

**THE UNIQUE PROPERTIES OF SEMICONDUCTOR MATERIALS AND THE ROLE OF THEIR MATHEMATICS MODELS**

**Raxmanov Ulug‘bek Musirmon ugli**

Teacher of the “Exact Sciences” Department, Tashkent Branch of the University of Business and Science

E-mail: [ulugbekraxmanov08@gmail.com](mailto:ulugbekraxmanov08@gmail.com)

Tel: +998 99 352 48 25

**Samandarov Toji Normurodovich**

Teacher of the “Exact Sciences” Department, Tashkent Branch of the University of Business and Science

Tel: +998 97 460 07 92

E-mail: [tojiddinsamandarov@gmail.com](mailto:tojiddinsamandarov@gmail.com)

**Abstract**

This study analyzes the electrical and optical properties of semiconductor materials and their significance in modern electronic devices. During the research, the dependence of electrical resistivity on temperature and doping concentration, the formation mechanism of p–n junctions, and the influence of the forbidden energy band width on optoelectronic characteristics were investigated. The obtained analytical results indicate that devices based on silicon, germanium, and gallium arsenide exhibit high efficiency in microelectronics, nanoelectronics, and optoelectronics.

**Keywords**

semiconductor materials, electrical conductivity, doping, p–n junction, forbidden energy band, optoelectronics, nanoelectronics.

Yarimo‘tkazgich materiallarning eng muhim fizik ko‘rsatkichlaridan biri ularning solishtirma qarshiligi bo‘lib, bu kattalik harorat ortishi bilan eksponensial qonun asosida kamayadi. Bu hodisa elektronlarning termal energiya ta‘sirida valent sohasidan o‘tkazuvchanlik sohasiga o‘tishi bilan izohlanadi. Masalan, kremniy harorati 1000 K dan 3000 K gacha oshirilganda, uning solishtirma qarshiligi  $10^{24}$  Om·sm dan  $2 \times 10^5$  Om·sm gacha kamayadi, metallarda esa bunday o‘zgarish deyarli kuzatilmaydi (masalan, oltinning solishtirma qarshiligi shu oraliqda 17 % ga ortadi).

1-jadval. Yarimo‘tkazgich va metall materiallarning solishtirma qarshiligini taqqoslash

Material turi	Harorat (K)	Solishtirma qarshilik, (Om·sm)	Qarshilik o‘zgarish foizi (%)
Kremniy (Si)	1000 → 3000	$10^{24} \rightarrow 2 \times 10^5$	-99.999999999999 %
Germaniy (Ge)	1000 → 3000	$10^{21} \rightarrow 10^4$	-99.99999999 %

Oltin (Au)	1000 → 3000	2.2×10 <sup>-6</sup> →2.57×10 <sup>-6</sup>	+17 %
------------	-------------	---	-------

## Tadqiqot metodlari

Mazkur tadqiqotda yarimo‘tkazgich materiallarning xossalarini o‘rganish uchun nazariy-fizik tahlil, taqqoslash va analitik modellashtirish usullaridan foydalanildi. Elektr o‘tkazuvchanlikning haroratga bog‘liqligi Arrenius qonuni asosida baholandi. Legirlanish ta’siri zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi orqali tahlil qilindi. p–n o‘tishlarning hosil bo‘lish mexanizmi energetik zonalar diagrammasi yordamida o‘rganildi. Si, Ge va GaAs materiallari o‘zaro solishtirilib, ularning elektron va optoelektron qurilmalarda qo‘llanish istiqbollari aniqlashtirildi.

## Natijalar va muhokama

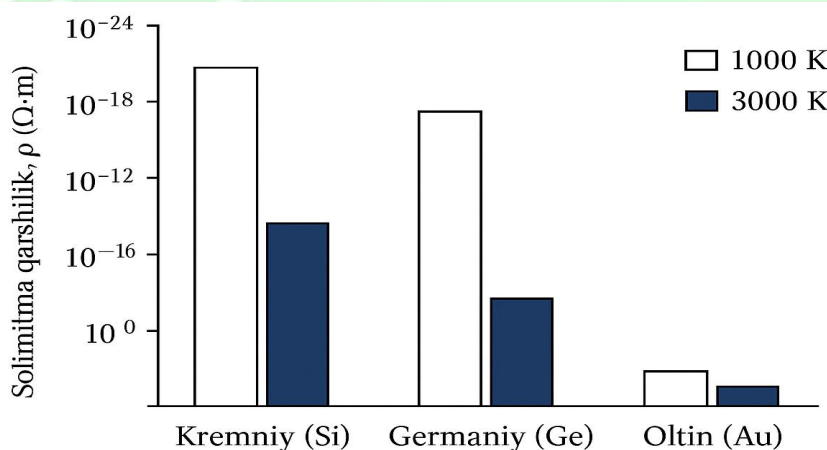
O‘tkazilgan tahlil natijalariga ko‘ra, yarimo‘tkazgichlarda legirlanish darajasining oshishi elektr o‘tkazuvchanlikni bir necha tartibga oshirishi aniqlandi. Bu holat metallarda kuzatilmaydi va yarimo‘tkazgichlarning boshqariluvchanligini tasdiqlaydi.

2-jadval. Yarimo‘tkazgichlarda legirlanish darajasining o‘tkazuvchanlikka ta’siri

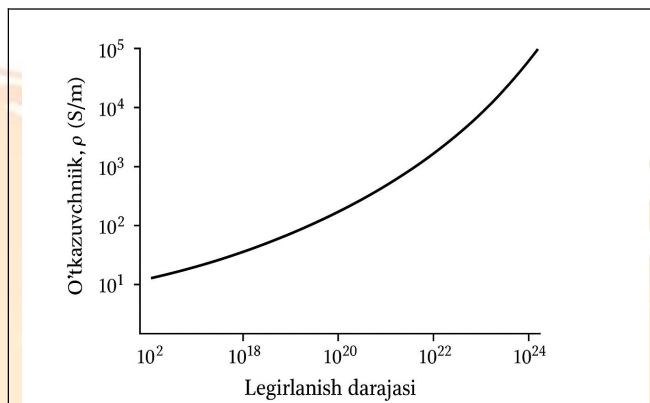
Kirishma elementi	Konsentratsiya (sm <sup>-3</sup> )	O‘tkazuvchanlik (Om·sm) <sup>-1</sup>	O‘zgarish miqdori (marta)
B (bor)	10 <sup>11</sup> → 10 <sup>16</sup>	10 <sup>-5</sup> → 10 <sup>1</sup>	10 <sup>6</sup>
P (fosfor)	10 <sup>12</sup> → 10 <sup>18</sup>	10 <sup>-4</sup> → 10 <sup>2</sup>	10 <sup>6</sup>
Sb (surma)	10 <sup>13</sup> → 10 <sup>17</sup>	10 <sup>-3</sup> → 10 <sup>1</sup>	10 <sup>4</sup>

Elektr o‘tkazuvchanlik elektronlar va kovaklar orqali amalga oshadi. Shu sababli yarimo‘tkazgichlar n-tur va p-tur turlarga bo‘linadi. Ularning birikishidan hosil bo‘lgan p–n o‘tish zamonaviy diod va tranzistorlarning asosini tashkil etadi.

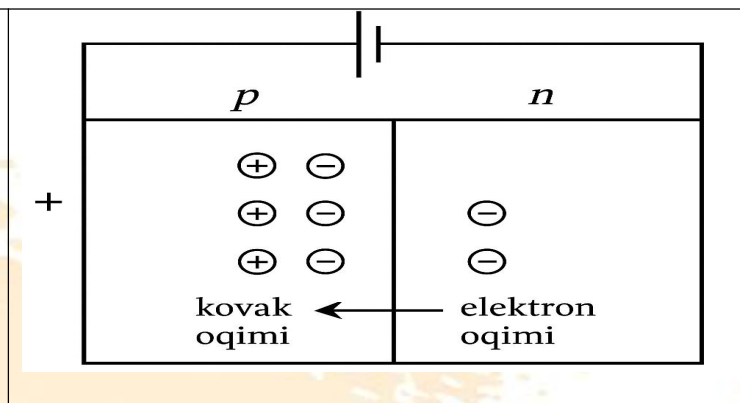
“Yarimo‘tkazgich va metall materiallarning solishtirma qarshiligini taqqoslash” (taqqoslovchi ustunli diagramma ko‘rinishida)



1-rasm



2-rasm “Legirlanish darajasining o‘tkazuvchanlik ta’siri” (logarifmik grafik ko‘rinishida)



3- rasm “p–n o‘tish sxemasi” (elektron va kovak oqimi yo‘nalishi bilan)

### Qo‘llanilishi va texnologik istiqbollari

Yarimo‘tkazgichlar mikroelektronika, optoelektronika, energetika va tibbiyot sohalarida keng qo‘llaniladi. Kremniy integral mikrosxemalar uchun asosiy material hisoblanadi, galliy arsenid esa optoelektron qurilmalarda keng ishlatiladi. LEDlar, lazer diodlar, mikrotolqinli tranzistorlar, kameralar va quyosh batareyalari aynan shu materiallarga asoslanadi.

Optoelektronika sohasida fotoo‘tkazuvchanlik, ichki fotoeffekt va elektroluminessensiya hodisalari asosida yangi texnologiyalar yaratilyapi. Nanoelektronika esa kvant nuqtalari, iplar va chuqurliklar yordamida axborotni qayta ishlashning yangi usullarini taqdim etmoqda.

Tibbiyot va robototexnikada esa yarimo‘tkazgich asosida ishlovchi sezgir sensorlar, diagnostika uskunalari, yurak ritmini o‘lchovchi modullar ishlab chiqilmoqda. Bu texnologiyalar bioelektronika va aqlli tizimlar rivojida katta rol o‘ynamoqda.

### Xulosa

Yarimo‘tkazgich materiallar texnologik taraqqiyotda hal qiluvchi ahamiyatga ega. Ularning boshqariluvchan elektr, optik va fizik xossalari elektronika, nanoelektronika va optoelektronika sohalarining negizini tashkil etadi. Legirlanish, harorat va tashqi ta’sirlar orqali bu materiallarning ishlash xususiyatlari keng diapazonda boshqarilishi mumkin.

p–n o‘tishli qurilmalar, fotodetektorlar, quyosh panellari va lazer texnologiyalarining muvaffaqiyati aynan ushbu xossalarga tayanadi. Yarimo‘tkazgichlar nafaqat klassik elektronika, balki kvant texnologiyalari, bioelektronika va “aqlli” tizimlarda ham muhim rol o‘ynaydi.

Kelajakda ekologik toza, yuqori samaradorlikka ega va arzon texnologiyalar aynan shu materiallar asosida rivojlanadi. Shu bois, yarimo‘tkazgichlar bo‘yicha tadqiqotlar ilm-fan va texnologiya rivojining strategik yo‘nalishiga aylanmoqda.

## FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI:

1. Тешабоев А.Т., Зайнабиддинов С.З., Эрматов Ш. «Каттик жисм физикаси». Дарслик. – Т.: Молия, 2001. – 164 б.
2. Акрамов Х., Зайнабиддинов С., Тешабоев А. «Ярим утказгичларда фотоэлектрик ходисалар». Ўқув қўлланма. – Т.: Узбекистон, 1994. – 134 б.
3. Coldren L.A., Corzine S.W., Mashanovitch M.L. *Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits*. 2019
4. Peter YU Manuel Cardona. «Fundamentals of Semiconductors, Physics and Materials Properties». Spring-Verlag Berlin Heidelberg. 4<sup>th</sup> ed. 2010. P. 778.
5. Ferry D.K., Goodnick S.M., Bird J. *Transport in Nanostructures*. Cambridge University Press, 2019.
6. Singh J. *Semiconductor Devices: Physics and Technology*. 2018.
7. Teshaboyev A. T., Zaynobidinov C.Z., Ismoilov K.A., Ermatov Sh.A., Abduazimov V.A. «Nanozarralar fizikasi, kimyosi va texnologiyalari». O'quv qo'llanma. – Т.: Kamalak pres, 2014. – 368 б.
8. Teshaboyev A., Zaynobidinov S., Musayev E.A. «Yarim o'tkazgichlar va yarim o'tkazgichli asboblarni texnologiyasi». O'quv qo'llanma. – Т.: Talqin – Qaldirg'och, 2006. – 336 б.

