

## MARGANES OLIY SILITSID – KREMNIY O'TISH CHEGARASIDA HOSIL BO'LGAN TERMOELEKTRIK KUCHLANISHGA HARORATNING TA'SIRI

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

Zamonaviy elektron qurilmalar (o'ta katta integral sxemalar va mikroprotssesorlar) ishlaganda nisbatan katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi va bu issiqlikdan yarimo'tkazgich asboblarni doimo sovitib turish talab etiladi. Shu sababli ajralib chiqadigan issiqlikning fizik mohiyatini bilish va uni bartaraf etish talab etiladi. Buday yarimo'tkazgich qurilmalarni sovitishda marganes oliy silitsid – kremniy asosida yaratilgan strukturalardan foydalanish mumkin. Bunday strukturalarda Joul issiqligi ajrab chiqishidan tashqari Pelte issiqligi ham ajrab chiqadi. Adabiyotlardan ma'lumki, kontakt qarshiligining fizik tabiati o'tish qatlamiga hamda kantaktni geometrik yuzasining o'lchamlarini turli xil bo'lishiga bog'liq bo'ladi [1].

Adabiyotlarning taxlilidan ma'lumki [1], kristall panjarada vakansiyalar asosan yuqori haroratlarda eriydigan materiallarning sirti va hajmida vujudga keladi hamda bu materiallarda atomlarni o'z – o'zidan diffuziyasi deyarli kuzatilmaydi. Shu sababli marganes olits silitsid – kremniy chegarasida marganes atomlari gaz – bug' holatidan diffuziya qilinadigan atomlar qatoriga kiradi, chunki toza kremniyning erish xarorati  $T = 1415^{\circ}\text{C}$  ga teng bo'lib, marganes oliy silitsidini erish haroratidan ( $T = 1140^{\circ}\text{C}$ ) katta. Bu ilmiy xulosalar [2] ishlarda aniqlangan natijalar asosida ham tasdiqlangan.

Strukturalarda marganes oliy silitsidi va kremniy o'tish qatlamini elektron mikroskoplar yordamida o'rganilganda unda vakansiyalar hisobiga bo'sh joylar hosil bo'lishi aniqlandi. Hosil bo'lgan bo'sh joylar ma'lum qatlamdan iborat bo'lib va o'tish chegarasiga parallel holda joylashib qalinligi  $t \sim 1 \div 1,5 \text{ mkm}$  ni tashkil etdi. Elektron mikroskop yordamida olingan tasvirlar shuni ko'rsatdiki, kremniy – silitsid va silitsid – silitsid chegarasidagi o'tish qatlami bir tekisda bo'lmasdan ularda turli qarshilik qiymatlariga ega bo'lgan mayda nuqtaviy fazalar bo'lishi mumkin ekan. Bunday holda kontakt qarshiligining qiymati ( $R_k$ ) quyidagi tenglamadan aniqlandi:

$$R_k = Z\rho d\pi \frac{S_g}{S_K} \quad (1)$$

bunda:  $\rho$  – kremniyning solishtirma qarshiligi,

$d$  – kontakt nuqtalarini diametri,

$Z$  – termoelektrik samaradorlik,

$S_g$  – kontaktni geometrik yuzasi,

$S_K$  – kontaktni fizik maydonidagi yuzasi (barcha nuqtaviy kontaktlarni yuzasi)

Bu tenglamadan kontakt qarshiligi  $R_k$  ni aniqlashda nuqtaviy kontaktlarni diametri asosiy parametr hisoblanishi aniqlandi. Tajribalardan aniqlangan kremniy sirtida hosil bo'ladigan bo'shliqlarning diametri  $\frac{S_g}{S_K} > 10^3$  ga teng deb qabul qilib hamda  $\rho \approx 5 \div 10 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  ga tengligi inobatga olinsa, hisoblashdan aniqlangan kontakt qarshiligini qiymati  $R_k \approx 100 \div 150 \text{ Om} \cdot \text{sm}^2$  ga teng bo'ldi.

Issiqlik ta'sirida qarshilikning o'zgarishi o'tish qatlamida hosil bo'lgan g'ovaklar bo'sh bo'lib hech qanday modda bilan to'ldirilmagani uchun, isitilganda xuddi vakuumli izolyatorlar kabi bo'lib,  $\text{Mn}_4\text{Si}_7$  – qatlamida  $R_k$  qarshilikning qiymatini oshishiga olib keldi.

Harorat ta'sirida qarshilikni o'zgarishi  $R_t$  ni quyidagicha ifodalanishi ko'rsatilgan [2]:

$$R_t = \frac{t}{\lambda S_z} \quad (2)$$

bunda:  $t$  – bo'shliq (g'ovakli) qatlaminin qalinligi

$\lambda$  – vakuumli issiqlik izalatorining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

$S_z$  – bo'shliq (g'ovaklar) kesimining yuzasi.

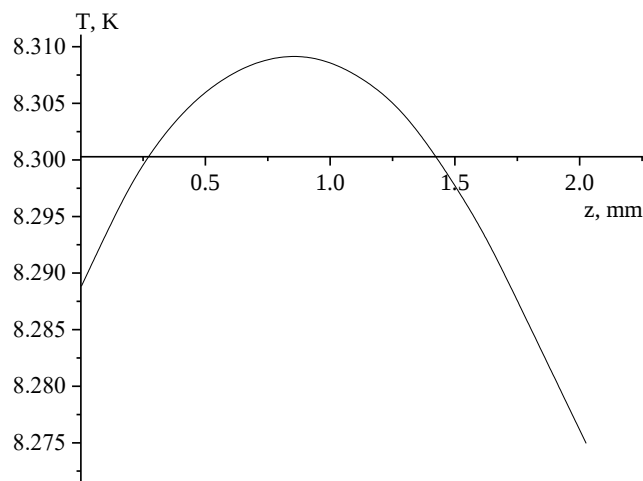
Vakuumli izalatorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymatini aniqlashda, siqilgan gazlarda  $\lambda \approx 10^{-6} \text{ Wt/sm} \cdot \text{K}$  ga teng bo'lishini inobatga olsa bo'ladi.

$\text{Mn}_4\text{Si}_7 - \text{Si} < \text{Mn} >$  strukturalarning o'tish chegarasida fotoo'tkazuvchanlik holatida fototokni ortishi asosida suyultirilgan azotning qaynashining fizik mexanizmini ko'rib chiqamiz. YArimo'tkazgich materiallarni chegarasida issiqlikning ajrab chiqish mexanizmi Pelte effekti orqali tushuntirilgan. Xuddi shunday holat olingan strukturalarda ham kuzatilgan bo'lib, strukturalarga qo'yilgan doimiy kuchlanishning qutblari almashtirilganda bu holatda ham MOSdan kremniyga o'tish chegarasida suyultirilgan azotni qaynashi kuzatildi.

Strukturaning kontaktlaridan o'tayotgan tokni bilgan holda Pelte (qizish) va Joul (issiqlik) effektlarining fizik mexanizmlaridan foydalanib issiqlik oqimining zichligini o'tish chegarasidagi miqdorini hisoblash mumkin bo'ldi. Buning uchun hosil bo'lgan  $\text{Mn}_4\text{Si}_7 - \text{Si} < \text{Mn} >$  – geteroo'tishli strukturani Pelte elementi kabi deb qaralsa,  $\text{Mn}_4\text{Si}_7$  – silitsid qatlami Pelte elementining bitta elektrodi,  $\text{Si} < \text{Mn} >$  bazani ikkinchi elektrod deb qabul qilsa bo'ladi [3].

Olingan  $\text{Mn}_4\text{Si}_7 - \text{Si} < \text{Mn} > - \text{Mn}_4\text{Si}_7$  strukturalar uchun ikki qismdan iborat  $U_t$  – ning qiymatlarini aniqlash mumkin. Bunda  $U_1$  – Joul issiqligiga va  $U_2$  – Pelte issiqligi ajralib umumiy energik jarayonni tashkil qiladi. Yuqoridagi hisoblarni amalga oshirganda Joul issiqligini ta'siri Pelte issiqligining ta'siridan kamligi aniqlandi, ya'ni, Joul issiqligini ajrab chiqishida struktura mingdan bir gradusga qizib ( $\Delta T = 0,001 \text{ K}$ ) undan keyin harorat deyarli o'zgarishsiz bo'lib qolishi aniqlandi. Shuning uchun

$$U_1 \ll U_2 \text{ va } U \approx U_2 \text{ ga teng bo'lar ekan} \quad (3)$$



**1 - rasm. Strukturaning kontaktlari orasida haroratni taqsimoti (nazariy hisoblar).**

$Mn_4Si_7 - Si < Mn > - Mn_4Si_7$  strukturaning hajm bo'yicha haroratning taqsimoti berildi, 1 – rasmda xuddi shu hisoblar uzunigi  $l = 2 \text{ mm}$  bo'lgan strukturaning kontaktlari orasidagi haroratning taqsimoti berildi.

Tajriba natijalarining taxlili va nazariy hisoblar asosida strukturalarni issiqlik o'tkazuvchanligida kontaktlarni fizik yuzasini ( $S_g$ ) haqiqiy kontaktlar sirtiga ( $S_k$ ) nisbatining qiymati kamida  $\sim 15$  marta katta bo'lishi aniqlandi[4].

#### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zikrillaev 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).

## MARGANES OLIY SILITSID – KREMNIY O'TISH CHEGARASIDA HOSIL BO'LGAN TERMOELEKTRIK KUCHLANISHGA HARORATNING TA'SIRI

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

Zamonaviy elektron qurilmalar (o‘ta katta integral sxemalar va mikroprotssesorlar) ishlaganda nisbatan katta miqdorda issiqlik ajralib chiqadi va bu issiqlikdan yarimo‘tkazgich asboblarni doimo sovitib turish talab etiladi. Shu sababli ajralib chiqadigan issiqlikning fizik mohiyatini bilish va uni bartaraf etish talab etiladi. Buday yarimo‘tkazgich qurilmalarni sovitishda marganes oliy silitsid – kremniy asosida yaratilgan strukturalardan foydalanish mumkin. Bunday strukturalarda Joule issiqligi ajrab chiqishidan tashqari Pelte issiqligi ham ajrab chiqadi. Adabiyotlardan ma‘lumki, kontakt qarshiligining fizik tabiati o‘tish qatlamiga hamda kontaktning geometrik yuzasining o‘lchamlarini turli xil bo‘lishiga bog‘liq bo‘ladi [1].

Adabiyotlarning taxlilidan ma‘lumki [1], kristall panjarada vakansiyalar asosan yuqori haroratlarda eriydigan materiallarning sirti va hajmida vujudga keladi hamda bu materiallarda atomlarni o‘z – o‘zidan diffuziyasi deyarli kuzatilmaydi. Shu sababli marganes oliy silitsid – kremniy chegarasida marganes atomlari gaz – bug‘ holatidan diffuziya qilinadigan atomlar qatoriga kiradi, chunki toza kremniyning erish harorati  $T = 1415^{\circ}\text{C}$  ga teng bo‘lib, marganes oliy silitsidini erish haroratidan ( $T = 1140^{\circ}\text{C}$ ) katta. Bu ilmiy xulosalar [2] ishlarda aniqlangan natijalar asosida ham tasdiqlangan.

Strukturalarda marganes oliy silitsidi va kremniy o‘tish qatlamini elektron mikroskoplar yordamida o‘rganilganda unda vakansiyalar hisobiga bo‘sh joylar hosil bo‘lishi aniqlandi. Hosil bo‘lgan bo‘sh joylar ma‘lum qatlamdan iborat bo‘lib va o‘tish chegarasiga parallel holda joylashib qalinligi  $t \sim 1 \div 1,5 \text{ mkm}$  ni tashkil etdi. Elektron mikroskop yordamida olingan tasvirlar shuni ko‘rsatdiki, kremniy – silitsid va silitsid – silitsid chegarasidagi o‘tish qatlami bir tekisda bo‘lmasdan ularda turli qarshilik qiymatlariga ega bo‘lgan mayda nuqtaviy fazalar bo‘lishi mumkin ekan. Bunday holda kontakt qarshiligining qiymati ( $R_k$ ) quyidagi tenglamadan aniqlandi:

$$R_k = Z\rho d\pi \frac{S_g}{S_K} \quad (1)$$

bunda:  $\rho$  – kremniyning solishtirma qarshiligi,  
 $d$  – kontakt nuqtalarini diametri,  
 $Z$  – termoelektrik samaradorlik,

$S_g$  – kontaktni geometrik yuzasi,

$S_K$  – kontaktni fizik maydonidagi yuzasi (barcha nuqtaviy kontaktlarni yuzasi)

Bu tenglamadan kontakt qarshiligi  $R_k$  ni aniqlashda nuqtaviy kontaktlarni diametri asosiy parametr hisoblanishi aniqlandi. Tajribalardan aniqlangan kremniy sirtida hosil bo'ladigan bo'shliqlarning diametri  $\frac{S_g}{S_K} > 10^3$  ga teng deb qabul qilib hamda  $\rho \approx 5 \div 10 \text{ Om} \cdot \text{sm}$  ga tengligi inobatga olinsa, hisoblashdan aniqlangan kontakt qarshiligini qiymati  $R_k \approx 100 \div 150 \text{ Om} \cdot \text{sm}^2$  ga teng bo'ldi.

Issiqlik ta'sirida qarshilikning o'zgarishi o'tish qatlamida hosil bo'lgan g'ovaklar bo'sh bo'lib hech qanday modda bilan to'ldirilmagani uchun, isitilganda xuddi vakuumli izolyatorlar kabi bo'lib,  $Mn_4Si_7$  – qatlamida  $R_k$  qarshilikning qiymatini oshishiga olib keldi.

Harorat ta'sirida qarshilikni o'zgarishi  $R_t$  ni quyidagicha ifodalanishi ko'rsatilgan [2]:

$$R_t = \frac{t}{\lambda S_z} \quad (2)$$

bunda:  $t$  – bo'shliq (g'ovakli) qatlamining qalinligi

$\lambda$  – vakuumli issiqlik izalatorining issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti

$S_z$  – bo'shliq (g'ovaklar) kesimining yuzasi.

Vakuumli izalatorning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyentining qiymatini aniqlashda, siqilgan gazlarda  $\lambda \approx 10^{-6} \text{ Wt/sm} \cdot \text{K}$  ga teng bo'lishini inobatga olsa bo'ladi.

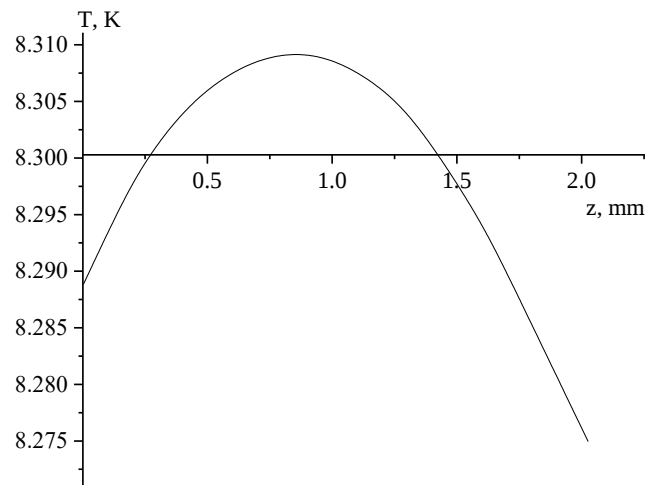
$Mn_4Si_7 - Si < Mn >$  strukturalarning o'tish chegarasida fotoo'tkazuvchanlik holatida fototokni ortishi asosida suyultirilgan azotning qaynashining fizik mexanizmini ko'rib chiqamiz. YArimo'tkazgich materiallarni chegarasida issiqlikning ajrab chiqish mexanizmi Pelte effekti orqali tushuntirilgan. Xuddi shunday holat olingan strukturalarda ham kuzatilgan bo'lib, strukturalarga qo'yilgan doimiy kuchlanishning qutblari almashtirilganda bu holatda ham MOSdan kremniyga o'tish chegarasida suyultirilgan azotni qaynashi kuzatildi.

Strukturaning kontaktlaridan o'tayotgan tokni bilgan holda Pelte (qizish) va Joule (issiqlik) effektlarining fizik mexanizmlaridan foydalanib issiqlik oqimining zichligini o'tish chegarasidagi miqdorini hisoblash mumkin bo'ldi. Buning uchun hosil bo'lgan  $Mn_4Si_7 - Si < Mn >$  – geteroo'tishli strukturani Pelte elementi kabi deb qaralsa,  $Mn_4Si_7$  – silitsid qatlami Pelte elementining bitta elektrodi,  $Si < Mn >$  bazani ikkinchi elektrod deb qabul qilsa bo'ladi[3].

Olingan  $Mn_4Si_7 - Si < Mn > - Mn_4Si_7$  strukturalar uchun ikki qismdan iborat  $U_t$  – ning qiymatlarini aniqlash mumkin. Bunda  $U_1$  – Joule issiqligiga va  $U_2$  – Pelte issiqligi ajralib umumiy energik jarayonni tashkil qiladi. Yuqoridagi hisoblarni amalga oshirganda Joule issiqligini ta'siri Pelte issiqligining ta'siridan kamligi aniqlandi,

ya'ni, Joule issiqligini ajrab chiqishida struktura mingdan bir gradusga qizib ( $\Delta T = 0,001 \text{ K}$ ) undan keyin harorat deyarli o'zgarishsiz bo'lib qolishi aniqlandi. Shuning uchun

$$U_1 \ll U_2 \text{ va } U \approx U_2 \text{ ga teng bo'lar ekan} \quad (3)$$



**1 - rasm. Strukturaning kontaktlari orasida haroratni taqsimoti (nazariy hisoblar).**

$Mn_4Si_7 - Si < Mn > - Mn_4Si_7$  strukturaning hajm bo'yicha haroratning taqsimoti berildi, 1 – rasmda xuddi shu hisoblar uzunigi  $l = 2 \text{ mm}$  bo'lgan strukturaning kontaktlari orasidagi haroratning taqsimoti berildi.

Tajriba natijalarining taxlili va nazariy hisoblar asosida strukturalarni issiqlik o'tkazuvchanligida kontaktlarni fizik yuzasini ( $S_g$ ) haqiqiy kontaktlar sirtiga ( $S_k$ ) nisbatining qiymati kamida  $\sim 15$  marta katta bo'lishi aniqlandi[4].

#### Foydalanilgan adabiyotlar

1. Zikrillayev N.F., Khusanov A.J., Kurbonaliyev 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. Zikrillayev N.F., Khusanov A.J., Kurbonaliyev 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).