

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
YARIMO‘TKAZGICHLAR FIZIKASI VA MIKROELEKTRONIKA
ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
YARIMO‘TKAZGICHLAR FIZIKASI VA MIKROELEKTRONIKA
ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI
O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

NORBEKOV SHOHZOD MAMARASUL O‘G‘LI

**TABIIY TOLALARNING YARIMO‘TKAZGICH XUSUSIYATLARINI
TADQIQ QILISH VA ULAR ASOSIDA DISKRET ASBOBLAR
YARATISHNI TAVSIYA QILISH**

01.04.10 – Yarimo‘tkazgichlar fizikasi

**FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

**Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD)
dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi**

**Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD) по
физико-математическим наукам**

**Contents of dissertation abstract of doctor of philosophy (PhD) on
physical-mathematical sciences**

Norbekov Shohzod Mamarasul o'g'li

Tabiiy tolalarning yarimo'tkazgich xususiyatlarini tadqiq qilish va ular asosida diskret asboblar yaratishni tavsiya qilish..... 3

Норбеков Шохзод Мамарасулович

Исследование полупроводниковых свойств природных волокон и рекомендации по созданию дискретных приборов на их основе..... 23

Norbekov Shokhzod

Investigation of the semiconductor properties of natural fibers and recommend the creation of discrete devices based on them..... 43

E'lon qilingan ishlar ro'yxati

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

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
YARIMO‘TKAZGICHLAR FIZIKASI VA MIKROELEKTRONIKA
ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI HUZURIDAGI ILMIY DARAJALAR
BERUVCHI DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

**O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI HUZURIDAGI
YARIMO‘TKAZGICHLAR FIZIKASI VA MIKROELEKTRONIKA
ILMIY-TADQIQOT INSTITUTI
O‘ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

NORBEKOV SHOHZOD MAMARASUL O‘G‘LI

**TABIIY TOLALARNING YARIMO‘TKAZGICH XUSUSIYATLARINI
TADQIQ QILISH VA ULAR ASOSIDA DISKRET ASBOBLAR
YARATISHNI TAVSIYA QILISH**

01.04.10 – Yarimo‘tkazgichlar fizikasi

**FIZIKA-MATEMATIKA FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2022.4.PhD/FM819 raqam bilan ro'yxatga olingan.

Dissertatsiya O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengashning veb-sahifasida (www.ispm.uz) va «ZiyoNet» Axborot-ta'lim portalida (www.ziyo.net) joylashtirilgan.

Ilmiy raxbar:

Mamadalimov Abdug'afur Teshabaevich
fizika-matematika fanlari doktori, akademik

Rasmiy opponentlar:

Zikrillayev Nurilla Fatxullayevich
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Sharibayev Nosirjon Yusupjanovich
fizika-matematika fanlari doktori, professor

Yetakchi tashkilot:

O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi
Yadro fizikasi instituti

Dissertatsiya himoyasi O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti huzuridagi ilmiy darajalar beruvchi DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 raqamli Ilmiy kengashning 2024 yil «26» 07 soat 12⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. (Manzil: 100057, O'zbekiston, Toshkent sh., Yangi Olmazor ko'chasi, 20-uy, Tel.: (+99871)248-79-94, faks: (+99871)248-79-92, e-mail: info@ispm.uz)

Dissertatsiya bilan institutning Axborot-resurs markazida tanishish mumkin. (63 raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100057, O'zbekiston, Toshkent shahri, Yangi Olmazor ko'chasi, 20-uy. Tel.: (+99871) 248-79-59; e-mail: info@ispm.uz).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil «11» 07 kuni tarqatildi.
(2024 yil «11» 07 dagi 63 raqamli reestr bayonnomasi).



Sh.B. Utamuradova
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash raisi, f.-m.f.d., professor

J.J. Hamdamov
Ilmiy darajalar beruvchi
Ilmiy kengash ilmiy kotibi, PhD, k.i.x.

N.A. Turgunov
Ilmiy darajalar beruvchi, ilmiy kengash qoshidagi
ilmiy seminar raisi, f.-m.f. d., dotsent

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasining annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurligi. Jaxonda bugungi kunda jadal rivojlanayotgan yarimo'tkazgichlar fizikasi sohasida dolzarb yo'nalishlaridan biri bo'lgan tabiiy yarimo'tkazgichlarning fizikaviy xossalari aniqlash bo'yicha ilmiy tadqiqot ishlarini bajarishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Dunyo miqyosida tabiiy yarimo'tkazgich tolalarni keng miqyosda va kompleks tadqiq qilish yangi fizikaviy qonuniyatlarini namoyon qilish va ular asosida elektron texnikani juda ilg'or yangi diskret elementlarini yaratish va amaliyotga joriy etishni taqozo etadi.

Bugungi kunda jaxonda tabiiy yarimo'tkazgichlardagi fizik jarayonlarni tadqiq qilishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ayniqsa nanofizika sohasida tabiiy tolalarning o'rni alohida ahamiyatga ega. Shu jihatdan bu yo'nalishda eng muhim vazifalardan biri quyidagi maqsadli ilmiy tadqiqot ishlarini olib borish: tabiiy yarimo'tkazgichli tolalarning fundamental parametrlarini aniqlash; tabiiy yarimo'tkazgichli tolalarga kimyoviy, termik va radioaktiv ishlov berish orqali uning elektrofizik, fotoelektrik va optik xususiyatlarining samaradorligini oshirish; elektro'tkazuvchanlikni haroratga va yorug'lik spektriga bog'liqlik qonuniyatlarini namoyon qilish; legirlangan yarimo'tkazgichli paxta va bambuk tolalarini elektr o'tkazuvchanligini legirlash vaqti va haroratga bog'liqlik qonuniyatlarini aniqlash; elektron texnikani yangi elementlarini yaratish; har xil tabiiy yarimo'tkazgichli tolalarda kechadigan elektron jarayonlarning mexanizmlarini o'rganish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Respublikamizda ilmiy tadqiqotchilar tabiiy tolalarning fizik samaradorligini yanada oshirish ustida ishlamoqdalar. Bu borada yangi turdagi tabiiy yarimo'tkazgich tolalarni yaratish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan bambuk va paxta tolalari asosidagi yarimo'tkazgich materiallarning optimal elektrofizik, fotoelektrik va optik xususiyatlarini hisobga olganda arzon va ekologik toza materialdan biri hisoblanadi. Tabiiy tolalardan passiv hamda aktiv elementlarni o'z ichiga olgan "Aqlli kiyim texnologiyasi" (Smart Clothing Technology) to'qimachilik sxemasini amalga oshirish imkoniyatini ko'rsatadi. Bu kelajakda elektronika va to'qimachilik o'rtasida integratsiyaga yo'l ochadi. Adabiyotlarda tabiiy tolalarning fizik xususiyatlarini tadqiq etish bo'yicha ma'lumotlar juda kam va ularning elektrofizik qonuniyatlar bilan bog'liq ko'plab hal qilinmagan muammolar mavjud.

Ushbu dissertatsiya O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 29-oktyabrdagi "Ilm-fanni 2030 yilgacha rivojlantirish konsepsiyasini tasdiqlash to'g'risida"gi PF-6097-son farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "2022-2026-yillarga mo'ljallangan yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son farmoni, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 2-martdagi "Elektrotexnika va elektronika sanoatini yanada rivojlantirish va mahalliy mahsulotlarning raqobatbardoshligini oshirishga doir qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ-5011-son qarori, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021 yil 19 martdagi «Fizika sohasidagi ta'lim sifatini oshirish va ilmiy tadqiqotlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida» gi PQ-5032-son qarori hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me'yoriy-huquqiy

hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishga ushbu dissertasiya ishi muayyan darajada xizmat qiladi.

Tadqiqotning respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Mazkur tadqiqot respublika fan va texnologiyalar rivojlanishining III. «Energiya, energiya resurslarini tejash, transport, mashinasozlik va asbobsozlik; zamonaviy elektronika, mikroelektronika, fotonika, elektron asbobsozlikni rivojlantirish» ustuvor yo‘nalishlariga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi: Kimyoviy va termik ishlov berilgan tabiiy tolalarning elektrofizik va optik xossalarini ilmiy tadqiq qilish bir qator xorijiy rivojlangan mamlakatlarning ilmiy-tadqiqot institutlari va ilmiy markazlarida olib borilmoqda. Jumladan, tabiiy paxta tolalarida organik elektronika AQSHning Kornel universiteti olimi P.Hinestoroza, Italiyaning Boloniya universiteti olimi F.Beatrice va Fransiyaning Provans mikroelektronika markazi olimi G.Malliaras tomonidan o‘rganildi.

Tojikiston davlat milliy universitetida A.Akobirova, S.Misriyon, Sh.Tuychiev, A.Aloviddinovlar tomonidan C₆₀ fullerenlarni tabiiy tolalarning elektr o‘tkazuvchanligiga ta’siri o‘rganildi.

O‘zbekistonlik olimlar, jumladan, akademiklar P.K.Habibullaev va A.T.Mamadalinov tomonidan dunyoda birinchi marta paxta va ipak tolalarining yarimo‘tkazgichli xususiyatlari namoyon qilingan. Professorlar A.S.Zakirov, Sh.U.Yuldashev, J.J.Hamdamiyov va boshqalar tomonidan yarimo‘tkazgichli tabiiy tolalarning elektrofizik va optik xususiyatlari tadqiq qilindi va turli yarimo‘tkazgichli qurilmalarni yaratish ko‘rsatildi.

Elektrofizik va optik xususiyatlarini o‘rganish ushbu yo‘nalishdagi tadqiqotlarning keng imkoniyatlarini ko‘rsatadi. Ammo shu paytgacha tabiiy nanostrukturali yarimo‘tkazgich tolalarining elektrofizik va optik xususiyatlari, shuningdek umumiy fizik qonunlari haqida hali ham ma’lumot yetarli emas.

Dissertatsiya mavzusining bajarilgan oliy ta’lim muassasasi ilmiy-tadqiqot ishlari bilan bog‘liqligi.

Dissertatsiya ishi O‘zbekiston Respublikasi Fan va texnologiyalar agentligi grantlarining tematik planlariga mos ravishda M.Ulug‘bek nomidagi O‘zbekiston Milliy universiteti ilmiy tadqiqot rejasining: OT-F2-29 “Tabiiy tolalarning fizik xossalariga tashqi faktorlarni ta’sirini o‘rganish”(03.01.2017-31.12.2020 yy.) mavzusidagi fundamental loyiha doirasida bajarilgan.

Tadqiqotning maqsadi tabiiy yarimo‘tkazgichli bambuk hamda paxta tolalarining elektrofizik va optik xususiyatlarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari:

KMnO₄ va yod bilan legirlangan bambuk tolalari hamda “Komolot-79” va “Xorazm-150” navli paxta tolalarining fotoo‘tkazuvchanlik spektrini, elektr o‘tkazuvchanlikning haroratga bog‘liqlik qonuniyatini, shuningdek taqiqlangan zonadagi diskret energetik sathlarni aniqlash;

γ -⁶⁰Co nurlanish manbaida nurlantirilgandan keyin yod bilan legirlangan paxta va bambuk tolalarining elektrofizik xususiyatlariga tashqi omillarning ta’sirini aniqlash;

tabiiy yarim o'tkazgichli paxta va bambuk tolalarining fotoo'tkazuvchanlik kinetikasini aniqlash;

kimyoviy, termik va radioaktiv ishlov berilgan paxta va bambuk tolalari namunalarining xususiyatlarini aniqlash;

“Komolot-79” va “Xorazm-150” navli paxta tolalarining fotoluminesensiya spektrini aniqlash;

tabiiy paxta va bambuk tolalar asosida datchiklar yaratishni tavsiya qilish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida bambuk tolalari, “Komolot-79” va “Xorazm-150” navli paxta tolalari olingan.

Tadqiqotning predmeti bambuk va paxta tolalarining elektro'tkazuvchanlikning haroratga bog'liqligini, fotoo'tkazuvchanlik va fotoluminesensiya spektrlarini o'rganish hisoblanadi.

Tadqiqot usullari. Ilmiy ishni bajarish jarayonida IQ-spektroskopiya, paxta va bambuk tolalarining chuqur satxdagi ionlashuvchi energiyasini, haroratning elektr o'tkazuvchanligiga bog'liqligi, fotoelektr o'tkazuvchanlik spektrini, spektrofotometrik analiz va fotoluminesensiya spektrini yuqori aniqlik bilan o'lchashga imkon beradigan zamonaviy usullardan foydalanildi.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

yod bilan legirlangan bambuk tolalaridan va “Komolot-79” navli paxta tolalaridan o'tayotgan tok qiymati harorat ortishi bilan eksponensial qonuniyat bo'yicha ortishi va aktivatsiya energiyalari mos ravishda $E_{t1}=E_c-0,57$ eV va $E_{t2}=E_c-0,83$ eV ekanligi aniqlangan;

ilk bor $\lambda=254$ nm to'lqin uzunlikdagi yorug'lik bilan yoritilganda ($h\nu \geq E_g$) yod bilan legirlangan bambuk tolalarida fotoo'tkazuvchanlikning uzoq muddatli (250 s) relaksatsiyasi aniqlangan va ularning klassik zona diagrammasi tavsiya qilingan;

ilk bor yod bilan legirlangan “Xorazm-150” navli paxta tolalari namunalarida manfiy fotoo'tkazuvchanlik fenomeni qayd qilingan;

ilk marotaba “Xorazm-150” navli paxta tolalarini $KMnO_4$ bilan 80 °C haroratda 1, 3 va 6 soat davomida legirlangan va ushbu legirlash vaqti ortishi bilan tolalarning elektro'tkazuvchanligi nochiziqli ortishi aniqlangan;

ilk bor γ - ^{60}Co bilan nurlantirilgan bambuk tolalari va “Komolot-79” navli paxta tolalarining elektro'tkazuvchanligi γ nurlanish dozasiga bog'liqligi aniqlangan va $1,2 \cdot 10^6 \div 28,4 \cdot 10^6$ ren diapazonidagi radioaktiv nurlanish tabiiy tolalarda Frenkel nuqsonlarini hosil qilishi aniqlangan;

ilk bor $KMnO_4$ bilan legirlangan bambuk tolalari uchun aktivatsiya energiyasi $E_{t1}=1,05$ eV, “Xorazm-150” navli paxta tolalari uchun esa $E_{t2}=0,54$ eV ga tengligi hamda ushbu tolalardan 80 V kuchlanishda o'tayotgan tok harorat ortishi bilan eksponensial qonun bo'yicha ortishi aniqlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

tabiiy yarimo'tkazgich tolalarini o'rganish uchun namuna tayorlash, kimyoviy, termik va radioaktiv ishlov berish hamda omik kontaktlarni olish texnologiyasi ishlab chiqilgan;

tabiiy yarimo'tkazgichli bambuk va paxta tolalari asosida havo va boshqa ob'ektlarning nisbiy namligini o'lchash imkonini beruvchi namlik datchigi shuningdek tolalarni termik, kimyoviy va radiaktiv nur bilan ishlov berish orqali

elektrofizik xususiyatlarini boshqarish va bu natijalar asosida aqlli kiyim aktuatorlari (smart clothing actuators) sifatida qo'llash mumkinligi aniqlangan.

Tadqiqot natijalarining ishonchligi raqamli yuqori sezuvchanlik va aniqlikka ega bo'lgan tadqiqot usullaridan foydalanish, shuningdek turli usullarga ("Cary Eclipse Fluorescence Spectrometer", "Bruker Invenio S-2021 Fourier transformator spektrometr", "Eye-One Pro mini-spektrofotometr") tayangan holda olingan natijalarning bir necha bor takroran olinishi bilan asoslanadi.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati. Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati shundan iboratki, tabiiy yarimo'tkazgichli bambuk va paxta tolalarining fizikaviy qonuniyatlarini ochib beradi. Olingan natijalar tabiiy tolalarning fizik xususiyatlariga oid nazariy bilimlarni kengayishiga olib kelishi bilan izohlanadi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati shundan iboratki, yarimo'tkazgichli xususiyatga ega bo'lgan yangi polimer materiallar aniqlanganligi va ushbu material orqali turli ob'ektlarning nisbiy namligini o'lchash uchun namlik datchiklarini yaratishda hamda magistratura va bakalavriat ta'lim jarayonida qo'llanilishi mumkin.

Tadqiqot natijalarining joriy qilinishi.

Paxta va bambuk tolalarining yarimo'tkazgich xossalarini o'rganish bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

Paxta tolalarining radioaktiv, kimyoviy va termik ishlov berilishi tufayli olingan noyob fotosezgirlikka egaligi hamda haroratning o'zgarishi jarayonida elektro'tkazuvchanlik gisterезisi yo'qligi kabi noyob ilmiy natijalardan «FOTON» AJ da tayyorlangan yarimo'tkazgich elektron namunalardan foydalanish uchun sinovdan o'tkazilgan ("O'zeltexsanoat" aktsiyadorlik kompaniyasining 2023-yil 18-sentyabrdagi №-04-3/1234-son ma'lumotnomasi). Keltirilgan ilmiy natijalardan foydalanish natijasida tajribaviy namunalardan elektron sxema tuzishda, harorat va yorug'likka sezgir elementlar ishlab chiqarishga tavsiya berilgan;

dissertatsiya doirasida ishlab chiqilgan texnologik rejimlar asosida radioaktiv va kimyoviy ishlov berilib, yod hamda $KMnO_4$ bilan legirlangan seluloza tolalaridan Namangan muhandislik-qurilish institutida bajarilgan OT-F2-70 raqamli "Kuchli elektromagnit maydondagi nano o'lchamli yarimo'tkazgich parametrlariga harorat, deformatsiya va yorug'lik ta'siri" mavzusidagi loyixaning ilmiy texnikaviy vazifalarini bajarishda, jumladan loyixa doirasida qizdiruvchi o'ta yuqori chastotali elektromagnit maydonda gomo va geterostrukturalar ilk marta olinib, ularning elektrofizik va fotoelektrik xossalarini o'rganishda qo'llanilgan (O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligining 2023-yil 25-dekabrdagi №-4/17-13/0-09-1142-son ma'lumotnomasi). Ilmiy natijalardan foydalanish ushbu materiallar asosida qizdiruvchi o'ta yuqori chastotali elektromagnit maydonda gomo va geterostrukturali noyob elektrofizik va fotoelektrik xossalariga ega bo'lgan materiallarni olish imkonini bergan.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Dissertatsiya ishining natijalari 9 ta, jumladan 6 ta xalqaro va 3 ta respublika ilmiy-amaliy anjumanlarida taqdim qilinib muhokamadan o'tkazilgan.

Tadqiqot natijalarining e'lon qilinishi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 15 ta ilmiy ish chop etilgan, O'zbekiston Respublikasi Oliy attestatsiya komissiyasining doktorlik dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish uchun tavsiya etilgan ilmiy nashrlarda 5 ta maqola, jumladan 3 tasi xorijiy va 2 tasi mahalliy jurnallarda nashr etilgan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya tarkibi kirish, to'rt bob, xulosa, e'lon qilingan ilmiy ishlar ro'yxati, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati, ilovalardan iborat. Dissertatsiyaning hajmi 106 betni tashkil etadi.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Kirish qismida dissertatsiya mavzusi bo'yicha turli tadqiqotchilar tomonidan olingan natijalar tahlili keltirilgan, dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zarurati asoslangan, tadqiqotning maqsad va vazifalari shakllantirilgan, ob'ekti va predmeti aniqlangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasida fan texnologiyalarni rivojlantirishning ustuvor yo'nalishlariga mosligi ko'rsatilgan, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari bayon qilingan, ularning ishonchliligi asoslangan, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati ochib berilgan, ishlanmalarni amaliyotga joriy qilish, ishning aprotatsiyasi natijalari, e'lon qilingan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi to'g'risida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“Tabiiy tolalarning fizik xossalari bo'yicha adabiyotlar sharxi”** deb nomlangan birinchi bobida bambuk va paxta tolalarining fizikaviy xossalari, kimyoviy tuzulishi va polimer material sifatida foydalanishning hozirgi holati tahlil etilgan. Mavjud nazariy va tajribaviy ma'lumotlar tahlili asosida tadqiqotning maqsadi va vazifalari shakllantirilgan.

Ishni bajarishda va tadqiqot vazifalarida belgilangan ilmiy izlanishlar quyidagilardan iborat: yod va $KMnO_4$ bilan legirlangan bambuk va paxta tolalarining fotoo'tkazuvchanligi va elektro'tkazuvchanlikni haroratga bog'liqligini aniqlash; yarimo'tkazgichli bambuk va paxta tolalarining fotoo'tkazuvchanlik spektrini aniqlash, diskret energetik sathlarni aniqlash va legirlovchi elementlarning fotoo'tkazuvchanlik spektriga ta'sirini aniqlash; paxta tolalarining fotoluminesensiya spektrini aniqlash;

Dissertatsiyaning **“Tadqiqotlar olib borish uchun namunalar tayyorlash texnologiyasi va o'lchash usullari”** deb nomlangan ikkinchi bobida tabiiy tolalardan namunalar tayyorlash, tabiiy paxta va bambuk tolalariga kimyoviy, radioaktiv va termik ishlov berish usullari, tabiiy tolalarning elektrofizik, fotoelektrik va optik xususiyatlarini tadqiq qilish metodlari va qurilmalar tavsifi bayon qilingan:

Tadqiqotlar o'tkazish uchun o'rta yoshdagi tabiiy sharoitda yetilgan bambuk poyasidan tola yo'nalishida ($4 \times 2 \times 0.8 \text{ mm}^3$) namuna tayyorlandi. Bambuk tolasidan (BT) tayyorlangan namuna 75°C distillangan suv bilan yuvildi. Yuvilgan namunalar xona haroratida 24 soat davomida quritildi. BT yod bilan legirlash uchun xona haroratida yodning 7% spirtidagi eritmasi bo'lgan vannada namunalar 15 min davomida shimdirildi. Yuzaga qoplanga yodni tolaga diffuziya qilish uchun $75\text{-}80^\circ\text{C}$ haroratli havo kamerasida tadqiqot vazifasiga qarqab turli vaqtlarda (1-8 soat)

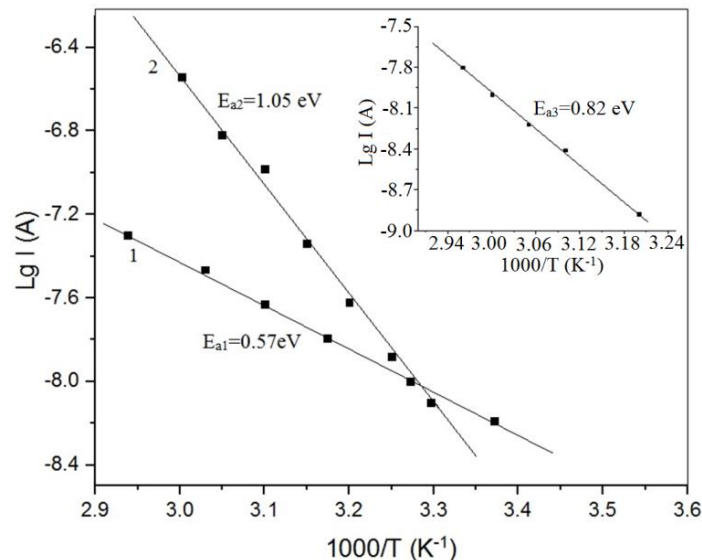
diffuziya qilindi. Bambuk tolasini KMnO_4 bilan legirlash uchun ham yuqoridagi jarayondan foydalanildi. KMnO_4 1.5% etalonda suvdagi eritmasidan foydalanildi.

Paxta tolasidan (PT) namuna tayyorlash ham deyarli yuqoridagi tartib va sharoitda amalga oshirildi. Faqat yuvishgacha bo'lgan jarayon farq qiladi. Dastavval, pishib yetilgan paxta chigitidan tolalar tekis jism ustida parallel yo'nalishda yotqizib olindi va maxsus taroq yodamida tola yo'nalishida taraldi. Parallel joylashgan tolalarning taxminiy soni 4500-5000 dona va uzunligi 4 mm bo'lgan holatda kesib olindi.

Paxta va bambuk tolalariga kimyoviy ishlov berildi ya'ni, mersefizatsiya qilindi. PT yuvilgandan so'ng 20% NaOH suvdagi eritmasi solingan vannada 18°C haroratda 2 minut davomida ushlab turildi. Vannadan chiqarilgandan so'ng kimyoviy bog' hosil qilmagan ortiqcha NaOH distillangan suv bilan to'liq yuvib tashlanadi va namunalar standart sharoitda quritiladi. Bu jarayon sellyuloza matritsasining ikkita barqaror bo'lmagan OH bog'idagi vodorodni siqib chiqarib H o'rnini Na egallaydi va jarayonda H_2O ajralib chiqadi. Ushbu hodisa sellyuloza tolasining tashqi tasirlarga barqarorligini va kiritma kiruvchanligini oshiradi. Bambuk tolasini sellyulozasining OH bog'i harakatchanligi juda past bo'lganligi uchun mersefizatsiya vaqti 5 minutga oshirilgan.

Yuvilgan paxta va bambuk tolalari turli vaqtlar davomida ya'ni, 1 minutdan 120 soatgacha bo'lgan vaqt oralig'ida 65.73 ren/s dozadagi $\gamma\text{-}^{60}\text{Co}$ nuranish manbai bilan radioaktiv ishlov berildi.

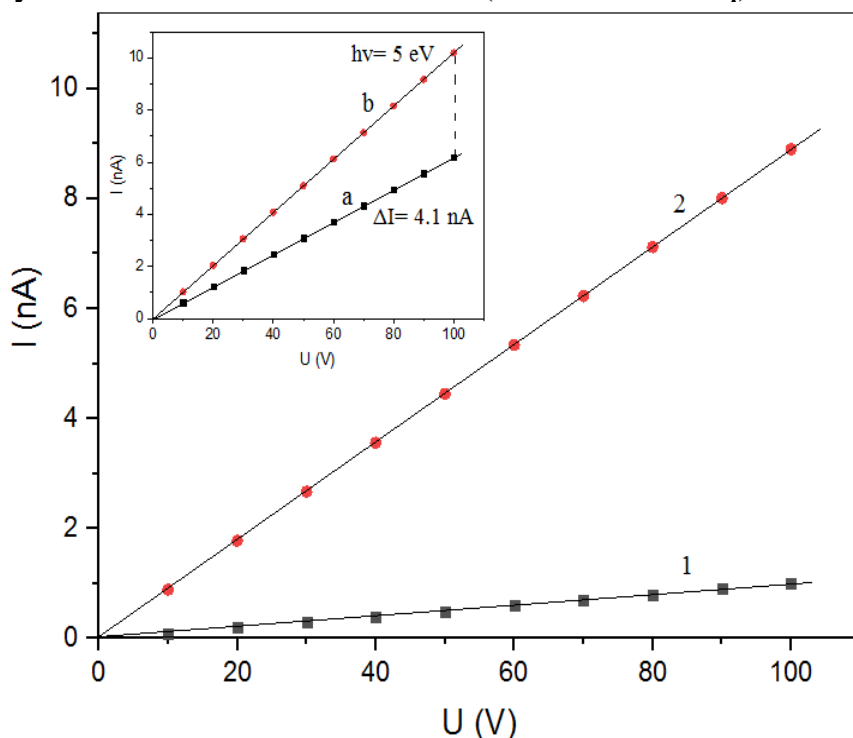
Dissertatsiyaning "**Bambuk tolalarining fizik xossalarini tadqiq qilish**" deb nomlangan uchinchi bobida ilgari tadqiq qilinmagan KMnO_4 va yod bilan legirlangan bambuk tolalarining fizikaviy xususiyatlarini o'rganish natijalari keltirilgan.



1-rasm. Yod bilan legirlangan (1), KMnO_4 bilan legirlangan (2) va legirlanmagan (ichki grafik) BT namunalaridan o'tayotgan elektr tokining haroratga bog'liqligi.

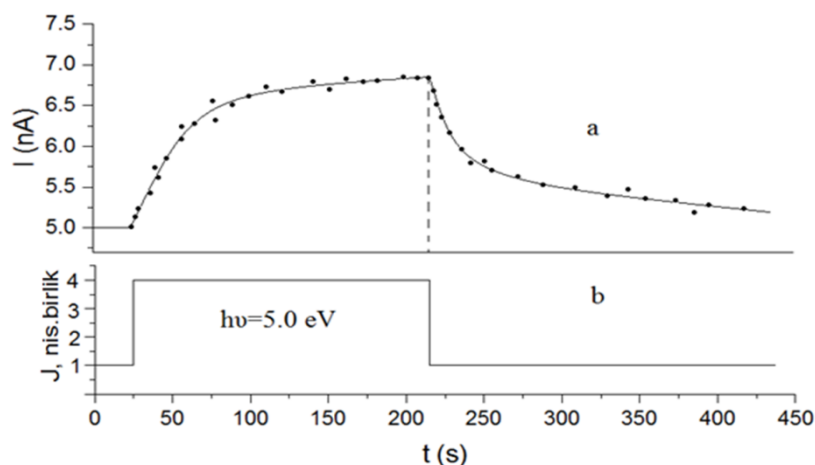
1-rasmda yod va KMnO_4 bilan legirlangan BT namunalariga doimiy $U=80 \text{ V}$ kuchlanish quyilganda o'tayotgan elektr tokining haroratga bog'liqligi keltirilgan (harorat diapazoni $20\text{-}80^\circ\text{C}$). Namunalar orqali o'tayotgan elektr toki harorat ortishi bilan eksponensial qonuniyat bo'yicha ortishi kuzatildi.

Arrhenius qonuniga asoslangan $10^3/T$ nisbatdagi harorat funksiyasi grafigining chiziqli qismidan olingan aktivatsiya energiyasi mos holda $E_{a1}=0,57$ eV, $E_{a2}=1.05$ eV, $E_{a3}=0.82$ eV ekanligi aniqlandi. Ushbu namunalarning volt-ampere xarakteristikalarini (VAX) tadqiq qilindi. Tadqiqotlar normal sharoitda, qorong'uda va $\lambda=254$ nm to'liq uzunlikdagi nur ostida olib borildi. Namunalarga kiritma kiritish orqali o'tkazuvchanlik oshganligi kuzatildi (2-rasm). Shuningdek, $KMnO_4$ bilan legirlangan BT $\lambda=254$ nm to'liq uzunlikdagi nur ostida statsionar holatga erishilgandan so'ng VAX olindi. Ultra binafsha (UB) nur bilan yoritilgan namunadan o'tayotgan tok $U=100$ V o'zgarish kuchlanishida 6.1 nA dan 10.2 nA gacha oshdi, ya'ni ichki fotoeffekt kuzatildi (2-rasm. b-chiziq).



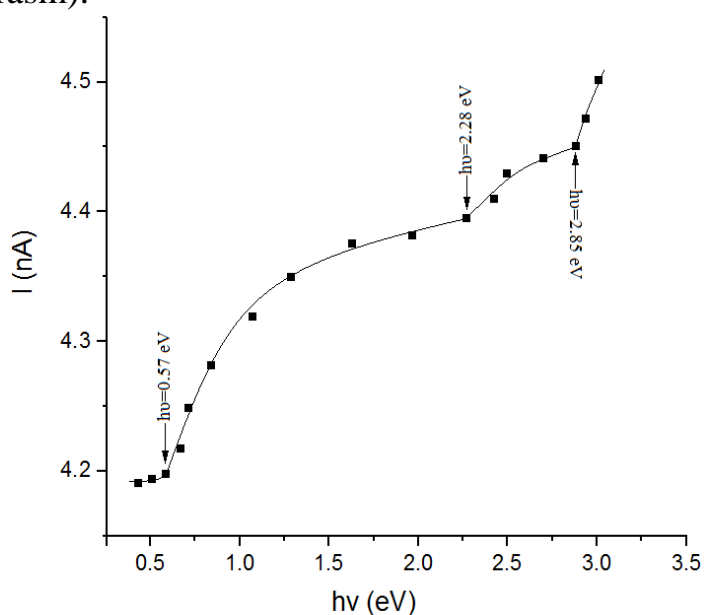
2-rasm. Legirlanmagan (1) va yod bilan legirlangan (2) shuningdek $KMnO_4$ bilan legirlangan (ichki rasm) BT, qorong'uda (a) va UB nur ($\lambda=254$ nm) ostida (b)

Yod bilan legirlangan BT fotoo'tkazuvchanlik kinetikasi tekshirildi (3-rasm). Ushbu tadqiqot shuni ko'rsatadiki, UB nur ($\lambda=254$ nm) bilan yoritilganda fototokning eksponensial o'sishi va UB nur o'chirilganda fotoo'tkazuvchanlikning uzoq muddatli relaksatsiyasi kuzatildi. Bunda ichki fotoeffekt hodisasi namayon bo'lganligi qayd qilindi. Fotoo'tkazuvchanlikning statsionar qiymatiga bir zumda erishilmaydi ya'ni, yarimo'tkazgichga yorug'lik ta'siri boshlanganidan keyin ma'lum vaqt o'tgach to'yinish qiymatiga erishiladi (3-rasm).



3-rasm. Xususiyy optik o‘tish bilan bog‘liq bo‘lgan, yod bilan legirlangan BT fotoo‘tkazuvchanlik kinetikasi

Yod bilan legirlangan BT fotoo‘tkazuvchanlik spektri (FO‘) (yorug‘lik spektri energiya diapazoni 0,26 eV dan 3,5 eV gacha) tadqiq qilindi (4-rasm). Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, namuna qorong‘ida uzoq vaqt (1.5 soat) ushlab turilgandan keyin yorug‘lik spektri $h\nu=0,57$ eV dan boshlab fotoo‘tkazuvchanlik sezilarliy darajada orta boshlagani kuzatildi. Foton energiyasi ortib borishi bilan maksimal $h\nu=2,28$ eV da kuzatildi va yorug‘lik nurining spektri taxminan $h\nu=2,85$ eV ga yetganda yana bir tok ortishi kuzatildi. Ushbu FO‘ spektrini BT taqiqlangan zona oralig‘ining yuqori yarmida chuqur donor sathi mavjudligi bilan tushuntirish mumkin (4 va 5-rasm).



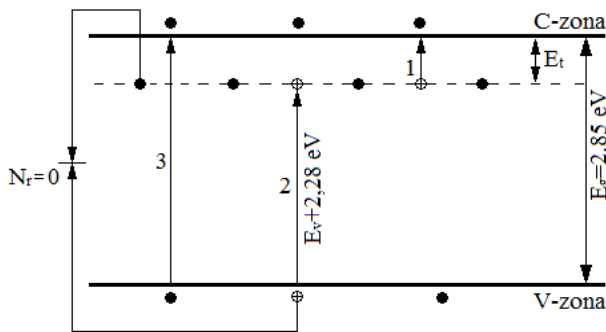
4-rasm. Yod bilan legirlangan BT fotoo‘tkazuvchanlik spektri

qilgan taqdirdagina amalga oshadi. Yod taqiqlangan zona oralig‘ining yuqori yarmida chuqur donor sath hosil qiladi deb faraz qilsak, FO‘ spektrining boshlanishi ($h\nu=0,57$ eV) BT tarkibidagi yodning ionlanish energiyasi, taqiqlangan zona kengligida $E_c-0,57$ eV chuqur sathni hosil qilganligi bilan bog‘liq. Agar yod bilan legirlangan BT n-tipli o‘tkazuvchanlikka ega ekanligini hisobga olsak, u holda

Bu shuni ko‘rsatadiki, ushbu BT namunasining fotoo‘tkazuvchanligi asosan zonalararo va zonalar orasidagi energetik sathlarda elektron-teshik juftligini hosil qilish jarayoni bilan bog‘liq. Agar yarimo‘tkazgichlarning klassik zonalar modelidan foydalansak, BT uchun yuqoridagi fotoo‘tkazuvchanlikni quyidagicha tushuntirish mumkin. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, BT namunasini yod bilan legirlash fotosezgirlikni oshiradi. Bu faqat yod BT namunasining taqiqlangan zona oralig‘ida chuqur sath hosil

$E_t = E_c - 0,57$ eV bo'lgan sath, taqiqlangan zona kengligining yuqori yarmida joylashgan deb taxmin qilish mumkin. FO' spektri tahlili $E_t = E_c - 0,57$ eV bo'lgan sath donorlik xususiyatiga ega ekanligini ko'rsatadi. $0,57 \leq h\nu \leq 2,28$ eV sohasida FO' monoton o'sishi elektronlarning E_t sathidan C-zonasiga o'tishi bilan bog'liq (5-rasm 1-o'tish). Fotoo'tkazuvchanlikning $h\nu \geq 2,28$ eV dan boshlab yana o'sishi elektronlarning V-zonadan E_t sathga o'tishi bilan bog'liq (2-o'tish). Fototokning $h\nu = 2.85$ eV dan boshlanadigan o'sishi elektronlarning V-zonadan to'g'ridan to'g'ri C-zonaga o'tishi bilan bog'liq (3-o'tish). Olingan natijalarni chuqur sath mavjud bo'lgan kremniyning umumiy qabul qilingan ma'lumotlar bilan solishtirganda, BT optik taqiqlangan zona kengligining qiymati $E_g = 0,57 + 2,28 = 2.85$ eV ga teng ekanligi kelib chiqadi (ushbu qiymat BT spektrofotometrik analiz taxlili bilan ham tasdiqlangan 9-rasm).

Texnologik nuqtai nazardan legirlangan BT UB va ko'rinadigan nur diapazonini qayd qiladigan fotodetektor ekanligini ko'rsatadi. Legirlanmagan BT namunalarining o'tkazuvchanlik qiymatlari juda past bo'lgan va UB nur ta'sirida juda kam miqdorda fotosezgirlik kuzatilgan.

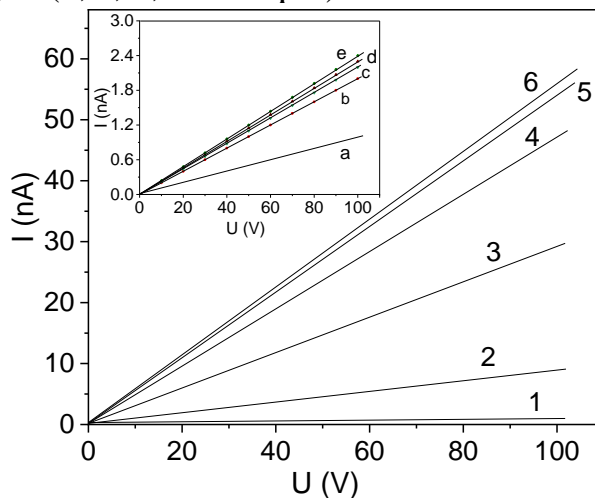


5-rasm. Yod bilan legirlangan BT zona diagrammasi

Yod bilan legirlangan BT namunasida fotoo'tkazuvchanlikning nomoyon bo'lishi, yod molekullari va polimer zanjiri o'rtasida fotoinduksiyalangan zaryad almashinuvi bilan izohlanadi.

6-rasmda 65,73 ren/s miqdordagi nurlanish manbaiga ega bo'lgan γ - ^{60}Co nurlanish manbai bilan $1,2 \cdot 10^6$ ren, $2,8 \cdot 10^6$ ren, $5,7 \cdot 10^6$ ren, $28,4 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan BT

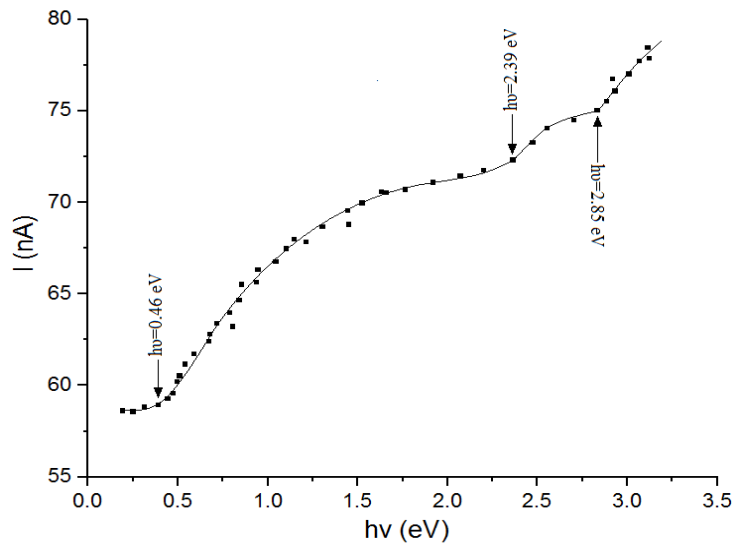
namunalarining VAX ko'rsatilgan. Barcha namunalarning geometrik o'lchami va massasi bir xil. Sof BT namunasi (a chiziq), legirlanmagan faqat γ - ^{60}Co nurlanish manbasi bilan mos ravishda $1,2 \cdot 10^6$ ren, $2,8 \cdot 10^6$ ren, $5,7 \cdot 10^6$ ren, $28,4 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan (b, c, d, e chiziq) namunalari bilan solishtirilgan.



6-rasm. γ - ^{60}Co nurlanish manbasi bilan ishlov berilgan BT VAX

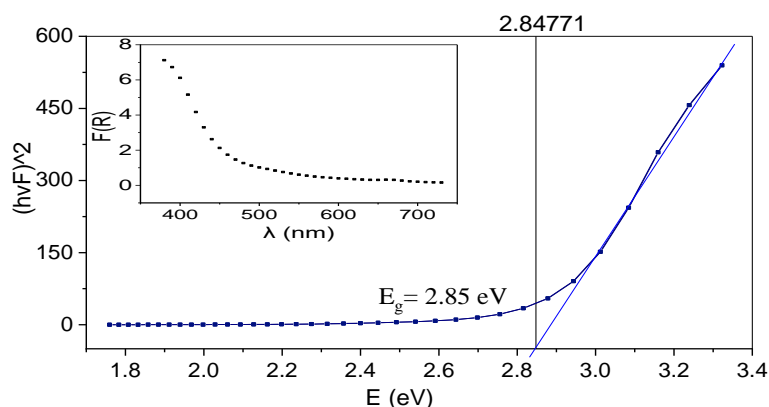
Natijalarga ko‘ra, γ -nur bilan ishlov berilgan namunalarning o‘tkazuvchanligi, nur dozasi ortishi tartibida kam miqdorda ortgan. Birinchi 5 soatlik nurlanish dozasidan keyingi dozlarda yuqori sezilarliy darajada ortmaganligi kuzatildi. Ammo turli dozalarda γ -nur bilan ishlov berilgan va yod bilan legirlangan namunalarda buning aksi kuzatildi. 6-rasmda ishlov berilmagan (1-a), yod bilan legirlangan (2) va mos ravishda γ - ^{60}Co nurlanish manbasi bilan $1,2 \cdot 10^6$ ren, $2,8 \cdot 10^6$ ren, $5,7 \cdot 10^6$ ren, $28,4 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan hamda yod bilan legirlangan (3), (4), (5), (6) chiziqlar. Natijalarga ko‘ra, faqat yod bilan legirlangan namunadan o‘tayotgan tok 100 V kuchlanishda $I=8,9$ nA ni tashkil qilgan va radiaktiv ishlov berilgan namunalarda esa nurlantirish dozasiga bog‘liq holda $I=56$ nA gacha tok o‘tganligi kuzatildi.

γ -nur bilan ishlov berilgan va yod bilan legirlangan BT FO‘ spektri o‘rganildi. Tajribalar shuni ko‘rsatadiki, FO‘ uzun to‘lqin chegarasi $h\nu=0,46$ eV da joylashgan bo‘lib, bu elektr o‘tkazuvchanligining haroratga bog‘liqligidan olingan ionlanish energiyasiga yaxshi mos keladi. Fototok $h\nu=2,39$ eV spektrda ham ma‘lum miqdorda ortganligi namunada ikkilamchi optik o‘tish kuzatilganligini tasdiqlaydi. $h\nu=2,85$ eV da esa keskin ortganligi kuzatildi. BT tarkibidagi yod $E_t=E_c-0,46$ eV chuqur donor sathni hosil qiladi va BT taqiqlangan zona energiya miqdori $E_g=0,46+2,39=2,85$ eV ga teng ekanligini tasdiqlaydi (7-rasm).



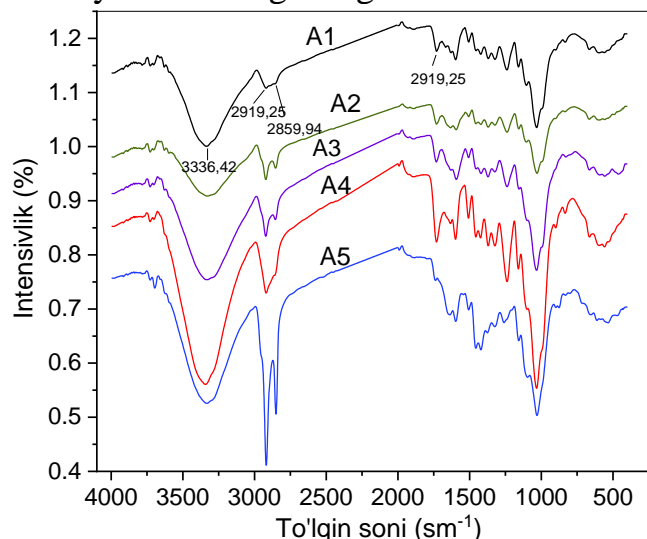
7-rasm. γ -nur bilan ishlov berilgan va yod bilan legirlangan BT fotoo‘tkazuvchanlik spektri

BT taqiqlangan zona kengligi miqdorini spektrofotometrik analiz orqali aniqlandi. Zonalararo o‘tish energiyasining qiymatini olish uchun to‘g‘ridan to‘g‘ri optik o‘tishlar koordinatalarida Kubelka-Munk va Tauc yondashuvlari yordamida aniqlangan yutilishning spektral bog‘liqligidan foydalanildi (8-rasm). Sof BT uchun $h\nu-(F(R)h\nu)^2$ bog‘liqligini ekstrapolyatsiya qilish orqali topilgan taqiqlangan zona qiymati $E_g \approx 2,85$ eV ga teng ekanligi aniqlandi. Bu esa BT tolalarining yarim o‘tkazgich xossasiga egaligidan hamda uning ko‘rinadigan nur sohasida fotokatalitik faollikni namoyon qilish bo‘yicha yuqori potensialga ega ekanligini ko‘rsatadi.



8-rasm. Legirlanmagan sof BT uchun $F(R)$ ning to'liq uzunligi (ichki rasm) va Tauc egri chiziqlariga (b) spektral bog'liqligi

BT namunalarining tuzilishi o'rganish uchun IQ spektroskopiya usulidan foydalanildi (9-rasm). A1 namuna sof BT, A2 namuna γ - ^{60}Co -nuranish manbai bilan $28,4 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan BT, A3 namuna γ - ^{60}Co -nuranish manbai bilan $1,2 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan BT, A4 namuna NaOH bilan kimyoviy ishlov berilgan BT, A5 namuna yod bilan legirlangan BT.



9-rasm. BT IQ spektroskopiya natijalari

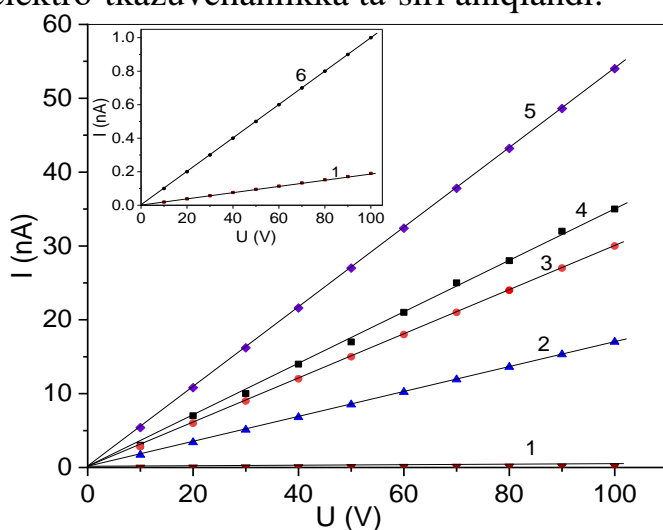
9-rasmda BT namunalarining IQ spektroskopiya natijalari keltirilgan. NaOH bilan kimyoviy ishlov berilgan BT A4 namunasini A1 namunaga nisbatan tahlil qilinganda OH guruhining yutulish chiziqlari $3336,42 \text{ cm}^{-1}$, CH=CH guruhining yutulish chiziqlari $2919,25 \text{ cm}^{-1}$, CH₂-guruhining yutulish chiziqlari $2859,94 \text{ cm}^{-1}$, C=O guruhining yutulish chiziqlari $1730,55 \text{ cm}^{-1}$ nomoyon bo'ldi. A4 va A1 namunalarining yutulish spektrlari solishtirilganda deyarli o'zgarish qayd qilinmagan (9-rasm). Natijaga ko'ra BT NaOH bilan deyarli kimyoviy bog' hosil qilmagan. Buning sababi BT tarkibidagi OH guruhida kislota xossasi yo'qligi uchun deyarli kimyoviy jarayon ketmagan deb xulosa qilish mumkin.

Yod (I₂) bilan legirlangan BT A5 namunasini sof A1 namunaga nisbatan IQ spektroskopiya natijalari tahlil qilinganda quydagi o'zgarishlar kuzatildi. OH guruhi $3336,42 \text{ cm}^{-1}$ dan $3334,87 \text{ cm}^{-1}$ ga, CH=CH guruhi $2919,25 \text{ cm}^{-1}$ dan $2918,35 \text{ cm}^{-1}$ ga, CH₂ guruhi $2859,94 \text{ cm}^{-1}$ dan $2850,59 \text{ cm}^{-1}$ ga, C=O guruhi $1730,55 \text{ cm}^{-1}$ dan $1737,96 \text{ cm}^{-1}$ ga o'zgardi, hamda I₂ ga tegishli yutulish chiziqlari $470,77 \text{ cm}^{-1}$ barmoq

izi sohasida kuzatildi. Shuni qo‘shimcha qilib aytish mumkinki barmoq izi sohasida yaqqol o‘zgarish kuzatilgan. BT yod bilan qisman ion, qisman kovalent va deformatsion bog‘lar bilan o‘zaro bog‘langan.

BT γ - ^{60}Co nurlanish manbaida $1.2 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan A3 namunasining sof A1 namunasiga nisbatan IQ spektroskopiya natijalari tahlil qilinganda OH guruhi $3336,42 \text{ sm}^{-1}$ dan $3333,6 \text{ sm}^{-1}$ ga, CH=CH guruhi $2919,25 \text{ sm}^{-1}$ dan $2921,82 \text{ sm}^{-1}$ ga, CH_2 guruhi $2859,94 \text{ sm}^{-1}$ dan $2854,98 \text{ sm}^{-1}$ ga, C=O guruhi $1730,55 \text{ sm}^{-1}$ dan $1731,98 \text{ sm}^{-1}$ sohaga surulgani kuzatildi. γ - ^{60}Co nurlanish manbaida $28.4 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan A2 namunada esa quydagi natijalar qayd qilindi. OH guruhining yutilish chiziqlari $3336,42 \text{ sm}^{-1}$ dan $3325,37 \text{ sm}^{-1}$ ga, CH=CH guruhi $2919,25 \text{ sm}^{-1}$ dan $2921,45 \text{ sm}^{-1}$ ga, CH_2 guruhi $2859,94 \text{ sm}^{-1}$ dan $2853,3 \text{ sm}^{-1}$ ga, C=O guruhi $1730,55 \text{ sm}^{-1}$ dan $1730,98 \text{ sm}^{-1}$ sohaga surulgani kuzatildi. Shuningdek A2 va A3 namunalarda barmoq izi sohasida o‘zgarish kuzatilmagan. Xulosa o‘rnida shuni aytish mumkinki, BT γ - ^{60}Co nurlanish manbai bilan ishlov berilganda yutilish chiziqlari surilishi inobatga olgan holda molekulyar deformatsiyaga uchragan (ya’ni nuqsonlar hosil bo‘lgan).

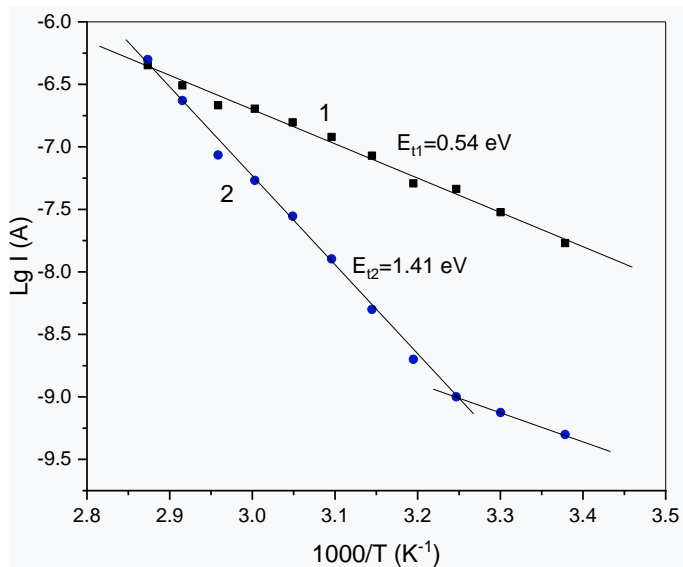
Dissertatsiyaning **“Paxta tolalarining elektrofizik va optik xossalarini tadqiq qilish”** deb nomlangan to‘rtinchi bobida yod va KMnO_4 bilan legirlangan “Komolot-79” va “Xorazm-150” navliy PT fizikaviy xossalarini tadqiq qilish natijalar keltirilgan. KMnO_4 va yod bilan legirlagan “Xorazm-150” navliy PT VAX, shuningdek KMnO_4 bilan legirlagan “Xorazm-150” navliy PT legirlash vaqtining elektro‘tkazuvchanlikka ta’siri aniqlandi.



10-rasm. “Xorazm-150” navli paxta tolalarining legirlanmagan (1) va KMnO_4 bilan turli vaqtlarda legirlangan (2,3 va 4) namunalarining VAX. t, soat: 2-1.0; 3-3.0; 4-6.0, UB nur ostida (5), shuningdek yod bilan legirlangan (6) $T=297 \text{ K}$

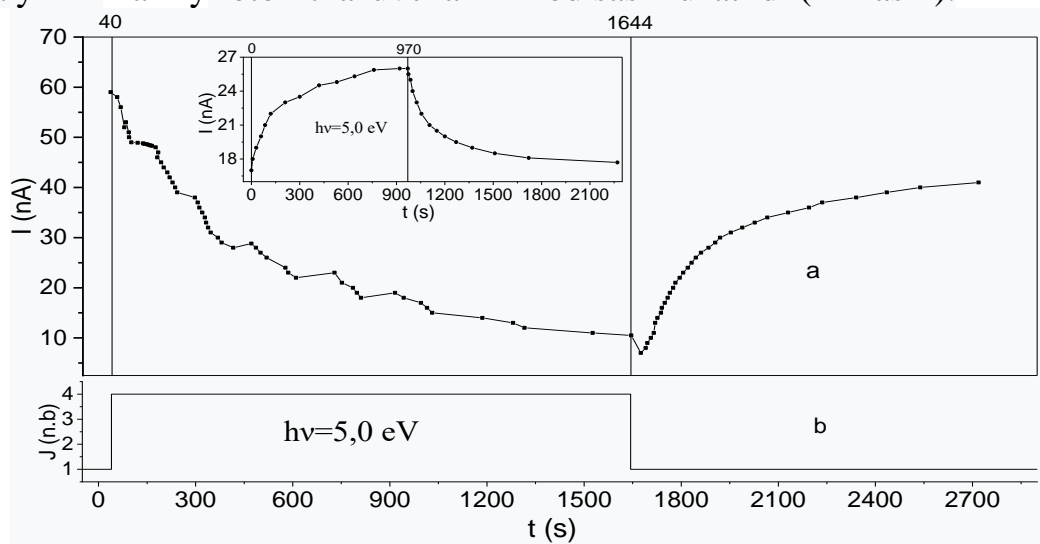
borganligi kuzatildi. Ushbu hodisa suqulma kirishma moddalar diffuziyasi jarayoniga misol bo‘la oladi. Bu qattiq jisimlardagi diffuziya jarayonining eng sodda va yorqin misolidir. KMnO_4 bilan 6 soat davomida legirlangan “Xorazm-150” navliy PT $h\nu=5 \text{ eV}$ nur ostida olingan VAX kuzatildi (10-rasm 5-chiziq).

Legirlanmagan namunaga kuchlanish berganimizda xususiy o‘tkazuvchanlik xisobiga juda kichik miqdorda tok o‘tganligi (100 kuchlanishda 0,15 nA) (10-rasm 1-chiziq). Diffuziya yo‘li bilan namunaga kiritma kiritish orqali boshlang‘ich o‘tkazuvchanlikga nisbatan yo‘qori tok oqimiga erishildi. Legirlash vaqtiga bog‘liq holda toladan o‘tayotgan tok sezilarli oshganligi kuzatildi (10-rasm 2,3,4-chiziq). Quydagi 10-rasmdan ko‘rishimiz mumkinki, diffuziya vaqtini 1, 3, va 6 soat tartibda oshirish orqali namunaning elektro‘tkazuvchanligi ham chiziqiy bo‘lmagan ma’lum bir qonuniyat bo‘yicha oshib



11-rasm. KMnO_4 bilan legirlangan (1) va yod bilan legirlangan (2) “Xorazm-150” navliy PT elektro‘tkazuvchanligining haroratga bog‘liqligi.

o‘rganildi. Natijalarga ko‘ra, UB nur ($\lambda=254$ nm) bilan yoritilganda KMnO_4 bilan legirlangan namunada fototokning eksponensial o‘shishi va UB nur o‘chirilganda fotoo‘tkazuvchanlikning uzoq muddatli relaksatsiyasi kuzatildi va bu taxminan 23 minut davom etdi (12-ichki-rasm). Yod bilan legirlangan “Xorazm-150” navli PT namunasida esa yarimo‘tkazgich materiallarda kamdan kam uchraydigan noyob hodisa ya’ni manfiy fotoo‘tkazuvchanlik hodisasi kuzatildi (12-rasm).



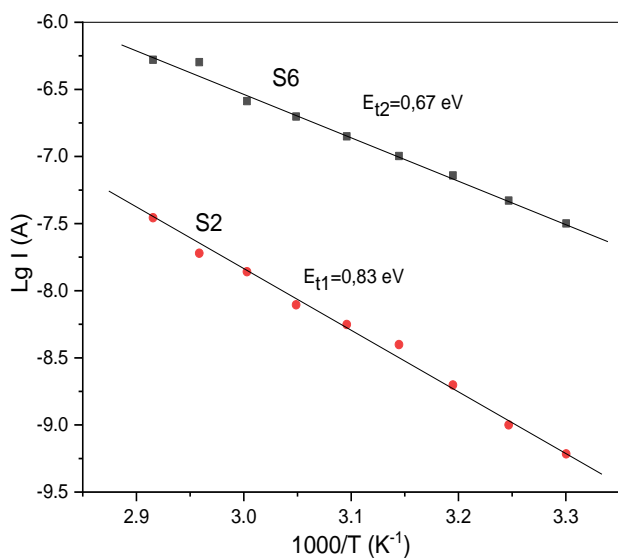
12-rasm. Yod bilan legirlangan “Xorazm-150” navli PT namunasining FO‘ kinetikasi (ichki rasm KMnO_4 bilan legirlangan). $h\nu = 5,0$ eV, $T=300$ K

γ - ^{60}Co nuranish manbai bilan $1,2 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan va yod bilan legirlangan “Komolot-79” navli PT S6 namunasi, shuningdek solishtirish maqsadida faqat yod bilan legirlangan PT S2 namunalarida elektr o‘tkazuvchanligining haroratga bog‘liqliklari o‘rganildi (13-rasm). $+20 \div 80^\circ\text{C}$ harorat diapazonida elektr toki mos ravishda S2 uchun 0,83 eV, S6 uchun 0,67 eV aktivlanish energiyasi bilan eksponensial o‘sadi.

“Xorazm-150” navliy PT elektro‘tkazuvchanlikni haroratga bog‘liqligi o‘rganildi. 11-rasmda yod va KMnO_4 legirlangan “Xorazm-150” navliy PT orqali o‘tgan elektr tokining haroratga bog‘liqligi natijalari keltirilgan. Natijalarga ko‘ra, KMnO_4 bilan legirlangan namunada $E_{t1}=0.54$ eV va yod bilan legirlangan namunada $E_{t2}=1,41$ eV aktivlanish energiyasi bilan eksponensial ravishda ortgan.

Yod va KMnO_4 bilan legirlangan “Xorazm-150” navli PT namunalarida fotoo‘tkazuvchanlik kinetikasi

γ - ^{60}Co -nurlanish manbai bilan $1,2 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan va yod bilan legirlangan PT fotoo‘tkazuvchanlik spektri o‘rganildi (14-rasm). Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, namuna qorong‘ida uzoq vaqt (1,5 soat) ushlab turilgandan keyin yorug‘lik spektri $h\nu=0,68$ eV dan boshlab fotoo‘tkazuvchanlik sezilarliy darajada

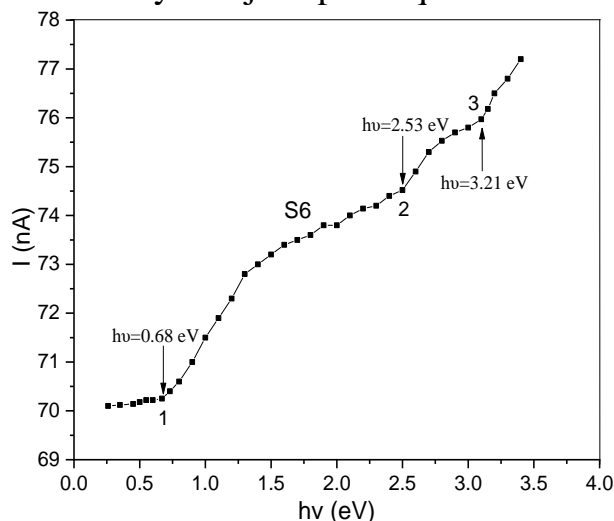


13-rasm. Yod bilan legirlangan va γ -nur bilan ishlov berilgan PT tok oqimining haroratga bog‘liqligi.

orta boshlagani kuzatildi. Foton energiyasi ortib borishi bilan maksimal $h\nu=2,53$ eV da kuzatildi va yorug‘lik nurining spektri taxminan $h\nu=3,21$ eV ga yetganda yana bir tok oshishi kuzatildi. Ushbu FO‘ spektrini PT taqiqlangan zona oralig‘ining yuqori yarmida chuqur donor sathi mavjudligi bilan tushuntirish mumkin.

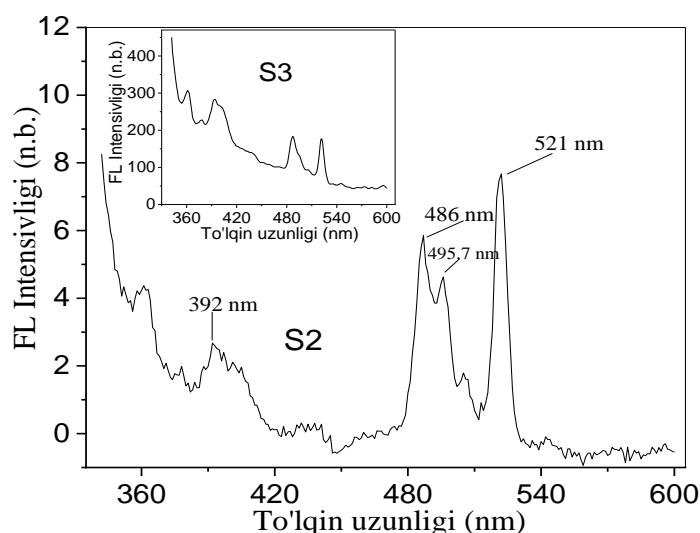
15-rasmda yod bilan legirlangan S2 va sof S3 “Komolot-79” navli PT namunalarining barqaror holatdagi fotolyuminessensiya (FL) spektrlari ko‘rsatilgan. S2 namunaning FL spektri taxminan 341 dan 532 nm gacha bo‘lgan spektral diapazonni va 392, 486, 521 nm bo‘lgan asosiy

maksimumlarni qamrab oldi. Ammo S2 namunaning umumiy emissiya intensivligi S3 namunaga nisbatan sezilarliy darajada pastroq.



14-rasm 5 soat γ - ^{60}Co -nurlanish manbai bilan nurlantirilgandan keyin yod bilan legirlangan “Komolot-79” navli PT fotoo‘tkazuvchanlik spektri

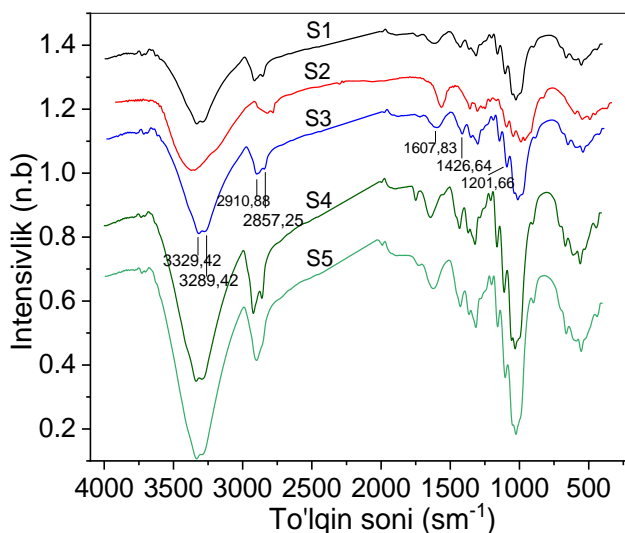
S3 namunasi uchun 394.7, 488, 523 nm markazida joylashgan nisbatan tor FL maksimumlari kuzatiladi. Ikkala namuna uchun ham barcha maksimumlar pozitsiyasi deyarli o‘xshash bo‘lsada, FL spektrlarining soni, intensivligi va shaklida sezilarli farqlar mavjud.



15-rasm. 340 nm to‘lqin uzunlikdagi nur bilan uyg‘otilgan sof S3 va yod bilan legirlangan S2 PT namunalarining FL spektrlari

Buni quyidagicha tushuntirish mumkin: PT meriserizatsiya qilinib yod bilan legirlanganda strukturaviy tuzilishiga ta‘sir qiladi va PT konformatsion nuqsonlari ortadi. Shuningdek, PT zanjirining tartibi kamayadi va amorf hududning ko‘payishiga olib keladi. S2 namunasida 495,7 nm qo‘shimcha maksimumning ko‘rinishi bu ko‘rsatkichni tasdiqlaydi.

Kimyoviy, radiaktiv va termik ishlov berilgan “Komolot-79” navli PT namunalarining strukturasi o‘rganish uchun IQ spektroskopiya usuli yordamida tuzilishi o‘rganildi (16-rasm).



16-rasm. Kimyoviy, radiaktiv va termik ishlov berilgan “Komolot-79” navli PT IQ spektroskopiya natijalari

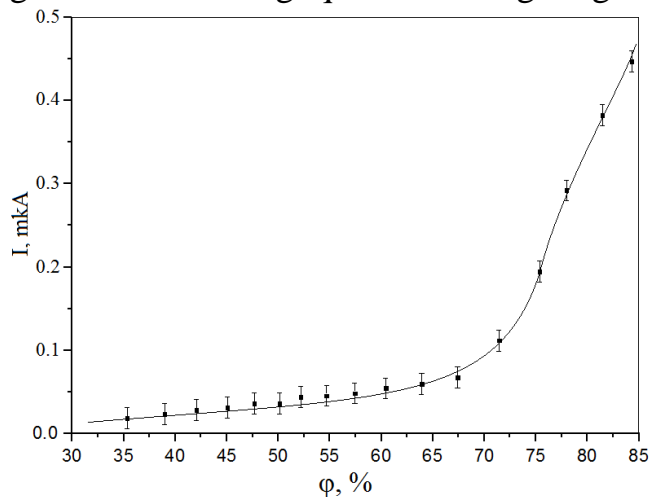
guruhining assimetrik deformatsion tebranishi yutilish chiziqlari 1426,64 cm^{-1} , C–OH guruhining valent tebranishi 1201,66 cm^{-1} sohada yutilish chiziqlari mavjudligi kuzatildi (S3 namuna). $\gamma\text{-}^{60}\text{Co}$ nurlanish manbaida 1,2·10⁶ ren miqdorda nurlantirilgan PT namunasini IQ spektroskopiya yordamida tahlil qilinganda sof namunasiga nisbatan yutilish chiziqlarida deyarli o‘zgarish kuzatilmadi (S1 va S3

S1 namuna $\gamma\text{-}^{60}\text{Co}$ -nuranish manbai bilan 1,2·10⁶ ren miqdorda nurlantirilgan PT, S2 namuna yod bilan legirlangan PT, S3 namuna sof PT, S4 namuna meriserizatsiya qilingan PT, S5 namuna $\gamma\text{-}^{60}\text{Co}$ -nuranish manbai bilan 28,4·10⁶ ren miqdorda nurlantirilgan PT. Sof PT tahlil qilinganda sellyuloza molekulasidagi OH-guruhiga tegishli valent tebranish yutilish chiziqlari 3329,42 sm^{-1} va 3289,42 sm^{-1} , CH₂-guruhining valent tebranish chiziqlari 2910,88 sm^{-1} va 2857,25 sm^{-1} , C=O guruhining valent tebranish yutilish chiziqlari 1607,83 sm^{-1} , CH₂-

namunalar). Ammo γ - ^{60}Co nurlanish manbaida $28,4 \cdot 10^6$ ren miqdorda nurlantirilgan PT namunasini IQ spektroskopiya natijalarida quyidagicha o'zgarish kuzatildi. OH guruhining valent tebranishi $3329,42 \text{ sm}^{-1}$ dan $3332,96 \text{ sm}^{-1}$ ga yuqori intensivlikda yutilish chiziqlari surilganligi kuzatildi (S5 namuna). Sellyuloza tarkibidan CH_2 -guruhining $2910,8 \text{ sm}^{-1}$ va $2857,25 \text{ sm}^{-1}$ sohadagi yutilish chiziqlari $2898,56 \text{ sm}^{-1}$ sohaga siljiganligi kuzatildi. Sellyuloza tarkibidagi $\text{C}=\text{O}$ guruhining yutilish chiziqlari $1607,83 \text{ sm}^{-1}$ dan $1621,87 \text{ sm}^{-1}$ sohaga siljigan.

S1 va S5 namunalarda barmoq izi sohada o'zgarish kuzatilmagan, radioaktiv nur ta'siri ortib borish hisobiga molekulyar deformatsiyaga uchragan (ya'ni nuqsonlar hosil bo'lgan). Yuqoridagilarga qo'shimcha ravishda mersilizatsiya qilingan PT S4 namunaning IQ spektroskopiya natijalariga ko'ra 2 va 3 uglerod atomidagi OH guruhining H harakatchanligi kamaytirish maqsadida NaOH bilan ishlov berilganda H bilan Na almashinadi va $439,56 \text{ sm}^{-1}$ sohada yutilish chiziqlari kuzatildi. Termik ishlov berish orqali yodning 7% spirtidagi eritmasi bilan legirlangan PT S2 namunasining IQ spektroskopiya natijalari quyidagicha tahlil qilindi. Sellyuloza tarkibidagi OH- guruhining valent tebranishi $3329,42 \text{ sm}^{-1}$ va $3289,44 \text{ sm}^{-1}$ dan $3446,49 \text{ sm}^{-1}$ sohaga surilgan, CH_2 – guruhining valent tebranishi $2910,88 \text{ sm}^{-1}$ va $2857,25 \text{ sm}^{-1}$ dan $2896,04 \text{ sm}^{-1}$ va $2855,57 \text{ sm}^{-1}$ sohaga surilgan, $\text{C}=\text{O}$ guruhining valent tebranishi $1607,83 \text{ sm}^{-1}$ dan $1635,88 \text{ sm}^{-1}$ sohaga surilgan va barmoq izi sohada o'zgarish kuzatilgan ya'ni, I_2 o'zaro qisman ion, qisman kovalent va deformatsion bog'lar bilan bog'langan.

Tabiiy tolalar asosida tavsiya qilingan datchiklar. Namlik datchigi: Taklif etilgan namlik datchigi qurilmalarning sezgirligini oshirish, shuningdek, strukturani



17-rasm. Yod bilan legirlangan bambuk tolasi namunasida elektr o'tkazuvchanligining nisbiy namlikka bog'liqligi

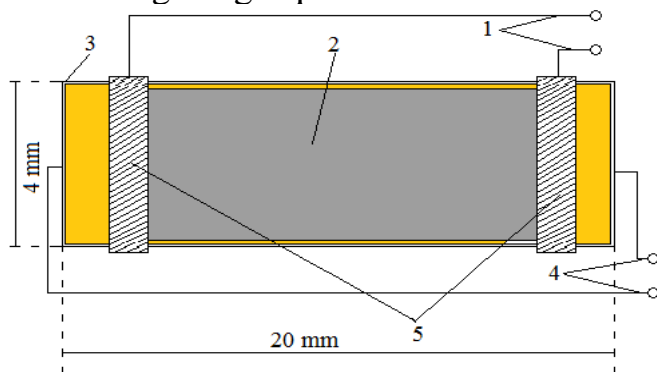
sezgirligining pastga siljishiga olib keladi. Shu bilan birga, tolaning elektr o'tkazuvchanligi namlikning 1% ga oshishi bilan ham ortishni boshlaydi. BT asosida namlik datchigi ishlab chiqarish texnologiyasi taklif qilindi (18-rasm). Sensor namlikni o'lchashdan oldin quruq bo'lishi kerakligi sababli, sensor bazasini kerakli haroratgacha qizdirish mumkin. Buning uchun sensorning asos materiali sifatida $20 \times 4 \times 1 \text{ mm}$ bo'lgan keramik taglik tanlangan. BT oldindan quritish uchun keramik asosga isitish elementi o'rnatiladi, u orqali elektr toki o'tganda, element qiziy

soddalashtirish va sensor uchun sarflanadigan harajatlarni pasaytirish vazifasiga asoslangan. Ushbu vazifaga BT namlikni sezuvchi element sifatida ishlatilishi, suyuq shisha va grafit kukuni aralashmasiga asoslangan elektr o'tkazuvchan yelim asosida omik kontakt olish bilan erishildi. O'rganishlarga ko'ra nisbiy namlikning ortishi bilan BT elektro'tkazuvchanligi

17-rasmda ko'rsatilgan qonuniyat bilan ortadi va tolaning namlikka nisbatan

boshlaydi va shu bilan keramik asos hamda BT isitiladi. Isitish tizimi qalin qatlamli texnologiya asosida yasaldi, ya'ni, silikat shishaga RuO₂ legirlash orqali tayyorlandi. Namlikni o'lchash vaqtida haroratni aniqlash uchun kremniy asosidagi diod haroratga sezgir element sifatida tanlangan. Ushbu versiyada indikator shkalasining maxsus moslashtirishga (kalibrlash) ehtiyoj yo'q. Namlik o'lchagich havo namligini o'lchagich sifatida ishlatiladi, uni havo namligining miqdoriy o'lchamini nazorat qilish zarur bo'lgan turli sistemalarga moslash mumkin; Texnik xususiyatlari: Nisbiy namlikni +5 dan +40°C gacha harorat oralig'ida o'lchash diapazoni 20 dan 100 % gacha.

Haroratga bog'liq holda namlikni o'lchash xatosi, %: ±2 dan ±5 gacha.



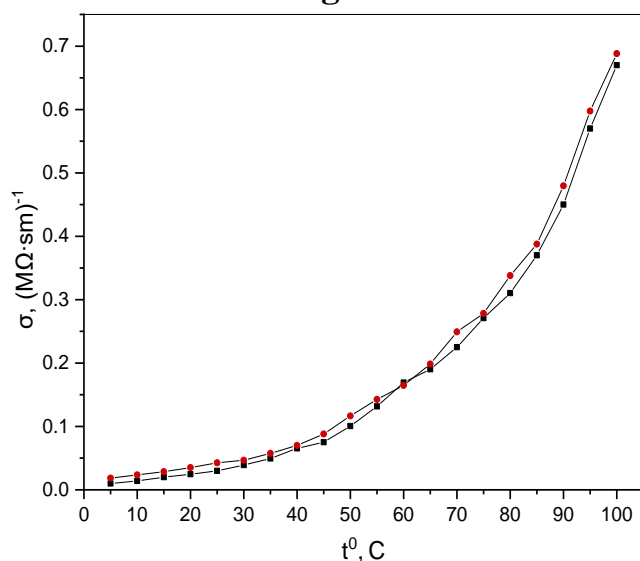
18-rasm. BT asosidagi nisbiy namlik datchigi 1 - datchikning chiqish kontaktlari, 2 - bambuk tolalar, 3 – keramik asos, 4 – isitish tizimi kirish kontaktlari, 5 – tok o'tkazuvchi yelim.

Shunday qilib, bambuk tolalaridan namlik o'lchagich datchik sifatida foydalanish har xil harorat sharoitida atrof-muhit namligini o'lchashga qodir bo'lgan turli maqsadlar uchun nisbiy namlik o'lchagichlarni ishlab chiqarish texnologiyasini sezilarli darajada soddalashtirishi mumkin.

Bambuk va paxta tolalarining fotoelektrik xossalari o'rganish

natijalariga ko'ra, yorug'lik o'chirilganda fotoo'tkazuvchanlik kamayishi bambuk tolalarida paxta tolalariga karaganda bir necha marta tezroq ekanligi kuzatildi. Bu bambuk tolalari asosida fotoqabulqilgichlar yaratishda ustunligini ko'rsatadi.

Xarorat datchigi: 0-100°C harorat intervalida "Xorazm-150" navli PT



20-rasm. KMnO₄ bilan legirlangan "Xorazm-150" navli PT namunasida elektr o'tkazuvchanligining haroratga bog'liqligi.

namunalarini bir necha marta "qizdirish-sovutish" jarayonida elektro'tkazuvchanlik gisterезisi yo'q ekanligi qayd qilindi (20-rasm) va bu "Xorazm-150" navli PT asosida harorat o'lchash datchigini yaratish imkonini beradi.

Ushbu natijaga ko'ra passiv hamda aktiv elementlarni o'z ichiga olgan "Aqlli kiyim texnologiyasi" (Smart Clothing Technology) to'qimachilik sxemasini amalga oshirish imkoniyatini ko'rsatadi. Bu kelajakda elektronika va to'qimachilik o'rtasida integratsiyaga yo'l ochadi.

XULOSA

1. 80 °C o'zgarmas havo kamerasida yod bilan legirlangan bambuk tolalari va "Komolot-79" navli paxta tolalaridan 80 V o'zgarmas kuchlanishda o'tayotgan tok harorat ortishi bilan eksponensial qonun bo'yicha ortdi va aktivatsiya energiyalari mos ravishda $E_{t1}=E_c-0,57$ eV va $E_{t2}=E_c-0,83$ eV ga teng ekanligi aniqlandi.
2. Yod bilan legirlangan bambuk tolalarini $\lambda=254$ nm to'lqin uzunlikdagi yorug'lik bilan yoritilganda ($h\nu \geq E_g$) fototokning o'sishi va yorug'lik o'chirilganda fotoo'tkazuvchanlikning uzoq muddatli relaksasiyasi (250 s) aniqlandi, hamda ularning zonaviy diagrammasi tavsiya qilindi.
3. Yod bilan legirlangan "Xorazm-150" navli paxta tolalarini $\lambda=254$ nm to'lqin uzunlikdagi yorug'lik bilan yoritilganda manfiy fotoo'tkazuvchanlik fenomeni aniqlandi.
4. "Xorazm-150" navli paxta tolalarini KMnO_4 bilan 80 °C o'zgarmas haroratda diffuziya vaqtini 1, 3, va 6 soat tartibda oshirish orqali tolalarning elektroo'tkazuvchanligi chiziqliy bo'lmagan qonuniyat bo'yicha ortishi aniqlandi.
5. γ - ^{60}Co bilan nurlantirilgan bambuk tolalari va "Komolot-79" navli paxta tolalarining elektroo'tkazuvchanligi γ nurlanish dozasi bog'liqligi aniqlandi va $1.2 \cdot 10^6$ ren va $28.4 \cdot 10^6$ ren diapazonidagi radioaktiv nur tabiiy tolalarda Frenkel nuqsonlarini hosil qilishi isbotlandi.
6. KMnO_4 bilan legirlangan bambuk tolalari uchun aktivatsiya energiyasi $E_{t1}=1,05$ eV, "Xorazm-150" navli paxta tolalari uchun esa $E_{t2}=0,54$ eV ga tengligi hamda ushbu tolalardan 80 V kuchlanishda o'tayotgan tok harorat ortishi bilan eksponensial qonun bo'yicha ortishi aniqlandi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 ПО ПРИСУЖДЕНИЮ
УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ ПРИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ
ИНСТИТУТЕ ФИЗИКИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МИКРОЭЛЕКТРО-
НИКИ НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА УЗБЕКИСТАНА**

**НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
ПОЛУПРОВОДНИКОВ И МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ
НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА УЗБЕКИСТАНА
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ УЗБЕКИСТАНА**

НОРБЕКОВ ШОХЗОД МАМАРАСУЛОВИЧ

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВИХ СВОЙСТВ
ПРИРОДНЫХ ВОЛОКОН И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ
ДИСКРЕТНЫХ ПРИБОРОВ НА ИХ ОСНОВЕ**

01.04.10 – Физика полупроводников

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Тема диссертации доктора философии (PhD) по физико-математическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Кабинете Министров Республики Узбекистан за B2022.4.PhD/FM819.

Диссертация выполнена в Научно-исследовательском институте физики полупроводников и микроэлектроники Национального университета Узбекистана.

Автореферат диссертации на трех языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета (ispm.uz) и на Информационно-образовательном портале «ZiyoNet» (www.ziynet.uz).

Научный руководитель: Мамадалимов Абдугафур Тишабоевич
доктор физико-математических наук, академик

Официальные оппоненты: Зикриллаев Нурилла Фатхулласевич
доктор физико-математических наук, профессор

Шарибаев Насирджон Юсупжанович
доктор физико-математических наук, профессор


Ведущая организация: Институт ядерной физики Академии наук
Республики Узбекистан


Защита диссертации состоится «26» «07» 2024 г. в 12⁰⁰ часов на заседании Научного совета DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 при Научно-исследовательском институте физики полупроводников и микроэлектроники Национального университета Узбекистана (Адрес: 100057, Узбекистан, г.Ташкент, ул. Янги Алмазар, дом 20. Тел: (+99871)248-79-94, факс: (+99871) 248-79-92, e-mail: info@ispm.uz (зал заседаний НИИ ФПМ при НУУз).

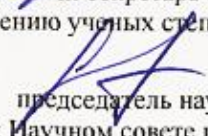
С диссертацией можно ознакомиться в Информационно-ресурсном Центре института (зарегистрирована за № 63) по адресу: 100057, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Янги Алмазар, дом 20. Тел: (+99871) 248-79-59.

Автореферат диссертации разослан «11» 07 2024 г.
(реестр протокола рассылки № 63 от 11.07 2024 г.).




Ш.Б. Утамурадова,
председатель Научного совета
по присуждению ученых
степеней, д.ф-м.н., профессор


Ж.Ж. Хамдамов,
ученый секретарь Научного совета
по присуждению ученых степеней, PhD, с.н.с.


Н.А. Тургунов
председатель научного семинара
при Научном совете по присуждению
ученых степеней, д.ф-м.н., доцент

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора философии (PhD))

Актуальность и востребованность темы диссертации. В настоящее время во всем мире активно развивается область физики полупроводников, в котором пристальное внимание уделяется проведению научных исследований по определению физических свойств природных полупроводниковых волокон. Масштабные и всесторонние исследования природных полупроводниковых волокон в глобальном масштабе требуют открытия новых физических законов, а также создания и внедрения на их основе весьма совершенных новых дискретных элементов электронной техники.

Сегодня в мире ведется научно-исследовательская деятельность, направленная на исследование физических процессов, происходящих в природных полупроводниках. Роль природных волокон особенно важна в области нанофизики. В связи с этим одной из важнейших задач в этом направлении является проведение следующих целевых научно-исследовательских работ: определение фундаментальных параметров природных полупроводниковых волокон; повышение эффективности электрофизических, фотоэлектрических и оптических свойств путем химической, термической и радиоактивной обработки природных полупроводниковых волокон; продемонстрировать закономерности зависимости электропроводности от температуры и спектра света; определение закономерностей зависимости времени легирования и температуры электропроводности, легированных полупроводниковых хлопковых и бамбуковых волокон; показать возможности создания новых элементов электронной техники; изучать механизмы электронных процессов в различных природных полупроводниковых волокнах.

В нашей республике исследователи работают над повышением физической эффективности природных волокон. В связи с этим определение новых типов природных полупроводниковых волокон имеет большое научное значение. С этой точки зрения, учитывая оптимальные электрофизические, фотоэлектрические и оптические свойства полупроводниковых материалов на основе бамбуковых и хлопковых волокон, они считаются одними из дешевых и экологически чистых материалов. «Технология умной одежды» (Smart Clothing Technology), включающая в себя пассивные и активные элементы из природных волокон, показывает возможность реализации текстильной схемы. Это открывает путь к будущей интеграции электроники и текстиля. В литературе очень мало информации по изучению физических свойств природных волокон и существует множество нерешенных проблем, связанных с их электрофизическими свойствами.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит выполнению задач, предусмотренных в Указе Президента Республики Узбекистан УП- 6097 от 29 октября 2020 года “Об утверждении концепции развития науки до 2030 года”, указа Президента Республики Узбекистан от 28 января 2022 года “О стратегии развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы”, решении Президента Республики Узбекистан РП № 5011 от 2 марта 2021 года “О дополнительных мерах по дальнейшему развитию электротехнической и электронной промышленности и повышению конкурентоспособности

отечественной продукции”, решении Президента Республики Узбекистан РП-5032 от 19 марта 2021 года «О мерах по повышению качества образования в области физики и развитию научных исследований» и поставленных задач, определенных в других нормативных правовых документах, связанных с данной деятельностью.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики. Данное исследование проведено в соответствии с приоритетами развития науки и технологий республики III «Энергия, экономия энергоресурсов, транспорта, машин и оборудования; развитие современной электроники, микроэлектроники, фотоники, электронной техники».

Степень изученности проблемы. Научные исследования электрофизических и оптических свойств химически и термически обработанных натуральных волокон проводятся в нескольких научно-исследовательских институтах и научных центрах развитых зарубежных стран. В частности, органическую электронику в натуральных хлопковых волокнах исследовали ученые Корнельского университета в США П.Хинесторасис, ученый из Болонского университета в Италии Ф.Беатрис и ученый из французского центра микроэлектроники Прованса Г.Маллиарас.

В Таджикском государственном национальном университете А.Акобиров, С.Мисриян, Ш.Туйчиев, А.Аловиддиновыми изучено влияние фуллеренов C_{60} на электропроводность природных волокон.

Узбекские ученые, в том числе академики П.К.Хабибуллаев и А.Т.Мамадалимов впервые в мире продемонстрировали полупроводниковые свойства хлопковых и шелковых волокон. Профессорами А.С.Закировым, Ш.У.Юлдашевым, Ж.Ж.Хамдамовым и другими учеными были исследованы электрофизические и оптические свойства полупроводниковых натуральных волокон и показано создание различных полупроводниковых приборов.

Изучение электрофизических и оптических свойств свидетельствует о широких возможностях исследований в этом направлении. Но до сих пор информация об электрофизических и оптических свойствах природных наноструктурных полупроводниковых волокон, а также об их общих физических закономерностях все еще недостаточна.

Связь диссертационного исследования с планами научно-исследовательских работ высшего образовательного или научно-исследовательского учреждения, где выполнена диссертация. Диссертационная работа выполнена в рамках фундаментальных проектов плана научных исследований Национального университета Узбекистана имени М.Улугбека в соответствии с тематическими планами грантов Агентства по науке и технологиям Республики Узбекистан по теме ОТ-F2-29 “Исследование влияния внешних факторов на физические свойства природных волокон”(03.01.2017-31.12.2020 гг.).

Целью исследования является определение электрофизических и оптических свойств природных полупроводниковых бамбуковых и хлопковых волокон.

Задачи исследования:

определение спектра фотопроводимости бамбуковых и хлопковых волокон сорта «Комолот-79» и «Хоразм-150» легированных KMnO_4 и йодом, закона электропроводности в зависимости от температуры, а также определение дискретных уровней энергии в запрещенной зоне;

определение влияния внешних факторов на электрофизические свойства, легированных йодом хлопковых и бамбуковых волокон после облучения с использованием источника излучения γ - ^{60}Co ;

определение кинетики фотопроводимости полупроводниковых волокон хлопка и бамбука;

определение характеристики химически, термически и радиоактивно обработанных образцов хлопкового и бамбукового волокна;

определение спектра фотолюминесценции хлопкового волокна «Комолот-79» и «Хоразм-150»;

рекомендация создания датчиков на основе природных бамбуковых и хлопковых волокон.

Объектом исследования являются бамбуковые волокна, хлопковые волокна сортов «Комолот-79» и «Хоразм-150».

Предметом исследования является изучение температурной зависимости электропроводности, фотопроводимости и спектров фотолюминесценции бамбуковых и хлопковых волокон.

Методы исследований. В процессе выполнения научной работы были использованы ИК-спектроскопия, современные методы, позволяющие с высокой точностью измерять энергию ионизации глубоких уровней хлопковых и бамбуковых волокон, зависимость электропроводности от температуры, спектры фотопроводимости, спектрофотометрический анализ и спектр фотолюминесценции.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

определено, что ток проходящий через легированные йодом бамбуковые волокна и хлопковые волокна сорта «Комолот-79», экспоненциально возрастает с ростом температуры, при этом такие волокна имеют энергии активации $E_{t1}=E_c-0,57$ эВ и $E_{t2}=E_c-0,83$ эВ, соответственно;

впервые определена длительная (250 с) релаксация фотопроводимости в легированных йодом бамбуковых волокнах при освещении светом с длиной волны $\lambda=254$ нм ($h\nu \geq E_g$) и предложена их классическая зонная диаграмма;

впервые наблюдалось явление отрицательной фотопроводимости в образцах хлопковых волокон сорта «Хоразм-150», легированных йодом;

впервые хлопковые волокна сорта «Хоразм-150» были легированы KMnO_4 при температуре 80°C в течение 1-го, 3-х и 6-ти часов, и при увеличении времени этого легирования было обнаружено нелинейное увеличение электропроводности волокон;

впервые было установлено, что электропроводность бамбуковых волокон и хлопковых волокон сорта «Комолот-79», облученных γ - ^{60}Co , зависит от дозы гамма-излучения, и было обнаружено, что радиоактивное излучение в диапазоне $1,2 \cdot 10^6 \div 28,4 \cdot 10^6$ рентген вызывает дефекты Френкеля в естественных волокнах;

впервые было обнаружено, что для бамбуковых волокон, легированных

KMnO_4 , энергия активации составляет $E_{t1}=1,05$ эВ, а для хлопковых волокон сорта «Хоразм-150» $E_{t2}=0,54$ эВ, и ток, проходящий через эти волокна при напряжении 80 В, экспоненциально возрастает с повышением температуры.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработана технология подготовки образцов, химической, термической и радиоактивной обработки и получения омических контактов для исследования природных полупроводниковых волокон;

с помощью датчика влажности, позволяющий измерять относительную влажность воздуха и других объектов на основе природных полупроводниковых волокон бамбука и хлопка, а также обрабатывая их тепловым, химическим и радиоактивным светом можно управлять электрофизическими свойствами волокон и основании этих результатов было определено, что их можно использовать в качестве актуаторов умной одежды (smart clothing actuators).

Достоверность результатов исследования основана на использовании методов исследования, обладающих высокой чувствительностью и точностью (“Cary Eclipse Fluorescence Spectrometer”, “Bruker Invenio S-2021 Fourier transformator spektrometr”, “Eye-One Pro mini-spektrofotometr”), а также на многократном повторении результатов, полученных с помощью различных методов.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования заключается в том, что они раскрывают физические законы природных полупроводниковых бамбуковых и хлопковых волокон. Полученные результаты объясняются расширением теоретических знаний о физических свойствах природных волокон.

Практическая значимость результатов исследований заключается в открытии новых полимерных материалов на основе бамбуковых волокон с полупроводниковыми свойствами. Этот материал может быть использован при создании датчиков влажности для измерения относительной влажности различных объектов и он может быть использован в процессе обучения в магистратуре и бакалавриате.

Внедрение результатов исследования.

На основе результатов научного исследований полупроводниковых свойств хлопковых и бамбуковых волокон:

Высокая фоточувствительность, полученная за счет радиоактивной, химической и термической обработки хлопковых волокон, а также научные результаты, такие например отсутствие гистерезиса электропроводности в процессе изменения температуры были проверены при использовании образцов полупроводниковой электроники, изготовленных в АО «ФОТОН» (Справка АО «Узэлтехсаноат» от 18 сентября 2023 года № 04-3/1234). В результате использования приведенных научных результатов рекомендуется изготавливать термо- и светочувствительные элементы при создании электронной схемы из экспериментальных образцов;

на основе разработанных в рамках диссертации технологических режимов в Наманганском инженерно-строительном институте осуществлена радиоактивная и химическая обработка целлюлозных волокон, легированных йодом и KMnO_4 , при выполнении научно-технических задач проекта по теме ОТ-Ф2-70 «Влияние

температуры, деформации и света на параметры наноразмерных полупроводников в сильном электромагнитном поле», в частности в рамках данного проекта впервые в сверхвысокочастотном электромагнитном поле были получены гомо- и гетероструктуры и исследованы их электрофизические и фотоэлектрические свойства (Справка Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан №-4/17-13/0-09-1142 от 25 декабря 2023 года). Использование результатов научных исследований позволило получить материалы на основе гомо- и гетероструктур с высокими электрофизическими и фотоэлектрическими свойствами.

Апробация результатов исследования. Результаты диссертационной работы были представлены и обсуждены на 9, в том числе 6 международных и 3 республиканских научно-практических конференциях.

Публикация результатов исследования. Всего по теме диссертации опубликовано 15 научных работ. В научных изданиях, рекомендованных к публикации основных научных результатов докторских диссертаций ВАК Республики Узбекистан, опубликовано 5 статей, в том числе в 3 зарубежных и 2 отечественных журналах.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка опубликованных научных работ, списка использованной литературы и приложений. Объем диссертации составляет 106 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении представлен анализ результатов, полученных различными исследователями по теме диссертации, обоснована актуальность и необходимость темы диссертации, сформированы цели и задачи исследования, определены объекты и предметы исследования, показано соответствие исследований с приоритетными направлениями развития науки и технологий в Республике Узбекистан, описаны научная новизна и практические результаты исследования, обоснована их достоверность, раскрыта теоретическая и практическая значимость полученных результатов, приведены сведения о внедрении разработок, результатах утверждения работ, опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации **«Обзор литературы по физическим свойствам природных волокон»** анализируются физические свойства, химический состав и современное состояние использования бамбуковых и хлопковых волокон в качестве полимерных материалов.

На основе анализа имеющихся теоретических и экспериментальных данных были сформированы цели и задачи исследования. Научные исследования, определяемые при выполнении работ и исследовательских задач, заключаются в следующем: Определение температурной зависимости электропроводности бамбуковых и хлопковых волокон, легированных йодом и KMnO_4 ; определение спектра фотопроводимости полупроводниковых бамбуковых и хлопковых волокон, определение дискретных уровней энергии и определение влияния легирующих элементов на спектр фотопроводимости;

определение спектра фотолюминесценции хлопкового волокна.

Во второй главе диссертации под названием «**Технология и измерительные методы подготовки образцов для исследований**» описаны подготовка образцов из природных волокон, методы химической, радиоактивной и термической обработки природных хлопковых и бамбуковых волокон, методы исследования электрофизических, фотоэлектрических и оптических свойств природных волокон и описание устройств:

Для проведения исследований были подготовлены образцы ($4 \times 2 \times 0.8 \text{ мм}^3$) из стебля бамбука среднего возраста по направлению волокон. Образцы из бамбукового волокна (БВ) промывали дистиллированной водой при температуре $75 \text{ }^\circ\text{C}$. Промытые образцы сушили при комнатной температуре в течение 24 часов.

Для легирования БВ йодом образцы вымачивали в ванне, содержащей 7% раствор йода в спирте, в течение 15 мин при комнатной температуре. Для диффузии покрывающего поверхность йода в волокно его диффундировали в воздушной камере с температурой $75\text{-}80 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение разного времени (1-8 часов) в зависимости от задачи исследования. Вышеописанный процесс также использовался для легирования бамбукового волокна с KMnO_4 . В качестве стандарта использовали 1,5 % водный раствор KMnO_4 .

Пробоподготовку хлопкового волокна (ХВ) также осуществляли практически по вышеуказанной методике и в описанных выше условиях. Только процесс перед промывкой идет по другому.

Сначала волокна из созревшего семени хлопчатника укладывали в параллельном направлении на плоскую поверхность и прочесывали по направлению волокон специальной гребенкой. Примерное количество параллельных волокон 4500-5000 был нарезаны на куски длиной 4 мм.

Волокна хлопка и бамбука подвергались химической обработке, то есть мерсеризовались. После промывки ХВ выдерживали в ванне с 20 % водном растворе NaOH при температуре $18 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 2 мин.

После удаления из ванны избыток NaOH , не образовавший химической связи, полностью смывали дистиллированной водой и образцы сушили в стандартных условиях. Этот процесс вытесняет водород из двух нестабильных связей ОН целлюлозной матрицы, заменяя Н на Na, выделяя при этом H_2O . Это явление повышает устойчивость целлюлозного волокна к внешним воздействиям и проницаемость примеси.

Поскольку подвижность связей ОН целлюлозы из бамбукового волокна очень мала, время мерсеризации было увеличено до 5 минут. Промытые волокна хлопка и бамбука подвергали радиоактивной обработке источником излучения γ - ^{60}Co в дозе 65.73 рен/с в течение разного времени, т.е. от 1 минуты до 120 часов.

В третьей части диссертации, озаглавленной «**Исследование физических свойств бамбуковых волокон**», представлены результаты исследования физических свойств бамбуковых волокон, легированных KMnO_4 и йодом, которые ранее не изучались.

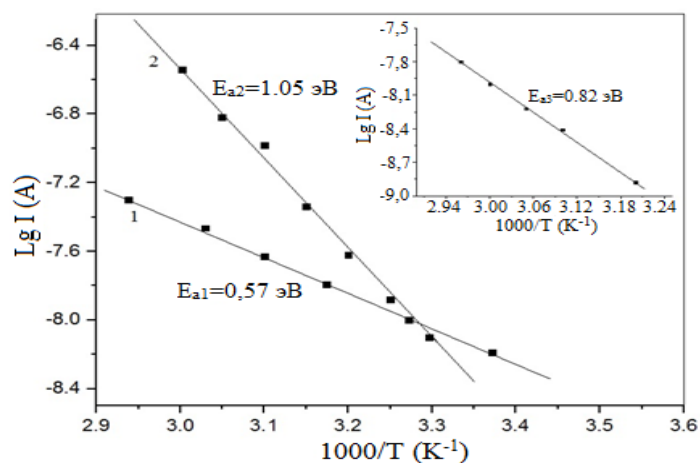


Рис. 1. Температурная зависимость электрического тока проходящего через образцы БВ, легированных йодом (1), KMnO_4 (2) и нелегированных (внутренний график).

На рис. 1 представлена температурная зависимость электрического тока при приложении постоянного напряжения $U=80$ В к образцам БВ, легированным йодом и KMnO_4 (диапазон температур 20-80 °С).

Было замечено, что электрический ток, проходящий через образцы, экспоненциально возрастает с ростом температуры. На основе закона Аррениуса энергия активации, полученная из линейной части графика температурной функции при отношении $10^3/T$, составила $E_{a1}=0,57$ эВ, $E_{a2}=1,05$ эВ, $E_{a3}=0,82$ эВ соответственно.

Были исследованы вольт-амперные характеристики (ВАХ) этих образцов. Исследования проводились в нормальных условиях, в темноте и под светом с длиной волны $\lambda=254$ нм.

Было замечено увеличение проводимости при добавлении в образцы примесей (рис. 2). Также ВАХ БВ легированных с KMnO_4 были получены после достижения стационарного состояния под действием света с длиной волны $\lambda=254$.

Ток, проходящий через образец, освещенный ультрафиолетовым (УФ) светом, увеличивался с 6,1 нА до 10,2 нА при постоянном напряжении $U=100$ В, то есть наблюдался внутренний фотоэффект (рис. 2, линия б).

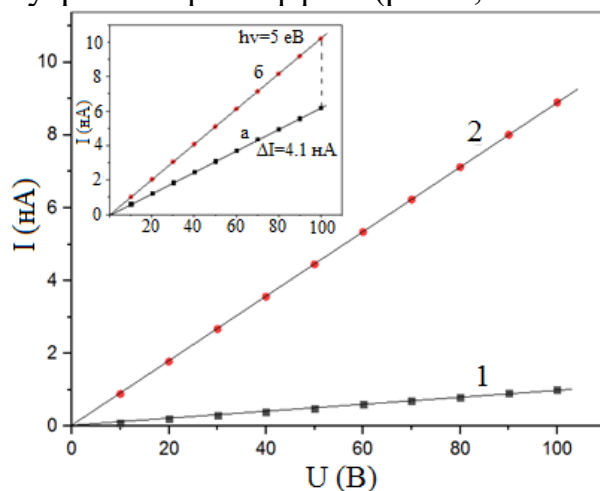


Рис. 2. Нелегированный (1), легированный йодом (2) и легированный KMnO_4 (вставка) БВ, в темноте (а) и освещенный ультрафиолетовым (УФ) светом ($\lambda=254$

nm) (б)

Была исследована кинетика фотопроводимости БВ, легированного йодом (рис. 3). Это исследование показывает, что наблюдалось экспоненциальное увеличение фототока при освещении УФ-светом ($\lambda=254$ nm) и долговременная релаксация фотопроводимости при выключении УФ-света. Стационарное значение фотопроводимости достигается не мгновенно, то есть значение насыщения достигается через определенное время после светового воздействия на полупроводник (рис. 3).

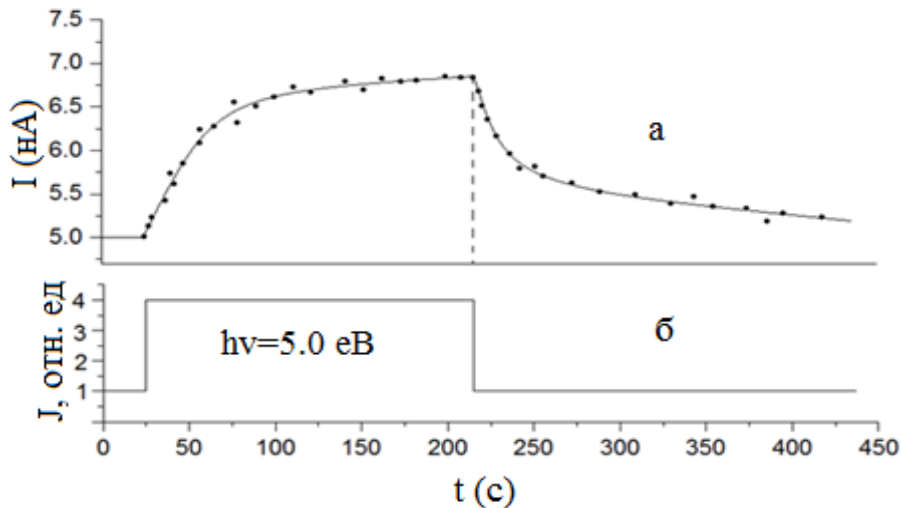


Рис. 3. Кинетика фотопроводимости БВ, легированной йодом, связанная со специфическим оптическим переходом

Изучен спектр фотопроводимости (ФП) БВ, легированного йодом (диапазон энергий светового спектра от 0,26 до 3,5 эВ) (рис. 4). Исследования показали, что после длительного выдерживания образца в темноте (1,5 часа) наблюдалось, что фотопроводимость начала увеличиваться после того, как энергия квантов света достигала $h\nu=0,57$ эВ. По мере увеличения энергии фотонов при $h\nu=2,28$ и эВ $h\nu=2,85$ эВ наблюдаете рост ФП. Такой спектр ФП можно объяснить наличием глубокого донорного уровня в верхней половине запрещенной зоны БВ (рис. 4 и 5).

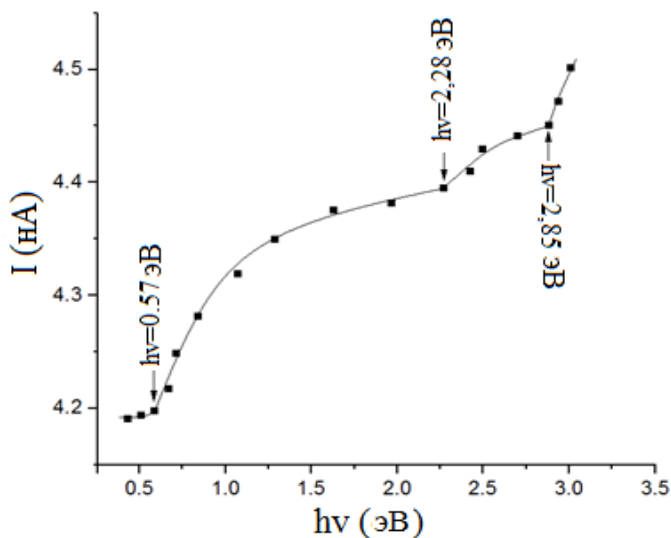


Рис. 4. Спектр фотопроводимости БВ, легированного йодом

Это показывает, что фотопроводимость данного образца БВ связана в основном с процессом образования электронно-дырочных пар на межзонных и межзонных энергетических уровнях.

Если использовать классическую зонную модель полупроводников, то указанную выше фотопроводимость для БВ можно объяснить следующим образом. Эксперименты показывают, что легирование образца БВ йодом увеличивает

фоточувствительность. Если предположить, что йод образует глубокий донорный уровень в верхней половине запрещенной зоны, то начало спектра ФП ($h\nu=0,57$ эВ) связано с тем, что энергия ионизации йода в БВ образует глубокий уровень в ширине запрещенной зоны с $E_c-0,57$ эВ. Если учесть, что БВ, легированный йодом, обладает проводимостью n-типа, то можно предположить, что уровень с $E_t=E_c-0,57$ эВ расположен в верхней половине запрещенной зоны.

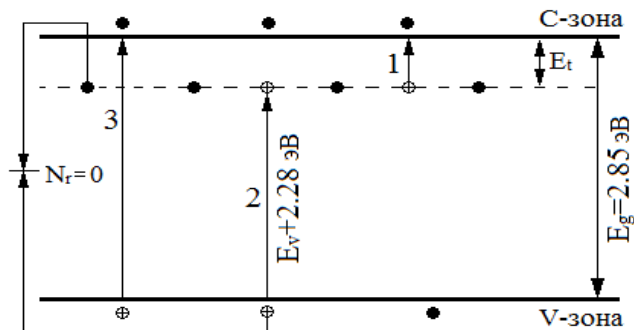


Рис. 5. Диаграмма зон БВ, легированных йодом

Анализ спектра ФП показывает, что уровень с $E_t=E_c-0,57$ эВ обладает донорными свойствами. Монотонный рост ФП в области $0,57 \leq h\nu \leq 2,28$ эВ обусловлен переходом электронов с уровня E_t в зону С (рис. 5, переход 1). Дальнейший рост фотопроводимости от $h\nu \geq 2,28$ эВ обусловлен переходом электронов из V-зоны на уровень E_t (2-й переход). Увеличение фототока,

начиная с $h\nu=2,85$ эВ, происходит за счет прямого перехода электронов из V-зоны в C-зону (переход 3). Сравнивая полученные результаты с общепринятыми данными кремния с глубоким уровнем, получим, что значение оптической ширины запрещенной зоны БВ равно $E_g=0,57+2,28=2,85$ эВ (это значение также подтверждается методом спектрофотометрического анализа БВ. Рис. 9). С технологической точки зрения легированный БВ показывает, что он является фотодетектором, отражающий УФ и видимый диапазон света. Нелегированные образцы БВ имели очень низкие значения коэффициента пропускания и очень небольшую фоточувствительность под воздействием УФ-излучения.

Отсутствие фотопроводимости в образце БВ, легированном йодом, объясняется фотоиндуцированной перезарядкой между молекулами йода и полимерной цепью. На рис. 6 показаны ВАХ образцов БВ, облученных в количестве $1,2 \cdot 10^6$ рен, $2,8 \cdot 10^6$ рен, $5,7 \cdot 10^6$ рен, $28,4 \cdot 10^6$ рен с помощью источником излучения γ - ^{60}Co имеющий в количестве 65.73 рен/с источник излучения. Все образцы имеют одинаковые геометрические размеры и массу. Чистый образец БВ (линия а) сравнивается с нелегированными образцами, облученными соответственно в количестве $1,2 \cdot 10^6$ рен, $2,8 \cdot 10^6$ рен, $5,7 \cdot 10^6$ рен, $28,4 \cdot 10^6$ рен с помощью источника излучения γ - ^{60}Co (линии б, в, г, д).

Согласно результатам, проводимость образцов, обработанных γ -лучами, незначительно увеличивалась с увеличением дозы облучения.

После первой 5-часовой дозы облучения существенного увеличения проницаемости не наблюдалось. Однако обратное наблюдалось в образцах, обработанных γ -лучами в разных дозах и легированных йодом. На рисунке 6 приведены линии необработанных (1-а), легированных йодом (2) и соответственно облученных с источником излучения γ - ^{60}Co в количествах $1,2 \cdot 10^6$ рен, $2,8 \cdot 10^6$ рен, $5,7 \cdot 10^6$ рен, $28,4 \cdot 10^6$ рен, и легированных йодом образцов (3), (4), (5), (6). Согласно результатам, ток, проходящий через образец, легированный только йодом, составил $I=8,9$ нА при напряжении 100 В, а в радиоактивно

обработанных образцах ток проходил до $I=56$ нА в зависимости от дозы радиации. Изучен спектр ФП БВ, обработанного γ -лучами и легированного йодом.

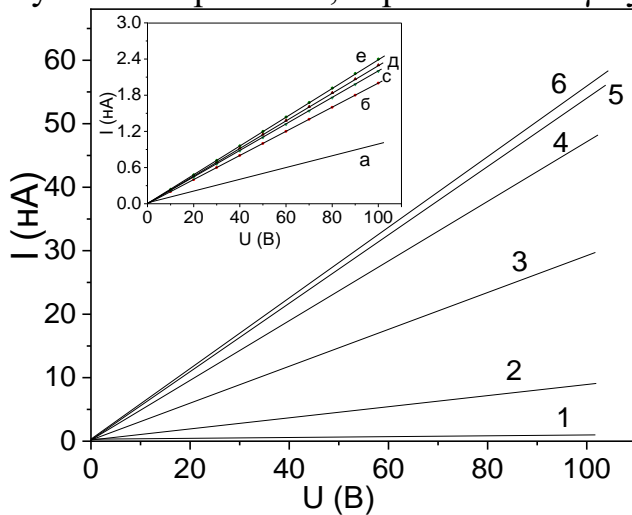


Рис 6. ВАХ БВ, обработанных источником излучения γ - ^{60}Co

Эксперименты показывают, что длинноволновая граница ФП расположена при $h\nu=0,46$ эВ, что хорошо согласуется с энергией ионизации, полученной из температурной зависимости электропроводности. Тот факт, что фототок в спектре $h\nu=2,39$ эВ также увеличился на определенную величину, подтверждает, что в образце наблюдался вторичный оптический переход. При $h\nu=2,85$ эВ наблюдалось резкое увеличение. Йод в БВ образует глубокий донорный уровень $E_t=E_c-0,46$ эВ и подтверждает, что ширина

запрещенной зоны БВ составляет $E_g=0,46+2,39=2,85$ эВ (рис. 7).

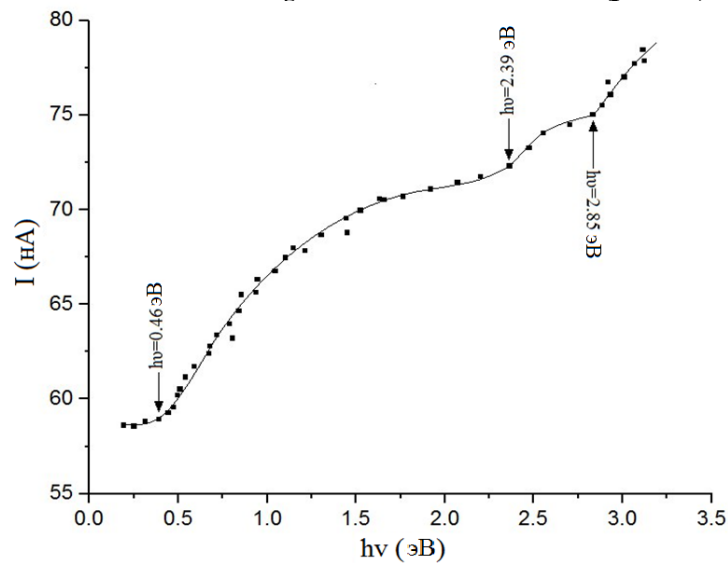


Рис 7. Спектр фотопроводимости БВ, обработанного γ -лучами и легированного йодом

Количественную оценку ширины запрещенной зоны БВ определяли с помощью спектрофотометрического анализа.

Для получения значения энергии межзонного перехода использовалась спектральная зависимость поглощения, определенная подходами Кубелки-Мунка и Тауца в координатах прямых оптических переходов (рис. 8). Путем экстраполяции зависимости $h\nu-(F(R)h\nu)^2$ для чистого БВ установлено, что значение запрещенной зоны $E_g \approx 2,85$ эВ. Это указывает на то, что волокна БВ обладают полупроводниковыми свойствами и имеют высокий потенциал проявления фотокаталитической активности в видимой области света.

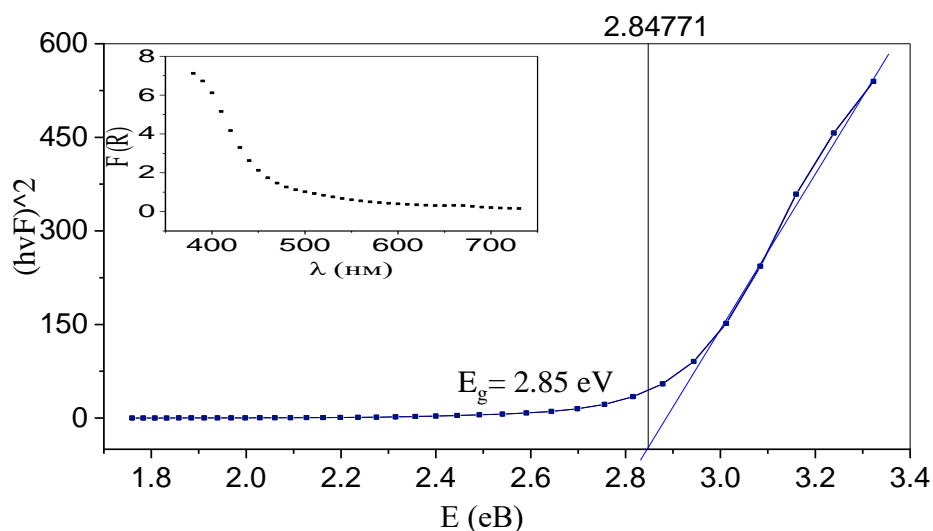


Рис 8. Спектральная зависимость $F(R)$ от длины волны (вставка) и от кривых Тауца (б) для нелегированного чистого БВ.

Методом ИК-спектроскопии исследована структура образцов БВ (рис. 9). Образец А1 — чистый БВ, образец А2 — БВ, облученные в количестве $28,4 \cdot 10^6$ рен с помощью источником излучения γ - ^{60}Co , образец А3 — БВ облученные в количестве $1,2 \cdot 10^6$ рен с помощью источником излучения γ - ^{60}Co , образец А4 — БВ, химически обработанный NaOH, образец А5 — БВ, легированный йодом.

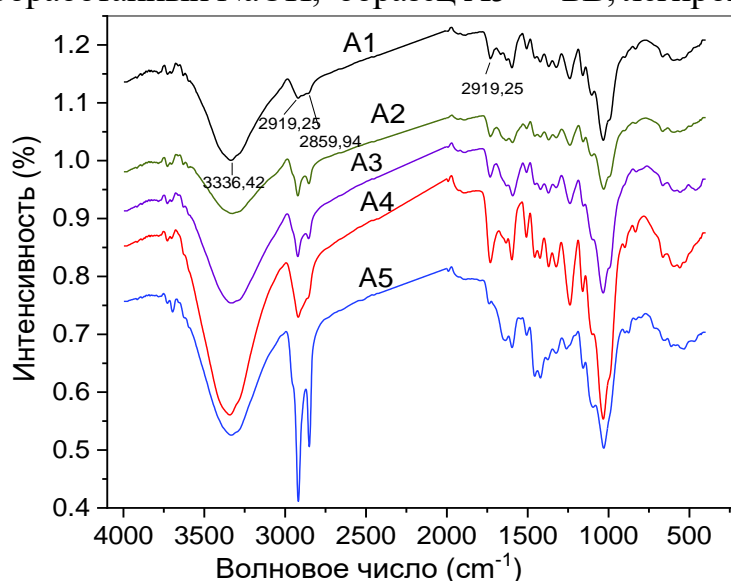


Рис 9. Результаты ИК-спектроскопии БВ

На рис. 10 представлены результаты ИК-спектроскопии образцов БВ. При анализе химически обработанного NaOH образца БТ А4 по сравнению с образцом А1 выявлены что, линии поглощения группы OH составляют $3336,42$ cm^{-1} , линии поглощения группы $\text{C}=\text{C}$ - $2919,25$ cm^{-1} , линии поглощения группы $\text{C}-\text{H}$ группы $2859,94$ cm^{-1} , а линии поглощения группы $\text{C}=\text{O}$ составляют $1730,55$ cm^{-1} .

При сравнении спектров поглощения образцов А4 и А1 изменений практически не наблюдается (рис. 9). В результате БВ практически не образовывал химической связи с NaOH. Причина этого в том, что OH-группа в БВ не обладает кислотным свойством, поэтому можно сделать вывод, что химического процесса практически не происходило. При анализе результатов ИК-спектроскопии образца БВ А5, легированного йодом (I_2), по сравнению с чистым образцом А1

наблюдались следующие изменения. Группа ОН изменилась от $3336,42 \text{ см}^{-1}$ до $3334,87 \text{ см}^{-1}$, группа СН=СН от $2919,25 \text{ см}^{-1}$ до $2918,35 \text{ см}^{-1}$, группа СН₂ от $2859,94 \text{ см}^{-1}$ до $2850,59 \text{ см}^{-1}$, группа С=О от $1730,55 \text{ см}^{-1}$ до $1737,96 \text{ см}^{-1}$, а также линии поглощения, соответствующие I₂, наблюдались в области отпечатка пальца $470,77 \text{ см}^{-1}$. Можно добавить, что заметны изменения в области отпечатков пальцев. БВ связан с йодом частично ионными, частично ковалентными и деформационными связями. При анализе результатов ИК-спектроскопии образца А3, облученного $1,2 \cdot 10^6$ рен в источнике излучения БВ γ -⁶⁰Со, по сравнению с чистым образцом А1 наблюдались перемещения области группы ОН от $3336,42 \text{ см}^{-1}$ до $3333,6 \text{ см}^{-1}$, группы СН=СН от $2919,25 \text{ см}^{-1}$ до $2921,82 \text{ см}^{-1}$, группы СН₂ от $2859,94 \text{ см}^{-1}$ до $2854,98 \text{ см}^{-1}$, а группы С=О от $1730,55 \text{ см}^{-1}$ до $1731,98 \text{ см}^{-1}$. А для образца А2, облученного $28,4 \cdot 10^6$ рен в источнике излучения γ -⁶⁰Со были получены следующие результаты. Наблюдены перемещения линии поглощения группы ОН от $3336,42 \text{ см}^{-1}$ до $3325,37 \text{ см}^{-1}$, группы СН=СН от $2919,25 \text{ см}^{-1}$ до $2921,45 \text{ см}^{-1}$, группы СН₂ от $2859,94 \text{ см}^{-1}$ до $2853,3 \text{ см}^{-1}$, группы С=О от $1730,55 \text{ см}^{-1}$ до $1730,98 \text{ см}^{-1}$. В образцах А2 и А3 не произошло изменений в области отпечатков пальцев. В заключение можно сказать, что БВ подвергся молекулярной деформации из-за смещения линий поглощения при воздействии источника излучения γ -⁶⁰Со (т.е. образовались дефекты).

В четвертой главе диссертации «Исследование электрофизических и оптических свойств хлопковых волокон» представлены результаты исследования физических свойств ХВ «Комолот-79» и «Хоразм-150», легированных йодом и КМnО₄.

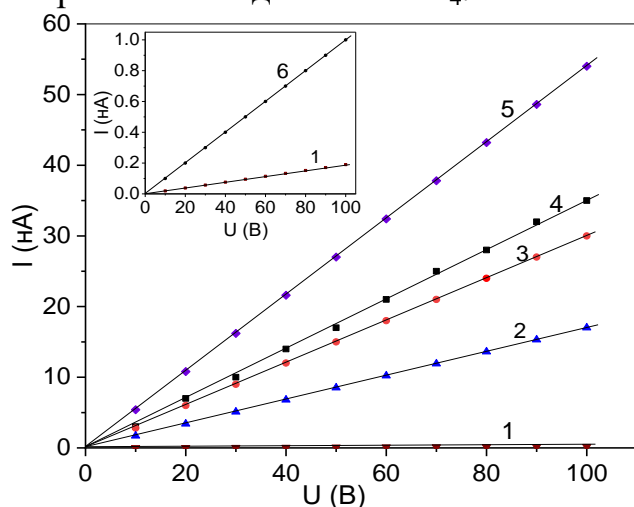


Рис 10. ВАХ хлопковых волокон сорта «Хоразм-150» нелегированных (1) и легированных КМnО₄ в различных значениях времени (2,3 и 4). t, час: 2-1,0; 3-3,0; 4-6,0, в УФ-свете (5), также легированный йодом (6) T=297 К

Определено влияние времени легирования на электропроводность ХВ ВАХ сорта «Хоразм-150», легированного КМnО₄ и йодом, а также ХВ сорта «Хоразм-150», легированного КМnО₄.

При подаче напряжения на нелегированный образец наблюдалось, что в расчет собственной проводимости переходило очень небольшое количество тока (0,15 нА при напряжении 100 В) (рис. 10, линия 1). Большой ток по сравнению с исходной проводимостью достигался за счет введения в образец примеси путем диффузии.

Было замечено, что ток, проходящий через волокно, существенно увеличивается в зависимости от времени легирования (рис. 10, линии 2, 3, 4).

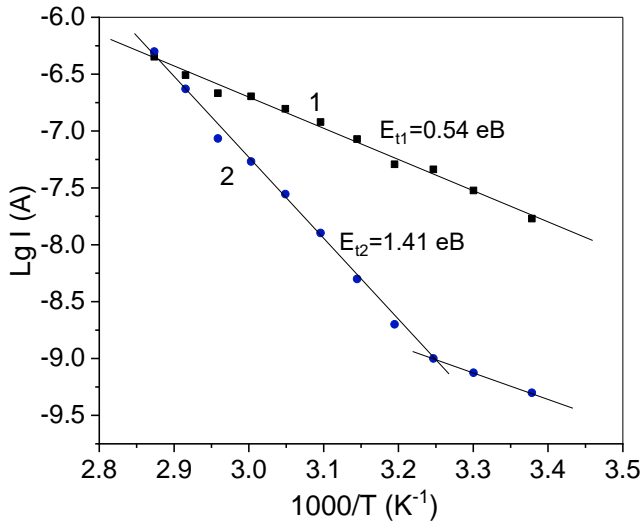


Рис. 11. Температурная зависимость электропроводности ХВ марки «Хоразм-150», легированного KMnO_4 (1) и йодом (2).

Ниже, на рисунке 10 мы видим, что при увеличении времени диффузии порядка 1, 3 и 6 часов наблюдалось, что электропроводность образца также увеличивалась по определенной нелинейной закономерности. Это явление является примером процесса диффузии растворенных веществ. Это самый простой и яркий пример процесса диффузии в твердых телах. Наблюдали ВАХ, полученно под действием $h\nu=5$ эВ ХВ сорта «Хоразм-150», легированных KMnO_4 , в течение 6 часов (рис. 10, линия 5).

Исучена электропроводность ХВ сорта «Хоразм-150» в зависимости от температуры. На рис. 11 представлены результаты температурной зависимости электрического тока, проходящего через ХВ сорта «Хоразм-150», легированный йодом и KMnO_4 . Согласно результатам электрический ток возрастал экспоненциально с энергиям активации соответственно равной $E_{11}=0.54$ эВ и $E_{12}=1,41$ эВ.

Кинетику фотопроводимости изучали на образцах ХВ сорта «Хоразм-150», легированных йодом и KMnO_4 . Согласно результатам, в образце, легированном KMnO_4 , наблюдался экспоненциальный рост фототока при освещении УФ-светом ($\lambda=254$ nm) и длительная релаксация фотопроводимости при выключении УФ-света, продолжавшаяся примерно 23 мин (вставка на рис. 12).

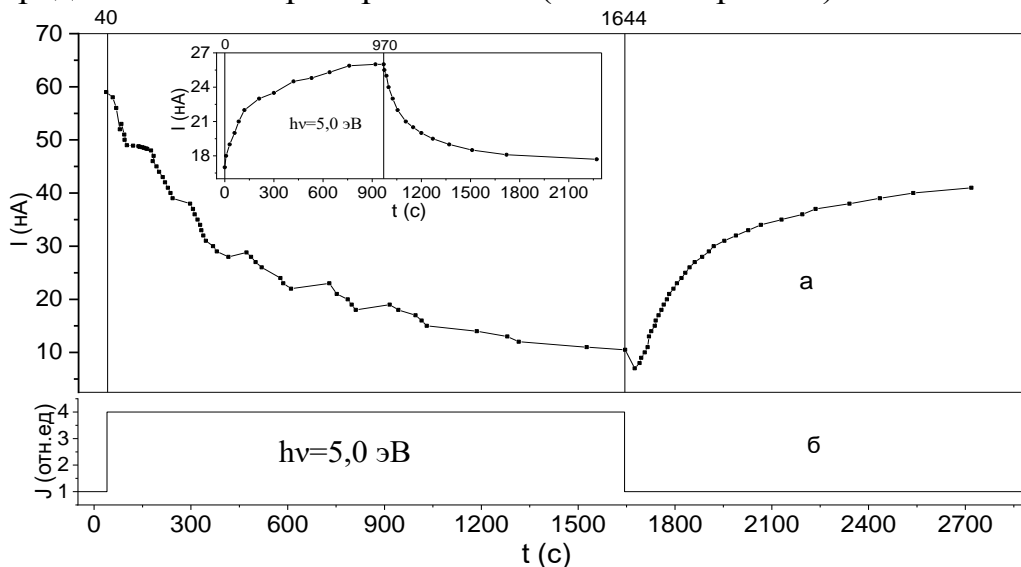


Рис. 12. Кинетика ФП образца ХВ «Хоразм-150», легированного йодом (вставка, легированный KMnO_4). $h\nu = 5,0$ эВ, $T=300$ К

В образце ХВ сорта «Хоразм-150», легированном йодом, наблюдалось явление, редко встречающееся в полупроводниковых материалах, а именно отрицательная фотопроводимость (рис. 12).

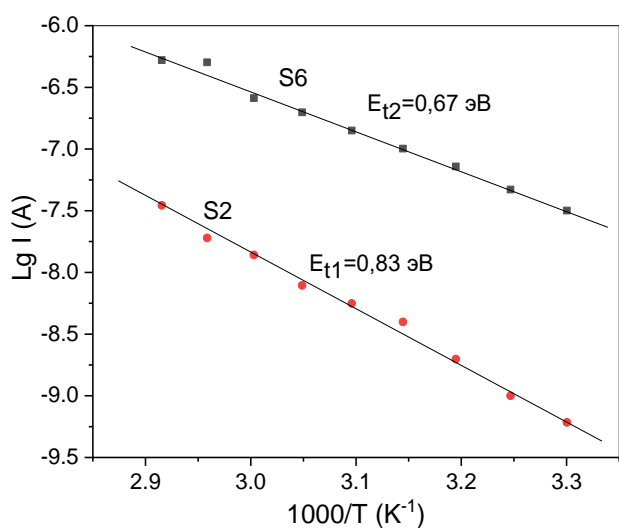


Рис. 13. Температурная зависимость тока ХВ, легированных йодом и обработанных γ -лучами

Температурные зависимости электропроводности исследовали на образце ХВ S6 сорта «Комолот-79», облученном источником облучения γ - ^{60}Co в количестве $1,2 \cdot 10^6$ рен и легированном йодом, а также для сравнения изучены температурные зависимости электропроводности образцов ХВ S2, легированных только йодом (13-Рис). В диапазоне температур $+20 \div 80$ °С электрический ток растет экспоненциально с энергией активации 0,83 эВ для S2 и

0,67 эВ для S6 соответственно.

Исследован спектр фотопроводимости ФП, легированных йодом и облученных в количестве $1,2 \cdot 10^6$ рен источником излучения γ - ^{60}Co (рис. 14).

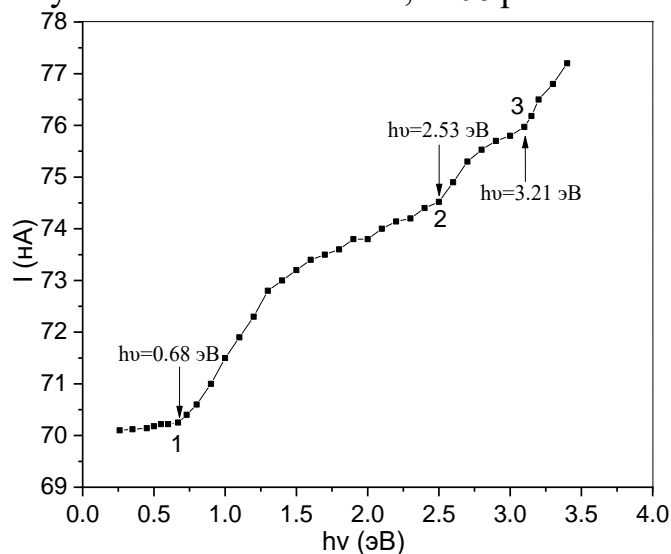


Рис. 14. Спектр фотопроводимости ХВ «Комолот-79», облученного источником излучения γ - ^{60}Co в течение 5 часов и легированного йодом

Исследования показали, что после длительного выдерживания образца в темноте (1,5 часа) наблюдалось, что фотопроводимость начала значительно возрастать из светового спектра $h\nu=0,68$ эВ. По мере увеличения энергии фотонов наблюдался максимум при $h\nu=2,53$ эВ, а еще одно увеличение тока наблюдалось, когда световой спектр достигал приблизительно $h\nu=3,21$ эВ. Такой спектр ФП можно объяснить наличием глубокого донорного уровня в верхней половине запрещенной зоны ХВ.

На Рис. 15 представлены стационарные спектры фотолюминесценции (ФЛ), легированных йодом образцов S2 и чистого S3 ХВ сорта «Комолот-79». Спектр ФЛ образца S2 охватывал спектральный диапазон примерно от 341 до 532 нм и основные максимумы при 392, 486, 521 нм. Но общая интенсивность эмиссии образца S2 значительно ниже, чем у образца S3.

С целью изучения структуры химически, радиоактивно и термически

обработанных образцов ХВ сорта «Комолот-79», было изучено строение методом ИК-спектроскопии (рис. 16).

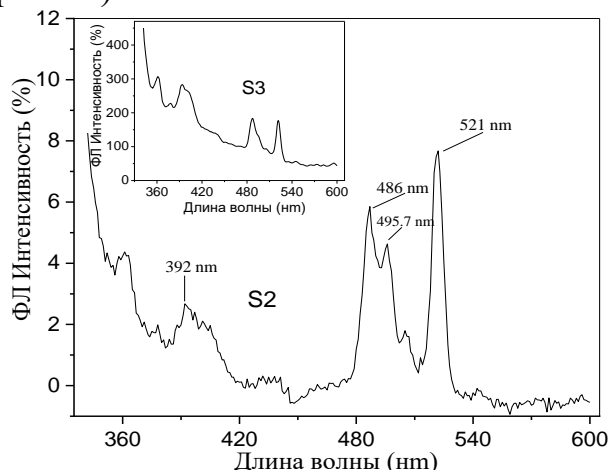


Рис. 15. Спектры ФЛ образцов ХВ чистого S3 и S2, легированных йодом, возбужденных светом с длиной волны 340 нм

Образец S1 представляет собой ФТ, облученный источником излучения γ - ^{60}Co при $1,2 \cdot 10^6$ рен, образец S2 представляет собой ХВ, легированный йодом, образец S3 представляет собой чистый ХВ, образец S4 представляет собой мерсеризованный ХВ, образец S5 облучен источником излучения γ - ^{60}Co при $28,4 \cdot 10^6$ рен. При анализе чистого ХВ наблюдалось наличие линий валентного колебательного поглощения $3329,42 \text{ см}^{-1}$ и $3289,42 \text{ см}^{-1}$, принадлежащих ОН-группе, $2910,88 \text{ см}^{-1}$ и $2857,25 \text{ см}^{-1}$, принадлежащих CH_2 группе, $1607,83 \text{ см}^{-1}$, принадлежащих $\text{C}=\text{O}$ группе и наличие асимметрического деформационного колебательного поглощения $1426,64 \text{ см}^{-1}$, принадлежащих CH_2 группе, валентного колебания $1201,66 \text{ см}^{-1}$, принадлежащих $\text{C}-\text{OH}$ группе в молекуле целлюлозы (образец S3).

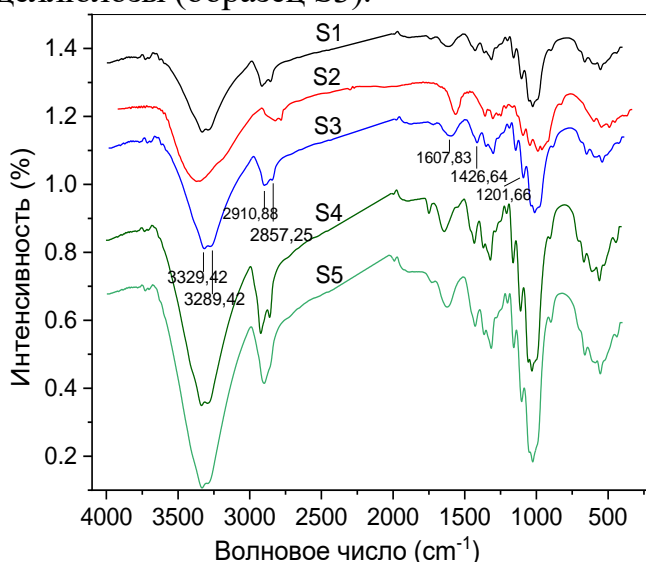


Рис 16. Результаты ИК-спектроскопии химически, радиоактивно и термически обработанного РТ сорта «Комолот-79»

При анализе образца ХВ, облученного в количестве $1,2 \cdot 10^6$ рен в источнике излучения γ - ^{60}Co , практически не наблюдалось изменения линий поглощения по сравнению с чистым образцом (образцы S1 и S3). Однако в результатах ИК-спектроскопии образца ХВ, облученного $28,4 \cdot 10^6$ рен в источнике излучения γ - ^{60}Co , наблюдалось следующее изменение.

Обнаружено, что линии поглощения смещаются от $3329,42 \text{ см}^{-1}$ до $3332,96 \text{ см}^{-1}$ при большей интенсивности валентного колебания ОН-группы (образец S5). Было обнаружено, что линии поглощения группы CH_2 в целлюлозе при $2910,8 \text{ см}^{-1}$ и $2857,25 \text{ см}^{-1}$ сместились к

2898,56 см^{-1} . Линии поглощения группы $\text{C}=\text{O}$ в целлюлозе сместились от 1607,83 см^{-1} до 1621,87 см^{-1} . В образцах S1 и S5 не произошло изменения области отпечатка пальца, молекулярной деформации (т.е. образовались дефекты) из-за повышенного воздействия радиоактивного света. В дополнение к вышесказанному можно сказать, что по результатам ИК-спектроскопии мерсилизованного образца ХВ S4, для уменьшения подвижности Н ОН-группы на атомах углерода 2 и 3, при обработке NaOH происходит замещение Н на Na, при этом наблюдаются линии поглощения в область 439,56 см^{-1} . Результаты ИК-спектроскопии образца ХВ S2, легированного 7%-ным раствором йода в спирте путем термообработки, анализировали следующим образом. Валентное колебание группы ОН- в целлюлозе составляет 3329,42 см^{-1} и смещена с 3289,44 см^{-1} области на 3446,49 см^{-1} область, валентное колебание группы CH_2 составляет 2910,88 см^{-1} и сдвинуто с 2857,25 см^{-1} до 2896,04 см^{-1} и 2855,57 см^{-1} , валентное колебание группы $\text{C}=\text{O}$ сместилось с 1607,83 см^{-1} до 1635,88 см^{-1} и наблюдалось изменение площади отпечатка пальца, т. е. I_2 связан взаимными частично ионными, частично ковалентными и деформационными связями.

Рекомендуемые датчики на основе природных волокон.

Датчик влажности: В основе предлагаемого датчика влажности лежит задача повышения чувствительности устройств, а также упрощения конструкции и снижения стоимости датчика.

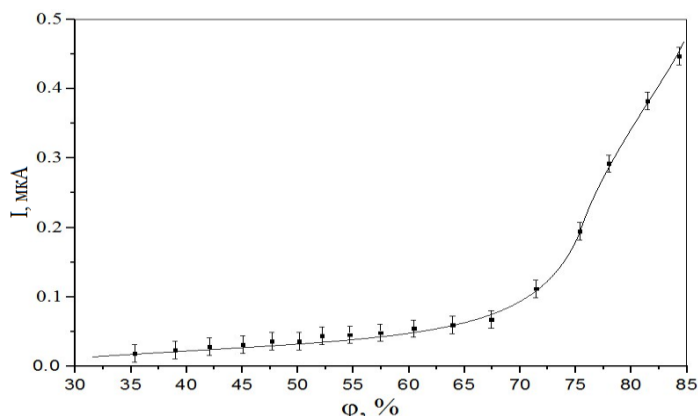


Рис 17. Зависимость электропроводности от относительной влажности образца бамбукового волокна, легированного йодом

Поставленная задача была решена за счет использования в качестве влагочувствительного элемента БВ, создающего омический контакт на основе электропроводящего клея на основе смеси жидкого стекла и порошка графита. Согласно исследованиям, с увеличением относительной влажности электропроводность БВ увеличивается по закону, показанному на рис. 17, и приводит к сдвигу в сторону

уменьшения чувствительности волокна к влаге. В то же время электропроводность волокна начинает увеличиваться с увеличением влажности на 1%.

Предложена технология изготовления датчика влажности на основе БВ (рис. 18). Поскольку перед измерением влажности датчик должен быть сухим, базу сенсора можно нагреть до желаемой температуры. Для этого в качестве основного материала датчика была выбрана керамическая основа размером ($4 \times 2 \times 0.8 \text{ мм}^3$).

Для предварительной сушки БВ на керамической основе устанавливается нагревательный элемент, при прохождении через него электрического тока элемент начинает нагреваться, тем самым нагревая керамическую основу и БВ.

Система отопления выполнена по толстослойной технологии, то есть

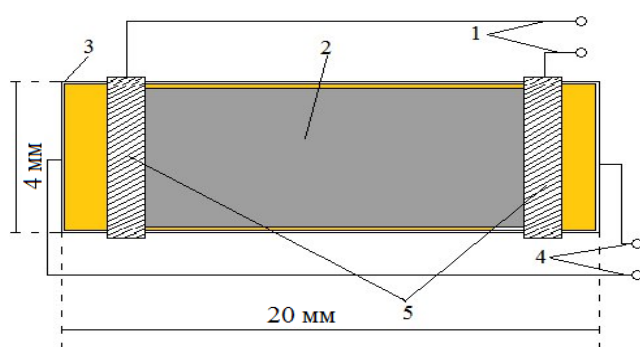


Рис 18. Датчик относительной влажности на основе БВ 1 – выходные контакты датчика, 2 – бамбуковые волокна, 3 – керамическое основание, 4 – входные контакты системы обогрева, 5 – токопроводящий клей.

легированием RuO_2 на силикатное стекло. В качестве термочувствительного элемента для определения температуры при измерении влажности был выбран диод на основе кремния. В этом исполнении нет необходимости в специальной настройке (калибровке) шкалы индикатора. Влагомер используется в качестве измерителя влажности воздуха, который может быть адаптирован к различным системам, где необходимо контролировать количественное измерение влажности воздуха; Технические

характеристики: Диапазон измерения относительной влажности от 20 до 100% в диапазоне температур от +5 до +40 °С.

Погрешность измерения влажности, в зависимости от температуры: % от ± 2 до ± 5 . Таким образом, использование бамбуковых волокон в качестве датчика влагомера позволяет существенно упростить технологию производства измерителей относительной влажности различного назначения, способных измерять влажность окружающей среды в различных температурных режимах.

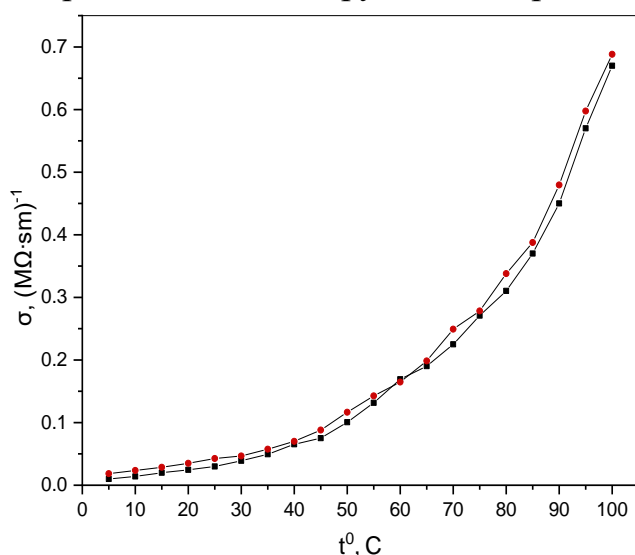


Рис 20. Зависимость электропроводности от температуры в образцах ХВ сорта «Хоразм-150», легированных KMnO_4 «Хоразм-150» (рис. 20) и это позволяет создать датчик температуры на базе ХВ сорта «Хоразм-150». В соответствии с этим результатом можно реализовать

По результатам исследования фотоэлектрических свойств бамбуковых и хлопковых волокон замечено, что снижение фотопроводимости при выключении света происходит в бамбуковых волокнах в несколько раз быстрее, чем в хлопковых. Это показывает его превосходство в создании фоточувствительности на основе бамбуковых волокон.

Датчик температуры: В диапазоне температур 0-100 °С несколько раз было отмечено отсутствие гистерезиса электропроводности при «нагрев-охлаждении» образцов ХВ сорта

текстильную схему «Технология умной одежды» (Smart Clothing Technology), включающую пассивные и активные элементы. Это открывает путь к будущей интеграции электроники и текстиля.

ВЫВОДЫ

1. Определены энергии активации бамбуковых и хлопковых волокон, «Комолот-79», легированных йодом в камере с постоянной температурой 80 °С, при этом с ростом температуры экспоненциально возрастает ток, проходящего при постоянном напряжении 80 В, которые соответственно составляли $E_{t1}=E_c-0,57$ эВ и $E_{t2}=E_c-0,83$ эВ.

2. В бамбуковых волокнах, легированных йодом обнаружено увеличение фототока при освещении светом с частичным поглощением, то есть светом с длиной волны $\lambda=254$ nm ($h\nu \geq E_g$), и наблюдалось длительное ослабление фотопроводимости при выключении света, а также была рекомендована их классическая зонная схема.

3. При освещении хлопковых волокон сорта «Хорезм-150», легированных йодом, светом с длиной волны, было обнаружено редкое явление в полупроводниковых материалах, а именно явление отрицательной фотопроводимости.

Явление отрицательной фотопроводимости обнаружено при освещении хлопковых волокон сорта «Хорезм-150», легированных йодом, светом с длиной волны $\lambda=254$ нм.

4. Было установлено, что при увеличении времени диффузии хлопковых волокон сорта «Хорезм-150» с $KMnO_4$ при постоянной температуре 80 °С, электропроводность волокон увеличивается по нелинейному закону, когда время диффузии увеличивалось до 1, 3 и 6 часов.

5. Установлено, что электропроводность бамбуковых волокон и хлопковых волокон сорта «Комолот-79», облученных γ - ^{60}Co , зависит от дозы гамма-излучения, и было доказано, что радиоактивное излучение в диапазоне $1.2 \cdot 10^6 \div 28.4 \cdot 10^6$ рентген вызывает дефекты Френкеля в натуральных волокнах.

6. Было обнаружено, что для бамбуковых волокон, легированных $KMnO_4$, энергия активации составляет $E_{t1}=1,05$ эВ, а для хлопковых волокон сорта «Хорезм-150» $E_{t2}=0,54$ эВ, и ток, проходящий через эти волокна при напряжении 80 В, экспоненциально возрастает с повышением температуры.

**SCIENTIFIC COUNCIL No. DSc.03/30.12.2019.FM/T.01.12 FOR THE
AWARD OF ACADEMIC DEGREES AT THE SCIENTIFIC RESEARCH
INSTITUTE OF SEMICONDUCTOR PHYSICS AND
MICROELECTRONICS AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF
UZBEKISTAN**

**INSTITUTE OF SEMICONDUCTOR PHYSICS AND
MICROELECTRONICS AT THE NATIONAL UNIVERSITY OF
UZBEKISTAN
NATIONAL UNIVERSITY OF UZBEKISTAN**

NORBEKOV SHOKHZOD

**INVESTIGATION OF THE SEMICONDUCTOR PROPERTIES OF
NATURAL FIBERS AND RECOMMEND THE CREATION OF DISCRETE
DEVICES BASED ON THEM**

01.04.10 - Physics of semiconductors

**ABSTRACT OF THE DISSERTATION OF DOCTOR OF PHILOSOPHY (PhD)
ON PHYSICAL AND MATHEMATICAL SCIENCES**

Tashkent-2024

The theme of the dissertation of the doctor of philosophy (PhD) on physical and mathematical sciences was registered by the Supreme Attestation Commission under the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan under number B2022.4.PhD/FM819.

The dissertation was carried out at the Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics at the National University of Uzbekistan.

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

Scientific supervisor:	Mamadalimov Abdugafur Tishaboyevich doctor of Physical and Mathematical, Academician
Official opponents:	Zikrillayev Nurilla Fatxullayevich doctor of Physical and Mathematical, professor Sharibayev Nasirjon Yusupjanovich doctor of Physical and Mathematical, professor
Leading organization:	Institute of Nuclear Physics Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan

The dissertation will be defended on 26 07 2024 at 12⁰⁰ hours at the meeting of the Scientific Council No. DSc.03/12.30.2019.FM/T.01.12 at the Research Institute of Semiconductor Physics and Microelectronics at the National University of Uzbekistan at the address: 100057, Tashkent, st. Yangi Almazar, house 20. Tel./Fax: (+99871) 248-79-91 / (+99871) 248-79-92, e-mail: info@ispm.uz.

The dissertation can be found at the Information Resource Center of the Institute (registered under No. 63). Address: 20 Yangi Olmazor str., 100057 Tashkent city, Uzbekistan. Tel.: (+99871) 248-79-59, e-mail: info@ispm.uz.

The abstract of the dissertation was sent out "11" 07 2024
(distribution protocol No. 63 dated "11" 07 2024)



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

J. J. Khamdamov,
Scientific Secretary of the Scientific Council for
the Award of Academic Degrees, Doctor of Philosophy
(PhD) on Physical and Mathematical Sciences,
Senior Researcher

N. A. Turgunov,
Chairman of the Scientific Seminar of the
Scientific Council for Award of Academic Degrees,
Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor

INTRODUCTION (abstract of the PhD dissertation)

The purpose of the study is to determine the electrophysical and optical properties of natural semiconductor bamboo and cotton fibers.

The objectives of the research are bamboo fibers, sort of “Komolot-79” and “Xorazm-150” cotton fibers.

The scientific novelty of the research consists of the following:

the current passing through iodine-doped bamboo fibers and cotton fibers of the “Komolot-79” grade increases exponentially with increasing temperature, and the activation energies are $E_{t1}=E_c-0.57$ eV and $E_{t2}=E_c-0.83$ eV, respectively is determined to be equal;

the first time, a long-term (250 s) relaxation of photoconductivity was determined in bamboo fibers doped with iodine when illuminated with light of a wavelength of $\lambda=254$ nm ($h\nu \geq E_g$) and their classical zone diagram was suggested;

the first time, the phenomenon of negative photoconductivity was noted in samples of “Xorazm-150” grade cotton fibers doped with iodine;

the first time, “Xorazm-150” cotton fibers were alloyed with $KMnO_4$ at a temperature of 80 °C for 1, 3, and 6 hours, and with the increase of this doping time, a nonlinear increase in the electrical conductivity of the fibers was found;

the first time, it was determined that the electrical conductivity of bamboo fibers irradiated with γ - ^{60}Co and “Komolot-79” cotton fibers depends on the γ radiation dose, and it was found that radioactive radiation in the range of $1.2 \cdot 10^6 \div 28.4 \cdot 10^6$ ren produces Frenkel defects in natural fibers;

the first time, it was discovered that for bamboo fibers doped with $KMnO_4$, the activation energy is $E_{t1}=1.05$ eV, and for cotton fibers of the “Xorezm-150” variety $E_{t2}=0.54$ eV, and the current passing through these fibers at a voltage of 80 V, increases exponentially with increasing temperature.

Implementation of the research results.

Based on the scientific results of the study of semiconducting properties of cotton and bamboo fibers:

The unique photosensitivity obtained due to radioactive, chemical and thermal treatment of cotton fibers, as well as the absence of electrical conductivity hysteresis in the process of temperature change, were tested for the use of semiconductor electronic samples made at JSC "FOTON" (Reference No. 04-3/1234 dated September 18, 2023 of the joint-stock company Uzeltexsanoat). As a result of using the cited scientific results, it is recommended to produce temperature and light-sensitive elements in the creation of an electronic circuit from experimental samples;

based on the technological modes developed within the dissertation, treated radioactively and chemically, from cellulose fibers doped with iodine and $KMnO_4$, in the performance of the scientific and technical tasks of the project number OT-F2-70 "The influence of temperature, deformation and light on the parameters of nano-sized semiconductors in a strong electromagnetic field" carried out at the Namangan Institute of Engineering and Construction including, within the framework of the project, homo- and heterostructures were obtained for the first time in a heating ultra-high frequency electromagnetic field and used in the study of their

electrophysical and photoelectric properties (Reference No. 4/17-13/0-09-1142 dated December 25, 2023 of the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan). The use of scientific results made it possible to obtain homo- and heterostructure materials with unique electrophysical and photoelectric properties based on these materials.

The structure and volume of the dissertation. The dissertation consists of an introduction, four chapters, conclusion, list of references and applications. The text of the dissertation consists of 106 pages.

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

I bo'lim (I часть, part I)

1. Mamadalimov A. T., Khakimova N. K., Norbekov Sh.M., Yunusov A.Kh., Rai D. P. Study of electrophysical and optical properties of cotton fibers irradiated in γ -⁶⁰Co radiation source // *Fibers and Polymers*. 2023, Vol. 24, Issue 12, pp. 1-7. (№3 Scopus, IF:3,9).
2. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Nazarov F.. Study on electrophysical properties in KMnO₄-doped grade “Xorazm-150” cotton fibers // *Asian Journal of Research and Reviews in Physics*. 2023, Vol. 7, Issue 1, pp. 18-23. (№12 ICV:89.85).
3. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Khasanov J. Research on electrophysical properties in KMnO₄-doped “Komolot-79” grade of cotton fibers // *European Journal of Technical and Natural Sciences*. 2023, Vol. 2, pp. 30-34. (№12 ICV:85.07).
4. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Almardonov Sh. γ -⁶⁰Co nurlanishini “Komolot-79” navli paxta tolalarining elektrofizik xossalariga ta'sirini tadqiq qilish // *O'zMU Xabarлари*. 2023, № 1(3), 554-556 b. (01.00.00; №7).
5. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M.. Bambuk tolalarning elektrik va fotoelektrik xossalarini tadqiq qilish // *O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining ma'ruzalari*. 2022, № 1, 26-29 b. (01.00.00; №7).

II bo'lim (II часть, part II)

6. Мамадалимов А.Т., Хакимова Н.К., Норбеков Ш.М. Электрические и фотоэлектрические свойства бамбуковых волокон // Роль передовых инновационных технологий и образования в решении задач автоматизации и энергетики, направленная на повышение энергоэффективности производств и социальной сферы. Сборник материалов международной научно-практической конференции. Наманган. 2021, 24-25 июнь, с.14-17.
7. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M. Bambuk tolalarning elektrofizikaviy xususiyatlarini tadqiq qilish // *Yarimo'tkazgichlar fizikasi, mikro va Nanoelektronikaning fundamental va amaliy muammolari. I - Xalqaro anjuman*. Toshkent. 2021, 28-29 oktyabr, b.12-13.
8. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Xaytimmetov N.B., O'rolov A.A. Bambuk tolalarning elektrik va fotoelektrik xossalarini tadqiq qilish // *Yarimo'tkazgichlar va polimerlar fizikasining dolzarb muammolari mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari*. Toshkent. 2022, 1-fevral, b.127-129.
9. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Rahmonova M.O., O'rolov A.A., Rahmonova Z.O. “Xorazm-150” navli paxta tolasining elektrofizik xususiyatlarini tadqiq qilish // *Fizika fanining rivojida iste'dodli yoshlarning o'rni*

- (RIAK-XV) Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi ishlari to'plami 2-TOM. Toshkent. 2022, 22-23 aprel, b.127-128.
10. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Ismatova M.S., Rahmonova N.O. KMnO_4 bilan legirlangan «Kamolot-79» paxta navi tolalarining elektrofizik xususiyatlarini tadqiq qilish // Fizika fanining rivojida iste'dodli yoshlarning o'rni (RIAK-XV) Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi ishlari to'plami 2-TOM. Toshkent. 2022, 22-23 aprel, b. 212-214.
 11. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Nurmatova U.T. Yod bilan legirlangan bambuk poyasining elektrofizik xossalarini o'rganish // O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti. Yosh olimlar va fizik talabalarning II Respublika ilmiy anjumani (YOFTRIA- II) materiallari. Toshkent. 2022, 20-21 may, b. 68-71.
 12. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Alimardonov Sh.A. Study on electrical conductivity in KMnO_4 -doped "Komolot-79" variety of cotton fibers // Islom karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, fotoenergetikada nanostrukturali yarimo'tkazgich materiallar, III-Xalqaro ilmiy anjumani ma'ruzalar to'plami. Toshkent. 2022, 24-25 noyabr, b.68-71.
 13. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Alimardonov Sh. The research of the influence of γ - ^{60}Co gamma radiation on the electrophysical properties of "Komolot-79" cotton fibers // "O'zbekiston Milliy universitetining ilm-fan rivoji va jamiyat taraqqiyotida tutgan o'rni" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Toshkent. 2023, 12 may, b.251-253.
 14. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M., Alimardonov Sh.A. γ - ^{60}Co -nurlanishini bambuk tolalarining elektrofizik xossalariga tasirini tadqiq qilish // Yarimo'tkazgich mikro va nanostrukturalarda optik va fotoelektrik hodisalar mavzusidagi VI-Xalqaro anjuman. Farg'ona. 2023, 28-30 sentyabr, b.118-120.
 15. Mamadalimov A.T., Xakimova N.K., Norbekov Sh.M. "Xorazm-150" navli paxta tolalarining elektrofizik xossalarini tadqiq qilish // Zamonaviy fizikaning fundamental va amaliy muammolari xalqaro konferensiya materiallari. Toshkent. 2023, Oktyabr 19-21, b.75-77.

Avtoreferat « Til va adabiyot ta'limi» jurnali tahririyatida tahrirdan o'tkazilib,
o'zbek, rus va ingliz tillaridagi matnlar o'zaro muvofiqlashtirildi.

Bosmaxona litsenziyasi:



9338

Bichimi: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» garniturası.
Raqamli bosma usulda bosildi.
Shartli bosma tabog'i: 3,5. Adadi 100 dona. Buyurtma № 32/24.

Guvohnoma № 851684.
«Tipograff» MCHJ bosmaxonasida chop etilgan.
Bosmaxona manzili: 100011, Toshkent sh., Beruniy ko'chasi, 83-uy.