

## YARIMO‘TKAZGICHLI MATERIALLARGA KIRISHMA ATOMLARINI KIRITISH USULLARI.

L.O.O.limov<sup>1</sup>, I.I.Anarboyev<sup>2</sup>, S. H. Abdusattorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>University of economics and pedagogy. In andijan

<sup>2</sup>Andijon davlat texnika instituti

**Annotatsiya:** Ushbu ishda yarimo‘tkazgichli materiallarga kirishma atomlarini kiritish usullari va ularning fizik xossalarga ta’siri o‘rganilgan. Kirishma kiritish (legirlash) yarimo‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligini boshqarishning asosiy usuli hisoblanadi. Asosiy usullarga diffuziya, ion implantatsiyasi, epitaksiya va qotishma hosil qilish kiradi. Ushbu texnologiyalar yordamida materialda donor yoki akseptor markazlar hosil qilinadi. Natijada n-tip yoki p-tip yarimo‘tkazgichlar olinadi. Kirishma konsentratsiyasi va taqsimlanishi materialning elektrofizik xossalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Zamonaviy mikroelektronika va nanoelektronika qurilmalarini yaratishda ushbu usullar muhim ahamiyatga ega.

**Kalit so‘zlar:** yarimo‘tkazgich, kirishma, legirlash, diffuziya, ion implantatsiyasi, epitaksiya, n-tip, p-tip, elektr o‘tkazuvchanlik, elektrofizik xossalar

### **Kirish**

Alohida toza yarimo‘tkazgich materiallarni olish usullari juda ko‘p. Biroq ularni eng samarali va ko‘p qo‘llaniladigan zonali suyultirish usulidir. Kristallizatsion tozalov kirishmalarni segregatsiya hodisalari, ya’ni kirishmalarni suyuq va qattiq fazalarda eruvchanligi bir xil bo‘lmasligiga asoslangan. Qattiq va suyuq fazalarda kontaktlanuvchi kirishmalar konsentratsiyasining nisbati taqsimot koeffitsiyenti deyiladi. Taqsimot koeffitsiyentining qiymati yarimo‘tkazgich kirishmaning holat diagramasidan aniqlanadi. Bunda kirishma komponentini kiritish natijasida toza moddaning erish temperaturasi kamaysa, unda kirishmaning taqsimot koeffitsiyenti birdan kichik va amalda bunday holat keng tarqalgan. Misol tariqasida, germaniy va kremniy juda ko‘pchilik kirishmalarning

taqsimot koeffitsiyenti birdan kichik. Shuning uchun yo‘nalishli kristallanishda ular eritma hajmidan fazalar oralig‘i chegaradan samarali qochadi. Germaniyni zonali tozalash jarayoni vodorod, inert gazlar yoki inert gaz bilan vodorod aralashmasi atmosferasida o‘tkaziladi.

### Asosiy qism

Tozalashga qo‘yilgan quyma grafit qayiqchaga o‘rnatilib uni uzluksiz himoya gazi o‘tib turgan kvarts turbaga joylashtiriladi. Yuqori chastotali generator bilan ta'minlangan indikator yordamida kengligi 40-50 mm bo‘lgan suyulgan kichik zona olinadi va tezligi 50-100 mkm/s bo‘lgan aravacha quyma bo‘ylab harakatlanadi. Quyma uzunligi 1000 mm va undan uzun bo‘lishi mumkin[1-3]. Talab darajasidagi tozalik bir yo‘nalishga aravachani 5 - 8 marta o‘tkazish bilan erishiladi. O‘tishlar sonini oshirish bilan tozalik oshib ketmaydi, chunki qotishmadan va o‘rab turgan atmosferada vaqt o‘tishi bilan kirishmalarni kirish ehtimoligi oshib ketadi. Tozalov jarayonini tezlashtirish uchun quyma uzunligi bo‘yicha suyultirish zonasini bir necha joyda hosil qilinadi[3-4]. Bu holda qizdirgichni bitta o‘tkazish bir necha o‘tishga farqlanadi. Zonali suyultirishda taqsimot koeffitsiyenti birdan kichik bo‘lgan kirishmalar suyuq zonada ushlanib qoladi va u bilan birga quymani pastki tomoniga to‘planib qoladi. Jarayon tugagandan so‘ng quymani dumi kesib olinadi[4-5]. Quymani sifati materialning solishtirma qarshiligini o‘lchash bilan amalga oshiriladi. Yarimo‘tkazgichli toza kremniyni olish texnologiyasiga quyidagi operatsiyalar kiradi:

- Texnik kremniyni tozalovdan so‘ng tiklanishi mumkin bo‘lgan uchuvchi birikmaga aylantirish
- Birikmani fizik va kimyoviy tozalash
- Birikmani ajralgan toza kremniy bilan tiklanishi
- Oxirgi kristalizatsion tozalash.

Yarimo‘tkazgichlar ishlab chiqarishda polikristal kremniy olishning keng tarqalgan usullaridan trixlorsilan  $\text{SiHCl}_3$  ni vodorodli tiklanishidir[5-6]. Trixlorsilan  $\text{SiH}_3\text{Cl}_3$  ni olish uchun 300 — 400 °C temperaturada maydalangan texnik kremniy quruq vodorod xloridida ishlovdan o‘tkaziladi[6-7]. Trixlorsilanning qaynash temperaturasi 320 °C dir. Shuning

uchun u ekstraksiya, adsorbsiya va rektifikatsiya usullari bilan oson tozalanadi. Kremniyni vodorodli tiklanishi quyidagi sxema bo'yicha olib boriladi. Vodorod oqimi yordamida tozalangan xlorosilan bug'i bug'lantirgichdan tiklanish kamerasiga o'tkaziladi. Kamerada toza kremniydan tayyorlangan xamirturish maxsus tok o'tkazgichlar joylashgan. Bu tayyoqchalar elektr toki yordamida 1200 — 1300 °C temperaturagacha qizdiriladi[7-8].

### **Natijalar**

Xamirturushga ajralgan kremniyning o'tirishi kerakli diametrdagi toza polikristalini beradi. Yarimo'tkazgichli monokristallar yarimo'tkazgichli asboblardan va integral mikrosxemalarni yaratilishida katta ahamiyatga ega bo'lgan va bo'lib qolmoqda. Qatlamni legirlash kirishma elementini tashkil etuvchi bug' birikmalari yordamida amalga oshiriladi. Nisbatan uncha yuqori bo'lmagan ishchi temperatura va kristallanishni kichik tezligi epitaksial qatlamni yuqori tozalikda va takomillashgan strukturani olish imkonini beradi. Elektron-kovak o'tishli epitaksial qatlamni olish integral mikrosxemalarni izolyatsiyalash (ajratish) uchun keng qo'llaniladi. Ko'pchilik xollarda integral mikrosxemalarni tayyorlashda kremniyli ipilaksial qatlamlari monokristal dielektrik tagliklarga ham o'tqaziladi. Bunday tagliklar sifatida: sapfir ( $Al_2O_3$ ), shpinel (MgO), berilliy oksidi BeO), kvarts ( $SiO_2$ ) va boshqa moddalardan ham foydalaniladi. Dielektrik qatlamlarda kremniy epitaksiyasini olish integral mikrosxemalar elementlarini ideal izolyatsiyasini olish imkoniyatini yaratib beradi[1].

Texnikada kremniyli fotosezgir asboblardan keng qo'llaniladi. Bularga fotodiodlar, fotobatareyalar va fotodetektorlarni ko'rsatish mumkin. Quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantirishda qo'llaniladigan fotoelementlarni quyosh batareyalari deb ataladi. Fotobatareyalarning FIK ko'pchilik xollarda 10-12% ni tashkil qiladi. Kremniyli asboblarning ishchi temperaturalarini 60-200 °C oralig'ida yotadi[1].

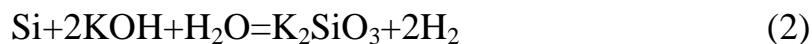
Kremniy (Si) — davriy sistemasining to'rtinchi guruh elementi bo'lib, Ya.Bertsellius tomonidan 1824-yil toza holda olingan. U yer qobig'ida eng ko'p tarqalgan elementlardan biri bo'lib, massa bo'yicha 29,5%ni tashkil qiladi va kisloroddan so'ng ikkinchi o'rinda turadi. Tabiatda kremniy faqat birikma (qum, tuproq, kremniy oksidi, silikat anhidrid) holda uchraydi. Kremniy amorf va kristal holatda bo'ladi. Amorf kremniy zichligi  $1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$

bo'lgan qo'ng'ir kukun, kristal kremniy - xuddi po'latdek yaltiraydigan metalmas modda. Toza kremniyni olish texnologiyasi ancha qiyin[2]. Kremniy yarimo'tkazgichlar elektronikasida faqat tozalashning effektivlik usullari topilgandan so'ng 50-yillardan qo'llanila boshlagan. Yarimo'tkazgichli asboblarda va tizimlar ishlab chiqarishda eng ko'p ishlatilayotgan modda kremniydir. U elementlar davriy tizimida 14-o'rinda turadi. Atom og'irligi 28, uning eng katta valentligi 4, suyulish temperaturasi (normal bosimda) 1414 °C, qattiq kremniyning zichligi 2,33 g/sm<sup>3</sup>, dielektrik singdiruvchanligi  $\epsilon = 11,7$ , diamagnetic[3].

Xona temperaturasida kremniy kimyoviy jihatdan barqaror, suvda erimaydi, ko'p kislotalarga nisbatan bardoshli. Ammo, u nitrat va ftorid kislotalar aralashmasida yaxshi eriydi:



Kremniyning sirtini tozalash maqsadida ishqoriy yediruvchilar qo'llanadi. Silliqlash uchun yuqoridagi aralashma asosidagi yediruvchilar ishlatiladi. Ishqoriy eritmalarda kremniy reaksiya bo'yicha yaxshi eriydi[4].



Kremniy havoda 900 °C gacha qizdirganda barqaror qoladi. Ammo yuqoriroq temperaturalarda oksidlanadi. Vodorod bilan kremniy 2000 °C chamasidagi temperaturada bevosita reaksiyaga kirishadi,  $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$  hosil bo'ladi.

Azot bilan kremniy 1100-1300 °C da reaksiyaga kirishib, nitridlar hosil qiladi.

Kremniy galogenlar bilan oson ta'sirlashadi: ftor bilan xona temperaturasida, xlor bilan 200-300 °C da brom bilan 450-500 °C da, iod bilan 700 °C - 750 °Cda.

Suyulgan kremniy yuqori kimyoviy faollikka ega bo'ladi. Kremniy monokristallarini o'stirish uchun eng maqbul modda sintetik kvarts —  $\text{SiO}_2$  dir. Elektrik xossalari. Yarimo'tkazgichlarning elektrik o'tkazuvchanligi  $\sigma=e(n\mu_n+p\mu_p)$  ifoda bilan tavsiflanishi ma'lum. n-tur yarimo'tkazgichda o'tkazuvchanlik  $\sigma_n=en\mu_n$  bunda (kirishma to'la ionlashadigan temperaturalarda) elektronlar zichligi  $n$  donor kirishma zichligi  $N_d$ , ga teng, ya'ni  $N_d$  bo'lishi kerak edi. Bu tenglik kirishmalarning muayyan miqdorigacha saqlanadi. Ammo, kirishmalar zichligi yetarlicha yuqori bo'lganda bu tenglik saqlanmaydi. ( $n < N_d$ )

bo‘ladi). Bu hodisani «legirlovchi kirishmalarning politropiyasi» deyiladi. Uning sababi — yetarlicha ko‘p miqdorda yarimo‘tkazgichga kiritilgan kirishma unda turli holatda bo‘lishi mumkin. Masalan, kirishma yarimo‘tkazgichning atomlari yoki uning tuzilishi nuqsonlari bilan birlashmalar hosil qilishi, tugunlar orasiga joylashishidir. Bunday holatlarning birida kirishma kristalda elektrik faol, boshqalarida - neytral holatda bo‘lishi mumkin. Politropiya hodisasi yuz bera boshlaydigan legirlovchi kirishmalar zichligini chegaraviy zichlik deyiladi. Undan yuqori zichliklarda yarimo‘tkazgich kuchli legirlangan bo‘lib qoladi [5].

Kremniyning (K) elektron (E) turdagi monokristallari fosfor (P) bilan legirlanadi, kovak turdagisi bor (B) bilan legirlanadi. Shuning uchun ularni KEP yoki KKB tarzida belgilanadi[6].

Kremniy trixlorosilanni vodorod bilan tiklab olinadi:



250 K dan yuqori temperaturalarda kremniy taqiqlangan zonasining temperaturaga bog‘liqlik grafigi chizig‘i, ya‘ni  $E_g = (1,205 - 2,84)10^{-4} \text{eV}$

Kremniy taqiqlangan zonasining kattaligi tufayli uning xususiy solishtirma qarshiligi Ge ga qaraganda 3 tartibga ortiq[7].

Kremniyda ko‘pchilik vakansiyalar neytral holatda bo‘ladi. Shuning uchun ular bilan ion kirishmalar o‘rtasidagi Kulon o‘zaro ta’siri bo‘lmaydi. Akseptorlarning ancha yuqori tezlikdagi diffuziyasi ularning atom indiuslarning kremniy atomlari o‘lchasidan ancha katta farqlanishga bog‘liq. Agar legirlangan kirishma konsentratsiyasi  $10^{22} \text{m}^{-3}$  dan yuqori bo‘lsa, uy temperaturasidagi zaryad tashuvchilarning ionlashgan kirishmalarda sochilishi asosiy rol o‘ynaydi. Toza kremniy kristalida elektronlar harakatchanligi kovaklar harakatchanligidan uch marta ortiq. Kristallarda legirlashning ortishi natijasida zaryad tashuvchilar harakatchanligi kamayishi solishtirma o‘tkazuvchanlikning legirlovchi kirishma konsentratsiyasiga bog‘liqligi nochizig‘iy bo‘lishiga olib keladi[8].

### **Xulosa**

Kremniy monokristalida zaryad tashuvchilar harakatchanligi kichikligi va kirishmalar eruvchanligi solishtirma qarshiligi  $10^{-5}$  dan kichik kremniy olishni qiyinlashtiradi.

Kirishma atomlari soni  $10^{25} \text{ m}^{-3}$  dan ortiq bo'lgan yarim o'tkazgichda turli birlashmalar va mikro ajralishlarning ikkinchi fazasi hosil bo'ladi. Bu kirishmalarning elektr aktivligi o'zgarishiga olib keladi. Natijada zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi bilan donor akseptor konsentratsiyasi o'rtasida nomoslik hosil qiladi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar**

1. PATENT FAPN $\text{\textcircled{R}}$ 20190154. 02.08.2019. Granullashgan yarimo'tkazgichli termoelektrik material tayorlash usuli Olimov.L.O, Anarboev I.I, Mamirov.A, Omonboev F.L., Omonboeva M.L.
2. Зайнабидинов С.З., Абдурахманов Б.М., Алиев Р., Олимов Л.О., Мухтаров Э. Получение поликристаллических пластин из кремниевого порошка. Гелиотехника, №3, С.79-82, 2005.
3. А.Тешабоев, С.Зайнобидинов, С.Власов, И.Каримов, В.Абдуазимов. Яримўтказгичлар сирти физикаси. «ИЛМ ЗИЁ»-2010
4. L.O. Olimov, B.M. Abdurakhmanov., A.Teshaboev. The effect of alkali metal atoms on the transfer of charge carriers in the region of grain boundaries of polycrystalline silicon. (In Russ.) //Journal of Materials Science. №1. Pp.14-17 (2014)
5. L.O., Olimov, Z.M., Sokhibova, B.M. Abdurakhmanov. Structure of Inter Grain Boundaries in the Granular Semiconductors and the Charge State. //International Journal of Research Studies in Electrical and Electronics Engineering, V5, Issue 4, PP 6-10 (2019) (In India)
6. L.O. Olimov L.O., Z.V. Sokhibova, I.L. Anarboev. Electronic properties of granular silicon oxide. //International Journal of Advanced Research in Physical Science. V6, Issue 8, PP 19-22. (2019) (In USA)
7. L.O. Olimov, Z.M. Sokhibova, B.M. Abdurakhmanov. Some features of charge carrier transfer in granular semiconductors. I. Structure and mechanism of the phenomenon. //International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences Vol. 7, No. 9, PP.1-9. (2018) (In India)

8. L.O. Olimov, Z.M. Sokhibova. Some features of charge carrier transfer in granular semiconductors. II. Experiment. //International Journal of Advanced Research in Engineering and Applied Sciences. Vol. 7, No. 9, PP.10-17. (2018)