

ЛАЗЕР НУРИ ЁРДАМИДА ТРАНСФОРМАТОР МОЙИНИ ДЕФОРМАЦИОН ҚУТБЛАНИШИНИ АНИҚЛАШ

Неъматжонов Шухратжон Рустамжон ўғли¹

Тўхтаралиев Аҳаджон Шавкат ўғли²

Орифжанова Гулзода Рашиданжон қизи³

Набижонов Миржалол Ҳамидулло ўғли⁴

¹Наманган муҳандислик-технология институти, таянч докторант

²Наманган тўқимачилик саноат институти, ассистент

³Янги Наманган тумани 59-умумий ўрта таълим мактаби, физика ўқитувчиси

⁴Наманган муҳандислик-технология институти, талаба

Аннотация. Ишда Ўзбекистон Республикасида биринчи марта маҳаллий ҳом ашё асосида яратилган ТРМ-3 трансформатор мойини дипол моменти ва қутбланувчанлик қийматлари аниқланган. Молекуляр қутбланишини ташкил этувчиларни аниқлаш услубияти ёритилган.

Калит сўзлар: ТРМ-3, дипол моменти, қутбланувчанлик, стандарт частота, деформация.

Аннотация. В работе приводятся экспериментальные результаты по определению дипольного момента и поляризуемости трансформаторной масла ТРМ-3 разработанной впервые в институте химии Республики Узбекистан, на местной сирьевой основе. Описана методика измерения составляющих частей молекулярной поляризации в слабо полярных молекулах.

Ключевые слова: ТРМ-3, дипольный момент, поляризация, стандартная частота, деформация

Annotation. The paper presents experimental results on the determination of the dipole moment and polarizability of TRM-3 transformer oil, developed for the first time at the Institute of Chemistry of the Republic of Uzbekistan, on a local sirium basis. A technique for measuring the constituent parts of molecular polarization in polar molecules is described.

Keywords: TRM-3, dipole moment, polarization, standard frequency, deformation

Республикамизда электр энергиялари манбаларини ривожлантирилиши кўплаб турдаги электротехник трансформаторлар ва уларни бутловчи элементларни талаб этади. Жумладан четдан олинадиган трансформатор мойлари кўп миқдорда ишлатилади. Шу маънода импорт ўрнини босувчи трансформатор мойларини маҳаллий нефть ашёлари асосида яратилиши ўта долзарб саналади. Бу борада Умумий ва ноорганик кимё институтида профессор Б.Н.Ҳамидова раҳбарлиги остида илмий изланишлар олиб борилиб муайян ютуқларга эришилган. Жумладан биринчи марта маҳаллий ашёлар асосида кўплаб параметрлари бўйича хорижий аналогларидан қолишмайдиган ТРМ-3 трансформатор мойи яратилди.

Маълумки, доим янги яратилган маҳсулот параметрларини стандарт талабларга мослигини текшириш муҳим вазифалардан саналади. Ушбу иш параметрлардан ТРМ-3 мойини дипол моменти ва қутбланувчанлигини

аниқлашга қаратилган.

Маълумки, электр майдонида диэлектрикни ҳар бир молекуласи маълум йўналишга эга диполдан иборат бўлиб қолади. Марказий молекула атрофидаги майдон таъсирида молекулада майдонга пропорционал ҳолда дипол моменти юзага келади

$$\vec{p} = \alpha \epsilon_0 F \quad (1)$$

бу ерда α -молекуланинг кутбланувчанлиги, ϵ_0 -электр доимийси F -ташқи майдон кучланганлиги

Қутбланувчанлик бир бирлик электр майдон кучланганлигида индукцияланган дипол моментини билдиради. Бирлик ҳолидаги электр момент

$$P = N \alpha F \quad (2)$$

бу ерда N - бирлик ҳолидаги молекулалар сони.

Диэлектрикни ташқи электр майдонига киритилганда молекулада эффектив электрик дипол моментлари ҳосил бўлишини уч хил механизми мавжуд бўлиб [1], улардан биринчиси электр майдонда атом ёки молекуладаги электрон булутни ўз ядросига нисбатан маълум масофага силжишидан иборат. Бундай кутбланишни жуда тез 10^{-15} сек ватдаёқ шакллана олади. Яни инертлик йўқ. Электр майдонни ҳатто 10^{15} Г частотадаги тебранишига ҳам мос ҳолда кутблана олади. Бундай кутбланиш барча диэлектрикларда кузатилади. Сферик ҳажми тўлдирилган диэлектрик электрон кутбланишини қуйдагича ёзиш мумкин:

$$\alpha_e = 4\pi r^3 \quad (3)$$

r - сфера радиуси.

Электрон кутубланишлар одатда 10^{-29} м³ тартибида бўлади.

Иккинчиси атом кутубланиш бўлиб, у одатда гетера атомли молекулаларда кузатилади. Бунда атомларнинг ҳар хил электроманфийликка эгалигидан электрон зичликни катта тақсимоли рўй беради. Ядроларар масофа ўзгариб дипол елкаси ортади. Натижада атом кутбланиши рўй бериб индукцияланган дипол юзага келади. Атом кутбланиш 10^{-30} м³ атрофида бўлиб, электрон кутбланишда бир тартибга кичик. Шунингдек атом кутбланишни юзага келиш тезлиги электрон кутбланишидан кичик. Шунинг учун юқори частоталарда масалан ультрабинафшада бу кутбланишни ҳисобга олмасам ҳам бўлади. Унга юқори бўлмаган температураларда яъни электрон зичлик ва атомлараро таъсир кучларини доимий ўзгармас деб қараш мумкин бўлганда электрон ва атом кутбланиш температурага боғлиқ бўлмайди. Ҳар иккиси электр майдон таъсирида электрон ядро тизимини деформацияланиш туфайли юзага келиб уларни йиғиндисига дефарматсион кутбланиш дейилади.

$$\alpha_d = \alpha_e + \alpha_a \quad (4)$$

Учунчиси диполар ўзаро электр таъсир кучларини ташқи майдон билан

таъсири натижасида ҳар бир дипол майдон бўйлаб йўналиш олишга интилади. Лекин иссиқлик харақати диполар йўналиш олишига тўсқинлик қилади. Бу икки факторни биргаликдаги таъсири натижасида диполларни қандайдир мувозанатли тақсимоти ўрнатилиб у майдон бўйлаб йўналиш олишга кўпроқ мойил бўлиб тақсимланади, диполларни вектор йиғиндиси $\sum \vec{\mu}_i$ нольдан фарқли бўлади. Бу ҳолатни йўналишли қутбланиш дейилади. Кучсиз қутбли молекулаларни йўналишли қутбланишини α_0 ортиқча диполлар концентрацияси орқали таснифлаш мумкин. У Болтсман тақсимотига мос ҳолда тақсимланади, уни қаторга ёйиб сўнгра бирлик ҳажмдаги зарралар сонига кўпайтириб электр моментини қуйдагича ёзиш мумкин:

$$P = \frac{N\mu^2 F}{3kT\epsilon_0} \quad \langle \mu \rangle = \alpha_0 \epsilon_0 F \quad (5)$$

Шунингдек

$$P = N\alpha_0 F \quad (6)$$

эканидан уларни тенглаб қуйдагини ёзамиз:

$$\alpha_0 = \frac{\mu^2}{3kT\epsilon_0} \quad (7)$$

$\mu F \ll kT$ ҳолларда йўналишли қутбланиш α_0 температурага тесқари пропорционал бўлади.

Йўналишли қутбланиш инертсияли саналади. Шунинг учун доимий ёки секин ўзгарувчан электр майдонларда унинг улиши салмоғли бўлиб, юқори частоталарда ҳисобга олмаса ҳам бўлади [2].

Қутбли молекулаларда қутбланишни ҳар учта механизми (иккита деформатсион ва битта йўналишли) бир вақтда намоён бўлади.

$$P = P_e + P_a + P_0; \quad (8)$$

$$\alpha = \alpha_e + \alpha_a + \alpha_0;$$

$$P = N\alpha_e F + N\alpha_a F + NF \frac{\mu^2}{3kT\epsilon_0} \quad (9)$$

$$\alpha_e + \alpha_a = \alpha_d$$

Қутбли суюқликларда қутбсиз молекулаларда ҳисобланган молекулага таъсир этувчи Лорентс томонидан ҳисобланган майдондан фарқли равишда қўшимча йўналишли қутбланувчанликка эга бўлади. Суюқликнинг ҳар бир молекуласи ташқи майдондан ташқари қўшни молекулалар майдонида ҳам бўлиб уларни йўналиши мос равишда ўзгариб боради.

Бирлик ҳажмдаги йўналишли қутбланиш (7) ни (9) га қўйиб қуйдагини оламиз.

$$P = \left(\alpha_d + \frac{\mu^2}{3kT\epsilon_0} \right) NF \quad (10)$$

Электростатик назария бўйича ҳисоблашлардан кўрсатилишича

$$F = \left(\frac{\epsilon + 2}{3} \right) E; \quad (11)$$

$$P = (\varepsilon - 1)\varepsilon_0 E, \quad (12)$$

бу ерда F-локал электр майдон кучланганлиги, E-диэлектрикдаги ўртача макроскопик электр майдон.

Уларни (10) га кўйиб бирлик ҳажмда қуйдагини оламиз:

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} = \frac{N}{3\varepsilon_0} \left(\alpha_d + \frac{\mu^2}{3kT} \right) \quad (13)$$

Ҳар икки томонни $\frac{M}{\rho}$ га кўпайтириб грам мол учун Клазиус-Мосотти-Дебая формуласини оламиз

$$\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{N_A}{3\varepsilon_0} \left(\alpha_d + \frac{\mu^2}{3kT} \right) \quad (14)$$

Бу ерда $N_A = \frac{N}{\rho} M$ Авагадро сони [3].

(14) формуладан модданинг оптик хоссалари ва электрон тузилиши ҳақида муҳим муносабат келиб чиқади. Максвелнинг электромагнит назариясига кўра ўта юқори частоталарда муҳитнинг синдириш кўрсаткичи билан диэлектрик сингдирувчанлик ўзаро қуйдагича боғланган:

$$\varepsilon = \varepsilon_\infty = n^2 \quad (15)$$

Оптик 10^{15} - 10^{16} Гц частоталарда электрон қутбланишдан ташқари барча турдаги қутубланишлар нольга тенг ва электрон қутбланиш ҳисобга олинмайди ҳолос. Шунинг учун (14) формуладан молекуляр рефракция ифодасини оламиз:

$$R = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho} = \frac{N_A}{3\varepsilon_0} \alpha_e, \quad (16)$$

Кучсиз қутбланган молекуляр учун деформатсион қутбланишни қуйдагича оламиз:

$$\alpha_d \cong 1,05 \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \cdot \frac{M}{\rho} \cdot \frac{3\varepsilon_0}{N_A}, \quad (17)$$

Бу ерда атомли деформация деформатсион қутбланишни 5%фоизини ташкил этади дейиш мумкин.

Ушбу ишда кучсиз қутбланган молекулали трансформатор мойини қутбланувчанлиги ва дипол моментини тажрибада диэлектрик сингдирувчанликни температурага боғланишидан олинган натижалар асосида (14) формула ёрдамида аниқланди. Чунки бу формулани чиқаришда Лорентсн ички майдон учун ифодаси ҳисобга олинган. Диэлектрик сингдирувчанликни [5] ишдагидек конденсатор сиғимини ўлчаш усуллардан фойдаланилди.

(14) тенгламани қуйдагича ифодалаш мумкин:

$$P = A + B/T, \quad (18)$$

бу ерда A-температурага боғлиқ бўлмаган деформатсион қутбланиш

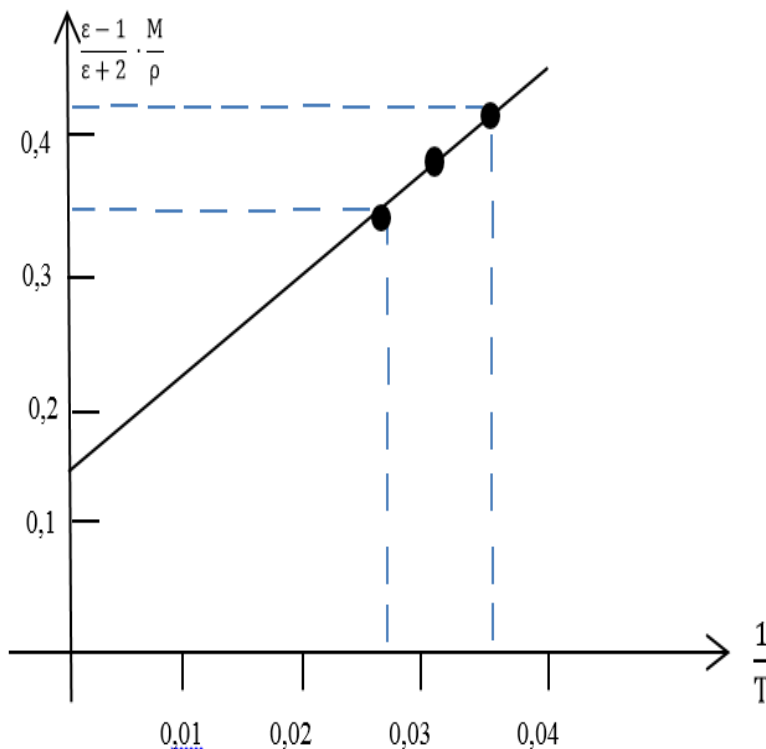
$$A = \frac{N_A}{3\varepsilon_0} \alpha_d ;$$

$\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon+2} \cdot \frac{M}{\rho}$ ни $\frac{1}{T}$ га боғланиши $\frac{1}{T}$ ўққа нисбатан бурчакн тангенсига эга тўғри чизикни беради

$$\alpha \sim \frac{N_A \mu^2}{9\varepsilon_0 kT} . \quad (19)$$

Молекулани моляр массаси инфра қизил спектраскопия ўлчашларидаги компонентларни интегсивликка мос фоизлардан аниқланди.[6]

Ўлчашлар (20-100)⁰С температуре оралиғида бажарилиб, натижалар 1-расмда келтирилган



1-расм ТРМ-3 мойини молекуляр қутбланишини $\frac{1}{T}$ га боғланиши

Деформатсияли қутбланишни электронли қутбланиш қисми (17) формула ёрдамида тажрибадан аниқланган мойни синдириш кўрсаткичи қиймати орқали аниқланди. Синдириш кўрсаткич бевосита $\lambda = 0,63\mu\text{m}$ тўлқин узунликдаги лазер нури ёрдамида ўлчанди. Одатда деформатсион қутбланиш электрон қутубланишни 1.05 қисмига тенг бўлади. Яъни атом қутубланиш электрон қутубланишни 5 фоизига тенг бўлади.

Қуйдаги ҳисоблашлардан фойдаланиб

$$\frac{N_A \mu^2}{9\varepsilon_0 k} = \text{tg}\beta = B , \quad \mu = 3 \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k B}{N_A}} ,$$

$$\mu = 3 \sqrt{\frac{\varepsilon_0 k}{N_A}} \cdot \sqrt{B} = 4,27 \cdot 10^{-29} \sqrt{B} \text{ kl}\cdot\text{m}$$

Тажриба натижалардан $B=2,1 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{mol} \text{ grad},$

$$\mu=3 \sqrt{\frac{\epsilon_0 k_B}{N_A}}=1,7 \cdot 10^{-30} \text{ kl}\cdot\text{m}$$

Йўналишли қутбланиш эса

$$\alpha_0 = \frac{\mu^2}{3kT\epsilon_0} = 3 \cdot 10^{-29} \text{ м}^{-3}$$

Тажрибада ўлчанган $n=1,41$ қийматни (17) га қўйиб деформатсион қутбланиш аниқланди.

$$\alpha_d = 1,05 \frac{n-1}{n+2} \cdot \frac{\mu}{\rho} \cdot \frac{3\epsilon_0}{N_A} = 13 \cdot 10^{-43} \text{ m}^2 f = 1,05 \cdot 13 \cdot 9 \cdot 10^{-43} \text{ m}^2 \text{m} = 1,3 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

Шундай тарзда ТРМ-3 учун тажрибада аниқланган барча турдаги аниқланган барча турдаги қутбланишлар ва дипол моменти қийматлари ўртача стандарт жадвалдаги натижаларга яхши мос келиши кузатилди[7]. Бундан ТРМ-3 мойи стандарт частоталарда ортиқча исрофсиз ишлаши мумкинлиги кўринади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.

1. Bozorov, Kh N., O. O. Mamatkarimov, and B. T. Abdulazizov. "Electric and ionic conductivity of potassium antimony tungstate with addition of alkali metals." *«Узбекский физический журнал»* 24.2 (2022): 129-132.
2. Uktamaliyev, B. I., et al. "Determination of transport properties for polymer electrolytes containing LiTf and MgTf2 salts." *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 763.1 (2023): 17-27.
3. Mamatkarimov, O. O., R. Khamidov, and A. Abdugarimov. "The relative current change, concentration, and carrier mobility in silicon samples doped nickel and at pulse hydrostatic pressure." *Materials Today: Proceedings* 17 (2019): 442-445.
4. Uktamaliyev, B. I., et al. "Determination of transport properties for polymer electrolytes containing LiTf and MgTf2 salts." *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 763.1 (2023): 17-27.
5. Mamatkarimov, O., B. Uktamaliyev, and A. Abdugarimov. "Temperature dependence of active and reactive impedances of ПММА-ЕС-LITF2 solid polymer electrolytes." *НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НОВОГО УРОВНЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ* (2022): 366.
6. Manjuladevi, R., et al. "Preparation and characterization of blend polymer electrolyte film based on poly (vinyl alcohol)-poly (acrylonitrile)/MgCl 2 for energy storage devices." *Ionics* 24 (2018): 1083-1095.
7. Mamatkarimov, O., A. Abdugarimov, and B. Uktamaliyev. "ABOUT THE CHARACTERISTICS OF MULTILAYER THIN-FILM STRUCTURES WITH DYES BASED ON TITANIUM DIOXIDE." *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering* 3.40 (2021): 26-29.
8. Odiljon, Mamatkarimov, Uktamaliyev Bekzod, and Abdullaziz Abdugarimov. "Determination of ionic conductivity of polymer electrolytes in li-ion batteries using electrochemical impedance spectroscopy." *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal* 11.7 (2021): 141-146.
9. Ikramov, R. G., et al. "Calculation of the interband absorption spectra of amorphous semiconductors using the Kubo-Greenwood formula." *Journal of Applied Science and Engineering* 25.5 (2021): 919-924.
10. Ikramov, Rustamjon G., et al. "Calculation of the Density of the Distribution of Electronic States in the Conduction Band from the Fundamental Absorption Spectra of Amorphous Semiconductors." *East European Journal of Physics* 4 (2023): 153-158.
11. Ikramov, Rustamjon G., et al. "Dangerous Bonds Individual of Hydrogenated Amorphous Silicon and Defect Absorption Spectra." *East European Journal of Physics* 4 (2023): 244-250.

12. Абдулазизов, Б. Т., et al. "Дефекты, характерные для гидрогенизированных аморфных полупроводников, и спектры дефектного поглощения." *«Узбекский физический журнал»* 25.3 (2023).
13. Ikramov, R. G., et al. "Kubo-greenwood Formula For The Exponential Absorption Region Of Amorphous Semiconductors And Distribution Of The Density Of Electronic States In The Tail Of The Conduction Band." *Journal of Applied Science and Engineering* 26.8 (2022): 1167-1171.
14. Абдулазизов, Б. Т., et al. "Область экспоненциального поглощения аморфных полупроводников." *«Узбекский физический журнал»* 24.2 (2022): 96-99. Икрамов, Рустамжон, et al. "СПЕКТРЫ КОЭФФИЦИЕНТА ДЕФЕКТНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ АМОРФНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ." *Scientific Collection «InterConf»* 107 (2022): 409-420.
15. Муминов, Х. А., Б. Султонов, and О. Т. Холмирзаев. "РАСЧЕТ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРОННЫХ СОСТОЯНИЙ В ВАЛЕНТНОЙ ЗОНЕ ИЗ СПЕКТРА МЕЖЗОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ АМОРФНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ." *EDITOR COORDINATOR* (2021): 384.
16. Икрамов, Рустамжон, et al. "СПЕКТРЫ КОЭФФИЦИЕНТА ДЕФЕКТНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ АМОРФНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ." *Scientific Collection «InterConf»* 107 (2022): 409-420.
17. Maxmudovich, To'xliyev Mansur. "PAST POTENSIALLI QUYOSH QURITGICHLARNI SAMARADORLIGINI OSHIRISH." *Educational Research in Universal Sciences* 1.6 (2022): 79-86.
18. Yusupov, Elmurod Kuchkarboyevich. "STUDYING PROPERTIES OF ROTATIONAL STATES ^{156}Gd ."
19. Байматов, П. Ж., et al. "ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА ТЕПЛОЕМКОСТЬ КВАЗИДВУМЕРНОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА." *«Узбекский физический журнал»* 20.6 (2018).
20. Ravshanjon o'g, G'aybullayev Dostonbek. "QUYOSH ENERGIYASI VA UN DAN FOYDALANISH." *O'ZBEKISTONDA FANLARARO INNOVATSIYALAR VA ILMIY TADQIQOTLAR JURNALI* 2.19 (2023): 1574-1576.
21. Ikramov, Rustamjon G., et al. "Calculation of the Density of the Distribution of Electronic States in the Conduction Band from the Fundamental Absorption Spectra of Amorphous Semiconductors." *East European Journal of Physics* 4 (2023): 153-158.
22. Ikramov, Rustamjon G., et al. "Dangerous Bonds Individual of Hydrogenated Amorphous Silicon and Defect Absorption Spectra." *East European Journal of Physics* 4 (2023): 244-250.
23. Ikramov, R. G., et al. "Kubo-greenwood Formula For The Exponential Absorption Region Of Amorphous Semiconductors And Distribution Of The Density Of Electronic States In The Tail Of The Conduction Band." *Journal of Applied Science and Engineering* 26.8 (2022): 1167-1171.
24. Ikramov, Rustamzhon Gulomzhonovich, Mashkhura Anvarbekovna Nuriddinova, and Xurshid Adhamjon Muminov. "A new method for determining the density distribution of electronic states on the tail of the valence band of amorphous semiconductors $\text{Se}_{-x}\text{S}_{1-x}$." *Optics and spectroscopy* 129.11 (2021): 1382-1386.
25. Икрамов, Р. Г., М. А. Нуриддинова, and Х. А. Муминов. "Вычисление плотности электронных состояний в валентной зоне из экспериментального спектра межзонного поглощения аморфных полупроводников." *Журнал прикладной спектроскопии* 88.3 (2021): 378-382.
26. Икрамов, Рустамжон Гуломжонович, Машхура Анварбековна Нуриддинова, and Хуршид Адхамжон угли Муминов. "Новый метод определения распределения плотности электронных состояний в хвосте валентной зоны аморфных твердых растворов $\text{Se}_{-x}\text{S}_{1-x}$." *Оптика и спектроскопия* 129.11 (2021): 1382-1386.
27. Ikramov, Rustam, et al. "Temperature Dependence of Urbach Energy in Non-Crystalline Semiconductors." *Optics and Photonics Journal* 10.9 (2020): 211-218.
28. Абдулазизов, Б. Т., et al. "Расчет распределения плотности электронных состояний в хвосте зоны проводимости аморфных полупроводников." *«Узбекский физический журнал»* 22.6 (2020): 344-349.
29. IKRAMOV, RUSTAM GULOMJONOVICH, MASHXURA ANVARBEKOVNA NURIDDINOVA, and KHURSHID ADHAMJON UGLI MUMINOV. "Parameters defining the interzonal absorption coefficient in amorphous semiconductors." *Journal of Applied Physical Science International* 12.1 (2021): 36-40.
30. Ikramov, R. G., M. A. Nuriddinova, and R. M. Jalalov. "Density of defect states and spectra of defect absorption in a-Si: H." *Ukrainian journal of physics* 64.4 (2019): 315-315.

31. Ikramov, R. G., M. A. Nuriddinova, and A. Muminov Kh. "Spectra of the coefficient of defect absorption and the energy position of defects in amorphous hydrogenated silicon." *International Journal of Multidisciplinary Trends* 1.1 (2019): 12.
32. Zaynobidinov, S., et al. "Infra-red absorption spectra of amorphous semiconductors." *Uzbekiston Fizika Zhurnali* 21.2 (2019): 88-92.
33. Ikramov, R. G., M. A. Nuriddinova, and A. Muminov Kh. "Spectra of the coefficient of defect absorption and the energy position of defects in amorphous hydrogenated silicon." *International Journal of Multidisciplinary Trends* 1.1 (2019): 12.
34. ZAYNOBIDINOV, S., et al. "Spectra of interband absorption and optical gap of amorphous semiconductors; Spektry mezhzonnogo pogloshcheniya i opticheskaya shchel'amorfnykh poluprovodnikov." *Uzbekiston Fizika Zhurnali* 15 (2013).
35. Zainobidinov, S., et al. "Distribution of electron density of states in allowed bands and interband absorption in amorphous semiconductors." *Optics and spectroscopy* 110 (2011): 762-766.
36. Zajnobidinov, S., et al. "Dependence of the Urbach energy on the Fermi level in A-Si: H films; Zavisimost'ehnergii Urbakha ot urovnya Fermi v plenkakh a-Si: H." *Ukrayins' kij Fyizichnij Zhurnal (Kyiv)* 53 (2008).
37. Zajnovidinov, S., et al. "Temperature effect in absorption spectra of amorphous semiconductors; Temperaturnyj ehffekt v spektrakh pogloshcheniya amorfnykh poluprovodnikov." *Ukrayins' kij Fyizichnij Zhurnal (Kyiv)* 53 (2008).
38. Qo'chqarov, B. X., A. Nishonov, and X. O. Qochqarov. "Scientific bulletin of Namangan State University,“." *The effect of tunneling gurrent on the spedd surface generation of charge garries* 1.7 (2020): 3-6.
39. Qo'chqarov, Bekzod Xoshimjonovich, Azizbek Nishonov, and Xoshimjon Ortiqovich Qo'chqarov. "The effect of tunneling current on the speed surface generation of charge carriers." *Scientific Bulletin of Namangan State University 2019y* 1.7 (2009): 3-6.
40. Usmanov, P. N., A. I. Vdovin, and A. N. Nishonov. "Investigating the Energies and Electrical Characteristics of the Negative Parity States of the 156Gd Nucleus." *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics* 86.8 (2022): 918-923.
41. Усманов, П. Н., et al. "Энергия и структура октупольных состояний ядра 238U." *«Узбекский физический журнал»* 24.2 (2022): 90-95.
42. Arof, A. K., et al. "Investigation on morphology of composite poly (ethylene oxide)-cellulose nanofibers." *Materials Today: Proceedings* 17 (2019): 388-393.
43. Abdukarimov, Abdullaziz, et al. "Characteristics of dye-sensitized solar cells (DSSCs) using liquid and gel polymer electrolytes with tetrapropylammonium salt." *Optical and Quantum Electronics* 52 (2020): 1-15.
44. Abdukarimov, Abdullaziz, et al. "Influence of charge carrier density, mobility and diffusivity on conductivity–temperature dependence in polyethylene oxide–based gel polymer electrolytes." *High Performance Polymers* 34.2 (2022): 232-241.
45. Kuchkarov, B. H., et al. "Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure." *American Institute of Physics Conference Series*. Vol. 2432. No. 1. 2022.
46. Uktamaliyev, B. I., et al. "Determination of transport properties for polymer electrolytes containing LiTf and MgTf2 salts." *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 763.1 (2023): 17-27.
47. Mamatkarimov, O. O., R. Khamidov, and A. Abdukarimov. "The relative current change, concentration, and carrier mobility in silicon samples doped nickel and at pulse hydrostatic pressure." *Materials Today: Proceedings* 17 (2019): 442-445.
48. Uktamaliyev, B. I., et al. "Determination of transport properties for polymer electrolytes containing LiTf and MgTf2 salts." *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 763.1 (2023): 17-27.
49. Abdukarimov, A. A., et al. "Dependence of the characteristics of dye-sensitized solar cells on amount tetrapropylammonium iodide." *«Узбекский физический журнал»* 22.4 (2020): 250-253.
50. Sultanov, A. M., A. A. Abdukarimov, and M. Z. Kufian. "Development of technology for creating high-voltage p0–n0 junctions based on GaAs." *Bulletin of the Karaganda University" Physics Series"* 112.4 (2023): 50-56
51. Abdukarimov, A. A., et al. "Characteristics of natural dye sensitized solar cells." *Molecular Crystals and Liquid Crystals* 767.1 (2023): 98-105.
52. Mamatkarimov, O., B. Uktamaliyev, and A. Abdukarimov. "Temperature dependence of active and reactive impedances of PMMA-EC-LITF2 solid polymer electrolytes." *НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ*

- ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НОВОГО УРОВНЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ (2022): 366.
53. Manjuladevi, R., et al. "Preparation and characterization of blend polymer electrolyte film based on poly (vinyl alcohol)-poly (acrylonitrile)/MgCl₂ for energy storage devices." *Ionics* 24 (2018): 1083-1095.
 54. Mamatkarimov, O., A. Abdugarimov, and B. Uktamaliev. "ABOUT THE CHARACTERISTICS OF MULTILAYER THIN-FILM STRUCTURES WITH DYES BASED ON TITANIUM DIOXIDE." *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering* 3.40 (2021): 26-29.
 55. Yakubbaev, A. A., A. Abdugarimov, and S. H. Nazarov. "Application of pincents of spinal leaf (chlorophylle) as a natural die for paint sensitive sun element (DSSC)." *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal* 11.8 (2021): 185-188.
 56. Odiljon, Mamatkarimov, Uktamaliyev Bekzod, and Abdullaziz Abdugarimov. "Determination of ionic conductivity of polymer electrolytes in li-ion batteries using electrochemical impedance spectroscopy." *ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal* 11.7 (2021): 141-146.
 57. Mamatkarimov, O., and A. Abdugarimov. "ABOUT THE CHARACTERISTICS OF MULTILAYER THIN-FILM STRUCTURES WITH DYES BASED ON TITANIUM DIOXIDE." *Euroasian Journal of Semiconductors Science and Engineering* 2.3 (2020): 28.
 58. Abdugarimov, A. A. "UDK: 621.315. 592 MAIN ELECTROPHYSICAL CHARACTERISTICS OF DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS (DSSCS)." *атты V Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция.*
 59. Корольков, В. И., and Александр Владимирович Рожков. "Исследование стабильности переключения высоковольтных субнаносекундных фотонно-инжекционных коммутаторов." *Письма в Журнал технической физики* 18.10 (1992): 26-31.
 60. Sultanov, A. M., E. K. Yusupov, and R. G. Rakhimov. "Investigation of the Influence of Technological Factors on High-Voltage p₀-n₀ Junctions Based on GaAs." (2024).
 61. Avrutin, E. A., Korol'Kov, V. I., ORLOV, B., Rozhkov, A. V., & Sultanov, A. M. (1992). Dynamic characteristics of high-power pulses generated in GaAs/AlGaAs superluminescent diodes. *Soviet physics. Semiconductors*, 26(4), 403-406.
 62. Sultanov, A. M., & Mirzarayimov, J. Z. (2024). MAIN TECHNOLOGICAL FACTORS AFFECTING THE PROPERTIES OF LOW-DOPED LAYERS AND TRANSISTOR n⁺-p₀-n₀ STRUCTURES. *European Journal of Emerging Technology and Discoveries*, 2(3), 41-47.
 63. Султанов, А. М., and Ж. З. Мирзарайимов. "ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФОТОННО-ИНЖЕКЦИОННЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ТИРИСТОРОВ ДЛЯ МОДУЛЯЦИИ УСИЛЕНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ГЕТЕРО ЛАЗЕРОВ." *Multidisciplinary Journal of Science and Technology* 4.3 (2024): 577-583.
 64. Рожков, А. В., А. М. Султанов, and Х. Бозоров. "ГЕТЕРОПЕРЕХОДЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКЕ." *И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ ФИЗИКИ FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF MODERN PHYSICS* (2023): 115.