

NEYTRONLAR OQIMI YORDAMIDA YUQORI OMLI YARIMO'TKAZGICH OLISH

**Matyoqubova.Sh.G'**

**Xamidova.D.M**

**Abduvoxobova.M.O'**

**Andijon davlat universtiteti**

**Fizika-Matematika va IT fakulteti**

**Fizika(Atom va Yadro fizikasi) mutaxassisligi 1-kurs magistratura talabalari**

**Ilmiy rahbarlar: Boboyev.A.Y**

**Xakimov.A.X**

Annotatsiya

Ushbu maqolada neytronlar oqimi yordamida yuqori omli yarimo'tkazgich materiallarni olish jarayoni hamda ularning elektr xossalarini o'rganish masalalarini ko'rib chiqamiz. Xususan, yarimo'tkazgichlarda elektr qarshilik, zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va ularning harakatchanligi kabi muhim parametrlarni tahlil qilib chiqamiz. Neytronlar bilan nurlantirish natijasida yarimo'tkazgich kristall panjarasida sodir bo'ladigan yadroviy reaksiyalar materialning elektr xossalarini o'zgartirishga olib kelishini aniqlaymiz. Tadqiqot natijalari yuqori omli yarimo'tkazgichlarni olish va ularni zamonaviy elektron qurilmalarda qo'llash imkoniyatlari yanada kengaytirilganini ko'rishimiz mumkin.

**Kalit so'zlar:** yarimo'tkazgich, neytronlar oqimi, solishtirma qarshilik, zaryad tashuvchilar, konsentratsiya, harakatchanlik.

Kirish:

Hozirgi davrda fan va texnologiyaning jadal rivojlanishi elektronika va mikroelektronika sohalarida yarimo'tkazgich materiallarning ahamiyatini yanada oshirib kelmoqda. Yarimo'tkazgichlar zamonaviy elektron qurilmalar, xususan integrallashgan mikrosxemalar, o'lchov asboblari, radiatsion detektorlar va turli avtomatlashtirilgan tizimlarning asosiy elementi hisoblanadi. Bunday qurilmalarning samaradorligi va ishonchligi bilan ko'p jihatdan ishlatiladigan yarimo'tkazgich materiallarning elektr va fizik xossalari bir-biriga bog'liqdir.

Yarimo'tkazgichlarning asosiy muhim parametrlaridan biri ularning elektr qarshiligi, ya'ni omik xususiyati hisoblanadi. Ayrim texnik va ilmiy qurilmalarda yuqori omli yarimo'tkazgichlardan foydalanish juda katta talab etiladi. Bunday materiallar ayniqsa yuqori sezgir detektorlar, kuchli elektr maydonlarida ishlaydigan elektron elementlar hamda maxsus o'lchov tizimlarida keng ko'lamda qo'llanilib kelinmoqda. Shu sababli yuqori omli yarimo'tkazgichlarni olish va ularning xossalarini boshqarish masalasi bugungi kunda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga egadir.

Yarimo'tkazgichlarning elektr xossalarini o'zgartirishning samarali usullaridan biri ularni legirlash usuli bo'lib, neytronlar oqimi yordamida legirlash usuli esa yarimo'tkazgich kristallarining tarkibini juda bir tekis o'zgartirish imkonini beradigan bir zamonaviy texnologiyalardan biri hisoblanadi. Bu jarayonda yarimo'tkazgich materiali neytronlar oqimi bilan nurlantiriladi va natijada yadroviy reaksiyalar sodir bo'lib, material tarkibida yangi legirlovchi atomlar hosil bo'ladi va bu esa yarimo'tkazgichning elektr xossalarini, xususan, uning solishtirma qarshiligini boshqarish imkonini beradi.

Ushbu maqolada neytronlar oqimi yordamida yuqori omli yarimo'tkazgichlar olish jarayonining fizik asoslari, texnologik xususiyatlari hamda bu usulning afzalliklari o'rganiladi. Shuningdek, neytronlar bilan nurlantirish orqali yarimo'tkazgichlarning elektr xossalarini boshqarish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Mavzuning dolzarbligi:

Hozirgi kunda elektronika, mikroelektronika va yarimo'tkazgich texnologiyalarining jadal rivojlanishi yuqori sifatli hamda aniq parametrlil yarimo'tkazgich materiallariga bog'liq bo'lgan talabni keskin oshirib kelmoqda. Ayniqsa, yuqori omli yarimo'tkazgichlar zamonaviy elektron qurilmalar, detektorlar, kuchli elektr maydonlarida ishlovchi elementlar hamda turli o'lchov tizimlarida keng qo'llanilib kelmoqda. Bunday materiallarni olishda ularning elektr xossalarini aniq boshqarish muhim hisoblanadi.

Neytronlar oqimi yordamida legirlash usuli yarimo'tkazgich materiallarning tarkibini bir xil va nazorat qilinadigan tarzda o'zgartirish imkonini beradigan samarali usullardan biri hisoblanadi. Ushbu usulda material atomlari neytronlar bilan o'zaro ta'sirlashib, yangi legirlovchi elementlarni hosil qiladi va natijada yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi, ya'ni omik xususiyatlari kerakli darajada o'zgaradi va bu esa yuqori omli yarimo'tkazgichlar olishda muhim ahamiyatga egadir.

Shu sababli neytronlar oqimi yordamida yuqori omli yarimo'tkazgichlarni olish jarayonini o'rganish, uning fizik asoslarini tahlil qilish hamda amaliy qo'llanilishini takomillashtirish bu zamonaviy yarimo'tkazgich texnologiyalarini rivojlantirishda dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Bu yo'nalishdagi tadqiqotlar yuqori aniqlikdagi elektron qurilmalar ishlab chiqarish, radiatsion detektorlar yaratish hamda ilmiy va sanoat sohalarida qo'llaniladigan yangi materiallarni ishlab chiqishga juda katta xizmat qiladi.

### **Neytronlar oqimi yordamida yarimo'tkazgichlarni legirlash**

Neytronlar bilan nurlantirish jarayonida yarimo'tkazgich kristallidagi ayrim atom yadrolari neytronlarni yutadi va shu natijasida yadroviy reaksiyalar sodir bo'ladi. Natijada yangi legirlovchi atomlarni hosil bo'lganini ko'rishimiz mumkin.

**Legirlash** – bu yarimo'tkazgich materiallarning elektr xossalarini o'zgartirish maqsadida ularning tarkibiga juda kichik miqdorda begona atomlarni kiritish jarayoni hisoblanadi. Bu jarayon natijasida yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi, zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va boshqa fizik xossalarini boshqarish mumkin.

Toza yarimo'tkazgichda (masalan, kremniy yoki germaniyda) elektr o'tkazuvchanlik nisbatan kichik bo'ladi. Agar ularning kristall panjarasiga boshqa element atomlari kiritilsa, zaryad tashuvchilar soni ortishi yoki kamayishi va shu materialning elektr xossalari sezilarli darajada o'zgarganini ko'ramiz.

Legirlash jarayonida yarimo'tkazgich tarkibiga kiritilgan atomlar **legirlovchi aralashmalar** bo'lib, bu aralashmalar ikki xil bo'ladi:

#### **1. Donor aralashmalar**

Donor atomlar yarimo'tkazgichga qo'shimcha elektronlar beradi va natijada materialda elektronlar ya'ni asosiy zaryad tashuvchilar bo'lib qoladi va shu sababdan **n-tip yarimo'tkazgich** hosil bo'ladi. Masalan, kremniyga fosfor, mishyak yoki surma atomlari kiritilganda donor legirlashni kuzatishimiz mumkin.

#### **2. Akseptor aralashmalar**

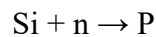
Akseptor atomlar elektronlarni qabul qiladi va kristall panjarada **kovaklar** hosil bo'ladi. Natijada kovaklar asosiy zaryad tashuvchilarga aylanib va **p-tip yarimo'tkazgich** hosil bo'ladi. Bunga kremniyga bor yoki alyuminiy kiritishni misol qilsak bo'ladi.

Legirlash jarayoni yarimo'tkazgich texnologiyasida juda muhim bir jarayon hisoblanadi, chunki u orqali quyidagi parametrlarni boshqarishimiz mumkin:

1. zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi
2. elektr o'tkazuvchanlik
3. solishtirma qarshilik
4. zaryad tashuvchilarning harakatchanligi

Neytronlar oqimi yordamida legirlash esa yarimo'tkazgich kristallining butun hajmi bo'ylab legirlovchi atomlarning bir tekis bo'lib taqsimlanishini ta'minlaydi. Bu usul ayniqsa yuqori omli yarimo'tkazgichlar olishda muhim ahamiyatga egadir.

Masalan, kremniy kristallarida quyidagi jarayon sodir bo'lishi mumkin:



Bu jarayon natijasida kremniy tarkibida faqat fosfor atomlari hosil bo'ladi va ular bunda donor sifatida harakat qiladi. Buning natijasida yarimo'tkazgichning elektr xossalari o'zgaradi.

Neytronlar yordamida legirlash usulining asosiy afzalliklari quyidagilar:

1. legirlovchi atomlarning bir tekis taqsimlanishi
2. yuqori aniqlikdagi konsentratsiya nazorati
3. kristall panjaraning kam buzilishi

#### Yarimo'tkazgichlarning elektr qarshiligi

Yarimo'tkazgichlarning muhim elektr xossaligidan biri bu **elektr qarshiligi** hisoblanib, elektr qarshilik materialning elektr tokiga ko'rsatadigan qarshiligini ifodalaydi. Yarimo'tkazgichlarda elektr qarshilik ularning tarkibi, temperaturasi, legirlovchi aralashmalar miqdori hamda zaryad tashuvchilar xossalari bog'liq holda bo'ladi.

Yarimo'tkazgich materiallarda elektr o'tkazuvchanlik asosan **elektronlar va kovaklar** orqali amalga oshadi. Shu sababli materialning elektr qarshiligi asosan **zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va ularning harakatchanligiga** bog'liq holda bo'ladi.

Yarimo'tkazgichlarning solishtirma elektr qarshiligi quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$\rho = \frac{1}{q(n\mu_n + p\mu_p)}$$

bu yerda:

- $\rho$  — solishtirma elektr qarshilik
- $q$  — elektron zaryadi
- $n$  — elektronlar konsentratsiyasi
- $p$  — kovaklar konsentratsiyasi
- $\mu_n$  — elektronlarning harakatchanligi
- $\mu_p$  — kovaklarning harakatchanligi

Agar yarimo'tkazgichda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi katta bo'lsa, natijada elektr o'tkazuvchanlik ortadi va qarshilik kamayadi. Aksincha, zaryad tashuvchilar soni kamayganda yoki ularning harakatchanligi pasayganda materialning elektr qarshiligi ortishini ko'rishimiz mumkin.

Legirlash jarayoni orqali yarimo'tkazgichlarning elektr qarshiligini boshqarish mumkin bo'ladi. Masalan, donor yoki akseptor aralashmalar kiritilganda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi o'zgaradi va natijada materialning elektr o'tkazuvchanligi ham birga o'zgaradi.

Neytronlar oqimi yordamida ham, legirlash jarayonida ham, yarimo'tkazgichning elektr qarshiligi o'zgaradi. Neytronlar ta'siri yordamida kristall panjarada yangi legirlovchi atomlar hosil bo'ladi yoki ayrim nuqsonlar paydo bo'ladi. Bu esa zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi va ularning harakatchanligiga ta'sir qilgan holda materialning elektr qarshiligini oshirishi yoki kamaytirishi mumkin.

Yuqori omli yarimo'tkazgichlar olishda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini kamaytirish va materialning solishtirma qarshiligini oshirish muhim omil hisoblanadi. Bunday materiallar radiatsion detektorlar, yuqori sezgir o'lchov qurilmalari va zamonaviy elektron texnologiyalar kabi sohalarda keng qo'llaniladi.

#### Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi

Yarimo'tkazgich materiallarning muhim fizik xossalaridan yana biri bu **zaryad tashuvchilar konsentratsiyasidir**. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi deganda yarimo'tkazgichning bir birlik hajmida mavjud bo'lgan erkin elektronlar va kovaklarning sonini tushunamiz. Ushbu parametr esa yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligini belgilovchi asosiy bir omillardir.

Yarimo'tkazgichlarda elektr tokini ikki xil zaryad tashuvchilari **elektronlar**

va **kovaklar** olib o'tganligi uchun yarimo'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi ham ikki turga bo'linadi:

1. **elektronlar konsentratsiyasi (n-tip)**
2. **kovaklar konsentratsiyasi (p-tip)**

Toza (intrinsik) yarimo'tkazgichlarda elektronlar va kovaklar konsentratsiyasi bir xil ya'ni teng bo'ladi:

$$n=p$$

Bunday yarimo'tkazgichlarda zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi faqat **temperaturaga** bog'liqdir.

Legirlangan yarimo'tkazgichlarda esa faqat zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi legirlovchi atomlar miqdoriga bog'liq bo'lgan holda o'zgarishi mumkin. Agar yarimo'tkazgichga donor atomlar kiritilsa, elektronlar konsentratsiyasi ortadi va bunda biz **n-tip yarimo'tkazgichni** hosil qilamiz. Agar akseptor atomlar kiritilsa, kovaklar konsentratsiyasi ortadi va **p-tip yarimo'tkazgichni** hosil qilamiz.

Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi yarimo'tkazgichning elektr o'tkazuvchanligi bilan quyidagicha bog'langan:

$$\sigma=q(n \mu_n+p \mu_p)$$

bu yerda:

- $\sigma$  — elektr o'tkazuvchanlik
- $q$  — elektron zaryadi
- $n$  — elektronlar konsentratsiyasi
- $p$  — kovaklar konsentratsiyasi
- $\mu_n$  — elektronlarning harakatchanligi
- $\mu_p$  — kovaklarning harakatchanligi

Neytronlar oqimi yordamida legirlash jarayonida yarimo'tkazgich kristallida yadroviy reaksiyalar sodir bo'ladi va yangi legirlovchi atomlar hosil bo'ladi. Bu esa zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining o'zgarishiga olib kelib, buning natijasida yarimo'tkazgichning elektr xossalari ham, xususan elektr o'tkazuvchanligi va qarshiligi ham o'zgarishi mumkin.

Shu sababli zaryad tashuvchilar konsentratsiyasini nazorat qilish yuqori sifatli va yuqori omli yarimo'tkazgich materiallarni olishda muhim ahamiyatga egadir.

### **Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi**

Zaryad tashuvchilarning harakatchanligi ( $\mu$ ) elektr maydoni ta'sirida elektron yoki kovaklarning harakat tezligini ham ifodalaydi.

Harakatchanlik esa asosan quyidagi omillarga bog'liqdir:

1. kristall panjaraning mukammalligi
2. aralashmalar konsentratsiyasi
3. temperatura
4. panjaradagi nuqsonlar

Neytronlar bilan nurlantirish jarayonida kristall panjarada ayrim nuqsonlar ham paydo bo'lishi mumkin bo'ladi. Bu esa nuqsonlarning zaryad tashuvchilari erkin harakatlanishiga to'sqinlik qiladi va natijada harakatchanlikning kamayishiga olib keladi.

Harakatchanlikning kamayishi esa yarimo'tkazgichning elektr qarshiligini oshirishga olib keladi.

### **Material va tadqiqot usullari**

Mazkur tadqiqot jarayonida yuqori omli yarimo'tkazgich materiallarni olish jarayoni va ularning xossalari o'rganish asosiy maqsad qilib olingan. Tadqiqot obyekti sifatida esa yarimo'tkazgich materiallari, xususan kremniy (Si) kabi keng qo'llaniladigan yarimo'tkazgich kristallari tanlangan. Ushbu materiallar o'zining barqaror fizik va kimyoviy xossalari hamda elektronika sanoatida keng ko'lamda qo'llanilishi bilan ajralib turadi.

Tadqiqot jarayonida yarimo'tkazgich namunalariga neytronlar oqimi bilan ta'sir etish usulida neytronlar bilan nurlantirish jarayonida kristall panjaradagi ayrim atomlar yadroviy reaksiyaga kirishib, boshqa element atomlariga aylanishi mumkin bo'lib qoladi. Natijada esa yarimo'tkazgich tarkibida yangi legirlovchi atomlar paydo bo'lib, bu uning elektr xossalari, xususan solishtirma qarshiligini o'zgartirishga ham olib keladi. Ushbu usul yordamida yarimo'tkazgichning hajmi bo'ylab legirlovchi atomlarning bir tekis taqsimlanishini ta'minlanishi muhim bir omil sifatida hisoblanmoqda.

Tadqiqot davomida yarimo'tkazgich namunalarining elektr xossalari aniqlash uchun turli eksperimental usullardan ham foydalanishimiz mumkin. Xususan, namunalar qarshiligi va solishtirma qarshiligini o'lchash, elektr o'tkazuvchanligini aniqlash hamda ularning o'zgarishini tahlil qilish kabi ishlar amalga oshiriladi. Shuningdek, nurlantirishdan oldin va keyin namunalar xossalari taqqoslash orqali ham neytronlar oqimining yarimo'tkazgich materialiga ta'siri o'rganish mumkin.

Olingan natijalar tahlil qilinib, neytronlar oqimi yordamida yuqori omli yarimo'tkazgichlarni olish jarayonining samaradorligi va bu usulning afzalliklari baholanadi. Ushbu tadqiqot usullari yarimo'tkazgich materiallarning elektr xossalari chuqurroq o'rganish hamda ularni amaliy sohalarida qo'llash imkoniyatlarini yanada kengaytirishga xizmat qiladi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar:**

1. Zaynobiddinov S, Teshaboev A. Yarim o'tkazgichlar fizikasi Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun qo'llanma. Tashkent, O'qituvchi nashriyoti, 1999 y, 224 b
2. Zaynobiddinov S, Akramov X. Yarim o'tkazgichlar parametrlarini o'lchash usullari, Oliy o'quv yurtlari talabalari uchun o'quv qo'llanma. Tashkent, O'zbekistan 2001 y, 320 b.
3. A.Teshboyev, S.Zaynobiddinov, E.Musaev. Yarim o'tkazgichlar va yarim o'tkazgichli asboblarning texnologiyasi, O'quv qo'llanma, O'AJBNT Markazi 2005, 392 b
4. M.K.Voxodirxonov, N.F.Zikirillayev, X.M.Iliyev. Yarim o'tkazgichlar fizikasi, Tashkent, 2016 y, 312 b
5. R.Aliyev, S.Z.Zaynabidinov, "Применение поликристаллического кремния в полупроводниковой микроэлектронике и солнечной энергетике", Geliotexnika, 1998. №2, 75-81-betlar.
6. A.Farenbrux, R.B'yub, " Солнечные элементы: Теория и эксперимент ", М. Энергоатомиздат, 1987, 169-bet.
7. Васильев. А, Ланхма. М. " Полипроводниковые фото – проброзователь ", М. 1971y.
8. V.I.Fistul', " Физика химия твердого тела " , Maskva, Metallurgiya 1995 y.
9. Xoliqov Alimardon Sultonovich. МАШИНАСОЗЛИК ИЛМИЙ - ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ, №1(Махсус сон) 2023 йил www.andmiedu.uz ISSN 2181-1539, YORUG'LIKNI O'RGANAMIZ (1167-1171-betlar).
10. A.S.Xoliqov, "Farg'ona vodiysida xavfsiz harakatlanishni ta'minlash: muammo va yechimlar" mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. 23-24-feevral 2024, POLIKRISTALLARNI QUYOSH ELEKTRONIKASIDA QO'LLANILISHI, 967-971-betlar.