto qabul qilgichlar (AFK-element) plonkalari vakumda bug'lantirib o'stirildi;

quyosh radiatsiyasining issiqlik va yorug'lik ta'siridan bir vaqtda issiqlik va elektr potentsiali (maydoni) optoelektron qurilma hamda quyosh issiqligi va elektrining xususiyatlaridan foydalanib quyosh suv tozalash qurilmasi ishlab chiqildi.

**Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati** quyidagilardan iborat:

qayta tiklanuvchi energiyalardan foydalanib elektr maydoni va optik signallar hosil qiluvchi yarimo'tkazgich polikristall yupqa pardali elementlar olish texnologiyasi takomillashtirilgan;

ilmiy asoslangan tavsiyalari ishlab chiqilganligi, volt-amper usul yordamida CdS, ZnS va CdTe yupqa pardalarida kuzatiladigan birjinsli bo'lmaganliklarning tabiati va strukturasi aniqlangan;

kichik amplitudali elektr va optik signallarni yordamida katta amplitudali elektr potentsialli elektrostatik va elektromagnit maydonlar hosil qilish imkoniyatlari ko'rsatilgan;

quyosh issiqligi va yorug'ligidan foydalanib, kuchli elektr potentsiali (maydoni) olish imkoniyatini beruvchi yarimo'tkazgichli optoelektron qurilma yaratish mumkinligi asoslangan.

**Tadqiqot natijalarining ishonchliligi.** yuqori sezgirlikka ega bo'lgan eksperimental metodlar va hal qiluvchi usullarni qo'llash, fizik jarayonlarni o'rganish uchun qabul qilingan umumiy metodlardan foydalanish, shuningdek, olingan natijalarni boshqa tadqiqotlar bilan solishtirish usullari yordamida ta'minlandi.

**Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.**

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati xalkogenid yupqa pardalarining ularga tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liqligi, ularning plazmonik va elektrofizik parametrlari hamda plazmonlarning uyg'onish shartlari uchun olingan yangi ifodalar va nazariy hulosalar xalkogenid yupqa pardalari va optoelektron qurilmalar yaratishga imkon beradigan anomal fotoelektrik kuchlanish va

geterofotoelementlar yaratishning yarimo'tkazgichlarning fizik xususiyatlari haqidagi yangi bilimlarning chuqurlashishiga imkon berishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati geterofotoelementlar yaratishning ilmiy asoslari ishlab chiqildi, anomal fotoelektrik kuchlanish va geterofotoelementlar yordamida, quyosh issiqligi va yorug'ligidan foydalanib, yarimo'tkazgichli optoelektronga tushayotgan yorug'likning to'liq uzunligiga bog'liqligi, ularning plazmonik va elektrofizik parametrlari hamda plazmonlarning uyg'onish shartlari uchun olingan yangi ifodalar va nazariy hulosalar olindi. Quyosh fotoo'zgartirgichlarini, fotodetektorlarni, fotokatalizatorlar, datchiklar, nano o'lchamli LEDlar, kogerent nurlanishning takomillashtirishda va molekullarning floresensiyasini kuchaytirishda qo'llanilishi mumkinligi bilan izohlanadi.

**Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.** CdS, ZnS, CdTe asosidagi yarimo'tkazgichli avtonom geliooptoelektron asboblarni ishlab chiqishni takomillashtirish asosida:

yuqori kuchlanishlar (1 kV gacha) olish imkonini beruvchi yarimo'tkazgichli optoelektron qurilmasidan yuqori kuchlanishli cheklovchi diodlarni teshilish xarakteristikalarini tadqiq etish uchun avtonom generatori sifatida yuqori kuchlanishli cheklovchi diodlarni teshilish kuchlanishlarini impuls rejimida aniqlash va ularga tashqi omillar ta'sirini baholash imkonini bergan (O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi 2023 yil 15 sentabrdagi № 2/1255-1943 sonli ma'lumotnomasi). Natijada fotoelektrik tuzilmalar konstruksiyalaridagi fotonlar yutilishi, asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar fotogeneratsiyasi va ko'chishining fizik jarayonlarini tadqiq qilish imkonini yaratib berdi:

yarimo'tkazgich xalkogenidlaridan (CdS, ZnS va CdTe) vakuumda termik bug'latish yo'li bilan birjinsli bo'lmagan fotovoltaiik (AFK-element) yupqa pardalar olish texnikasi va texnologiyasi takomillashtirishganligi, yarimo'tkazgich CdS, ZnS va CdTe yupqa fotovoltaiik pardalar vositasida ixcham, samarador optoelektron qurilmalar yaratishning ilmiy asoslangan tavsiyalari ishlab chiqilganligi, quyosh radiatsiyasining issiqlik va yorug'lik ta'siridan bir vaqtda foydalanib ishlaydigan, issiqlik va elektr potentsiali (maydoni) vositasida turli molekular oqimlarni saralaydigan optoelektron qurilma yaratish texnologiyasi ishlab chiqilganligi "FOTON" AJ da joriy etilgan. Olingan ilmiy natijalar xorijiy analog darajasida solishtirish mumkinligi aniqlangan (Uzeltexsanoatning 2022 yil 23 dekabrdagi №04-3/2701 sonli ma'lumotnomasi). Natijada metall nanozarrachalar kiritish orqali fotoelektrik qurilmalarning samaradorligini oshirish imkoniyati yaratilgan.

**Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi.** Dissertatsiya ishining natijalari 6 ta xalqaro konferensiyalarda hamda 2 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida ma'ruza qilingan va muhokamadan o'tkazilgan.

**Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi.** Dissertatsiya ishi mavzusi doirasida jami 32 ta ilmiy ish e'lon qilingan bo'lib, ulardan 2 tasi Foydali model, 2 tasi monografiya, 9 tasi O'zbekiston Respublikasida dissertatsiyalar asosiy ilmiy natijalarini chop etishga tavsiya etilgan ilmiy nashrlar ro'yxatidagi jurnallarda chop

etilgan. 6 ta xalqaro hamda tadqiqot mavzusi bo'yicha 2 ta EHM uchun dasturiy guvohnomalar olingan.

**Dissertatsiyaning hajmi va tuzilishi.** Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rtta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 50 ta rasm va 1 ta jadvalni o'z ichiga olgan holda 113 betni tashkil etadi.

## DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

**Kirishda** dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligi qisqacha asoslab berilgan, uning O‘zbekiston Respublikasida fan va texnologiyalar taraqqiyotining asosiy ustuvor yo‘nalishlari bilan bog‘lanishi aniqlangan. Dissertatsiya mavzusi bo‘yicha mavjud ilmiy ishlar tahlil qilingan va muammoning o‘rganilganlik darajasi bayon qilingan. Maqsad va vazifalar shakllantirilgan, tadqiqotning ob‘ektlari, predmetlari va usullari oydinlashtirilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi yoritilgan, olingan natijalarning ishonchligi asoslangan, uning nazariy va amaliy ahamiyatligi ochib berilgan, ish natijalarining amalda qo‘llanilishi va e‘lon qilinishi haqida ma‘lumotlar keltirilgan.

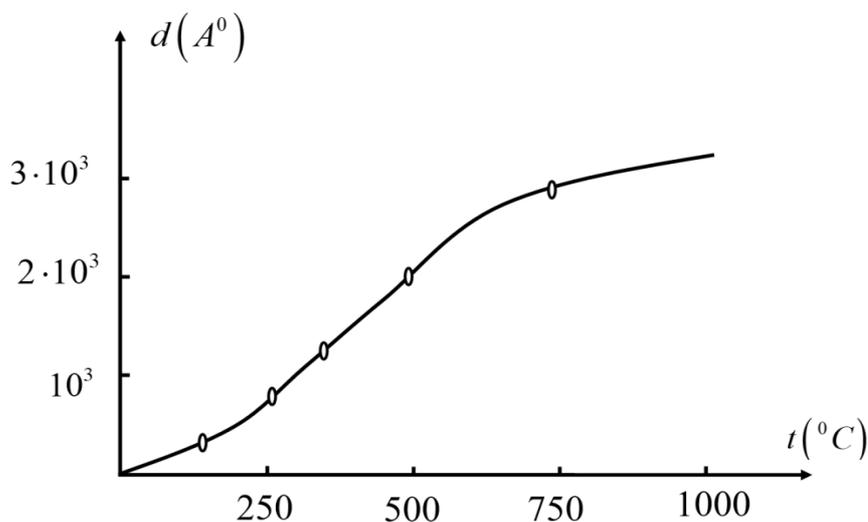
Dissertatsiyaning **“Quyosh nurlanishining yarimo‘tkazgichli optoelektronikasi va geliotexnikasi”** nomli birinchi bobida Optoelektronika haqida dastlabki asosiy ma‘lumotlar qisqacha bayon qilingan. “Elementar optron” va uning asosiy elementlari haqidagi ma‘lumotlar tahlil qilingan. Optronning an‘anaviy yorug‘lik (sun‘iy) manbalari va ularning imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Generator tipidagi foto qabul qilgichlarning yupqa yarimo‘tkazgichli strukturalarini yaratishga doir adabiyotlardagi ma‘lumotlar tanqidiy tahlil qilingan. Tahlil jarayonida olib borilgan mulohaza, munozara va munosabatlar asosida dissertatsiya vazifalarining umumiy ko‘rinishi shakllantirilgan.

Dissertatsiyaning **“Optoelektron gelioqurilmani yaratish uchun generator tipidagi foto qabul qilgichni ishlab chiqish va tadqiq qilish”** nomli ikkinchi bobi generator tipidagi foton qabul qilgich uchun samarador yarimo‘tkazgich xalkogenid materiallar tanlash va rux va kadmiy xalkogenid yarimo‘tkazgich materiallarini ishlab chiqishning asosiy xususiyatlari va yupqa pardalar olish texnologiyasiga bag‘ishlangan.

Yupqa pardalar tuzilishi, birjinsli bo‘lmaganliklarning shakllanishi asosan birikma va yot aralashmalar atom (molekula)larning uchuvchanligining xilma-xilligi bilan bog‘liq ekan.

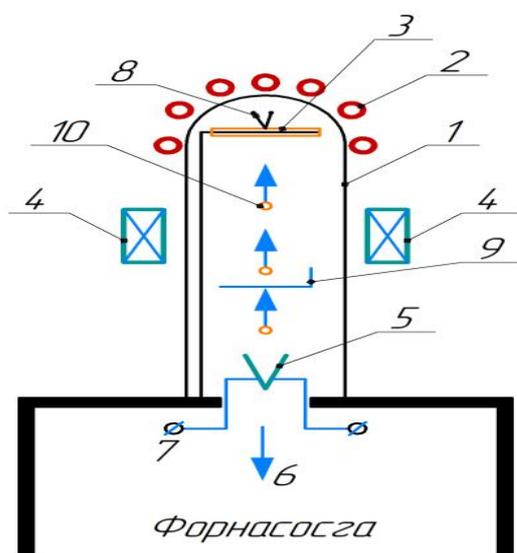
Ko‘pgina adabiyotlarda takidlanishicha har xil uchuvchanlik va eruvchanlikka ega bo‘lgan elementlardan tashkil topgan yarimo‘tkazgich xalkogenid birikmalarini, termik anizotrop (asinxron) bug‘latish tufayli vujudga kelgan molekular oqimga bog‘liq fizik jarayonlarni (atomlar ham) magnit va elektr maydonlari orqali boshqarib, yupqa pardada vujudga keladigan birjinsli bo‘lmaganliklarni miqdoran va sifat jihatlaridan o‘zgartirish mumkin. Masalan, klasterlarning o‘lchami va tabiatiga ta’sir etish mumkin. Bu esa o‘z navbatida, yupqa pardalarda kuzatiladigan anomal fotoelektrik, fotomagnit hodisalar bilan bog‘liqligi tabiiydir. Ma‘lumki, uchuvchanlik yupqa pardalar olishdagi anizotropik bug‘latish tufayli vujudga kelgan ko‘ndalang birjinsli bo‘lmaganliklar bilan bog‘liq bo‘lsa, eruvchanlik yupqa parda bilan taglikni bog‘lovchi sirtlarning mustahkam bog‘lanishini (adzeziya) ta‘minlovchi fizik jarayonlar bilan bog‘liq. Elektr va magnit maydonlari (tashqi) ta’sirida bo‘ylama sirt, birjinsli bo‘lmaganliklariga ta’sir etib, birjinsli bo‘lmagan sohalarning o‘ta ko‘p sondagi ketma-ket zanjirining shakllanishidagi fizik jarayonlarga ta’sir etishi mumkin. Katta uchish tezliklarida, kristalitlar zanjirlaridagi alohida elementar

kristallchalar o'lchami kichiklashadi. Uchish tezligi va taglik haroratining aniq bir qiymatlari uchun kristallitlar o'lchami parda qalinligining o'rtacha qiymatlari bilan bog'liq. Kristallchalar o'lchamining taglik harorati bilan bog'liqligining (xalkogenid binar birikmalar  $A^{II}B^{VI}$  tiplari uchun) qonuniyati 1-rasmda ifodalangan.



1-rasm. Kristallchalar o'lchamining taglik haroratiga bog'liqligi

Kristallchalar chiziqli o'lchamlarining o'rtacha qiymati, xalkogenid pardaning temperaturaviy ishlov berish sharoitiga ham bog'liq (vakuum, qizdirish davomiyliigi, harorat va boshqalar). Shu bilan birga (asinxron) anizotropik bug'latish bilan dielektrik taglikka, molekular oqimni anizotropik o'tkazishni ta'minlab, kerakli, birjinsli bo'lmagan xalkogenid pardani shakllantira oladigan, fizik jarayon hosil qilib beradigan texnologiya ishlab chiqilgan. Birjinsli bo'lmagan yupqa pardalar olishda ishlatilgan vakuum qurilma 2-rasmda tasvirlangan.



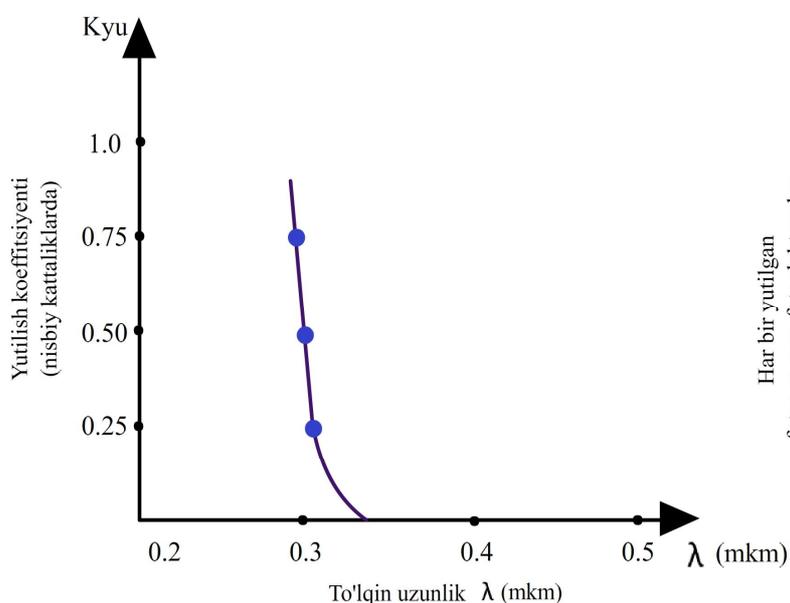
2-rasm. Anizotrop bug'latish vakuum kamerasi

1-kvars ballon; 2-taglikni qizdirish pechi; 3-dielektrik taglik; 4-elektr (yoki magnit) maydon hosil qilish qurilmasi; 5-molekular oqim hosil qilish manbasi; 6-vakuum nasoslarga bog'lovchi moslama; 7-bug'lantirgichni (5) elektr ta'minotiga ulash uchlari;

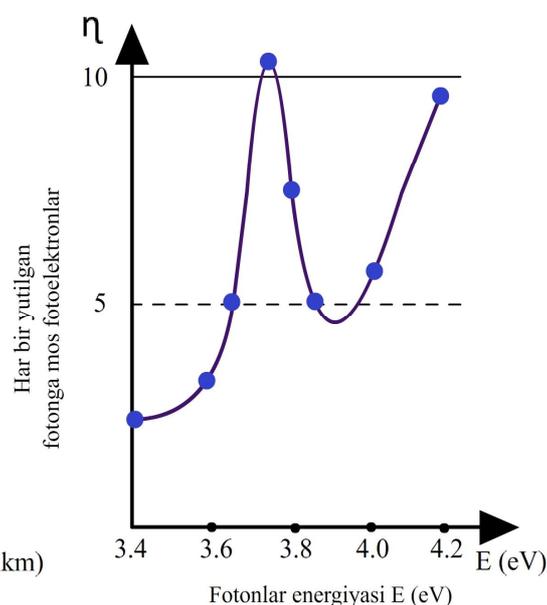
8-dielektrik taglik haroratni o'lchash uchun. Xromel-alyumel termoparasi; 9-dastlabki termik tozalashdan (5-ga solingan materialni qizdirish) so'ng magnit moslama yordamida ochiladigan "parda"; 10-taglikka yo'nalgan molekular oqim (anizotrop oqim).

Yarimo'tkazgichli CdS va ZnS xalkogenidlarining elektr, optik va fotoelektrik xususiyatlarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, bu materiallar, generator tipidagi foto qabul qilgichlarni ishlab chiqarish uchun qulay materiallar, chunki ularning taqiqlangan zona kengligi optimal darajaga yaqin.

Xalkogenidlarning o'rganilgan namunalarida, kam yoritishda fototok intensivlikka mutanosib bo'ladi; yuqori yoritishda fototok nurlanish intensivligidan sekin o'sib boradi va to'yinganlikka yetganda sublinarlik kuzatiladi. Ko'rib chiqilayotgan materiallar fotoo'tkazuvchanligining spektral egri chiziqlari, yutilish chiziqlari chetiga yaqin joylashgan; fotoo'tkazuvchanlikning spektral egri chiziqlaridan olingan xarakterli to'liq uzunliklari ZnS uchun 0.337 mkm, CdS uchun 0,5 mkm, CdTe uchun 0,88 mkm.



3-rasm. ZnS ning yutilish egri chizig'i.



4-rasm. ZnS ning fotoo'tkazuvchanligi.

Fotosezguvchanlik, spektrlaridan ko'rinib turibdiki,  $E=3,68\text{eV}$  (yoki  $\lambda=0,337\text{ mkm}$ ) da bitta so'rilgan, kvant yaratgan elektronlar soni maksimal va 10 ga teng bo'ladi. Fotoaksning maksimal qiymati - bu holda yutilish koeffitsienti teskari diffuziya uzunligiga yaqin bo'lganda kuzatiladi. (L):  $K \approx 1/L$ .

ZnS, CdS va CdTe tuzilishiga asoslanib, ushbu materiallarda ikkilamchi nur sinish effekti kuzatilishini kutish kerak. Shuning uchun tadqiqot, qutblangan yorug'likda o'tkazildi. Tadqiqot natijalari, ushbu materiallarda absorbsiya chiziqlari cheti holati, pozitsiyasi S o'qiga parallel va perpendikulyar bo'lgan nur uchun bir oz boshqacha bo'lgan degan tahmini tasdiqladi va perpendikulyar yo'nalgan qutblangan yorug'lik uchun tajribada nomuvofiqlik  $10^3$  yoki  $10^4$  marta kuzatiladi. Fototoklarning bunday anizotropiyasi, anizotropik nuqsonlarning to'planishi bilan bog'liq bo'lib, ular kristallar ichida potensial to'siqlar paydo bo'lishiga olib keladi. Ushbu kristallarda, kubsimon va geksogonal strukturaning ko'p shaklli hududlari

zanjiri hosil bo'ladi. Bunday tuzilmalarda fotokuchlanish anomal effektlari paydo bo'lishini kutish tabiiy.

Tekshirilayotgan materiallarning barcha anomal fotoelektrik kuchlanish elementlari uchun (CdS, ZnS va CdTe) yuqori qarshilik odatiy hisoblanadi: uning qorong'u qarshiligi  $(1-3) \cdot 10^{12} \text{ Om}$  atrofida.

Xalkogenidlarni eksperimental o'rganish, CdS, ZnS va CdTe optik jihatdan anizotropik va kristall tuzilishi va tarkibi bo'yicha birjinsli emasligi ko'rsatildi. Shuning uchun anomal fotoelektrik kuchlanish effektini, yupqa plyonkalarda va xalkogenid qotishmalarining kristalli tuzilmalarida kutish tabiiydir. Anomal fotoelektrik kuchlanish elementlarining yupqa plyonkali namunalarida (AFK plyonkalari) bo'ylama, p-n -o'tishlar bilan ketma-ket joylashtirilgan super ko'p qatlamlilik tuzilmalari mavjud. Anomal fotoelektrik kuchlanish plyonkalarida, elementar fotokuchlanish ( $\frac{kT}{q}$ ) yig'indisining ta'siri, namuna uzunligi bo'yicha ketma-ket, mikro o'tishlarda, bo'ylama bo'ylab sodir bo'ladi. Anomal fotoelektrik kuchlanish strukturalarida, bo'ylama super ko'p qatlamliliklardan tashqari, p-n - o'tishlarda, ko'ndalang super ko'p qatlamlilik - tuzilmalar ham mavjud.

Xalkogenid yupqa pardalari asosida generator tipidagi o'tkazuvchan iste'molchiga ishlaydigan foton qabul qilgichlar yasashning samarador usullari taklif qilingan.

Anomal fotovoltaiik va fotomagnit kuchlanishlarning yorug'lik intensivligiga qarab o'zgarish qonuniyatlari  $V_{AFK}$  (V),  $V_{FME}$  (V) eksperimental egri chiziqlari, oq nurda qayd etildi.  $N=1\text{kE}$  dan  $N=5\text{kE}$  gacha bo'lgan egri chiziqlar doimiy magnit maydonida qayd etilgan.

Fotomagnit tadqiqotlar bo'yicha olingan eksperimental natijalar, fotomagnit effekt nazariyasi doirasida p-n o'tishlarida ko'rib chiqiladi. Elektron-teshik (p-n) - o'tish uchun fotomagnit effekti nazariyasiga ko'ra,  $V_{FME}$  (V) bog'liqlikning, to'yingan sohasi bo'lishi kerak,  $V_{FME}$  (N) da esa u magnit maydon kuchlanishi to  $N=10^5$  e gacha qiymatiga qadar chiziqli bo'ladi.

Shunday qilib, olingan natijalar, vakuumli bug'lanish natijasida hosil bo'lgan uch selenli surma amorf plyonkasida har doim yuqori nuqsonlar konsentratsiyasi mavjudligini ta'kidlashga imkon beradi. Ular, Fermi darajasi qat'iy belgilangan va barqaror pozitsiyani egallagan darajada lokalizatsiya holatlarini ( $\sim 10^{20} \text{ sm}^{-3}$ ) yuqori zichligiga olib keladi. Shu munosabat bilan plyonkalarni, uch selenli surma bilan legirlash imkoniyati yo'q degan fikr shakllandi. Shu sababli, vakuum bug'lanishida olingan uch selenli surma plyonkalarida mavjud bo'lgan surma yoki selenning ortiqcha miqdori, ularning xususiyatlarini sezilarli darajada o'zgartiradi deb tahmin qilish mumkin. Uch selenli surmaning amorf plyonkalari, aralashmalar va radiatsion nurlanish ta'siriga sezgir emas.

Yuqori voltli fotovoltaiik effektli (AFK effekti) yupqa amorf, uch selenli surma plyonkalari bir xil bo'lmagan, ko'p qatlamli tuzilmalardir. Shu bilan birga, n- va p-tipdagi qatlamlar vaqti-vaqti bilan o'zgarib turadigan, super ko'p qatlamlilik tuzilmalarida, taqiqlangan zonasi doimiy qiymatga ega, ammo bir qatlamdan ikkinchisiga o'tishda energiya bo'yicha, yuqoriga yoki pastga siljiydi. Biroq, boshqa

mumkin bo'lgan tushuntirishlarni istisno qilish uchun batafsilroq tadqiqotlar o'tkazish kerak.

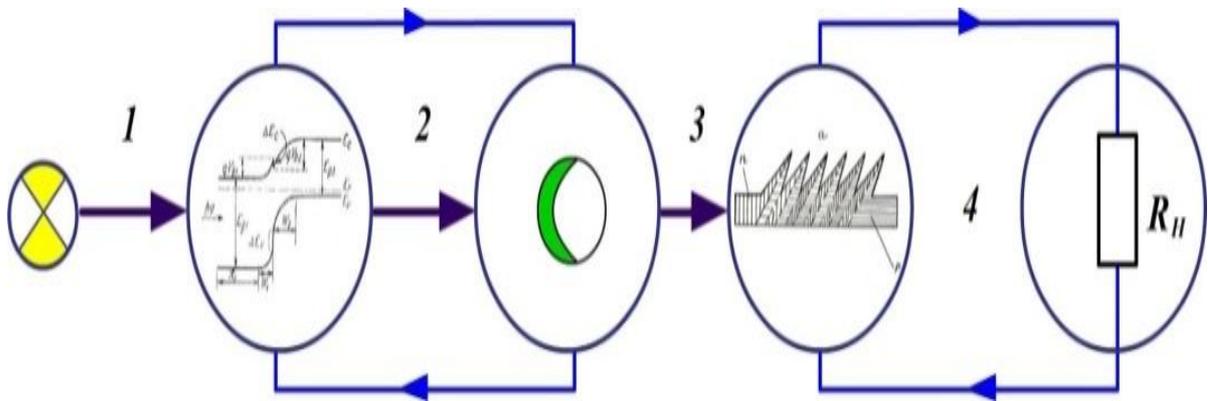
Dissertatsiyaning **“Katta elektr maydonlarini hosil qilish uchun optoelektron geliotexnik qurilmalarini ishlab chiqish”** deb nomlangan uchinchi bobida xalkogenid yarimo'tkazgich birjinsli emas yupqa pardalaridan foydalanib, yuqori samarador optoelektron qurilmalarning elementar optronlari uchun yorug'lik manbasi sifatida quyosh yorug'ligidan foydalanish, optoelektronning foton qabul qilgichi sifatida esa generator tipidagi dielektrik iste'molchiga ishlovchi hamda o'tkazuvchan (metall) iste'molchiga ishlovchi foto qabul qilgichlardan foydalanishga mo'ljallangan eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan, shuningdek, geliioptoelektronikaning mavzuga doir muammolarining optoelektron yechimlarining ba'zi bir variantlarini yaratish usullarining texnik, texnologik jarayonlarining ilmiy tahlillari mulohazasi va muhokamasi berilgan.

Ma'lumki anomal fotoelektrik kuchlanish-elementlari, yuqori kuchlanish manbai sifatida, faqat yuqori qarshilik yuklamasida ishlashi mumkin. Shuning uchun anomal fotoelektrik kuchlanish elementlari yordamida, optoelektronikaning avtonom tipidagi, kichik o'lchamli, mustaqil energiyali, quvvat manbai sifatida, kuchli elektrostatik maydonlarni yaratishda qo'llash mumkin. Optronning har qanday funksional sxemasini, signal o'zgartirgichining yopiq halqasi shaklida ifodalash mumkin. Bunday zvenolar sifatida quyidagilar hizmat qiladi: yorug'lik diodi, yorug'lik tashuvchi, foto qabul qilgich, foto qabul qilgich zanjiri va signalni funksional o'zgartirish qurilmasi (chiqadigan ishchi qurilma). Har bir zveno o'ziga hos uzatish funksiyasi bilan tavsiflanadi.

Qisqa to'lqin uzunlikdagi spektrda, p-n -o'tishlarning perpendikulyar joylashishiga ega bo'lgan strukturadan foydalaniladi, chunki bunda yig'ish samaradorligining oshishi kuzatiladi, natijada, quyosh elementining yaxlit yoritish yuzasida sezilarli foto-elektir yurituvchi kuch olish mumkin.

Taklif etilayotgan qurilmada, optoelektron qurilmaning, yorug'lik manbai va foto qabul qilgich zanjirlarida, elektr energiyasi rolini quyosh energiyasi o'ynaydi. Bundan tashqari, shunga o'xshash boshqa optoelektron qurilmalardan farqli o'laroq, ushbu qurilmada yorug'lik elektr tokiga emas, balki, elektr maydoniga aylanadi. Ko'pgina, optoelektron qurilmalar ishlashi uchun kuchli elektr maydonlarini hosil qilish kerak. Katta elektr maydonlari, elektronika, kvant elektronikasi va mikro hamda optoelektronikaning turli sohalarida keng qo'llaniladi. Ushbu qurilmadan foydalanish bilan optoelektron qurilmalarning ishonchliligi, avtonomligi va energiya mustaqilligi ta'minlanadi. Bundan tashqari, bunday optoelektron moslamalarni mikrominiatyurlashtirish imkoniyati ochiladi, shu bilan optoelektron moslamalarni bevosita masofadan boshqarish yaxshilanadi va bunday qurilmalarning sezgirligi bir necha darajaga ko'tariladi.

5-rasmda optoelektron quyosh qurilmasining blok diagrammasi ko'rsatilgan.



5-rasm. Geliotexnik optoelektron qurilmaning blok-sxemasi.

1 – yorug‘lik manbai, elektr signaliga aylanadigan optik-tolali zanjir.

2 - elektr signalini (potensialini) yorug‘lik energiyasiga aylantirib beruvchi elektr o‘tkazuvchi zanjir.

3 – optik tolali zanjir, unda yorug‘lik signali elektr potensialiga aylanadi.

4 – dielektrik yuklamaga ega elektr o‘tkazuvchi zanjir ( $R_n$ )

Yorug‘lik manbai - tabiiy nurlanish kam sarflanadigan quyosh nurlanishi to‘plamiga aylanadigan qurilmaning yorug‘lik manbai. (Bovinning golografik moduli yoki Alferovning konsentrator moduli).

Geterofotoelement - quyosh nurlarini elektr potensialiga aylantiradigan yarimo‘tkazgichli qurilma - geterofotoelement.

Yorug‘lik diodi - yorug‘lik chiqaradigan diod, elektr energiyasini yetkazib beradigan yorug‘lik generatori.

AFK – anomal fotoelektrik kuchlanish elementi, yorug‘lik quvvat manbai bo‘lgan elektr generatori.

$R_n$  - ishchi qurilmalar, ularning yuklamasi yuqori elektr maydonlarida ishlaydi.

**Qurilma quyidagicha ishlaydi** Quyosh nurlanishining kam sarfli nurlari qo‘llanilganda, quyosh elementida tok hosil bo‘ladi. Bu fototok, quyosh elementi va yorug‘lik nurlantiruvchi diod, yorug‘lik chiqaradigan diodni birlashtiradigan, elektr zanjiri orqali o‘tib elektromagnit to‘lqiniga (yorug‘lik) aylanadi. Optik kanal 3 orqali yorug‘lik diodining yorug‘lik signali foto qabul qilgichga (AFK) kiradi. Anomal fotoelektrik kuchlanish, foto qabul qilgichining optik quvvat manbai bo‘lgan elektr generatori bo‘lib, unda anomal yuqori fotokuchlanishlar yuzaga keladi.

Quyosh nurlanishining kam tarqaluvchi to‘plami va quyosh elementi, optik zanjirlar orqali ulanadi, ular orasida shaffof, plastik yoki optik tolalar mavjud. Xalkogenid tipidagi foto qabul qilgichning, quyosh batareyasidan elektr zanjiri 2 orqali oqim, yorug‘lik chiqaradigan diodga beriladi. Quyosh batareyasidan elektr tokini oladigan, yorug‘lik chiqaradigan diod yana elektr energiyasini nurga aylantiradi. Foto qabul qilgichda, yorug‘lik energiyasi katta intensivlik bilan elektr maydoniga aylanadi.

Tadqiqot ishining texnik natijasi, ultra past quvvatli, optoelektron quyosh moslamasi yordamida, quyosh energiyasidan katta elektr maydonlarini olishdir.

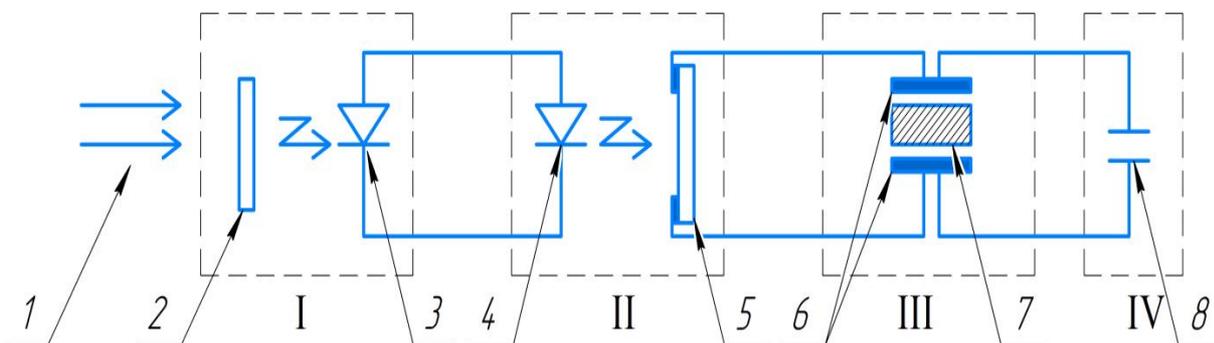
Quyosh elementi, taqiqlangan zonasi oralig‘i  $1,0 \div 2,2 \text{ eV}$  bo‘lgan materiallardan tayyorlangan, chunki quyosh nurlari energiyasining 90% dan ortig‘i ko‘rinadigan spektrda bo‘ladi. Shuning uchun biz, quyosh elementlarini tayyorlash uchun

materiallar sifatida, izovalent aralashmalar bilan kremniydan foydalanganmiz. Bunday materiallarda, quyosh nurlari bilan tug'ilgan tashuvchilar sirtning rekombinatsiyasi past bo'lgan holda, uzoq umr ko'rishadi va shuning uchun rekombinatsiyasiz elektronlar va teshiklar potensial to'siqqa yetib boradi.

Yorug'lik chiqaradigan diod p-n -o'tish bo'lib, u orqali tok to'g'ri yo'nalishda oldinga yo'nalganida yorug'lik chiqaradi. Yorug'lik chiqaradigan diodlar turli hil rangdagi nurlanish (to'lqin uzunliklari) chiqarib, spektrning ko'rinadigan va infraqizil mintaqalarini qoplaydi. Ishchi kuchlanish taxminan 1÷3 V, ishchi tok esa 3÷50 mA, past inersiya, yuqori barqarorlikka ega.

Dissertatsiyaning **“Optoelektron geliotransformatorni va tezkor zatvor (tiqin) ni yaratish va tadqiq qilish”** deb nomli to'rtinchi bobida, xalkogenid yarimo'tkazgich birjinsli emas yupqa pardalari negizida yaratilgan generator tipidagi foton qabul qilgichlardan foydalanib, quyosh radiatsiyasining zaif oqimini kuchli elektr potensialiga aylantira oladigan quyosh optoelektron qurilmalari yaratish metodologiyasining g'oyaviy va ilmiy asoslarini shakllantirish borasidagi ilmiy tadqiqotlarning natijalari bayon qilingan. Shu bilan birga quyosh optoelektron qurilmasining qo'llanilish istiqbollarini aniqlash borasidagi tadqiqotlar haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

6-rasmda optoelektron energiya geliotransformatorning tuzilish blok-sxemasi ko'rsatilgan.



6-rasm. Optoelektron energiya geliotransformatorning tuzilish blok-sxemasi.

- 1 - quyosh nurlanishining past tarqaluvchi parallel nurlari
- 2 – quyosh nurlanishining konsentratori, 3 – geterofotoelement,
- 4 – svetodiod, 5 – generator tipidagi foto qabul qilgich (AFK),
- 6 – kondensator plitalari, 7 – segnetoelektrik tipli dielektrik,
- 8 – chiquvchi ishchi qurilma.

I kaskadda, konsentrlangan quyosh nurlanishi, past amplitudali elektr potensialiga aylanadi, I kaskad yorug'lik manbali elektr generatoridir. Geterofotoelement va ikkinchi bosqichning yorug'lik chiqaruvchi diodi, yopiq elektr zanjirini hosil qiladi. Geterofotoelementdan past amplituda, elektr potensialini oladigan yorug'lik chiqaruvchi diod (4) uni yorug'lik signaliga aylantiradi. Yorug'lik chiqaruvchi diod (4), elektr energiyasi bilan ishlaydigan yorug'lik generatoridir. II kaskad, to'g'ridan-to'g'ri optik aloqali optron rejimida ishlaydi. Bu yerda, yorug'lik chiqaruvchi diod (4), yorug'lik manbai bo'lib, anomal fotoelektrik kuchlanish plyonka (5) foto qabul qilgich bo'lib xizmat qiladi. Foto qabul qilgichda (5) nurlantirgichning yorug'lik

energiyasi (4) yuqori voltli fotokuchlanishga aylanadi (bir necha yuz volt atrofida). Anomal fotoelektrik kuchlanish plyonkasi (5) va kondensator elektrik ulangan bo‘lib, ular yopiq elektr zanjirini hosil qiladi. Kondensator plitalariga (6) zanjir orqali tushadigan anomal fotoelektrik kuchlanish-plyonkaning yuqori voltli kuchlanishi energiyali elektr maydonini hosil qiladi.

Yorug‘lik, o‘tkazgich (optik tolalar) orqali o‘tadigan quyosh nurlanishi konsentratorga kiradi. Konsentratoridan o‘tib, quyosh nurlanishi kam tarqaluvchi nurga aylanadi, bunda nurlanishning energetik zichligi ortadi. Konsentrlangan quyosh nurlanishini geteroelement qabul qilib, kichik amplitudali  $1 \div 2$  V darajadagi elektr potensialiga aylantiradi.

Geteroelementga yorug‘lik chiqaruvchi diod yoki yorug‘lik chiqaradigan diodli matritsa ulangan. Geteroelementning kuchlanishi, yorug‘lik chiqaruvchi diodni yoritish uchun yetarli. Yorug‘lik chiqaruvchi diod, fotogenerator rejimida ishlaydi va u elektr bilan ishlaydigan yorug‘lik generatoridir. Yorug‘lik chiqaruvchi diodning yorug‘lik oqimi, anomal fotoelektrik kuchlanish elementiga yo‘naltirilgan. Anomal fotoelektrik kuchlanish elementi va yorug‘lik chiqaruvchi diod, to‘g‘ridan-to‘g‘ri optik aloqali optronni hosil qiladi. Anomal fotoelektrik kuchlanish elementida yorug‘lik chiqaruvchi diod, yorug‘lik oqimi ta’sirida, anomal yuqori fotokuchlanish hosil bo‘ladi. Anomal yuqori kuchlanish yordamida (100 volt dan yuqoriroq), kuchli elektr maydon olinadi. Elektr maydon energiyasi, muxitning kuchlanishi kvadrati va dielektrikning dielektrik kirituvchanligiga bog‘liq:  $X_0$

$W = \frac{CU^2}{2}$ , bu yerda S - sig‘im, u dielektrik kirituvchanlikka proporsional. Agar dielektrik, vakuum bo‘lsa uning dielektrik kirituvchanligi  $X_0=1$ ,  $S_0$  agar dielektrik sifatida, dielektrik kirituvchanligi  $10^4$  bo‘lgan segnetodielektrik ishlatilsa  $S=S_0 \cdot X=S_0 \cdot 10^4$  bo‘ladi. U holda natijaviy maydon  $W = K \cdot W_0$  hamda

$$W_0 = \frac{C_0 \cdot U_0^2}{2}; W=10^8 \cdot W_0.$$

Quyosh optoelektron asbobi, yuqori tezlikda ishlaydigan optik zatvorlar (nanosekundalar bo‘yicha javob berish vaqtlari) ishlab chiqarish uchun mo‘ljallangan.

Taklif etilayotgan qurilma, ma’lum bo‘lgan o‘xshash elektro-optik qurilmalarga nisbatan bir qator muhim afzalliklarga ega:

**Birinchidan**, izotrop moddalarda anizotropiya yaratish uchun bir hil elektrostatik maydonning optoelektron manbasidan foydalangan holda, ikkilamchi sinish hosil qiladigan ma’lum bo‘lgan qurilma (yuqori tezlikda optik qopqoq) masofadan boshqariladi.

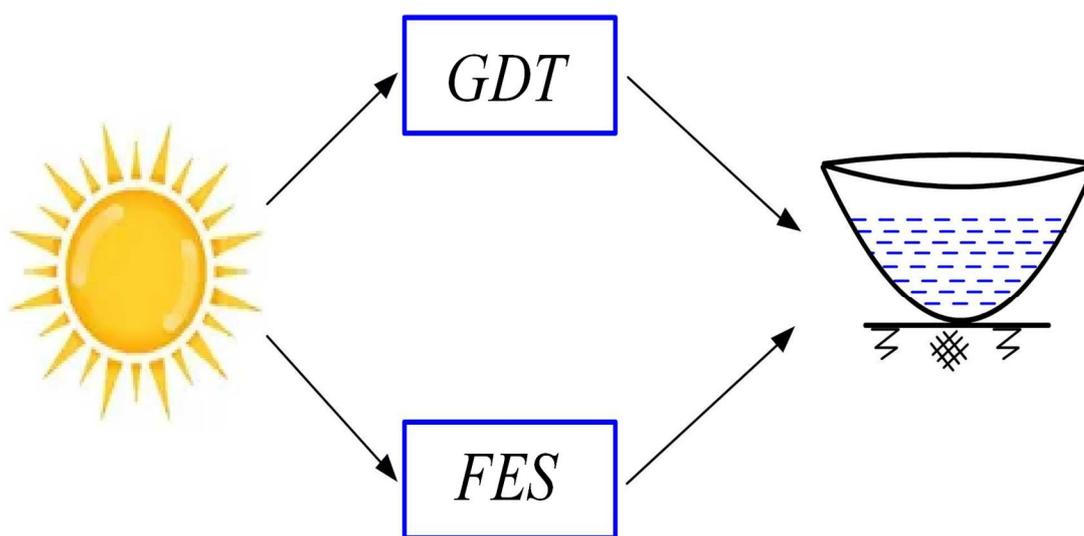
**Ikkinchidan**, tabiiy yorug‘lik sharoitida qurilma avtonom ishlashi mumkin, ya’ni tavsiya etilgan qurilma energetik jihatdan mustaqil va optik boshqariladigan qurilmaga aylanadi.

**Uchinchidan**, geliooptoelektron qurilmaning sanoat variantini tayyorlashda, barcha detallar yupqa-plyonka shaklida tayyorlanishi mumkin. Ushbu holat optoelektron, yuqori tezlikda ishlaydigan zatvorni mikrominiatyurlashtirish muammosini hal qilish uchun asos yaratadi. Ma’lum bo‘lgan qurilmadan farqli o‘laroq, barcha qismlar plyonkadan ishlab chiqarilishi mumkin. Tavsiya etilgan

qurilmada murakkab va qimmat elementlar mavjud emas. Qurilma laboratoriya yoki sanoat, tezkor jarayonlarining bir qismi sifatida ishlatilishi mumkin (ovoz yozish, yuqori tezlikda sur'atga olish va hk).

Qurilma, tezkor jarayonlarni optoelektron boshqarishni amalga oshiradi. Boshqarish jarayoni deyarli harakatsiz, ya'ni, elektr maydonini yoqishda (va aksincha) moddaning izotropik holatdan anizotrop holatga o'tishi tahminan  $10^{-10}$  -  $10^{-12}$ s. Shuning uchun elektro-optik optoelektron yacheyka, tezkor jarayonlarni boshqarish uchun zarur bo'lgan ideal yorug'lik zatvori bo'lib xizmat qiladi (masalan, optik lokatsiya, optik telefon, telegraf, televizor, ovoz yozish, yuqori tezlikda sur'atga olish).

Quyosh radiatsiyasining, issiqlik va yorug'lik ta'sirlaridan foydalanib, toza ichimlik suvi olish jarayoni uch bosqichda amalga oshirildi. Birinchi bosqich, geliotermik distilyatordan iborat bo'lib, uning vazifasi sho'rlangan (tozalanishi zarur bo'lgan) suvni, quyosh issiqligi vositasida bug'lantiradi. Tozalanishning dastlabki bosqichida suv tarkibidagi, ma'lum birikmalar cho'kma ko'rinishida saralanadi. Qolgan qismi, mahsus vosita yordamida fotoelektrik stimulyator blokiga uzatiladi. Uning vazifasi, quyosh yorug'ligidan, yuqori potentsialli birjinsli bo'lmagan, elektr maydonni hosil qilishdir. Bu elektr maydonidan o'tgan, tozalanish uchun yuborilgan bug'simon aralashma molekullari, elektrostatik saralashdan o'tkaziladi. Qurilma elektr va gravitatsiya kuchlarining monand yo'nalishlarini ta'minlab beradi. Shuning uchun fotoelektrik stimulyator (saralagich) ishining samaradorligini ko'taradi. Tozalanagan suv, maxsus uzluksiz so'rish qobiliyatini beruvchi, gelioelektrik tizim yordamida to'planadi. Jarayonning umumiy, sxematik ko'rinishi quyidagicha bo'ladi.



7-rasm. Quyosh radiatsiyasining issiqlik va yorug'lik ta'sirlaridan foydalanib ishlaydigan jarayonning umumiy sxemasi

GTD-geliotermik distillyator (uning prinsipial sxemasi ilovada ko'rsatilgan)

FES-quyosh yorug'ligidan, yuqori potentsialli, elektr maydoni hosil qiladigan qurilma (fotoelektrik stimulyator)

TSTQ-toza suv hosil qiladigan, to'playdigan qism.

Quyosh optoelektron qurilmalarini yaratish uchun ilmiy-texnik asos, quyosh elementi va anomal fotoelektrik kuchlanish elementi rejimlarida ishlaydigan, generator tipidagi foto qabul qilgichlarning nazariyasi va texnologiyasini ishlab chiqish edi. Ushbu ish, kichik o'lchamli, quyosh optoelektron qurilmani yaratish muammosini hal qilishga bag'ishlangan bo'lib, uning yordamida yuqori intensivlik va energiyaga ega kuchli elektr maydonlari olish va undan toza ichimlik suv olishda va tezkor jarayonlarni qayd qilish va boshqarishda foydalanish mumkinligini asoslash bilan yakunlandi.

## XULOSALAR

1. Xalkogenidlarda olib borilgan ilmiy tadqiqotlar asosida, quyoshning issiqlik va yorug'lik ta'sirlaridan foydalanib ishlaydigan gelioptron qurilma yaratildi. Bu qurilmani, geliotexnik toza ichimlik suv olish texnikasida, geliodistilyator sifatida samaradorligini orttirish uchun hamda uning fotoelektro stimulyarini yaratishda foydalanish imkoniyatlari asoslab berildi. Shu bilan birga gelioptron qurilmani o'ta tezkor jarayonlarni ( $10^{-9}$ ,  $10^{-12}$  s) qayd qilish va masofadan turib nazoratda ishlatish mumkinligi ilmiy, texnik jihatdan asoslab berildi.

2. Geliotexnik, mikro va optoelektron qurilmalar tayyorlashga mo'ljallangan xalkogenid yarimo'tkazgichli birjinsli bo'lmagan materiallardan, anizotropik bug'latish yo'li bilan dielektrik taglikka anizotrop o'tkazish asosida yupqa pardalarni vakuumda olishning takomillashtirilgan texnologiyasidan foydalanib, mikro p-n-o'tishli "Tranzistor effektisiz" ishlaydigan generator tipidagi fotoelementlar hosil qilish ko'rsatildi.

3. Takomillashtirilgan texnologiyani qo'llash orqali gelioptronika uchun ishlatiladigan elementar optronlarning asosiy elementi hisoblangan xalkogenid birjinsli bo'lmagan yupqa pardalarida kuzatiladigan klassterli tipidagi sohalarning tabiatini o'lchash va sifatiga ta'sir etish mumkinligi haqida ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqildi.

4. Yarimo'tkazgichli xalkogenidlar, birjinsli bo'lmagan yupqa pardalari negizida tayyorlangan elementar gelioptronlar vositasida, kuchsiz quyosh yorug'ligidan ham yetarli katta elektr potentsiali olish imkoniyatini beradigan mikro va optoelektron qurilmalar yaratishning ilmiy-texnikaviy asoslari ko'rsatildi.

5. Yagona texnologik sikl davomida olingan xalkogenid yupqa pardalarida o'ta ko'p sondagi mikroskopik birjinsli bo'lmagan sohalar zanjirining hosil qilinishi asosan, xalkogenid yarimo'tkazgich birikmalari tarkibiga kiruvchi elementlar atomlarining har xil uchuvchan va eruvchan xususiyatlari bilan bog'liq ekanligi aniqlandi.

6. Quyosh yorug'ligi va issiqligini xalkogenid yarimo'tkazgich materiallar vositasida, geliotexnika sohasiga qo'llash borasida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar negizida, yarimo'tkazgichli optoelektron geliotexnikaga asos solindi. Sohaning prinsipial imkoniyatlari ko'rsatildi.

7. Optoelektron geliotexnik qurilmasi vositasida hosil bo'ladigan kuchli elektr potensialidan, kvant guruhidagi asboblarning saralash blokining elektr maydon manbasi sifatida hamda o'ta tezkor jarayonlarni qayd qilish va boshqarish tizimida foydalanish imkoniyati mavjudligi ko'rsatildi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ  
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАМАНГАНСКОМ  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ**

---

**ФЕРГАНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**

**ХОМИДОВ АБДУЛЛАЖОН КАМБАРАЛИ УГЛИ**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ АВТОНОМНЫХ  
ГЕЛИОПТОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ  
ПОЛУПРОВОДНИКОВ CdS, ZnS, CdTe**

**01.04.10 – Физика полупроводников**

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

**Наманган – 2024**

**Тема диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан за № B2021.4.PhD/T1772.**

Диссертация выполнена в Ферганском политехническом институте.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» ([www.ziyo.net](http://www.ziyo.net)).

**Научный руководитель:** **Касимахунова Анархан Мамасадиқовна**  
доктор технических наук, профессор

**Официальные оппоненты:** **Азаматов Закиржон Тахирович**  
доктор физико – математических наук, профессор

**Набиев Махмуд Базарович**  
кандидат технических наук, доцент

**Ведущая организация:** **Каракалпакский государственный университет**

Защита диссертации состоится «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 года в \_\_\_\_\_ часов на заседании Научного совета PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 при Наманганском инженерно – технологическом институте по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская 7, Административное здание Наманганского инженерно – технологического института, 3-здания, 2-этаж, малый зал совещаний, Тел./факс: (99869) 225-10-07; (99869) 225-76-75, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz).

С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном центре Наманганского инженерно – технологического института (зарегистрирована за № \_\_\_) по адресу: 160115, г. Наманган, ул. Касансайская -7, Тел./факс: (99869) 225-10-07; (99869) 225-76-75.

Автореферат диссертации разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.  
(протокол рассылки № \_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.)

**У.И. Эркабоев**

Председатель Научного совета по присуждению ученых степеней, д.ф-м.н., профессор

**Б.Х. Кучкоров**

Ученый секретарь Научного совета по присуждению ученых степеней, PhD., доцент

**Н.Ю. Шарипбаев**

Председатель научного семинара при Научном совете по присуждению ученых степеней, д.ф-м.н., профессор

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

**Востребованность и актуальность темы диссертации.** Постоянно растущий спрос на энергоресурсы в мире и обострение глобальных экологических проблем существенно увеличивают использование возобновляемых источников энергии, это развитие требует расширения достижениями естественных наук, в первую очередь физики микро- и наноструктурированных полупроводников. В мировом масштабе новейшие достижения в этих областях требуют разработки и внедрения технологий создания микро- и наноструктурированных устройств полупроводниковых структур под воздействием света, магнетизма и температуры. Поэтому необходимо повысить эффективность экологически чистых возобновляемых источников энергии-полупроводниковых фотоэлектрических преобразователей энергии, увеличить поглощение падающего на их поверхность светового потока, получить новые перспективные моно-и поликристаллические структуры для высокоэффективных фотоэлектрических энергетических устройств, их Изучение специфики электрофизики и фотоэлектрики, а также изучение уникальных возможностей использования источников энергии является одной из актуальных задач современности.

Сегодня в мире для улучшения характеристик современных микроэлектронных устройств и фотоэлектрических устройств, обеспечения их быстрой работы и высокой эффективности, при эффективном использовании новейших достижений науки и техники применяются новые научно-технические средства, радикально улучшающие свойства кремния. Разрабатываются технические решения и проводятся научно-исследовательские работы. В связи с этим провести целевые научные исследования, в том числе развитие функциональных возможностей существующих устройств микроэлектроники в соответствии с современными потребностями потребителей, кардинально изменить свойства исходных базовых материалов, кардинально улучшить оптические свойства, чувствительность. и скорости работы кремния, для расширения энергетического спектра поглощаемых фотонов в его объеме, а также для повышения эффективности фотоэлектрических устройств, созданных на основе кремния, введением наноразмерных металлических частиц в поверхность кремния, Актуальными задачами считаются оптическое поглощение наночастиц в объеме кремния, миграция несбалансированных носителей заряда и определение физических механизмов генерационно-рекомбинационных процессов.

В результате научных исследований и исследований, проводимых в целях дальнейшего повышения эффективности оптических и фотоэлектрических устройств в масштабах нашей республики, реализованы комплексные мероприятия в таких перспективных областях, как микроэлектроника, оптоэлектроника и гелиотехника, которые могут произвести революционные изменения. во многих областях науки и техники достигаются результаты. В новой стратегии развития Узбекистана на 2022-2026 годы поставлен ряд задач, среди которых «Непрерывное обеспечение экономики электроэнергией и

активное внедрение технологий «Зеленой экономики» во всех отраслях, повышение энергоэффективности экономики путем 20%». В реализации этих задач, в том числе формирования новой фазы на основе ионной имплантации, сегодня большое значение имеет исследование поверхностных свойств трехслойных структур.

Указ Президента Республики Узбекистан от 9 сентября 2022 года № ПФ-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности» от 9 апреля 2021 года №. УП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики в Республике Узбекистан», № УП-5032 от 19 марта 2021 года «Меры по повышению качества образования в области физики и развитию научных исследований» на и УП-4779 от 10 июля 2020 года «О дополнительных мерах по повышению энергоэффективности экономики и снижению зависимости отраслей экономики от продукции топливно-энергетического комплекса путем привлечения имеющихся ресурсов» и Настоящее диссертационное исследование служит в определенной степени реализации задач, определенных в иных нормативных правовых документах, связанных с данной деятельностью.

**Соответствие исследования с приоритетными направлениями развития науки и технологий республики.** Диссертационная работа Республики научно-технического развития III. Оно проводилось в рамках приоритетного направления «Развитие энергетики, энергоресурсосбережения, производства оборудования, современной электроники, микроэлектроники, производства электронного оборудования».

**Степень изученности проблемы.** Выбор полупроводников как наиболее подходящего материала для получения теплоты потока квантов света (фотонов), фотонов света первоначально был сделан А.Ф.Иоффе, Е.И.Адировичем, Л.С.Стильбансом, М.М.Колтуном, Ю.И.Алферовым, Н.С.Лидоренко и ряд других ученых с мировым именем - доказано в работах исследователей. Ю.Р.Носов, Н.П.Удалов, Н.Свечников из Киева провели очень важные теоретические и практические исследования в области оптоэлектронных элементов, теории оптоэлектронных цепей. Их исследования служат основой для развития оптоэлектроники. Позднее теоретические и практические проблемы изучали зарубежные ученые Юнбо Юань, Тао Ли, Ци Ван, Цзе Син, Акаш Бхатнагер, Аян Рой Чаудхури, Янг Хеон Ким, Дитрих Гессе, Марин Алексе.

Представители научной школы Республики Узбекистан академики Р.А.Моминов, М.С.Баходирханов, С.Зайнобидинов, А.С.Саидов, профессора Р.Я.Расулов, К.П.Абдурахмонов, Э.З.Имамов, Г.Гулямов, К.Исмаилов, Р.Алиев и другие Широко изучено влияние многих наночастиц, таких как Ni, Rh, Mn, Cu, Pt, Au, Ag, Ti, на электрофизические, рекомбинационные, фотоэлектрические и другие свойства кремния, а также основные фотоэлектрические параметры солнечных элементов на основе кремния. .

Для повышения эффективности фотоэмиссии найдены и широко используются уникальные решения по созданию микро- и наноструктур на поверхности металлических фотодетекторов, предложено использовать плазмонные свойства наночастиц для повышения эффективности фотодетекторов, увеличения эффективности фотоэмиссии из наночастиц металлов экспериментально наблюдалась при возбуждении ЛПР, и, несмотря на то, что предлагалось повысить эффективность фотодетекторов, систематический теоретический анализ фотоэмиссии из наночастиц и определение ее сечения не проводилось. проведено до сих пор. Также в исследованиях недостаточно изучены размеры и тип различных наночастиц, входящих в состав фотопреобразователей на основе кремния, зависимость диэлектрических функций металлов от длины волны падающего света и области внедрения наночастиц. Поэтому проведение данных научных исследований с целью устранения этих проблем является важной актуальной задачей современности.

**Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного учреждения, где выполнена диссертация.** Диссертационное исследование в рамках научно-исследовательской работы Ферганского политехнического института ОТ-Ф-3-19 «Разработка фундаментальных исследований по созданию модульной системы параболоцилиндрических концентраторов нового типа для устройств солнечной энергетики на основе тепловых циклов преобразования энергии» (2017-2020 годы) выполнено на основе проекта.

**Цель исследований** – создание гелиооптоэлектронного устройства и оптоэлектронного устройства, преобразующего солнечный свет в сильный электрический потенциал (электрическое поле) под воздействием тепла и света естественного потока солнечной радиации.

**Задачи исследования:**

выбор эффективных материалов из имеющихся полупроводниковых материалов для светоприемных CdS, ZnS, CdTe, Ps, CdIn в оптоэлектронных устройствах и определение их основных характеристик;

совершенствование технологии получения светоприемного элемента (потребителя фотонов) для элементарных оптронов;

определение электрического потенциального КПД оптоэлектронных устройств при воздействии света на полупроводниковые материалы;

на основе научно-технических рекомендаций использовать тепловое и световое воздействие солнечной радиации, получить сильный электрический потенциал (поле) и использовать его для создания оптоэлектронного гелиотехнического устройства;

**Объектом исследования** исследования были взяты кристаллические и аморфные материалы бинарных смесей халькогенидных полупроводников кадмия и цинка (CdS, ZnS, CdTe).

**Предметом исследования** является изучение физических основ простой, быстрой и экономичной технологии и способов получения элемента

аномального фотоэлектрического напряжения - гетерофотоэлементов из халькогенидных полупроводниковых соединений и создания на их основе оптоэлектронных гелиотехнических устройств, чувствительных к солнечному спектру.

**Методы исследования** Для решения поставленной задачи в процессе исследования были использованы методы измерения вольт-амперных, спектрометрических, электронно-микроскопических и фотоэлектрических характеристик.

**Научная новизна исследования:** заключается в следующем:

впервые созданы методика и технология получения неоднородных фотоэлектрических тонких пленок из полупроводниковых халькогенидов (CdS, ZnS и CdTe) термическим испарением в вакууме;

в тонких халькогенидных пленках методом «Транзисторного эффекта» установлено, что обмен носителями заряда между многослойными микрор-п-структурами и их р-п-переходами не приводит к обмену зарядами с соседней стороной;

пластины тонкопленочного генератора, фотоприемника n-типа (АФК-элемента) выращивались в вакууме из халькогенидных полупроводниковых соединений CdS, ZnS, CdTe, состоящих из молекул (атомов) с различной летучестью в условиях вакуума;

разработано устройство солнечной очистки воды с использованием теплового и светового воздействия солнечного излучения, оптоэлектронного устройства теплового и электрического потенциала (поля), а также свойств солнечного тепла и электричества.

**Достоверность результатов исследований** Это обеспечивалось применением экспериментальных методов и методов решения с высокой чувствительностью, использованием общих методов, принятых для исследования физических процессов, а также методов сравнения полученных результатов с другими исследованиями.

**Научная и практическая значимость результатов исследования.**

заключается в следующем: усовершенствована технология получения полупроводниковых поликристаллических тонкопленочных элементов, генерирующих электрическое поле и оптические сигналы с использованием возобновляемых источников энергии;

разработаны научно обоснованные рекомендации, вольт-амперным методом определены природа и структура неоднородностей, наблюдаемых в тонких пленках CdS, ZnS и CdTe;

показаны возможности генерации электростатических и электромагнитных полей с электрическим потенциалом большой амплитуды с использованием электрических и оптических сигналов малой амплитуды;

в его основе лежит возможность создания полупроводникового оптоэлектронного устройства, обеспечивающего сильный электрический потенциал (поле) с использованием солнечного тепла и света.

**Внедрение результатов исследования.** На основе совершенствования разрабатываются полупроводниковые автономные гелиооптоэлектронные устройства на основе CdS, ZnS, CdTe:

из полупроводникового оптоэлектронного устройства, позволяющего получать высокие напряжения (до 1 кВ) в качестве автономного генератора для исследования характеристик пробоя высоковольтных ограничительных диодов, что позволило определить напряжения пробоя высоковольтных ограничительных диодов в импульсном режиме и оценить влияние на них внешних факторов (Свидетельство № 2/1255-1943 Академии наук Республики Узбекистан от 15 сентября 2023 г.). В результате это позволило изучить физические процессы поглощения фотонов, фотогенерации и переноса неосновных носителей заряда в конструкциях фотоэлектрических структур:

усовершенствована методика и технология получения тонких неоднородных фотоэлектрических (АФК-элементов) пленок из полупроводниковых халькогенидов (CdS, ZnS и CdTe) термическим испарением в вакууме, усовершенствованы полупроводниковые тонкие фотоэлектрические пленки CdS, ZnS и CdTe, что Разработаны научно обоснованные рекомендации по созданию компактных, эффективных оптоэлектронных устройств, технология создания оптоэлектронного устройства, работающего с использованием одновременно теплового и светового воздействия солнечного излучения и разделяющего различные молекулярные токи посредством теплового и электрического потенциала (месторождение) разработано в АО «ФОТОН» и внедрено. Определено, что полученные научные результаты могут быть сопоставлены на уровне зарубежных аналогов (справка Узэлтехсаноат № 04-3/2701 от 23 декабря 2022 года). В результате удалось повысить эффективность фотоэлектрических устройств за счет введения наночастиц металлов.

**Апробация результатов исследования.** Результаты диссертационной работы представлены и обсуждены на 6 международных конференциях и 2 республиканских научно-практических конференциях.

**Публикация результатов исследования.** Всего в рамках диссертационной работы опубликовано 32 научных работ, из них 2 опубликованы в журнале «Полезная модель», 2 монографии и 9 опубликованы в журналах, включенных в перечень научных изданий, рекомендованных к публикации основных научных результатов. диссертации в Республике Узбекистан. Получены программные сертификаты на 6 международных и 2 выставки по научным темам.

**Объем и структура диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объем диссертации составляет 113 страницы, в том числе 50 рисунков и 1 таблица.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИСЕРТАЦИИ

Во введении кратко обосновывается актуальность и необходимость темы диссертации, выявляется ее связь с основными приоритетами развития науки и технологий в Республике Узбекистан. Анализируются существующие научные работы по теме диссертации и описывается степень изученности проблемы. Сформированы цели и задачи, уточнены объекты, тематика и методы исследования, выделена научная новизна исследования, обоснована достоверность результатов, раскрыта его теоретическая и практическая значимость, информация о практическом применении и публикации. Результаты предоставлены.

В первой главе диссертации **«Полупроводниковая оптоэлектроника и гелиотехника солнечного излучения»** обобщены основные сведения об оптоэлектронике. Проанализированы данные об «элементарном оптроне» и его основных элементах. Обсуждаются традиционные (искусственные) источники света компании «Оптрон» и их возможности. Критически проанализированы литературные данные по созданию тонких полупроводниковых структур фотоприемников генераторного типа. Обзор задач диссертации формируется на основе обратной связи, обсуждения и взаимоотношений, проведенных в ходе анализа.

Вторая глава диссертации **«Разработка и исследование фотодетектора генераторного типа для оптоэлектронной солнечной батареи»** посвящена выбору эффективных полупроводниковых халькогенидных материалов для генераторного фотонного приемника и основным характеристикам полупроводниковых материалов из халькогенидов цинка и кадмия и тонкопленочная технология.

В структуре тонких пленок образование неоднородностей в основном связано с разнообразием летучести атомов (молекул) соединений и посторонних соединений.

Во множестве публикаций утверждается, что полупроводниковые халькогенидные соединения, состоящие из элементов с разной летучестью и растворимостью, управляют физическими процессами (атомами изменения). Например, это может повлиять на размер и характер кластеров. Это, в свою очередь, естественно связано с аномальными фотоэлектрическими, фотомагнитными явлениями, наблюдаемыми в тонких пленках. Известно, что в то время как летучесть связана с поперечными неоднородностями, вызванными анизотропным испарением при производстве тонких пленок, растворимость связана с физическими процессами, которые обеспечивают прочную связь (адгезию) поверхностей, соединяющих подложку с тонкой пленкой. Под действием электрического и магнитного полей (внешних) продольная поверхность может влиять на физические процессы при образовании очень большой серии неоднородных полей, влияя на их неоднородность. При высоких скоростях полета размер отдельных элементарных кристаллов в цепочках кристаллитов уменьшается. Размер кристаллитов для конкретных значений скорости полета и базовой температуры связан со средними



Анализ электрических, оптических и фотоэлектрических свойств полупроводниковых халькогенидов CdS и ZnS показывает, что эти материалы являются подходящими материалами для производства фотоприемников генераторного типа, поскольку их ширина запрещенной зоны близка к оптимальному уровню.

В исследованных образцах халькогенидов фототок при слабом освещении пропорционален интенсивности; при высокой освещенности фототок медленно увеличивается по сравнению с интенсивностью излучения, и когда он достигает насыщения, наблюдается сублинейность. Спектральные кривые фотопроводимости рассматриваемых материалов расположены вблизи края линий поглощения; характерные длины волн, полученные из спектральных кривых фотопроводимости, составляют 0,337 мкм для ZnS, 0,5 мкм для CdS и 0,88 мкм для CdTe.

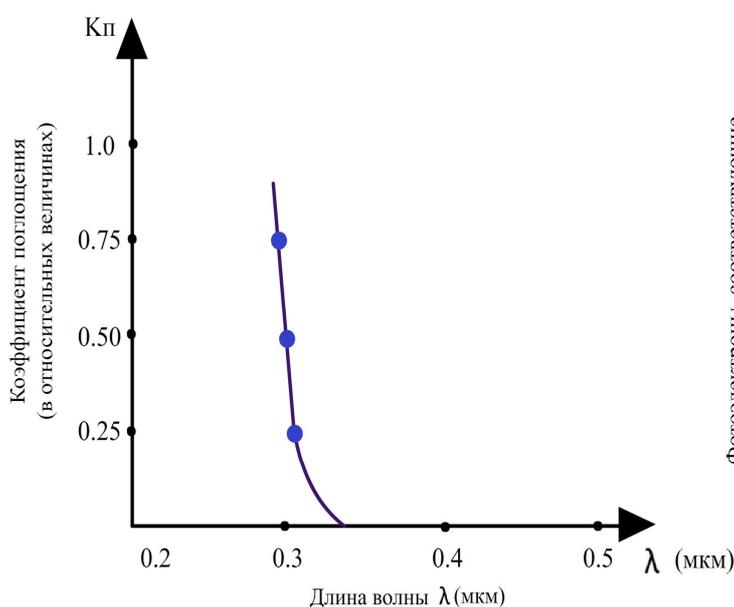


Рисунок 3. Кривая поглощения ZnS.

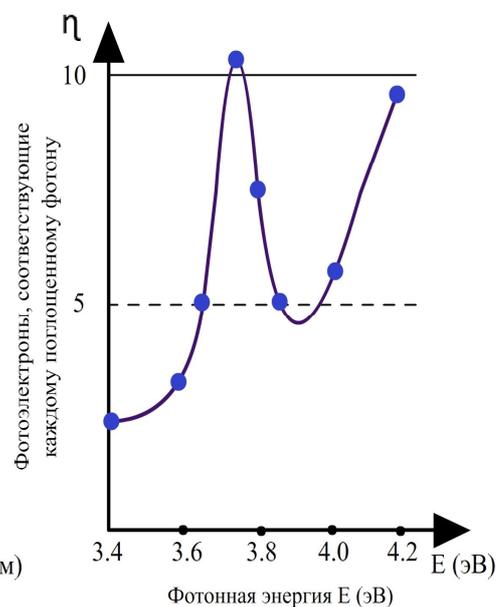


Рисунок 4. Фотопроводимость ZnS.

Фоточувствительность, как видно из спектров, показывает, что при  $E=3,68$  эВ (или  $\lambda=0,337$  мкм) количество электронов, поглощаемых одним поглощенным квантом, максимально и равно 10. Максимальное значение фотоакса наблюдается в этом случае, когда коэффициент поглощения близок к длине обратной диффузии. (L):  $K \approx 1/L$ .

Исходя из структуры ZnS, CdS и CdTe, следует ожидать, что в этих материалах наблюдается вторичный эффект преломления света. Поэтому исследование проводилось в поляризованном свете. Результаты исследования подтвердили предположение, что положение края линий поглощения в этих материалах несколько отличалось для света, положение которого было параллельно и перпендикулярно оси C, и несогласованность наблюдалась  $10^3$  или  $10^4$  раза экспериментально для перпендикулярно направленного света. поляризованный свет. Такая анизотропия фототоков связана с накоплением анизотропных дефектов, которые приводят к образованию потенциальных барьеров внутри кристаллов.

В этих кристаллах образуется цепочка многоугольных областей кубической и гексагональной структуры. Естественно ожидать возникновения аномальных эффектов фотовольтаики в таких структурах.

Для всех элементов с аномальным фотоэлектрическим напряжением (CdS, ZnS и CdTe) испытываемых материалов характерно высокое сопротивление: его темновое сопротивление около  $(1-3) \cdot 10^{12}$  Ом.

Экспериментальные исследования халькогенидов показали, что CdS, ZnS и CdTe оптически анизотропны и неоднородны по кристаллической структуре и составу. Поэтому естественно ожидать эффекта аномальных фотоэлектрических напряжений в тонких пленках и кристаллических структурах халькогенидных сплавов. Тонкопленочные образцы элементов с аномальным фотоэлектрическим напряжением (пленки АФН) имеют сверхмногослойные структуры, расположенные последовательно с продольными р-п-переходами. В пленках с аномальным фотоэлектрическим напряжением эффект суммы элементарного фотоэдс ( $kt/q$ ) происходит последовательно, микропереходами, продольно по длине образца. Помимо продольных супер-мультислоев в структурах с аномальным фотоэлектрическим напряжением, существуют также поперечные супер-слои в р-п-переходах.

Продлежано экономичного фотон приёмники на основе работающих генераторного типа халькогенидных АФН-пленках.

Законы изменения аномальных фотоэлектрических и фотомагнитных напряжений в зависимости от интенсивности света регистрировались на экспериментальных кривых  $V_{АФК}(B)$ ,  $V_{ФМЭ}(B)$  белый свет. Кривые от  $H = 1kЭ$  до  $H = 5kЭ$  регистрируются в постоянном магнитном поле.

Экспериментальные результаты, полученные при фотомагнитных исследованиях, рассмотрены на р-п переходах в рамках теории фотомагнитных эффектов. Согласно теории фотомагнитного эффекта для электрон-дырочного (р-п) -перехода,  $V_{ФМЭ}(B)$  должен иметь насыщенную область зависимости, в то время как в  $V_{ФМЭ}(H)$  он является линейным до значения напряженности магнитного поля до  $H = 10^5$  э.

Таким образом, полученные результаты позволяют подчеркнуть, что в трехселеновой слайд-аморфной пленке, образующейся в результате вакуумного испарения, всегда присутствует высокая концентрация дефектов. Они приводят к высокой плотности случаев локализации ( $\sim 10^{20} \text{ см}^{-3}$ ) до такой степени, что уровень Ферми прочно фиксируется и занимает устойчивое положение. В связи с этим было высказано предположение о невозможности легирования пленок тройным селеном. Следовательно, можно предположить, что избыточное количество сурьмы или селена, присутствующее в трех слайдовых пленках селена, полученных вакуумным испарением, значительно изменит их свойства. Тройной селен свинец не чувствителен к аморфным пленкам, соединениям и радиационному воздействию.

Высоковольтный фотоэлектрический эффект (АФН-эффект) представляет собой тонкую аморфную, неоднородную, многослойную структуру трехселеновых скользящих пленок. Однако в сверхмногослойных структурах,

где слои n- и p-типа меняются время от времени, ширина запрещенной зоны имеет постоянное значение, но смещается вверх или вниз по энергии при переходе от одного слоя к другому. Однако необходимы дополнительные исследования, чтобы исключить другие возможные объяснения.

В третьей главе диссертации, озаглавленной **«Разработка оптоэлектронных гелиотехнических устройств для генерации больших электрических полей»**, рассматривается использование солнечного света в качестве источника света для элементарных оптронов высокоэффективных оптоэлектронных устройств с использованием неоднородных тонких пленок халькогенидных полупроводников, а также в качестве источника света. фотонный приемник Результаты экспериментальных исследований по использованию фотоприемников для рабочего и проводящего (металлического) потребителя, а также обзор и обсуждение научного анализа технических, технологических процессов, методов создания некоторых вариантов оптоэлектронных решений проблемы. гелиооптоэлектроники.

Поэтому, используя элементы с аномальным фотоэлектрическим напряжением, он может использоваться как автономный тип оптоэлектроники, как малогабаритный, независимый источник энергии, питания, при создании сильных электростатических полей. Любую функциональную схему оптрона можно представить в виде замкнутого контура преобразователя сигналов. К таким звеньям относятся: светоизлучающий диод, светоноситель, фотоприемник, цепь фотоприемника и функциональное устройство преобразования сигнала (выходное рабочее устройство). Каждое звено характеризуется уникальной функцией передачи.

В коротковолновом спектре используется структура с перпендикулярным расположением p-n -переходов, поскольку наблюдается повышение эффективности сбора, что приводит к значительной фотоэлектрической силе на интегральной освещающей поверхности солнечного элемента.

В предлагаемом устройстве солнечная энергия играет роль электричества в оптоэлектронном устройстве, цепях источника света и фотоприемника. Кроме того, в отличие от других подобных оптоэлектронных устройств, в этом устройстве свет преобразуется в электрическое поле, а не в электрический ток. Для работы большинства оптоэлектронных устройств необходимо создать сильные электрические поля. Он широко используется в различных областях больших электрических полей, электроники, квантовой электроники, микро- и оптоэлектроники. Использование этого устройства обеспечивает надежность, автономность и энергонезависимость оптоэлектронных устройств. Кроме того, открывается возможность микроминиатюризации таких оптоэлектронных устройств, что позволяет улучшить прямое дистанционное управление оптоэлектронными устройствами и повысить чувствительность таких устройств до нескольких уровней.

На рисунке 5 показана блок-схема оптоэлектронного солнечного устройства.

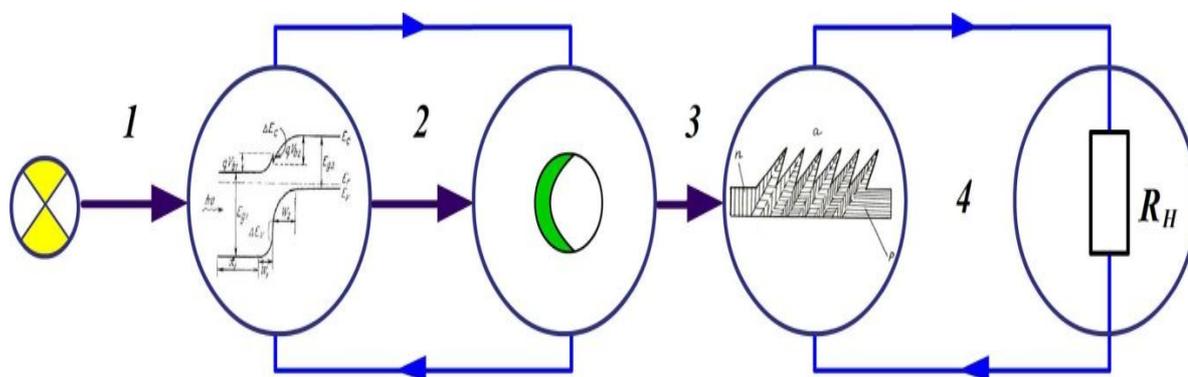


Рисунок 5. Блок-схема гелиотехнического оптоэлектронного устройства.

1 - Источник света представляет собой волоконно-оптическую цепь, преобразующуюся в электрический сигнал.

2 - электрически проводящая цепь, преобразующая электрический сигнал (потенциал) в световую энергию.

3 - волоконно-оптическая схема, в которой световой сигнал преобразуется в электрический потенциал.

4 - токопроводящая цепь с диэлектрической нагрузкой ( $R_H$ )

Источник света - это источник света устройства, которое преобразует естественное излучение в набор солнечного излучения с низким энергопотреблением.

(Голографический модуль Бовина или концентраторный модуль Алферова).

Гетерофотоэлемент - это полупроводниковое устройство, преобразующее солнечный свет в электрический потенциал.

Светоизлучающий диод - это светоизлучающий диод, генератор света, который вырабатывает электричество.

АФН - это элемент аномального фотоэлектрического напряжения, электрогенератор с источником питания света.

$R_H$  - рабочие устройства, нагрузка которых работает в сильных электрических полях.

**Устройство работает следующим образом** Когда используются солнечные лучи с низким потреблением энергии, в солнечном элементе генерируется ток. Этот фототок преобразуется в электромагнитную волну (свет), проходя через электрическую цепь, которая объединяет солнечный элемент и светоизлучающий диод, светоизлучающий диод. По оптическому каналу 3 светодиода световой сигнал поступает на фотоприемник (АФН). Аномальное фотоэлектрическое напряжение - это электрический генератор, который снабжает фотоприемник оптической энергией, в которой возникают аномально высокие фото-напряжения.

Слаборассеивающий набор солнечного излучения и солнечный элемент соединены оптическими цепями, между которыми проложены прозрачные, пластиковые или оптические волокна. Ток фотоприемника халькогенидного типа передается от солнечного элемента через электрическую цепь 2 на светоизлучающий диод. Он снова преобразует электрическую энергию в свет, который излучает электричество от солнечного элемента, светоизлучающего

диода. В фотоприемнике световая энергия преобразуется в электрическое поле большой интенсивности.

Технический результат исследовательской работы - получение больших электрических полей от солнечной энергии с помощью оптоэлектронного солнечного устройства сверхмалой мощности.

Солнечный элемент изготовлен из материалов с шириной запрещенной зоны  $1,0 \div 2,2$  эВ, так как более 90% солнечной энергии находится в видимом спектре. Поэтому мы использовали кремний с изовалентными соединениями в качестве материалов для изготовления солнечных элементов. В таких материалах носители, рожденные солнечным светом, имеют длительный срок службы с низкой рекомбинацией поверхности, и поэтому электроны и дырки без рекомбинации достигают потенциального барьера.

Светодиод представляет собой p-n -переход, через который он излучает свет, когда ток течет в правильном направлении. Светодиоды излучают излучение разных цветов (длин волн) и покрывают видимую и инфракрасную области спектра. Рабочее напряжение около  $1 \div 3$  В, рабочий ток  $3 \div 50$  мА, низкая инерция, высокая стабильность.

В четвертой главе диссертации, озаглавленной «Создание и исследование оптоэлектронного гелиотрансформатора и быстрого затвора», методист, способный преобразовать слабый ток солнечного излучения в сильный электрический потенциал, приводит результаты научных исследований по формированию идеологического и описаны научные основы. Он также предоставляет информацию об исследованиях, направленных на определение перспектив применения солнечных оптоэлектронных устройств.

На рисунке 6 показана структурная схема оптоэлектронного гелиотрансформатора энергии.

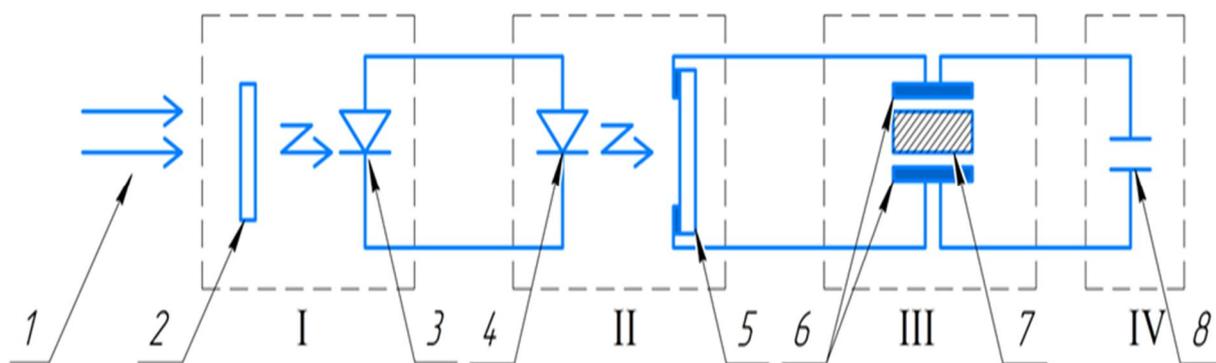


Рис 6. Структурная схема оптоэлектронного гелиотрансформатора энергии.

- 1 - Слаборассеивающие параллельные лучи солнечного излучения
- 2 - концентратор солнечного излучения, 3 - гетерофотоэлемент,
- 4 - светодиод, 5 - фотоприемник генераторного типа (АФН),
- 6 - обкладки конденсатора, 7 - диэлектрик магнитоэлектрического типа,
- 8 - Исходящее рабочее устройство.

В каскаде I концентрированное солнечное излучение преобразуется в электрический потенциал малой амплитуды, каскад I представляет собой электрический генератор источника света. Гетерофотоэлемент и светодиод второй ступени образуют замкнутую электрическую цепь. Низкоамплитудный светодиод (4), который получает электрический потенциал от гетерофотометра, преобразует его в световой сигнал. Светоизлучающий диод (4) представляет собой электрический генератор света. Cascade II работает в оптронном режиме с прямым оптическим подключением. Здесь светоизлучающий диод (4) служит источником света, а пленка с аномальным фотоэлектрическим напряжением (5) служит фотоприемником. В фотоприемнике (5) световая энергия осветителя преобразуется в 4 высоковольтных фотоэлемента (около нескольких сотен вольт). Пленка (5) с аномальным фотоэлектрическим напряжением и конденсатор электрически соединены, образуя замкнутую электрическую цепь. Аномальное фотоэлектрическое напряжение на обкладках конденсатора (6) через цепь - высоковольтное напряжение пленки - создает энергетическое электрическое поле.

Свет, солнечное излучение, проходя через проводник (оптоволокно), попадает в концентратор. После прохождения через концентратор солнечное излучение преобразуется в менее рассеянный свет, тем самым увеличивая плотность энергии излучения. Концентрированное солнечное излучение принимается гетероэлементом и преобразуется в электрический потенциал небольшой амплитуды  $1 \div 2$  В.

К гетероэлементу подключен светодиод или светодиодная матрица. Напряжение гетероэлемента достаточно для освещения светодиода. Светоизлучающий диод работает в режиме фотогенератора и является электрическим светогенератором. Световой поток светодиода направлен на аномальный фотоэлектрический элемент напряжения. Аномальный фотоэлектрический элемент напряжения и светоизлучающий диод образуют оптрон с прямым оптическим соединением. В элементе с аномальным фотоэлектрическим напряжением светодиод под действием светового потока генерирует аномально высокое фотоэдс. Используя аномально высокое напряжение (выше 100 вольт), получается сильное электрическое поле.

Энергия электрического поля зависит от квадрата напряжения среды и диэлектрической проницаемости диэлектрика:  $X_0$

$W = \frac{CU^2}{2}$ , где C - емкость, пропорциональная диэлектрической проницаемости.

Если диэлектрик представляет собой вакуум, его диэлектрическая проницаемость  $X_0 = 1$ ,  $C_0$ , если в качестве диэлектрика используется диэлектрик с диэлектрической проницаемостью  $10^4$   $C=C_0 \cdot X=C_0 \cdot 10^4$ . В этом случае результирующее поле будет  $W=K \cdot W_0$  и  $W_0 = \frac{C_0 \cdot U_0^2}{2}$ ;  $W=10^8 \cdot W_0$ .

Солнечное оптоэлектронное устройство предназначено для производства высокоскоростных оптических объектов (время отклика в наносекундах).

Предлагаемое устройство имеет ряд важных преимуществ перед аналогичными известными электрооптическими устройствами:

**Во-первых**, известное устройство (высокоскоростной оптический кожух), которое генерирует вторичное преломление, дистанционно управляется с помощью оптоэлектронного источника того же электростатического поля для создания анизотропии в изотропных веществах.

**Во-вторых**, в условиях естественного освещения устройство может работать автономно, т.е. предлагаемое устройство становится энергонезависимым и оптически управляемым.

**В-третьих**, при изготовлении промышленного варианта гелиоптоэлектронного устройства все детали могут быть выполнены в виде тонкой пленки. Эта ситуация является основой для решения проблемы микроминиатюризации оптоэлектронных быстродействующих затворов. В отличие от известного устройства все детали могут быть изготовлены из пленки. Предлагаемое устройство не содержит сложных и дорогостоящих элементов. Устройство может использоваться как часть лабораторных или промышленных, быстрых процессов (звукозапись, высокоскоростная запись и т. д.).

Устройство осуществляет оптико-электронный контроль быстрых процессов. Процесс управления практически неподвижен, т.е. при зажигании электрического поля (и наоборот) переход вещества из изотропного состояния в анизотропное состояние занимает примерно  $10^{-10}$ - $10^{-12}$  с. Следовательно, электрооптический оптоэлектронный элемент служит идеальным источником света, необходимым для управления быстрыми процессами (например, оптическое определение местоположения, оптический телефон, телеграф, телевидение, запись звука, высокоскоростная фотография).

Процесс получения чистой питьевой воды с использованием воздействия солнечной радиации, тепла и света проводился в три этапа. Первая ступень состоит из гелиотермального дистиллятора, функция которого заключается в испарении соленой (которая должна быть очищена) воды с помощью солнечного тепла. На начальном этапе очистки определенные соединения в воде сортируются в виде осадка. Остальное передается на блок фотоэлектрического стимулятора с помощью специального мотора. Его функция - создавать неоднородное электрическое поле с высоким потенциалом от солнечного света. Молекулы паровой смеси, которые проходят через это электрическое поле и отправляются на очистку, подвергаются электростатическому экранированию. Устройство обеспечивает одно и то же направление электрических и гравитационных сил. Поэтому фотоэлектрический стимулятор (сито) увеличивает эффективность работы. Очищенная вода собирается с помощью гелиоэлектрической системы, которая обеспечивает особую способность непрерывного всасывания. Общий схематический вид процесса выглядит следующим образом.

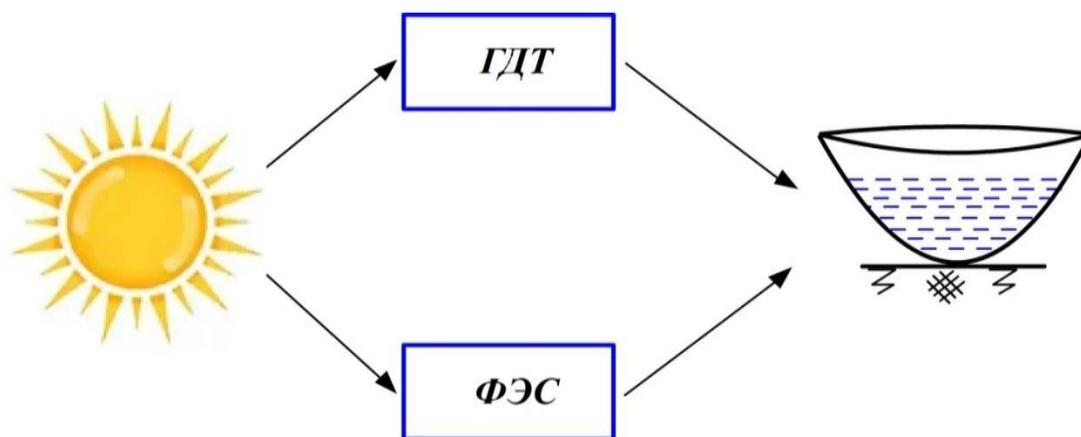


Рисунок 7. Общая схема процесса с использованием эффектов тепла и света солнечного излучения

ГТД-гелиотермальный дистиллятор (его принципиальная схема приведена в приложении)

ФЭС-солнечная установка, высоковольтная установка, генерирующая электрическое поле (фотоэлектрический стимулятор)

ТСТҚ- это часть, которая производит и собирает пресную воду.

Научно-технической основой создания солнечных оптоэлектронных устройств явилась разработка теории и технологии фотоприемников генераторного типа, работающих в режимах солнечного элемента и элемента аномального фотоэлектрического напряжения. Эта работа была посвящена решению проблемы создания малогабаритного солнечного оптоэлектронного устройства, которое можно было бы использовать для получения электрических полей высокой интенсивности и большой мощности и использовать его для получения чистой питьевой воды, а также для регистрации и управления быстрыми процессами

## ВЫВОДЫ

1. На основе научных исследований халькогенидов был разработан гелиоптрон, использующий эффекты тепла и солнечного света. Обоснована возможность использования этого устройства в технике гелиотехнической чистой питьевой воды в качестве солнечного дистиллятора для повышения его эффективности и создания его фотоэлектрического стимулятора. При этом научно и технически обосновано, что гелиооптоэлектронный прибор может использоваться для записи очень быстрых процессов ( $10^{-9}$ ,  $10^{-12}$  с) и дистанционного управления.

2. Микро-р-п-тип «без эффекта транзистора» фотогенератор с использованием передовой технологии вакуумной экстракции тонких пленок на основе анизотропного переноса на диэлектрическую подложку путем анизотропного испарения из неоднородных полупроводниковых материалов для гелиотехнических, микро- и оптоэлектронных устройств.

3. С использованием передовых технологий были разработаны научно обоснованные рекомендации для измерения природы и качества полей

кластерного типа, наблюдаемых в халькогенидных неоднородных тонких пленках, которые являются основным элементом элементных оптронов, используемых в гелиоптоэлектронике.

4. Научно-техническая база для создания микро- и оптоэлектронных устройств, позволяющих получить достаточно большой электрический потенциал даже при слабом солнечном свете с помощью элементарных гелиоптронов на основе полупроводниковых халькогенидов, неоднородных тонких пленок.

5. В ходе одного технологического цикла было обнаружено, что образование большого количества микроскопических неоднородных цепей поля в получаемых тонких пленках халькогенидов в основном связано с различными летучими и растворимыми свойствами атомов элементов в халькогенидных полупроводниковых соединениях.

6. Полупроводниковая оптоэлектронная гелиотехника была основана на основе научных исследований по применению солнечного света и тепла через халькогенидные полупроводниковые материалы в области солнечной энергетики. Показаны основные возможности отрасли.

7. Показано, что сильный электрический потенциал, создаваемый оптоэлектронным гелиотехническим устройством, может быть использован в качестве источника электрического поля в сортировочном блоке приборов квантовой группы, а также в системе регистрации и контроля сверхбыстрых процессов.

**SCIENTIFIC COUNCIL PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 ON AWARDING  
SCIENTIFIC DEGREES AT THE NAMANGAN INSTITUTE OF  
ENGINEERING AND TECHNOLOGY**

---

**FERGANA POLYTECHNICAL INSTITUTE**

**KHOMIDOV ABDULLAJON KAMBARALI OGLI**

**IMPROVING THE DEVELOPMENT OF AUTONOMOUS  
HELIOPTOELECTRONIC DEVICES BASED ON SEMICONDUCTORS CdS,  
ZnS, CdTe**

**01.04.10 – Physics of semiconductors**

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

**Namangan – 2024**

**The topic of the dissertation Doctor of Philosophy (PhD) in physical and mathematical sciences is registered by the Higher Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan under No. B2021.4.PhD/T1772.**

The dissertation was completed at the Fergana Polytechnic Institute.

The abstract of the dissertation is available in three languages (Uzbek, Russian, English (summary)) is posted on the website Of the Scientific Council ([www.nammti.uz](http://www.nammti.uz)) and on the Information and Educational portal "ZiyoNet" ([www.ziynet.uz](http://www.ziynet.uz)).

**Scientific supervisor:**

**Kasimakhunova Anarkhan Mamasadikovna**  
Doctor of technical Sciences, Professor

**Official opponents:**

**Azamatov Zakirzhon Takhirovich**  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,  
Professor

**Nabiev Makhmud Bazarovich**  
Candidate of technical sciences, associate professor

**Leading organization:**

**Karakalpok Davlat Universities**

The defense of the dissertation will be held at \_\_\_\_\_ on "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2024 at the meeting of Scientific Council PhD.03/30.11.2022.FM/T.66.04 at the Namangan institute of Engineering and Technology. (Adress: 160115, Namangan city, Kasansay Str. 7, administrative building, small conference hall, tel. (+99869)228-76-68, 225-10-07, Fax: (+99869) 228-76-75. e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz))

You can get acquainted with the dissertation work at the Information Resource Center of the Namangan Institute of Engineering and Technology (registration number No. \_\_\_\_). Address: 160115, Namangan city, Kasansay Str.7, tel. (+99869) 228-76-68; Fax: (+99869) 228-76-75, e-mail: [niei\\_info@edu.uz](mailto:niei_info@edu.uz)

The abstract of the dissertation was sent on "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_, 2024.  
(mailing protocol No. \_\_\_\_ on "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 2024)

**U.I. Erkaboev**

Chairman of Scientific Council  
on award of Scientific Degrees,  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

**B. Quchqorov**

Scientific Secretary of Scientific Council  
on award of Scientific Degrees,  
Doctor of Philosophy(PhD), Associate Professor

**N.Sharibayev**

Chairman of the Scientific Seminar at the  
Scientific Council on award of Scientific Degrees,  
Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor

## INTRODUCTION (abstract of PhD thesis)

**Demand and relevance of the dissertation topic.** The ever-increasing demand for energy resources in the world and the aggravation of global environmental problems significantly increase the use of renewable energy sources, this development requires expansion with the achievements of natural sciences, first of all with the physics of micro- and nanostructured semiconductors. Globally, the latest achievements in these fields require the development and implementation of technologies for creating micro- and nanostructured devices of semiconductor structures under the influence of light, magnetism and temperature. Therefore, it is necessary to increase the efficiency of environmentally friendly renewable energy sources - semiconductor photoelectric energy converters, increase the absorption of the light flux falling on their surface, obtain new promising mono- and polycrystalline structures for high-efficiency photovoltaic power devices, their electrophysical and photoelectric studying the specifics, as well as studying the unique possibilities of using energy sources, is one of the urgent problems of today.

In the world today, to improve the characteristics of modern microelectronic devices and photoelectric devices, to ensure their fast operation and high efficiency, while effectively using the latest science and technology achievements, new scientific and technological tools are used to radically improve the properties of silicon. technical solutions are being developed and research works are being carried out. In this regard, to carry out targeted scientific research, including the development of the functional capabilities of existing microelectronic devices in accordance with the modern needs of consumers, to fundamentally change the properties of the original basic materials, to fundamentally improve the optical properties, sensitivity and speed of operation of silicon, to expand the energy spectrum of absorbed photons in its volume. and in order to increase the efficiency of silicon-based photoelectric devices, the introduction of nano-sized metal particles into the silicon surface, the optical absorption of nanoparticles in the silicon volume, the migration of unbalanced charge carriers, and the determination of the physical mechanisms of generation-recombination processes are considered urgent tasks.

As a result of scientific research and research carried out in order to further increase the efficiency of optical and photoelectric devices at the scale of our republic, comprehensive measures have been implemented in promising areas such as microelectronics, optoelectronics and heliotechnics, which can make revolutionary changes in many fields of science and technology. results are being achieved. In the new development strategy of Uzbekistan for 2022-2026, a number of tasks have been set, including "continuous supply of the economy with electricity and active introduction of "Green economy" technologies in all sectors, increasing the energy efficiency of the economy by 20%" In the implementation of these tasks, including the formation of a new phase based on ion implantation, the research of the surface properties of three-layer structures is of great importance today.

Decree of the President of the Republic of Uzbekistan dated September 9, 2022 №. PD-220 "On additional measures for the introduction of energy-saving technologies and the development of small-capacity renewable energy sources", dated April 9, 2021 №. PD-5063 "On measures for the development of renewable and hydrogen energy in the Republic of Uzbekistan", №. PD-5032 of March 19, 2021 "Measures for improving the quality of education in the field of physics and developing scientific research" on" and PD-4779 dated July 10, 2020 "On additional measures to increase the energy efficiency of the economy and reduce the dependence of economic sectors on fuel and energy products by attracting existing resources" and This dissertation research serves to a certain extent the implementation of tasks defined in other regulatory legal documents related to this activity.

**The degree of knowledge of the problem.** The selection of semiconductors as the most suitable material for receiving the heat of the flow of light quanta (photons), photons of light, was initially made by A.F.Ioffe, E.I.Adirovich, L.S.Stilbans, M.M. Koltun, J.I.Alferov, N.S.Lidorenko and a number of other world-famous scientists - proven in the work of researchers. Yu.R.Nosov, N.P.Udalov, N.Svechnikov from Kiev conducted very important theoretical and practical research in the field of optoelectronic elements, theory of optoelectronic circuits. Their research serves as a basis for the development of optoelectronics. Later, theoretical and practical problems were studied by foreign scientists Yongbo Yuan, Tao Li, Qi Wang, Jie Xing, Akash Bhatnager, Ayan Roy Chaudhuri, Young Heon Kim, Dietrich Hesse, Marin Alexe.

Representatives of the scientific school of the Republic of Uzbekistan by academicians R.A. Mominov, M.S. Bakhodirkhanov, S. Zaynobidinov, A.S. Saidov, professors R.Ya.Rasulov, K.P.Abdurakhmonov, E.Z.Imamov, G.Gulyamov, K.Ismailov, R.Aliev and others The effects of many nanoparticles such as Ni, Rh, Mn, Cu, Pt, Au, Ag, Ti on the electrophysical, recombination, photoelectric and other properties of silicon and the main photoelectric parameters of silicon-based solar cells have been widely studied..

To increase the efficiency of photoemission, unique solutions for creating micro- and nanostructures on the surface of metal photodetectors have been found and widely used, it has been proposed to use the plasmonic properties of nanoparticles to increase the efficiency of photodetectors, an increase in the efficiency of photoemission from metal nanoparticles has been experimentally observed when LPR is excited, and from despite the fact that it has been proposed to increase the efficiency of photodetectors, a systematic theoretical analysis of photoemission from nanoparticles and determination of its cross-section has not been carried out so far. Also, in research, the size and type of different nanoparticles included in the silicon-based photoconverters, the dependence of the dielectric functions of metals on the wavelength of the incident light, and the field of introduction of nanoparticles have not been sufficiently carried out. Therefore, carrying out these scientific studies in order to eliminate these problems is an important urgent task of today.

**Research objectives:**

for the first time, the technique and technology of making inhomogeneous photovoltaic thin films from semiconductor chalcogenides (CdS, ZnS and CdTe) by thermal evaporation in a vacuum was created;

In chalcogenide thin films, it was found that the exchange of charge carriers between multi-layered micro p-n structures and their p-n junctions does not exchange charges with the neighboring side using the "Transistor effect" method.;

Thin-film generator, n-type photo receiver (AFK-element) wafers were grown by vacuum evaporation from chalcogenide CdS, ZnS, CdTe semiconductor compounds consisting of molecules (atoms) with different volatility under vacuum conditions;

A solar water treatment device was developed using the heat and light effects of solar radiation, the heat and electric potential (field) of the optoelectronic device, and the properties of solar heat and electricity.

**The object of research** crystalline and amorphous materials of binary mixtures of cadmium and zinc chalcogenide semiconductors (CdS, ZnS, CdTe) were taken

**The subject of the study** is the study of the physical foundations of a simple, fast and economical technology and methods for manufacturing elements of anomalous photovoltaic voltage - heterophotocells from chalcogenide semiconductor compounds and creating optoelectronic solar devices from them that are sensitive to the solar spectrum.

Research methods are based on photogalvanoelectric, galvanomagnetolectric and optical methods for solving the tasks.

**Scientific novelty of the research:**

The technology of obtaining semiconducting polycrystalline thin-film elements that generate electric fields and optical signals using renewable energies has been improved;

scientifically based recommendations were developed, the nature and structure of inhomogeneities observed in CdS, ZnS and CdTe thin films were determined using the volt-ampere method;

the possibilities of creating electrostatic and electromagnetic fields with large amplitude electric potential using small amplitude electric and optical signals are shown;

It is based on the fact that it is possible to create a semiconductor optoelectronic device that provides the possibility of obtaining a strong electric potential (field) using the sun's heat and light.

**Scientific and practical significance of the research results.**

The scientific significance of the research results is the dependence of chalcogenide thin films on the wavelength of the light falling on them, their plasmonic and electrophysical parameters, as well as the new expressions and theoretical conclusions obtained for the conditions of plasmon awakening, anomalous photoelectric voltage that allows the creation of chalcogenide thin films and

optoelectronic devices and is explained by the fact that the creation of heterophotoelements allows deepening of new knowledge about the physical properties of semiconductors.

The practical significance of the research results is that the scientific basis for the creation of heterophotocells has been developed, the dependence of the wavelength of the light falling on the semiconductor optoelectronics with the help of anomalous photoelectric voltage and heterophotocells, the heat and light of the sun, their plasmonic and electrophysical parameters, and the harmony of plasmons. New expressions and theoretical conclusions were obtained for the onish conditions. It is explained by the application of solar photoconverters, photodetectors, photocatalysts, sensors, nano-sized LEDs, enhancement of coherent radiation and fluorescence enhancement of molecules.

**The practical significance of the study** is based on the possibility of developing a technology for creating devices for recording and controlling ultrafast processes (on the order of nanoseconds, picoseconds) using a high-potential optoelectronic device (field) of solar electricity.

**Implementation of the research results.** On the basis of improving the development of autonomous helio-optoelectronic devices based on CdS, ZnS, CdTe semiconductors:

from a semiconductor optoelectronic device that allows obtaining high voltages (up to 1 kV) as an autonomous generator for researching the breakdown characteristics of high-voltage limiting diodes, which allowed to determine the breakdown voltages of high-voltage limiting diodes in pulse mode and evaluate the influence of external factors on them (Uzbekistan Reference №. 2/1255-1943 of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan dated September 15, 2023). As a result, it made it possible to study the physical processes of photon absorption, photogeneration and migration of non-basic charge carriers in the constructions of photoelectric structures:

The technique and technology of obtaining non-homogeneous photovoltaic (AFK-element) thin films from semiconductor chalcogenides (CdS, ZnS and CdTe) by thermal evaporation in a vacuum has been improved, semiconductor CdS, ZnS and CdTe thin photovoltaic films have been improved that science-based recommendations for creating compact, efficient optoelectronic devices have been developed, technology for creating an optoelectronic device that works using the heat and light effects of solar radiation at the same time, and separates various molecular currents by means of heat and electric potential (field) has been developed at "FOTON" JSC introduced. It was determined that the obtained scientific results can be compared at the level of foreign analogues (Uzeltexsanoat's reference №. 04-3/2701 of December 23, 2022). As a result, it is possible to increase the efficiency of photoelectric devices by introducing metal nanoparticles.

**Approbation of the research results.** The results of the dissertation were presented and discussed at 6 international conferences and at 2 national scientific-practical conferences.

**Publication of research results.** A total of 32 scientific works were published within the scope of the thesis work, of which 2 were published in Useful Model, 2 were monographs, and 9 were published in journals on the list of scientific publications recommended for publication of the main scientific results of dissertations in the Republic of Uzbekistan. Program certificates were obtained for 6 international and 2 exhibitions on research topics.

**The volume and structure of the dissertation.** The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a list of references and an appendix. The volume of the dissertation is 113 pages, including 50 figures and 1 table.

**E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI**  
**СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ**  
**LIST OF PUBLISHED WORKS**

**I bo'lim (I часть, I part)**

1. Отакулов О.Х., Хатамов С.О., Ахунов Қ.Х. Сузиб юрувчи қуёш сув-тузсизлантиргичи // ЎзР адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги Фойдали модел патенти № FAP 01271 от 01.12.2017.

2. Хатамов С.О., Ахунов Қ.Х., Хамидов О.Қ. Қуёш сув чуқитгичи // ЎзР адлия вазирлиги ҳузуридаги интеллектуал мулк агентлиги Фойдали модел патенти № FAP 01617 от 29.04.2019

3. Эргашев С.Ф., Қулдашев О.Х., Нигматов У.Ж., Тожибоев А. Қ., Рустамов У.С., Хомидов А.Қ. Комбинированные солнечно-энергетические установки промышленного, коммунального и сельскохозяйственного назначения / Монография, Фарғона – 2019. -180 стр. издательство Наврўз ISBN 9789943601703

4. Эргашев С.Ф., Уразова Г., Нигматов У.Ж., Хомидов А.Қ. Энергосбережение и возобновляемые источники энергии / Монография, Фарғона – 2019. -146 стр. издательство Наврўз ISBN 9789943601727

5. Муминов Р.А., Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Оптоэлектронный первичный преобразователь информации на АФН-элементах // Научно–технический журнал ФерПИ. – Ферғана, 2017. – № 3. – С.180-183. б (05.00.00; №3).

6. Akhunov K.X., Khomidov A.K. Desalting methods for mineralized water // Technical sciences and innovation Tashkent State Technical University Tashkent, 2020. -№1 С.129-135 б. (05.00.00; №6).

7. Naimanbaev R., Akhunov K.Kh., Khomidov A.K. Development and research of solar optoelectronic devices to create a highly efficient high-performance generator-type photodetectors (HGTP) // Technical sciences and innovation Tashkent State Technical University Tashkent, 2020. -№4 С.180-185 б. (05.00.00; №6).

8. Найманбоев Р., Хомидов А.Қ., Ахунов Қ.Х. Оптоэлектронный гелиотехническое устройство для получения электрических полей // Научно–технический журнал ФерПИ. – Ферғана, 2020. – № 1. – С.160-163 б. (05.00.00; №3).

9. Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Анализ существующих методов устройств солнечной опреснительной установки // Научно–технический журнал ФерПИ. – Ферғана, 2019. – № 3. – С.213-216 б. (05.00.00; №3).

10. Хатамов С.О., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Наклонно-ступенчатая солнечная опреснительная установка // Научно–технический журнал ФерПИ. – Ферғана, 2018. спец. вып. 2. – С.153-154 б. (05.00.00; №3).

11. Akhunov K.X., Khomidov A.K. Development and research of solar helio technical devices for manufacturing of electrostatic fields // Technical sciences and

innovation Tashkent State Technical University Tashkent, 2022. -№2(12) С.140-144 б. (05.00.00; №2).

12. Akhunov K.X., Khomidov A.K. Infrared generator type photoreceive // European Journal of Research Development and Sustainability (EJRDS) Vol. 3 No. 1, January 2022 С.103-106 б. (05.00.00).

13. Хомидов А.Қ. Юқори тезлик билан ишловчи оптоэлектрон тикин (затвор) // Научно– технический журнал ФерПИ. – Фергана, 2022. – № 1. – С.148-152 б. (05.00.00; №5).

### **II bo‘lim (II часть, II part)**

14. Найманбоев Р., Мамажонов Х.Т., Хомидов А.Қ. Повархностый потенциал электроадгезионных захватов и заклеяющих устройств для микророботов // “Техника ва технологиянинг долзарб муаммолари, уларнинг энерготезамкор ва инновацион ечимлари, Республика илмий-амалий анжуман маъруза материаллари. Фарғона, 20-22 апрель 2016. С. 178-179 б.

15. Найманбоева Ш., Ахунов К.Х., Мамажонов Х.Т., Насретдинова Ф. Н., Хомидов А.Қ. Фотоэлектрический стимулятор электроадгезионных захватов и закрепляющих устройств // “Фотоэлектрические и оптические явления в полупроводниковых структурах”, Международная конференция, Фергана, 14-15 ноября, 2014.- С.72-73 б.

16. Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ., Абдуллаев А.А. Оптоэлектронные методы неразрушающего контроля качества изделий и материалов // “Иқтидорли талабалар, магистрантлар, катта илмий ходим-изланувчи ва мустақил тадқиқотчилар” илмий-амалий анжумани материаллари Фарғона 22-23 апрель 2014. С.51-53 б.

17. Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Рахматшоев И. Генератор типигади фотоприёмниклар // “Фотоэлектрические и оптические явления в полупроводниковых структурах”, Международная конференция, Фергана, 25-26 мая, 2018.- С.90-92 б.

18. Хатамов С.О., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Сув чучитгич курилмаларида Z-шаклли куёш теплоприёмникларнинг ишлатилиши // “Фотоэлектрические и оптические явления в полупроводниковых структурах”, Международная конференция, Фергана, 25-26 мая, 2018.- С.168-169 б.

19. Касымахунова А.М., Найманбоев Р., Ахунов К.Х., Хомидов А.К., Насретдинова Ф.Н. Разработка оптоэлектронные гелиотехнические устройства для получения больших электрических полей // “Фотоэлектрические и оптические явления в полупроводниковых структурах”, Международная конференция, Фергана, 13-14 ноября, 2020.- С.382-386 б.

20. Найманбоев Р., Ахунов К.Х., Охунов М.Х., Хомидов А.К. Тонкопленочные солнечные элементы // “Фотоэлектрические и оптические явления в полупроводниковых структурах”, Международная конференция, Фергана, 13-14 ноября, 2020.- С.399-402 б.

21. Найманбоев Р., Ахунов К.Х., Охунов М.Х., Хомидов А.К. Основные свойства и технология получения халькогенидов и кадмия //

“Совершенствование и внедрение инновационных идей в области химии и химической технологии”, Международная научно-техническая конференция, Фергана, 23-24 ноября, 2020.- С.433-437 б.

22. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Оптоэлектронный гелиотехническое устройство для получения электрических полей // Международный сертификат на авторское произведение №ЕС-01-002678, INTEROCO, EUROPEAN DEPOSITORI Germany, Berlin, The Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, 10- February, 2020.

23. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Тохиров М.Қ., Хомидов А.Қ. Быстродействующий оптоэлектронный затвор // Международный сертификат на авторское произведение №ЕС-01-002677, INTEROCO, EUROPEAN DEPOSITORI Germany, Berlin, The Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, 10- February, 2020.

24. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Тохиров М.Қ., Хомидов А.Қ. Универсальный цветоуправляемый микроминиатюрный оптоэлектронный усилитель постоянного тока // Международный сертификат на авторское произведение №ЕС-01-002505, INTEROCO, EUROPEAN DEPOSITORI Germany, Berlin, The Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, 9- October, 2019.

25. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Оптоэлектронный гелиотехническое устройство для получения электрических полей // Фотоэнергетикада наноструктурали яримўтказгич материаллар Халқаро илмий анжумани Тошкент, 9-10 октябр 2020. С.69-72 б.

26. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ., Мухторов Д.Н. Оптоэлектронный гелиотрансформатор энергии // Международный сертификат на авторское произведение №ЕС-01-002992, INTEROCO, EUROPEAN DEPOSITORI Germany, Berlin, The Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, 19- October, 2020.

27. Найманбоев Р., Хомидов А.Қ., Юлдашев А.А., Юлдашев Ш.А., Юлдашева Ш.А. Оптоэлектронный преобразователь // Международный сертификат на авторское произведение №ЕС-01-002993, INTEROCO, EUROPEAN DEPOSITORI Germany, Berlin, The Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works, 19- October, 2020.

28. Эргашев С.Ф., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ., Рустамов Д., Гелио сув чучитгичда иссиқлик алмашинув жараёнларини моделлаштириш ва энергетик самарадорлик // “Энергетика соҳасини ривожлантиришда муқобил энергия манбаларининг роли”, мавзусида халқаро миқёсидаги илмий-амалий конференция материаллари. Наманган, 2021 С.166-171 б.

29. Касимахунова А.М., Найманбоев Р., Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ., Куёш радиациясининг иссиқлик ва ёруғлик таъсирларидан фойдаланиб ишлайдиган жараёнларни тадқиқ қилиш // “Тенденции развития физики конденсированных сред” Международная научно-техническая конференция, Фергана, 25-26 май, 2021г.- С.181-183 б.

30. Kasimakhunova A.M., Naimanbaev R., Akhunov K.Kh., Khomidov A.K., Tursunov H.Kh. Development and research of optoelectronic Secondary energy transformer // Scientific Journals in Palaeontology and Egyptology PJAEЕ, 17 (6) (2020) Pp. 3189-3195.

31. Ахунов Қ.Х., Тохиров М.Қ. Хомидов А.Қ., Z-шакли теплоприёмникдан куёш сув чучитгич қурилмаларида фойдаланиш // ЎзР адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги, ЭҚМ учун яратилган дастурий гувоҳнома 28.05.2020 й № DGU 08299.

32. Насриддинов С.С. Хомидов А.Қ., Юпқа плёнкали куёш элементлари // ЎзР адлия вазирлиги хузуридаги интеллектуал мулк агентлиги, ЭҚМ учун яратилган дастурий гувоҳнома 17.02.2023 й № DGU 22299.





Avtoreferat Namangan shahar U.Nosir nashriyotida tahrirdan o‘tkazildi va o‘zbek, rus, ingliz tillaridagi matnlari mosligi tekshirildi (\_\_\_\_.04.2024).

Bosishga ruxsat etildi \_\_\_\_ .04.2024 y.  
Bichimi 60X84 1/16, “Times New Roman”  
Garniturada raqamli bosma usulida bosildi.  
Shartli bosma tobog‘i 3. Adadi: 100. Buyurtma: № 127

---

“ FAZILAT ORGTEX SERVIS”  
hususiy korxonasi bosmaxonasida chop etildi.  
Manzil: Namangan sh. Amir Temur ko‘chasi 97 uy.  
Tel: (+998) 91-346-44-43, (+998) 99-608-69-44