

MARGANES KIRISHMA ATOMLARINI GAZ HOLATDAN DIFFUZIYA QILIB KREMNIY SIRTIDA MARGANES OLIY SILITSIDLARINI HOSIL QILISH TEXNOLOGIYASI

Q.Q.Qurbonaliyev – Qo‘qon davlat universiteti, fizika va astronomiya kafedrası o‘qituvchisi

Marganes kirishma atomlarini monokristall kremniyga diffuziyasi ikki xil usul asosida amalga oshirildi [78, 641-644-b; 79, 542-545-b; 80, 9-22-b] Birinchi diffuziya mexanizmda, marganes kirishma atomlari kremniy kristall panjarasida hosil bo‘lgan vakansiyalarda joylashgan boshqarib bo‘lmaydigan nuqsonlarni o‘rniga almashib o‘tirishi hisobiga (Frank – Turbim) bo‘lishi aniqlandi. Ikkinchi diffuziya mexanizmi, tugunlararo joylashgan kremniy atomlari bilan marganes kirishma atomlari o‘zaro ta’sirlashishi hisobiga amalga oshar ekan.

Agarda yarimo‘tkazgich materialida vakansiya va tugunlar aro atomlar soni o‘zaro teng bo‘lsa, ikki xil diffuziya mexanizmi bir vaqtda kuzatilishi mumkin.

Kirishma atomning diffuziya koeffitsiyenti katta qiymatga ega bo‘lib, diffuziyaning ionlashish energiyasi kichik hamda diffuziya mexanizmi kristall panjarada tugunlar aro va tugunlar hisobiga bo‘lsa, kirishma atomlarning bunday diffuziyasi dissotsiatsiya mexanizmi asosida sodir bo‘ladi. [1]. Dissotsiatsiya mexanizmi diffuziyada kvazikimyo reaksiya tugunlar aro marganes kirishma atomlari bilan kremniy kristall panjarasidagi vakansiyalar hisobiga bo‘ladi.

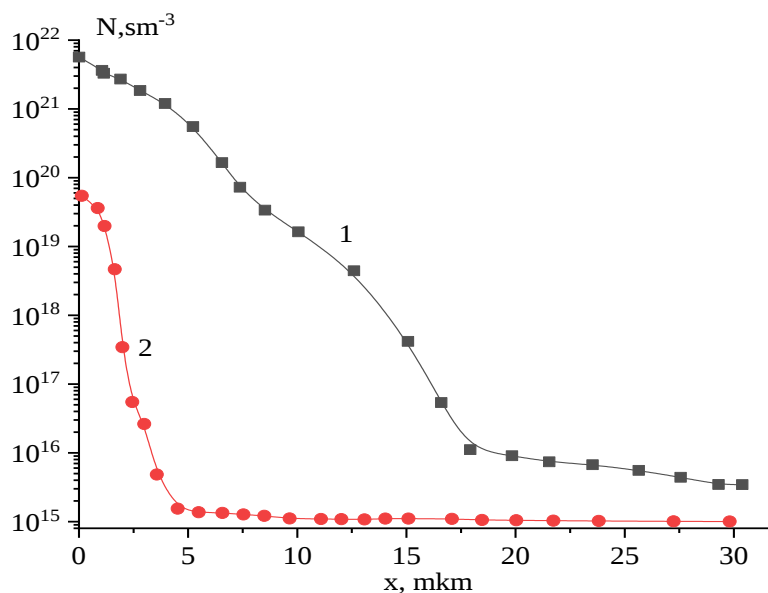


Marganes atomlarini (asosiy yoki boshqa kirishma atomlar) siqib chiqarish hisobiga sodir bo‘ladigan diffuziya mexanizmda, kvazikimyo reaksiya tugundagi asosiy kremniy atomlari bilan o‘zaro ta’sirlashishi asosida tugunlar aro joylashgan marganes kirishma atomlarini hosil qiladi.



Bu ikkala diffuziya mexanizmlarida ham marganes kirishma atomlarining kremniy panjarasida mustaqil diffuziya jarayoni sodir bo‘ladi. Bunda kremniydagi xususiy nuqtaviy nuqsonlarning tugunlar aro diffuziyasi kimyoviy reaksiyalar jarayonida teskari reaksiya sodir bo‘lmaguncha davom etadi. Diffuziya jarayonining ma’lum bir shart – sharoitlarida marganes kirishma atomlari kremniy sirtida tugunlar aro joylashganda katta miqdordagi konsentratsiyasining yig‘ilishi birinchi marotaba [2] ishda mualliflar tomonidan aniqlangan. Ammo bu va boshqa ishlarda kremniy sirtidagi marganes kirishma atomlarining sirtidagi konsentratsiyasi hajmiga nisbatan bir necha darajada ko‘p bo‘lishini hamda kremniy sirtida turli xil birikmadagi oliy silitsidlarning shakllanish mexanizmi shu davrgacha to‘liq o‘rganilmagan.

Diffuzion usul bilan monokristall kremniy sirtida marganes kirishma atomlarining oliy silitsidlarini hosil qilish $P = 10^{-5} \div 10^{-6}$ mm.sim.ust. oralig'ida vakuum olingan kvars ampulalarda amalga oshirildi. Yarimo'tkazgich kremniy tagligi sifatida, sanoatda ishlatiladigan KDB-10 va KDB – 30 markali kremniy plastinkalari ishlatilindi. Kremniy sirtida marganes atomlarini vakuumda changlatish usuli bilan tekis metall qatlamini hosil qilish uchun plastinkalar $10 \times 10 \times 0,5 \text{ mm}^3$ o'lchamda kesib olindi. Namunalar sirtida marganes atomlarining yupqa qatlamini hosil qilishdan avval ularning sirti mexanik ishlov berildi va kimyoviy usullar bilan tozalanadi. Marganes atomlarining qatlamini kremniy sirtida o'stirishda, $T = 1130^\circ\text{C}$ haroratda, $t = 15$ minut vaqt davomida vakuum holatida namunalar qizdirildi. Diffuziyadan so'ng namunalarni sovitish vakuumda asta – sekinlik bilan xona haroratigacha tushirish asosida amalga oshirildi. Vakuum qurilmasida (VUP – 4) turli xil texnologik jarayonlarda (harorat, qizdirish vaqti, sovitish tezligi va boshqalar) marganes silitsid qatlamlarining turli qalinlikda olish imkoni mavjudligi, tajribalarda o'rganishni talab etiladigan kerakli elektrofizik parametrlari marganes oliy silitsidlarini olishga hamda texnologik jarayonlarni termodinamik shart – sharoitlarining parametrlarini aniqlashga imkon berdi.



1 – rasm. Marganes kirishma atomlarini kremniyning bir tarafdin sirtiga vakuumda purkalgandan so'ng, $T = 1050^\circ\text{C}$ harorat va $t = 30 \text{ min}$ da diffuziya qilinganidan keyingi oldi va orqasidagi sirtga marganes kirishma atomlarining taqsimoti CAMECL IMS – G8 Magnetic Sector SIMS rusumidagi mass – spektrometrdan foydalanib o'rganildi.

Elektron mikroskop yordamida olingan tasvirlarni tahlil qilish asosida marganes silitsidlari hosil qilgan donachalarining o'lchami aniqlandi. $T \geq 970^{\circ}\text{C}$ haroratda kremniy tagligida hosil bo'lgan marganes atomlari silitsidlarining donachalarini o'lchami 15 – 25 mkm ni tashkil qildi. 1 – jadvalda marganes oliy silitsidlarining qatlami hosil bo'lishini elektron rasterli mikroskop hamda atom qatlamlari orasidagi masofadan qaytgan rentgen nurlarini spektrining tahlili asosida aniqlangan qiymatlari berildi[3].

Olingan elektronogrammlar asosida hisoblangan atom qatlamlarining oralig'ini qiymati taglik kremniyda o'stirilgan marganes silitsidlarini qalinligidan yetarlicha katta bo'lsa, marganes oliy silitsid qatlami va kremniy taglik orasida alohida faza, monosilitsid – kremniy qatlamiga o'tish fazasi hosil bo'lishi aniqlandi.

Elektrogrammlar asosida hisoblangan atom qatlamlarining qalinligi:

1 – jadval

$d_{Mn_{15}Si_{26}}$, mkm	d_{MnSi} , mkm	d_{rentg} , mkm	d_{el} , mkm
3,42	3,20	3,40	$3,41 \div 3,20$
2,75	2,62	2,74	$2,75 \div 2,60$
2,27		2,27	2,25
2,15		2,15	2,16
2,11		2,10	2,10
			2,05
1,95	2,04	1,95	1,95

Bundan tashqari, harorat $T = 970^{\circ}\text{C}$ da marganes oliy silitsidlarining qatlami oldin donachalar ko'rinishida o'sib so'ngra kremniy sirtini tekis qoplagan monosilitsid qatlamini hosil bo'lishi ko'rsatib berildi.

Mavjud adabiyotlarning tahlili [4] shuni ko'rsatdiki, marganes oliy silitsidlari ichida Mn_4Si_7 tarkibli marganes oliy silitsidi asosida o'rta $T = 300 \div 600\text{K}$ harorat oralig'ida ishlovchi termoelektrik generatorlarni yaratish eng qulay bo'lib, bunda olingan silitsid qatlam asosiy material hisoblanar ekan.

[4] ishlarda marganes oliy silitsidlarining faza holatiga bog'liq elektr yurituvchi kuchining qiymati qatlamning anizotropiyasiga bog'liqligi hamda monokristall marganes oliy silitsidining elektrofizik va kinetik parametrlariga yaqin bo'lgan polikristall silitsid qatlamni hosil bo'lishi mumkinligi ko'rsatib berilgan. Bizning tadqiqotlarimizda ham bu holat tajriba natijalarining tahlili asosida aniqlandi, bu o'z navbatida olingan ilmiy natijalarning ilmiy asosli ekanligi tasdiqladi.

Marganes oliy silitsidini olish texnologiyasida quyidagi faktorlarga alohida e'tibor berish zarurligi aniqlandi. Bular, kvars ampulasidagi vakuumni qiymati, marganes yupqa qatlamlarini vakuumda o'stirishdagi termodinamik shart – sharoitlar,

taglik kremniyning harorati, kvarts reaktorni (pechni) diametri, taglik kremniyning sirtiga mexanik va kimyoviy ishlov berish holati, diffuziyadan so'ng namunalarni sovutish tezligi.

2 – jadvalda kremniy namunalarining sirtida hosil qilingan marganes oliy silitsidlarining asosiy fizik parametrlari haqida ma'lumot berildi. Marganes silitsidini asosiy fizik parametrlari.

2-jadval

$T, ^\circ\text{C}$	R_r, Om	$\rho, \text{Om} \cdot \text{sm}$	$S_v, \text{mkV/Vt}$	$R_x, \text{Kl}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$
1120	264	0,004	366	0,65
1110	180	0,032	310	0,059
1070	165	0,023	486	0,062
1040	115	0,026	1880	0,066

(namunalar, 10^{-6} mm sim.ust.vakuumda, diametri 12 mm bo'lgan kvarts ampulalarida tez sovutish usuli bilan olindi.)

Marganes oliy silitsidining faza tarkibini qalinlik bo'yicha taqsimotini o'rganishda $T = 1050 \div 1000^\circ\text{C}$ harorat oralig'ida vakuumda ($P = 10^{-6}$ mm sim.ust) diffuzion usul bilan marganes atomlari kiritilgan kremniy namunalari tanlab olindi. Diffuziyadan so'ng kvarts ampulalari texnik yog'ga tez tushirish asosida sovutildi ($300 \div 350^\circ\text{C/s}$). Bunda kremniy sirtida polikristall silitsid qatlamlari shakllandi. Lekin kremniy sirtiga yaqin qatlamlar kristall tuzilishidagi marganes oliy silitsididan iborat bo'ldi. Bunday namunalarni yuqori sirt chegarasida bir necha atom qalinligida amorf qatlam hosil bo'lishi aniqlandi. Bulardan tashqari kremniyni sirtida o'sa boshlagan marganes oliy silitsidlarini ma'lum bir qismi namunalarni eng yuqori sirtigacha o'sib chiqishi kuzatildi. Diffuzion jarayonida vakuumning qiymatini hamda diffuziyadan so'ng namunalarni sovutish tezligini boshqarib kremniy sirtida hosil bo'ladigan marganes oliy silitsidining donachalarining (orolchalarning) o'lchamlari va sonini oshirishga erishildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zikrillayev N.F., Khusanov A.J., Kurbonaliev K.K. Properties of "Higher Manganese Silicide-Silicon" Heterostructure // East European Journal of Physics. 2023. Vol.3. pp. 291-295. (№3, Scopus. IF: 0.8, Q4; <https://www.scopus.com/sourceid/21101018929>).
2. Зикриллаев Н.Ф., Турсунов О.Б., Шоабдурахимова М.М., Курбоналиев К.К. Фотоэлектрические свойства варизонных структур на основе кремния с нанокластерами примесных атомов Zn и Se // Физика полупроводников и микроэлектроника. 2020. том 2. вып. 2. С. 15-19. (01.00.00. №16).

3. Zikrillaev N.F., Khusanov A.J., **Kurbonaliev K.K.** Features of the temperature dependence of the photoconductivity of the base of Mn_4Si_7 – $Si<Mn>$ – Mn_4Si_7 structures // *Texas Journal of Engineering and Technology*. 2022. Vol. 11. pp. 44 – 47. (01.00.00. №35).
4. Зикриллаев Н.Ф., Камилов Т.С., Хусанов А.Ж., **Курбоналиев К.К.** Изучение элементного состава и структуры высших силицидов марганца // *Физика полупроводников и микроэлектроника*. 2021. том 3. вып. 5. С. 25-30. (01.00.00. №16).