

**p-Si<Ni> NAMUNALARNING ELEKTROFIZIK XUSUSIYATLARINI  
TADQIQ QILISH**  
**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОБРАЗЦОВ  
p-Si<Ni>**  
**STUDY OF THE ELECTRICAL PROPERTIES OF p-Si<Ni> SAMPLES**

*N.A.Turgunov<sup>1</sup>, E.X.Berkinov<sup>2</sup>, talaba O.Mamatazimov<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>O‘zbekiston Milliy universiteti qoshidagi Yarimo‘tkazgichlar fizikasi va  
mikroelektronika ilmiy tadqiqot instituti, Toshkent, O‘zbekiston.*

*<sup>2</sup>Namangan muhandislik-qurilish instituti, Namangan, O‘zbekiston.*

**Annotatsiya.** Ushbu ishda kremniyda nikel diffuziyasi  $T=1573$  K haroratda  $t=2$  soat davomida SUOL-4M pechida amalga oshirildi. Ecopia HMS-7000 qurilmasi yordamida Xoll effekti usulidan foydalanib, kremniydagi nikel kirishma atomlarining konsentratsiyasini, hamda solishtirma qarshilikni haroratga bog‘liqligini o‘rganish natijalari keltirildi.

**Абстрактный.** В данной работе диффузия никеля в кремний проводилась в печи СУОЛ-4М при температуре  $T=1573$  К в течение  $t=2$  часов. Методом эффекта Холла на приборе Ecopia HMS-7000 представлены результаты исследования концентрации атомов никеля в кремнии а также приведено температурной зависимости к удельного сопротивления.

**Abstract.** In this work, the diffusion of nickel into silicon was carried out in a SUOL-4M furnace at a temperature of  $T=1573$  K for  $t=2$  hours. Using the Hall effect method on the Ecopia HMS-7000 device, the results of studying the concentration of nickel atoms in silicon are presented and the temperature dependence of the resistivity is also given.

**Kalit so‘zlar.** *Nikel, kremniy, sovitish tezligi, kirishma atomlari, Xoll effekti, konsentratsiya, solishtirma qarshilik.*

**Ключевые слова.** *Никель, кремний, скорость охлаждения, примесные атомы, эффект Холла, концентрация, удельное сопротивление.*

**Keywords.** *Nickel, silicon, cooling rate, impurity atoms, Hall effect, concentration, resistivity.*

Bugungi kunda hajmida noyob strukturaviy xususiyatlarga ega bo'lgan ko'p komponentli kirishma to'plamlari mavjud bo'lgan yarimo'tkazgichli materiallarni olish, shuningdek, ularning strukturaviy, elektrofizik va fotoelektrik xususiyatlarini o'rganish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda [1-6]. Bu borada turli kirishmalar bilan diffuziya usulida legirlash orqali kirishma mikro- va nanobirikmalariga ega bo'lgan yarimo'tkazgichli materiallarni olish bo'yicha yangi texnologiyalarni ishlab chiqishga alohida e'tibor qaratilmoqda.

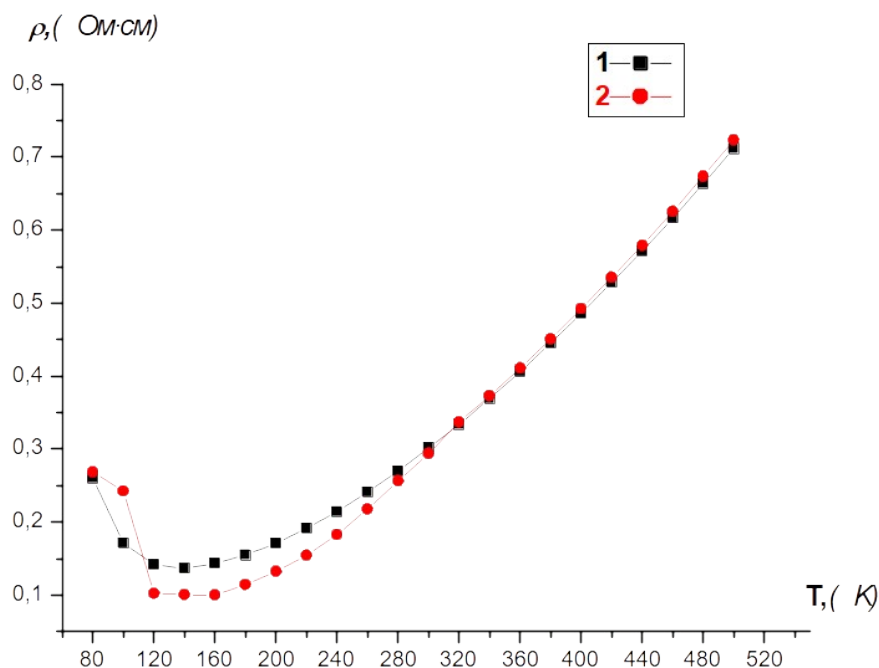
### **Eksperimental usul**

Tadqiqot uchun dastlabki namuna sifatida Choxralskiy usulida o'stirilgan, solishtirma qarshiligi  $0,3 \text{ Om}\cdot\text{sm}$  bo'lgan KDB markali kremniy monokristalidan foydalanildi. To'g'ri burchakli parallelepiped shaklida tayyorlangan, o'lchamlari  $13\times 6\times 2 \text{ mm}$  bo'lgan namunalarni kimyoviy usullarda tozalandi. Kremniyda nikel diffuziyasi  $T=1573 \text{ K}$  haroratda  $t=2$  soat davomida SUOL-4M pechida amalga oshirildi. Diffuziya harorati platina-platinarodiy termojufti yordamida nazorat qilindi. Diffuziyaviy tavlanihdan keyin namunalar tez ( $v_{\text{sov}}=250 \text{ K/s}$ ) va sekin sovitish ( $v_{\text{sov}}=0.1 \text{ K/s}$ ) usullari bilan sovitildi. Mazkur ishda Ecopia HMS-7000 qurilmasi yordamida Xoll effekti usulidan foydalanib, kremniydagi nikel kirishma atomlarining konsentratsiyasini, hamda solishtirma qarshilikni haroratga bog'liqligini o'rganish natijalari keltirildi. Xoll effekti usulida o'lchash uchun namunalarni  $6\times 6\times 1,8 \text{ mm}$  parallelepiped shaklida kesib olindi. Tayyorlangan namunalarning elektrofizik kattaliklarini o'lchash jarayonida haroratni  $80 \text{ K}$  dan  $500 \text{ K}$

oralig'ida oshirib borildi.

### Natijalar va munozaralar

Tajribalar natijasida  $T=80\div 500$  K harorat oralig'ida tez va sekin sovitish usullari bilan olingan p-Si<Ni> namunalarining solishtirma qarshiligini haroratga bog'liqlik grafigi 1-rasmda keltirilgan. Unga ko'ra harorat 80 K da namunaning  $\rho$  qiymatlari mos ravishda  $0.260 \text{ Om}\cdot\text{sm}$  va  $0.268 \text{ Om}\cdot\text{sm}$  ni tashkil etadi. Haroratni 160 K ga qadar oshirib borilganda bu ko'rsatkichlar kamayib boradi va ular  $0,143 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ , hamda  $0,100 \text{ Om}\cdot\text{sm}$  ni tashkil etadi. Shundan so'ng haroratni 160 K dan 500 K ga qadar oshirib borilganda bu ko'rsatkichlar ortib boradi va ular yakunda  $0.712 \text{ Om}\cdot\text{sm}$ , hamda  $0.724 \text{ Om}\cdot\text{sm}$  ni tashkil qiladi (1-rasm, 1- va 2- egri chiziqlar).

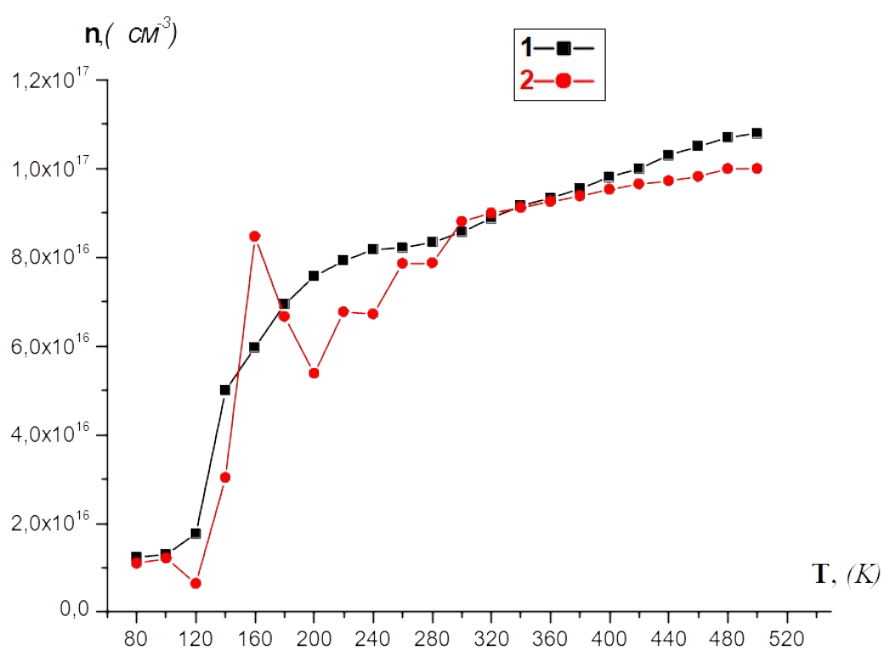


**1-rasm.** Solishtirma qarshilikning haroratga bog'liqligi:

1 - tez sovitish ( $v_{\text{sov}}=250$  K/s) usuli bilan olingan p-Si<Ni> namuna; 2 - sekin sovitish ( $v_{\text{sov}}=0.1$  K/s) usuli bilan olingan p-Si<Ni> namuna.

2-rasmda  $T=80\div 500$  K harorat oralig'ida p-Si<Ni> namunalari uchun zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi –  $n$  ni haroratga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Tajribalar natijasiga ko'ra, harorat 80 K da tez sovitilgan namunadagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi  $n$  ning qiymati  $1.23 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil qiladi. Harorat 120 K ga ko'tarilganda ushbu qiymati biroz ko'tarilib,  $1.77 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  ga tenglashadi. Shundan so'ng haroratni 120 K dan 500 K ga oshirilganda  $n$  ning qiymati ko'tarilib boradi va yakunda  $1.08 \times 10^{17} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil etdi (2-rasm, 1-egri chiziq).

Diffuziyaviy tavlashdan so'ng sekin sovitish usuli bilan olingan p-Si<Ni> namunaning  $n$  qiymati 80 K haroratda  $1.1 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil etadi. Harorat 100 K ga ko'tarilganda ushbu qiymati biroz ko'tarilib,  $1.21 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  ga tenglashadi. So'ngra haroratni 120 K ga oshirilganda  $n$  ning qiymati pasayib,  $6.44 \times 10^{15} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil etdi. Shundan so'ng haroratni 160 K qadar oshirib borishdagi  $n$  ning qiymati birdan ko'tarilib,  $8.47 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil etadi. Haroratni 200 K ga qadar oshirib borilganda ushbu namunada  $n$  ning qiymati kamayib,  $5.38 \times 10^{16} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil etadi. Shundan so'ng haroratni 200 K dan 500 K ga qadar oshirib borilganda bu ko'rsatkichlar asta-sekin ko'tarilib boradi va yakunda  $1.00 \times 10^{17} \text{ sm}^{-3}$  ni tashkil etadi (2-rasm, 2-egri chiziq).



**2-rasm.** Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining haroratga bog‘liqligi:

1-tez sovitish ( $v_{\text{sov}}=250$  K/s) usuli bilan olingan p-Si<Ni> namuna;

2-sekin sovitish ( $v_{\text{sov}}=0.1$  K/s) usuli bilan olingan p-Si<Ni> namuna.

Xulosa qilib aytganda, haroratning 80÷160 K oralig‘ida tez va sekin sovitish usuli bilan olingan p-Si<Ni> namunalarining solishtirma qarshiligi mos ravishda ~1.8÷2.6 barobarga kamayishi kuzatiladi. Mazkur harorat intervalida ulardagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi deyarli ~4.8÷7.7 barobarga ortadi. Haroratni 160÷500 K oralig‘i namunalarining solishtirma qarshiligi mos ravishda ~1.8÷1.18 barobarga ortishi kuzatiladi. Mazkur harorat intervalida ulardagi zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi deyarli ~4.9÷7.2 barobarga ortadi.

**Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Lindroos J., Fenning D.P., Backlund D.J., Verlage E., Gorgulla A. et al. (2013). Nickel: A very fast diffuser in silicon, *J.Appl.Phys.* 113(20), 204906(1-7).

2. Turgunov N.A., Mamajonova D.Kh., Berkinov E.Kh. (2021). Decay of impurity clusters of nickel and cobalt atoms in silicon under the

influence of pressure, *Journal of nano- and electronic physics*, 13(5), 05006(1-4).

3. Turgunov N.A., Berkinov E.Kh., Turmanova R.M. (2022). Influence of heat treatment on the electrical properties and morphology of impurity accumulations of silicon doped with nickel. *Science and world*, 4(104), 25-29.

4. Турғунов Н. А., Беркинов Э.Х., Мамажонов Д.Х. (2020). Влияние термической обработки кремния, легированного никелем, на его электрические свойства. *Прикладная физика*, 3, 40-45

5. Turgunov, N.A., Berkinov, E.Kh., Turmanova, R.M. (2023). Accumalations of impurity Ni atoms and their effect on the electrophysical properties of Si. *E3S Web of Conferences*, 402, 14018

6. Turgunov, N.A., Berkinov, E.Kh., Turmanova, R.M. (2023). The effect of thermal annealing on the electrophysical properties of samples n-Si<Ni,Cu>. *East European Journal of Physics*, 3, 287–290