

TOSHKENT IRRIGATSIYA VA MELIORATSIYA INSTITUTI BUXORO FILIALI

**Mavzu: Zonalar nazariyasiga ko'ra metallar,
dielektriklar va yarimo'tkazgichlar.**

REFERAT

Bajardi: Atoyev M

Tekshirdi: Yo'ldoshev A

Buxoro 2014

Mavzu :Zonalar nazariyasiga ko'ra metallar, dielektriklar va yarimo'tkazgichlar.

Kattik jismlar zonalar nazariyasi bir xil nuqtai nazardan metall, yarim o'tkazgich va diElektriklarni mavjudligini, ularni Elektr utkazuvchanlik xususiyatlarini turli xilligi, avvalambor; ularni ruxsat kilingan zonalarining Elektronlar bilan bir xil

tuldirilmasligi va kolaversa takiklangan zonaning kengligi turlichaligi bilan tushintiriladi.

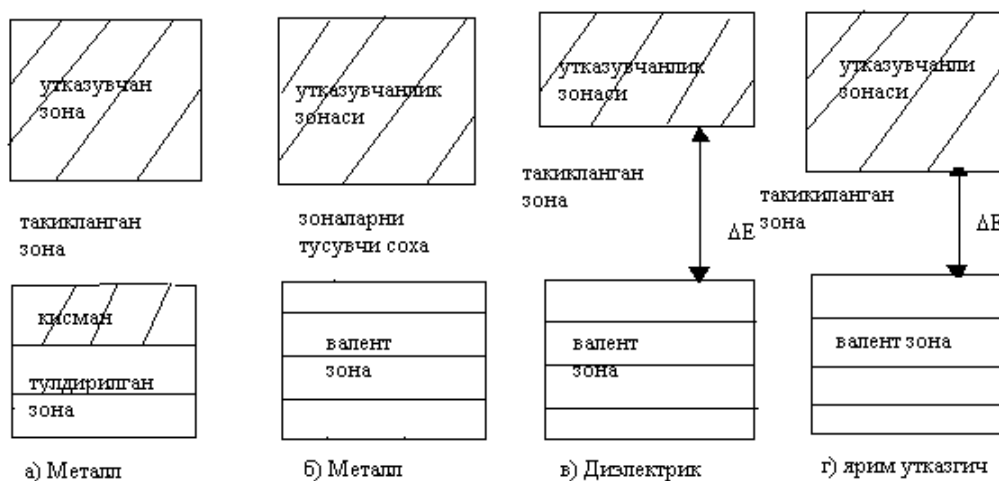
Zonadagi energetik satxlarni Elektronlar bilan tuldirilish darajasi atom Elektron kobigini tuldirilishi bilan belgilanadi. Masalan: Atomning biror kobigi Pauli prinsipi asosida Elektronlar bilan tulik egallangan bo'lsin, u holda undan hosil bo'lgan zona xam Elektronlar bilan to'la egallangan bo'ladi. Elektronlar bilan egallanmagan satxlardan qisman egallangan energetik satxlar hosil bo'ladi. Umumiy holda eletronlar bilan to'la tuldirilgan valent zona va eletronlardan holi yoki Elektronlar bilan qisman tuldirilgan utkazuvchanlik (erkin zona) zonasi

haqida gapirish mumkin. Valent zona erkin atomni ichki kobigiga tegishli

energetik satxlar Elektronlaridan, utkazuvchanlik zonasi esa, atomni

tashqi kobigiga tegishli energetik satxlar "kollektivlashgan" Elektronlardan tashqil topgan bo'ladi.

Zonalarni Elektronlar bilan tuldirilish darajasiga va takiklangan zona kengligiga qarab 4 ta hol beradi.



Ular rasmda keltirilgan. a-rasmda biror moddani Elektronlar bilan qisman tuldirilgan zonasi kursatilgan bo'lib, unda vakant satxlar mavjud. Bunday holda Elektron juda xam kichik "kushimcha" energiya (Issiqlik harakati, Elektr maydon va boshqalar hisobiga) olib shu zonaning ancha yuqoriroq energetik satxiga utishi mumkin, ya'ni erkin bo'lishi va utkazuvchanlikda ishtiroq qilishi mumkin. Zonalar ichida Elektronlarni yuqoriroq satxga utishi yoki aksincha bo'lishi energetik nuqtai nazardan amalga oshishi oson. Chunki 1k haroratga to'g'ri keluvchi Issiqlik

harakat energiyasi $kT=10^{-4}$ eV. Zonadagi kushni satxlar energiyalari farq (10^{-22} eV)dan nixoyatda katta. Demak agar kattik jismda Elektronlar bilan qisman tuldirilgan zona mavjud bo'lsa, bu modda Elektr toqi utkazuvchi bo'ladi (Metallarni bir guruxida xuddi shunday bo'ladi).

Agar, valent zona utkazuvchanlik zonasi (erkin zona)dan qisman tusilgan soxa bilan ajralgan bo'lganda (b-rasm) xam kattik jism Elektr toqini utkazuvchi bo'ladi. Bunday hol Mendeleev davriy sistemasini ikkinchi gurux elementlari bo'lgan *Be*, *Mg*, *Ca*,.... ishkoriy yer elementlarida urinli bo'ladi.

Elektronlarni zonalar buyicha shunday taksimoti xam bo'lishi mumkinki, bunday holda 2 ta qisman tuldirilgan zonalar urniga kristalda bitta to'la tuldirilgan (valent) zona va bitta erkin zona (utkazuvchanlik zonasi) ular orasida ta'kiklangan zona bo'lishi mumkin. (v-g-rasm). Ta'kiklangan zonaning kengligi ? Ye ga qarab, Elektron holatlarini energetik spektori faqat valent zona va utkazuvchanlik zonasidan iborat kattik jismlar diElektrik yoki yarim o'tkazgich bo'ladi. (v-g-rasm).

Agar kristalni ta'kiklangan zonasi kengligi ingichka (? $Ye < 1$ eV) bo'lsa, Issiqlik energiyasi yoki boshqa biror turtki Elektronlarni valent zonada utkazuvchanlik zonasiga oson utkazishi mumkin bo'ladigan kristallar yarim o'tkazgichlar hisoblanadi. (g-rasm). Agar, kristalni ta'kiklangan zona kengligi bir necha eV bo'lsa, Elektronlarni valent zonadan utkazuvchanlik zonasiga utkazish mushkul bo'ladi, unday kristallar diElektriklar deyiladi.(v-rasm).

Zonalar nazariyasiga ko'ra metallar bilan diElektriklar orasidagi farq shundan iboratki, 0^{oq} haroratda metalni utkazuvchanlik zonasida Elektronlar mavjud bo'lsa, diElektrikni utkazuvchanlik zonasida Elektron mavjud bo'lmaydi. DiElektrik bilan yarim o'tkazgich orasidagi farq ta'kiklangan zona kengligi ? Ye bilan belgilanadi holos. 0^{oq} haroratda yarim o'tkazgich uzini Elektr xususiyati jixatidan diElektrik kabi tutadi, chunki bunda Elektron valent zonadan utkazuvchanlik zonasiga hech xam uta olmaydi.

5.Yarim o'tkazgichlarni xususiy utkazuvchanligi

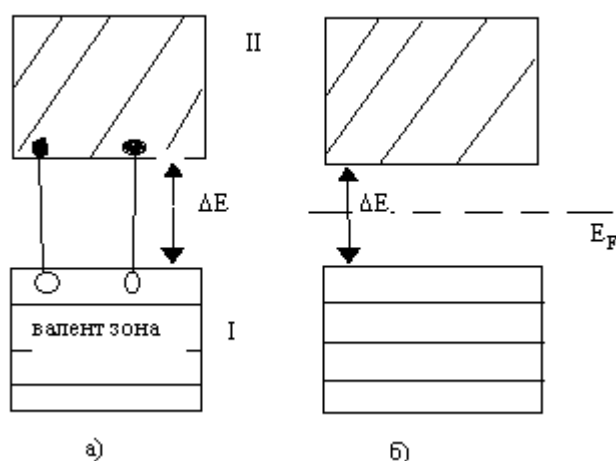
Zonalar nazariyasiga ko'ra $T=0^{oq}$ haroratda valent zonasi Elektronlar bilan butkul tulgan va u utkazuvchanlik zonasidan kengligi 1 eV dan kam ta'kiklangan zonaga ega moddalar yarim o'tkazgichlar hisoblanadi. Ularning Elektr utkazuvchanligi metall bilan diElektriklar oraligini egallaganidan yarim o'tkazgichlar nomi olgan.

Mendeleev davriy sistemasidagi IV,V va VI gurux elementlari *Si*,*Ge*, *As*, *Se*, *Ti* va xakazolar, tabiatda tarqalgan yarim o'tkazgichlar hisoblanadi. Shu kabi turli gurux elementlarini oqsidlari, sulfidlari, selenidlari va kotishmalari yarimo'tkazgichlar sanaladi. Yarim o'tkazgichlar 2 xil bo'ladi: xususiy va aralashmali. Ximiyaviy yarim o'tkazgichlar xususiy yarim o'tkazgichlar ularning utkaziuvchanligi xususiy utkazuvchanlik deyiladi. Xususiy yarim o'tkazgichlarni tipik vakili sifatida *Ge*, *Se*,

Si... sof yarim o'tkazgichlarni va *CdS*, *InSb*, *GaAs* va boshqa kupgina ximiyaviy birikmalarni kursatish mumkin.

6.Xususiy yarim o'tkazgich Issiqlikni yoki boshqa tashqi ta'sirlar natijasida *I* - valent zonaning yuqori satxlaridagi Elektronlari *II* - utkazuvchanlik zonasining past satxlariga utkazilishi mumkin. (a-rasm). Natijada Valent zonada teshiklar va utkazuvchanlik zonasida Elektron hosil bo'ladi.

Yarim o'tkazgichda Elektr maydoni hosil kilinsa Elektronlar maydon yunalishiga karama-karshi tamonga teshiklar maydon yunalishida harakat qilib toq hosil bo'ladi. Shunday qilib xususiy yarim o'tkazgichda Elektr toqini Elektron va teshiklar hosil kilar ekan. Teshiklar bu valent zonada urni bush kolgan Elektronlar urni bo'lib, zaryadli Elektron zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryadli effektiv zarrachalardir.



Shunday qilib, xususiy yarim o'tkazgichda Elektron sababchi bo'lgan utkazuvchanlikka Elektron utkazuvchanlik yoki *n* - tip utkazuvchanlik deyiladi. Teshiklar sababchi bo'lgan utkazuvchanlikka teshikli utkazuvchanlik yoki *p* - tip utkazuvchanlik deyiladi.

Demak barcha yarim o'tkazgichlarda utkazuvchanlikning 2 la mexanizmi xam kuzatilib, ular Elektron va teshik, *n* - tip va *r* - tip utkazuvchanlikdir. Sof yarim o'tkazgichning utkazuvchanlik zonasidagi Elektronlar konsentratsiyasi valent zonadagi teshiklar konsentratsiyasiga teng bo'ladi. Chunki utkazuvchanlik zonasidagi Elektronlar tashqi faktor ta'sirida valent zonasidan utkaziladi, shuning uchun $n_e = n_r$ bunda n_e -Elektronlar konsentratsiyasi, n_r -teshiklar konsentratsiyasi.

Xususiy yarim o'tkazgichda Fermi satxi ta'kiklangan zonaning roppa-rosa o'rtasida joylashgan bo'ladi. (b-rasm) Xakikatan, Elektronni valent zonasining yuqorigi satxidan utkazuvchanlik zonasining pastki satxiga utkazish uchun aktivlash energiyasi sarflanib, u ta'kiklangan zona kengligi ? Ye ga teng. Utkazuvchanlik zonasida Elektron paydo bo'lganda, valent zonada teshik hosil bo'ladi. U vaktda toq tashuvchilar juftini hosil qilish uchun sarflangan energiyani

teng 2 ga bo'lish kerak. Chunki bu energiyaning yarmi Elektronni utkazuvchanlik zonasiga utkazishga kolgan yarmi esa teshik hosil bo'lishga sarflanadi. Shuning uchun bu jarayenning har biri uchun hisob boshini ta'kiklangan zona o'rtasida olish shart. Sof yarim o'tkazgichdagi Fermi energiyasi Elektron va teshiklarni uygonishi boshlanadigan energiyasini bildiradi. Absolyut nol kelvinda xam Elektron va teshik bu energiyaga ega bo'la oladi. (energiyasi nol bo'lmaydi).

Xarorat oshishi bilan utkazuvchanlikni oshishini zonalar nazariyasi quyidagicha tushuntiradi: harorat kutarilishi bilan valent zonadagi Elektronlarning Issiqlik energiyasi oshib, utkazuvchanlik zonasiga utgan Elektronlar soni kupayadi va ular Elektr utkazuvchanlikda ishtiroq qiladilar. Shuning uchun harorat kutarilganda sof yarim o'tkazgichni utkazuvchanligi oshadi.

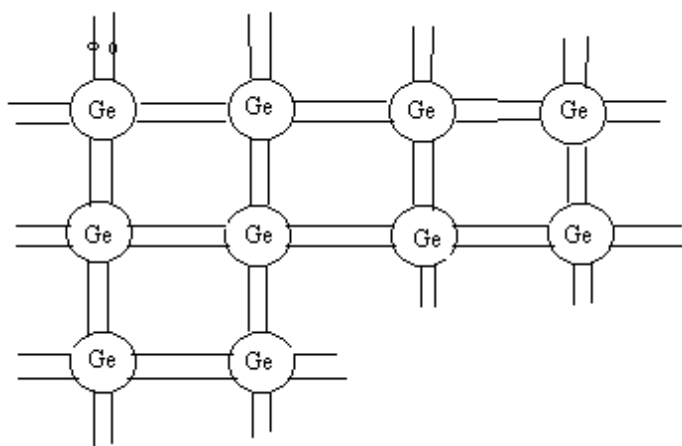
Tajriba natijalariga ko'ra xona haroratidagi sof kremniydagi Elektronlar konsentratsiyasi $\sim 10^{17} \text{ m}^{-3}$ solishtirma karshiligi esa 10^3 Om m teng bo'lsa, 700°S haroratda Elektronlar konsentratsiyasi 10^{24} m^{-3} va solishtirma karshiligi 0.001 Om m gacha kamayadi. Demak, utkazuvchanlik million marta oshar ekan.

Yetarlicha keng tarqalgan yarim o'tkazgich *Ge* (germaniy) elementi hisoblanadi. Mendeleev davriy sistemasida germaniyning tartib nomeri $Z=32$ bo'lib, atom yadrosi zaryadi $k_2=+32e$ ga teng. Demak neytral germaniy atomida 32 ta Elektron mavjud. Ammo, shulardan 4 tasi yadrosi bilan sust boglangan. Shu sust boglangan 4 ta Elektron valent Elektron hisoblanadi va ximiyaviy reaksiyalarda ishtiroq qiladi. Kolgan 28 ta Elektron yadrosi bilan birgalikda $+32e-28e=+4e$ zaryad bilan atom skletini tashqil qiladi. Sklet atrofida 4 ta valent Elektron doimiy harakatda bo'lib, manfiy zaryadlangan "bo'lut"ni hosil qiladi. Germaniy almaz tipidagi kristall panjaraga ega.

Uning panjarasidagi har bir atom uz yakinidagi 4 ta kushnisi bilan uralgan bo'ladi. Xar bir atom 4 ta kushni atom bilan Elektron-juftlar bilan yoki kovalent boglanishga ega.

2-rasmda juda past haroratdagi sof germaniyni yassi strukturaviy tuzilish kursatilgan. Rasmdagi qora nuqtalar Elektronlardir. Rasmdan kurinib turibdiki bu holda barcha Elektronlar atomlar orasidagi boglanishda ishtiroq qiladilar. Shuning uchun Elektr utkazuvchanlikda ishtiroq kilmaydilar. Zonalar nazariyasiga ko'ra bu hol barcha Elektronlarni valent zonasida mujassamlashgan holatiga

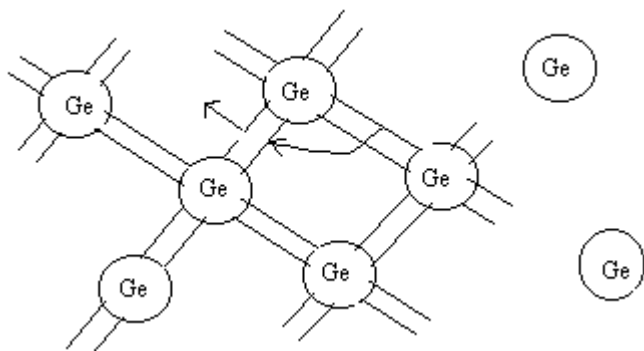
uxshatish mumkin.



2-rasm.

Kristall harorati osha borishi bilan panjaralarni Issiqlik tebranma harakati tufayli yuzaga kelgan fanonlarni energiyasi yetarlilari valent boglanishlari ba'zilarini uzadilar. Oqibatda valent boglanishda ishtiroq kiluvchi ba'zi Elektronlar ajralib, kristall xajmi buylab erkin harakatlanadilar va utkazuvchanlikda ishtiroq qiladilar.(3-rasm).

Bu holni zonalar nazariyasida valent zonadagi Elektronlarni utkazuvchanlik zonasiga utishiga uxshatish mumkin. Valent boglanishda ishtiroq qilib borgan uzilgan Elektronlar urnida vakant urin bushlik hosil bo'ladi. Boglovchi Elektronlar urnida hosil bo'lgan (3-rasm).



3 – rasm.

Bush urinlarga "teshik"lar deb nom berilgan. Bu teshik urnini boshqa Elektron egallashi mumkin. (-rasm).

Natijada bu yerda normal boglanish karor topadi. Lyokin keyingi Elektron urnida teshik paydo bo'ladi va xakazo.

Bu jarayen zonalar nazariyasida valent zonada teshik hosil bo'lishiga ekvivalentdir.

Demak absolyut nol haroratdan boshqa haroratda kristalda Elektron va teshiklarning xattik harakati mavjud bo'ladi. Agar bunday kristalda Elektr maydon hosil kilinsa, Elektr toqini utkazishda Elektronlardan tashkari teshiklar xam ishtiroq qiladilar (aslida boglanish Elektronlari maydon yunalishida harakat qiladilar. Bu harakatni maydonga karama-karshi yunalishda harakatlanuvchi teshik deb kabo'li kilingan).

7.Yarim o'tkazgichlarning aralashmali utkazuvchanligi

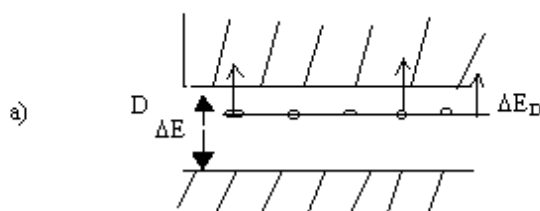
Sof yarim o'tkazgichga boshqa element atomlari kiritilishi yoki sof yarim o'tkazgich kristali ustirilayetganda shu elementni ortiqcha atomi yoki kam atomi hosil bo'lishi yoki mexaniq ta'sirlar natijasida darzlar yoki disloqatsiyalarni yuzaga kelishi aralashmali yarimo'tkazgichni yuzaga keltiradi. Aralashmalar sabab bo'lgan yarim o'tkazgichlar utkazuvchanligiga aralashmali utkazuvchanlik deyiladi.

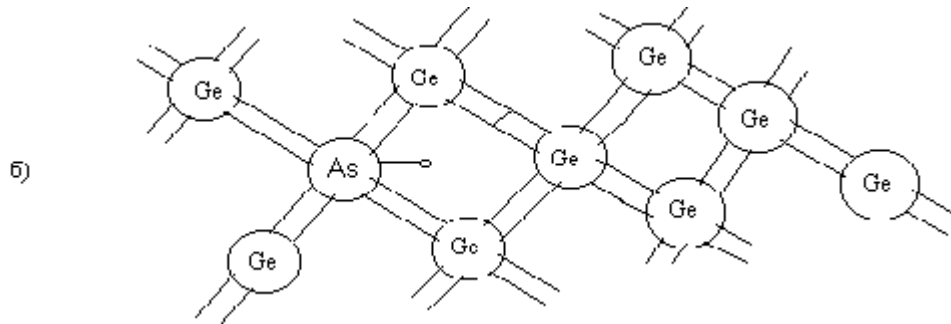
Aralashmali yarim o'tkazgichning Elektr utkazvchanligi keskin uzgaradi. Masalan: kremniyga 0.001 atom foiz fosfor kiritilsa, xona tempiraturasidagi karshiligi sof kremniynikidan 100.000 marta kam bo'ladi. Shunga uxshash agar, kremniyga 0,001 atom % bor kiritilsa uning utkazuvchanligi sof kremniynikiga nisbatan 1000 marta oshadi.

Yarim o'tkazgichlarning aralashmali utkazuvchanligini ular atomlarining kovalent boglanishi va zonalar nazariyasi asosida qarab chikamiz.

Sof yarim o'tkazgichga boshqa element atomlari kiritilib hosil kilingan aralashmali yarim o'tkazgichlarnigina urganamiz. Aytaylik 4 valentli Ge atomi 5 valentli As atomi bilan almashtirilgan bo'lsin. (Sof Ge kristaliga juda oz miqdorda As atomlari kiritilgan bo'lsin) (b-rasm).

Bunda mishyak atomi (As) 4 ta kushni Ge atomi bilan kovalent boglanishda ishtiroq etib 1 ta Elektroni kovalent bogda ishtiroq kila olmay, ortiqcha bo'lib koladi va kristall panjarani Issiqlik tebranishlarida juda oson ajraladi va kristall ichida xaotik harakatlanuvchi erkin Elektronga aylanadi. (a-rasm). Bunda atomlar orasidagi kovalent boglanish buzilmaydi, demak teshik hosil bo'lmaydi.





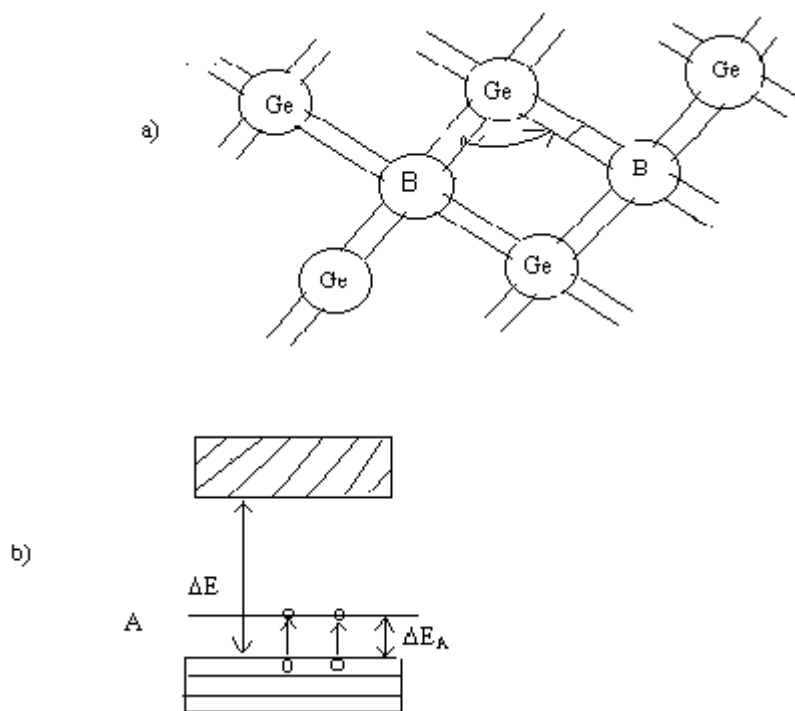
Aralashmali atom - As atomi yakindagi hosil bo'lgan musbat zaryad mişyak atomiga boglangan bo'ladi va panjara buylab kucha olmaydi.

8. Endi bu jarayenni zonalar nazariyasi nuqtai nazaridan qarab chikamiz. Sof yarim o'tkazgichga kiritilgan begona atom panjara maydonini sezilarli uzgartiradi, ya'ni ta'kiklangan zonada mişyakni valet Elektronlari D energetik satx paydo bo'ladi (a-rasm). U satxga aralashmali satx deyiladi. Bizning misolda aralashmali satx utkazuvchanlik zonasi tubidan $E=0.015 \text{ eV}$ pastda joylashadi. Aralashmali satx kengligi ta'kiklangan zona kengligidan juda (100 marta) kichik ? $Y_{eD} < < ?$ Y_e ekanligidan odatdagi haroratlarda panjarani Issiqlik harakat energiyasi aralashmali satxdagi Elektronlarni osonlikcha utkazuvchanlik zonasida irgitadi. Xosil bo'lgan teshiklar tugunda joylashgan mişyak atomi yakinda maxalliyashadi va utkazuvchanlikda ishtiroq kilmaydi.

Shunday qilib 4 valentli atomdan tashqil topgan kristalga 5 valentli atom kiritilib hosil kilingan aralashmali yarim o'tkazgichda toq tashuvchilar Elektronlar bo'lib, unga Elektronli aralashmali utkazuvchanlik yoki n - tip utkazuvchanlik deyiladi. Elektronlar manbai bo'lgan aralashma (bizni misolda As) ga donor deyiladi. Aralashma hosil kilgan energetik satxga donor satx deyiladi. Elektronli utkazuvchanlikka ega aralashmali yarim o'tkazgichga Elektronli yoki n - tip yarim o'tkazgich deyiladi.

Endi 4 valentli Ge atomi 3 valentli V (bor) atomi bilan almashtirilgan holni ko'rib chikamiz. (Sof Ge kristaliga juda oz miqdorda V atomlari kiritilgan bo'lsin) (5-rasm).

Bor atomi yakindagi 4 ta kushni Ge atomi bilan kavolent boglanishi uchun bitta Elektroni yetishmaydi, Bir bog bush koladi va asosiy element atomini bir Elektronini tortib oladi. Bu Elektronni urnida teshik teshik hosil bo'ladi. Bu teshik urnini boshqa Elektron egallashi mumkin.



5 – rasm.

Yarim o'tkazgichdagi Elektronni harakati kristall buylab, teshikni harakatiga teng kuchli (ekvivalent) bo'ladi. Demak, bunda teshik maxalliylashmaydi, balki germaniy panjarasi buylab erkin musbat zaryadli zar-rachalar kabi kuchib yuradi. Bor atomi (aralashma atomi) yaqinida paydo bo'lgan manfiy zaryad aralashma (bor) atomi bilan boglangan bo'ladi. U panjaradan kucha olmaydi, demak, toq tashishda ishtiroq kilmaydi.

Endi bu jarayenni zonalar nazariyasi nuqtai nazaridan qarab chikamiz. Germaniy panjarasiga 3 valentli aralashma kiritilganda ta'kiklangan zonada Elektronlar bilan egallangan A - aralashmali energetik satx hosil bo'ladi b-rasm. Germaniyga bor kiritilgan holda bu satx valent zona ustida, aniqrog'i valent zonaning ustki chegarasidan taxminan 0.1 eV yuqorida joylashadi.

Bu A aralashmali satx valent zonaga juda yaqin joylashganidan kristalni nisbatan past haroratlarida xam valent zonadagi Elektronlar aralashmali satxga oson utadilar va bor atomi bilan boglanib germaniyni panjarasi buylab kuchishda ishtiroq kilmaydilar, toq tashishda xam ishtiroq kilmaydilar. Demak, toq tashishda valent zonada hosil bo'lgan teshiklarga ishtiroq qiladilar.

Shunday qilib 4 valentli atomdan tashqil topgan kristalga 3 valentli atom kiritilib hosil kilingan aralashmali yarim o'tkazgichda toq tashuvchilar teshiklar bo'lib, unga teshikli aralashmali utkazuvchanlik yoki r - tip utkazuvchanlik deyiladi. Bunday utkazuvchanlikka ega yarim o'tkazgichga teshikli yoki r - tip yarim o'tkazgich deyiladi. Yarim o'tkazgichni Valent zonasidan Elektronlar tortib

oluvchi aralashmaga akseptorlar, ularni energetik satxiga akseptor satxlar deyiladi.
(A)

Shunday qilib, xususiy yarim o'tkazgichlarda Elektr toqini Elektron va teshiklar tashisalar, aralashmali yarim o'tkazgichlarda Elektronlar (n - tip yarim o'tkazgichlarda) yoki teshiklar (r - tip yarim o'tkazgichlarda) tashiydilar. Bu toq tashuvchilar asosiy toq tashuvchilar deyiladi. Aralashmali yarim o'tkazgichlarda asosiy toq tashuvchilardan tashkari asosiy bo'lmagan toq tashuvchilar xam bo'ladi. Ya'ni n - tip yarim utkazuvchilarda teshiklar va R -tip yarim o'tkazgichlarda Elektronlar xam asosiy toq tashuvchi zarracha hisoblanadi. Teshik va Elektronlar bir xilda ishtiroq kiluvchi utkazuvchanlik