

POLIMERLARDA KVANT CHIQISHI

Kamolova Muhabbatxon Muhiddin qizi

Farg'ona davlat universiteti o'qituvchisi, Farg'ona, Uzbekistan

e-mail: muhabbatxonkamolova@gmail.com

Annotatsiya. Maqolada polimer yarimo'tkazgichlarda yutilish spektrini uzun to'lqin metodi bilan kengaytirish va elektron-lokal xolatlarini hisoblash ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: elektron lokal holat, uzun to'lqin metodi, yutilish spektri, fotogeneratsiya, elektrofotografiya.

Квантовый эффект в полимерах

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы расширения спектра поглощения полимерных полупроводников методом длинных волн и вычислены электронно-локальные состояния.

Ключевые слова : электронно-локального состояние, метод длинных волн фотогенерация, электрофотография, спектор поглошения.

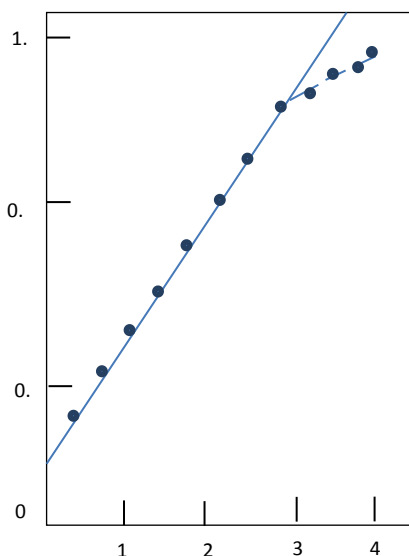
Quantum effect in polymers

Abstract. This article considered expansion of the absorption spectrum of polymeric semiconductors by wavelength method and electron localized states were calculated.

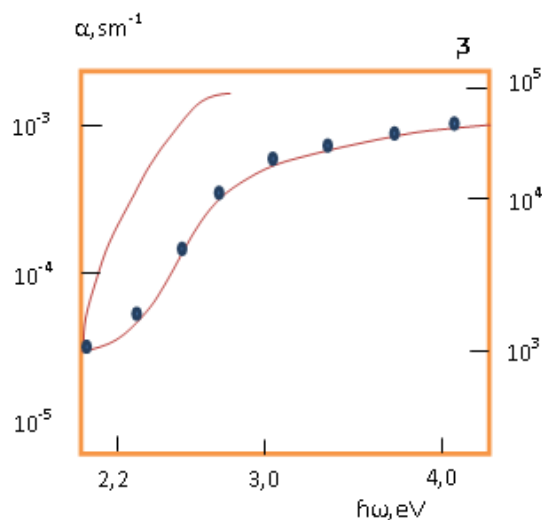
Key words: electron local state, the method of long waves photogeneration, electrophotography, spectrum of absorption.

KIRISH

Hozirgi kunda yarimo'tkazgich xususiyatga ega bo'lgan yarimo'tkazgichlarning tipik vakili bo'lmish polimer yarimo'tkazgichlarning xususiyatlarini o'rganishga qiziqish ilm ahli o'rtasida keskin ortib bormoqda chunki bunday moddalar xalq-xo'jaligining turli sohalarida qo'llanilishi amalga oshirilmoqda, demak bunday moddalarning o'ziga xos xususiyatini, ayniqsa fotogeneratsiya jarayonini aniqlash muhimdir.



Rasm-1. Kvant chiqishning maydonga bog'liqligi PVK uchun keltirilgan (1000 eV energiyadagi ionlar juftligi soni \bar{z}) maydon energiyasi ortishi bilan \bar{z} ortib boradi va maydon qiymati $2 \cdot 10^5 V \cdot sm^{-1}$ dan ortganda teskari bog'lanish amalga oshadi.



Rasm-2. \bar{z} kvant chiqishi spektri va yutilish spektri Polidifenilbutadidan tayyorlangan namuna uchun keltirilgan.

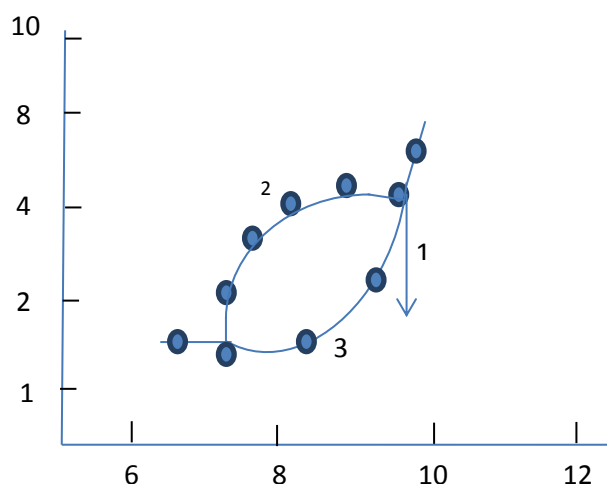
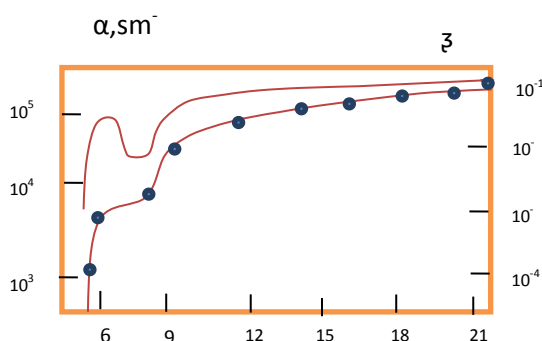
Polimer yarimo'tkazgichlarning tipik vakili polivinil -N- karbazolda (PVK) kvant chiqishi kuchli yutilish sohasida (ultrabinafsha) fotoo'tkazuvchanlikni maydon funksiyasi va haroratga bog'liqlik metodikasidan foydalanib aniqlanadi. Kvant chiqishi \bar{z} qo'yilgan maydonga $\exp(\gamma E^2)$ ko'rinishida bog'lanishga ega. $10^6 V \cdot sm^{-1}$ yuqori maydonda $\bar{z} 10^{-1}$ qiymatga yaqinlashadi.

Xajmiy yutilishga nisbatan rentgen nurlari diapazoniga qaraganda ultrabinafsha sohasidagi maydon bog'lanishi ma'lum darajada kuchli bog'lanishga ega. Kuchsiz maydonda maydonning eksponensial bog'lanishi haroratli juftlangan ionizatsiyani yuzaga kelishi hisobiga amalga oshadi. Impulsi rentgen nurlanish ta'sirida PVK dagi tashuvchilarning kvant chiqishi (rasm-1) da ko'rsatilgan. Tajriba natijalari Onzagerning qo'zg'algan elektron-kovak juftligining juftlashgan rekombinatsiya modeli asosida tushuntiriladi. Modelga asosan r_0 masofadagi elektron-kovak juftligining qo'zg'algan holatidagi boshlang'ich holatda ajralishi va keyinchalik qo'yilgan maydon va Kulon maydoni ta'sirida tashuvchilar juftligi diffuziyasi amalga oshadi. Maydon ortib borishi bilan elektron-kovak juftligining ehtimolligi ortib boradi, natijada erkin tashuvchilar soni \bar{z} ortadi. Kattaligi quyi maydonlarda \bar{z} ning approksimatsiyasi quyidagi tenglamadan topiladi.

$$\xi = \xi_0 \left[\exp\left(-\frac{e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 k T r_0}\right) \right] \left[1 + \frac{e^3}{8\pi\epsilon\epsilon_0 k^2 T^2} E \right]$$

Bu yerda ξ_0 - yuqori maydondagi kvant chiqishi, e -elektron zaryadi, ϵ - dielektrik singdiruvchanlik, E - qo'yilgan maydon. ξ ni E ga chiziqli bog'lanishida $\frac{e^3}{8\pi\epsilon\epsilon_0 k^2 T^2}$ xarakteristik nisbat ham ishtirok etadi. PVK uchun bu nisbat $3.6 \cdot 10^{-5} V^{-1} \cdot sm$ bo'ladi va nazariy ma'lumotlarga juda yaxshi mos keladi. r_0 ning boshlang'ich bo'limi qiymati 62\AA . Poliatsetilen (rasm-2) va polimerlarning qatorining amorf holati (rasm-3) uchun ξ xarakterga ega bo'lib $\hbar\omega$ ga bog'liq bo'ladi va E hamda T ortishi bilan ortib boradi. Polidifenilbutadin (PDFB) ξ ning eng katta qiymati molekulyar kristallar kattaligi tartibiga mos keladi. Kristallarda $\hbar\omega$ 3.5 marta ortganda (6 dan 21 eV gacha) ξ esa 5000 marta ortadi (100 % gacha).

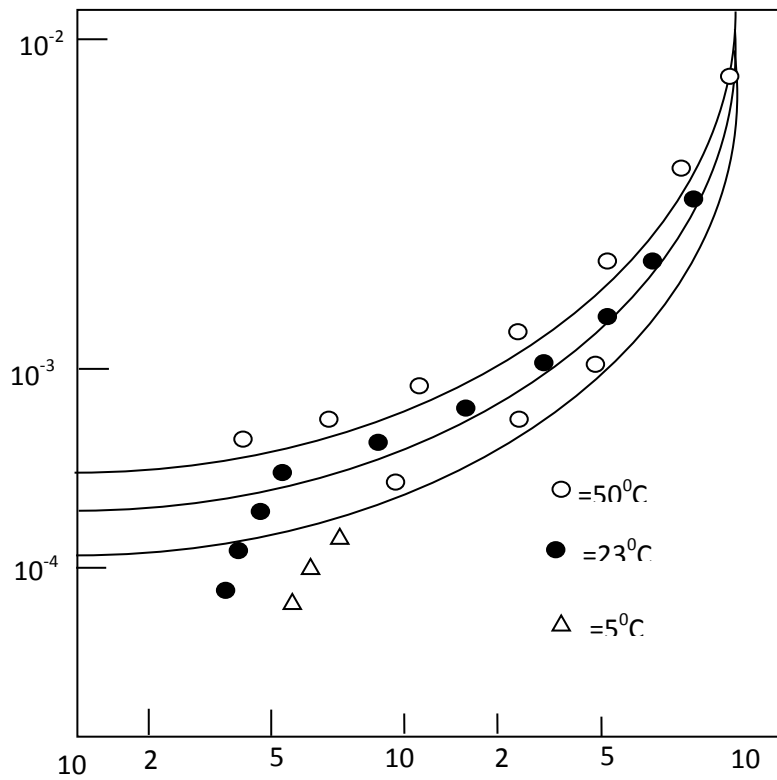
Eksitonlik yutilish nazariyasiga binoan ξ va yutilish koeffitsiyenti orasida korrelyatsiya yuzaga kelmaydi: ξ ning uchinchi chizig'ida esa maksimumga yaqinlashib ortib boradi. Antryauen va polistril uchun fotogensratsiya jarayonidagi eksitonga o'xshash samara kvant energiyasi uchun keng sohada yuzaga keladi, hatto 21 eV gacha. Polistral uchun kvant chiqishi maydonga bog'liq, har bir foton energiyasi alohida maydonga ega, bunda ξ bog'lanishi $\xi \sim \exp(E^{\frac{1}{2}})$ (rasm-4). Bu soha $\hbar\omega$ ortishi bilan kengayib boradi: Minimal chegarasi $\hbar\omega = 6.9 eV$, maksimal chegarasi $\hbar\omega = 10.8 eV$ ga teng. ξ ni 6.9 eV va 8.4 eV dagi kuchli kamayishi bimolekulyar rekombinatsiyaga bog'liq bo'ladi, chunki 10.8 eV da katta yutilish koeffitsiyenti kuzatilmaydi hodisa Onzager modeli nazariyasi asosida tushuntiriladi



Rasm-3. Amorf ko'rinishdagi Rasm-4. Polistrol uchun ξ ni polistiril uchun ξ kvant chiqish maydonga bog'lanish grafigi, spektri va yutilish spektri ko'rsatilgan $\hbar\omega = 6.9 \text{ eV}$ ga teng(1), 8.4 eV (2), 10.8 eV (3).

Fotogeneratsiyaning uzun to'liqin chegarasi molekulyar strukturaga bog'liq bo'ladi va vinil qatorli polimerlarda spektrni uzun to'liqin sohasiga siljishi quyidagi radikallar qatorining yutilish spektrining siljish chegarasi: fenil yadrosi, xlor, tsian gruppasi, vodorod, karbazol yadrosining joylashuv holatini aniqlaydi. Ta'kidlash lozimki qayd etilgan polimerlar polietilendan tashqari barchasi amorf xolatida bo'ladi (shishasimon). Fotogeneratsiyaning kompleks zaryad o'tishi (KZO'), TNF:PVK uchun elektrofotografik metod asosida aniqlangan. Aniqlangan natijaga ko'ra ξ ni maydonga bog'liq holati Onzagerning modeliga ko'ra juftlik rekombinatsiya asosida tushuntiriladi. Eksperiment va nazariy jihatdan olingan natijalar KZO, TNF, PVK molyar nisbat 0.06:1 uchun rasm-5 da ko'rsatilgan.

TNF, PVK uchun molyar nisbat 0.06:1 dan 1:1 gacha o'zgarganda ξ besh martagacha ortadi. Bunda r_0 ortib $r_0 = 35\text{\AA}$ gacha ortadi, Φ_0 o'zgarmay qoladi $\Phi_0 = 0.23$. Demak, fotogeneratsiya jarayonida kvant chiqishning ortishi elektron-kovak juftligining boshlang'ich bo'linishiga bog'liq ekan. Quyi maydonlardagi kvant chiqishning qiymati asosan hajmiy zaryadga bog'liq va birlamchi yoritilishi asosida yuzaga keladi. Sof PVK va TNF:PVK 1:1 ning barcha kompozitsiyalari uchun quyi maydonlarda ξ ning chiziqli bog'lanishi xisoblangan. Xarakteristik nisbiy bukulishni belgilangan sohadagi kattaligi nazariy jihatdan aniqlangan $\frac{e^3}{8\pi\epsilon\epsilon_0 k^2 T^2}$ qiymat bilan mos tushadi. Boshlang'ich r_0 ning boshlang'ich bo'linishi (1) formula asosida xaroratga bog'lanish metodi orqali antrotsen uchun aniqlangan. Polimerlarning turli kompozitsiyasi uchun xaroratga bog'lanish grafigi rasm-6 da ko'rsatilgan. Olingan natijalar aniq aktivlik energiyasi $E_a = \frac{e^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 r_0}$ mavjudligini (1) formula orqali isbotlangan. PVK uchun r_0 kattalik qiymati 62\AA , 1:1 nisbatdagi TNF:PVK kompozitsiya uchun 38\AA qiymatlar nazariy olingan qiymatlarga mos keladi. Ammo TNF konsentratsiyasi kam bo'lgan holatlarda r_0 ning qiymati sof PVK bilan 1:1 nisbat oralig'ida qarama qarshi va mos kelmaydi.



Rasm-5. ζ ni maydonga bog'liqligi KZO' TNF:PVKa uchun Ongazer nazariyasi asosida aniqlangan ζ ning qiymati eksperiment natijalariga maydon $7 \cdot 10^4 \text{V} \cdot \text{sm}^{-1}$ dan yuqori bo'lgandagi sohada $5-50^{\circ}\text{C}$ xaroratda yaxshi mos tushadi, bu holatda juftlik keng boshlang'ich bo'linishi $r_0 = 25\text{\AA}$ va $\Phi_0 = 0.23$ ga teng olinsa, quyi maydon sohasida eksperiment va nazariy natijalarning mos kelishi tekshirilmagan.

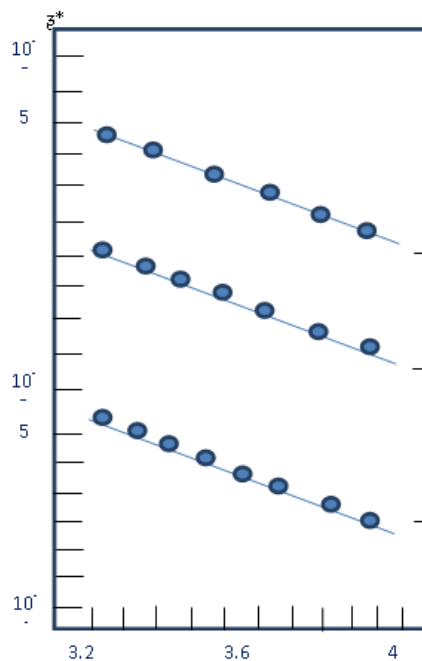
Hisoblar kuchsiz yoritish yordamida namunani boshlang'ich shartiga rioya qilingan holda amalga oshirilgan. 1:1 nisbatdagi TNF:PVK kompleksidagi zaryad tashuvchilarning xajmiy rekombinatsiyasi rekombinatsiyasi impulsli rubin lazeri yordamida yuqori konsentratsiyali tashuvchilar generatsiyasi uchun aniqlangan. $E = 11 \cdot 10^5 \text{sm}^{-1} \cdot \text{V}$ natijalar Lanjeven tomonidan rivojlantirilgan va diffuziya orqali nazorat qilinib rekombinatsiya nazariyasiga asosan olingan natijalarga mos keladi.

Lanjeven nazariyasiga ko'ra rekombinatsiya tezligi doimiysi tashuvchilarning yig'indi xarakatchanligiga proporsional hisoblanadi, ya'ni

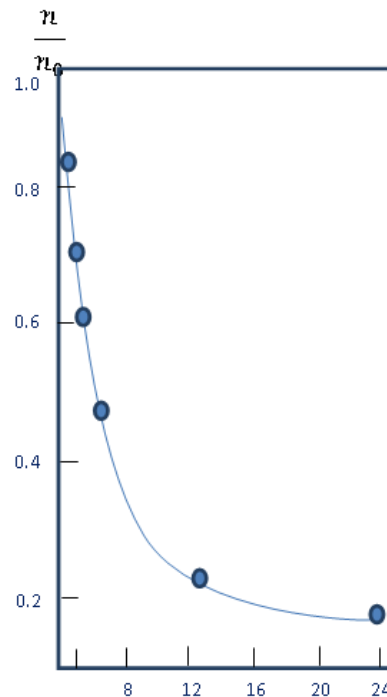
$k_r = \tilde{\alpha}(\mu_n + \mu_p)$, bu yerda $\tilde{\alpha} = \frac{e}{\varepsilon\varepsilon_0}$ nazariyaga ko'ra rekombinatsiyadan qochgandagi yuzaga keladigan boshlang'ich tashuvchilar xissasi quyidagi tenglikdan topiladi.

$$\frac{n}{n_0} = \frac{E}{n_0 \tilde{\alpha} L} \ln \left[1 + \frac{n_0 \tilde{\alpha} L}{E} \right]$$

formulada E- maydon kuchlanganligi, L-parda qalinligi. Hatto natija vaqtga bog'liq bo'lsada, tashuvchilarning xarakatchanligiga bog'liq bo'lmaydi. Nazariya bilan eksperiment orasidagi eng yaxshi mos kelish $\tilde{\alpha} = (5 \pm 1) \cdot 10^{-7} V \cdot sm^{-1}$ qiymatga to'g'ri keladi va KZO' TNF:PVK uchun 1:1 nisbatda (E=3,7 eV) $\tilde{\alpha} = \frac{e}{\varepsilon\varepsilon_0}$ ning kutilgan qiymati uchun o'rinli bo'ladi. Rekombinatsiyaning tezlik doimiysi $\tilde{\alpha}$ va $\mu = 5 \cdot 10^{-8} sm^2 V^{-1} s^{-1}$ qiymatlarida $k_r = 3 \cdot 10^{-14} sm^3 s^{-1}$ ga teng. Ta'kidlash lozimki Onzagerning juftlik rekombinatsiya nazariyasi va Lanjevenning xajmiy rekombinatsiya nazariyasi asosan mulohazaga asoslangan bo'lib, o'rtacha erkin tashuvchilar juftligi bo'linishi $r_0 = \frac{e^2}{6\pi\varepsilon\varepsilon_0 kT}$ ga kam bo'ladi va demak, olingan natijalar juftlik rekombinatsiyasiga asosan interpretatsiya qilinadi. Bu nazariya diffuziyani nazorati ostida bo'lgani sababli xajmiy rekombinatsiya mavjud degan hulosaga olib keladi.



Rasm-6 $z^* = z \left[1 + \frac{e^3}{8\pi\varepsilon\varepsilon_0 k^2 T^2} E \right]^{-1}$ formula yordamida aniqlangan xaroratli bog'lanish grafigi ko'rsatilgan. (1) PVK pardasi uchun, (2,3)- KZO',TNF:PVK uchun. 1- PVK, $E_a = 0.08 eV, r_0 =$



Rasm-7. n_0 boshlang'ich konsentratsiyada rekombinatsiyaga uchramagan holati uchun tashuvchilar hissasini bog'lanishi ko'rsatilgan. To'liq chiziq Lanjevenning nazariy jihatdan olingan natijasi, nuqtalar orqali

62Å, 2-TNF:PVK (0.2:1), $E_a =$ eksperiment natijalari ko'rsatilgan.
0.10 eV $r_0 = 47\text{Å}$, 3-TNF:PVK
(1:1), $E_a = 0.11$ eV $r_0 = 38\text{Å}$

KZO' TNF:PVK polimer spektrida ζ uchun ikkita turlicha bog'lanish sohasi aniqlangan: birinchisi $\hbar\omega > 2,7\text{eV}$ bo'lib, bu sohada $\hbar\omega$ ortishi bilan ζ ortib boradi, ikkinchisida $\hbar\omega < 2,7\text{eV}$ bo'lib, $\hbar\omega$ kamayishi bilan ζ ortadi. Birinchi sohada ζ o'zgarishi eksitonga o'xshash fotogeneratsiya asosida interpretatsiya qilinadi. Bunda erkin zaryad tashuvchilar hosil bo'lishi extimolligi $\hbar\omega$ ortishi bilan foton yutilish ortib, qo'zg'atilgan holatni yuzaga keltiradi. Foton energiyasi 2,7 eV dan kamayganda qo'zg'atilgan holat migratsiyasi amalga oshishi uchun bog'langan holatda foton yutilib birlamchi erkin zaryad tashuvchilarda generatsiya mexanizmi ishga tushadi degan hulosaga kelamiz.

Ko'rilayotgan sohada foton energiyasi kichik bo'lgani sababli juftlik dissotsiyasining ehtimolligi kam bo'ladi va erkin zaryad tashuvchilar yuzaga kelishi uchun qo'zg'algan holat aralashma (qo'shimcha-kirishma) bilan o'zaro ta'sirlashuvi shart. Qo'zg'algan holatda KZO' sathlarda migratsiya amalga oshirilishi kerak. Buning uchun KZO' foton yutilish aktini amalga oshirgandan so'ng ortiqcha tebranish energiyasini beradi va quyi qo'zg'atilgan singlet holatga(sathga) o'tadi, ζ ni $\hbar\omega$ ga kamayganda ortishi qo'zg'atilgan holat yaqinida boshqa holat yuzaga kelib qo'zg'atilgan va qo'zg'atilmagan molekulalarni KZO' orqali dissotsiya hisobiga amalga oshadi. $\hbar\omega$ ni ortishi bunday holatga o'tish extimolligi ham ortib eksiton migratsiyani yuzaga kelishini kamaytiradi va demak, ζ ham kamayadi.

Molekulyar qattiq jismlarda kvant chiqishning ortishi hisobiga suyuqliklardagi izolyatsiyalangan bog'langan juftlik yana kondensatsiyalanib Kulon to'sig'ini pasaytiradi. Bunday kondensatsiyalanish ikki usulda amalga oshadi: juftlik radiusi r_c ni va uning zichligini ortishi hisobiga. Birinchi usulda molekulyar qattiq jismning xaroratini pasaytirish hisobiga. Ammo bu usulda bir vaqtda ζ kamayishi kuzatiladi va samarani kuzatish qiyinlashadi. Ikkinchi imkoniyat juda yuqori xarorat va bir vaqtda yuqori intensivlikka ega bo'lganligi sababli fotog'alayonlanish amalga oshadi. Samarani yuzaga kelishi uchun yuqori xaroratli kondensatsiyali bog'lanish juft elektron-kovakda amalga oshadi ζ KZO' TNF:PVK dan 1 sm^3 dagi 1 sekundda chiqayotgan fotonlar sonini solishtirilgan. O'lchashlar elektrografiya rejimida $T=300\text{K}$ xaroprtda foton energiyasi 2.32 eV va maydoni $E = 10^6\text{V} \cdot \text{sm}^{-1}$ kattalikda amalga oshirilgan.

XULOSA

Fotog'alayonning katta zichligi impulsi fotojarayonga neodim lazerining ikkinchi garmonikasi qo'llanilganda amflga oshadi. Fotog'alayon zichligi $10^{22} \text{sm}^{-3} \text{s}^{-1}$ dan ortganda ζ xam orta boshlaydi, bu sohada fotog'alayon zichligi 300% ga yetadi. Kondensatsiyalangan juftlikning yashash vaqti τ quyidagi tenglikdan aniqlanadi: $\tau = (r_c F_k)^{-1}$, bu yerda r_c -Kulon radiusi, F_k –fotog'alayonning kritik zichligi, Bunda Kulon maydonining berkitilishi boshlanadi (ζ orta boshlaydi). $r_c \leq 2 \cdot 10^{-6} \text{sm}$, $F_k \approx 10^{22} \text{sm}^{-3} \text{s}^{-1}$, $\tau \geq 10^{-5} \text{s}$ bo'ladi. Bu kattalik τ ning izolirlangan juftligidan yaxshigina katta. Elektronning juftlikdagi kovakka qaytishi vaqtini hisoblaganda fotog'alayondagi xarakatchanlik $1 \text{V}^{-1} \cdot \text{sm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ tartibda bo'ladi va $\tau = 10^{-11} \text{s}$ teng bo'ladi.

ADABIYOTLAR

1. I.A.Akimov., Z.A.Gaziyev., K.B.Demidov “Elektron lokal holatlarni aniqlash usullari”. Lelingrad,GoI 1985 yil.
2. I.A.Akimov., Z.A.Gaziyev .,”Polimerlarda sensibilizatsiyali fotoeffekt”. Moskva, JNiFK , 1984 yil, 6 tom.
3. Bartenev G.M., Frenkel S.Ya., Fizika polimer. Ximiya, 1990 yil.
4. A.R.Xoxlov., A.Yu.Grosberg., Elektron darslik. Giant Molecules .,New-York, 2002 yil.
5. Kamolova, M. M., & Usmonov, I. M. (2022). INVESTIGATION OF PHOTOELECTRIC PROPERTIES OF THIN FILMS BASED ON CDTE. *THEORY AND ANALYTICAL ASPECTS OF RECENT RESEARCH*, 1(5), 241-244.
6. Камолова, М. (2022). МЕХАНИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЗАРЯДА С ЗАРЯЖЕННОЙ ГРАНИЦА КРИСТАЛЛИТОВ В ПОЛИКРИСТАЛЛАХ МЕТОДОМ ИЗУЧЕНИЯ ПОПЕРЕЧНОГО ЭФФЕКТА НЕРНСТА-ЭТТИНГСГАУЗЕНА. *Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences*, 2 (10), 129-134.
7. Камолова Мухаббат Мухиддин қизи, Собиров, Махмуд Мамарасулович,Розиков Журабек Юлдашбой угли,Рузибоев Валижон Умарали угли (2021). ИЗМЕРЕНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИЯ СВЕТА В ЧИСТОЙ АТМОСФЕРЕ. *EDITOR COORDINATOR*, 308.
8. Kamolova, M. M. (2022). PHOTOELECTRIC PROPERTIES in CdTe. *IJODKOR O'QITUVCHI*, 2(22), 430-432.
9. M. Kamolova, D.A. Sobirjonova, B.B. Akhmedov THE ELECTRONIC PROPERITES OF InAs, GaSb, AND AISb HETEROSTRUCTURES