

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА
УРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

Ал–Хоразмий номли Урганч Давлат
Университети

Физика – математика факултети физика йуналиши 202физика-
гуруҳи талабаси Аллаёрова Санобарнинг “Радиоэлектроника асослари”
фанидан ёзган

КУРС ИШИ.

**Мавзи: Ярим утказгичли диоднинг вольт ампер
характеристикаси.**

Бажарди:

Аллаёрова Санобар

Қабул қилди:

Рузимов Қенжабой

УРГАНЧ 2012 – йил.

**Мавзу: Ярим утказгич диоднинг вольт ампер
характеристикаси**

Режа:

1. Кириш.
2. Ярим утказгичларда р-п утиш .
3. Ярим утказгичли диод ва триодлар.
4. Хулоса.

Кириш.

Турли типдаги ярим утказгичлар тегиб турган чегаравий соҳасида куш электр катлам вужудга келиб унинг электр майдони $E_{пр}$ электронларнинг борлиги концентрациядан иккинчисига ва тешикларнинг биринчи концентрациядан иккинчисига янада утишига тускинлик кила бошлайди. Бошқача айтганда бу куш электр катлам булиб хизмат килади.

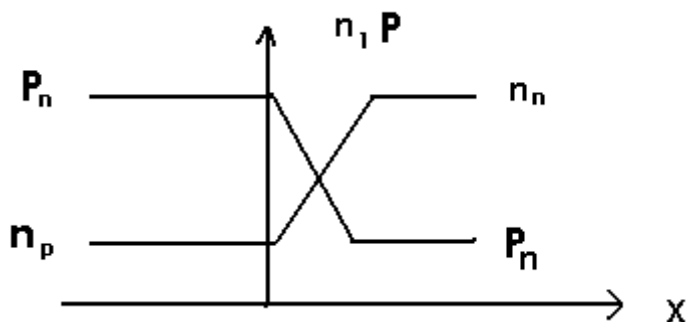
Бу катламдаги заряд ташувчиларнинг концентрацияси нихоятда кичик шунинг учун бу катламнинг электр қаршилиги нихоятда катта бўлади. Шундай қилиб, n ва p -тип

ярим утказгичларнинг бир-бирига тегиб турган соҳасида вужудга келган катламга p - n утиш деб аталади

Ярим утказгич асбобсозликда ва микроэлектроникада асосан актив элемент ҳисобида электронли утказгичдан қавақлисига утиш (p - n утиш) қулланилади. p - n утиш (диод) нинг ишлаши учун ВАХ си ва ВФХ нинг узиға хос хусусиятларига асосланган.

Идеал (намунавий) ярим утказгич диоднинг ВАХ сини қуриб чиқамиз. Бундай диод ВАХ қуйидага еоддалаштиришлар туфайли келтирилади:

1. Ток бир улчамда утади. p - n соҳаларда арлашмалар концентрациялари бир текис ва чегарада эса, кескин узгаради (кескин p - n утиш). 1-расм.



2. p - n соҳанинг утиш кенглиги ковакларнинг p соҳада диффузия билан юриш узунлиги L_p ва электронларнинг p - соҳада гориш узунлиги L_n дан кичик. Бу эса электрон ва ковакларнинг хажмий заряд катламларида рекомбинация (хар хил зарядларнинг учрашиб йуқолиб кетиши) сига утишини билдиради. Зарядларнинг иссиклик туфайли хажмий заряд соҳасида генерация (хосил булиши) мавжуд эмас — нихоятда энсиз $p=n$ утиш.

3. Ярим утказгичнинг p - n соҳаларига аралашма куп киритилган, яъни ковакларнинг p - соҳадаги ва электронларнинг p - соҳадаги мувозанатда концентрациялари хусусия ярим утказгичдаги ток ташувчиларининг концентрациясидан етарлича купдир. Бундай холда ташки кучланишнинг хаммаси p - n утишига тушади деб **караш** мумкин.

4. p - n утишдаги ташкарида асосий булмаган ток ташувчиларни ДРЕЙФ (ташки таъсир) курсатиб воситасидаги ток ташкил килувчисини хисобга олмаслик мумкин (ток ташувчиларнинг соҳаларига оз микдорда киритилиши).

5. Кучланишнинг тескари деб белгиланган йуналишида p - n утишнинг сиркиш токлари ва тешилиши (токнинг кескин ошиши) мавжуд эмас. Шундай фараз килинганда, p - n утиш юзаси S булган

диал (намунавий, мукамал) диоднинг ВАХ си куйидаги ифода билан белгиланади:

Бунда I_s — иссиклик токи, J_s — ток зижлига, T — абсолют харорат, K - Больцман доимийси, φ_T - харорат потенцияли, хона харорати ($T=300K$) учун $\varphi_T=Q, Q_{26}$ эВ,, Ярим утказгач асбобларнинг параметрларини хисоблашда бу φ_T катталиқ куп кулланилади. (1) дан куруниб

турибдики барча диодлар учун ВАХ факат микёс коэффиценти, яъни исиклик туфайли мавжуд киймати I_s билан фарк килар экан. Мукамал намунавий диоднинг ВАХ си расмда келтирилган. 2- рамдан куринадики тугри йуналишда кучланишнинг озгина узгаришига токнинг катта микдорида узгаришига мие келади. Мисол учун токнинг 10 марта узгаришига кучланишнинг 2,3 К/Т ($T=300$ К) да 5,99 М/В узгариши кифоя. Токнинг тескари йуналишида иккинчи хадни хисобга олмаслик мумкин. Бу холда $I_{TSS}—I_s$, яъни етарлича катта йуналишда ток туйинади ва кучланишга боглик булмайди. Ярим утказгич асбобларнинг ишлаш хароратларида киритилган аралашма хамма атомлари ионлашган деб караб, исиклик токи учун куйидаги ифодани оламиз:

$$j_s = \ln^2 i \cdot i \left(\frac{D_p}{l_p N_a t h W_n | l_p} + \frac{D_n}{l_n N_a t h W_p | l_p} \right) \quad (2)$$

N_a Nd кавокларнинг p — сохада электронларнинг n — сохадаги концентрацияси, p , n - хусусий ток ташувчилар конщтрацияси, D_p , D_n - p сохада ковакларнинг ва p сохада электронларнинг диффузия коэффицентлари. W_n , W_p - p ва n сохаларнинг калинликлари.

Исиклик токлари материал параметри (такикланган ягона кенглиги) билан аникланади. Одатдаги холларда бу катталики

Германий учун $10^{-2} - 10^{-5}$ А/см², Кремний учун $10^{-8} - 10^{-11}$ А/см² атрофида булади. Амалда куп холларда аралашма концентрацияси бир сохадан 2- сохадагидан анча катта булади — симметрик булмаган p - n утиш Катта концентрацияли соха эмиттер, кичик концентрацияли соха эса база деб горитилади. Аниклик учун p — соха эмиттер, n - сохани эса база деб кабул киламиз, яъни Na, Nd (p - n утиш). Бу холда (2) ифода содалашади:

$$j_s = \ln^2 i D_n \backslash L_p N_a j h W L_p \quad (3)$$

(3) дан куринадики диодда катталиги электрон берувчи (донор) аралапша концентрацияси ошиши билан, яъни база солиштирма

каршилиги ошиши билан ошади, Бундан ташкари $J_s \propto W_a/L_p$ нисбатга боғлиқ. Кенг базали диодларда $(W_n \gg L_p) \Rightarrow J_s \propto W_n/L_p \sim 1$

$$j_s = \ln^2 i D_p / N_d L_p \quad (4)$$

Киска базали диодларда $W_n \ll L_p$ ва $J_s \propto W_n/L_p \sim W_n/L_p$

$$j = \ln^2 i D_p / N_d W \quad (5)$$

Бунда $W_n = W$ база кенглиги. . .

Реал диодларнинг Вольт-Ампер характеристикаси.

Амалда эса диодларнинг ВАХ си намунавий мукаммал диодларнинг ВАХ си дан фарқ қилиши мумкин. Амалдаги диодларнинг иссиқлик токи бир неча ташкил қилувчиларидан иборат:

Бунда I_s термогенерация (иссиқлик туфайли ток ташувчиларнинг ҳосил бўлиши) токи, I_{sr} - сиркиш токи. Одатдагидай ҳона ҳароратида I_g токи Германий диодларида Кремнийга Караганда катта бўлади. Тескари йуналишда кучланиш ошиши билан р-п утиш соҳаси кенгаяди ва

$$L = \sqrt{\varphi_k} + U \quad \text{хам р-п утиш кенгайгани сари ва ошади. Бу ВАХ}$$

тескари йуналишида қияликни узғаришига олиб келади.

Тугри йуналишда (1) да диффузия токи р-п утиш соҳасидаги рекомбинация токи қушилади. Агарда рекомбинация энергетик сатҳи таъқиқланага зона ичида ток ташувчилардан тузук (ловушка) лар орқали бўлса, бунда ток қуйидагича аниқланади:

$$J = J_0 L \frac{U}{2\varphi} \quad (7)$$

I - микдор коэффиценти, I_0 - кучланишга кам боғлиқ ва пропорционал, ҳамда Кремнийдаги р=п утишларда ҳона ҳароратида

$$J = J_0 \left(\exp \frac{U}{m\varphi_T} - 1 \right) \quad (8) \quad (7) \text{ ва } (1) \text{ да экспонента даражаси 2 марта}$$

фарқ қилади. Шу сабабли диффузия токи кучланиш ошиши билан рекомбинация токида 10 тезроқ оша бошлайди. Масалан, Кремний диодларида $U = 0,2-0,3$ В да рекомбинация токи асосий микдорда ташкил қилса $U = 0,2-0,3$ В да диффузия токи ҳал қилувчи роль уйнайди. Ток

микдорини l_0 ни p-n утиш соҳаси юзасини S ва диод базасини солиштирма каршилигини $p\backslash$ билган холда, баада асосий булмаган ток ташувчиларининг диффузияланиш оралиги L_p ва яшаш вақтини % топиш мумкин:

$$L_{pn}^2 = D_{pn} * \tau_{pn} \quad (9)$$

$$L_p = \frac{S}{J_0} \frac{b}{(b+1)^2} * \varphi_T \frac{P_n}{P_i} \quad (10)$$

бундан такшари амалада p-n утиш билан кетма-кет булган б каршилиги R_{δ} мавжу. Ток катта булган сари база каршалигида кучланиш ташувчи

p-n утишдаги кучланиш ташувчи билан тенглаша бошлайди. Буни ҳисобга олиб ВАХ учун қуйидаги ифодага келамиз.

ни қуринишини узгартириб оламиз, яъни логарифмлаб

» r_s

(11), (13) ларда база каршилигини ҳисобга олмаслик мумкин, холда

$J \gg J_s$

яъни **тугри** иуналишда диод каршилиги катта тоқлар ҳолатида база каршилиги билан аниқланади. Ток ошиши билан

зшалиги билан аниқланади. Ток ошиши билан p-n утиш кенглиги шилигини камайишига олиб боради (база каршилигини

ВАХ тескари йуналишида катта ортишидан тескари токнинг кескин усиш соҳаси мавжуд бунинг сабаби p-n утишнинг бузилишидир „Исиклик туфайли электр бузилишлар фаркланади .p-n утиш соҳанинг кенглиги кам булгани учун (10^{-7} см) диодга қуйилган озгина кучланишда ҳам ,

Электр майдон кучланганлиги етарлича катта булади .Электр сабабли бузилишнинг 2 хил механизми бор: туннел ва кучкисимон. тешилиш одатда р ва п сохалар кучли лигерланган (куп аралашма киритилган) утиш сохаси киска ва кескин булган холларда юз беради .Токнинг ошиши ток ташувчилар камайган катлам -потенциал тусик оркали зарядларнинг туннель механизми оркали бузилишда юз беради .Бу катлам кенглиги аралашма концентрацияси ошиши билан камаяди .

Кучкисимон тешилиш ток ташувчиларнинг хажмий заряд сохасида шиддат билан купайишидан келиб чикади .Бу эса ,электрон ва кавакларнинг утиш сохасидаги электр майдонида кристалл атомларнинг ионлашиш даражасида харакат энергияси олов вужудга келади .Бу жараёнда хосил булган ток ташувчилар хам ионлашишда иштирок киладилар. Бузилиш кучланиши ва ярим утказгичнинг солиштирма каршилиги куйидаги муносабат билан богланган: $U = a \cdot p^m_\delta$ (16)

P_δ^m - ом . см улчамига эга Q ва m кийматлари куйидаги жадвалда курсатилган

Материал	база утказувчанлиги	A	M
Германий	Электрон кавакли	83	0,6
		52	0,6
Кремний	Электрон кавакли	85	0,65
		23	0,75

р-п утиш иш пайтида вакт бирлигида ажралиб чиккан иссиклик микдори мухитдан таркалаётганида куп булса ,харорат туфайли . бузилиш юз беради.

Бунда хароратнинг ошиши ток ташувчиларнинг ва табиий равишда токнинг ошишига олиб келади .

Токнинг кучланишга экспоненциал бугланишини эътиборга олиб' , тугри йуналишда ток кийматини тайинли куйиб , диоддаги кучланишни улчаш кулай .Тескари йуналишда эса манбадан кучланиш бериб ,сезгир асбоб ёрдамида ток улчанади .

Узгармас токда тугриловчи диодни Вольт - Ампер характеристикасини олиш учун расмда тасвирланган схемадан фойдаланилади .Тугри йуналишда Вольт - Ампер характеристикасини олишда кучланиш урганилаётган диодга К2 калит ёрдамида параллел уланган вольтметр V2 билан аникланади .Тескари Вольт - Ампер характеристика тармогини олишда диоддаги кучланиш VI билан аникланади .Бухолда диод каршилиги жуда катта булади ва миллиампердаги кучланишни хисобга олмаслик мумкин .Кучланишни йуналиши ва микдорини узгартириб , ток ва кучланиш аникланади ва Вольт — Ампер характеристикаси графиги чизилади „Хамма улчамларда тадқиқ қилинаётган диод термостатга урнатилади .Диод учун рухсат этиладиган ток ,кучланиш демпература қийматлари справочникдан топилади .Масалан: Д7 ва Д202 типдаги германий ва кремний ясен диодлар учун тугри йуналишдаги кучланишни улчаш чегараси 0-0.5 В(0.1 В дан) , тескари йуналишда 0-50 В(0.2 В дан ораланиб 1В гача ва

2-5 В дан ораланиб 50 В гача) .Тугри йуналишдаги ток миллиамперметр билан „тескари йуналишда микроамперметр билан улчанади .

Вольт - Ампер характеристикасини олишда олинган экспериментал маълумотлар буйича турли температураларда қуйидагилар хисобланади:

1. Кучланишни турли қийматларида тугри ва тескари йуналишларда статик қаршилик ($R=U/I$).

1Расмдага қурилма схемасини йигиш ва 293,313,333 К

температураларда ясси тугриловчи диодни статик ВАХсини оламир .

2.Турли температураларда В АХ ларни чизамиз .

3.Бир хил кучланиш ($U=0.4В$) да ва турли температураларда қуйидаги шараметрларни :

а) тугри ва тескари йуналишлардаги статик ва динамик каршиликлари.

б) тугирлаш коэффицентини кучланишга богликлигини аникланг , турли температураларда каршилик ва тугирлаш коэффицентларини таккослаймиз.

4.ВАХ си ёрдамида база каршилигини ва контакт потенциаллар айирмасини аниклаймиз.

Хулоса.

Хулоса килиб айтадиган булсак , р-п утишнинг хусусиятларидан фойдаланиб , электр сигналларни кучайтирувчи курилма ярим утказгичли триодлар ясаш мумкин.

п ва р – тип ярим утказгичлар орасида электр кантакт вужудга келтирилса, бу кристалл ягона системани ташкил этади ва ферми сатхлари бир баландлаикда жойлашади