

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
NAMANGAN DAVLAT UNIVERSITETI

FIZIKA-MATEMATIKA FAKULTETI
FIZIKA YO'NALISHI

401-GURUX TALABASI
G'ANIYEVA AZIZANING

“ELEKTROTEXNIKA ASOSLARI”
FANIDAN

KURS ISHI

MAVZU: YARIM O'TKAZGICHLI ASBOBLAR

MAVZU: YARIM O'TKAZGICHLI ASBOBLAR

R E J A:

Kirish

Asosiy qism:

I.bob. Yarim o'tkazgichlar to'g'risida asosiy tushunchalar

1.1 Elektrovakuum asboblari. Anod tokini boshqarish.

1.2 Yarim o'tkazgichli materiallar kimyoviy element sifatida.

Kimyo'viy bog'lanishlar, kovalent bog'lanish.

1.3 Sof va aralashmali o'tkazuvchanlik. Donor aralashmalar.

Akseptor aralashmalar.

II.bob. Yarim o'tkazgichli asboblari

2.1 Yarim o'tkazgichli diod. Stabilitronlar

2.2. Tunnel diodlar . Aylantirilgan diodlar

2.3. Varikap. Fotodiodlar

Xulosa.

Foydalanilgan adaboyitlar.

Kirish

Elektronikaning rivojlanishiga elektrovakuum asboblarning paydo bo'lishiga asos bo'ldi. Ko'pchilik elektrovakuum asboblarning ishlashi termoelektron emissiyaga, ya'ni vakuumda qizdirilgan metallardan elektronlarning uchib chiqishiga asoslanadi.

Elektrovakuum asboblarning eng soddasi, - ichiga ikki elektrod (anod va katod) joylashtirilgan, havosi so'rib olingan shisha balon – elektrovakuum diod hisoblanadi. Agar diodning anodini tashqi manbaning musbat qutbiga, katodni esa manfiy qutbiga ulasak, lampadan anod toki I_a o'tadi.

E.YU.K. E_a o'zgaras bo'lsa, lampadagi tok katodning qizdirilish darajasiga va anod bilan katod orasidagi kuchlanish U_a ga bog'liq bo'ladi. $I_a=f(U_a)$ bog'lanish diodning anod xarakteristikasi deyiladi.

Kuchlanish U_a teskari qutblanishda ulansa tok nolga teng bo'ladi. Bunga sabab manfiy zaryadlangan anodning elektronlarni o'zidan uzoqlashtirishidir. Elektron lampaning tokni faqat bir yo'nalishda o'tkazish xususiyatidan o'zgaruvchan tokni o'zgaras tokka aylantirishda foydalaniladi. Ikki elektrodli elektrovakuum asbobda tokning bir yo'nalishda o'tishini ta'minlovchi elektron jarayonlar yarim o'tkazgichlarda ham kuzatiladi.

I.bob. Yarim o'tkazgichlar to'g'risida asosiy tushunchalar

1.1 Elektrovakuum asboblari. Anod tokini boshqarish.

Qattiq jism o'zlarining elektr o'tkazuvchanlik xususiyatiga ko'ra o'tkazgichlar, dielektriklar va yarim o'tkazgichlarga ajratiladi.

O'tkazgichlar guruhiga metallar va elektr o'tkazuvchanligi $10^5 - 10^6 \text{ Om} \cdot \text{m}^{-1}$ bo'lgan materiallar kiradi.

Elektr o'tkazuvchanligi $10^{-10} - 10^{-15} \text{ Om} \cdot \text{m}^{-1}$ tarkibida bo'lgan jismlar dielektriklar yoki izolyatorlar guruhini tashkil etadi. Yarim o'tkazgichlar guruhiga esa, elektr o'tkazuvchanligi $10^{-5} - 10^{-10} \text{ Om} \cdot \text{m}^{-1}$ bo'lgan barcha materiallar kiradi.

Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanlik xususiyati metallarnikidan sifat jihatidan farq qiladi. Ular quyidagilar:

Oz miqdordagi aralashmaning o'tkazuvchanlikka kuchli ta'sir etishi;

O'tkazuvchanlik xarakteri va darajasining temperaturaga bog'liqligi;

O'tkazuvchanlikning tashqi kuchlanishga kuchli bog'liqligi;

Demak, yarim o'tkazgichlar elektr o'tkazuvchanligi qiymat jihatidan metallar bilan dielektrik elektr o'tkazuvchanligining oraligiga to'g'ri keladigan moddalar ekan.

Yarim o'tkazgich materiallarga kimyoviy elementlarga germaniy, kremniy, kimyoviy birikmalar –metall oksidlari, (oksidlar), oltingugurt birikmalari (sulfidlar), selen birikmalari (selenidlar) va boshqalar misol bo'la oladi. Biz shulardan sof yarim o'tkazgich material – germaniy (yoki kremniy) ning ayrim xususiyatlari bilan tanishib chiqamiz. Germaniy sirtqi elektron qobig'ida 4 ta valent elektron bor. Bu elektronlar qo'shni atomlarning har biri bir-biriga **kovalent bog'lanish** deb ataladigan juft elektronli bog'lanish tufayli o'zaro ta'sir ko'rsatadi. Bu bog'lanishni hosil bo'lishida har bir atomdan bittadan valentlik

elektroni qatnashadi, bu elektronlar atomdan ajralib chiqib, kristallda mushtarak bo'lib qoladi va o'z harakatida ko'proq vaqt qo'shni atomlar orasidagi fazoda yuradi. Ularning manfiy zaryadi germaniyni musbat ionlarini bir-biri yaqinida tutib turadi.

1.2 Yarim o'tkazgichli materiallar kimyoviy element sifatida.

Kimyo'viy bog'lanishlar, kovalent bog'lanish.

Germaniyni juft elektronli bog'lanishlari ancha mustahkam bo'lib, past haroratlarda uzilmaydi. Shuning uchun past haroratda germaniy elektr tokini o'tkazmaydi.

Faraz qilaylik, kimyoviy sof germaniy kristalli yetarli energiyaga ega bo'lgan zarralar bilan bombardimon qilinayotgan bo'lsin. Bu holda bog'lanish energiyasidan katta energiya olgan elektronlar bog'lanishni uzib, erkin elektronga aylanadi va o'z o'rnidan uzoqlashadi. Bunda atomning elektr jihatdan neytralligi buziladi va zaryadi elektronning zaryadiga teng bo'lgan musbat zaryad ortiq bo'lib qoladi. Bog'lanishdan chiqqan elektron bir vaqtda ikki atomga tegishli bo'ladi. Shuning uchun bir vaqtda ikki atomning qisman ionlanishi vujudga keladi. Bunda hosil bo'ladigan musbat zaryad bog'lanishda elektron etishmasligini – bog'lanish etishmovchiligi (defekti)ni ko'rsatadi. Uni **kavak** deb ataladi.

Kavak- vakant (bo'sh) o'rin bog'lanishdagi qo'shni elektron yoki ozod bo'lgan erkin elektron bilan toldirilishi mumkin. Agar u erkin elektron hisobiga to'ldirilsa, atomning elektr neytralligi tiklanadi. Bu jarayon **rekombinasiya** deb ataladi. Agar kavak qo'shni bog'lanishdagi elektronning siljishi hisobiga to'lsa, ko'chish o'rnida yangi kavak vujudga keladi.

Umuman olganda bogʻlanishdagi elektronning bogʻlanish defekti oʻrniga oʻtishi uzoq vakt ichida yuz beradi va tartibsiz xaotik harakatda boʻladi.

Agar yarim oʻtkazgich kristalli elektr maydoniga joylashtirilsa, bogʻlanishni uzib chiqqan elektronlar manbaning musbat qutbi tomon koʻcha boshlaydi va elektron tokini hosil qiladi. Bu holda bogʻlanish defektlarining koʻchishi ham yoʻnalganlik xarakteriga ega boʻladi, yaʼni kavaklar manbaning manfiy qutbi tomon harakatlanadi va kavak toki vujudga keladi.

Shuni yodda tutish kerakki kavak toki elektronlar hisobiga, yaʼni bogʻlangan elektronlarning bir oʻrnidan ikkinchi oʻrniga oʻtishi hisobiga vujudga keladi. Shuning uchun kavaklarning koʻchishi uzluqli boʻladi. Lekin qulaylik uchun kavaklar elektronlar kabi erkin tok tashuvchi deb olinib, harakati uzluksiz deb qaraladi.

Kavak toki ion tokidan tupdan farq qiladi. Chunki ion toki hosil boʻlishida elektrolitda joylashgan atom yoki molekulalar bir joydan ikkinchi joyga koʻchadi va maʼlum miqdordagi moddani olib oʻtadi. Kavak toki hosil boʻlishida esa, atomlar koʻchmay, oʻz oʻrnida qoladi. Ularda navbat bilan ionlashish vujudga keladi.

Shunday qilib, kimyoviy sof yarim oʻtkazgich kristallida elektron kavak juftining hosil boʻlishi asosida ikki xil oʻtkazuvchanlik – elektron va kavak oʻtkazuvchanligi mavjud boʻlib, ularning miqdori – bir biriga tengdir.

1.3 Sof va aralashmali o'tkazuvchanlik. Donor aralashmalar.

Akseptor aralashmalar.

Yarim o'tkazgichning elektron o'tkazuvchanligi **n-tur o'tkazuvchanlik** (negative – manfiy so'zdan olingan), **p-tur o'tkazuvchanlik** (positive-musbat so'zidan olingan) deb ataladi. Ular birgalikda yarim o'tkazgichning **xususiy o'tkazuvchanligi** deyiladi.

Yuqorida ko'rib chiqilgan o'tkazuvchanlikni hosil qilish usuli rasional emas. Chunki amalda o'tkazuvchanlik turlaridan biri –yo elektron, yo kavak o'tkazuvchanligi asosiy qilib olinadi. Uni sof germaniy (yoki kremniy) kristalliga begona modda qo'shib qotishma tayorlash yo'li bilan amalga oshiriladi. Kiritilgan begona moddaning (aralashmaning) miqdori asosiy kristall miqdoriga nisbatan juda oz bo'ladi.

Yarim o'tkazgichning muhim xususiyati shundan iboratki, ularda aralashmalar bo'lsa, **aralashmali o'tkazuvchanlik** deb ataladigan qo'shimcha o'tkazuvchanlik paydo bo'ladi. Aralashmaning konsentrasiyasini o'zgartirib, musbat yoki manfiy ishorali zaryad tashuvchi zarralar sonini ancha o'zgartirish mumkin. Yarim o'tkazgichlarning bu xususiyati amalda qo'llanishga keng imkoniyatlar ochib beradi.

Donorli aralashma. Yarim o'tkazgichda juda oz konsentrasiyada aralashma bo'lsa, masalan, unga juda oz mish'yak atomlari qo'shilsa, erkin elektronlar soni ko'p marta ortadi. Buning sababi quyidagicha. Mish'yak atomlarining valentlik elektronlari beshta bo'ladi. Ulardan to'rtasi bu atomning atrofdagi atomlar bilan kovalent bog'lanish hosil

qilishida ishtirok etadi. Beshinchi valentlik elektroni esa o'z atomi bilan zaif bog'langan. Bu elektron mishyak atomidan osongina chiqib ketib, erkin bo'lib qoladi.

Elektronlarni oson beradigan va binobarin, erkin elektronlari sonini oson ortiradigan aralashmalar ***donor aralashmalar*** deb ataladi.

Donor aralashma qo'shilgan yarim o'tkazgichlarda elektronlar soni teshiklar sonidan ko'p bo'lgani uchun bunday yarim o'tkazgichlar **n-tip** yarim o'tkazgich deb ataladi.

Akseptor aralashmalar. Aralashma sifatida uch valentli indiy olinsa yarim o'tkazgich o'tkazuvchanligining xarakteri o'zgaradi. Bu holda indiy atomi qo'shni atomlar bilan juft elektronli normal bog'lanish hosil qilishi uchun unga bitta elektron etishmaydi. Natijada kovak hosil bo'ladi. Bu holda kristalltagi kovaklar soni aralashmaning atomlari soniga teng bo'lib qoladi. Bunday aralashma akseptor aralashmalar deb ataladi.

Shuni aytib o'tish kerakki, yarim o'tkazgich asboblarda asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar o'tkazuvchanligi katta ahamiyatga ega. Ularning hosil bo'lishi va tugatilishi rekombinasiya markazlari deb atalgan joylarda sodir bo'ladi. Bunday markazlar vazifasini donor yoki akseptor elementlarning tugunlari- atomlari bajaradi. Shuning uchun begona elementlarning miqdori ortishi bilan rekombinasiya markazlari ham ko'payadi va asosiy tok tashuvchilarning yashash vaqti qisqaradi. Bu hol begona elementning miqdori va turini tanlashda albatta hisobga olinishi kerak.

II.bob. Yarim o'tkazgichli asboblari

2.1 Yarim o'tkazgichli diod. Stabilizatorlar

Shunday qilib, biz yuqorida tanishgan o'tkazuvchanlik turlarini hosil qilish usuli va uni tushuntirish juda yuzagi va taqribiydir. Ular asosan zonalar nazariyasi bilan tekshiriladi va miqdor o'lchovlari kiritiladi.

Yarim o'tkazgichli diod

Bu asbobda p-n utish mavjud bulib, uning p va n soxalaridan ulanish uchi chikarilgan bo'ladi. Yarim o'tkazgichli diodning tuzilishi va volt – amper xarakteristikasi quyidagicha bo'ladi.

p-n utish hosil kiluvchi soxalarning birida asosiy tok tashuvchi zarrachalarning kontsentratsiyasi ko'p bulib, u emitter deb ataladi.

Ikkinchisi esa baza deb ataladi. Harakteristikaning tugri p-n o'tishiga tugri kelgan kismidan diodning differentsial qarshiligi xisoblanadi:

$$R_d = (U / I)$$

Volt – amper xarakteristikasidan kurinib turibdiki yarim o'tkazgichli diod ham nochiziqli elementlar katoriga kiradi Diodlardan signallarni tugrilash, detektorlash, modulyatsiyalash ishlarida foydalaniladi.

Tugrilagich diodlar past chastotali (($<50 \text{ кГц}$) o'zgaruvchan toklarni tugrilashda ishlatiladi. Tayyorlanish texnologiyasiga kura diodlar yassi diodlarda p-n utishning yuzini belgilovchi ulchamlar uning kalinligiga nisbatan katta bo'ladi.

Tugrilagich diodlar sifatida asosan yassi diodlar ishlatiladi Tugri yunalishda utuvchi tugrilangan tok kuchi.

1600 A gacha, teskari yunalishda 1000V gacha kuchlanishga muljallangan diodlar ishlab chikariladi. Bunday katta tokni utkazuvchi diodlar ish jarayenida kiziydi. Shu sababli diodlarga issiqlikni sochuvchi radiatorlar kiydirilib montaj kilinadi. Kremniyli tugrilagich diodlarning ishchi temperaturasi 1250C gacha bulishi mumkin.

Yukori chastotali diodlar signallarni detektorlash, o'zga rtirish, modulyatsiyalash kabi ishlarda kullaniladi. Bu ishlarni bajarishda diodning xususiy sig'imi pikofaradaning undan bir ulushlarida bulishi mumkin muxim ahamiyatga ega. Bunday diodlarda sig'im kichik bulishi talab qilinganligi tufayli asosan nuktaviy diodlar ishlatiladi. Bunday diodlarning sig'imi pikofaradaning undan bir ulushlarida bulishi mumkin. Xozirgi kunda ishchi chastotasi 1000 MGts gacha bulgan yukori chastotali diodlar mavjud. Yukori chastotali diodlar kichik teskari kuchlanishda va kichik tugri toklar rejimida ishlaydi. Masalan germaniyli nuktaviy diodning ishchi teskari kuchlanishi 350V gacha tugri yunalishdagi tok kuchi 100mA ($U_{Tyr} = 1,28$) gacha bulishi mumkin.

Impuls rejimida ishlaydigan diodlar radio sxemalarda kalit vazifasini bajaradi. Bu rejimda asosan nuktaviy va kichik yassi diodlar ishlatiladi. Diod ikki xil holatda bo'ladi: «ochik» yoki «yopik». Ochik holda diod qarshiligi kam yopik holda katta bo'ladi. Impuls sxemalarida diodning bir holatdan ikkinchi holatga kanchalik tez o'tishi ahamiyatlidir.

Yarim o'tkazgichli kuchlanish stabilazatori . (stabilitron, estabistor) . Bu yarim o'tkazgichli diod zanjirga teskari r-n utish hosil bo'ladigan qilib ulanadi. Ish rejimi diod xarakteristikasini teskari yunalishda yorib(teshib) utuvchi tok utadigan kismiga tugri keladi. Yorib utish

deyilganda, diodga teskari r-n utishga tugri keladigan kuchlanish quyilib, uning ma'lum qiymatida teskari tokning keskin ortib ketishi tushuniladi. Diodda kuchkili, tunnel va issiqlik ta'sirida yorib utishlar kuzatilishi mumkin.

Yarim o'tkazgichda aralashma miqdori juda kichik bo'lganda, katta teskari kuchlanish ta'sirida bulgan elektronlar va kovaklar neytral yarim o'tkazgich atomining yana bitta kovalent boglangan elektronini urib chiqarishi mumkin. Natijada zaryad tashuvchi zarrachalarning yangi jufti hosil bo'ladi. Yetarli miqdordagi teskari kuchlanishda bunday urib chiqarish kuchkisimon kurinishda namoyon bo'ladi.

Tunnel orqali yorib utishda kuchli elektr maydon ta'sirida ($2 \cdot 10^5$ V/cm, germaniy uchun va $4 \cdot 10^3$ V/cm) elektr soxalarining chegarasi siljiydi va chegara yaknida kichik potentsial tusikka ega bulgan tuynuk ochiladi. Karshiligi kichik yarim o'tkazgichlarda tunnel orqali tok utish kuchkisimon utish kuzatiladigan kuchlanishdan kichikrok kuchlanishlarda ruy beradi. Karshiligi katta bulgan yarim o'tkazgichlarda esa, aksincha.

Issiklik ta'sirida yorib utishda p-n utish soxasi kizib, unda asosiy bo'lmagan tok tashuvchilarning ko'p ayishi va natijada teskari yunalishdagi tokning ortib ketishi kuzatiladi.

Kuchkisimon va tunnel orqali yorib utishlar diodni ishdan chikarmaydi. Shu sababli bu utishda elektron kurilmalarda kullaniladi. Issiklik ta'sirida yorib utish esa, p-n utishni buzadi.

Stabilitronlar kuchkisimon yorib utish xodisasiga asoslanib ishlaydi. Uning ishlash printsipi quyidagicha:

stabilitronga quyilgan teskari yunalishdagi kuchlanish orttirib borilsa, dioddan utadigan teskari tok miqdori juda kichik bulganligidan, sxemaning chiqishidagi kuchlanish ham ortib boradi.

Kuchlanish miqdori kuchkisimon yorib utish miqdoriga yetganda, dioddan utayotgan tok keskin ortib ketadi. Chikish kuchlanishi biroz kamayadi. Kirish kuchlanishining bundan keyingi ortishi stabilitron orqali utuvchi tokni oshirishga sarflanadi va chikish kuchlanishi deyarli o'zga rmaydi. Bu oralikka tugri kelgan chikish kuchlanishi, stabilitronning stabilizatsiyalash kuchlanishi deb yuritiladi.

Asosiy parametrlariga stabilizatsiyalash kuchlanishi U_{CT} , ctabilizatsiyalash toki I_{CT} , ctabilizatsiyalash tokiga tugri kelgan differentsial qarshiligi R_{CT} kiradi.

2.2. Tunnel diodlar . Aylantirilgan diodlar

Tunnel diodlar asosan ko'p aralashmali diodlardan yasaladi. Uning ishlash printsipti tunnel orqali yorib utish xodisasiga asoslangan .

Harakteristikadan kurinib turibdiki uning tugri utishga mos kelgan kismida differintsial qarshiligi manfiy qiymatga ega bulgan soxa mavjud. Manfiy qarshilik deyilganda kuchlanish ortishi bilan tok kuchi kamayishi tushuniladi. Bu xususiyatga kura tunnelli dioddan kuchaytirgich, generator va turli xil impuls rejimida ishlaydigan kurilmalarda foydalaniladi. Diod teskari yunalishdagi tokni yaxshi utkazadi.

Asosiy parametrlari: yuqori chukkgiga tugri kelgan tok kuchi I_A (grafikda A nukta); pastki chukurlikka tugri kelgan tok kuchi I_B (grafikda B nukta); yuqori chukki va pastki chukurlikka tugri kelgan kuchlanishlar U_A va U_B .

Aylantirilgan diodlar ham tunnelli diodlarga uxshash bulib, volt-amper xarakteristikasida, dunglik va chukurlik fazasidagi fark kichik bo'ladi.

Diodda aralashma kiritik kontsentratsiyada olinib, teskari yunalishdagi utkazuvchanlik tugri yunalishdagi utkazuvchanlikdan katta bo'ladi. Bunday diodlarning teskari yunalishdagi volt –amper xarakteristikasi tugrilovchi diodlarnikiga uxshash bo'ladi.

2.3. Varikap. Fotodiodlar

Varikap – bu yarim o'tkazgichli diod bulib, sig'im teskari yunalishdagi kuchlanishga boglik bo'ladi. Teskari kuchlanish ortishi bilan p-n utish sig'iminin kamayishi quyidagi ifoda

$$C_U = C_0 \left[\frac{1}{1 + U/k} \right]^{1/n}$$

asosida boradi. Bunda k - kontakt potentsiallar ayirmasi ;

C_U – kuchlanish U qiymatga yetgandagi sig'imi ; C_0 - diodga kuchlanish berilmagan holdagi sig'imi ; n - varikapning turiga boglik bulgan koeffitsiyent ($n = 2 \dots 3$).

Varikaplar galliy arseniddan tayorlanib, unda asosiy bo'lmagan zaryad tashuvchilar kontsentratsiyasi kam bo'ladi. Teskari yunalishdagi differentsial qarshiligi katta bo'ladi. Varikaplar kontur chastotasini

avtomatik tarzda sozlash ishlarida generator va geterodinlar chastotalarini o'zga rtirishda ishlatiladi.

Signal chastotasini ko'p aytiruvchi varikaplar varaktor deb ataladi. Asosiy parametrlari : varikapning aslligi Q ; cigimini o'zga rtirishi koefitsiyenti K_c , umumiy sig'imi CB .

Fotodiodlar. Ayrim moddalarga yoruglik tushganda, energiya modda atomlari tomonidan yutilib, elektron – kovak juftini hosil kiladi. Bu moddadan yasalgan material uchlariga kuchlanish berilsa, elektronlar bir tomonga, kovaklar ikkinchi tomonga xarakat kiladi. Yoruglik intencivligi ortishi bilan tok kuchi ham ortib boradi.

Fotoelektrik kurilmalar yoruglik ta'sirida kuchlanish hosil kiladi.Odatda ular p-n utishga ega bulib,hosil bulgan kuchlanishning musbat kutbi n-soxada bo'ladi. Bu kuchlanish tashki zanjirga ulansa tok hosil qilishmumkin. Tok yo'nalishi utish yo'nalishiga karama-qarshi bo'ladi.Fotodiodlar–yoruglik ta'sirida elektr tokini utkazuvchi kurilma sifatida ishlatilishi mumkin.

Yoruglik diodlar–bu bir yoki bir necha r-n utishga ega bulgan diod bulib, undan tok utganda o'zidan yoruglik chikaradi.Bu diodda tok tashuvchi zarrachalar elektronlar va kovaklardan iborat bulsa-da, elektronlarning miqdori kovaklarga nisbatan ko'prok bo'ladi. Elektronlar n soxadan p- soxaga utish davomida, bir energetik satxdan ikkinchisiga utadi. Elektronlar p- soxada kovaklar bilan rekombinatsiyalanib uzlarining ortikcha energiyalarini yukotadi. Bu enargiya nur sifatida chikadi. Tok ortishi bilan yoruglik intencevligi ham ortalı. Chikayotgan nur kengrok fazoga taksimlanishi uchun diodning

nur chikayotgan soxasiga ixcham linza ham urnatiladi. Diod materialiga karab undan ixcham nurning rangi ham xar xil bo'ladi.

Qattiq jismlar o'zlarining elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlariga ko'ra o'tkazgichlar, dielektriklar va yarim o'tkazgichlarga ajratiladi.

-O'tkazgichlar guruhiga metallar va elektr o'tkazuvchanligi 10^5 - $10^6 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ bo'lgan materiallar kiradi.

-Elektr o'tkazuvchanligi 10^{-10} - $10^{-15} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ tartibda bo'lgan jismlar dielektriklar yoki izolyatorlar guruhini tashkil etadi.

-Yarim o'tkazgichlar guruhiga esa elektr o'tkazuvchanligi 10^5 - $10^{10} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ tartibda bo'lgan barcha materiallar kiradi.

Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanlik xususiyati metallarnikidan sifat jihatdan farq qiladi. Ular quydagilar.

a) Oz miqdordagi aralashmaning o'tkazuvchanlikka kuchli ta'sir etishi;

b) o'tkazuvchanlik harakteri va darajasining temperaturaga bog'liqligi;

v) o'tkazuvchanlikning tashqi kuchlanishga kuchli bog'liqligi.

Yarim o'tkazgich materiallariga kimyoviy elementlar - germaniy va kremniy, kimyoviy birikmalar, metall oksidlari (oksidlar), oltingugurt birikmalari (sulfidlar), selen birikmalari (selenoidlar) kiradi.

Kimyoviy sof yarim o'tkazgich kristalida **elektron kovak** juftining hosil bo'lishi asosida ikki xil o'tkazuvchanlik - **elektron** va **kovak** o'tkazuvchanligi mavjud bo'lib, ularning miqdori bir-biriga tengdir. Yarim o'tkazgichning elektron o'tkazuvchanligi **n-tur** o'tkazuvchanlik (**negative** - manfiy so'zidan olingan) kovak o'tkazuvchanligi esa, **p-tur** o'tkazuvchanlik (**positive** - musbat so'zidan

olingan) deb ataladi. Ular birgalikda yarim o'tkazgichning **xususiy o'tkazuvchanligi** deyiladi.

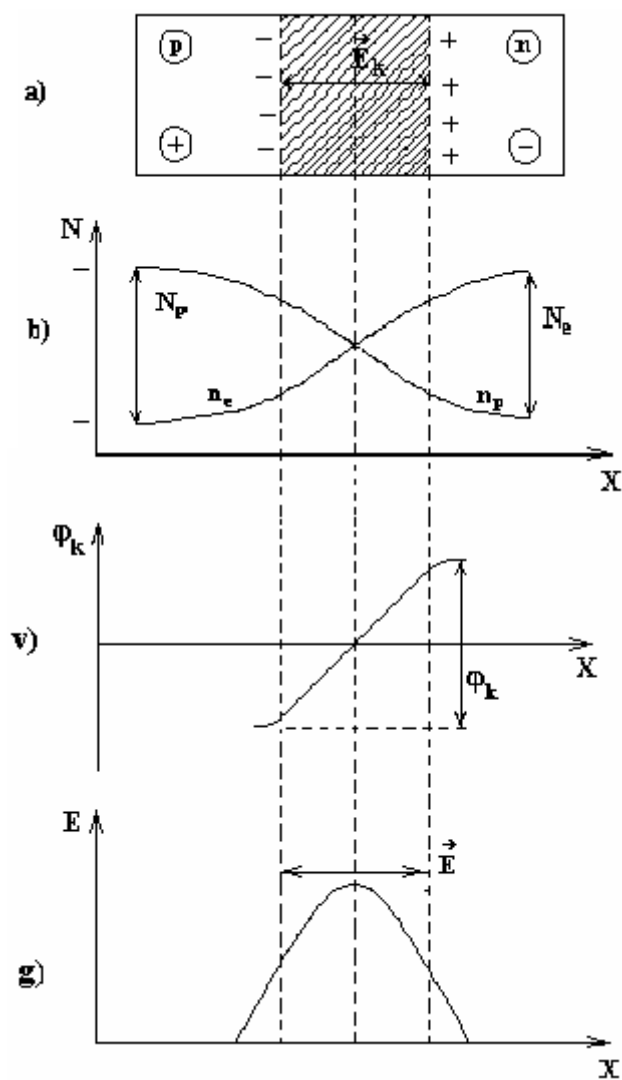
Asosiy o'tkazuvchanligi elektron o'tkazuvchanlikdan iborat bo'lgan kristal **n-** tur kristall yoki **yarim o'tkazgich** deyiladi.

Margumushga o'xshash o'z valent elektronlarini bog'lanishga beruvchi begona element donor modda yoki **oddiy donor** deb ataladi.

Asosiy o'tkazuvchanligi kovak o'tkazuvchanlik bo'lgan yarim o'tkazgich **p-** tur yarim o'tkazgich deb ataladi. Uni hosil qiluvchi begona modda **aktseptor** deyiladi.

Yarim o'tkazgichli asboblarning ishlash printsipli **p-n** o'tish degan hodisaga asoslangandir. U o'tkazuvchanliklari turlicha bo'lgan yarim o'tkazgichni kontaktga keltirish natijasida hosil bo'ladi. Lekin bunda yarim o'tkazgichlarning mexanik kontakti **p-n** o'tishni hosil qilmaydi, chunki ular orasida ideal kontakt hosil qilish mumkin emas. Shuning uchun yagona yarim o'tkazgich kristali olinib shartli ikki bo'lak deb qaraladi va ularda turli ishorali o'tkazuvchanlik hosil qilinadi. Shartli bo'laklar orasidagi yupqa qatlam kontakt sohasi deb qaraladi.

p-n o'tish hodisasini sifat jihatdan ko'rib chiqaylik. Faraz qilaylik, germaniy (yoki kremniy) monokristalida turli ishorali o'tkazuvchanlik hosil qilingan bo'lsin. Oson bo'lishi uchun donor va aktseptor moddalarning miqdorini bir xil deb hisoblaymiz. Unda turli ishorali tok tashuvchilarning miqdori ham teng bo'ladi (1a-rasm).



1-rasm. p-n o'tishning hosil bo'lishi.

p-n o'tishning hosil bo'lishining: **a**-turli o'tkazuvchanlikli yarim o'tkazgichlar kontakti, **b**-tok tashuvchilar taqsimoti (N_p , N_e - asosiy va n_p , n_e - asosiy emas); **v**- kontakt potentsiallar farqi; **g**-elektr maydon kuchlanganligining taqsimoti.

Kontaktga keltirishning boshlangich vaqtida **p**-sohadagidan, **n**-sohadagi elektronlar miqdori **p**-sohadagidan katta bo'ladi (1b-rasm). Shuning uchun kontakt sohasida tok tashuvchilar diffuziyasi vujudga keladi. Bunda **n**-sohadagi elektronlar **p**-soha tomon, **p**-sohadagi kovaklar esa **n**-soha tomon ko'chadiki unga bir xil ishorali

zaryadlarning o'zaro itarilishi yoki turli ishorali zaryadlarning o'zaro tortishishi sabab bo'lmaydi. Diffuziya hosil bo'lishining asosiy sababi kontakt sohasidagi tok tashuvchilar kontsentratsiyasining turlicha bo'lishidir.

n-sohadan **p**-sohaga elektronlarning siljishi natijasida kontakt chegarasida musbat zaryadli atomlar-ionlar qoladi.

Ular musbat qo'zg'almas zaryadlarining kontsentratsiyasi ortiqcha bo'lishiga olib keladi. Natijada bu soha elektronlarga kambag'al bo'lib qoladi. Xuddi shunday jarayon natijasida **p**-sohada (-) zaryadlar kontsentratsiyasi ortib, soha kovaklarga kambag'al bo'ladi. Kontakt sohasida bunday kambag'allashgan sohaning vujudga kelishi kondensator qoplamalariga o'xshash turlicha zaryadga ega bo'lgan ikki qatlamni hosil qiladi. Natijada u potentsiallar ayirmasi φ_k va maydon kuchlanganligi $\vec{E}_k$ bo'lgan elektr maydonini hosil qiladi (1v-1g-rasm). Zaryadlarning kuchishi elektr maydon kuch chiziqlari bo'yicha bo'lgani uchun unga **dreyf toki** deyiladi. Diffuziya toki bilan dreyf toki tenglashganda muvozanat hosil bo'ladi. U dinamik muvozanat deyiladi (tok tashuvchilarning soni o'zaro teng bo'ladi). Kontakt sohasidagi zaryadlarga kambag'al bo'lgan soha yarim o'tkazgichning kovak va elektron o'tkazuvchanlikka ega qatlamlarini bir-biridan ajratib turadi. Bu qatlam to'siq qatlam deb, hosil bo'lgan potentsiallar ayirmasi esa **potentsial to'siq** deb ataladi. Ko'rib o'tilgan jarayonda **p-n** o'tish hodisasi yuzaki tushuntirildi. Lekin uni zonalar nazariyasi asosida aniq bajarish mumkin.

Potentsial to'siqning tashqi manba ta'sirida o'zgarishini, ya'ni **p-n** o'tishning volt-amper xarakteristikasini aniqlaymiz. **p-n** o'tishga tashqi

manba ulansa, potentsial to'siqning balandligi o'zgaradi va tok tashuvchilarning dinamik muvozanati buziladi. Natijada diffuziya va dreyf toklarining muvozanati ham buzilib natijaviy tokning kattaligi tashqi manbaning kuchlanishiga bog'liq bo'lib qoladi. Bu bog'lanishning analitik hisoblab, grafikda tasvirlash mumkin. Uni **p-n** o'tishning volt-amper xarakteristikasi deb ataladi.

Volt-amper xarakteristikasini aniqlashda oson bo'lishi uchun tashqi manbaning kuchlanishi faqat kontakt sohasiga qo'yilgan deb qaraladi, ya'ni yarim o'tkazgich hajmdagi potentsial tushuvchi hisobga olinmaydi.

Birinchi holda tashqi manbani shunday ulaylikki uning hosil qilgan maydon kuchlanganlik vektori **p-n** o'tishning xususiy maydon kuchlanganligi vektori bilan mos tushsin. Buning uchun manbaning musbat qutbi **n**-soha kontaktiga, manfiy qutbi esa **p**-soha kontaktiga ulanishi kerak. Bunda natijaviy maydon kuchlanganligi ortadi, ya'ni potentsial to'siq kattalashib, asosiy tok tashuvchilarning harakati yanada qiyinlashadi. Shuning uchun manba kuchlanishi ortishi bilan asosiy tashuvchilarning potentsial to'siqni yengib o'tish ehtimolligi kamayadi va diffuzion tok nolga kamayadi. Lekin asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar uchun maydonning tezlantiruvchi ta'siri ortadi va ular kontakt sohasini kesib o'tishda davom etadi. Hosil bo'ladigan dreyf tokining kattaligiga bog'liq bo'lmay asosiy tok tashuvchilarning miqdori bilan belgilanadi. Vaqt birligi ichida hajmda hosil bo'ladigan asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar soni o'zgarmas bo'lgani uchun potentsial to'siqning ortishi faqat ularning tezligini oshirib, sonini o'zgartira olmaydi. Shunga ko'ra dreyf tokining ortishi uchun biror sababga ko'ra

yangi asosiy bo'lmagan tok tashuvchilar hosil bo'lishi kerak. Aks holda u to'yingan bo'ladi. Bunda hosil bo'ladigan tok **teskari tok** qo'yilgan kuchlanishni esa **teskari kuchlanish** deb ataladi. Demak teskari ulanishda **p-n** o'tishning qarshiligi yetarlicha katta bo'ladi. Uni **teskari o'tish qarshiligi** deb ataladi.

Manbaning qutblarini almashtiraylik, ya'ni **p**-sohaga musbat, **n**-sohaga manfiy qutb ulansin. Bunda kontakt sohasida tashqi manba hosil qilgan maydon kuchlanganligi vektori **p-n** o'tishning xususiy maydon kuchlanganligi vektoriga qarama-qarshi yo'nalgan bo'ladi va natijaviy maydon kuchlanganligi kichrayadi. Bu potentsial to'siqning kichrayishiga olib keladi va diffuziya toki ortadi. Bunday ulanish to'g'ri ulanish deb ataladi. Hosil bo'ladigan tok to'g'ri tok **p-n** o'tish qarshiligi esa, to'g'ri ulanish qarshiligi deyiladi.

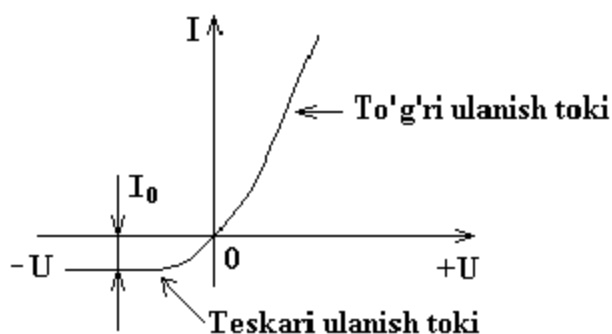
p-n o'tishda hosil bo'ladigan natijaviy tok qo'yidagicha ifodalanadi.

$$I = I_0(e^{\frac{eU}{kT}} - 1)$$

I_0 -teskari tokning to'yinish qiymati,

U -tashqi manba kuchlanishi,

e -elektron zaryadi.



2-rasm. p-n o'tishning volt-amper xarakteristikasi

2-rasmda tashqi manba kuchlanishiga qarab diffuziya tokining o'zgarish grafigi tasvirlangan. Uni **p-n** o'tishning volt-amper xarakteristikasi deb ataladi (unda tok o'qining darajala nishi bir xil emas. Teskari tok o'qining darajalanish qiymati bir necha marta kattalashtirilgan. Chunki to'g'ri tok **mA** da, teskari tok esa **μ kA** da o'lchanadi). Demak, **p-n** o'tish tokni bir tomonga afzal o'tkazish–**ventil xususiyatiga** ega.

Xulosa.

Qattiq jismlar o'zlarining elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlariga ko'ra o'tkazgichlar, dielektriklar va yarim o'tkazgichlarga ajratiladi.

O'tkazgichlar guruhiga metallar va elektr o'tkazuvchanligi

10^5 - $10^6 \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ bo'lgan materiallar kiradi.

Elektr o'tkazuvchanligi 10^{-10} - $10^{-15} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ tartibda bo'lgan jismlar dielektriklar yoki izolyatorlar guruhini tashkil etadi.

Yarim o'tkazgichlar guruhiga esa elektr o'tkazuvchanligi

10^5 - $10^{10} \text{ Om}^{-1} \cdot \text{sm}^{-1}$ tartibda bo'lgan barcha materiallar kiradi.

Yarim o'tkazgichlarning elektr o'tkazuvchanlik xususiyati metallarnikidan sifat jihatdan farq qiladi. Ular quydagilar.

Oz miqdordagi aralashmaning o'tkazuvchanlikka kuchli ta'sir etishi;

O'tkazuvchanlik harakteri va darajasining temperaturaga bog'liqligi;

O'tkazuvchanlikning tashqi kuchlanishga kuchli bog'liqligi.

Yarim o'tkazgich materiallariga kimyoviy elementlar - germaniy va kremniy, kimyoviy birikmalar, metall oksidlari (oksidlar), oltingugurt birikmalari (sulfidlar), selen birikmalari (selenoidlar) kiradi.

Kimyoviy sof yarim o'tkazgich kristalida elektron kovak juftining hosil bo'lishi asosida ikki xil o'tkazuvchanlik - elektron va kovak o'tkazuvchanligi mavjud bo'lib, ularning miqdori bir-biriga tengdir.

Yarim o'tkazgichning elektron o'tkazuvchanligi n-tur o'tkazuvchanlik (negative - manfiy so'zidan olingan) kovak o'tkazuvchanligi esa, p-tur o'tkazuvchanlik (positive - musbat so'zidan olingan) deb ataladi. Ular birgalikda yarim o'tkazgichning xususiy o'tkazuvchanligi deyiladi.

Asosiy o'tkazuvchanligi elektron o'tkazuvchanlikdan iborat bo'lgan kristal n- tur kristall yoki yarim o'tkazgich deyiladi.

Margumushga o'xshash o'z valent elektronlarini bog'lanishga beruvchi begona element donor modda yoki oddiy donor deb ataladi.

Asosiy o'tkazuvchanligi kovak o'tkazuvchanlik bo'lgan yarim o'tkazgich p- tur yarim o'tkazgich deb ataladi. Uni hosil qiluvchi begona modda aktseptor deyiladi.

Adabiyotlar:

1. *Ma'ruzalar matni.*
2. *Nigmatov K. Radioelektronika asoslari. T., 1994.*
3. *Qo'lyev B.T. Tabiatning fizik xossalari bitmas-tuganmasdir. Qarshi, 2005.*
4. *Гершунский Б.С. Основы электроники и микроэлектроники. М., 1990.*
5. *Манаяв Э.И. Основы радиоэлектроники. М., 1989.*
6. *Молчанов А.П., Занадворов П.Н. Курс электроники и радиотехники. М., Наука, 1976.*
7. *Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М., Энергия, 1977.*
8. *Федотов Я.А. Основы физики полупроводниковых приборов. М., 1970*
9. *Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. М., 1977*
10. *Пасынков В.В. и др. Полупроводниковые приборы.М., 1973*
11. *Справочник по полупроводниковым диодам, транзисторам и интегральным схемам/ Под ред. Н.Н. Горюнова. М., 1972.*
12. *Мэдленд Г.Р. и др. Интегральные схемы/ М., 1970*
Парфенов О.Д. Технология микросхем. М., 1977.
13. *Ступельман В.Ш., Филаретов Г.А. Полупроводниковые приборы.М.,197*

Qo'shimcha adabiyotlar:

1. *Жеребсов И.П. Основы электроники. М. Энергоатомиздат 1989 г.*
2. *Гусев В.Г., Гусев Ю.М Электроника. М.1991 г.*