

YARIMO'TKAZGICH MATERIALLARNING SINTEZI, TUZILISHI VA ELEKTROFIZIK XUSUSIYATLARINI QO'RG'OSHIN SELEN ASOSIDA TADBIQ ETISH .

Mamatkarimov Odiljon Oxundedayevich¹.

Fizika-matematika fanlari doktori, professor.

Quchqarov Bexzod Xoshimjanovich¹.

Doctor of Philosophy Associate Professor (PhD) in physical and mathematical sciences.

¹*Namangan muxandislik-texnologiya instituti.*

Yusufjonov Akmalxon Abdumajid o'g'li².

²*Namangan davlat universiteti fizika fa'kulteti magistranti.*

Ergashev Murodjon A'zamjon o'g'li³.

³*Namangan muxandislik-texnologiya instituti talaba*

E-mail:akmalyusuf653@gmail.com

Tel:+998975204004

Anotatsiya. PbSe plyonkalarining tuzilishini, optik va elektr xususiyatlarini o'rganish, spektral xarakteristikalar va ularning strukturasi xususiyatlarining harorat o'zgarishi bilan bog'liqligini aniqlash, oksidlanishni kamaytirish uchun chiziqli zanjirli uglerod plyonkasini himoya qatlami sifatida ishlatish imkoniyatini baholash. Ish shundan iboratki, tadqiqot jarayonida kashf etilgan yangi effektlar (yarimo'tkazgich-metall va elektr o'tish davri) mikroelektronikada, chiziqli bo'lmagan N-shaklidagi oqim kuchlanish xarakteristikasiga ega termistorlarni ishlab chiqish uchun ishlatilishi mumkin. PbSe plyonkalarining tuzilishi, optik va elektr xossalari o'rganish natijalari qattiq fazali sintez natijasida olingan yarimo'tkazgichli ikkilik tizimlarning fundamental fizik xususiyatlarini tahlil qilishda ham foydali bo'lishi mumkin.

Kalit so'z. qo'rg'oshin selen, fotosensitiv, plyonka, termorezist bug'lanish, azotli oksidlanish, Raman spektr, metall-izolyator, shisha substratlar, difraktometriya, rentgen fotoelektron, monoklinik, sirt qatlamlar, atmosfera kislorod, selenid faza.

ПРИМЕНЕНИЕ СИНТЕЗА, СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ СЕЛЕНА СВИНЦА.

Маматкаримов Одилжон Охундедаевич¹.

Доктор физика-математических наук, профессор,

Кучқаров Бехзод Хошимжанович.¹

Доктор философских наук по физике и математике доцент(PhD),

¹*Наманганский инженерно-технологический институт*

Юсуфжонов Акмал Абумажид угли²

²*Магистрант Наманганского государственного университета, физический факультет. Эргашев Мuroдjon Аъзамжон угли³*

³*Наманганский инженерно-технологический институт студент*

E-mail:akmalyusuf653@gmail.com

Тел:+998975204004

Аннотация. Изучить структуру, оптические и электрические свойства пленок *PbSe*, установить связь между спектральными характеристиками и их структурными свойствами при изменении температуры, оценить возможность использования линейно-цепочечной углеродной пленки в качестве защитного слоя для снижения окисления. Работа заключается в том, что обнаруженные в ходе исследований новые эффекты (полупроводник-металл и электрический переход) могут быть использованы в микроэлектронике для разработки термисторов с нелинейной N-образной ВАХ. Результаты исследования структуры, оптических и электрических свойств пленок *PbSe* также могут быть полезны при анализе фундаментальных физических свойств полупроводниковых бинарных систем, полученных методом твердофазного синтеза.

Ключевое слово. свинец-селен, фоточувствительный, пленка, терморезистивное испарение, окисление азота, спектр комбинационного рассеяния, металл-изолятор, стеклянные подложки, дифрактометрия, рентгеновская фотоэлектронная, моноклинная, поверхностные слои, кислород воздуха, селенидная фаза.

APPLICATION OF SYNTHESIS, STRUCTURE AND ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SEMICONDUCTOR MATERIALS BASED ON LEAD SELENIUM.

Mamatkarimov Odiljon Oxundedayevich¹.

Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor,

Kuchkarov Bekhzod Khoshimjanovich¹.

Doctor of Philosophy (PhD) in Physical and Mathematical Sciences.

¹*Namangan Engineering and Technology Institute.*

Yusufjonov Akmal Khan Abdumajid o'g'li²

²*Master student, Namangan State University, Faculty of Physics.*

Ergashev Murodjon A'zamjon o'g'li³

³*Namangan Engineering and Technology Institute Student.*

E-mail:akmalyusuf653@gmail.com

Tel:+998975204004

Annotation. To study the structure, optical and electrical properties of *PbSe* films, to establish the relationship between the spectral characteristics and their structural properties with temperature changes, to evaluate the possibility of using a linear-chain carbon film as a protective layer to reduce oxidation. The work lies in the fact that the new effects discovered in the course of research (semiconductor-metal and electrical transition) can be used in microelectronics to develop thermistors with a nonlinear N-shaped CVC. The results of the study of the structure, optical and electrical properties of *PbSe* films can also be useful in

the analysis of the fundamental physical properties of semiconductor binary systems obtained by solid-phase synthesis.

Keyword. lead-selenium, photosensitive, film, thermoresistive evaporation, nitrogen oxidation, Raman spectrum, insulating metal, glass substrates, diffractometry, photoelectronic, monoclinic, surface layers, air oxygen, selenide phase.

Fan-texnika taraqqiyotining hozirgi bosqichida yupqa plyonkali texnologiyalarning turli qurilmalar va qurilmalar yaratish imkoniyatlarini o'rganishga alohida e'tibor berilmoqda. Yupqa plyonkalar elektronika sanoatida yarimo'tkazgichli qurilmalar, mikrosxemalar va boshqa nozik plyonkali elementlarni yaratish uchun keng qo'llaniladi. Bugungi kunga qadar yupqa plyonkalar fizikasi ularning hosil bo'lish jarayonlari va xususiyatlarini tushunishda sezilarli yutuqlarga erishdi. Biroq, bu sohada tadqiqotchilarni qiziqtiradigan ko'plab savollar mavjud. Bularga, masalan, plyonka sintezi masalalari, parametrlarni o'lchash usullari va turli fizik jarayonlarni hisoblash modellari va, albatta, plyonkalardagi ommaviy namunalarda mavjud bo'lmagan fizik hodisalar kiradi. Yupqa plyonkalarining xususiyatlari asosan sintez texnologiyasi, shuningdek, namuna yuzasining materiali va sifati, purkalgan moddaning tarkibi, kimyoviy reagentlar bilan belgilanadi. Shuning uchun plyonkalarni sintez qilish usullarini ishlab chiqish, ularning optik, magnit, elektr va strukturaviy xususiyatlarini o'rganish, turli sirt hodisalarini o'rganish, o'rganilayotgan xususiyatlar va ishlash ko'rsatkichlari o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatish muhim ahamiyatga ega.

Keng qo'llaniladigan materiallar orasida qo'rg'oshin selenidlari optik, elektr va boshqa xususiyatlarning xilma-xilligi tufayli eng muhim o'rinlardan birini egallaydi. Xususan, qo'rg'oshin selenidining fotosensitiv xususiyatlarga ega ekanligi aniqlandi [1], bu fotosensitiv plyonkalar va ular asosida ishlab chiqarish qurilmalarini olish uchun texnologik jarayonlarni takomillashtirish zarur. Ushbu ishda qattiq fazali sintez - qo'rg'oshin va selenning termorezist bug'lanishi, so'ngra azotli atmosferada toblanish yo'li bilan olingan qo'rg'oshin selenidiga asoslangan yupqa plyonkalarining tuzilishini, optik va elektr xususiyatlarini o'rganishga bag'ishlangan. *PbSe* plyonkalarini amaliy qo'llashda muammo oksidlanish bilan bog'liq xususiyatlarning beqarorligi bo'lib, vaqt o'tishi bilan to'liq yo'q qilinishiga olib keladi.

1. Yarimo'tkazgich elementlarini yaratish uchun mos bo'lgan yupqa *PbSe* plyonkalarini hosil qilish uchun past haroratli texnologiyani ishlab chiqish[2].

2. Olingan *PbSe* plyonkalarining elektrofizik xususiyatlari va tarkibini o'rganish va ularning strukturaviy holatini batafsil o'rganish.

3. Sp_1 holatidagi uglerodning *PbSe* plyonkalar xossalariga va uning elektrofizik parametrlariga ta'sirini o'rganish.

4. Harorat ta'sirida *PbSe* plyonkalarining strukturasi va spektral xarakteristikasi va uning elektrofizik xususiyatlarining o'zgarishi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatish.

Qattiq fazali sintez yo'li bilan olingan *PbSe* plyonkalarining xususiyatlarini har tomonlama o'rganish asosida yarimo'tkazgich metall fazaga o'tishning paydo bo'lishi va elektr almashinuvining ta'siri aniqlandi. *N*-shaklidagi oqim kuchlanish xarakteristikasi bilan almashtirish effekti *PbSe* plyonkasida yarimo'tkazgich metall fazaga o'tish bilan bog'liqligi aniqlandi. Qattiq fazali sintez natijasida olingan qo'rg'oshin selenid plyonkalarining sirt tuzilishini atom kuch mikroskopi bilan o'rganish atmosfera kislorodi bilan o'zaro ta'sirga olib keladigan chuqur bo'shliqlarni o'z ichiga olgan sirt strukturasining bir hilligini aniqladi. Ushbu plyonkalarni chiziqli zanjirli uglerod bilan qoplash orqali namunalarning vaqtinchalik barqarorligini ko'p marta oshirish mumkinligi aniqlandi [4-5]. 300 K va 370 K haroratlarda *PbSe* plyonkalarining aks ettirish spektrlari va Raman spektrlarini tahlil qilishda spektral xususiyatlarning o'zgarishi aniqlandi: aks ettirish spektrining ortishi, intensivlikning o'zgarishi va tebranishning siljishi rejimlari.

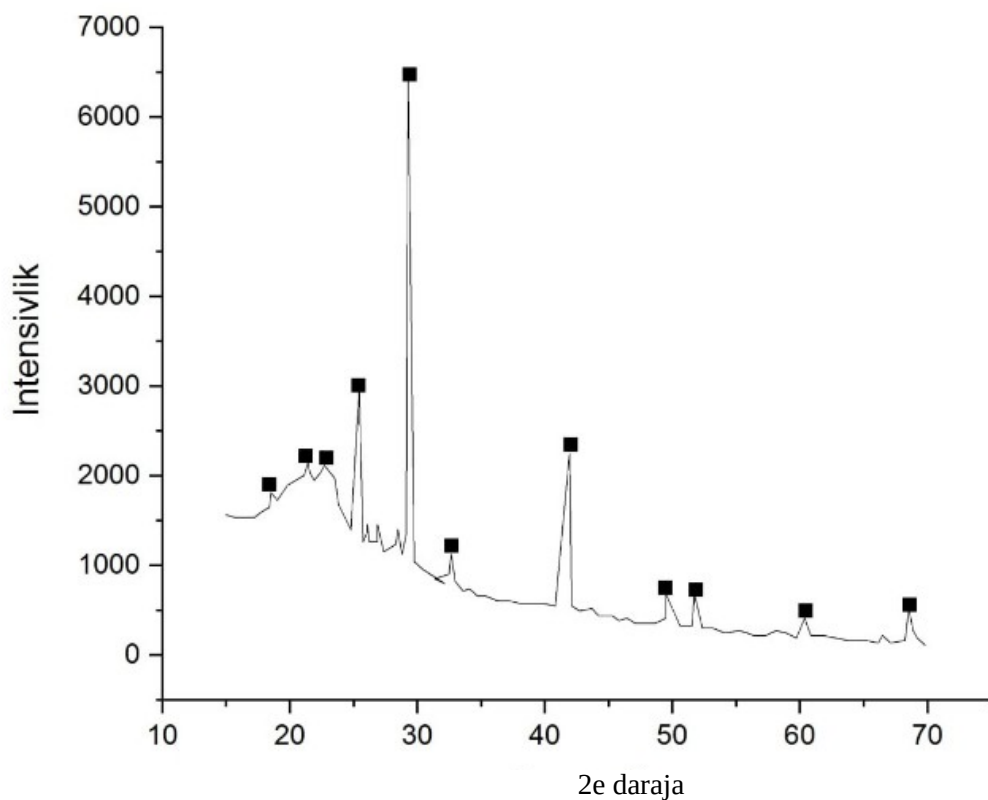
Qo'rg'oshin selenidining eng xarakterli xususiyatlari haqida ma'lumot va olishning asosiy usullari, chiziqli zanjirli uglerod plyonkalarining tuzilishi va xususiyatlarini o'rganish natijalari, yarimo'tkazgichning fazaviy o'tish modellari - metall va elektr o'tkazgichning ta'siri, shuningdek, $A^{IV}B^{VI}$ tipidagi yarimo'tkazgichlarda boshqa tabiatning fazali o'tish imkoniyati ko'rib chiqiladi. $PbSe + PbSeO_3$ kompozitsiyasining ikki fazali kompozitsiyasi namunalarga alohida e'tibor qaratiladi [6], unda $T_p = 360$ K atrofida haroratlarda o'tkazuvchanlikning anomal o'zgarishi aniqlangan. Metall-izolyator o'tish xususiyatlariga yaqin bo'lgan harorat T_p . Fazaga o'tish haroratida ishlaydigan termistorlarni ishlab chiqish uchun elektron beqarorlik imkoniyati tasvirlangan.

O'rganilayotgan namunalarning optik o'lchovlarini o'tkazish uchun plyonkalar kvarts shisha tagliklariga yotqizilgan. Yarimo'tkazgich elektrofizik xususiyatlarini o'rganish uchun ular oldindan yotqizilgan alyuminiy elektrodleri bilan shisha substratlarda sintez qilindi. Ikkinchi alyuminiy elektrod namunalari ustiga yotqizilgan. Plyonkalarining tarkibi va strukturaviy xususiyatlarini o'rganish uchun turli xil aniqlik shkalalariga mos keladigan rentgen nurlari difraksiyasi (difraktometriya), rentgen fotoelektron spektroskopiyasi (XPS), Auger elektron spektroskopiyasi (AES) usullari qo'llanildi. Namunalarning rentgen fazali tahlili (XPA) qo'rg'oshin selenid *PbSe* kristallariga xos bo'lgan *NaCl* (B1) tipidagi kubik strukturani va qo'rg'oshin selenit $PbSeO_3$ fazasi bilan bog'liq monoklinik tuzilmani aniqladi [7] (1-rasm, 1-jadval). Ikkala namunada ham qo'rg'oshin selenid fazasi ustun ekanligi ko'rsatilgan. Mavjud bo'lgan fazalarning konsentratsiyasi hisoblab chiqilgan.

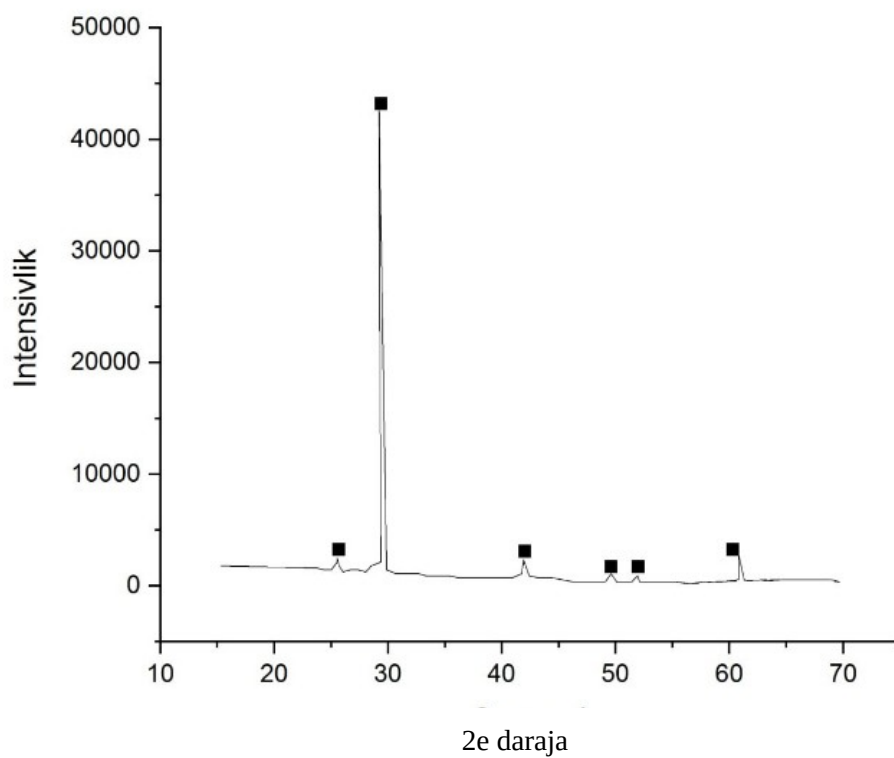
1-jadval. *PbSe* kino fazalarining tarkibi va strukturaviy xususiyatlari.

№	Faza					
	Stex. formula	Nomi	Singoniy	Tuzilish	Belgilash 1-rasm	Sod.mass %
1,a	<i>PbSe</i>	Klaustalit	Kub.	Fm-3m	■	55
	$PbSeO_3$	Molibden	Monokl.	P21/m	◊	45

1,b	PbSe	Klaustalit	Kub.	Fm-3m	■	83
	PbSeO ₃	Molibden	Monokl.	P21/m	◊	17



a)

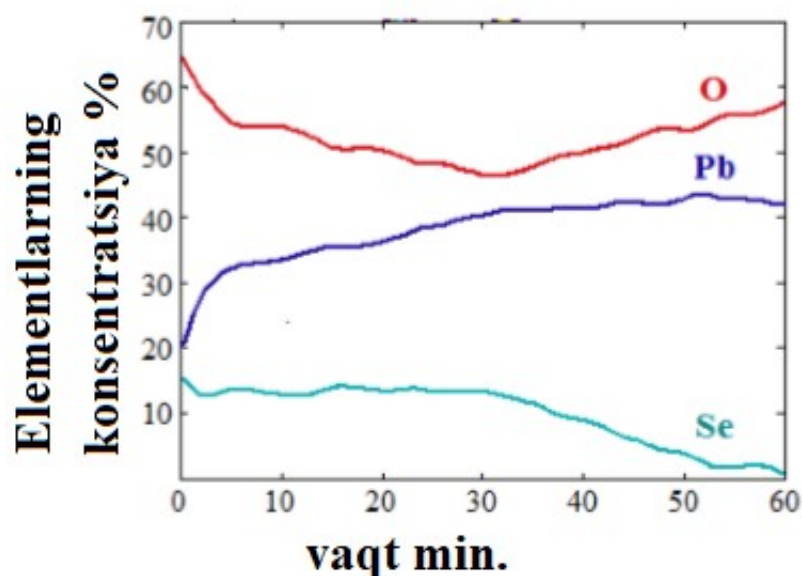


b)

1-rasm. PbSe (a) va Al-PbSe (b) plyonkalarining diffraktsiya naqshlari.

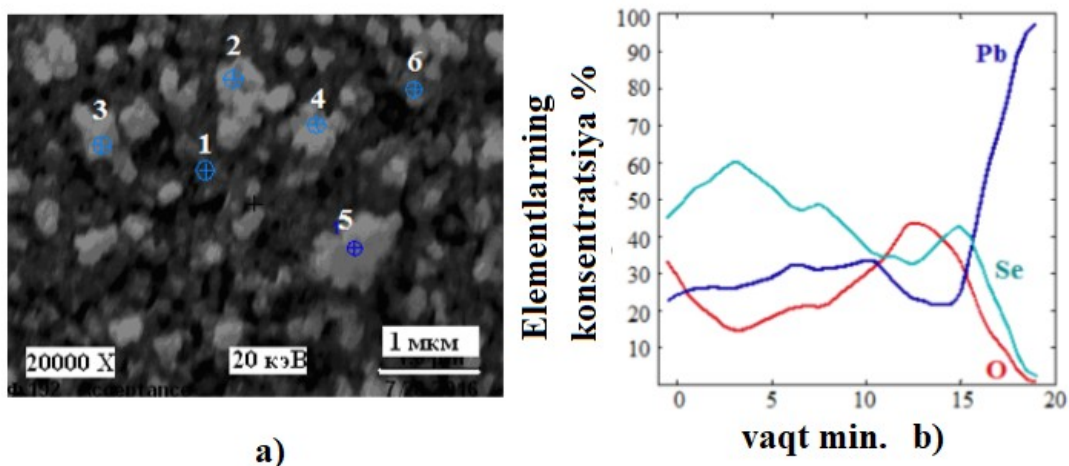
XPS tahlili PbSe plyonkalarining sirt qatlamlarida quyidagi elementlarning mavjudligini aniqladi: *Pb*, *Se*, *O*, *C* va *Na*. Atom tarkibini hisoblashda spektrda ko'rinishi asosan sirt ifloslanishiga bog'liq bo'lgan uglerod mavjudligi hisobga olinmagan. Namuna sirtidagi elementlarning qirqishdan oldin tarkibi turli nuqtalarda bir necha foiz ichida o'zgarib turadi: qo'rg'oshin (*Pb*) - 21-27%, kislorod (*O*) - 45-55%, selen (*Se*) - 15-16%. Barcha namunalarda natriy mavjud bo'lib, uning ko'rinishi substrat bilan bog'liq bo'lishi mumkin [8]. O'rganilayotgan plyonkalarda kislorodning mavjudligi, birinchi navbatda, ularning sintezi va issiqlik bilan ishlov berishning o'ziga xos xususiyatlari bilan izohlanadi, ularning mexanizmi kislorod o'z ichiga olgan fazalarni materialning hajm va sirt qatlamlariga kiritish imkonini beradi. Ikkinchidan, havoda saqlash vaqtida *PbSe* yuzasi oksidlanishga moyil bo'ladi. Sirdagi ketmaketlik buzilishi *Al-PbSe* namunada *Al* mavjudligi aniqlanmaganligi sababli vujudga kelgan, bu 523 K haroratda (alyuminiyning erish nuqtasi 933 K) diffuziyaning yo'qligi va tablanish vaqti bilan bog'liq bo'lishi mumkin, keyingi tahlillar *PbSe* plyonkasi bilan amalga oshirildi.

Bir soat davomida ion bilan ishlov berishda elementar tarkibni tahlil qilish (2-rasm) kompozitsiyaning nisbiy barqarorlashuvini ko'rsatadi, bu kislorod miqdorining monotonik pasayishi va qo'rg'oshin tarkibining o'sishining 4-daqiqasidan boshlab ko'payishi bilan tavsiflanadi, bu davom etadi 30 daqiqagacha. Keyin selen miqdori asta-sekin kamayib, statistik ahamiyatga ega bo'lmagan qiymatlarga kamayishni boshlaydi. Qattiq qatlamlar qalinligi ionli qirqish natijalariga ko'ra, namuna sintezi paytida *PbSe* fazasining qalinligi 250-300 nm ekanligi aniqlandi.



2-rasm. XPS ma'lumotlari bo'yicha *Se*, *O*, *Pb* elementlarning *PbSe* plyonkasi chuqurligi bo'yicha taqsimlanishi. tezligi ~6 nm/min.

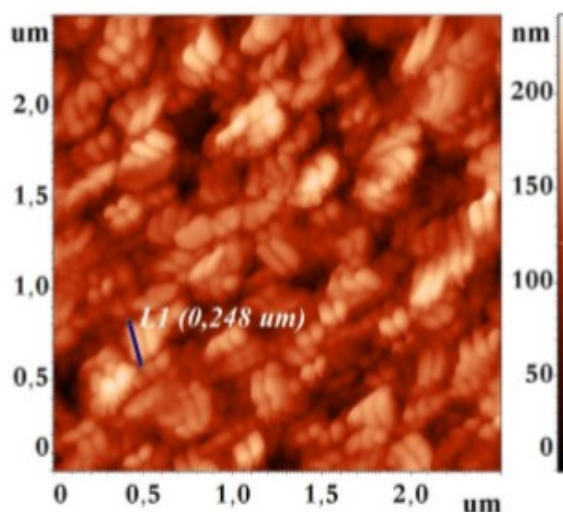
PbSe plyonkasining sirt qatlamidagi elementlarning kimyoviy holati Pb, Se va O atomlarining ichki elektron sathlarining XPS spektrlaridagi chiziqlar holatidan aniqlandi. Pb_{4f} va Se_{3d} ning rezolyutsiya spektrlari namunalardagi Pb va Se faqat bog'langan holatda ekanligini ko'rsatdi: qo'rg'oshinning selenid ($PbSe$) va selenit ($PbSeO_3$) ulanishi [9-10], bu toblanish paytida selen va qo'rg'oshin o'rtasidagi to'liq reaksiyani ko'rsatadi.



3-rasm. AES ma'lumotlariga ko'ra PbSe plyonkasining Se, O, Pb (b) elementlarining elektron mikroskopik tasviri (a) chuqurlik taqsimoti.

Tashqi ta'sirdagi elektron spektroskopiyasi (AES) sirtning turli nuqtalarida PbSe plyonkalarining mahalliy elementar tahlilini o'tkazish uchun ishlatilgan. Elektron mikroskopik tasvir (3-rasm, a) elementar tarkibi o'rganilgan nuqtalarni ko'rsatadi. Planka o'zaro o'sgan mikrokristalli shakllanishlardan iborat bo'lib, ularning zarralari hajmi $0,2 \div 0,25$ mkm. Tarkibi namunaning turli sohalarida olti nuqtada tahlil qilindi. AES usulida 20 minut davomida qatlam-qatlam ionli qatlam (3b-rasm) alohida donalarda selen miqdori yuqoriroq bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi [10]. Shunday qilib, plyonkaning alohida nuqtalarida elementlarning (Pb, Se va O) konsentratsiyasining foiz nisbati farq qilishi mumkin, bu qo'rg'oshin, selen va ularning oksidlarining rentgen amorf fazalari mavjudligini ko'rsatadi.

Rentgen tadqiqotlari natijalarini sarhisob qilsak, qattiq fazali sintez natijasida olingan PbSe plyonkalari tuzilishi va tarkibi bo'yicha bir hil ekanligi ko'rsatilgan, ammo o'rganilayotgan maydonning pasayishi bilan nuqsonlar ko'rinishidagi bir jinsliliklar aniqlanadi. Qo'rg'oshin selenid fazasini hosil qilish uchun toblanish harorati (523 K) va vaqt (45 min) yetarli ekanligi aniqlandi. PbSe har tomonlama o'rganish uchun ularning tuzilishini qo'shimcha o'rganishni taqazo etdi [11-12]. Atom kuch mikroskopi yordamida namunalarning sirt topografiyalari olindi (4-rasm). Skanerlash yarim kontaktli rejimda amalga oshirildi, skanerlangan maydonning o'lchami 3×3 mkm. Ko'rsatilgandek, plyonkalar o'lchami taxminan 250 nm bo'lgan polikristalli tuzilishga ega, ko'plab bo'shliqlar sezilarli. Bunday sirtga ega bo'lgan plyonka atmosfera kislorodi bilan faol ta'sir o'tkazadi. Bizning tadqiqotlarimizga ko'ra, kislorodning kiritilishi kimyoviy o'zaro ta'sirga, oksidlarning hosil bo'lishiga olib keladi.



4-rasm. PbSe plyonkasining AFM tasviri, skanerlangan maydonning o'lchami 3 mkm x 3 mkm.

Chiziqli zanjirli uglerod plyonkasining PbSe namunalarining xususiyatlariga ta'sirini o'rganish natijalarini taqdim etadi. PbSe, PbSe-LCC plyonkalarining Raman spektrlarini (5-rasm) xona haroratida o'rganishda, PbSe bilan bog'liq bo'lgan 132 va 795 cm^{-1} mintaqadagi har ikkala spektrdagi cho'qqilarning holati aniqlandi. O'zgarmaydi, faqat intensivlik o'zgaradi. Bundan tashqari, uglerod atomlari orasidagi qo'sh bog'lanishga tegishli bo'lgan maksimal 1563 cm^{-1} da PbSe-LCC tizimida topilgan [13-14]. PbSe va PbSe-LCC plyonkalarining 2-16 mkm to'lqin uzunligi diapazonidagi aks ettirish spektrlari R (l) ular tayyorlanganidan 10 kun o'tgach, Furiye-IR spektroskopiyasi bilan o'rganildi. R(l) spektrlarida PbSe va PbSeO₃ fazalari bilan bog'liq aks ettirish koeffitsientining ikkita minimali topildi. Ko'zgu koeffitsientining minimallari erkin zaryad tashuvchilarning plazma rezonansi bilan bog'liq. Ko'zgu spektrlarida kuzatilgan ikkita plazma minimali PbSe plyonkalarida XRD ma'lumotlariga mos keladigan ikki faza [16-17], PbSe va PbSeO₃ mavjudligining qo'shimcha tasdig'idir. PbSe LCC plyonkasi uchun PbSe fazasi bilan bog'liq plazma minimumi uzun to'lqin uzunligi mintaqasiga o'tkaziladi. [18] ga ko'ra, oksidlanish vaqti ortishi bilan plyonkadagi PbSe massasi kamayadi, PbSeO₃ massasi esa ortadi. PbSe fazasi bilan bog'liq plazma minimumi qisqa to'lqin uzunlikdagi hududga siljiydi. Shunday qilib, LCC qatlami bilan qoplangan PbSe plyonkasi kamroq oksidlanadi. Bundan tashqari, R(l) spektrlariga ko'ra, o'rganilayotgan namunalarning PbSe kristal fazasi n-tipli o'tkazuvchanlikka tegishli ekanligi aniqlandi.

Xulosa.

Pb, Se plyonkalarini qavatma-qavat cho'ktirish va keyinchalik azotli atmosferada tolash usuli yordamida uch qatlamli fazali sintez yo'li bilan qo'rg'oshin selenid plyonkalarini olish usulining yangi modifikatsiyasi ishlab chiqildi.

PbSe ning polikristal qatlamlarining strukturaviy, fazaviy, kimyoviy tahlillari o'tkazildi.

X-nurlarining difraksion tahlili va IQ aks ettirish spektrlari shuni ko'rsatdiki, o'rganilayotgan namunalar asosan ikkita $RbSe$ va $PbSeO_3$ fazalarini o'z ichiga oladi. O'rganilayotgan namunalarning $PbSe$ kristal fazasi n -tipli o'tkazuvchanlikka tegishli ekanligi aniqlandi.

Aniqroq XPS va AOS usullari plyonka chuqurligi bo'yicha elementlar kontsentratsiyasining taqsimlanishining bir xil emasligini ko'rsatadi, bu nuqsonlarning shakllanishiga olib keladi. Qo'rg'oshin selenid plyonkalarining sirt morfologiyasi atom kuch mikroskopi yordamida o'rganildi. Atmosfera kislorodi bilan faol o'zaro ta'sirga olib keladigan chuqur bo'shliqlarni o'z ichiga olgan bir hil bo'lmagan sirt tuzilishi aniqlanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

[1]. Arof A.K., Mat Nor N.A., Aziz N., Kufian M.Z., Abdulaziz A.A., Mamatkarimov O.O. Investigation on morphology of composite poly(ethylene oxide)-cellulose nanofibers. // *Materials Today: Proceedings*. 2019. V.17 P.388–393. (№3 Scopus, IF:0,576).

[2]. Абдукаримов А.А., Маматкаримов О.О., Икрамов Р.Г. Исследования характеристик тонкопленочных солнечных ячеек полученных по основе гелевых полимерных электролитов. // *Доклады Академии Наук РУ*. 2019. №6.С. 6-9. (01.00.00; №7).

[3]. A.A. Abdulkarimov, Shahan Shah, L.P. Teo, M.H. Buraidah, Z.H.Z. Abidin, O.O. Mamatkarimov, A.K. Arof. Characteristics of dye-sensitized solar cells (DSSCs) using liquid and gel polymer electrolytes with tetrapropylammonium salt. // *Optical and Quantum Electronics*. 2020. 3. Vol. 52. P.1-15. (№3 Scopus, IF: :1,842)

[4]. B.T. Abdulazizov/Cyclotron mass of an electron in strong magnetic fields in a wide InAs quantum well/ *Eurasian Journal of Physics and Functional Materials* (2022), 6(1), pp 32-37, doi.org/10.32523/ejpfm.2022060103

[5]. Абдукаримов А.А., Ўктамалиев Б.И., Маматкаримов О.О. Исследования характеристик тонкопленочных солнечных ячеек полученных по основе гелевых полимерных электролитов// *Тенденции развития современной физики полупроводников: проблемы, достижения и перспективы*”. Сборник материалов международной онлайн конференции. Ташкент-2020. С.273-278.

[6]. Abdulkarimov A.A., Arof A.K., Mat Nor N.A., Aziz N., Kufian M.Z., Mamatkarimov O.O. Characterization of poly (ethylene oxide) reinforced nanocellulose fibers produced via electrospinning technique// *International conference prospect of an intensive approach to innovative development*. Namangan. 2018.P.45-46.

[7]. G.Gulyamov, B.T.Abdulazizov, P.J.Baymatov.Three-band simulation of the g-factor of an electron in an InAs quantum well in strong magnetic fields .*Journal of Nanomaterials* ,Volume (2021), Article ID pp (559-563),

<https://doi.org/10.1155/2021/5542559><https://doi.org/10.1142/S2010324722500023> [8].Vlasov S.I., Saparov F.A., Ismailov K.A. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics and Optoelectronics*. 2010. Vol. 13. No. 4. P.363.

[9].B Kuchkarov, O Mamatkarimov, and A Abdulkhayev. «Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor». ICECAE 2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 614 (2020) 012027 Conference Series:

[10].B.X. Qo'chqarov, A. nishonov, X.O.Qochqarov “The effect of tunneling current on the speed surface generation of charge carriers” *Scientific bulletin of Namangan State University* 1(7), 3-6.

[11].S.I.Vlasov, D.N.Nazirov. B.K.Kuchkarov, K.U.Bobokhujayev. “Influence of all-round compression on formation of the mobile charge in lead-borosilicate glass structure” *Uzbekiston Fizika Zhurnali* №16/3 str 231-233.

[12].B.Kh.Kuchkarov, O.O.Mamatkarimov “Influence of ultrasonic action on the rate of charge formation of the inversion layer in metal-glass-semiconductor structures” Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki. Tom-29. №4 str.125-134.

[13]. БХ Кучкаров. Влияние ультразвукового воздействия на скорость формирования заряда инверсионного слоя в структурах метал-стекло-полупроводник. Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2019. 29/4. стр.125-134.

[14]. Kuchkarov, B.H., Mamatkarimov, O.O., Abdugarimov, A.A., Khalmirzayev, A., Mirtojiyeva, D.M. Influence of All-Round Compression on Formation of the Mobile Charge in Lead-Borosilicate Glass Structure. AIP Conference Proceedings, 2022, 2432, 030039

[15]. Fazliddinov, S., Kuchkarov, B., Sharibaev, N., Abdulkhaev, A., Tulkinov, M.-A. Analysis of modern methods of determination of mechanical status and diagnostic models of power transformers. Journal of Physics: Conference Series, 2022, 2388(1), 012173.

[16]. Kuchkarov, B., Mamatkarimov, O., Abdulkhayev, A. Influence of the ultrasonic irradiation on characteristic of the structures metal-glass-semiconductor. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2020, 614(1), 012027.

[17]. P.J. Baymatov, B.T. Abdulazizov. Concentration dependences of the electron effective mass , Fermi energy, and filling of subbands in doped InAs/AlSb quantum wells.Украинский Физический Журнал. Ukr. J. Phys.2017. Vol. 62, No. 1, стр 46-50 , <https://doi.org/10.15407/ujpe62.01.0046>.

[18]. G Gulyamov, BT Abdulazizov. On the thermodynamics of a two-dimensional electron gas with non-parabolic dispersion. World Journal of Condensed Matter Physics.pp 294-299. doi: [10.4236/wjcmp.2016.64028](https://doi.org/10.4236/wjcmp.2016.64028) .