

ЗАХИРИДДИН
МУҲАММАД БОБУР
НОМИДАГИ АНДИЖОН
ДАВЛАТ УНИВЕРСИТЕТИ

ANDIJAN STATE
UNIVERSITY NAMED
AFTER ZAKHIRIDDIN
MUKHAMMAD BABUR

ИЛМИЙ ХАБАРНОМА
Физика-математика
тадқиқотлари

SCIENTIFIC BULLETIN
Physical and
Mathematical Research

2023/№2(5)

ОГЛАВЛЕНИЕ

Физика

E.Z. IMAMOV, R.A. MUMINOV, M.A. ASKAROV, A.E. IMAMOV, X.N. KARIMOV. Properties of lead chalcogenide nanocrystals in nanoheterojunctions <Si:PbX>.....	5
A.P. ТУРАЕВ, К.Т.НОРМУРАТОВ, И.М.СОЛИЕВ Влияние всесторонних гидростатических давлений на свойства Si<Ni>.....	10
Ш.Х. ЙУЛЧИЕВ, Б.ГУЛОМОВ, Н. ЮНУСАЛИЕВ Алюминий атомлари киритилган ZnO пленкаларининг оптик ва электрофизик хоссалари.....	15
H.J. MANSUROV. X.A. MAXMUDOV, M. PACULOBA ZnO пленкасининг оптик хоссалари.....	19
O.O. OLIMOV, I.I. ANARBOYEV Granulalangan Si asosida olingan poli-Si ning mikrotuzilmasi va elektrofizik xossalari.....	22
A.A. АБДУМАЛИКОВ О РАСПАДЕ ^{166}Tu	26

Техника

P.A. МУМИНОВ, М.Н. ТУРСУНОВ, Х. САБИРОВ, Т.З. АХТАМОВ Передвижная фотоэлектрическая установка для использования жителями сельских домохозяйств.....	34
S.Z.ZAINABIDINOV, A.Y. BOBOEV, B.M. ERGASHEV Growth of $(\text{Ge}_2)_{1-x-y}(\text{GaAs})_x(\text{ZnSe})_y$ Epitaxial Films on Si Substrates by Liquid-Phase Epitaxy.....	41
A.A. MIRZAALIMOV Uch tomonlama yoritilgan quyosh elementlari fotoelektrik parametrlariga haroratning ta'siri.....	46

Математика

SH.G. KASIMOV, L.A. RUZMETOVA , N.M. KOMILOV Miller–rossa ma'nosidagi kasr tartibli hosila va poligarmonik operator qatnashgan ayrim xususiy hosilali differensial tenglama uchun silindrik sohadagi boshlang'ich–chegaraviy masala.....	53
B.T. IBROXIMOV, S.O.G'ULOMOV Yarim tekislikda tutish masalasi.....	59
M.Y.ХОДЖАБЕКОВ, З.С.ЮЛДОШОВА Тебранишлардан ҳимояланувчи стерженни математик моделлаштириш	62
M.K. МАХКАМОВ, С.С. АХМАДЖОНОВ Применение метода характеристик для решения задачи об элементарном участке газопровода при истечении газа из его конца в окружающую среду.....	66

Информатика

МИРЗАЕВА М.М., МАХКАМОВ М.К., ТАЖИБАЕВ Ғ.О., МАМАЖАНОВ А.О. Боғдорчилик ва деҳқончилик маълумотларини рақамлаштириш масаласини ҳал этиш технологияси.....	74
---	----

UDK.621.315.592

Granulalangan Si asosida olingan poli-Si ning mikrotuzilmasi va elektrofizik xossalari.

O.O. Olimov. I.I. Anarboyev

Andijon mashinasozlik institute

2023 yil. 18 noyabrda berilgan. 2023 yil. 26 noyabrda chop etish uchun qabul qilingan

Annotatsiya. Maqolada kremniy zarrachalarini mujassamlashgan quyosh nurlari bilan biriktirish orqali olingan polikristal kremniyning mikro tuzulishi donadorliklararo chegara sohalari xosil bo'lish mexanizmlari va uning elektr o'tkazuvchanligi haqida bayon qilingan. Tatqiqotlar natijalari ko'rsatadiki mujassamlashgan quyosh nurlari tushgan va tushmagan sirt sohalari bir-biridan farq qilinishi hamda bunday strukturalarda zaryad ko'chish jarayonlari ham farq qilishi aniqlandi.

Kalit so'zlar: kremniy zarrachalari, mujassamlashgan quyosh nurlari, yarimo'tkazgich, o'tkazuvchanlik, kukunli texnologiya, donadorliklararo chegara.

Abstract. The article describes the microstructure of polycrystalline silicon, the mechanisms of formation of intergranular boundary areas, and its electrical conductivity, obtained by collecting silicon particles with embodied sunlight. As a result of the researches, it was found out that the areas of the surface where the embodied solar rays fall on and the areas that do not fall on them are different from each other, and the processes of charge migration in such structures are also different.

Key words: silicon particles, embodied sunlight, semiconductor, conductivity, powder technology, grain boundary.

I. Kirish

Bugungi kunda yarimo'tkazgichlar fizikasining amaliy qo'llanilishi sohasidagi intensiv rivojlanishida granullashgan yarimo'tkazgichli materiallar muhim o'rin egallaydi [1-6]. Bunday turdagi yarimo'tkazgichlarning funktsional va fizik xususiyatlari mikro va nanoo'lchamli yarimo'tkazgichlar asosidagi yarimo'tkazgichli asboblardan, quyosh elementlari, termoelementlar hamda integral mikrosxemalar yaratish imkoniyatlarini oshiradi [1,4, 7]. Keyingi yillarda granullashgan yarimo'tkazgichlar asosida polikristallardan olish usullari keng o'rganila boshlandi [1, 2].

Bugungi kunda polikristal kremniy olishning bir necha texnologiyalari mavjud bo'lib, ulardan kukunli texnologiya asosida olingan polikristal kremniy mikrostrukturasi va donadorliklararo chegara sohalari hosil bo'lish mexanizmlari to'la hal qilinmagan muammolardan biri hisoblanadi. Bularga bog'liq holda, ushbu ishda kukunli texnologiya asosida olingan polikristal kremniy mikrostrukturasi va donadorliklararo chegara sohalari hosil bo'lish mexanizmlari hamda muhokama qilinadi.

II. Tadqiqot metodi.

Ma'lumki, kukunli texnologiya asosida tayyorlangan kremniy zarrachalarini

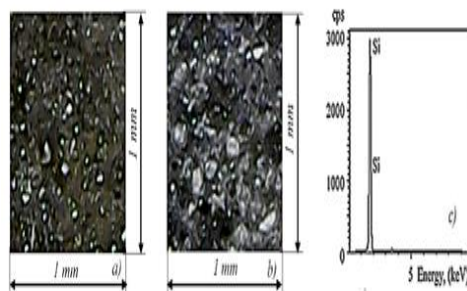
mujassamlashgan quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali polikristal kremniy olish, uning hajmida donadorliklararo chegara sohalari hosil bo'lish mexanizmlarini tadqiq qilish hisoblanadi. polikristal kremniy olish kukunli texnologiya yordamida kremniy zarrachalarini olish, ularni 1250 °C temperaturada quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirishdan iborat. Bu polikristal kremniy olish imkonini beradi. Ushbu usul molekulyar nur yoki quyma kremniy olish kabi texnologiyalar bilan taqqoslaganda nisbatan arzon texnologiya hisoblanadi. Polikristal kremniyning mikrotuzilmasini o'rganish uchun rentgen-spektral taxlildan foydalanildi hamda quyosh nurlari bilan qizdirib biriktirish orqali olingan polikristal kremniyning elektrofizik xossalari va zaryad ko'chish jarayonlari o'rganildi.

Namunaning elektrofizik xossalari an'anaviy to'rt zondli va Vander-Pau usullari modernizatsiya qilingan tajriba qurilma va metodlaridan foydalanildi. Solishtirma qarshilik (ρ), zaryad tashuvchilar harakatchanligi (μ) va konsentratsiya (n)ning temperaturaga bog'liqligi ~300÷800 K oraliqda temperatura ortishi va kamayishi jarayonida o'rganildi.

III. Natijalar va muhokama

Namunalar mikrotuzilmasini o'rganish uchun rentgen-spektral taxlildan foydalanildi. 1-rasmda namunalarning mikrofotografiyasi va rentgen-spektral xarakteristikasi keltirilgan. Ta'kidlash joizki, quyosh nurlari bilan kremniy zarrachalari biriktirish orqali olingan namunaning sirt sohalariga alohida e'tibor qaratildi. Hususan, quyosh nurlari tushgan sirt yuzasi hamda quyosh nurlari tushmagan sirt yuzasi taglik bilan chegaralangan sirt sohasidan iborat. Tadqiqot natijalarini tushuntirishni osonlashtirish maqsadida namunaning quyosh nurlari tushgan sirt sohasini (a) va tushmagan sirt sohasini (b) belgilashlar kiritib olamiz.

2a va 2b-rasmlardan ko'rinadiki, namunaning quyosh nurlari tushgan (a) va tushmagan (b) sirt sohalarini mikrotuzilmasi bir-biridan farq qilishi aniqlandi. Rentgen-spektral taxlil (c) natijalari ko'rsatadiki, namunaning har ikki tomoni kremniy atomlaridan iborat bo'lib, tashqi muhit tomonidan begona kirishma atomlari kirib qolmasligi aniqlandi (2c-rasm). Ushbu quyosh nurlari tushgan (a) va tushmagan (b) sirt sohalarini mikrotuzilmasini bir-biridan farq qilishini quyidagicha tushuntirish mumkin.



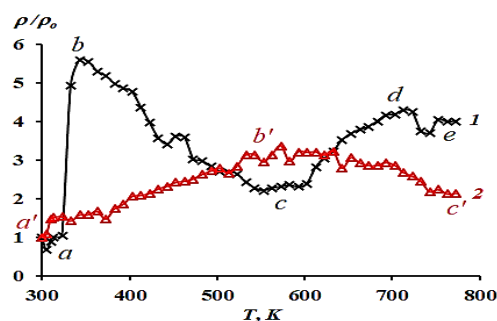
1-rasm. Namuna quyosh nurlari tushgan (a) va tushmagan (b) sirt sohalarini mikrofotografiyasi hamda rentgen spectral xarakteristikasi (c).

Bizning fikrimizcha, quyosh nurlari tushgan (a) sirt sohada temperatura yuqoriroq bo'lib, 1250 °C kremniy zarrachalarini bir me'yorda birikishi uchun yetarlidir. Bu kremniy zarrachasini yetarli darajada energiya bilan ta'minlanishiga olib keladi. Bu mexanizm quyosh nurlari tushmagan (b) sirt soha uchun ham o'rinlidir. Biroq, bu soha temperaturasi quyosh nurlari tushgan sirt sohaga nisbatan past bo'lgani uchun kremniy zarrachalarining birikishi bir me'yorda ta'minlanmasligi mumkin. Natijada, (b) sirt sohani (a) sirt sohaga nisbatan dag'alroq shakllanadi. Bu esa, o'z navbatida (a) hamda (b) sirt sohalarini mikrostrukturasi bir-biridan farq qilishiga olib keladi.

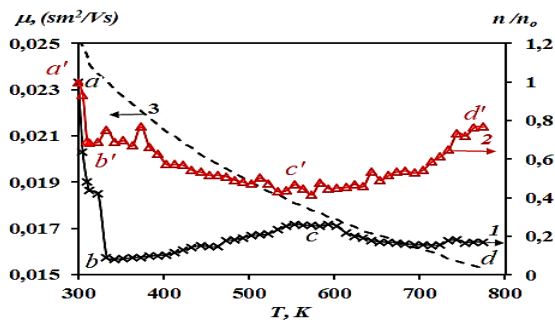
2-rasmda namunalar ρ va va 3-rasmda n hamda μ larining temperaturaga bog'liqligi keltirilgan. Ta'kidlash joizki, $T \sim 300$ K da namunaning (a)

sirt sohasi $\rho \sim 191,9 \text{ Om}\cdot\text{sm}$, $n \sim 3,11 \cdot 10^{18} \text{ sm}^3$, $\mu \sim 0,0245 \text{ sm}^2/\text{Vs}$; (b) sirt sohasi $\rho \sim 452 \text{ Om}\cdot\text{sm}$, $n \sim 5,52 \cdot 10^{17} \text{ sm}^3$, $\mu \sim 0,025 \text{ sm}^2/\text{Vs}$ qiymatlarni qabul qiladi. Tadqiqot natijalari ko'rsatadiki, har ikki (a) va (b) sirt sohada μ kamayishi (3 chiziq) aniqlandi. Biroq, (a) va (b) sirt sohada ρ va n ning temperaturaga bog'liqligi bir-biridan farq qiladi. Masalan, (a) sirt sohada $T \sim 300 \div 350 \text{ K}$ da ρ ortsa, n kamayadi (a-b holat), $T \sim 350 \div 550 \text{ K}$ da ρ kamaysa, n ortib boradi (b-c holat). So'ngra, 50 K oralig'ida har ikki parametr nisbatan turg'un o'zgaradi (1 chiziq). $T \sim 600 \div 710 \text{ K}$ da ρ yana ortsa, n 775 Kgacha kamayadi (c-d holat). $T \sim 710 \div 775 \text{ K}$ da ρ ning (d-e holat) sarkab o'zgarishi aniqlandi. Aksincha, namunaning (b) sirt sohada ρ $T \leq 575 \text{ K}$ da ortsa (a'-b' holat), n kamayadi (a'-b'-c' holat), temperatura ortishining keyingi bosqichlarida (b'-c' holat) ρ kamaysa, n (c'-d' holat) ortib boradi (2 chiziq). Tadqiqot natijalarini 3-rasmda keltirilgan namunaning mikrotuzilma modeli va zonalar diagrammasi asosida quyidagicha tushuntirish mumkin.

4-rasmda mos holda, namunaning (a) va (b) sirt sohalarini mikrostruktura tuzilishi modeli va donadorliklararo chegara sohasi zonalar diagrammasi (c) tasvirlangan. Namuna tuzilishini shartli ravishda, uning donadorligini (1) va donadorliklararo chegara sohalarini (2) bilan belgilash mumkin. Polikristal yarimo'tkazgichda zaryad ko'chish jarayoni asosan donadorliklararo chegara soha bilan izohlanadi [1, 2]. Zaryad tashuvchilar A sohadan B sohaga donadorliklararo chegara sohalarini (2) oraqali ko'chadi (3-rasm). donadorliklararo chegara sohasida mustahkam birikmagan hamda uzilgan bog'lar turli E_{ip} energetik sathli rekombinatsiya markazlarini hosil qiladi (3c-rasm). Ular donadorliklararo chegaralarida lokallashtirilgan holatda bo'lib, to'siq effektini hosil qiladi.



2-rasm. Solishtirma qarshilikning temperaturaga bog'liqligi.



3-rasm. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va harakatchanligining temperaturaga bog'liqligi.

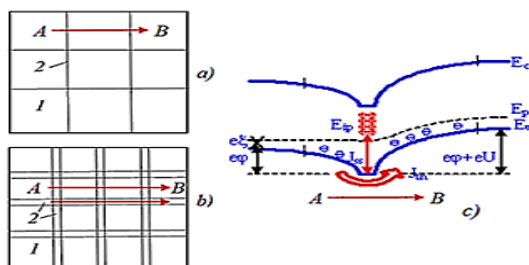
Lokallashgan tuzoqlarda zaryad tashuvchilar ushlanishi va qayta ozod bo'lishi potensial to'siq balandligi (ϕ)ning, bu esa o'z navbatida ρ ning o'zgarishiga olib keladi. Setto modeliga asosan ρ uchun quyidagi ifodani yozish mumkin [1,2]

$$\rho = \frac{k}{q\langle a \rangle A^* T} \exp\left(\frac{q\phi}{kT}\right) \quad (1)$$

bu yerda, q – elektron zaryadi, k – Bolsman doimiysi, $\langle a \rangle$ – donadorlik o'lchami, A^* – Richardsonning effektivlik doimiysi, T – temperatura. Donadorliklararo chegara sohalarida ϕ gi lokallashgan tuzoqlarda ushlanayotgan zaryadlar miqdori (Q_i)ga bog'liq:

$$\phi = \frac{Q_i^2}{8\epsilon\epsilon_0 q N_G} \quad (2)$$

bu yerda N_G – elektrik jihatdan faol bo'lgan legirlangan kirishmalar konsentratsiyasi, ϵ va ϵ_0 mos holda muhitning nisbiy va vakuumning absolyut dielektrik singdiruvchanligi.



4-rasm. Namunaning mikrotuzilish modeli va zaryad ko'chish jarayonini tushuntirish mexanizmi.

(2) ifodadan ko'rinadiki, donadorliklararo chegara sohadagi (2 - soha) Q_i ning ortishi ϕ ning, bu esa o'z navbatida ρ ning ortishiga olib keladi. Masalan, [4, 5, 8-10] ishlarda, $T \sim 300 \div 350$ K da $E_{ip1} \sim 0,15$ eV va $E_{ip2} \sim 0,17$ eV; $T \sim 383 \div 400$ K da $E_{ip3} \sim 0,36$ eV; $T \sim 400 \div 680$ K da $E_{ip3} \sim 0,3$ eV sathlar paydo bo'lishi polikristal kremniy ρ ning ortishiga olib kelishi aniqlangan. Shuningdek, polikristal kremniy va u

asosida olingan p - n tuzilmalarning elektrofizik va fotoelektrik xossalari E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlar konsentratsiyasiga bog'liqligi ko'rsatib berilgan. Keltirilgan mulohazalar bizning natijalar uchun ham o'rindir. Biroq, bizning holda, ρ ning o'zgarishi (a) hamda (b) sirt sohalar mikro-tuzilmasiga mos holda farq qilishi kuzatildi. Bizning fikrimizcha, bu hol (a) va (b) sirt sohalaridagi donadorliklararo chegaralarida rekombinatsiya markazlarining namoyon bo'lish tabiatiga bog'liq bo'lishi mumkin.

Bizning fikrimizcha, (a) sirt sohasida temperatura ortishining dastlabki bosqichida, ya'ni $T \sim 300 \div 350$ K da $E \sim 0,15$ eV va $E \sim 0,17$ eV energetik sathlar paydo bo'ladi. Ularda ushlangan Q_i ning ortishi n ning kamayishiga va ρ ning ortishiga olib keladi (2 va 3-rasmlar, a-b holat). Temperatura ortishi bilan E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlar konsentratsiyasiga nisbatan valent zonadan ajralib chiqqan n ortib boradi. Bu $T \sim 350 \div 550$ K da ρ ning kamayishiga olib keladi (b-c sohada). $T \sim 550 \div 600$ K da valent zonadan ajralib chiqqan n hamda lokallashgan tuzoqlar konsentratsiyasi tenglashadi va bu holda ρ turg'un o'zgaradi. Temperatura ortishining keyingi bosqichlarida donadorliklararo chegara sohalarida E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlar konsentratsiyasi yana valent zonadan ajralib chiqqan n ga nisbatan ortadi. $T \sim 600 \div 710$ K da Q_i bilan ρ ning ortishiga olib keladi (c-d holat). Temperaturaga mos holda yangi E_{ip} energetik sathli rekombinatsiya markazlarining namoyon bo'lishi $T \sim 710 \div 775$ K da ρ ning (d-e holat) sarkab o'zgarishiga olib kelayotgan bo'lishi mumkin.

Endi (b) sirt sohadagi zaryad ko'chish jarayonlarini ko'rib chiqaylik. Yuqorida aytib o'tilgandek, (b) sirt soha (a) sirt sohaga nisbatan dag'alroq sirtidan iborat. Ya'ni donadorliklararo chegara soha kengligi (a) sirt sohaga nisbatan kengroq bo'ladi (1a-rasm). Bunday holda zaryad ko'chish jarayoni bir vaqtning o'zida donadorliklararo chegara sohalar orqali hamda donadorliklararo chegara sohalar bo'ylab amalga oshirishi mumkin [3-5, 9]. Donadorliklararo chegara soha nisbatan kengroq bo'lgani uchun bu sohada E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlarni hosil qiluvchi mustahkam birikmagan va uzilgan bog'lar miqdori yuqor bo'ladi. Ularga mos holda turli temperaturalarda E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlarni hosil bo'lish ehtimoli ham yuqori bo'ladi. Tadqiqot natijalari ko'rsatadiki, $T \sim 575$ K da p ning ortishi (a'-b' holat) [3-5, 9] ishlarda olingan natijalarga mos keladi. Ya'ni, $T \sim 300 \div 600$ K da ketma-ket $E_{ip1} \sim 0,15$ eV, $E_{ip2} \sim 0,17$ eV, $E_{ip3} \sim 0,36$ eV, $E_{ip3} \sim 0,3$ eV sathli rekombinatsiya markazlari pay-

do bo'ladi. Ularda ushlangan zaryad tashuvchilar miqdori Q_i ning ortishi $T \sim 600 \div 710 \text{ K}$ da p ning ortishiga olib keladi (a'-b' holat). Huddi shu temperatura oralig'ida n kamayishi (a'-b'-c' holat) hamda ma'lum temperaturalarda sakrab o'zgarishi mulohazalarni tasdiqlashi mumkin. Ya'ni, $T \sim 325 \div 400 \text{ K}$ dagi sakrab o'zgarishi $E_{ip1} \div 0,15 \text{ eV}$, $E_{ip2} \div 0,17 \text{ eV}$ hamda $E_{ip3} \div 0,36 \text{ eV}$ sathlarning paydo bo'lishiga mos keladi. Temperatura ortishining keyingi bosqichlarida donadorliklararo chegara sohadagi (2) E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlar ionlanishni boshlaydi. Natijada, bir vaqtning o'zida zaryad tashuvchilar A sohadan B sohaga donadorliklararo chegara sohalari (2) oraqli hamda lokallashgan tuzoqlar bo'ylab ko'chadi (3b-rasm). Zaryad tashuvchilarning lokallashgan tuzoqlar bo'ylab ko'chishi Jss ning paydo bo'lishiga olib keladi (3c-rasm) [3, 4, 9]. Bu tok, zaryad tashuvchilarning chapdan o'ng tomonga o'tayotganda E_f fermi sathidan yuqorida joylashgan E_{ip} energetik sathli lokallashgan tuzoqlar ushlanishi va qayta ozod bo'lishi jarayonida paydo bo'ladi. J_{ss} tok tuzoqlar to'liq o'tkazuvchanligi (Y_{ss}) ya'ni, tuzoqlarning donadorlik sirtlari va energiyasi bo'yicha taqsimlanishiga bog'liq bo'lgan to'liq o'tkazuvchanlik hamda potensial to'siq balandligi ($\delta\phi$) ga bog'liq.

$$J_{ss} = Y_{ss} \delta\phi \quad (3)$$

Bu holda, ϕ kamaymaydi, Y_{ss} ortadi. [3, 4, 9] ishlarda zaryad tashuvchilarning lokallashgan tuzoqlar bo'ylab ko'chishi Y_{ss} ortishiga olib kelishi aniqlangan. Bizning fikrimizcha, keltirilgan mulohazalar p (2-rasm, b'-c' holat) uchun o'rinalidir. Lokallashgan tuzoqlar ionlanishi jarayonining ortishi esa n ning ortishiga (3-rasm, 2 chiziq, c'-d' holat) olib keladi.

Xulosa.

Hulosa qilib aytganda, kremniy zarrachalarini mujassamlashgan quyosh nurlari bilan qizdirib birlashtirish orqali olingan namunalar polikristal kremniy ikki xil strukturaga ega ekanligi aniqladi. Quyosh nurlari tushgan va tushmagan sirt sohalari mikrostrukturasi hamda zaryad ko'chish jarayonlari bir-biridan farq qiladi.

Adabiyotlar

1. S.Z. Zaynabidinov, R. Aliev, L.O., Olimov, E. Muxtarov Poluchenie polikristallicheskix platin iz kremnievogo poroshka. Geliotexnika, №3, S.79-82, 2005.
2. [13] A.Teshaboev, S.Zaynabidinov, S.Vasilov, I.Karimov, V.Abduazimov. Fizika poverxnosti poluprovodnikov. «ILM ZIYO» -2010
3. A.T.Teshaboev, S. Z. Zaynabiddinov, K.A.Ismoilov, Sh. A. Yermatov, V.A.Abduazimov. Ximiya i texnologiya fiziki ne chastis. Ministerstvo

vysshego i srednego spetsialnogo obrazovaniya Respubliki Uzbekistan Tashkent Tafakur Boston 2014-336 str.

4. Harbek G. 1989 (tahrirlar) Polikristalli yarimo'tkazgichlar. Fizik xususiyatlari va qo'llanilishi: (Moskva, Rossiya).

5. L. Kazmerskiy. 1983 (tahrirlar) Yupqa polikristalli va amorf pilyonkalar. Fizika va ilovalar. (Moskva, Rossiya).

6. Olimov L.O., Abdurahmonov B.M. Polikristalli tuzilmalarning nopoklik issiqlik-fotovoltaik va issiqlik-voltaik ta'sirining xususiyatlari. Energetika va Energiyadagi yutuqlar AQSh. 1(2): 51-55, 2013 yil.

7. Olimov L.O. 2016 (tahrirlar) "Polikristalli kremniyning donadorliklararo chegaralari: mikroto'lqinlar, zaryad holatlari va p-n-birikma". Doktorlik dissertatsiyasining avtoreferati. (O'zbekiston)

8. Olimov L.O., Abdurahmonov B.M., Teshaboev A. 2014 Polikristal kremniyning don chegaralari orasidagi zaryad tashuvchilarni tashishga ishqoriy metal atomlarining ta'siri. J. Materialshunoslik, 1 14.

9. Olimov, L.O. 2012 Ishqoriy metallarning polikristalli kremniy yuzasida don chegaralarining elektron xususiyatlariga ta'siri. J. Yarimo'tkazgichlar, 46 898.

10. Olimov, L.O. 2010 Ishqoriy metallarning adsorbsiyasi va ularning polikristalli kremniyning asosiy qismidagi don chegaralarining elektron xususiyatlariga ta'siri. J. Yarim o'tkazgichlar, 44 602.

11. Abdurahmonov, B.M., Olimov, L.O., Saidov, M.S. 2008 Quyosh polikristalli kremniy va uning $n+p$ tuzilmalarining yuqori haroratlarda elektrofizik xususiyatlari. J. Amaliy quyosh energiyasi 44 46.

12. Olimov, L.O. 2010 yil Polikristalli yarimo'tkazgichlarga asoslangan p-n tuzilmalarida don chegarasining modeli. J. Amaliy quyosh energiyasi, 46 118.

13. Saidov, M.S., Abdurahmonov, B.M., Olimov, L.O. 2007 Polikristalli kremniy quyosh xujayrasining don chegaralarida nopoklik termovoltaiik ta'siri. J. Amaliy quyosh energiyasi, 4 203.

14. Olimov L.O., Anarboev I.I., Mamirov A., Omonboev F.L., Omonboeva M.L. 2021 (tahrirlar) Patent UZ № FAP 01593 "Termoelektrik materialni tayyorlash usuli".