

YARIMO‘TGAZGICHLAR

O‘rinboyeva Kumushoy Sultonbek qizi

Andijon davlat pedagogika insituti
Informatika va aniq fanlar kafedrası o‘qituvchisi

Tojimirzayev Po‘latjon

Fizika va astronomiya yo‘nalishi 1-bosqich talabasi

ANNOTATSIYA

Yarimo‘tkazgichlar o‘tkazuvchanligi jihatidan dielektriklar va metallar orasidagi moddalar bo‘lib, o‘z fizik xususiyatlarini turli tashqi ta’sirlar (masalan yoritish, isitish va hokazo) natijasida keng intervalda o‘zgartira olish xususiyatiga ega. Yarimo‘tkazgichlar mikroelektronika va elektronikada juda keng qo‘llanilib, zamonaviy elektr jihozlarning deyarli hammasi - uyali aloqa telefonlaridan tortib to kompyuterlargacha barchasi yarimo‘tkazgichli texnologiyalarga asoslangan.

Kalit so‘zlar: Dielektrik, izolyator, electron, kovak.

Yarimo‘tkazgichlar — elektr tokini yaxshi o‘tkazuvchi moddalar (o‘tkazgichlar, asosan, metallar) va elektr tokini amalda o‘tkazmaydigan moddalar (dielektriklar) orasidagi joylashadigan moddalar. Mendeleyev davriy sistemasida II, III, IV, V va VI guruhlarda joylashgan ko‘pchilik elementlarning bir qator birikmalari yarimo‘tkazgichlar jumlasiga kiradi. Yarim o‘tkazgichlarda ham metallardagi kabi elektr o‘tkazuvchanlik elektronlarning harakati tufayli yuzaga keladi. Biroq elektronlarning harakatlanish sharoitlari Yarim o‘tkazgichlar va metallarda turlicha bo‘ladi. Yarim o‘tkazgichlar quyidagi asosiy xususiyatlarga ega: Yarim o‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligi temperatura ko‘tarilishi bilan ortib boradi (masalan: temperatura 1 K ga ortganda Yarim o‘tkazgichlarning solishtirma o‘tkazuvchanligi 16—17 marta ortadi); Yarim o‘tkazgichlarning elektr o‘tkazuvchanligida erkin elektronlardan tashqari atom bilan bog‘langan elektronlar ham ishtirok etadi (ba’zi hollarda bog‘langan elektronlar asosiy rol o‘ynaydi); sof Yarim o‘tkazgichlarga oz miqdorda qo‘shilma kiritib, uning o‘tkazuvchanligini keskin o‘zgartirish mumkin (masalan: 0,01% qo‘shilma kiritilganda Yarimo‘tkazgichlarning o‘tkazuvchanligi 10000 marta ortib ketadi).

Yarim o‘tkazgichlarning juda past temperaturada solishtirma qarshiligining juda katta bo‘lgan holati Izolyatorlar hisoblanadi. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasining ortib ketishining sababi yarimo‘tkazgichlarda temperaturaning ortib ketishi. Maasalan,

sof kremniyda 20° temperaturada erkin elektronlar konsentratsiyasi $\sim 10^{17} \text{m}^{-3}$ bo'lsa, 700° da 10^{24}m^{-3} gacha, ya'ni million martadan ko'proq ortadi. Yarim o'tkazgichlarda erkin elektronlar konsentratsiyasining temperaturaga bunday keskin bog'liqligi o'tkazuvchanlik elektronlari issiqlik harakati ta'sirida hosil bo'lishini ko'rsatadi. Yarimo'tkazgich kristallda atomlar valent elektronlari yordamida o'zaro bog'langan. Atomlarning issiqlik tebranishlari vaqtida issiqlik energiyasi valent elektronlar orasida notekis taqsimlanadi. Ayrim elektronlar o'z atomi bilan bog'lanishni uzib, kristallda erkin ko'chib yurish imkonini beradigan yetarli miqdordagi issiqlik energiyasiga ega bo'lib qolishi va erkin elektronlarga aylanishi mumkin.

Tashqi elektr maydon bo'lmaganda bu erkin elektronlar tartibsiz harakat qiladi. Elektr maydon ta'sirida esa maydonga qarshi yo'nalishda tartiblangan harakatga kelib, Yarimo'tkazgichda tok hosil qiladi. Erkin elektronlar yuzaga keltirgan o'tkazuvchanlik elektron yoki p tip o'tkazuvchanlik deb ataladi.

Bog'langan elektronning o'z atomini "tashlab ketishi" atomning elektr neytralligini buzadi. unda "ketib qolgan" elektron zaryadiga miqdoran teng musbat zaryad — teshik vujudga keladi. Tashqi elektr maydon bo'lmaganda elektronlar ham, teshiklar ham tartibsiz harakatlanadi, tashqi maydon bo'lganda esa elektronlar maydonga qarshi, teshiklar maydon bo'ylab ko'chadi. Teshiklarning ko'chishi bilan bogliq o'tkazuvchanlik teshikli yoki rtmp o'tkazuvchanlik deyiladi. Erkin elektronlar soni bilan teshiklar soni bir-biriga tengligi tushunarli. Aniklanishicha, ularning harakatlanish tezligi ham bir xil ekan. Demak, Ya.dagi tok ayni vaqtda ham elektron, ham teshikli o'tkazuvchanlikdan vujudga keladi. Bunday elektronteshikli o'tkazuvchanlik Yarim o'tkazgichlarning xususiy o'tkazuvchanligi deyiladi. Xususiy o'tkazuvchanlik sof Yarimo'tkazgichlarda kuzatiladi. Ba'zi qo'shilmalar Yarim o'tkazgichlarni erkin elektronlar bilan boyitsa, boshqa ba'zi qo'shilmalar teshiklar bilan boyitadi. Yarim o'tkazgichlarda yuzaga keladigan bunday o'tkazuvchanlik qo'shilmali o'tkazuvchanlik deb ataladi.

Agar asosiy Yarim o'tkazgichlar atomi o'rniga elementlar davriy sistemasida undan keyingi guruhda turgan element atomi kiritilsa, bu qo'shilma atomning bitta valent elektroni atomlararo bog'lanishda ishtirok etmaydi va erkin elektronlar safiga qo'shiladi, binobarin, itip o'tkazuvchanlik ortadi. Va, aksincha, undan oldingi o'rinda turgan element atomi kiritilsa, atomlararo to'la bog'lanishda 1 ta elektron yetishmaydi, teshik hosil bo'ladi. Bunda rtip o'tkazuvchanlik ortadi. Qo'shimcha birinchi holda donor (elektron beruvchi) qo'shilma, ikkinchi holda esa akseptor (elektron oluvchi) qo'shilma deb ataladi.

Shunday qilib, Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanligi xususiy va aralashmali o'tkazuvchanliklar yig'indisidan iborat bo'ladi. Yuqori tralarda xususiy o'tkazuvchanlik, past tralarda esa qo'shilmali o'tkazuvchanlik asosiy rol o'ynaydi.

Yarim o'tkazgichlar va dielektriklar fizikasi hozirgi zamon fizikasining eng asosiy qismi bo'lib, uning yutuqlari asosida asbobsozlik, radiotexnika va mikroelektronika sohaları rivojlanadi. Yarim o'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligi bo'yicha metallar bilan dielektriklar oralig'idagi moddalar guruhiga kiradi va $T=0$ da ularning valent zonasi elektronlar bilan band bo'lib taqiqlangan zonasining kengligi katta emas (1eV). Atom elektron buluti bilan o'ralgan yadrodan tashkil topgan. Yarim o'tkazgichlarga xona haroratidagi solishtirma elektr qarshiligi 10^{-5} dan 10^{10} om gacha bo'lgan moddalar kiradi (yarim o'tkazgichli texnikada 1 sm^3 hajmdagi materialning qarshiligini o'lchash qabul qilingan). Yarim o'tkazgichlar soni metall va dielektriklar sonidan ortiq, juda ko'p hollarda kremniy, arsenid galliy, selen, germaniy, tellur va har xil oksidlar, sulfidlar va karbidlar kabi yarimo'tkazgich materiallardan foydalaniladi. Yarim o'tkazgich materiallarining elektrofizik xususiyatlarini o'rganish asosida yangi fizik asboblari yaratish imkoniyati tug'iladi. Ayniqsa, qattiq jismlar fizikasining yarim o'tkazgichlar fizikasi qismini o'rganadigan materiallar asosida hozirgi zamon talablariga javob beradigan fizik asboblari va qurilmalar yaratiladi. Elementar yarim o'tkazgich bo'lgan kremniy va germaniy elementlaridan, shuningdek murakkab strukturali yarim o'tkazgichlar xususiyatlarini o'rganish, ularning tashqi ta'sir ostida xususiyatlari o'zgarishini kuzatish orqali ham kerakli xossalarga ega bo'lgan asboblari yaratish imkoniyati tug'iladi.

Ayniqsa, kremniy elementi kristallidan asbobsozlik va mikroelektronikada juda ko'p qo'llaniladi. Shuning uchun ham bu elementning elektrofizik, mexanik, optik va boshqa xususiyatlarini o'rganish katta ahamiyatga egadir. Tashqi ta'sir: nurlanish, bosim, deformatsiya va boshqa ta'sirlarda kremniyning xususiyatlari o'zgarishini o'rganish dolzarb muammodir.

Yarim o'tkazgich bo'lmish kremniyda erkin zaryad tashuvchilar (elektronlar va kovaklar) konsentratsiyasi (p, r), harakatchanlik (M_r, M_p) ni o'lchashning bir qancha usullari mavjud. U yoki bu usulning qo'llanilishi ularning metrologik tavsifiga, o'lchanayotgan kattaliklarni tushuntirish ma'lumotlarga boyligi, o'lchash usullarining fizik asoslari, namunaning elektrofizik xossalari, geometrik shakli va o'lchamlariga bog'liq. Bularning hammasi Xoll effektiga asoslangan usuldir. Bu usul bilan kremniy namunasi p_m, r_m ni o'lchashdan tashqari, elektr o'tkazuvchanligini ham aniqlash mumkin. Kremniy Si (Silicium) Mendeleev davriy sistemasidagi IV-gruppa elementi, atom nomeri 14, atom massasi 28,0856 bo'lib, metallmaslar guruhiga kiradi. Binobarin, uning yakka atomida 14 ta elektroni bo'lib, 10 tasi mustahkam ichki qobig'da 5 ta sathni to'ldirgan, qolgan 4 tasi ikkita tabiiy kremniy 3ta stabil izotopdan $^{28}_{14}\text{Si}$ (92,28 %), $^{29}_{14}\text{Si}$ (4,67 %), $^{30}_{14}\text{Si}$ (3,05%) va ikkita radiaktiv izotopi $^{27}_{14}\text{Si}$ (+, 4.9s), $^{31}_{14}\text{Si}$ (-, 170 min) dan iborat.

Elektron strukturasi – $1S^2 2S^2 2P^6 3S^2 3P^2$ ga teng.

Kremniy Si atomining kristalli kimyoviy radiusi 0,134 nm, Si^{+4} ionining radiusi 0,039 nm. Kremniy Si tomonlari markazlashgan kub fazoviy panjara shaklida kristallashadi va bu kubning panjara doimiysi $=0,54304$ nm. Kremniyning zichligi - $2,328 \text{ g/sm}^3$, erish temperaturasi 1415^0S , issiqlik sig'imi - $20,1\text{kJ/mol}\cdot\text{K}$, erish issiqligi- $49,8 \text{ J/m}\cdot\text{Mol}$, bug'lanish issiqligi -355 kJ/mol . Yarim o'tkazgichli kremniy kristallarni o'stirishda foydalaniladigan ba'zi bir muhim usullari ustida qisqacha to'xtab o'tamiz. Dastlab toza kremniyni uning birikmalaridan ajratib olish kerak. Buning bir necha usullari mavjud. Kremniy tetroxloridi $SiCl_4$ ni yuqori haroratda Zn yordamida tiklash yo'li bilan undan ancha toza kremniy Si ajratib olish mumkin:
 $SiCl_4(\text{gaz}) + 2Zn(\text{gaz}) \rightarrow Si(\text{qattiq}) + 2ZnCl_2(\text{gaz})$

Kremniy tetroxloridi $SiCl_4$ ni vodorod yordamida tiklash oldingi usulga nisbatan yana ham toza kremniy olish imkonini beradi. Bu reaksiya $1050^0 \text{ S} - 1100^0 \text{ S}$ da amalga oshadi. $SiCl_4 + 2N_2Si + 3NCl_3 \rightarrow 3Si + 4NCl_3$ Trixlorosilan $Si NCl_3$ ni vodorod yordamida tiklash usuli ham yuqori haroratda ($1000-1100^0 \text{ S}$) kechadi.



Kremniy ajratib olishning bu usullari yetarli darajadagi tozalik-ni bera olmaydi, unda ko'pdan ko'p va xilma-xil kirishmalar qoladi.

Yarim o'tkazgichli materialni parallellopid shaklida qirqib olinadi va uning sirtiga qo'yilgan elektrodlar orqali o'zgarmas tok o'tkaziladi. Buning natijasida yarim o'tkazgich ichida zaryadli zarralarning tartibli harakati yuz beradi. Tok o'tayotgan sirtlarga perpendikulyar yo'nalishda o'zgarmas magnit maydoni qo'yiladi va har xil ishorali zaryadli zarralar ushbu maydon ta'sirida o'z harakat yo'nalishlarini o'zgartiradi. Natijada parallellopid shaklidagi yarim o'tkazgichning qarama-qarshi sirtlarida musbat va manfiy ishorali zaryadli zarralar yig'ilib qoladi va bu sirtlar orasida potentsiallar farqi yuzaga keladi. Bizga ma'lumki, o'zgarmas magnit maydonida harakat qilayotgan zaryadli zarrachaga maydon Lorens kuchi bilan ta'sir etadi:
 $\vec{V} \cdot \vec{H} \quad (1.17)$

yoki

$$\vec{V} \cdot \vec{H} \sin \alpha \quad (1.18)$$

agar $\alpha=90^0$ bo'lsa

$$\vec{V} \cdot \vec{H} \quad (1.19)$$

Bu kuch ta'sirida zaryadlar harakat yo'nalishini o'zgartiradilar va kuchlanganilgi Y_{e_x} bo'lgan ko'ndalang elektr maydoni hosil qiladi. Bu maydon ham zaryadli zarraga x kuch bilan ta'sir etadi:

$$F_x = q \cdot Y_{e_x} \quad (1.20)$$

Lorens kuchi va elektr maydoni hosil qilgan F_x kuchlar o'zaro tenglashguncha zaryadli zarrachalarning burilishi davom etadi. Bu kuchlar o'zaro tenglashgach tok tashuvchilar burilmay qoladi, ya'ni :

$$Ye_x \cdot q = q \cdot V \cdot H \quad (1.21)$$

Shunday holatda A va V sirtlar o'rtasida potentsiallar farqi yuzaga keladi:

$$U_x = E_x \cdot d = V \cdot H \cdot d \quad (1.22)$$

Bu yerda, d- material qalinligi.

Bizga ma'lumki, elektronlarning V - tezligi, tok zichligi - j bilan yozsak bo'ladi:

$$V = \dots \quad (1.23)$$

bundan:

$$U_x = \dots \quad (1.24)$$

Bu yerda R= - Xoll koeffitsiyenti deyiladi.

Elektron o'tkazuvchanlikka ega bo'lgan yarim o'tkazgich uchun:
(1.25)

yoki

$$\dots \quad (1.26)$$

Agar tok tashuvchilar musbat teshikchalar bo'lsa:

$$\dots \quad (1.27)$$

Shunday qilib, Xoll effektini bilgan xolda tok tashuvchilar konsentratsiyasi p ni va uning ishorasini bilib olish mumkin.

$$\dots \quad (1.28)$$

Xoll koeffitsiyenti orqali tok tashuvchilarning harakatchanligini ham aniqlash mumkin:
(1.29)

Yarim o'tkazgichlar kattaliklarini o'lchash paytida olinadigan natijalar xatoligi kam bo'lishi uchun yarim o'tkazgichga qo'yilgan o'zgarmas magnit maydonining qiymati juda katta bo'lishi lozim. Aks holda, zaryadli zarrachalarning magnit maydonda burilishi juda kam bo'ladi va hosil bo'ladigan potentsiallar farqini o'lchashda qiyinchiliklar yuzaga keladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI: (REFERENCES)

1. Kiselyov V. F. Poverxnostnie yavleniya v poluprovodnikax i dielektrikax. — M., Nauka, 1970. — Tiraj 7800 ekz. — 399 s.
2. Anaticuk L. I., Bulat L. P. Poluprovodniki v ekstremalnih temperaturnix usloviyax. — SPb., Nauka, 2001. — Tiraj 1500 ekz. — 223 s.
3. Xenney I. B. Poluprovodniki. — M.: Inostrannaya literatura, 1962. — 668 s.
4. Smit R. Poluprovodniki. — M.: Inostrannaya literatura, 1962. — 467 s.