

(Si (Au), Si (Li) va Si (Ge) ASOSIDAGI FOTODETEKTORLARNI TAYYORLASH VA ISHLAB CHIQISH

Radjapov Sali Ashirovich¹ , Maripov Ilxom Isakovich² , Otaboyev Sirojiddin
Komilovich².

¹Fizika texnika instituti bosh ilmiy xodim f.m-f.d

²Fizika texnika instituti doktoranti

¹E-mail: rsafti@mail.ru

²Email: imaripov@mail.ru

Annotatsiya: Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati yadroviy nurlanishli qayt qiluvchi Si(Li), Si(Au) va Si(Ge) asosidagi yarimo'tkazgichli detektorlar tayyorlash uchun yangi texnologik jarayonlar ko'rilgan va ularning elektrofizik va radiometrik xarakteristikasini aniqlanilgan. Bunday natijalar har xil yarimo'tkazgichli qurilmalarni amaliyotda qo'llashda muhim ahamiyat kasb etishi bilan izohlanadi. Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati yarimo'tkazgich monokristall kremniy asosida Si(Li) va Si (Au) va Si(Ge) strukturali detektorlar ishlab chiqish va ularni joriy etishdan iborat.

Kalit so'zlar: detektor, gamma kvant ,spektr,zaryad, elektron , yarimo'tkazgich, kristall, ionizatsion kamera, rekonbinatsiya, elektr maydon.

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ ФОТОДЕТЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ Si (Au), Si (Li), Si (Ge)

Раджапов Сали Аширович¹ , Марипов Илхом Исакович² , Отабоев
Сирожиддин Комилович²

¹Доктор физ-мат наук; главный научный сотрудник Физико-технического
института АН РУз.

²Докторант, Физико-технического института АН РУз

¹E-mail: rsafti@mail.ru

²Email: imaripov@mail.ru

Аннотация: Научная значимость результатов исследования заключается в том, что были рассмотрены новые технологические процессы изготовления полупроводниковых детекторов на основе кремние ядерного излучения Si(Li) и Si(Au), а также определены их электрофизические и радиометрические характеристики. Такие результаты объясняются тем, что они важны при практическом использовании различных полупроводниковых приборов. Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке и внедрении детекторов со структурой Si(Li) и Si (Au) на основе полупроводникового монокристаллического кремния.

Ключевые слова: детектора, гамма-квант, спектр, заряд, электрон, полупроводник, кристалл, ионизационная камера, рекомбинация, электрическое поле

DEVELOPMENT AND CREATION OF PHOTODETECTORS BASED ON Si (Au), Si (Li), Si (Ge)

Radjapov Sali Ashirovich¹, Maripov Ilkhom Isakovich², Otaboev Sirajiddin
Komilovich²

¹Doctor of Physical and Mathematical Sciences; Chief Researcher of the Institute
of Physics and Technology of the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

²Doctoral, Institute of Physics and Technology of the Academy of Sciences of the
Republic of Uzbekistan

¹E-mail: rsafti@mail.ru

²Email: imaripov@mail.ru

Annotation : The scientific significance of the research results lies in the fact that new technological processes for manufacturing semiconductor detectors based on Si(Li), Si(Au) and Si(Ge) nuclear radiation rectifiers were considered, and their electrophysical and radiometric characteristics were determined. Such results are

explained by the fact that they are important in the practical use of various semiconductor devices. The practical significance of the research results lies in the development and implementation of detectors with a Si(Li), Si(Au) and Si(Ge) structure based on semiconductor monocrystalline silicon.

Keywords: detector, gamma quantum, spectrum, charge, electron, semiconductor, crystal, ionization chamber, recombination, x-ray, electric field.

KIRISH

Biz o'rganayotgan sintillyatsion detektorlarning boshqa detektorlarga nisbatan ustunligi uning zarralarni qayd qilish effektivligining kattaligi, vaqt bo'yicha ajrata olish qobiliyati kichikligi hamda tajribada ishlatish qulayligidadir. Sintillyatsion detektorlar ionlashtiruvchi zarralar lyuminesensiya chaqnashini keltirib chiqaradigan sintillyator va qayd qiluvchi elektron tizimdan iborat. Sintillyatsion detektorlar nafaqat ionlashtiruvchi nurlanishni qayd qilish, balki γ -kvanta va neytronlarni aniqlash uchun ham qo'llaniladi.[1] Bunday hollarda sintillyatsion detektorlar fotonlar va neytronlarning o'zini emas, balki ularning sintillyator atomlari bilan to'qnashuvi paytida paydo bo'ladigan ionlashtiruvchi zarralarni, elektronlarni, orqaga qaytuvchi yadrolarni va bo'lingan yadrolarning parchalarini qayd qiladi. Shunday qilib, sintillyatsion detektorlar radioaktiv nurlanishning barcha turlarini qayt qilish imkonini beradi. Gaz razryadli hisoblagichlardan farqli o'laroq, yuqori energiyali γ -kvantalarni qayt qilish samaradorligi ssintillyatsion detektorlarida juda yuqori (50% va hatto 100%) bo'lishi mumkin.[2]

ADABIYOTLAR TAHLILI

Yarimo'tkazgichli Si(Li) Si(Au) asosidagi detektorlarni tayyorlash va ishlab chiqishda ko'pgina yetakchi ilmiy markazlarda va oliy ta'lim muassasalarida, jumladan, Kolumbiya universiteti (AQSH), Kosmik va kosmonavtika fanlari instituti, Yaponiya aerokosmik tadqiqotlar agentligi Yadro fizikasi kafedrası

(Yaponiya), Fan universiteti Fizika va muhandislik fizikasi fakulteti (Vetnam), Liverpul universiteti (Angliya), Tomsk davlat universiteti (Tomsk), Al'-Farabi nomidagi Qozig'iston milliy universiteti, (Qozog'iston), Fiziko-texnika instituti (O'zbekiston) da olib borilmoqda. Akademik YU.K. Akimovning ishlarida barcha turdagi yarimo'tkazgichli detektorlar texnologiyasi ko'rib chiqilgan

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Hozirgi vaqtga kelib, yadroviy nurlarni qayd qiluvchi binar asosli yarimo'tkazgich (Ge(Li) , Ge , CdTe , CdZnTe , HgIn , GaAs) detektorlar yasali b keng qo'llanilmoqda. Bunday turdagi detektorlar xona temperaturasida ishlashi, tezkorligi va ekspres o'lchashlarda qo'llanilishi bilan samarali hisoblanadi. [3]

Shuning uchun hozirgi kunda rentgen va gamma nurlarni qayd qiluvchi detektorlarning ishlash prinsipi va asosiy xarakteristikalar (effektivligi, ajrata olish qobiliyati) ni o'rganish katta ahamiyat kasb etmoqda. Yarimo'tkazgichli detektorlarning paydo bo'lishi bilan gamma-kvantlar va zaryadli zarralarni spektrometrlash sohasida inqilob bo'ldi desak mubolag'a bo'lmaydi. Yadroviy nurlanishlarni qayd qilishda faqatgina kremniy va germaniy kristallaridan yasalgan detektorlardan foydalanilmoqda. [4] Bunday yarimo'tkazgichli detektorlarda sezgirlik sohasi yarimo'tkazgichlarning asosiy qismi hisoblanadi. Bu hajmda sodir bo'ladigan fizik jarayonlar qurilmaning sifatiga katta ta'sir qiladi. Sezgirlik sohasi xususiyatini nazorat qila olinishi, yadro nurlanishini qayd qiluvchi zamonaviy yarimo'tkazgichli detektorlarni olish imkonini beradi [5]. Yadro nurlanishlarini qayd qiluvchi yarimo'tkazgichli detektorlar tayyorlash murakkab bo'lib, u mexanik, kimyoviy va temperaturali operatsiyalardan hamda strukturaviy dizaynlardan iborat. Ularning har biri o'z vazifasiga ega va aniq nazoratni talab qiladi.[6].

Yadro nurlanishning xarakteristikasini juda uzoq vaqt mobaynida saqlab qolishi, yarimo'tkazgichli detektorlarning namunaviy texnologiyalari asosida aniqlanadi. Quyidagi ketma-ketlikda nurlanishning kremniyli detektorlarda olish

usullari detektorlar tayyorlashning alohida bosqichlari hamda texnologik jarayonlarning nazorati ko'rib chiqildi. [7].

Kremniy monokristall plastinkalarini kesish uchun, tekislikka parallel qilib o'rnatilgan ichki kesadigan olmosli disklardan foydalanildi. Bunday kesishda buzilgan struktura va yuzadagi yoriqlar qatlam qalinligi 10 mkm va undan yuqori bo'ladi. Yuzadagi buzilgan struktura qatlami plastinada detektorning elektr va yadro xususiyatini yomonlashtiradi. Yoriqlar va boshqa strukturaviy nuqsonlar adsorblangan namlik, kesish va silliqdash (shlifovka) jarayonida tushgan begona ionlarning yig'ilish joyi bo'lib xizmat qiladi. Bularning barchasi tashuvchilarning yashash vaqtini qisman kamaytiruvchi rekombinatsiya markazlarini vujudga keltiradi. [8].

SHuning uchun plastinalarni M14-M5 mikrokukunlar bilan 50 mkm chuqurlikda ikkala tomondan silliqdash lozim, so'ngra boshqa mayda kukunlardan foydalanib ishlov beriladi. [9] Ultratovushli aralashtirgichlardan foydalanib har bir markali kukundan so'ng plastinalar distillangan suvda yuviladi. So'ngra ular tarkibida sovunli suv bo'lgan ultratovushli vannada yog'sizlantirilib oqova distillangan suvda yuviladi, 3-4 minut davomida maxsus toza (MT) rusumli toluolda bir necha marta qaynatiladi va yakuniy yuvilishga qo'yiladi. Qarshiligi 10 MΩ·sm dan kam bo'lmagan oqova distillangan suvda qayta ishlangach, namunalar 30-40 minut davomida filtr bilan quritiladi. Silliqdash (shlifovka) jarayonida paydo bo'lgan shikastlanish chuqurligi silliqlangan kukun zarrasidan sezilarli darajada katta bo'ladi. Olmosli kukundan foydalanilganda esa shikastlanish chiqurligi undan ham ko'proq bo'ladi. Mexanik silliqdashni to'liq qirish (travleniya) bilan o'zgartirish mumkin. Kimyoviy yemirilish jarayonidan oldin kremniy plastinasi sirti tozalab olinadi, namuna distillangan suvda 15 minutdan kam bo'lmagan vaqtda yuviladi. Kremniy plastinasini kimyoviy ishlov berishda ftorli vodorod (HF), azot (HNO_3) va uksus (CH_3COOH) kislotalari ftoroplast materialidan tayërlanilgan vannada kimyoviy qorishma tayyorlab olinadi va amalga oshiriladi. Kimyoviy yemirilish jarayoni 1:5:1 nisbatda kislotalar yordamida qorishma tayyorlanib olinadi va xarorati 5 °C gacha pasaytiriladi. Bunda qorishma va vanna

harorati past bo'lsa kimyoviy yemirilish jarayoni sekin amalga oshadi, shu asnoda 15÷20 daqiqa oralig'ida elektrodvigatel qurilmasidan foydalanilgan holda amalga oshirildi va yemirilishni vaqt birligida nazorat qilish imkonini beradi. Elektrodvigatel qurilmasidan foydalanilgan kimyoviy yemirilish jarayoni bir tekis amalga oshishi kuzatiladi. Harorat qancha past bo'lsa, silliqlash tezligi shunchalik sekinroq bo'ladi. Silliqlash jarayoni uchun optimal tezlik 4 mkm/min deb hisoblanadi. Kimyoviy silliqlash jarayoni uchun ftoroplastik vanna (1-rasm) ishlatilgan. Tekis sirtni olish uchun ftoroplastik vannada kremniy plastinka 15-20 daqiqa aylantiriladi [10].



**1-rasm. Mexanik
silliqlash qurilmasi**

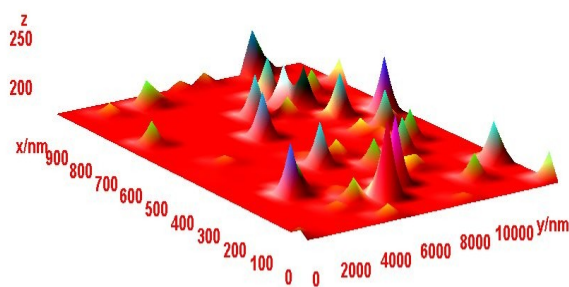
Biroq, muntazam qirish va yo'q qilinayotgan katta qalinlikdagi qatlamli materialdan bir tekisdagi silliqlangan yuzani olish qiyinlashadi. Juda kuchsiz aralashma xosil bo'lgunga qadar qirish jarayoniga distillangan suv quyiladi, havo bilan kristal kontaktlari ajralgandan keyin qirish jarayoni to'xtatiladi. Diffuziyadan oldin plastinalar ketma-ket jarayonlardan iborat bo'lgan qayta ishlashdan o'tkaziladi. Sovundan foydalangan holda suvda qayta ishlash, quritish, toluol yoki kitrixloretilida qayta ishlash, maxsus toza (MT) rusumli to'rtxlorli uglerodda yoki taxlil qilish uchun toza (TQUT) rusumli eritmadan sirtidagi organik aralashmalarni yo'qotish uchun foydalaniladi. [11]. Noorganik ifloslanishni yo'q qilish maqsadida, hamda og'ir metallarda atom va ionlarni yo'q qilishda HN azot kislotasi ishlatiladi. Maxsus fotoplastli kassetalardagi kristallar HN ga joylashtiriladi, 5- 7 minut qaynatiladi, so'ngra kislotadan olmagan holda 10 MΩ dan katta bo'lgan solishtirma qarshilikli, yuqori chastotali distillangan suv oqimi bilan plastinalar neytrallanadi. [12]. Suv ostida yuvish 5 daqiqadan kam davom etmasligi kerak. SHuni takidlash lozimki, qaynatishni uzoq davom ettirish samarali emas, sababi qaynash jarayonida azot kislotasi HN azot oksidini NO komponentalarining uchuvchi bug'larini yo'qolishiga olib keladi.

TAHLILLAR VA NATIJALAR

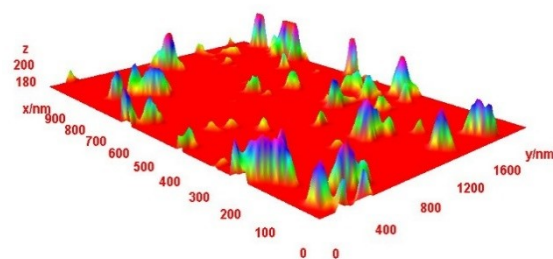
Eksperimental tadqiqotlar o'tkazishga mo'ljallangan kremniy plastinkalari ustida yuqorida aytib o'tilgan ishlarni bosqichma-bosqich bajarilgandan keyingi xolatlari 2-(a b-c) rasmda ko'rsatib o'tilgan.



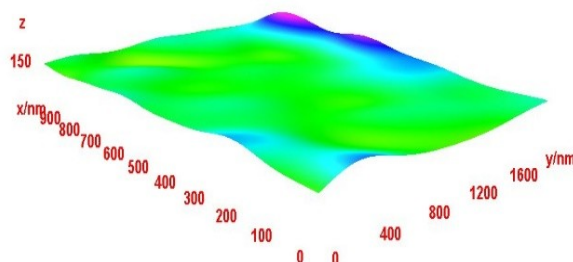
3-(a-b-c) rasmlarda texnologik jarayonlardan so'ng skanerlovchi elektron mikroskop - SEM tomonidan olingan kremniy plastinalarning tasviri ko'rsatilgan.



3-(a) rasm



3-(b) rasm



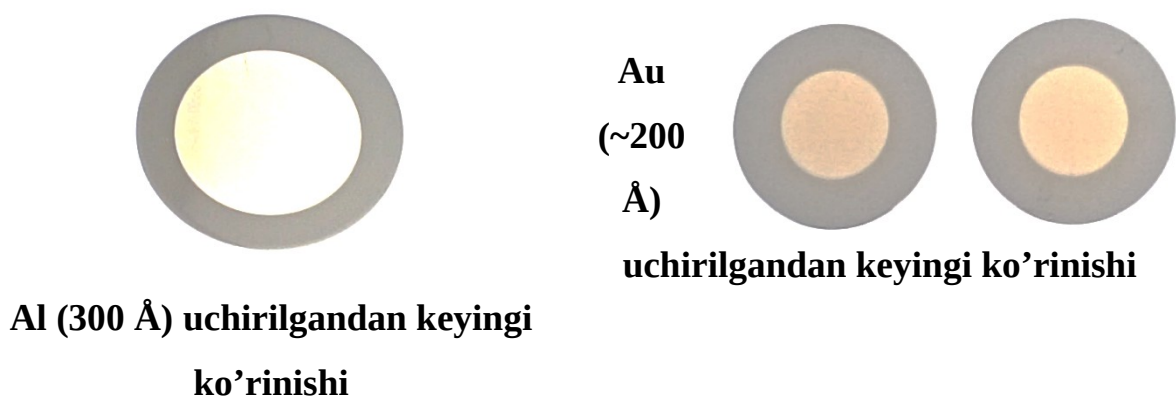
3-(c) rasm

3(a)-rasmdan ko'rinib turibdiki, kremniy plastinasi kesilgandan so'ng yuzasida 250 nm qalinlikda notekisliklar hosil bo'ladi; mexanik ishlovdan so'ng 200 nm qalinlikga tushiriladi 3 (b) rasmda kimyoviy tozalashdan keyin nosimmetrik qatlam 150 nm gacha tushiriladi 3-(c) rasm) Butun texnologik jarayondan so'ng kremniy yuzasida nosimmetrik qatlam kamayib borishi ko'rsatilgan.

Tayyor kremniy plastinkalariga kontakt xosil qilish vakuumny universal post qurulmasida VUP-4 amalga oshirildi. Maxsus dizayndagi tagliklar

molibden va volframdan tayyorlanadi, ular spirtida yuviladi va keyin 10-15 daqiqa davomida vakuumda qizdiriladi. Molibden uzunligi 40 mm, bug'latgich va kremniy plastinkasi orasidagi masofa 80 mm qilib olingan.

Tayyor kremniy plastinkalari bug'latgichga joylashtirildi va $5 \cdot 10^{-5}$ mm sim ust bosim ostida vakuumli qurulma orqali kontaktlar olinadi. Kontakt sifatida kremniy plastinkalar uchun alyuminiy (300 Å) va oltin (~ 200 Å) qalinlikda hosil qilindi



Jadval

Kremniy plastinkaga uchirilgan kontakt qalinligi, uchirish vaqti va massasi keltirib o'tilgan

Nº	Metal kontakt	Kontakt qalinligi (mkm)	Uchirish vaqti (s)	Vakummetrdagi bosim (mm.sim.ust)	Uchuriladigan massa (mg)
1	Al	0,3	120	5×10^{-5}	35
2	Au	0,2	120	5×10^{-5}	25

Yarimo'tkazgichli detektorlarda kremniy kristallining xajmi bo'ylab ma'lum bir chuqurlikka kerakli litiy ionlarini bir hil taqsimlash konsentratsiyasini ta'minlash muhim ahamiyatga egadir. Tanlab olingan kirishma atomlarini kristallning asosiy qismiga kiritishning keng qo'llanilgan diffuziya va dreyf usuli jarayonlariga asoslangan holda, ushbu texnologik jarayonlarni takomillashtirish va kirishma atomlarini kristall xajmida bir hil taqsimlash talab etiladi. [12]. Yarimo'tkazgichli qurilmalardan foydalanishdagi ishonchliligi, Avtomatik

o'lchash qurilmasida detektorlarning volt-amper, volt-sig'im, yuqori chastotali volt-sig'im va spektrometrik va radiometrik kattaliklarini aniqlash, eksperimental va nazariy ma'lumotlarni tahlil qilish va ularni taqqoslash kabi tadqiqot usullari qo'llaniladi.

XULOSALAR

Yarimo'tkazgichli detektorlar yadro spektrometriyasining bir qator vazifalarda yetakchi o'rinni egallaydi, shuningdek, ushbu detektorlar tomografiya tizimi, bojxona xizmati, tibbiyot, dozimetriya, yuqori energiya fizikasi, ekologiya va artof-muhit muxofazasi, yadroviy zarrachalarning energiyasi, nurlanish tushish koordinatasini va bir vaqtning o'zida zarrachalarning burilish burchagini aniqlashda keng qo'llaniladi. Shu jihatdan, alohida etibor yarimo'tkazgichli strukturalarning funksional xususiyatlarini va ishchi rejimlarining stabilligini aniqlovchi fizik jarayonlarni tadqiq qilish masalalariga qaratiladi. O'z navbatida, elektrotexnika sohasi uchun, texnologik jarayonlarni boshqarish va radioelektron apparaturalarni himoyalash qurilmalarida ishlatish uchun, jumladan, ularning raqobatbardoshligini oshirish uchun mo'ljallangan yuqori chastotali kremniyli diodlarning hal qiluvchi (muhim) parametrlarini boshqarish metodlarini ishlab chiqish muxim o'rin tutadi. Dunyo amaliyotida tayyorlanilayotgan va yaratilayotgan yarimo'tkazgichli detektorlar o'zining o'lchamlar, turli xildagi boshlang'ich materiali, ruxsat etilgan energetik sohasi, yadroviy nurlanishlarni qayd qilish darajasi va fizik xossalari bilan farq qiladi. Keyingi vaqtlarda yarimo'tkazgichli detektorlarni tayyorlash va ishlab chiqishda texnologik jarayonlarini takomillashtirish bo'yicha yetarli darajada ilmiy ish olib borilmoqda.

ADABIYOTLAR

1. Boyko V.I., Jerin I.I., Karatayev V.D., Nedbaylo YU.V., Silayev M.E. Metodi i pribori dlya izmereniya yadernix i drugix radioaktivnix materialov»../Uchebnoye posobiye, 2011, C 44-56
2. V.K. yeremin, ye.M. Verbitskaya, I.N. Il'yashenko, I.V. yeremin, N.N. Safonova i t.d. Mejsegmentnoye soprotivleniye v kremniyevix pozitsionno-

chuvstvitel'nix priyemnikax izlucheniya na osnove p-n- perexodov // Fizika i texnika poluprovodnikov, 2009. Tom 43, vip. 6, S. 825-829.

3. Azimov S.A., Muminov R.A., SHamirzayev S.X., YAfasov A.YA. Kremniy litiyeviye detektori yadernogo izlucheniya. Tashkent: Fan, 1981. S.3-87.14.

4. YU.A. Akimov Ispol'zovaniye poluprovodnikovix detektorov v fizike visokix energii // Fizika elementarnix chastits i atomnogo yadra-1977, tom 8, vip. 1. S.193-219.

5. S. V. Zaitseva, S. Yu. Kupreenkoa, E. I. Raua, and A. A. Tatarintsev Semiconductor Detectors of Backscattered Electrons in a Scanning Electron Microscope: Characteristics and Applications Instruments and Experimental Techniques, 2015, Vol. 58, No. 6, pp. 757–764.

6. A. I. Boriskin, V. M. Eremenko, S. N. Mordyk, O. R. Savin, A. N. Skripchenko, V. E. Storizhko, and S. N. Khomenko // Ion–Optical Characteristics of a Laser Mass Spectrometer with a Coordinate-Sensitive Microelectronic Detector Technical Physics, 2008, Vol. 53, No. 7, pp. 927–933.

7. V.I. Murigin Visokochastotnaya bar'yernaya yemkost' kontakta metall-poluprovodnik i rezkogo p-n-perexoda // Fizika i texnika poluprovodnikov, 2004. Tom 38. Vip. 6, S. 702-704.

8. YU.B. Gurov, B.A. CHernishev // Teleskopicheskiye poluprovodnikoviyeye detektori dlya uskoritel'nix eksperimentov // Moskva 2012. Str. 3-96. 157

9. V. N. Murashev, S. A. Legotin, O. M. Orlov, A. S. Korol'chenko, and P. A. Ivshin // A Silicon Position Sensitive Detector of Charged Particles and Radiations on the Basis of Functionally Integrated Structures with NanoMicron Active Regions // Instruments and Experimental Techniques, 2010, Vol. 53, No. 5, pp. 657–662.

10. Abizov, V.M. Ajaja, L.N. Davidov, G.P. Kovtun, V.E. Kutniy, A.V. Ribka Vibor poluprovodnikovogo materiala dlya detektorov gamma-izlucheniya Jurnal Materiali dlya mikroelektroniki. 2004. № 3. S. 3-6.

11. A. S. Radzhapov A Versatile Spectrometer Based on a Large-Volume Si(Li) p-i-n Structure Instruments and Experimental Techniques, 2007, Vol. 50, No. 4, pp. 452–454.

12. CHabanov A. // Universal'niy uchastok rezki poluprovodnikovix podlojek i plastin // promishlenniye nanotexnologii-2012. № 4. S. 14-18.



Radjapov Sali Ashirovich, doktor fiz-mat nauk;
glavniy nauchniy sotrudnik Fiziko-texnicheskogo
instituta AN RUz. Tashkent, Respublika Uzbekistan.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4615-027X>.
ye-mail: rsafti@mail.ru



Maripov Ilxom Isakovich, doktoront, Fiziko-
texnicheskogo instituta AN RUz. Tashkent,
Respublika Uzbekistan
E-mail: imaripov@list.ru



Otaboyev Sirojiddin Komilovich, doktoront, Fiziko-
texnicheskogo instituta AN RUz. Tashkent,
Respublika Uzbekistan.
<https://orcid.org/0009-0009-7686-7587>
E-mail suraj2959@mail.ru