

MARGANES OLIY SILITSIDI – KREMNIY O‘TISH CHEGARASIDAGI KONTAKT QARSHILIGINI HISOBLASH

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

Marganes oliy silitsidi – yarimo‘tkazgich kremniy tizimining o‘tish chegarasidagi omik kontakt elektr toki yoki kuchlanishni yarimo‘tkazgich kremniyga uzatishga xizmat qiladi. Omik kontaktga qo‘yilgan asosiy talab, tok va kuchlanishning ishlash qiymatlari oralig‘ida sezilarli qo‘shimcha qarshilik hosil qilmasligi kerak. Bu holatda, kontakt qarshiligidagi qiymati juda kichik va uning volt-ampere tavsifi chiziqli bo‘lib, om qonuniyati chiziqli bo‘lishini talab etadi. Bunday mukammal omik kontakt olish amaliyotda juda qiyin hisoblanadi. Shu sababli yarimo‘tkazgich asboblarda olingan omik kontaktlar sof (ideal) omik kontaktga yaqin bo‘ladi.

Yarimo‘tkazgich materiallarning sirt sathlaridagi tokini hisobga olmagan xolda omik kontaktga qo‘yilgan talablarni nazariy hisoblaymiz[1].

Yarimo‘tkazgich diodlardagi anizotrop qatlamning volt-ampere tavsifi tok tashuvchi elektronlar uchun quyidagicha yoziladi:

$$i = \frac{en_0\mathcal{G}_n\gamma_n}{4} \left(1 - o \frac{-e(V_1 + V_2)}{kT}\right), \quad (1)$$

bunda: e – elektron zaryadi, n_0 – muvozanatdagi elektronlar konsentratsiyasi, $\mathcal{G}_n$ – elektronning tezligi, γ_n – shaffoflik koeffitsiyenti, V_1 va V_2 – mos ravishda kontaktlardagi kuchlanish, k – Bolsman doimiysi, T – harorat.

Bunda, elektronlar yarimo‘tkazgich materialdan metallga potensial to‘siqsiz o‘tishi inobatga olindi. Teskari tokda, tok tashuvchi elektronlar uchun potensial to‘siq mavjud bo‘lib, uning qiymati qo‘yilgan kuchlanishga bog‘liq ravishda o‘zgaradi.

Omik kontaktning qarshiligi quyidagi formula yordamida aniqlandi:

$$\frac{e(V_1 + V_2)}{kT} \ll 1 \quad (2)$$

1 tenglamadagi eksponentani yoyib hisoblashda birinchi had bilan kifoyalansak, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$i = \frac{en_0\mathcal{G}_n\gamma_n}{4} (V_1 + V_2) \quad (3)$$

Sirdagi omik qatlamning qarshiligi quyidagiga teng bo‘ladi.

$$R = \frac{V_1 + V_2}{i} \quad \text{yoki} \quad R = \frac{4kT}{e^2 n_0 \mathcal{G}_n \gamma_n} \quad (4)$$

(4) tenglamadan ko‘rinib turibdiki, omik qarshilikning qiymati elektronlar konsentratsiyasini oshishi bilan kamayib borar ekan[2].

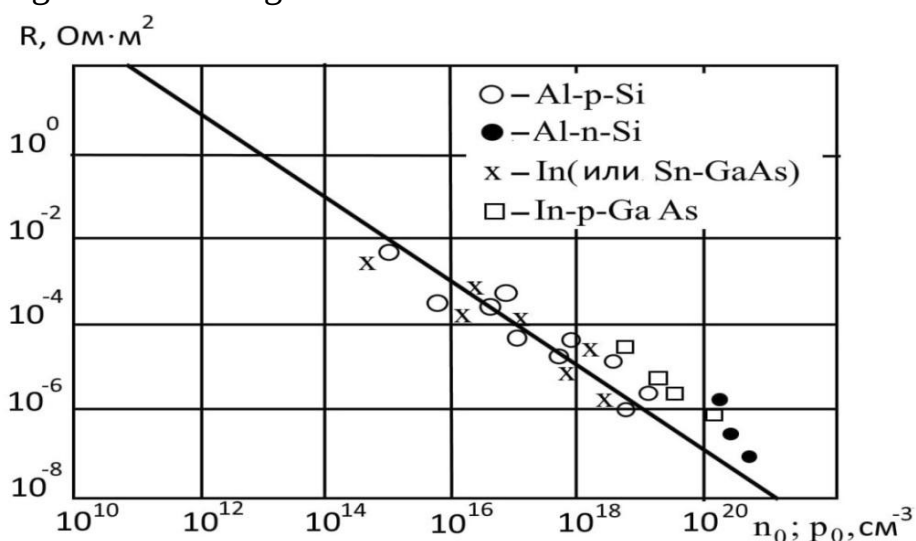
Xona haroratida, hamda $\gamma_n = 1$ va $n_0 = 10^{15} \text{ sm}^{-3}$ bo'lganida omik kontaktning qarshiligi $R = 5 \cdot 10^{-5} \text{ Om} \cdot \text{sm}^2$ ga teng bo'ladi. Real holatdagi ko'plab yarimo'tkazgich asboblarning omik qarshiligi yuqorida aniqlangan qiymatlarga teng yoki yaqin bo'ladi. Turli yarimo'tkazgich asboblarda omik qarshilikning qiymatini kamaytirishga erishishda ko'plab tajribalar olib borilgan. Bu tajribalar asosan yarimo'tkazgich asboblarning kontaktlardagi omik qarshilikni nazariy hisoblangan qiymatlariga yaqinlashtirishga bag'ishlanan. 1 – rasmda *In – GaAs* strukturasida *Al – Si* o'tishidagi omik kontakning qarshiligini elektronlarni konsentratsiyasiga bog'liqligi berildi.

1 – rasmdagi uzluksiz chiziq 4 tenglamadan foydalanib nazariy hisoblar asosida aniqlangan qiymatlar bo'yicha chizildi ($\gamma_n = 10^{-2}$ teng bo'lganda).

$$R = \frac{4eA}{a^2 n_0 v_n \gamma_n} \quad (5)$$

1 – rasmdagi uzluksiz chiziq metall (silitsid) – yarimo'tkazgichni ajratib turadigan qatlamning yoki o'zaro o'tish chegarasi qatlamidagi kontakt qarshiligini o'zgarishini ko'rsatadi. Bunda tokning o'tishi sirtidagi sathlarning ta'siri bo'lmagan holatda yoki sohalar diagrammasini egilgan qismiga taalluqli bo'lib, tok namuna sirtidagi sathlar orqali o'tganida kuzatiladi[3].

Kontakt sohasini qizdirish usuli bilan omik kontaktning qarshiligini kamaytirish mumkin. Bunga misol qilib 1 – rasmda ko'rsatilgan *Al – (n – Si)* va *Ni – (n – Si)* strukturalarda tok tashuvchilarning konsentratsiyasini oshirish uchun kontaktlarga ma'lum haroratlarda qo'shimcha ishlov berish taklif etilgan. *Ni – (n – Si)* uchun R – omik kontakt qarshiligini qiymati harorat oshishi bilan kamayar ekan. Omik kontakt olishning nazariy hisoblari murakkab bo'lib, o'rtadagi o'tish qatlamini va sirtidagi elektronlarning holatini hisobga olishni talab etadi.



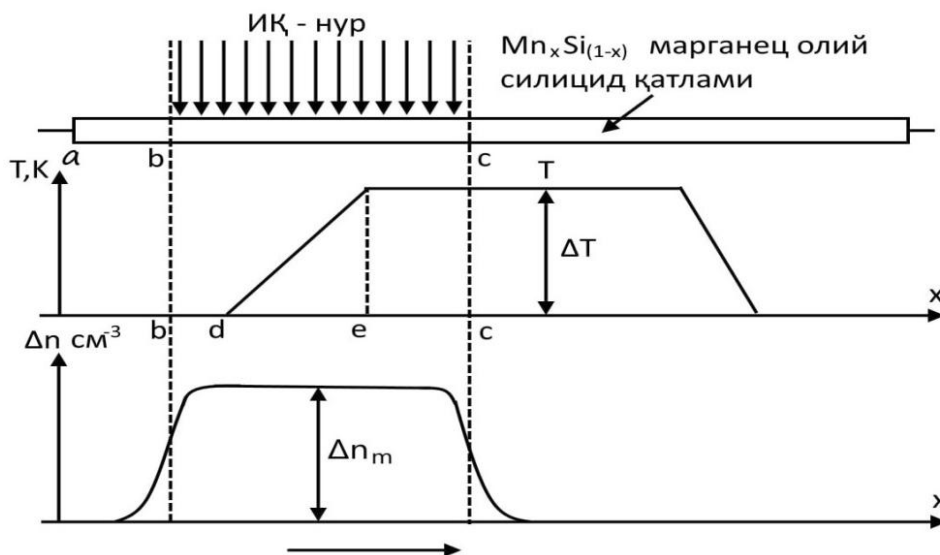
1 – rasm. *In – GaAs* strukturasida *Al – Si* o'tishidagi omik kontak qarshiligining qiymatini elektronlarning konsentratsiyasiga bog'liqligi

Kremniy sirtida hosil qilingan marganes oliy silitsidida hosil bo'lgan termo EYuK ni harorat va yoritilganlikning qiymatini o'zgarishdagi holatni ko'rib chiqamiz. Fizikadan ma'lumki, har qanday yarimo'tkazgichni ta'qiqlangan sohasining qiymatidan katta yoki teng bo'lgan fotonlar energiyasi bilan yoritilganda ($h\nu \geq E_g$) muvozanatda bo'lmagan tok tashuvchilar generatsiyasi sodir bo'ladi. Kuchsiz intensivlik bilan yoritilgan yarimo'tkazgichda hosil bo'lgan fotoo'tkazuvchanlik quyidagiga teng bo'ladi:

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma_0} \ll 1 \quad (6)$$

Bunda: ΔU – yoritilganda hosil bo'lgan potensialning qorong'ulikdagisi bilan farqi $\Delta U = U - U_0$ formula yordamida aniqlanadi. Ta'qiqlangan soha qiymati E_g va tok tashuvchi elektron va kovak harakatchanligining nisbatini $b = \mu_n/\mu_p$ harorat ta'sirida o'zgarimas deb qabul qilamiz.

Kremniy sirtidagi marganes atomlari hosil qilgan oliy silitsidda termo EYuK ni hosil bo'lishining mexanizmi 2 – rasmda ko'rsatilgan tizim yordamida tushuntirildi [59, 66-70-b].



2 – rasm. Kremniy sirtidagi marganes atomlari hosil qilgan oliy silitsidda termo EYuK ni hosil bo'lishining mexanizmi

Bunda: $b - c$ oraliq yoritilingan, $d - e$ oraliqda haroratni oshishi kuzatildi. Bu oshish juda kichik bo'lib, tok tashuvchilarning taqsimoti (harorat ta'sirida) kuzatilmaydi.

Bunda: k – Bolsman doimiysi

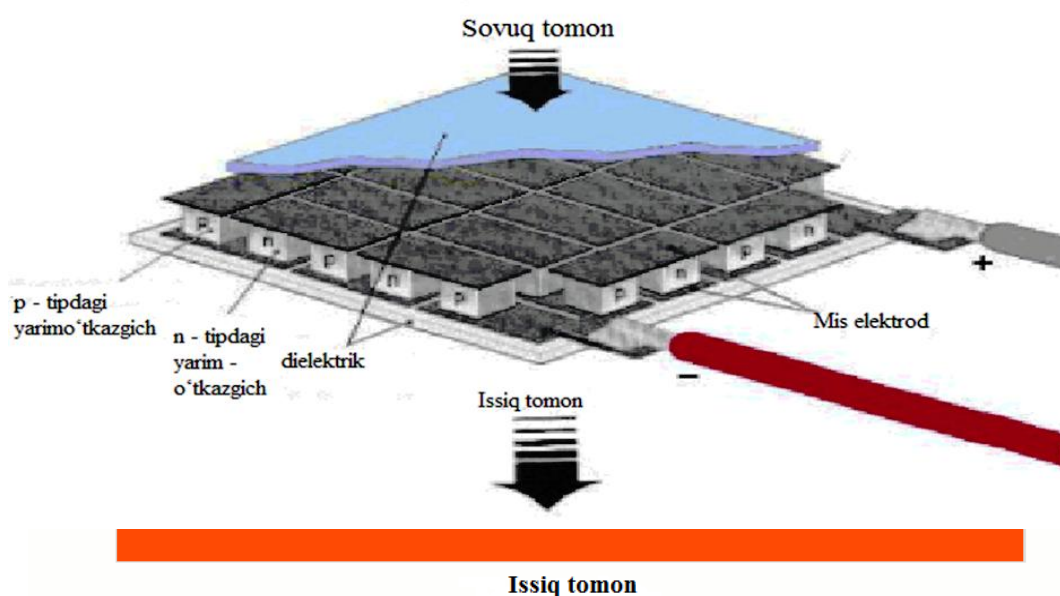
e – elektron zaryadi

b – elektron va kovakning harakatchanligining nisbati

$N = N_D - N_A$, n_0, p_0 – mos ravishda elektron va kovaklarni muvozanat holatdagi konsentratsiyasi.

Q_n^{**}, Q_p^{**} – elektron yoki kovak o'tkazuvchanligidagi ortiqcha kinetik energiya miqdori, tok tashvchilarning o'rtacha kinetik energiyasiga nisbatan
 σ_0 – muvozanat holatda elektr o'tkazuvchanlik.
 $\Delta\sigma_0$ – fotoo'tkazuvchanlik

Yuqorida hosil qilingan formuladagi kattaliklarga tajribalarda aniqlangan qiymatlarni qo'ysak, kremniy materiali uchun $\Delta U/\Delta T$ ni qiymati $1 \div 10 \text{ mK/V/grad}$ ga teng bo'lishi aniqlandi hamda 3 – rasmda ko'rsatilgan tajribalar asosida aniqlangan qiymatlar, kremniy sirtida o'stirilgan marganes oliy silitsidida nazariy hisoblangan termo EYuK mavjudligini tasdiqladi. Yarimo'tkazgich kremniy namunalarining ikki tarafi izolyatsiya qilingan tizimda, ularni uzluksiz yorug'lik bilan yoritilgan issiqlik hosil bo'lishiga olib keladi. Agarda ikkala kontaktdagi haroratlar turlicha bo'lsa, voltmetr yordamida o'lchash imkoniyati mavjud elektr signali hosil bo'ladi[4].



3 –

rasm. Pelt'e effekti asosida yaratilgan termobatareyalarning tuzilishi.

Bu holatda termo EYuK hisobga olinmaydi. Chunki, bu holatda asosan o'zgaruvchan fotosignal kuchaytiriladi. Tajribada olingan natijalar nazariy hisoblar bilan mos tushgani taklif etilgan fizik mexanizmning asosligini tasdiqlaydi.

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. Zikrillaeв 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).