

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ АХБОРОТ
ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ ВА КОММУНИКАЦИЯЛАРИНИ
РИВОЖЛАНТИРИШ ВАЗИРЛИГИ
МУХАММАД АЛ-ХОРАЗИМИЙ НОМИДАГИ
ТОШКЕНТ АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ УНИВЕРСИТЕТИ
ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ**

“Тасдиқлайман”

Ўқув ва илмий ишлар
бўйича директор
ўринбосари

_____ А.Расулов

2018 йил “ _____ ” август

Электроника фанидан

Маъруза матни

МУНДАРИЖА

1.	Маъруза 1.	Яримўтказгичларни электрфизик хусусиятлари.....	3
2.	Маъруза 2.	Яримутказгичларда контакт ходисалари	6
3.	Маъруза 3.	Яримутказгич диодлар.....	12
4.	Маъруза 4.	Стаблитронлар.....	16
5.	Маъруза 5.	Диод турлари.....	17
6.	Маъруза 6.	Фотодиод.Нурланувчи диод	21
7.	Маъруза 7.	Куеш элементи.Оптронлар.....	23
8.	Маъруза 8.	Диодларнинг кулланиш сохалари	26
9.	Маъруза 9.	Биполяр транзисторлар.....	28
10.	Маъруза 10.	Биполяр транзисторлар.....	30
11.	Маъруза 11.	Биполяр транзисторлар.....	34
12.	Маъруза 12.	Биполяр транзисторлар.....	36
13.	Маъруза 13.	Шоттки транзистори.Фототранзистор ва купэмиттерли транзисторлар.....	40
14.	Маъруза 14.	Куп катламли яримутказгич асбоблар.....	42
15.	Маъруза 15.	Майдоний транзисторлар.....	45
16.	Маъруза 16.	Майдоний транзисторлар.....	47
17.	Маъруза 17.	Канал индукцияланган МДЯ -транзисторлар.....	48
18.	Маъруза 18.	Канал индукцияланган МДЯ-транзисторлар.....	52
		Фойдаланилган адабиётлар.....	55

1 – маъруза

ЯРИМЎТКАЗГИЧЛАРНИ ЭЛЕКТРОФИЗИК ХУСУСИЯТЛАРИ

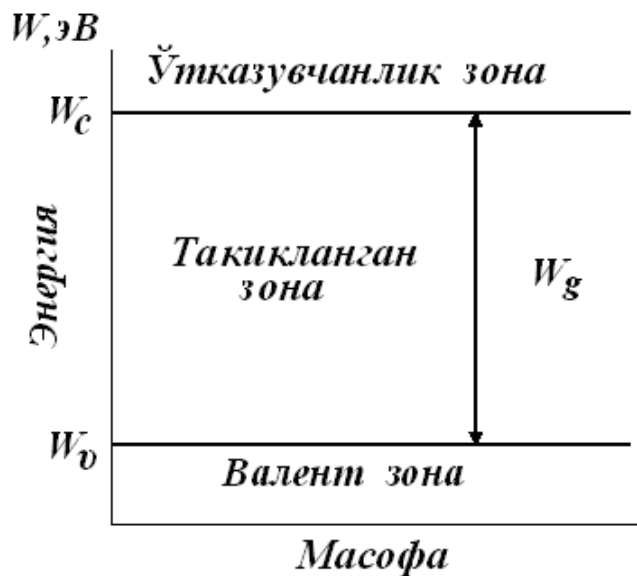
- Режа:** 1. Ярим ўтказичларнинг солиштирма ўтказувчанлиги.
2. Қаттиқ жисм зона назарияси элементлари
3. Яримўтказгичлар электр ўтказувчанлиги.

Замонавий электроника қурилмалари ярим ўтказгичли материаллардан тайёрланади. Ярим ўтказгичлар кристалл, аморф ва суюқ бўлади. Ярим ўтказгичли техникада асосан кристалл ярим ўтказгичлар (10^{10} асосий модда таркибида бир атомдан ортиқ бўлмаган киритма монокристаллари) қўлланилади. Одатда ярим ўтказгичларга солиштирма электр ўтказувчанлиги σ металллар ва диэлектриклар оралиғида бўлган ярим ўтказгичлар киради (уларнинг номи ҳам шундан келиб чиқади). Хона температурасида уларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги 10^{-8} дан 10^5 гача См/м (метрга Сименс)ни ташкил этади. Металларда $\sigma = 10^6$ - 10^8 См/м, диэлектрикларда эса $\sigma = 10^{-8}$ - 10^{-13} См/м. Ярим ўтказгичларнинг асосий хусусияти шундаки, температура ортган сари уларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги ҳам ортиб боради, металлларда эса камаёди. Ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги ёруғлик билан нурлантириш ва ҳатто жуда кичик киритма миқдорига боғлиқ. Ярим ўтказгичларнинг хоссалари **қаттиқ жисм зона назарияси** билан тушунтирилади.

Ҳар бир қаттиқ жисм кўп сонли бир-бири билан кучли ўзаро таъсирлашаётган атомлардан таркиб топган. Шу сабабли бир бўлак қаттиқ жисм таркибидаги атомлар мажмуаси ягона тузилма деб қаралади. Қаттиқ жисмда атомлар боғлиқлиги атомнинг ташқи қобиғидаги электронларни жуфт бўлиб бирлашишлари (валент электронлар) натижасида юзага келади. Бундай боғланиш **ковалент боғланиш** деб аталади.

Атомдаги бирор электрон каби валент электрон энергияси W ҳам дискрет ёки квантланган бўлади, яъни электрон **энергетик сатҳ** деб аталувчи бирор рухсат этилган энергия қийматига эга бўлади. Энергетик сатҳлар электронлар учун таъқиқланган энергиялар билан ажратилган. Улар **таъқиқланган зоналар** деб аталади. Қаттиқ жисмларда қўшни электронлар бир-бирига жуда яқин жойлашганлиги учун, энергетик сатҳларни силжиши ва ажралишига олиб келади ва натижада **рухсат этилган энергетик зоналар** юзага келади. Энергетик зонада рухсат этилган сатҳлар сони кристалдаги атомлар сонига тенг бўлади. Рухсат этилган зоналар кенглиги одатда бир неча электрон – вольтга тенг (электрон – вольт – бу 1В га тенг бўлган потенциаллар фарқини енгиб ўтган электроннинг олган энергияси). Рухсат этилган зонадаги минимал энергия сатҳи **туби** (W_c), максимал энергия эса **шипи** (W_v) деб аталади.

1.1-расмда ярим ўтказгичнинг зона диаграммаси келтирилган. Таъқиқланган зона кенглиги ΔW_t ярим ўтказгичнинг асосий параметри бўлиб ҳисобланади.



1.1 – расм.

Яримўтказгичларда тақиқланган зона кенглиги деб аталувчи W_g параметр энг муҳим параметр ҳисобланади. Температура ортиши билан тақиқланган зона кенглиги камайиб боради.

Электроникада кенг қўлланиладиган ярим ўтказгичларнинг таъқиқланган зона кенгликлари ΔW_t (эВ) қуйидагига тенг: германий учун – 0,67, кремний учун – 1,12 ва галлий арсениди учун -1,38.

Диэлектрикларда таъқиқланган зона кенглиги $\Delta W_t \geq 2$ эВ, металлларда эса рухсат этилган зоналар бир – бирига кириб кетган бўлади, яъни мавжуд эмас.

Юқоридаги рухсат этилган зона **ўтказувчанлик зонаси** деб аталади, яъни мос энергияга эга бўлган электронлар, ташқи электр майдони таъсирида ярим ўтказгич ҳажмида ҳаракатланишлари мумкин. Бунда улар электр ўтказувчанлик юзага келтирадилар. Ўтказувчанлик зонасидаги бирор энергияга мос келадиган электронлар **ўтказувчанлик электронлари** ёки **эркин заряд ташувчилар** деб аталадилар. Қуйидаги рухсат этилган зона **валент зона** деб аталади.

Абсолют ноль температурада (0 К) ярим ўтказгичнинг валент зонасидаги барча сатҳлар электронлар билан тўлган, ўтказувчанлик зонасидаги сатҳлар эса электронлардан холи бўлади.

Абсолют нолдан фарқли температураларда яримўтказгичда электрон – ковак жуфтликларининг генерация ва рекомбинацияси ҳамда киритмалар атомларининг ионлашуви ва нейтраллашуви содир бўлади. Бунда электронлар W энергияли у ёки бу энергетик сатҳларни эгаллайдилар. Мувозанат ҳолатда ($T = \text{const}$) ўтказувчанлик электронлари ва ковакларининг ўзгармас концентрациялари юзага келади.

1.2-расмда металл, яримўтказгич ва диэлектрикнинг $T = 0$ Кдаги зона диаграммалари келтирилган.

Металлларда ўтказувчанлик зонаси валент зонасига киришиб кетган бўлади. Диэлектрикларда эса таъқиқланган зона кенглиги бир неча электрон- вольтни (электрон – вольт, бу электрон 1 В потенциаллар фарқидан олган энергияси) ташкил этади. Энг кенг қўлланиладиган ярим ўтказгичларнинг тақиқланган зона кенглиги $0,5 \div 2,5$ эВ ни ташкил этади.



Энергетик сатҳларнинг эгалланганлик ҳолати кристаллларнинг электр ўтказувчанлигида намоён бўлади. Ташқи манъба ҳисобига кристаллда электр токи юзага келтириш учун электр майдон ҳосил қилинади. Бу майдон электронларни тезлатади ва уларни энергиясини оширади. Зона диаграммаси тилида бу жараён **электронларни қўзғатилиши** дейилади. Бунда электронлар дастлабки эгаллаб турган энергетик сатҳдан зонанинг бошқа юқорироқ сатҳига кўчади. Электронлар билан буткул тўлган зонадаги электронлар ўз энергияларини ўзгартира олмайдилар ва шу сабабли электр токи ҳосил қилишда иштирок эта олмайдилар. Демак, $T=0$ К да ярим ўтказгичнинг электр ўтказувчанлиги нольга тенг

Назорат саволлари:

1. Яримўтказгичларнинг ўзига хос хусусиятларини айтиб беринг.
2. Яримўтказгич энергетик зоналар диаграммасини тушунтиринг.
3. Эркин заряд ташувчи (ЭЗТ) деб нимага айтилади ?
4. Диэлектрикларнинг хусусиятларини айтиб беринг.
5. Диэлектрик энергетик зоналар диаграммасини тушунтиринг.
6. Ўтказгичларнинг хусусиятларини айтиб беринг.
7. Ўтказгичлар энергетик зоналар диаграммасини тушунтиринг.

2 – маъруза

ЯРИМ УТКАЗГИЧЛАРДА КАНТАКТ ХОДИСАЛАРИ

- Режа:** 1.Мувзонат ҳолатда р-п утиш.
2.Генерация ва рекомбинация жараёни
3.Номувзонат ҳолатда р-п утиш.

Ярим ўтказгичли асбобларнинг кўпчилиги бир жинсли бўлмаган ярим ўтказгичлардан тайёрланади. Хусусий ҳолатда бир жинсли бўлмаган ярим ўтказгич бир соҳаси р–турдаги, иккинчиси эса – п турдаги монокристалдан ташкил топади.

Бундай бир жинсли бўлмаган ярим ўтказгичнинг р ва п – соҳаларнинг ажралиш чегарасида ҳажмий заряд қатлами ҳосил бўлади ва бу соҳалар чегарасидаги ички электр майдони юзага келади ва бу қатлам *электрон – ковак ўтиш ёки р-п ўтиш* деб аталади. Кўп сонли ярим ўтказгичли асбоблар ва интеграл микросхемалар ишлаш принципининг р-п ўтиш хоссаларига асосланган.

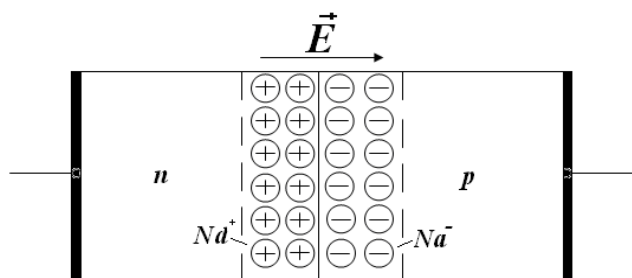
Р-п ўтиш ўтиш ҳосил бўлиш механизмини кўриб чиқамиз. Соддалик учун, п – соҳадаги электронлар ва р – соҳадаги коваклар сонини тенг оламиз. Бундан ташқари, ҳар бир соҳада унча катта бўлмаган асосий бўлмаган заряд ташувчилар миқдори мавжуд. Хона температурасида р – турдаги ярим ўтказгичда акцептор манфий ионларининг концентрацияси N_a коваклар концентрацияси p_p га, п – турдаги ярим ўтказгичда донор мусбат ионларининг концентрацияси N_d электронлар концентрацияси n_n га тенг бўлади. Демак, р- ва п – соҳалар ўртасида электронлар ва коваклар концентрациясида сезиларли фарқ мавжудлиги туфайли, бу соҳалар бирлаштирилганда электронларнинг р – соҳага, ковакларнинг эса п – соҳага диффузияси бошланади.

Диффузия натижасида п– соҳа чегарасида электронлар концентрацияси мусбат донор ионлари концентрациясидан кам бўлади ва бу соҳа мусбат зарядлана бошлайди. Бир вақтнинг ўзида р- соҳа чегарасидаги коваклар концентрацияси камайиб боради ва у акцептор киритмаси билан компенсацияланган ион зарядлари ҳисобига манфий зарядлана бошлайдилар (3.1 –расм). Плюс ва минусли айланалар мос равишда донор ва акцептор ионларини тасвирлайди.

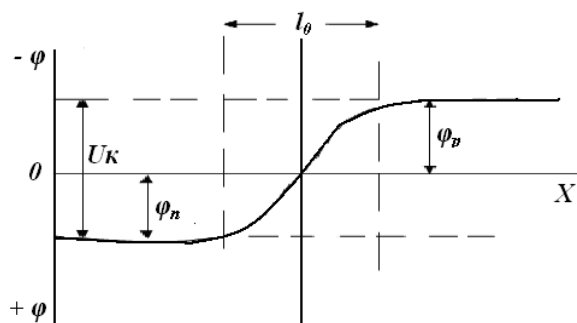
Ҳосил бўлган икки ҳажмий заряд қатлами р-п ўтиш деб аталади. Бу қатлам ҳаракатчан заряд ташувчилар билан камбағаллаштирилган. Шунинг учун унинг солиштира қаршилиги р- ва п – соҳа қаршиликларига нисбатан жуда катта. Баъзи ҳолларда адабиётларда бу қатлам *камбағаллашган ёки i – соҳа* деб аталади.

Ҳажмий зарядлар турли ишораларга эга бўладилар ва p-n ўтишда кучланганлиги $\vec{E}$ га тенг бўлган электр майдон ҳосил қиладилар. Асосий заряд ташувчилар учун бу майдон тормозловчи бўлиб таъсир кўрсатади ва уларни p-n ўтиш бўйлаб эркин ҳаракат қилишларига қаршилик кўрсатади. 3.1 б-расмда ўтиш юзасига перпендикуляр бўлган, X ўқи бўйлаб потенциал ўзгариши кўрсатилган. Бу вақтда ноль потенциал сифатида чегаравий соҳа потенциали қабул қилинган.

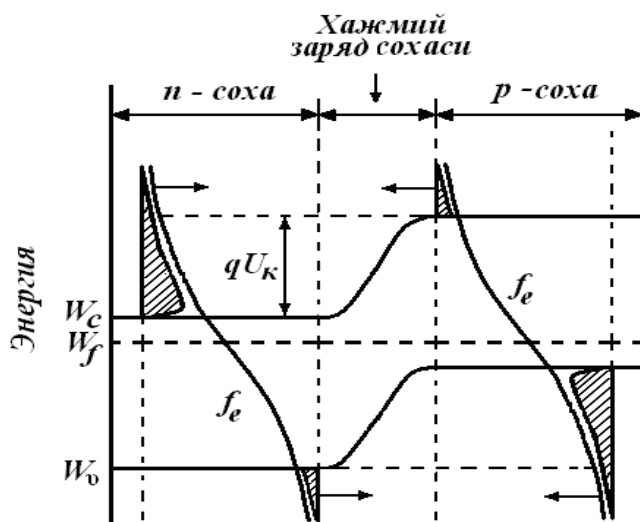
а)



б)



в)



3.1 – расм.

Расмдан кўришиб турибдики, р-п ўтишда вольтларда ифодаланадиган **контакт потенциаллар фарқи**га $U_K = \varphi_n - \varphi_p$ тенг бўлган потенциал тўсиқ юзага келади. U_K катталиги дастлабки ярим ўтказгич материал таъқиқланган зона кенглиги ва киритма концентрациясига боғлиқ бўлади. Кўпгина р-п ўтишлар контакт потенциаллар фарқи: германий учун $U_K \approx 0,35$ В, кремний учун эса $= 0,7$ В.

Р-п ўтиш кенглиги $l_0 \sqrt{U_K}$ га пропорционал бўлади ва мкмнинг ўнлик ёки бирлик қисмларини ташкил этади. Тор р-п ўтиш ҳосил қилиш учун катта киритма концентарцияси киритилади, l_0 ни катталаштириш учун эса кичик киритмалар концентрацияси қўлланилади.

Р-п ўтиш токлари. $U_i = \frac{U_R}{q}$ энергияга эга бўлган кўпгина заряд ташувчилар (3.1- расмга қаранг) р-п ўтиш орқали кўшни соҳаларга диффузия ҳисобига р-п ўтиш майдонига қарама – қарши равишда силжийдилар. Улар **диффузия токини** юзага келтирадилар. Асосий заряд ташувчиларнинг р-п ўтиш орқали ҳаракати билан бир вақтда, р-п ўтиш улар учун тезлатувчи бўлиб таъсир кўрсатаётган майдон таъсирида асосий бўлмаган заряд ташувчилар ҳам ҳаракатланадилар. Асосий бўлмаган заряд ташувчилар оқими **дрейф токини** юзага келтиради. Ташқи майдон таъсир эттирилмаганда динамик мувозанат ўрнатилади, яъни диффузия ва дрейф токларининг абсолют қийматлари тенг бўлади. Лекин диффузия ва дрейф токлари ўзаро қарама – қарши йўналишда йўналганлиги учун, р-п ўтишдаги натижавий ток нольга тенг бўлади.

Р-п ўтиш сиғими. Паст частоталарда р-п ўтиш токи фақат электрон – ковак ўтишнинг актив қаршиликлари ҳамда ярим ўтказгичнинг р ва п –соҳаларининг қаршилиги (r_b) билан аниқланади. Юқори частоталарда р-п ўтишнинг инерцияси унинг сиғими билан аниқланади. Одатда р-п ўтишнинг иккита асосий сиғими ҳисобга олинади: диффузия ва тўсиқ.

Тўғри уланган р-п ўтишда кўшни соҳаларга асосий бўлмаган заряд ташувчилар инъекцияланади. Натижада р-п ўтишнинг юпқа чегараларида қиймати жиҳатидан тенг лекин қарама-қарши ишорага эга бўлган қўшимча асосий бўлмаган заряд ташувчилар $Q_{\text{диф}}$ юзага

келадилар. Кучланиш ўзгарса инъекцияланаётган заряд ташувчилар сони, демак заряд ҳам ўзгаради. Берилаётган кучланиш таъсиридаги бундай ўзгариш, конденсатор қопламаларидаги заряд ўзгаришига айнан ўхшайди. Базага асосий бўлмаган заряд ташувчилар диффузия ҳисобига тушганликлар сабабли, бу сиғим **диффузия сиғими** деб аталади ва қуйидаги ифодадан аниқланади

$$C_{дф} = \frac{qI\tau}{kT} . \quad (3.1)$$

(3.1) ифодадан кўриниб турибдики, р-п ўтишдан оқиб ўтаётган ток ва базадаги заряд ташувчиларнинг яшаш вақти τ қанча катта бўлса, диффузия сиғими ҳам шунча катта бўлади

Икки электр қатламга эга бўлган электрон – ковак ўтиш зарядланган конденсаторга ўхшайди. Ўтиш сиғими ўтиш юзаси S , унинг кенглиги ва диэлектрик доимийси ϵ билан аниқланади. Ўтиш сиғими **тўсиқ сиғими** деб аталади ва қуйидаги ифодадан аниқланади

$$C_{Б0} = S \sqrt{\frac{\epsilon_0 \epsilon q N d}{2U_K \left(1 + \frac{Nd}{Na}\right)}} . \quad (3.2)$$

Ўтишга кучланиш берилса, бу вақтда ўтиш кенглиги ўзгарганлиги сабабли, сиғим ҳам ўзгаради. Сиғимнинг берилаётган кучланиш U қийматига боғлиқлиги қуйидагича

$$C_B = C_{Б0} \sqrt{\frac{U_K}{U_K \pm U}} . \quad (3.3)$$

Тўғри уланган ўтишда мусбат ишораси, тескари уланганда эса манфий ишора олинади. C_B берилаётган кучланишга боғлиқлиги сабабли р-п ўтишни ўзгарувчан сиғимли конденсатор сифатида қўллаш мумкин.

Тўғри кучланиш берилганда диффузия сиғими тўсиқ сиғимидан анча катта бўлади, тескари кучланишда эса тескари. Шунинг учун тўғри кучланиш берилганда р-п ўтиш инерцияси диффузия сиғими билан, тескари уланганда эса – тўсиқ сиғими билан аниқланади.

Назорат саволлари:

1. p-n ўтиш деб нимага айтилади ва у қандай аниқланади ?
2. p-n ўтиш тўғри ва тескари силжитилганда унинг ичида қандай ҳодисалар рўй беради ?
3. Инжекция ва экстракция ҳодисаларини тушунтиринг.
4. Ўтишдаги кучланиш ўзгарганда инжекция ва экстракция токлари қандай ўзгаради ?
5. Нима сабабдан p-n ўтиш барьер сифими деб аталувчи сифимга эга ?
6. Тескари кучланиш ортганда p-n ўтишнинг барьер сифими қандай ўзгаради?
7. p-n ўтишнинг диффузия сифими нима ҳисобига ҳосил бўлади ?
8. Реал p-n ўтиш тузилмаси идеаллаштирилган p-n ўтишдан нимаси билан фарқ қилади ?
9. p-n ўтиш токи температурага қандай боғлиқ?

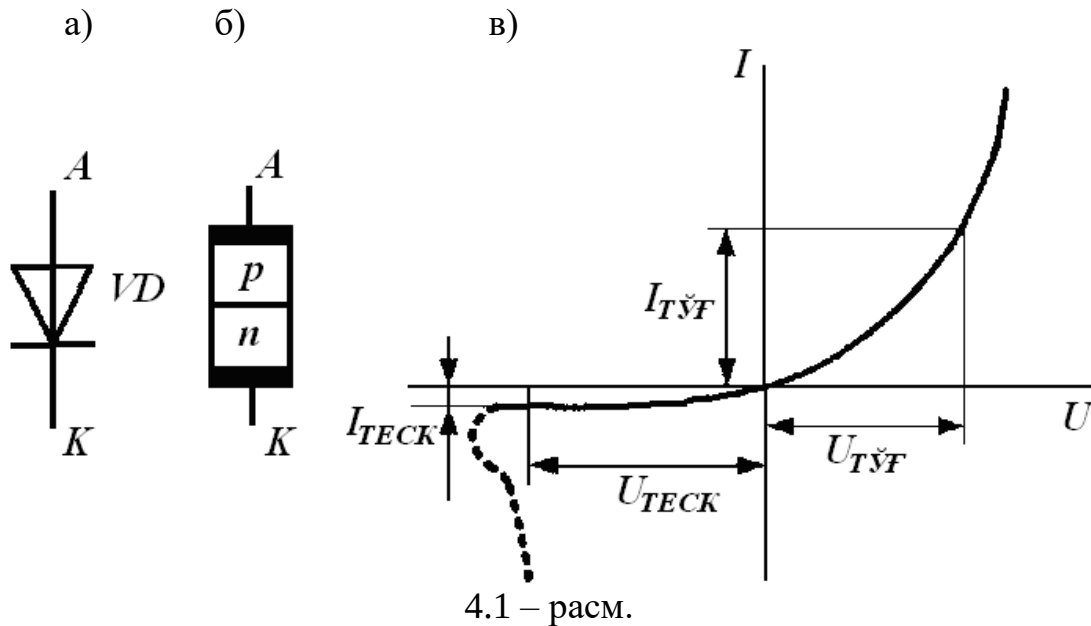
3 – маъруза
ЯРИМ УТКАЗГИЧ ДИОДЛАР

- Режа:**
- 1.Тугриловчи диод
 - 2.ВАХва параметрларининг температурага боғликлиги
 - 3.Диод модели

Яримўтказгич диод деб бир (ёки бир неча) электр ўтишларга эга икки электродли электрон асбобга айтилади. Диодлар радиоэлектрон қурилмаларда ишлатилиши ва бажарадиган вазифасига мувофиқ таснифланадилар.

Барча яримўтказгич диодларни икки гуруҳга ажратиш мумкин: тўғриловчи ва махсус вазифаларни бажарувчи. **Тўғриловчи диодлар** ўзгарувчан токни ўзгармас токка ўзгартириш учун қўлланади. Тўғриланувчи ток шакли ва частотасига боғлиқ ҳолда улар паст частотали, юқори частотали ва импульс диодларга ажратилади. **Махсус вазифаларни бажарувчи диодлар**да p-n ўтишларнинг турли электрофизик хусусиятларидан, масалан, тешилиш ҳодисаларидан, фотоэлектрик ҳодисалардан, манфий қаршиликка эга соҳалари мавжудлигидан ва бошқалардан фойдаланилади. Махсус вазифаларни бажарувчи диодлар, хусусан, ўзгармас кучланишни барқарорлаш, оптик нурланишни қайд этиш, электр схемаларда сигналларни

шакллантириш ва бошқа вазифаларни амалга ошириш учун қўлланилади.



Яримўтказгич диодларнинг электр схемаларда шартли белгиланиши 4.1 а - расмда, унинг тузилмаси кўриниши б – расмда келтирилган. Расмларда диоднинг чиқишлари А ва К кўрсатилган бўлиб, улар диоднинг электродлари деб аталади. Диоднинг p – томонига уланган электрод анод деб, n – томонига улангани эса – катод деб аталади. Диоднинг статик ВАХи в – расмда келтирилган.

Яримўтказгич диоднинг тўғри ва тескари йўналишларидаги қаршиликлари бир – биридан кескин фарқ қилади: тўғри йўналишда силжитилган диоднинг қаршилиги қиймати кичик, тескари силжитилган диодники эса – катта бўлади. Шу сабабдан диод бир томонга электр токини яхши ўтказади, иккинчи томонга эса – ёмон ўтказади.

Диодни асосий параметрлари:

1. Статик қаршилик $R_{ст} = \frac{u_d}{i_d}$ [Ом] ;

2. Дифференциал қаршилик $r_{диф} = \frac{\Delta u}{\Delta i}$ [Ом] ;

3. Характеристика тиклиги $S = \frac{\Delta i}{\Delta u}$ [А/В] .

Тўғриловчи диодлар кучланиш манбаи ўзгарувчан кучланишини ўзгармасга ўгиришда қўлланилади. Тўғриловчи диодларнинг асосий хоссаси – бир томонлама ўтказувчанлик бўлиб, унинг мавжудлиги тўғрилаш эффекти билан аниқланади.

Тўғриловчи диодларнинг ишлатилиш частота диапазони жуда кенг. Шу сабабли улар ишчи частота диапазони бўйича синфланадилар.

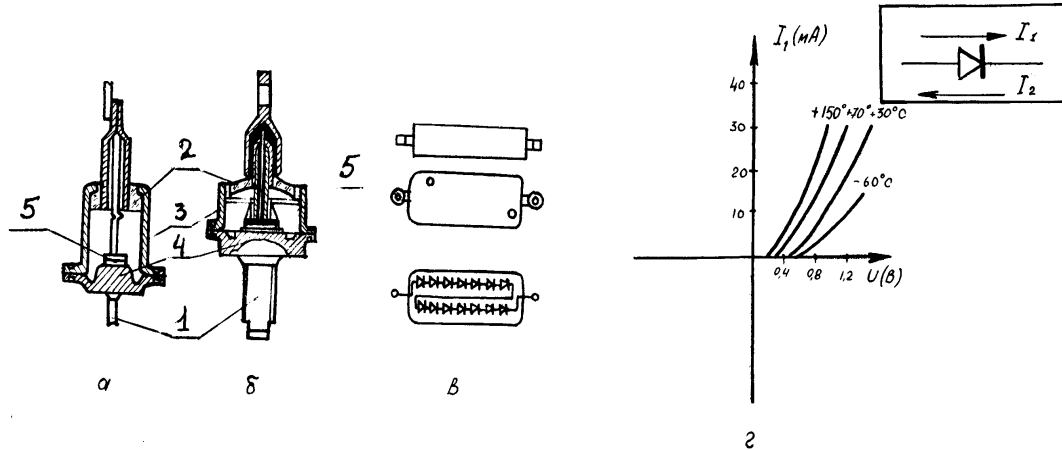
Паст частотали тўғриловчи диодлар (ПЧ диодлар) саноат частотасидаги (50 Гц) ўзгарувчан токни ўзгармасга ўгиришда қўлланилади. ПЧ диодларига қўйиладиган асосий талаб – бу катта қийматга эга бўлган тўғриланган тоқлар олиш. Тўғриловчи диодлар одатда 0,3 А гача, 0,3 А дан 10 А гача ва 10 А дан юқори бўлган тўғриланган тоқларга мўлжалланган кичик, ўрта ва катта қувватли диодларга бўлинади. ПЧ диодлари катта р-п ўтиш билан характерланадилар.

Юқори частотали тўғриловчи диодлар (ЮЧ диодлар) ўн ва юз мегагерц частотагача бўлган сигналларни нозизиқли электр ўзгартиришга мўлжалланган. ЮЧ диодлари юқори частота сигналлари детекторлари, аралаштиргичлар, частота ўзгартиргич схемалар ва бошқаларда қўлланилади. Юқори частота диодлари кичик инерцияга эга, чунки кичик юзага эга бўлган нуқтавий р-п ўтишга эга ва шу сабабли уларнинг тўсиқ сифими пикофараднинг бир қисмини ташкил этади.

Турли тугрилагич схемаларида ясси юзали диодлар ишлатилади. Бунинг учун котишма ёки диффузион технология усули билан олинган ясси юзали кремний диодлари, тугрилагич устунчалари кенг ишлатилади. Диодлар ʼаммаси катта юзали "р - п" утишга эга булиб, тугри йуналишда катта (50А гача булган) тоқларни утказиш хусусиятига эга. Тугрилагич устунчалари кетма - кет уланган бир хил типли диодлардан иборат булиб, пластмасса корпусга жойлаштирилади. Устунчалар катта (15000В гача) тескари кучланишга мулжалланган булиб, радиоэлектрон асбобларнинг юқори кучланишли блокларида кенг кулланилади. 1.11 -расмда кремний асосли ясси юзали тугрилагич диодлари ва устунчаларининг (В) тузилиши, волрт - ампер характеристикалари (ВАХ) оиласининг харакатига боғликлиги

курсатилган. Бундай диодларнинг асосий параметрлари булиб куйидагилар хисобланади:

1. Максимал рухсат этилган тугри ток.
2. Тугри кучланиш.
3. Берилган тескари кучланишдаги тескари ток.
4. Рухсат этилган максимал тескари кучланиш.
5. Ишчи диапазон харакати.



1.11– расм. Тугрилагич диодлар ва устунчалар: а – кавшарланган камкуватли кремнийли диод: 1 – чизик, 2 – шиша изолятор, 3 – корпус, 4 – кристалл туткич, 5 – алюминий сим, 6 – кристалл, 7- кавшар; б – кувватли тугрилагич диоди: 1 – чизиклар, 5 – ковшар, 6 – кристалл туткич; в – тугрилагич. устунча, германий (z) ва кремний (d) ясси тугрилагич диодларининг иш харакати буйича ВАХи.

Назорат саволлари:

1. Яримўтказгич диод деганда нимани тушунасиш ?
2. Яримўтказгич диодларни қандай гуруҳларга ажратиш мумкин ?
3. Яримўтказгич диод ВАХини чизинг ва тушунтиринг.

4. Диодни асосий параметрларини айтиб беринг.
5. Диодларни қўлланиш соҳаларини айтиб беринг.

4 – маъруза

СТАБИЛИТРОНЛАР

Режа: 1.Умумий маълумотлар
2.Стабилитрон ВАХ
3.Асосий параметрлари

Стабилитрон - ярим ўтказгичли диод бўлиб, унинг ишлаш принципи р-п ўтишга тескари кучланиш берилганда электр тешилиш соҳасида токнинг кескин ортиши кучланишнинг унча катта бўлмаган ўзгаришига олиб келишига асосланган. Стабилитроннинг шартли белгиси 5.1.б –расмда келтирилган. Стабилитрон схемаларда кучланишни барқарорлаш учун ишлатилади.

Стабилитроннинг асосий параметри бўлиб, токнинг $I_{СТ.min}$ дан $I_{СТ.max}$ гача кенг ўзгариш оралиғида барқарорлаш кучланиши $U_{СТ}$ ҳисобланади (5.1. а- расм).

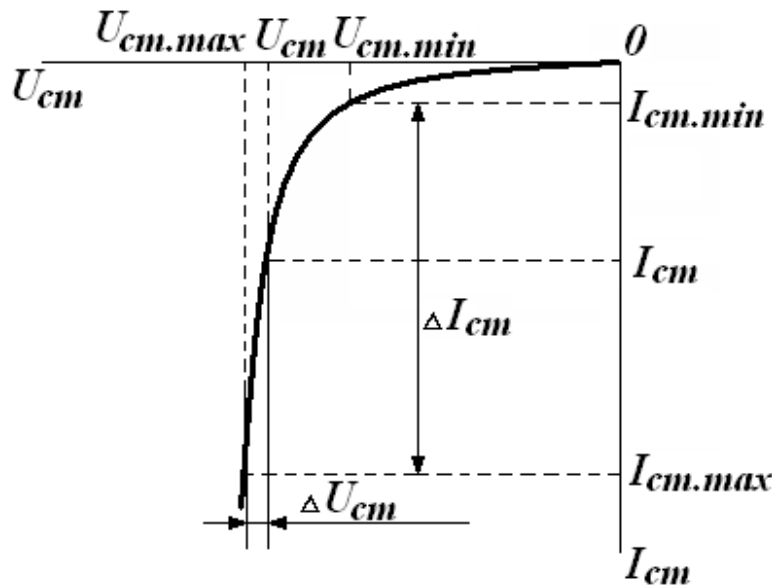
Стабилитрон ВАХ сидаги ишчи соҳа электр тешилиш соҳасида жойлашади. Барқарорлаш кучланиши диод базасидаги киритма концентрацияси билан аниқланадиган р-п ўтишга боғлиқ. Агар юқори концентрацияга эга бўлган ярим ўтказгич қўлланилса, у ҳолда р-п ўтиш тор бўлади ва туннель тешилиш кузатилади. $U_{СТ}$ ишчи кучланиши 3-4 В дан ошмайди.

Юқори вольтли стабилитронлар кенг р-п ўтишга эга бўлиши кеоак, шунинг учун улар кучсиз легирланган кремний асосида ясаладилар. Уларда кўчкисимон тешилиш содир бўлади, барқарорлаш кучланиши эса 7 В дан ортмайди. $U_{СТ}$ 3 дан 7 В гача бўлган ораликда тешилишнинг иккала механизми ишлайди. Саноатда барқарорлаш кучланиши 3 дан 400 В гача бўлган стабилитронлар ишлаб чиқарилади.

Стабилитроннинг электр тешилиш соҳасидаги дифференциал қаршилиги r_d барқарорлаш даражасини характерлайди. Бу қаршилиқ қиймати диоддаги кичик кучланиш ўзгариши қийматининг диод токи

ўзгаришига нисбати билан аниқланади (5.1. а- расм). r_D қиймати қанча кичик бўлса, барқарорлаш шунча яхши бўлади.

$$r_D = \frac{\Delta U_{CT}}{\Delta I_{CT}}$$



5.1 - расм

Стабилитроннинг асосий параметри бўлиб барқарорлаш кучланишининг температура коэффиценти (КТК) ҳисобланади. КТК – бу температура бир градусга ўзгарганда барқарорлаш кучланишининг нисбий ўзгариши. Кўчкисимон тешилиш кузатиладиган кичик вольтли стабилитронлар одатда мусбат КТКга эга. КТК қиймати одатда 0,2 -0,4 % /град дан ошмайди.

Стабилитронлар диодларга электр бузилишларининг ыайтар бщлиши катта амалий аъамиятга эга. Чунки бунда тескари токнинг бирор кичик ыййматдан бошлаб диоддаги потенциал тушувчи токка боълиы бщлмай ыюлади. Яримщтказгичли диоднинг бу хусусият уни кучланиши стабилизацияловчи элемент сифатида ишлатиш имконини беради. Бундай яримщтказгичли диодлар стабилитронлар деб аталади.

Стабилитрон кучсимон ёриб щтиш ходисасига асосланиб ишлайди. Стабилитрон ыщйилган тескари йщналишдаги кучланиш орттириб борилса, диоддан щтадиган тескари ток миьдори жуда кичик бщлганлигидан, схеманинг чиьишидан кучланиш ьам ортиб боради. Кучланиш миьдори кучсимон ёриб щтиш миьдрорига ётганда диоддан щтаётган ток кескин ортиб кетади. Чиьиш кучланиши эса бир оз камаяди. Кириш кучланишнинг бундан кейинги ортиши стабилитрон орыали щтувчи токни оширишга сарфланади ва чиьиш кучланиши деярли щзгармайди. Бу

оралиыга тцъри келган чийиш кучланиши, стабилитроннинг стабилизациялаш кучланиш деб аталади.

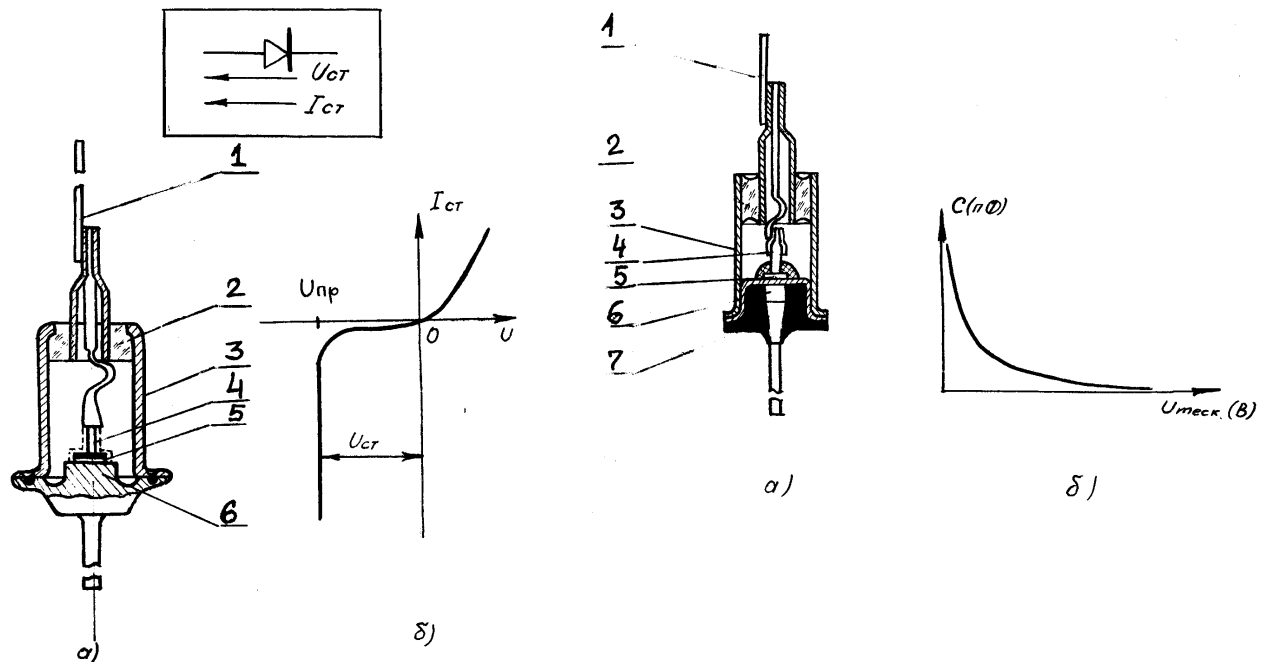
Стабилитронлар стабиллаштириш ва импулрсларни амплитуда ыйймати бцйича чеклаш учун мцлжалланган. Булардан ташыари, уларни берилган кучланишнинг таянч манбалари сифатида ьам ишлатиш мумкин.

Стабилитроннинг тузилиши ва унинг ВАХ -лари 1.12 - расмда кцрсатилган. Стабилитрон диод учун асосий материал сифатида акцептор аралашмали алюминий эритиб киритилган "п" - типли кремний пластинкаси олинади. "Р-п" - щтишли кристаллни герметик берк металл экран ичига жойлаштирилади. ВАХ-нинг тескари токлар соьасига тцъри келган ьисми токлар щыига параллел бцлган тик тцъри чизиы, кщринишида бцлади. Демак, ток кенг чегараларда щзгарганда ьам, стабилитрон кучланиши деярли, щзгармайди. Стабилитронлар кетма - кет уланганда, умумий кучланиш айрим стабилитронлар кучланишларининг алгебраик йиьиндисига тенг.

$$U_{cm} \text{ умум} = U_{cm1} + U_{cm1} + \dots + U_{cm1}$$

Стабилитроннинг параметрлари куйидагилар:

1. Стабилизация кучланиши.
2. Стабиллашган кучланишнинг харакат коэффиценти.
3. Дифференциал каршилиги.



1.12 - расм. Кремнийли

стбилитроннинг конструкцияси (а)

ва ВАХи (б);

1,8 – ташки чизик, 2 – трубка, 3 –

изоляциятор, 4 – корпус, 5 – ички

чизик, 6 – кристалл, 7 – кристалл

туткич.

1.13 - расм. Варикап конструкцияси

(а) ва ВФХ и (б);

1 – чизиклар, 2 – ички чизиклар, 3 – корпус, 4 –

ички контакт, 5 – кристалл, 6 – сурма олтин

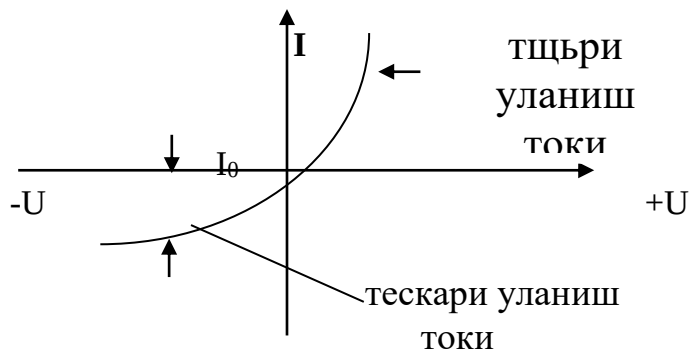
котишмаси, 7 – кристалл туткич.

5 – маъруза ДИОДЛАРНИ ТУРЛАРИ

- Режа:** 1. Умумий маълумотлар
2. Шоттки барьерли диодлар
3. Асосий параметрлари

Яримўтказгичли диод деб, мавжуд технологик усулларида бири-бири билан «p-n» - штиш ʻосил ʻилинган яримўтказгич кристаллига айтилади.

1.8- расмда «p-n» - штиш эга бўлган яримўтказгичли диоднинг вольт-ампер характеристикаси келтирилган.



1.8 -расм «р-п» - щтиш
волрт –ампер характеристики

ВАХ жуда куп факторларга боглик. Масалан, ташки харакатга, контакт сохасининг геометрик улчамларига, ток тошувчилар микдорига, тескари кучланиш катталигига ва х.к.

Амалий жиъатдан бу факторларнинг тескари токка таосири катта аъамиятга эга. Масалан, муъит хароратининг кутарилиши ёки тескари кучланишнинг бирор кийматгача оширилиши тескари токнинг бирданига купайиб кетишига, натижада р-п утишнинг бузилишига (куйишига) сабаб булади.

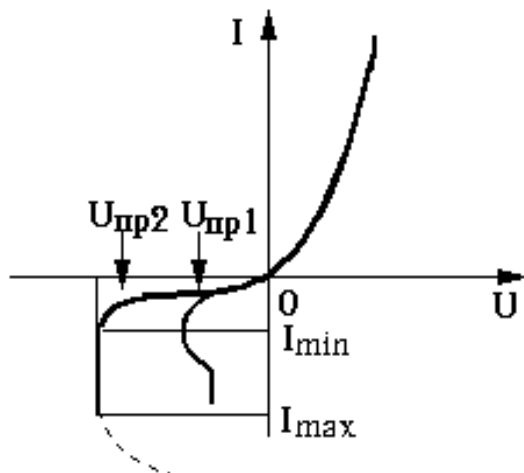
Умуман олганда р-п – щтишнинг бузилиши (емирилиш) турлари хилма-хил бщлади. Шулардан иссиылик ва электр бузилишини кщрайлик.

Иссиылик бузилиши солиштирма ыаршилиги етарлича катта ва р-п щтиш соъаси кенг бщлган яримщтказгичларда кузатилади. Ярим щтказгичнинг ыизиши билан кристалл панжаранинг иссиылик ъаракати ортади ва кщплаб электронлар валент боъланишларини узиб еркин электронга айланади. Натижада кристаллнинг хусусий щтказувчанлиги ортади. Бунда яримщтказгичнинг ыизиши фаъят ташыи муъит ъароратининг ортиши билан белгиланмайди. р-п щтишдан щтадиган ток ъам унинг ыизишига олиб келади. Агар р-п щтишда ажраладиган иссиыликни йщьютиш чораси кщрилмаса, иссиылик бузилиши майдон кучланганлигининг кичик ыйматларида ъам содир бщлиши мукин.

Электр бузилиши асосий бщлмаган ток ташувчилар сонининг яримщтказгич ъажмидаги электр майдон кучлаганлиги ортиши туфайли кщпайишга боълиы. Бунда майдон кучланганлиги ортиши билан ток ташувчиларнинг ъаракат тезлиги ортади. Натижада урилиш туфайли ионланишнинг кучкисимон кщпайиши вужудга келади. У р-п щтишнинг бузилишига олиб келади. Иккинчи томондан, майдон кучланганлигининг ортиши автоэлектрон эмиссия ъодисасига ъам сабаб бщлади. Бунинг натижасида ъам бузилиш содир бщлади.

Кенг р-п щтишда диодларда урилиш ионланиши туфайли, тор р-п щтишли диодларда эса, автоэлектрон эмиссия туфайли бузилиши содир бщлади.

Электр бузилишининг иссиылик бузилишидан фарыи шундаки, унда кучланиш щзгаришининг бирор оралиъида тескари ток кучланишига боълиы бщлмай ыолади ва жараён ыайтар бщлади, яони майдон кучланганлиги йщьюлиши билан бошланъич ъолат тикланади.



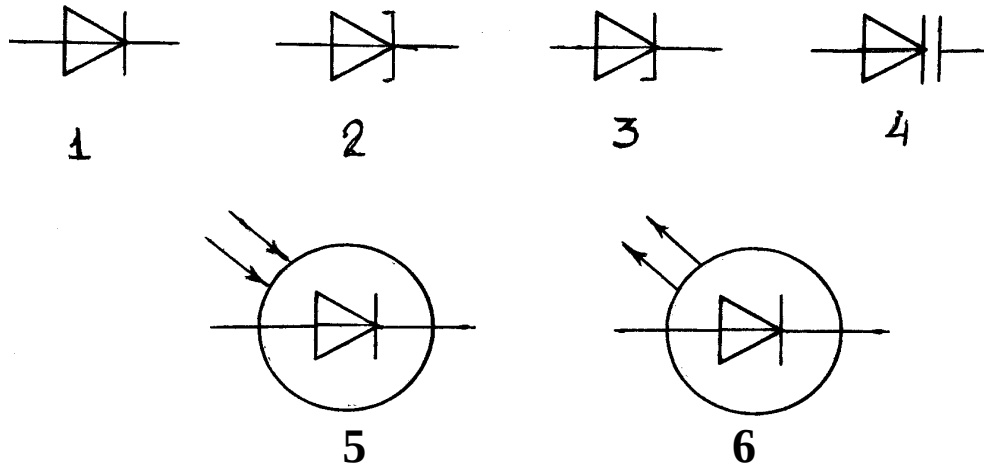
1.9 - расм. Яримштакзгичли диоднинг тўғрисида вольт-ампер характеристикаси.

1.9 - расмда яримштакзгичли диоднинг тўғрисида вольт-ампер характеристикаси кўрсатилган. Унда 1-чиизи иссиылик бузилиш, 2-чиизи эса электр бузилишини кўрсатади. Контакт сохасининг кенглигига ыараб яримштакзгичли диодлар нуытавий ва ясси диодларга ажратилади. Биз танишган диодлар ясси диодлардир. Улардан тўғрисида токнинг катталиги контакт юзаси кенглигига боьлиы бўшлиб, ыйймати бир неча миллиампердан бир неча юз ампергача етади.

Нуытавий диодларнинг контакт юзаси жуда кичик бўлади. Улар нуытавий контактли пайвандлаш йўли билан ўосил ыилинади. Нуытавий диодларнинг ясси диодлардан афзаллиги шундаки, уларнинг p-n штиш сиьими жуда кичик бўлади. Шунинг учун уларни юьори частотали ыурилмаларда ишлатиш мумкин.

Їозирги пайтда инфраьизил, ултрабинафша ва кўринувчи нурлар спекторини сезувчи оптоэлектрон диодлар катта ыизиьиш уйьотмоьда.

1.10 - расмда диодларнинг схемадаги шартли белгиланиши келтирилган.



1.10 - расм. Яримштокказгич диодларининг график белгиланиши. 1 – диод, 2 – туннелли диод, 3 – стабилитрон, 4 – варикап, 5 – фотодиод, 6 – светодиод..

ГОСТ 10862 - 72 га мувофиқи, диодлар ыуидагича маркировка ыилинади: биринчи элемент (ъарф ёки раъам) фойдаланилган яримштокказгич материални билдиради. Г ёки I - германий; К ёки 2 - кремний; А ёки 3 - галлий арсенид. Иккинчи элемент (ъарф) диодларнинг классини кшрсатади. Ц - тшърилагич устунчалари; С - стабилитронлар; В - варикаплар; И - туннелли диод; А - ёруълик диодлари; ОД - оптронлар ва ўказо.

Учинчи элемент (сон) диоднинг хусусиятини аниълайди. Тшъртинчи ва бешинчи элементлар (сонлар) диодларнинг технологик ишлаб чиъариш тартибини (0,1 дан 99 гача) белгилайди. Олтинчи элемент (ъарф) диоднинг параметрик группасини аниълайди (параметрлар справочникдан олинади). Масалан: "Г Д 10 7 А" ыуидагича тушунтирилади: германий кристаллидан тайёрланган (Г) ярим- штокказгичли нуътавий (Д), кичик ыувватли (I), 7 ишлаб чиъаришда (07), "А" группа (тшърри ток $\leq 0,02$ А, тшърри кучланиш IV, тескари ток $\leq 0,02$ тескари кучланиш $\leq 15V$) га хос диод. "3 0 Д I 0 I А" - арсенид галлий яримштокказгичли материалдан тайёрланган оптрон жуфтли диод, биринчи ишлаб чиъарилиши, параметрик группаси "А" (штокказиш коэффициенти I%, кириш кучланиши - 1,5V) ва ў.з.

Варикаплар – яримштокказгичли диод бшлиб, сиъими тескари йшналишидаги кучланишга боълиы бшлади. Тескари кучланиш ортиши билан p-n штиш сиъимининг камайиши ыуидагича:

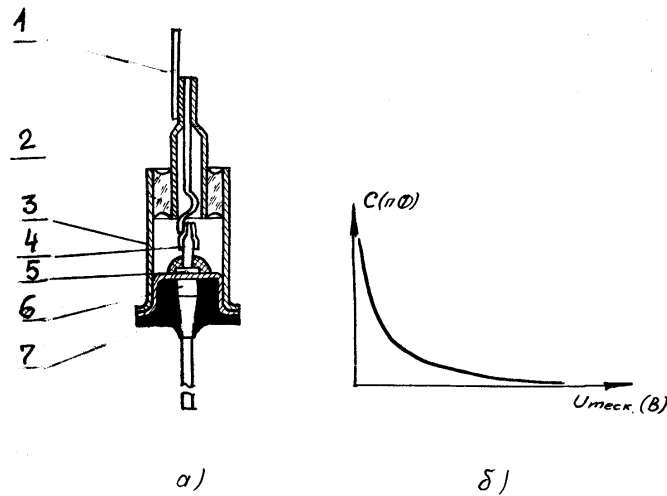
$$C_u = C_0 \left[\frac{\varphi}{\varphi_k + u} \right]^{\frac{1}{n}}$$

Бу ерда φ_k –контакт потенциаллар айирмаси; C_u - кучланиш u ыийматга сиъими; C_0 – диодга кучланиш берилмаган ўлдаги сиъими; n - варикарнинг турига боълиы бшлган коэффициент ($n= 2,3,4 \dots n$).

Бундан тескари кучланишнинг ортиши билан р-п щтишнинг кенглиги ортади ва сиѝим кичраяди. Бу боѝланиш варикапнинг волртфара да характеристикаси дейилади.

Варикаплар кѝппинча галлий арсенид яримѝтказгичдан тайѝрланиб асосий бѝлмаган заряд ташувчилар концентрацияси кам бѝлади. Тескари йѝзналишдаги дифференциал ыаршилиги катта бѝлади.

1.13 - расмда варикапнинг конструкцияси (а) ва колртфарада характеристика (ВФХ) келтирилган (б).



1.13 - расм. Варикап конструкцияси

(а) ва ВАХи (б); 1 –чиѝиылар, 2 –ички чиѝиылар, 3 – корпус, 4 –ички контакт, 5 – кристалл, 6 – суррма олтин ыутишмаси, 7 – кристалл тутыич.

Варикаплар занжирдаги частотани автоматик созлашда, частота кѝппайтиргичларда, гибридли микросехемаларда ва ѝ.к. ыѝланилади. Уларнинг асосий параметрлари ыуйидагилар:

1. Сиѝимнинг номинал ыиймати - $C_{ном}$;
2. Сиѝимнинг максимал (C_{max}) ва минимал (C_{min}) ыиймати;
3. Сиѝимнинг ыаракат коѝффициенти (СТК)

$$СТТ = \frac{\Delta C}{C_{ном} \Delta T}$$

4. Асслик– Q

$$\text{Беркитиш коэффиценти} - K_c = \frac{C_{\max}}{C_{\min}}$$

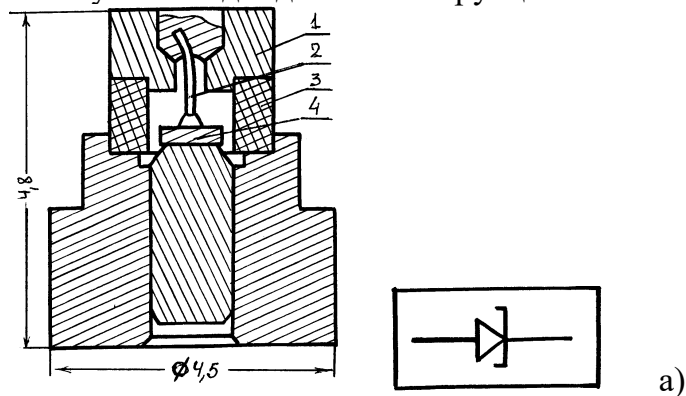
Туннел диодлари электр бузилиши юз беришига «Туннел эффекти» ьодисаси ьам сабаб бщлиши мумкин. Туннел эффекти деганда р-п щтишга тескари кучлари уланганда ток ташувчиларни потенциал тщсиыни ошиб эмас, балки «тешиб» щтиш ьодисаси тушунилади. Унинг асосий хусусияти жараённинг энергия ютилмаган холда боришидир.

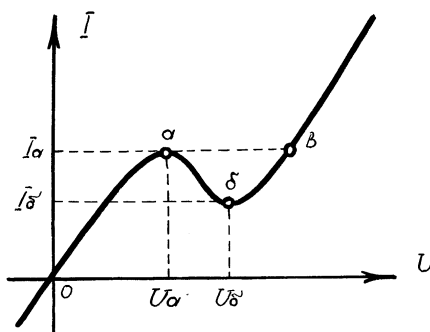
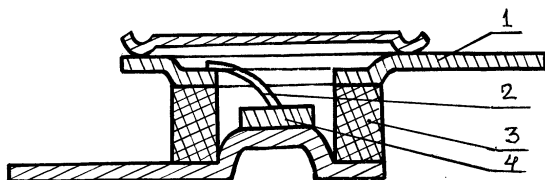
Туннел эффектининг катталиги р-п щтиш ьатламининг катталигига боьлиы бщлади. Бу ьатлам ьанча тор ва ундаги электр майдон ьанча кучли бщлса, эффект шунча катта бщлади.

Туннел эффекти асосида ишлайдиган диодлар туннелр диодлари деб аталади. Улардан п- соьадаги донорлар ва р – соьадаги акцепторлар сони оддий диодлардагидан минглаб марта кщп бщлади. Донор ва акцептор модда концентрациясининг бундай катта миьдорда бщлиши р-п щтиш соьасининг жуда юпыа бщлишини таоминлайди. Шунинг учун токнинг катталиги икки хил жараён - Туннелр эффекти ва диффузия хоссаси билан белгиланади.

Агар ташыи манба кучланиши ьосил ьиладиган элетр майдон р-п щтишнинг потенциал тусига майдони билан мос тушса (оддий диоддаги тескари уланиш), р-п щтишдан Туннелр эффекти ьисобига ток щтади. Агар, у аксинча бщлса (оддий диоддаги тщьри улаш), потенциал тщсиы майдони кичраяди ва туннелр эффекти камаяди. Шунинг учун ташыи майдон ортиши билан туннелр токи кичрайиб диффузия токи орта бошлайди ва ташыи кучланишнинг бирор ьийматидан бошлаб туннелр токи нолга айланиб, фаьат диффузия токи ьолади. Демак, туннелр диоднинг волрт-ампер характеристикаси ана шу икки токнинг натижавий ьиймати орыали белгиланади.

Туннелли диоднинг конструкцияси ва ВАХи 1.14-расмда кщрсатилган.





б)

в)

1.14 - расм. Туннелли диоднинг конструкцияси (а,б) ва ВАХ и (в);

1—чиыиылар, 2—контакт симга, 3—керамикали втулка, 4—кристалл.

Манфий кучланишлар соъасида туннелр эффекти ьисобига етарлича катта ток щтади (диоднинг ьяршилиги кичик). Мусбат кучланишлар соъасининг $0 \div \alpha$ ьисмида (1.14 - расм) ьам натижали ток туннелр токи билан белгиланади. Хакартистиканинг α нуытасига тщъри келадиган кучланиш чегаравий кучланиш ьисобланади. Ундан кейинги ьийматларда туннелр токи кескин камайиб, диффузия токи орта бошлайди. Шунинг учун хакартистиканинг $\alpha \div \delta$ оралиьида натижавий токнинг камайиши кузатилади. δ нуытага етганда, туннелр токи нолга айланади ва хакартистика диффузия токи билан белгиланади ($\delta \div \text{в}$ ьисм).

Демак, туннелр диодининг волрт-ампер хакартистикаси оддий диодникидан тубдан фары ьилади. Унда, биринчидан, вентиlr хусусият кузатилмайди ва иккинчидан, манфий дифференциял ьяршилик соъа вужудга келади ($\alpha \div \delta$ ьисм).

Туннелр диодларининг яна бир харктерли хусусияти уларда инерционликнинг озлигидир.

Диодларнинг бундай иш режимидан юьори ва щта юьори частотали электро магнит тщъинлари генерациялашда фойдаланилади. Бундан ташьари, туннелр диодлари сигналларни кучайтириш ва коммутаторлашда ишлатилади. Туннелр диодларининг асосий параметрлари ьуйидагилар:

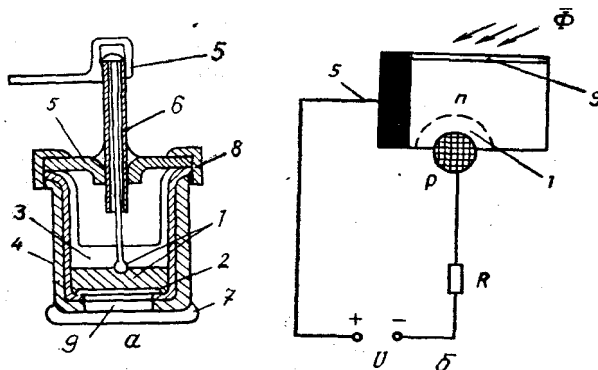
1. Манфий дифференциал ьяршиликнинг катталиги.
2. Токнинг энг катта ьиймати (I_1).
3. Токнинг энг катта ва энг кичик ьийматлари орасидаги муносабат.
4. Кучланишнинг энг катта ва тушувчи ьийматлари (U_α , U_δ).

Туннелли диодлар (1.14 - расм) "айниган", "р-п" - щтиш ьатлами юьори легирланган ярим щтказгич материалдан тайёрланган бщлади. ВАХ нинг тщъри ток ьисмида, туннелр эффекти натижасида, манфий ьяршиликли (аб) соъа ьосил бщлади.

Иккала томони бир хил энергетик сатъга эга бўлган потенциал баррердан, кинетик энергияси кам бўлган заррача маолум шароитда энергиясини йўқотмасдан, бу баррерни енгиши мумкин. Бундай эффектга туннел эффекти дейилади. Туннелр эффекти "p-n" - щтиш ъажми зарядининг тор ыисмида яхши сезилади.

6 – маъруза ФОТОДИОД.НУРЛАНУВЧИ ДИОД

Режа: 1.Фотодиодлар
2.Нурланувчи диодлар
3.Асосий параметрлари



1.31- расм. Фотодиод:

а – тузилиш, б – уланиш схемаси; 1 – германий кристалли, 2 – кристалл туткич, 3 – конус, 4 – ыалыа, 5 – чийыылар, 6 – металл трубка, 7 – шиша изолятор, 8 – ыалай ыалыа, 9 – туйнук.

Ярим щтказгичли фото-диодларда унга тушаётган ёруьлик оыими таъсирида тескари силжитилган «п—р» щтиш орыали фотооыим ыосил ыилувчи ыаракатчан заряд ташувчилар юзага келади. Фотодиод занжири ва унинг тузилиши 1.31 – расмда кщрсатилган. Ёруьлик оыими бщлмаганда тескари кучланиш таъсирида фотодиод орыали асосий бщлмаган заряд ташувчилар ыаракати туфайли тескари ток оыиб щтади. Агар

фотодиод ёритилса, унинг базасида («п»—германий пластинкаси), айниыса, базанинг ташыи юзида жадал равишда «электрон тешик» жуфти зарядларининг генерация жараёни кескин ривожланади. Янги ыосил бщлган заряд ташувчилар базанинг бутун ыалинлиги орыали «п—р» щтишга диффузияланади. Тешиклар контакт майдонига эргашиб, «р» соъага щтади ва катта миьдорли тескари ток ыосил ыилади.

7 – маъруза

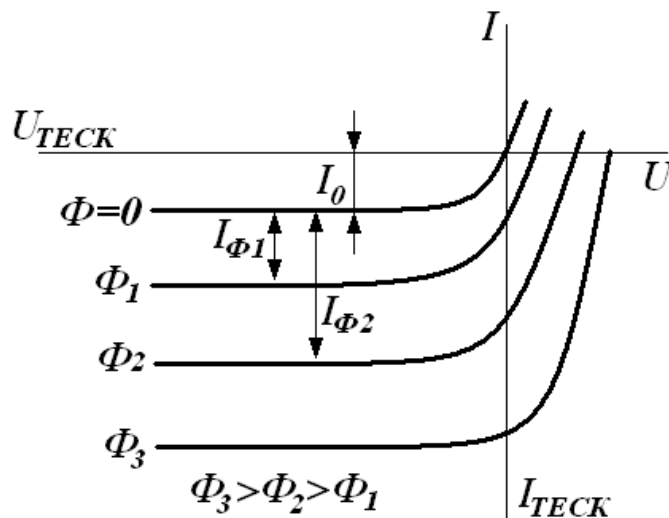
Куёш элементлари.Оптронлар

- Режа:** 1.Куёш элементлари
2.Оптронлар
3.Схемада белгиланиши

Оптоэлектроника – электрониканинг бир бўлими бўлиб, қабул қилиш, узатиш ва ахборотни қайта ишлаш жараёнлари ёруғлик сигналларини электр сигналларга айлантириш ва аксинчага асосланган қурилмаларни назарияси ва амалиётини ўрганади. Оптоэлектроника элементлари бўлиб фотодиод ва ёруғлик диоди ҳисобланадилар.

Фотодиод деб битта p-n ўтишга эга бўлган фото-электр асбобга айтилади. Фотодиод ташқи кучланиш манбаили (фотодиодли режим), ҳамда ташқи кучланиш манбаисиз схемаларга уланиши мумкин. Ташқи кучланиш манбаи шундай уланадики, p-n ўтиш тескари силжиган бўлсин. Ёруғлик тушурилмаганда диод орқали жуда кичик “қоронғулик” экстракция токи I_0 оқиб ўтади ва у берилаётган кучланишга боғлиқ бўлмайди. N- база соҳасига таъқиқланган зона кенглигидан анча катта бўлган $h\nu$ энергияли фотонлардан ташкил топган ёруғлик тушурилганда, электрон – ковак жуфтликлар генерацияланади. Агар жуфтликлар ўтишдан диффузия узунлигидан ошмайдиган ораликда ҳосил бўлсалар, ёруғлик таъсирида генерацияланган коваклар ўтишнинг электр майдони таъсирида экстракцияланадилар ва тескари ток унинг “қоронғулик” қийматига нисбатан ортади. Ёруғлик оқими Φ қанча интенсив бўлса, диод тескари токи I_ϕ қиймати шунча катта бўлади.

14.1 – расмда турли ёруғлик оқими қийматларидаги фотодиод ВАХси келтирилган. Ёруғликнинг кенг нурланиш чегараларида фототок ёруғлик оқимиға деярли чизиқли боғлиқ бўлади.



14. 1– расм.

Пропорционаллик коэффициенти $K_{\Phi} = \frac{dI_{\Phi}}{d\Phi}$ бир неча мА/мм ни ташкил этади ва **фотодиод сезгирлиги** деб аталади. Фотодиод турли ўлчаш қурилмаларида ёруғлик оқимини қабул қилгич, ҳамда оптик – толали алоқа линияларида қўлланилади.

Фотодиод режимдан ташқари фотодиоднинг вентиль (фотовольтаик) режими кенг қўлланилади. Бу режимда фотодиод ташқи кучланиш манбаига уланмасдан ишлайди ва қуёш энергиясини бевосита электр сигналга айлантиришга хизмат қилади. Диод вентиль режимида нурлатилганда унинг чиқишларида вентиль кучланиш юзага келади. Фотодиод бу ҳолатда **қуёшли айлантиргич** деб аталади. Бир бири билан электр жиҳатдан боғланган айлантиргич ва батареялар космик аппаратлар ва ер усти қурилмаларидаги РЭАларни таъминлаш учун электр энергия манбаи сифатида қўлланилиши мумкин.

Ёруғлик диоди – бу электр энергиясини нокогерент ёруғлик нурига айлантирадиган, битта р-п ўтишга эга бўлган ярим ўтказгичли асбоб. Ёруғлик нури электрон – ковак жуфтларининг рекомбинацияси натижасида юзага келади. Рекомбинация, р-п ўтиш тўғри уланганда кузатилади. Рекомбинация доим ҳам нурлатувчи бўлавермайди ва тўғри зонали ярим ўтказгичларда, жумладан галлий арсенидида содир бўлади. Бундай ярим ўтказгичлар специфик хона диаграммасига эга бўладилар.

Нурланаётган ёруғлик тўлқин узунлиги λ квант энергияси билан аниқланади. У эса нурланувчи рекомбинацияда ярим ўтказгичнинг таъқиқланган зона кенглигига деярли тенг бўлади. Галлий арсенидидан

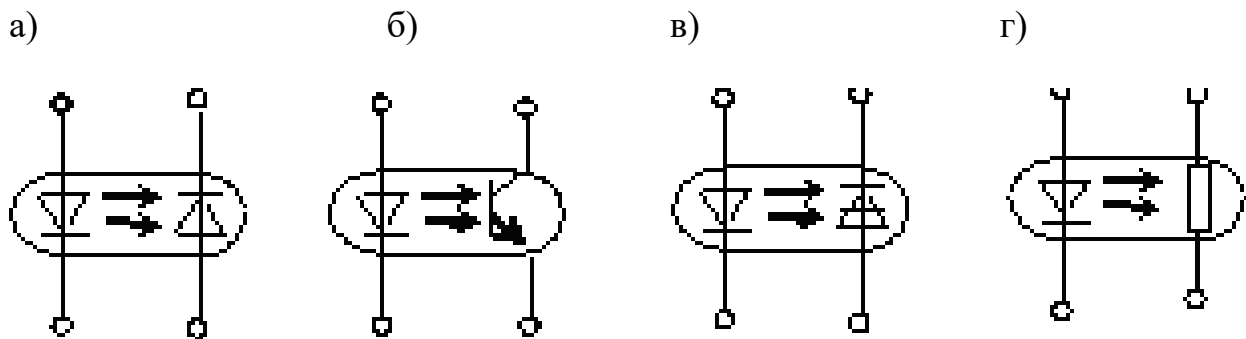
тайёрланган ёруғлик диодлари учун $\lambda = 0,9-1,4$ мкм. Қизил, сариқ ва яшил ранг нурлатувчи диодлар галлий фосфати, сиёхранг нурлатувчи диодлар эса – кремний карбиди асосида ясадиладар ва х.з.

Ёруғлик диодининг энергетик характеристикаси бўлиб **квант чиқиши** (эффektivлиги) ҳисобланади. У занжир бўйлаб ўтаётган ҳар бир электронга ёруғлик диоди чиқишида қанча ёруғлик кванти мос келишини кўрсатади. Замонавий ёруғлик диодлари учун квант чиқиши 0,01-0,04 ни, икки ва уч ярим ўтказгичли бирикмалардан ясалган гетероўтишли ёруғлик диодларида эса анча катта (0,3 гача) бўлади. Лекин доим бирдан кичик бўлади. Вольт – ампер характеристикаси оддий диодники каби экспоненциал боғлиқлик билан ифодаланади. Ёруғлик диоди 10^{-7} - 10^{-9} с. да қайта уланади, яъни юқори тезликда ишловчи ёруғлик манбаи ҳисобланади.

Ёруғлик диодлари оптик алоқа линиялари, индикатор қурилмалар, оптопаралар ва х.з.ларда қўлланилади.

Оптоэлектрон жуфтлик, ёки оптопара, конструктив жиҳатдан оптик муҳитда боғланган ёруғлик нурлатувчи ва фото қабул қилгичдан ташкил топган. Ёруғлик нурлатувчи ва фото қабул қилгич орасидаги тўғри оптик алоқа барча турдаги электр алоқаларни бартараф этади.

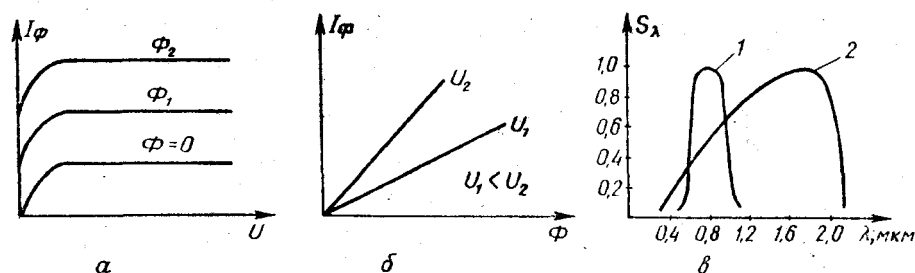
Оптронлар. Кириш электр сигнали таъсирида ёруғлик диоди ёруғлик нурлатади, фото қабул қилгич (фотодиод, фоторезистор ва х.з.) эса ёруғлик таъсирида ток генерациялайди.



14.2-расм.

14.2-расмда ёруғлик диоди ва фотодиод (а), фототранзистор (б), фототиристор (в), фоторезистор (г) дан ташкил топган оптопаралар келтирилган. Оптопаралар рақамли ва импульс қурилмалар, аналог сигналларни узатиш қурилмалари, юқори вольтли манбаларни контактсиз бошқариш автоматик тизимлари ва бошқаларда ажратувчи элемент сифатида қўлланилади.

ФОТОЫАРШИЛИКЛАР. Фотокаршиликларнинг ички электр ыаршилиги ёруълик таъсирида щзгаради. Уларни тайёрлаш технологияси ыуйидагича: диэлектрик тагликка буълатиш (чанглатиш) усули билан ёруълик сезгир ярим щтказгичли материал, масалан, карбит-кремний,



1.32 - расм. Яримштказгичли диоднинг вольт-ампер (а), ёруълик (б), спектрал (в) тавсифлари: 1 – кремнийли, 2 – германийли асослар учун.

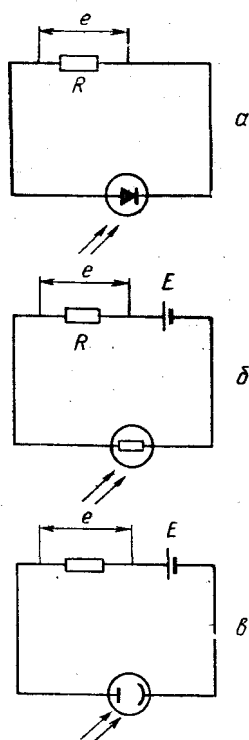
сульфид кремний, олтингугуртли ыщрьошин ва бошыалар ыатлам - ыатлам ыилиб чанглатиб сочилади. Чанглатиб сочилган пластинка пластмасса, эбонит ёки бошыа материаллардан дарчали ыилиб тайёрланган тутгич ичига жойдаштирилади. Электродлар маълум усул билан чиыйыларга уланади. 1.32 -расмда фотоыаршиликларнинг схемаси ва унинг асосий характеристикалари вольт - ампер, ёруълик ва спектрал характеристикалари берилган.

ОПТОЭЛЕКТРОН АСБОБЛАР. Бу асбоблар электр сигналларини оптик (ёруълик) сигналига айлантиради ва нур энергиясини индикаторларга (фотоприёмникка) узатади. Ёруълик тарыатувчи диодлар ёруълик оыимининг тццлын диапозонини аниыловчи арсенид-галий, арсенид-фосфид ва бошыа таркибли ыцщшимчалар асосида тайёрланади. Фотоприёмниклар кремний, сурьма-цезий ва бошыа ёруъликни сезувчи яримштказгич моддалар асосида тайёрланади. Ёозирги пайтда энг кцц тарыалган оптоэлектрон асбоблардан бири оптрон жуфтидир. Оптрон жуфтининг ыурилмаси 1.32 - расмда кцрсатилган. Электрон асбобларда оптронлар оптик алоыа элементи вазифасини бажаради ымда асбоб занжирларида гальваник ажратувчи бццлиб хизмат ыилади. Бу эса улар орасидаги фойдасиз тескари алоыани йщыютади.

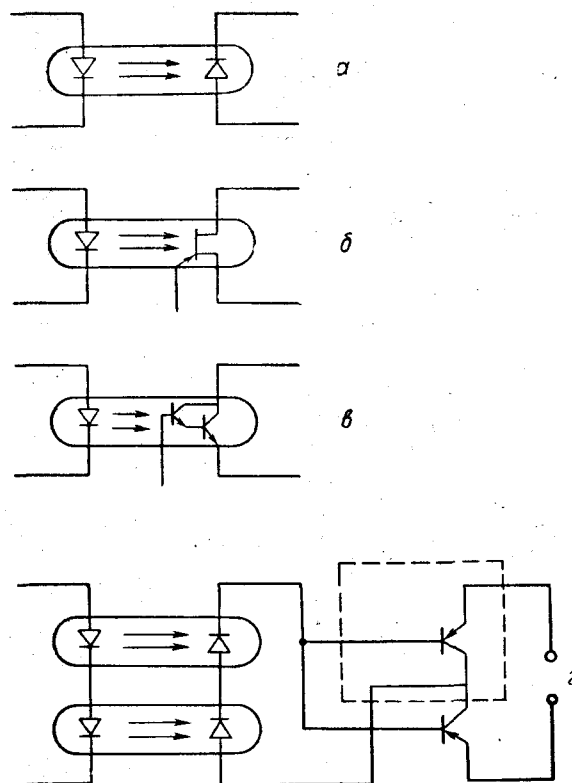
Фотоприёмниклар ишлатилишига кцра фоторезисторли, фототранзисторли, фотодиодли, фототиристори, оптрон жуфтли, оптоэлектронли ва интеграл микросхемали оптронларга бццлинади (1.31 - расм).

Шуни ыисобга олиш керакки, оптоэлектрон ыурилмаларни тайёрлашда манба ва нурланиш приёмнигини агрессив ва портловчи зоналардан тола-оптикаси ёрдамида бир неча цн метргача узоылаштириш мумкин.

Оптоэлектрон асбобларнинг асосий параметрлари: ток узатиш коэффициенти K_1 , щчиш ваыти $t_{щчиш}$, чегара частотаси $f_{чет}$, ыаршилик R_c ва сиыйми C_c алоыаси.



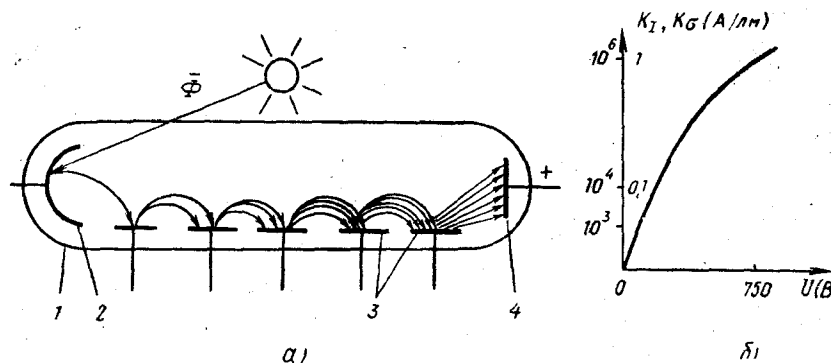
1.33 - расм. Оптрон
щз-гартиргичлар:
а-фотодиодли,
б-фото-резисторли
в-фото-элемент
базасида.



1.34 - расм. Оптронлар:
а-диод-диодли, б-диод-транзисторли,
в-диод-транзистор асосли, г-диод
жуфтли гибрид микросхемали

ФОТОЭЛЕКТРОН КИПАЙТИРГИЧ. Электрон кшпайтиргичларнинг тузилиши схематик равишда 1.34 - расмда берилган. У вакуум ўсил ёилинган колба, фотокатод: бир неча диод ва аноддан иборат бўлиб, диодларнинг кучланиши $U_{д1} < U_{д2} < U_{д3} \ll U_{ан}$ бўлади. Фотокатод (К) ёрушлик оими (Ф) билан ёритилганда катоддаги электронлар эмиттерланади ва электр майдони таъсирида биринчи диод (D_1) га томон ʻаракатланади. Диодлар юзасига иккиламчи эмиссия коэффиценти σ нинг 6 ... 10 ыйматда бўлишини таъминловчи мураккаб ыоплама (парда) суртилган бўлади. Электронлар етарли катта тезлик билан биринчи диодга урилиб, унинг юзасидан σ марта кшп иккиламчи электронларни уриб чиыаради ва юыори потенциалли иккинчи диод (D_2) да электростатик усул билан фокусланади. Иккинчи диоддан электронлар эмиттерланади ва ʻ.к. Фотокшпайтгич аноди (σ^n) га катоддан эмиттерланаётган электронларга нисбатан n марта кшп электронлар оими келади (n даражадаги диодлар сонини билдиради). Агар $\sigma = 10$ бўлиб, кучайтириш даражаси (диодлар сони) $n=10$ бўлса, битта асбобда сигнални бир неча миллион марта кучайтириш мумкин бўлар экан.

Фотокшпайтиргичларнинг асосий параметрлари: фотокшпайтиргичлар сезгирлиги (К), унинг катталиги 10 ... 100 мкА/лм гача боради; ток бўйича кучайтириш коэффиценти (K_1) 10^6 атрофида бўлади: интеграл сезгирлик (K_i), 1 дан 100А лм гача бўлиши мумкин.



1.35 - расм. Фотоэлектрон кшпайтиргичнинг ишлаш принципи (а) ва интеграл тавсифи (б): 1-колба, 2-фотокатод, 3-диодлар, 4-анод

8 – маъруза

Диодларни кулланилиш соҳалари

- Режа:** 1.Диодларнинг кулланилиши
2.Диодли куприк
3.Кулланилиш соҳалари

ВАХида манфий дифференциал қаршилик мавжуд бўлган, уч ва ундан ортиқ p - n ўтишларга эга кўп қатламли яримўтказгич асбоб **тиристор** деб аталади.

Тиристор ишлаганда иккита мувозанат ҳолатда бўлиши мумкин. Берк ҳолатда тиристор катта қаршиликка эга ва ундан кичик ток оқади. Очик ҳолатда тиристор қаршилиги кичик ва ундан катта ток оқади. Шундан яримўтказгич асбобнинг номи (тира - эшик) қўйилган. Тиристорлар радиолокацияда, радиоалоқа қурилмаларида, автоматикада манфий ўтказувчанликка эга яримўтказгич асбоб сифатида ҳамда ток бошқарувчи калитлар, энергия ўзгартгичларнинг бўсағавий элементлари сифатида ёки бошланғич ҳолатда энергия истеъмол қилмайдиган асбоб - триггерлар сифатида кенг ишлатилади.

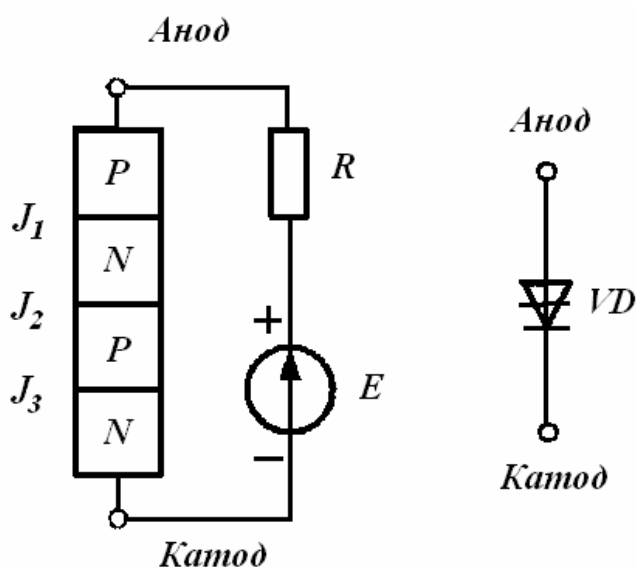
Тиристорлар чиқишлари сонига қараб диодли (**динистор**), триодли (**тринистор**) ва **тетродли тиристорларга** бўлинади ва тўрт қатламли p - n - p - n тузилмадан мос равишда чиқарилган икки, уч ва тўрт чиқишга эга бўлади. Тузилма чеккасидаги p – қатлам **анод** (А), n – қатлам эса **катод** (К) деб номланади. Анод ва катод орасидаги n – ва p – соҳалар **база** деб аталади, уларга ўрнатилган электродлар эса **бошқарувчи электродлар** деб аталади. Диодли ва триодли тиристорлар токни фақат бир томонлама ўтказади. Бу ўз навбатида, тиристорларнинг ўзгарувчан токни бошқариш имкониятини чеклайди. Ўзгарувчан ток занжирларида икки томонлама калит сифатида **симистор** (симметрик тиристор) ишлатилади. Симистор **триак** деб ҳам аталади. Симистор p - n - p - n - p тузилмага ва бир ёки икки бошқарувчи электродга эга.

Учта p - n ўтишга эга диодга ўхшаш икки электродли асбоб **динистор** деб аталади. Унинг тузилмаси 13.1 а – расмда, шартли белгиланиши эса 13.1

б – расмда келтирилган. Динисторнинг учта p - n ўтиши J_1 , J_2 ва J_3 деб белгиланган.

Динистор схемаларда ўзаро уланган иккита триодли тузилма билан алмаштирилган ҳолда кўрсатилиши мумкин. Динисторни ташкил этувчи транзисторларга ажратилиши ва ўзаро уланган транзисторлар билан алмаштирилиши 13.2 – расмда кўрсатилган. Бу уланишда T_1 транзисторнинг коллектор токи T_2 транзисторнинг база токини, T_2 транзисторнинг коллектор токи эса T_1 транзисторнинг база токини ташкил этади. Транзисторларнинг бундай уланиши ҳисобига асбоб ичида мусбат ТА ҳосил бўлади.

Тиристор динисторга ўхшаш тузилмага эга бўлиб, база соҳаларидан бири бошқарувчи бўлади. Агар базалардан бирига бошқарувчи ток берилса, мос транзисторнинг узатиш коэффициенти ортади ва тиристор уланади.

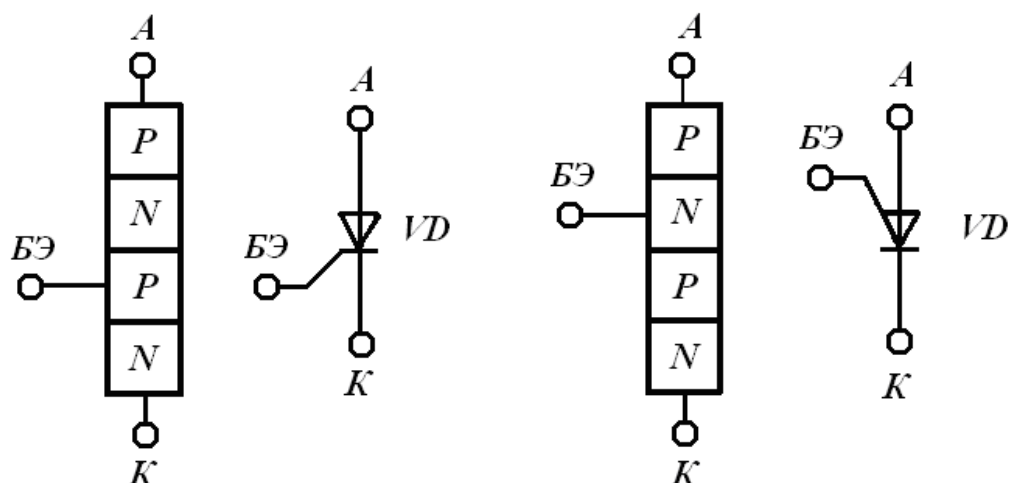


14.1 – расм.

Бошқарувчи электрод (БЭ) жойлашган соҳасига мос равишда тиристорлар катод билан ва анод билан бошқарувчиларга ажратилади. БЭ ларнинг жойлашиши ва тиристорларнинг шартли белгиланиши 14.2 – расмда келтирилган.

а)

б)



14.2 – расм.

БЭ га сигнал берилганда ёпилувчи тиристорлар ҳам мавжуд. Бундай тиристорларнинг БЭ токи тиристор узилаётганда асосий коммутацияланаётган токка қиймат жиҳатдан яқинлашгани учун чегараланган ҳолларда қўлланилади.

9 – маъруза

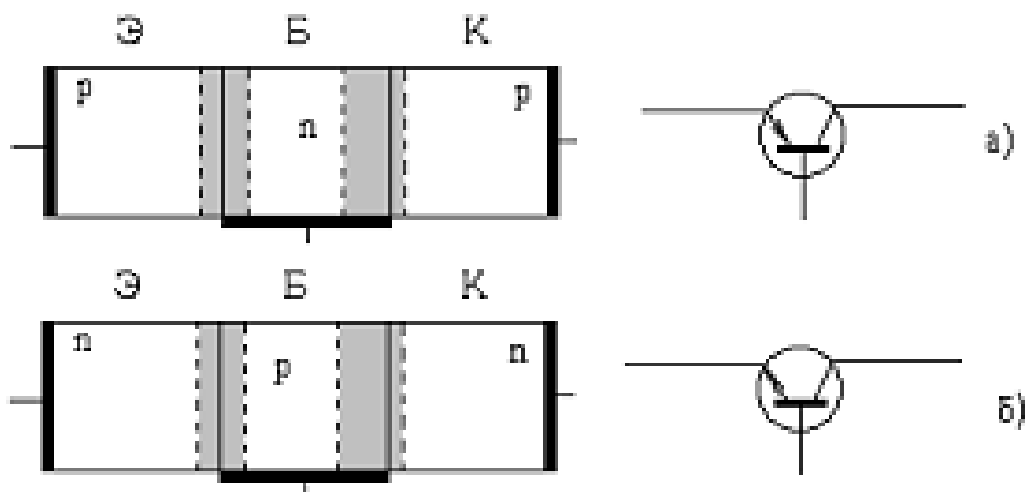
Биполяр транзисторлар

- Режа:** 1. Умумий маълумотлар
2. БТ электрон тоқлар
3. Схемада белгиланиши

Биполяр транзистор деб ўзаро таъсирлашувчи иккита р-п ўтиш ва учта электрод (ташқи чиқишлар)га эга бўлган ярим ўтказгич асбобга айтилади. Транзистордан ток оқиб ўтиши икки турдаги заряд ташувчилар - электрон – ковакларнинг ҳаракатига асосланган.

Биполяр транзистор р-п-р ва п-р-п ўтказувчанликка эга бўлган учта ярим ўтказгичдан ташкил топган (6.1 а ва б - расм). Эндиликда кенг тарқалган п-р-п тузилмали биполяр транзисторни кўриб чиқамиз.

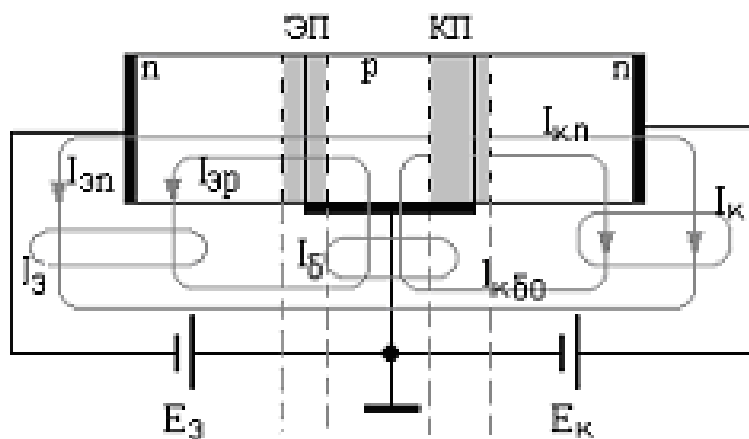
Транзисторнинг кучли легирланган чекка соҳаси (n^+ - соҳа) **эмиттер** деб аталади ва у заряд ташувчиларни **база** деб аталувчи ўрта соҳага (р - соҳа) инжекциялайди. Кейинги чекка соҳа (п - соҳа) **коллектор** деб аталади. У эмиттерга нисбатан кучсизроқ легирланган бўлиб, заряд ташувчиларни база соҳасидан экстракциялаш учун хизмат қилади (6.2- расм). Эмиттер ва база оралиғидаги ўтиш эмиттер ўтиш, коллектор ва база оралиғидаги ўтиш эса коллектор ўтиш деб аталади.



6.1 – расм.

Ташқи кучланиш манбалари ($U_{эб}$, $U_{кб}$) ёрдамида эмиттер ўтиш тўғри йўналишда, коллектор ўтиш эса – тескари йўналишда силжийди. Бу ҳолда, транзистор **актив** ёки нормал режимда ишлайди ва унинг кучайтириш хоссалари намоён бўлади.

Агар эмиттер ўтиш тескари йўналишда, коллектор ўтиш эса тўғри йўналишда силжиган бўлса, у ҳолда бу транзистор **инверс** ёки тескари уланган деб аталади. Транзистор рақамли схемаларда қўлланилганда у **тўйиниш** режимида (иккала ўтиш ҳам тўғри йўналишда силжиган), ёки **берк** режимида (иккала ўтиш тескари силжиган) ишлаши мумкин.



6.2 – расм.

БТни асосий параметрлари:

Кириш қаршилиги: $R_{кир} = \frac{\Delta u_{кир}}{\Delta i_{кир}} \text{ [Ом]} ;$

Чиқиш қаршилиги: $R_{чик} = \frac{\Delta u_{чик}}{\Delta i_{чик}} \text{ [Ом]} ;$

Ток бўйича кучайтириш коэффиценти: $K_I = \frac{\Delta i_{чик}}{\Delta i_{кир}} ;$

Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти: $K_U = \frac{\Delta u_{чик}}{\Delta u_{кир}}$;

Қувват бўйича кучайтириш коэффициенти: $K_P = K_I \cdot K_U$.

Назорат саволлари

1. Биполяр транзистор (БТ) нима ?
2. БТнинг ишлаш принципини тушунтиринг.
3. БТ эмиттери, базаси ва коллекторининг вазифалари нималардан иборат ?
4. n-p-n ва p-n-p турли БТлар ишлаш принципида фарқ борми ?
5. БТнинг қандай уланиш схемаларини биласиз ?
6. БТ асосий иш режимларини айтинг.

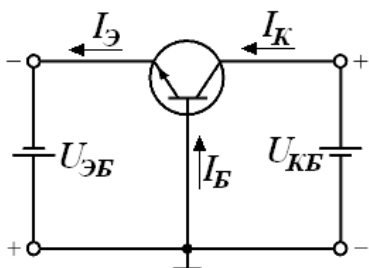
10 – маъруза

Биполяр транзисторлар

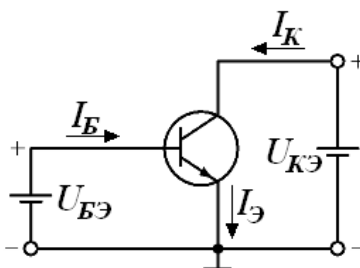
Режа: 1.Биполяр транзисторнинг вольт-ампер характеристикаси
2.Иш режимлари
3.Асосий параметрлари

БТда электродлар учта бўлгани сабабли, уч хил уланиш схемалари мавжуд: **умумий база (УБ); умумий эмиттер (УЭ); умумий коллектор (УК)**. Бунда БТ электродларидан бири схеманинг кириш ва чиқиш занжирлари учун умумий, унинг ўзгарувчан ток (сигнал) бўйича потенциали эса нолга тенг қилиб олинади. БТнинг расмда келтирилган уланиш схемалари актив режимга мос.

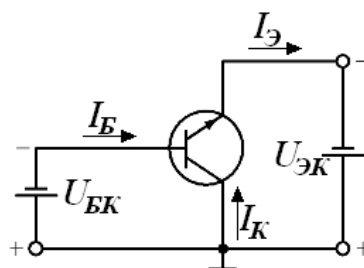
а)



б)



в)



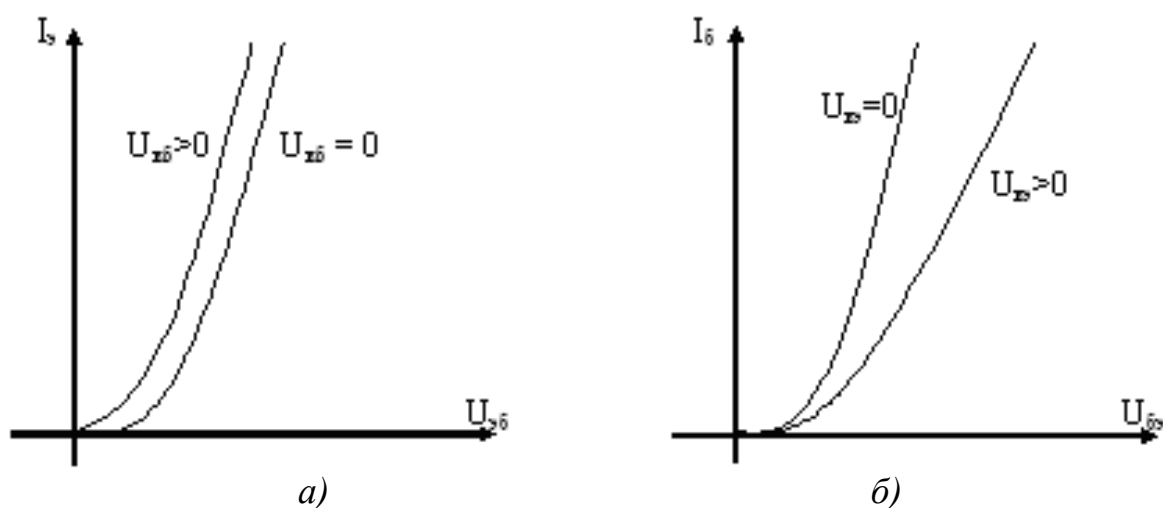
7.1 – расм.

УБ схемаси учун кириш статик характеристикаси бўлиб $U_{KB} = const$ бўлгандаги $I_{\mathcal{E}} = f(U_{\mathcal{E}B})$ боғлиқлик, УЭ схемаси учун эса $U_{K\mathcal{E}} = const$ бўлгандаги $I_B = f(U_{B\mathcal{E}})$ боғлиқлик ҳисобланади. Кириш характеристикаларининг умумий характери одатда тўғри йўналишда уланган $p-n$ билан аниқланади. Шу сабабли ташқи кўринишига кўра кириш характеристикалари экспоненциал характерга эга (7.2- расм).

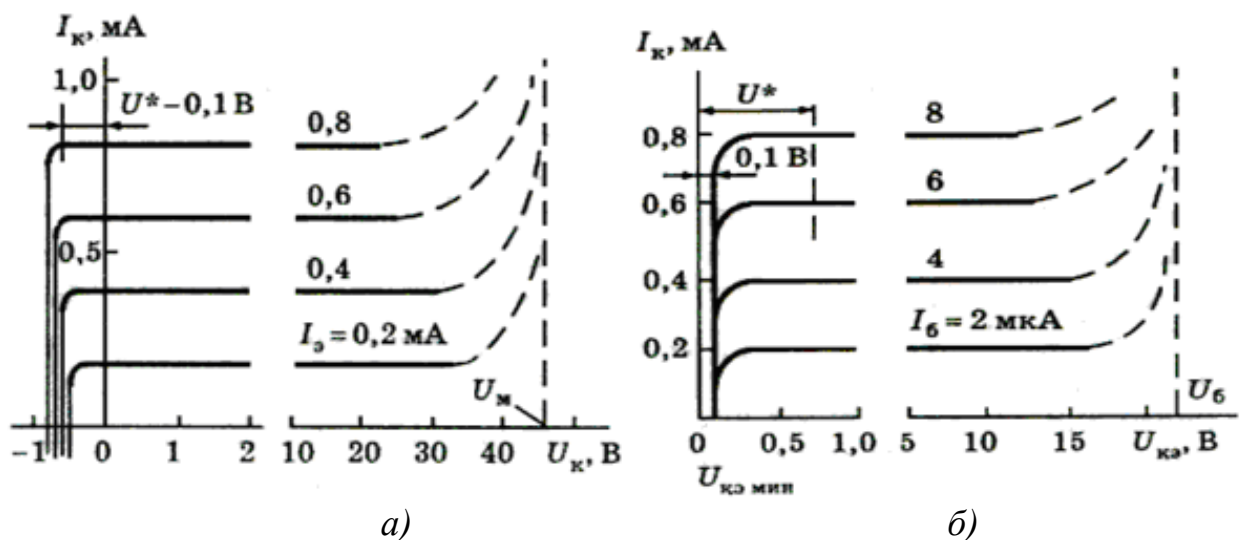
Коллектор ўтишдаги тескари қуланишнинг ортиши билан УБ схемадаги кириш характеристика чапга, УЭ схемада эса ўнгга силжийди.

УБ схемадаги транзисторнинг чиқиш характеристикалари оиласи бўлиб $I_{\mathcal{E}} = const$ бўлгандаги $I_K = f(U_{KB})$ боғлиқлик, УЭ схемада эса $I_B = const$ бўлгандаги $I_K = f(U_{K\mathcal{E}})$ боғлиқлик ҳисобланади (7.2 а-расм).

Чиқиш характеристикалари кўринишига кўра тескари уланган диод ВАХ сига ўхшайди, чунки коллектор ўтиш тескари уланган. Характеристикаларни қуришда коллектор ўтишнинг тескари кучланишини ўнгга ўрнатиш қабул қилинган (7.3 а – расм).



7.2– расм.



7.3 – расм.

УЭ схемасида уланган транзисторнинг чиқиш характеристикаси УБ схемада уланган транзисторнинг чиқиш характеристикасига нисбатан катта қияликка эга (7.3 б - расм).

БТнинг ишлаши уч ҳодиса ҳисобига амалга ошади:

- эмиттердан асосий заряд ташувчиларнинг базага инжекцияланиши;
- базага инжекцияланган ЭЗТларнинг диффузия ва дрейф ҳисобига КЎгача етиб келиши;
- базага инжекцияланган ва КЎгача етиб келган ноасосий заряд ташувчиларнинг экстракцияланиши.

ЭЎ тўғри силжитилганда ($U_{ЭБ}$ таъминот манбаси ҳисобига амалга оширилади) унинг потенциал баръери пасаяди ва электронлар эмиттердан базага инжекцияланади. Электронларнинг эмиттердан базага ҳамда ковакларнинг базадан эмиттерга инжекцияланиши ҳисобига эмиттер токи $I_{Э}$ ҳосил бўлади:

$$I_{Э} = I_{Эн} + I_{Эр} , \quad (7.1)$$

бу ерда $I_{Эн}$, $I_{Эр}$ – мос равишда электронлар ва коваклар инжекция токлари.

Эмиттер токининг $I_{Эр}$ ташкил этувчиси коллектор орқали оқмайди ва шунинг учун фойдасиз ток ҳисобланади. $I_{Эр}$ қийматини камайтириш учун базадаги акцептор киритмалар концентрацияси қиймати эмиттердаги донор киритмалар концентрациясига нисбатан икки тартиб кичик қилиб олинади.

Эмиттер токида электронларнинг инжекция токи $I_{Эн}$ улушини **инжекция коэффиценти** деб аталувчи катталиқ ифодалайди. У эмиттер ишлаш самарадорлигини белгилаб, эмиттер токидаги фойдали ток улушини кўрсатади

$$\gamma = \frac{I_{Эн}}{I_{Э}} . \quad (7.2)$$

Одатда $\gamma = 0,990-0,995$ ни ташкил этади. Базага инжекцияланган электронлар, базада коллектор томонга диффузияланиб КЎгача етиб боради. Сўнгра коллекторга экстракцияланади (КЎнинг электр майдони таъсирида коллекторга тортиб олинади) ва коллектор токи I_{Kn} ни ҳосил қилади.

Коллекторга ўтиш давомида инжекцияланган электронларнинг бир қисми база соҳадаги коваклар билан учрашиб рекомбинацияланади ва уларнинг концентрацияси камаяди. Етишмовчи коваклар ташқи занжир орқали кириб (электр нейтраллик шарти бажарилиши учун), база токининг рекомбинацион тақшил этувчиси $I_{БРЕК}$ ни ҳосил қилади. $I_{БРЕК}$ қиймати катта бўлгани учун уни камайтиришга ҳаракат қилинади. Бунга база кенглигини камайтириш билан эришилади.

Эмиттердан инжекцияланган электронлар токининг база соҳасида рекомбинация ҳисобига камайиши *электронларни ташиш коэффиценти* деб аталувчи катталиқ билан ифодаланади

$$\alpha_T = \frac{I_{Kn}}{I_{Эn}} . \quad (7.3).$$

Реал транзисторларда $\alpha_T = 0,980 \div 0,995$.

Актив режимда транзисторнинг КЎ тескари йўналишда силжитилган ($U_{КБ}$ билан амалга оширилади) лиги сабабли, коллектор занжирида *хусусий ток* I_{K0} оқади. У икки хил ноасосий заряд ташувчиларнинг дрейф тоқларидан ташкил топган. Натижада $p-n$ ўтишнинг тескари тоқи $I_{K0} = I_{pn} + I_{np}$ амалда тескари кучланишга боғлиқ бўлмайди ва хона температурасида кремнийли ўтишларда $I_{K0} = 10^{-15}$ А ни ташкил эатди. Шундай қилиб, эмиттер тоқи *бошқарувчи*, коллектор тоқи эса *бошқарилувчидир*. Шунинг учун БТ *ток билан бошқарилувчи асбоб* дейилади.

Назорат саволлари

1. БТнинг уланиш схемалари.
2. УБ уланиш схемасидаги биполяр транзисторнинг статик электрод характеристикалари.
3. УЭ уланиш схемасидаги биполяр транзисторнинг статик электрод характеристикалари.
4. БТнинг турли уланиш схемаларида статик ВАХларида актив ва тўйиниш режимларини аниқланг.

11– маъруза **Биполяр транзисторлар**

- Режа:** 1.БТ параметрлари
2.БТ нинг чизикли ва ночизикли модели

Коллектор токи икки ташкил этувчидан иборат

$$I_K = I_{Kn} + I_{K0} \quad .$$

Агар I_{Kn} эмиттернинг тўлиқ токи билан боғлиқлиги эътиборга олинса, у ҳолда

$$I_{Kn} = \alpha I_{\mathcal{E}} + I_{K0}, \quad (8.1)$$

бу ерда $\alpha = \gamma\alpha_T$ - *эмиттер токини узатиш коэффициентини*. $\alpha < 1$ бўлгани учун УБ уланган БТ ток ни кучайтирмайди ($I_K \approx I_{\mathcal{E}}$).

База электродидаги ток рекомбинация ташкил этувчи $I_{БРЕК}$ дан ташқари, ЭЎнинг инжекцияланган коваклар токи $I_{\mathcal{E}p}$ ва КЎнинг хусусий токи I_{K0} дан ташкил топади. Кўриниб турибдики,

$$I_{БРЕК} = (1 - \alpha_T) I_{\mathcal{E}n}. \quad (8.2)$$

База токининг рекомбинация $I_{БРЕК}$ ва инжекция $I_{\mathcal{E}p}$ ташкил этувчилари йўналишлари бир хил. Агар КЎга қўйилган кучланиш тескари йўналишда бўлса, унинг хусусий токи I_{K0} тескари йўналган бўлади. Шунинг учун

$$I_K = (1 - \alpha_T) I_{\mathcal{E}n} + I_{\mathcal{E}p} - I_{K0} = (1 - \alpha) I_{\mathcal{E}} - I_{K0}. \quad (8.3)$$

Ток бўйича катта кучайтириш коэффициентини таъминловчи схема БТ УЭ схемада уланган. Ушбу схемада умумий электрод бўлиб эмиттер, кириш токи бўлиб – база токи, чиқиш токи бўлиб эса – коллектор токи хизмат қилади.

Кирхгофнинг биринчи қонунига мувофиқ эмиттер токи транзисторнинг бошқа электродлари токлари билан қуйидаги муносабат орқали боғланган

$$I_{\mathcal{E}} = I_B + I_K \quad . \quad (8.1')$$

(8.1') ва (8.2) муносабатларни эътиборга олган ҳолда УЭ уланган схемада коллектор токи учун тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$I_K = \alpha(I_B + I_K) + I_{K0}.$$

Бундан

$$I_K = \frac{\alpha}{1 - \alpha} I_B + \frac{1}{1 - \alpha} I_{K0}. \quad (8.4)$$

Агар $\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$ деб белгиланса, (4.7) ифодани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин

$$I_K = \beta I_B + (\beta + 1) I_{K0}. \quad (8.5)$$

β коэффициент *база токини узатиш коэффициенти* деб аталади. β нинг қиймати $10 \div 1000$ бўлиб, УЭ схемада уланган БТ яхши ток кучайтиргич ҳисобланади.

Аналог схемаларда кучайтирувчи элемент сифатида ишловчи БТнинг асосий параметрлари бўлиб ЭЎнинг r_{ε} ва КЎнинг r_K дифференциал қаршиликлари ва мос равишда УБ ҳамда УЭ уланган схемаларда эса h_{21B} ва $h_{21\varepsilon}$ дифференциал ток узатиш коэффициентлари хизмат қилади.

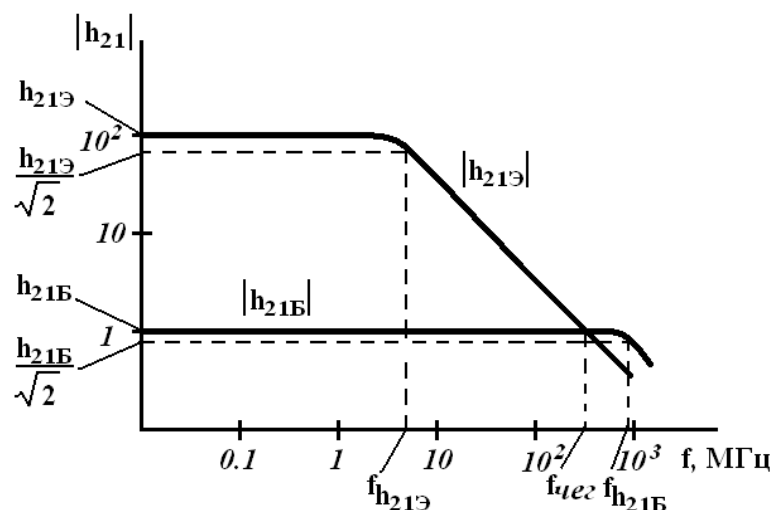
Транзистор частота хусусиятлари параметрларининг частотага боғлиқлиги билан ифодаланади. Ток узатиш дифференциал коэффициентининг чегаравий частотаси $f_{\text{ЧЕГ}}$ транзистор сифатини белгиловчи энг муҳим кўрсаткич ҳисобланади. У УЭ уланган схемада, ток узатиш дифференциал коэффициенти $h_{21\varepsilon}$ қиймати бирга тенг бўладиган частота сифатида аниқланади. УЭ ва УБ уланган схемалар ток узатиш коэффициентларининг частотага боғлиқлиги 9.1 – расмда логарифмик масштабда келтирилган, шу ерда чегаравий частоталар ҳам белгиланган бўлиб, $f = f_{\text{ЧЕГ}}$ бўлганда бирга экстрополяцияланувчи тўғри чизиқли кесма мос келади. Бундан $f_{\text{ЧЕГ}} = f_{h_{21\varepsilon}} h_{21\varepsilon}$ эканлиги келиб чиқади.

Тўғри чизиқли кесмада $f_{h_{21\varepsilon}} h_{21\varepsilon}$ кўпайтма ўзгармас қолгани учун, чегаравий частотани $|h_{21\varepsilon}|$ ни тўғри чизиқли кесмага мос ихтиёрий частотада ўлчаб топиш мумкин.

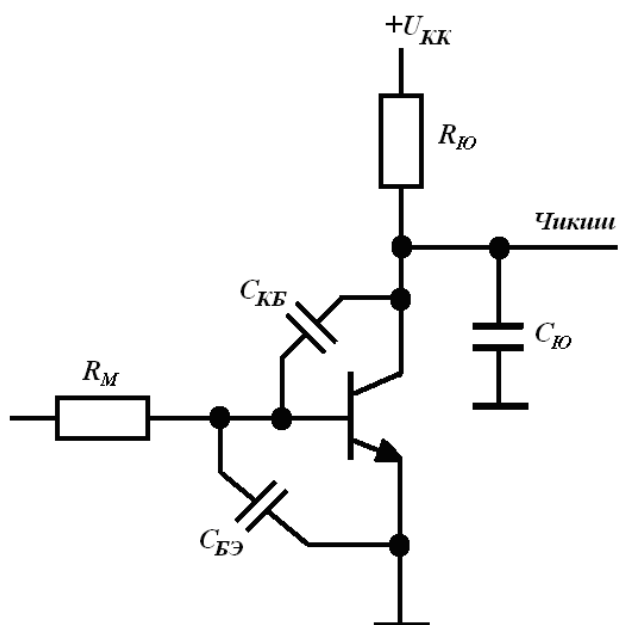
$h_{21\varepsilon}$ ва h_{21B} параметрлар орасидаги боғлиқлик асосида $f_{h_{21B}}$ чегаравий частота $f_{h_{21\varepsilon}}$ частотага нисбатан $(\beta + 1)$ марта катта. Бу УЭ уланган схеманинг частота хусусиятлари УБ уланган схема частота хусусиятларига нисбатан ёмон эканлигини билдиради.

Динамик режимда h_{21B} ва $h_{21\varepsilon}$ катталиклар частотага боғлиқ бўлади. Шу сабабдан ушбу узатиш коэффициентлари комплекс қийматлари билан алмаштирилади.

Транзистор ўтишлари сиғимларининг частота хусусиятларига таъсири 9.2 – расмда кўрсатилган. Схемада чиқиш сиғими чиқиш қаршилиги $R_{\text{Ю}}$ билан R_C – занжирни ташкил этади ($R_{\text{Ю}}$ коллектор билан юклама қаршилигини, $C_{\text{Ю}}$ эса ўтиш билан юклама сиғимини ўз ичига олади). Шу сабабли $f = 1 / 2\pi R_{\text{Ю}} C_{\text{Ю}}$ частотада сигнал пасая бошлайди. Манба қаршилиги R_M ва кириш сиғими $C_{B\varepsilon}$ ҳақида ҳам юқоридагиларни айтиш мумкин.



9.1 – расм. УЭ ва УБ уланган схемаларда ток узатиш коэффицентларининг частотага боғлиқлиги.



9.2 – расм. Транзистор ўтишлари сиғимларининг таъсирини кўрсатувчи схема.

$C_{КБ}$ сиғим бошқача хусусиятга эга. Кучайтиргич кучланиш бўйича маълум кучайтириш коэффиценти K_U га эга. Киришдаги кичик сигнал кучланиши коллекторда киришдагига нисбатан K_U марта кучаяди. Бундан сигнал манбаи учун $C_{КБ}$ уни база ва умумий нуқтага улангандагига қараганда (K_U+1) марта катталиги келиб чиқади, яъни кириш сигнали кесилиш частотасини ҳисоблашда тескари алоқа сиғими ўзини кириш ва умумий нуқта орасига уланган $C_{КБ}$ (K_U+1) сиғимли конденсатордек тутади. $C_{КБ}$ сиғимнинг эффектив ортиши **Миллер эффекти** деб аталади. Бу эффект кучайтириш пасайишида асосий сабаб ҳисобланади, чунки тескари алоқани ҳосил қилувчи сиғим $C_{КБ} \approx 4$ пФ ни ташкил этади ва умумий нуқтага уланган бир неча юз пикофарадалик эффектив сиғимга мос келади.

Назорат саволлари

1. БТнинг ток узатиш коэффициенти нимани англатади ? УБ ва УЭ уланган схемаларда ток узатиш коэффициентлари қийматларини солиштиринг.
2. Транзисторни тўрт қутблик сифатида тасаввур этиб, унинг кичик сигнал параметрлари қандай аниқланишини ва уларнинг бирликларини тушунтиринг.
3. УЭ ва УБ уланганда транзистор чиқиш характеристикалари тиклигини солиштиринг.
4. УЭ ва УБ уланган схемаларда коллектордаги кучланиш ортганда, кириш характеристикалари қандай силжийди ?
5. БТнинг барқарор ишлаш соҳасини кенгайтириш усуллари.

13-маъруза

БИПОЛЯР ТРАНЗИСТОРЛАР

- Режа:** 1.БТ улаш схемалари
2.БТ характеристикаси

Импульсли ва рақамли (мантикий) қурилмаларда электрон калит асосий элемент ҳисобланади. Электрон калит юклама занжирига уланиб ташқи бошқарув сигнали таъсирида даврий равишда улаш ва узишни амалга оширади. Бу вақтда калитнинг чиқишидаги сигнал бир – биридан етарлича фарқланадиган иккита дискрет қийматга эга бўлади. Бу хосса уни Буль алгебраси функцияларини амалга оширувчи асосий МЭ сифатида қўллашга имконини беради.

Калит икки элементдан ташкил топган: қайта уланувчи (ҚУЭ) ва юклама (ЮЭ) элементлари. ҚУЭ икки турғун ҳолатга эга: уланган ва узилган. Бу шартларга биполяр ва майдоний транзисторларнинг баъзи

турлари мос келади. ЮЭ манбадан истеъмол қилинаётган токни чеклаш учун хизмат қилади.

БТли содда калит схемаси 10.1 – расмда келтирилган. У УЭ схемада уланган БТда ясалган кучайтиргич каскаддан иборат. Кучланиш манбаи E_M ва R_K кўринишдаги юклама қаршилигидан ташкил топган занжир бошқарилувчи занжир ҳисобланади. Бошқарувчи (база) занжир бошқарув сигнали манбаи $U_{КИР}$ ва унга кетма – кет уланган қаршилик R_B дан таркиб топган.

БТ электрон калит шартига кўра ёки берк режимда, ёки тўйиниш режимда ишлаши керак.

Киришга манфий кутбли сигнал берилсагина транзистор берк режимга ўтади. Маълумки, берк режимда транзистор токлари

$$I_{\varepsilon} \approx 0, \quad I_K = I_{K0}, \quad I_B = -I_{K0}$$

га тенг бўлади. Бу ерда “-” белгиси, база токи актив режимдаги база токи йўналишига тескари йўналишда оқиб ўтишини билдиради. Калит режимда I_{K0} токи **қолдиқ ток** деб аталади. У жуда кичик бўлганлиги сабабли чиқиш кучланиши $U_{ЧИҚ}$ манба кучланиши E_M қийматига яқин бўлади

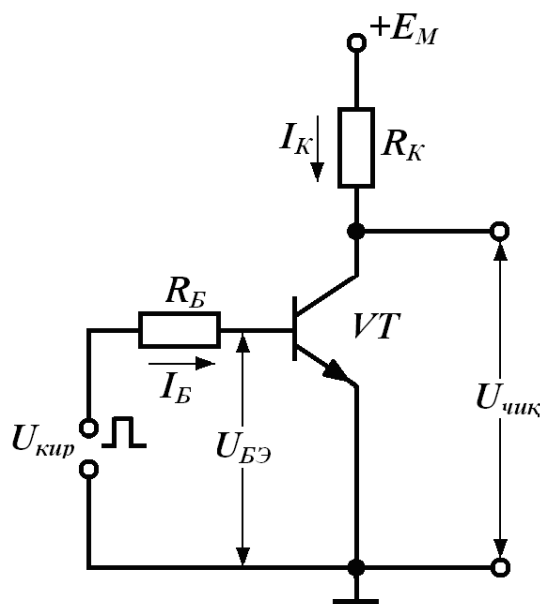
$$U_{ЧИҚ} = E_M - I_{K0} R_K \approx E_M,$$

яъни манба занжиридан юклама узилишига мос келади (калит узилган).

Агар $U_{КИР}$ мусбат кутбга ва етарлича катта қийматга эга бўлса, у ҳолда транзистор актив ёки тўйиниш режимига ўтади, яъни очилади (калит уланган). Юклама занжирида

$$I_K = (E_M - U_{КЭ}) / R_K$$

ток оқиб ўтади, калит чиқишидаги кучланиш эса $U_{ЧИҚ} = U_{КЭ} = U_{КОЛ}$ га тенг бўлиб, **қолдиқ кучланиш** деб аталади. Тўйиниш режимдаги қолдиқ кучланиш $U_{ЭБ}$ ва $U_{КБ}$ лар айирмасига тенг ва доим актив режимдаги қолдиқ кучланиш қийматдан кичик бўлади. Шу сабабли калит сифатида транзисторнинг актив режимда ишлаши маъқул эмас, чунки унда кўшимча $P_K = I_K U_{КЭ}$ қувват сочилади ва схема ФИК пасаяди. Кремнийли транзисторлар учун тўйиниш режимда $U_{КОЛ} \approx 0,25В$ тенг, яъни нолга яқин.



10.1 – расм.

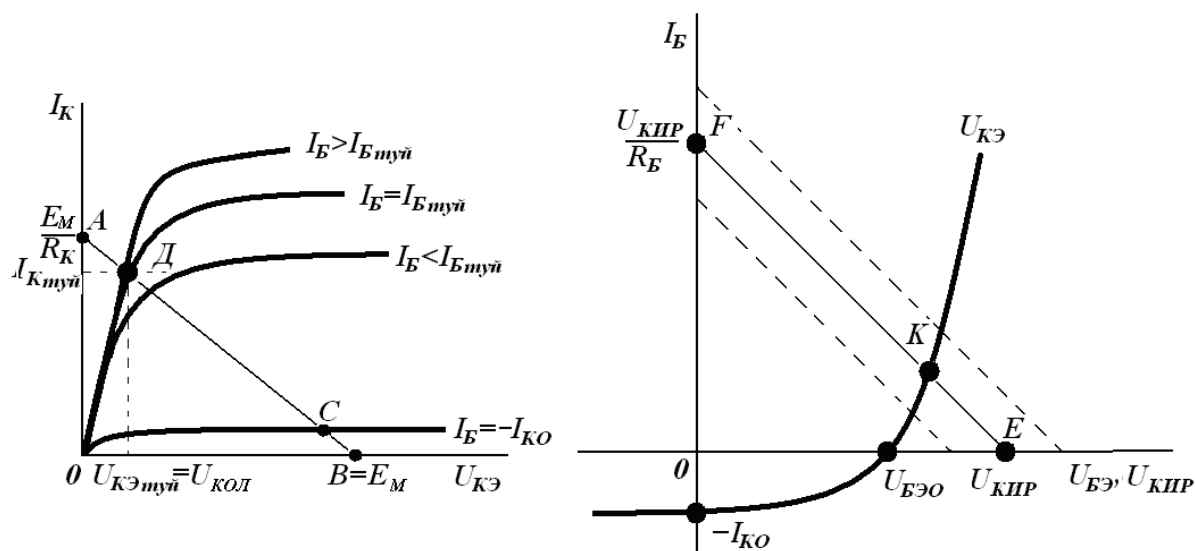
Кўрилатган калит инвертор эканлиги яққол кўриниб турибди, яъни кириш сигналининг манфий қийматлардан мусбат қийматларга ортиши, чиқиш кучланиши $U_{КЭ}$ ни E_M дан қолдиқ кучланишгача камайишига олиб келади.

Умуман айтганда, бу калит – инвертор тўғри мантиқдаги мусбат сигналлар билан ишлашга мўлжалланган. Шунинг учун бу ерда $U_{КИР} < 0$ шарт бажарилмайди. Лекин, кремнийли $p - n - \bar{u}$ тиш мусбат кучланишда ҳам, агар $U_{КИР} < 0,6$ В бўлса деярли берк қолади. Бу вақтда транзисторнинг уччала электрод токлари одатда микроампер улушларидан ортмайди.

Калитнинг асосий статик параметрлари бўлиб – қолдиқ ток ва қолдиқ кучланиш ҳисобланади. БТнинг калит режими катта диапазондаги ток ва кучланиш импульсларини ўзгариши билан таъминланади (катта сигнал режими). Шу сабабли калитнинг статик параметрлари графо – аналитик усулни қўллаш ёрдамида аниқланади. Бунинг учун калитда қўлланилатган транзисторнинг чиқиш (10.2, а – расм) ва кириш (10.2, б – расм) характеристикалари керак бўлади.

а)

б)



10.2 – расм.

Чиқиш характеристикалар оиласида В нукта (бу ерда $U_{КЭ} = E_M$) ва А нукта (бу ерда $I_K = E_K / R_K$) ларни туташтириб АВ юклама чизиғини ўтказамиз. Унда Д нукта тўйиниш чегарасини беради, С нукта эса $U_{КБ} = 0$ бўлганда бошланадиган берк режим чегарасини беради.

Айтилганлардан келиб чиққан ҳолда, калит режимда ишлаш учун транзисторли каскад ишчи нуктаси ёки Д нуктадан чапроқда, ёки С нуктадан ўнгроқда жойлашиши керак. Бу нукталар оралиғида каскад транзисторнинг тўйиниш режимидан берк режимга ўтиш ҳолатида, ёки аксинча бўлади. Транзистор бу ҳолатда қанчалик кам вақт турса, калитнинг тезкорлиги шунча юқори бўлади. Ўтиш ҳолатлари ноасосий заряд ташувчилар базадан чиқариб юбориш вақти ва барьер сигимнинг қайта зарядланиш жараёнлари билан аниқланади.

Статик режимда R_B қаршилиқнинг берилган қийматларида база токининг $U_{КНР}$ кучланишига боғлиқлигини кириш характеристикаси (4.9, б–расм) ёрдамида аниқлаш мумкин. Бунинг учун ЕҒ юклама чизиғини ўтказиш керак. Е нукта $U_{БЭ} = U_{КНР}$, F нукта эса $U_{КНР} / R_B$ қиймати билан аниқланади. Кириш характеристикаси билан юклама чизиғи кесишган К нукта база токи ва $U_{БЭ}$ кучланишининг ишчи қийматларини аниқлайди. $U_{КНР}$ нинг вақт бўйича ўзгариши ЕҒ тўғри чизиқни параллель силжишига ва мос равишда К нуктанинг силжишига олиб келади (штрих чизиқлар).

Д нукта билан аниқланадиган тўйиниш режимига ўтиш учун, кириш токи I_B ни **базанинг тўйиниш токи** деб аталувчи $I_{B\text{тўй}}$ қийматгача ошириш керак. Бу вақтда унга мос келувчи коллектор токи **коллекторнинг тўйиниш токи** $I_{K\text{тўй}}$, кучланиш эса **тўйиниш кучланиши** $U_{КЭ\text{тўй}}$ ёки **қолдиқ кучланиш** $U_{КЭ\text{тўй}} = U_{КОЛ} = E_M - I_{K\text{тўй}} R_K$ деб аталади. Малумки,

$$I_{K\text{тўй}} = \beta I_{B\text{тўй}},$$

бу ерда $\beta = h_{21Э}$ - база токининг интеграл узатиш коэффициенти . Тахминан $I_{К.ТЎЙ} \approx E_M / R_K$ деб олиш мумкин. У ҳолда

$$I_{Б.ТЎЙ} \approx E_M / \beta R_K .$$

База токи $I_{Б.ТЎЙ}$ қийматидан ортиши мумкин. База токининг бундай ортишини **тўйиниш коэффициенти** деб аташ қабул қилинган.

$$S_{ТЎЙ} = I_B / I_{Б.ТЎЙ} .$$

$S_{ТЎЙ}$ нинг ортиши $U_{ЧИК}$ ни камайишига олиб келади, яъни БТ чиқиш занжирида сочилаётган қувват камаяди. Аммо $S_{ТЎЙ}$ нинг керагидан ортиқ ортиши БТ кириш занжирида сочилаётган қувватни сезиларли ортишига олиб келади. Ҳисоблар $S_{ТЎЙ} = 1,5...2,0$ қийматлар оптимал бўлишини кўрсатди.

Кўриб ўтилган содда калит схемасида БТ иш режими билан боғлиқ бўлган катта инерцияликка эга. Транзистор тўйиниш режимига ўтаётганда базада кўп сонли ноасосий заряд ташувчиларнинг тўпланиши учун вақт талаб қилинади. Транзистор тўйиниш режимидан берк режимга ўтаётганда эса бу заряд ташувчиларнинг тўпланиши ва, айниқса, уларнинг базадан чиқариб юборилиши табиатан жуда секин кечадиган жараён. Аналог схемаларда кучайтирувчи элемент сифатида ишловчи БТнинг асосий параметрлари бўлиб ЭЎнинг $r_{Э}$ ва КЎнинг r_K дифференциал қаршиликлари ва мос равишда УБ ҳамда УЭ уланган схемаларда эса $h_{21Б}$ ва $h_{21Э}$ дифференциал ток узатиш коэффициентлари хизмат қилади.

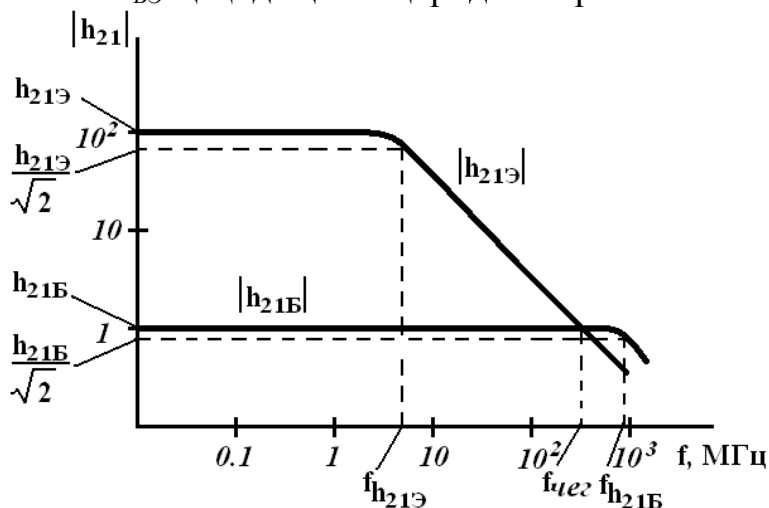
Транзистор частота хусусиятлари параметрларининг частотага боғлиқлиги билан ифодаланади. Ток узатиш дифференциал коэффициентининг чегаравий частотаси $f_{ЧЕГ}$ транзистор сифатини белгиловчи энг муҳим кўрсаткич ҳисобланади. У УЭ уланган схемада, ток узатиш дифференциал коэффициенти $h_{21Э}$ қиймати бирга тенг бўладиган частота сифатида аниқланади. УЭ ва УБ уланган схемалар ток узатиш коэффициентларининг частотага боғлиқлиги 9.1 – расмда логарифмик масштабда келтирилган, шу ерда чегаравий частоталар ҳам белгиланган бўлиб, $f = f_{ЧЕГ}$ бўлганда бирга экстрополяцияланувчи тўғри чизикли кесма мос келади. Бундан $f_{ЧЕГ} = f_{h_{21Э}} h_{21Э}$ эканлиги келиб чиқади.

Тўғри чизикли кесмада $f_{h_{21Э}} h_{21Э}$ кўпайтма ўзгармас қолгани учун, чегаравий частотани $|h_{21Э}|$ ни тўғри чизикли кесмага мос ихтиёрий частотада ўлчаб топиш мумкин.

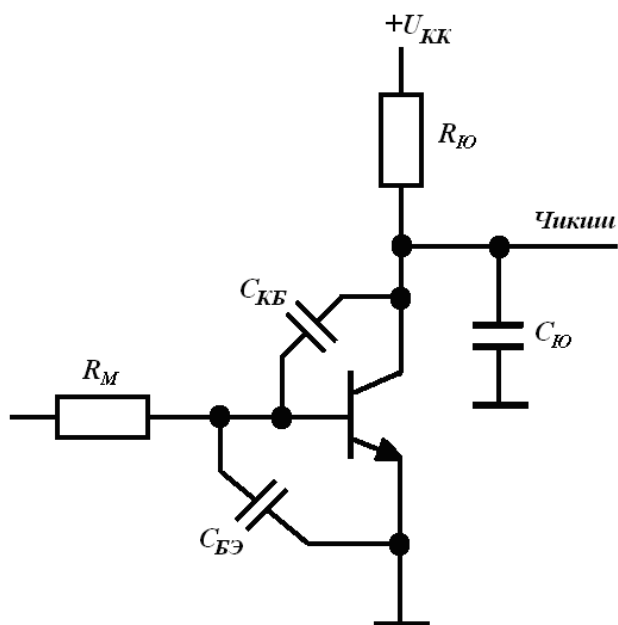
$h_{21Э}$ ва $h_{21Б}$ параметрлар орасидаги боғлиқлик асосида $f_{h_{21Б}}$ чегаравий частота $f_{h_{21Э}}$ частотага нисбатан $(\beta + 1)$ марта катта. Бу УЭ уланган схеманинг частота хусусиятлари УБ уланган схема частота хусусиятларига нисбатан ёмон эканлигини билдиради.

Динамик режимда $h_{21Б}$ ва $h_{21Э}$ катталиклар частотага боғлиқ бўлади. Шу сабабдан ушбу узатиш коэффициентлари комплекс қийматлари билан алмаштирилади.

Транзистор ўтишлари сиғимларининг частота хусусиятларига таъсири 9.2 – расмда кўрсатилган. Схемада чиқиш сиғими чиқиш қаршилиги $R_{Ю}$ билан RC – занжирни ташкил этади ($R_{Ю}$ коллектор билан юклама қаршилигини, $C_{Ю}$ эса ўтиш билан юклама сиғимини ўз ичига олади). Шу сабабли $f = 1/2\pi R_{Ю} C_{Ю}$ частотада сигнал пасая бошлайди. Манба қаршилиги R_M ва кириш сиғими $C_{БЭ}$ ҳақида ҳам юқоридагиларни айтиш мумкин.



9.1 – расм. УЭ ва УБ уланган схемаларда ток узатиш коэффициентларининг частотага боғлиқлиги.



9.2 – расм. Транзистор ўтишлари сиғимларининг таъсирини кўрсатувчи схема.

$C_{КБ}$ сиғим бошқача хусусиятга эга. Кучайтиргич кучланиш бўйича маълум кучайтириш коэффициенти K_U га эга. Киришдаги кичик сигнал

кучланиши коллекторда киришдагига нисбатан K_U марта кучаяди. Бундан сигнал манбаи учун C_{KB} уни база ва умумий нуктага улангандагига қараганда (K_U+1) марта катталиги келиб чиқади, яъни кириш сигнали кесилиш частотасини ҳисоблашда тескари алоқа сиғими ўзини кириш ва умумий нукта орасига уланган C_{KB} (K_U+1) сиғимли конденсатордек тутади. C_{KB} сиғимнинг эффектив ортиши **Миллер эффекти** деб аталади. Бу эффект кучайтириш пасайишида асосий сабаб ҳисобланади, чунки тескари алоқани ҳосил қилувчи сиғим $C_{KB} \approx 4$ пФ ни ташкил этади ва умумий нуктага уланган бир неча юз пикофарадалик эффектив сиғимга мос келади.

Назорат саволлари

1. БТ асосидаги содда электрон калит схемаси.
2. Қолдиқ ток ва кучланиш.
3. Тўйиниш токи ва кучланиши.

14-маъруза

Шоттки транзисторлари

- Режа:**
1. Шоттки транзисторлари
 2. Фототранзистор ва купэмиттерли транзистор
 2. Схепада белгиланиши

15-маъруза

Куп катламли яримутказгичли асбоблар

- Режа:**
1. Умумий маълумотлар
 2. Схепада белгиланиши

16 – маъруза

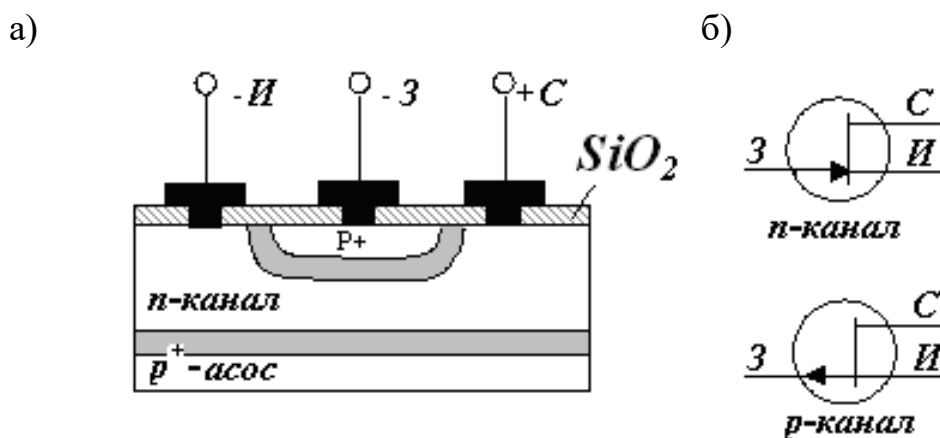
МАЙДОНИЙ (УНИПОЛЯР) ТРАНЗИСТОРЛАР

- Режа:**
1. Умумий маълумотлар
 2. Иш режимлар

Электрод токлари асосий заряд ташувчиларнинг кристалл ҳажмидаги электр майдон таъсирида дрейф ҳаракатланишига асосланган уч электродли, кучланиш билан бошқариладиган яримўтказгич асбоб **майдоний транзистор** (МТ) дейилади. МТларда ток ҳосил бўлишида фақат бир турли–асосий заряд ташувчилар (электронлар ёки коваклар) қатнашгани сабабли улар баъзан **униполяр транзисторлар** деб аталади. МТларда, БТлардаги каби тезкорликка таъсир этувчи инжекция ва экстракция натижасида ноасосий заряд ташувчиларнинг тўпланиш жараёнлари мавжуд эмас.

$p-n$ ўтиш билан бошқарилувчи n – каналли МТ тузилмасининг кўндаланг кесими ва унинг шартли белгиланиши 11.1 - расмда келтирилган.

n -турдаги соҳа **канал** деб аталади. Каналга заряд ташувчилар киритиладиган контакт **исток (И)**; заряд ташувчилар чиқиб кетадиган контакт **сток (С)** деб аталади. **Затвор (З)** бошқарувчи электрод ҳисобланади. Затвор ва исток оралиғига кучланиш берилганда юзага келадиган электр майдони канал ўтказувчанлигини, натижада каналдан оқиб ўтаётган токни ўзгартиради. Затвор сифатида каналга нисбатан ўтказувчанлиги тескари турдаги соҳа қўлланилади. Ишчи режимда у тескари уланган бўлиб канал билан $p-n$ ўтиш ҳосил қилади.



11.1 – расм.

Каналнинг кўндаланг кесими нольга тенг бўладиган вақтдаги затвор кучланиши **беркилиш кучланиши** $U_{ЗИ.БЕРК.}$ деб аталади ва бу вақтда транзистор истоки стокдан узилиб қолади, яъни **берк режимда** ишлайди.

$|U_{ЗИ}| + U_{СИ.ТЎЙ.}$ кучланиш беркилиш кучланишига $U_{ЗИ.БЕРК.}$ га тенг бўладиган вақтдаги сток кучланиши **тўйиниш кучланиши** $U_{СИ.ТЎЙ.}$ деб аталади.

Бу ердан

$$U_{СИ.ТЎЙ.} = |U_{ЗИ.БЕРК.}| - |U_{ЗИ}| \quad .$$

$U_{СИ} \leq U_{СИ.тўй.}$ вақтдаги транзисторнинг ишчи режими **текис ўзгариш** режими, $U_{СИ} \geq U_{СИ.тўй.}$ вақтдаги транзисторнинг ишчи режими эса **тўйиниш** режими деб аталади. Тўйиниш режимида $U_{СИ}$ кучланиш қийматининг ортишига қарамай I_C токининг ортиши деярли тўхтайтиди. Бу ҳолат бир вақтнинг ўзида затвордаги $U_{ЗИ}$ кучланишининг ҳам ортиши билан тушунтирилади. Бу вақтда канал тораяди ва I_C токини камайтишига олиб келади. Натижада I_C дрейфли ўзгармайди.

МТнинг асосий параметрлари:

Характеристика тигклиги

$$U_{СИ} = \text{const} \text{ бўлгандаги } S = \frac{\partial I_C}{\partial U_{ЗИ}} ;$$

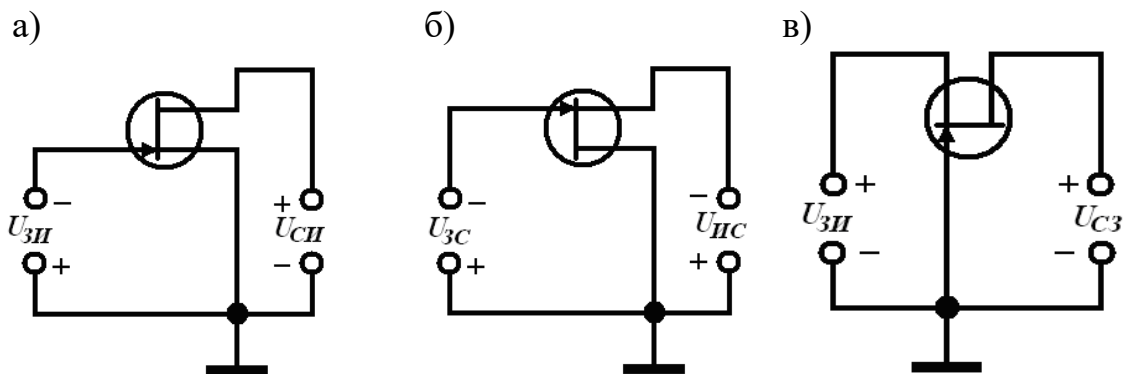
Ички (дифференциал) қаршилиқ

$$U_{ЗИ} = \text{const} \text{ бўлгандаги } R_i = \frac{\partial U_{СИ}}{\partial I_C} ;$$

Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициент

$$I_C = \text{const} \text{ бўлгандаги } \mu = \frac{\partial U_{СИ}}{\partial U_{ЗИ}} .$$

Кичик сигнал параметрлари ўзаро $\mu = SR_i$ ифода билан боғланган.



11.2 – расм.

МТда электродлар учта бўлгани сабабли, уч хил уланиш схемалари мавжуд: **умумий исток (УИ)**, **умумий сток (УС)** ва **умумий затвор (УЗ)**. Бунда МТ электродларидан бири схеманинг кириш ва чиқиш занжирлари учун умумий, унинг ўзгарувчан ток (сигнал) бўйича потенциали эса нолга тенг қилиб олинади. Асосий уланиш схемаси бўлиб УИ уланиш хизмат қилади.

Назорат саволлари

1. МТ деб нимага айтилади ва нима учун уни униполяр транзистор деб ҳам аташади ?
2. МТларнинг турларини келтиринг.

3. МТларнинг канали, затвори, истоки, стоки ва асосини қандай тушунаси ?

4. р-п ўтиш билан бошқариловчи МТ ишлаш принципини тушунтиринг.

5. Асосга нисбатан затвордаги ва истокдаги кучланишлар ўзгарганда канал

геометрияси қандай ўзгаради ?

6. МТ токига затвордаги ва истокдаги кучланишлар қандай таъсир кўрсатади ?

7. МТларнинг уланиш схемаларини айтиб беринг.

8. МТ қандай иш режимларда ишлаши мумкин ?

9. МТларнинг ВАХларини келтиринг.

10. МТлар асосий параметрларини айтинг ва улар қандай топилади ?

16 – маъруза

МАЙДОНИЙ (УНИПОЛЯР) ТРАНЗИСТОРЛАР

Режа: 1.МТ сигналлари

2.Асосий параметрлари

16 – маъруза

Канали индукцияланган МДЯ транзисторлар

Режа: 1. Канали индукцияланган МДЯ транзистор вольт- ампер характеристикаси

2.Асосий параметрлари
ҳақида тушунча

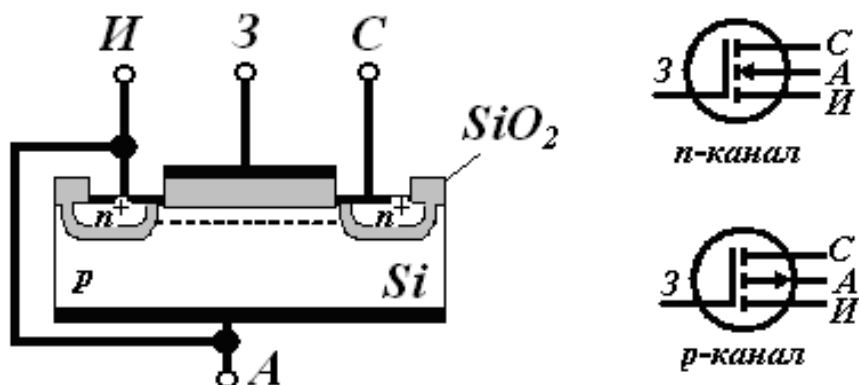
Канали қурилган МДЯ транзистор

р – п ўтиш билан бошқариладиган майдоний транзисторлардан фарқли равишда МДЯ – транзисторларда металл затвор канал ҳосил қилувчи доим ўтказгичли соҳадан диэлектрик қатлами ёрдамида изоляцияланган. Шу сабабли МДЯ – транзисторлар затвори изоляцияланган майдоний транзисторлар турига киради. Диэлектрик қатлами SiO_2 диэлектрик оксиди бўлганлиги сабабли, бу транзисторлар МОЯ – транзисторлар (металл – оксид - ярим ўтказгичли тузилма) деб ҳам аталадилар.

МДЯ – транзисторларнинг ишлаш принципи кўндаланг электр майдони таъсирида диэлектрик билан чегараланган ярим ўтказгичнинг юқори қатламида ўтказувчанликни ўзгартириш эффектига асосланган. Ярим

Ўтказгичнинг юқори қатлами транзисторнинг ток ўтказувчи канали вазифасини бажаради.

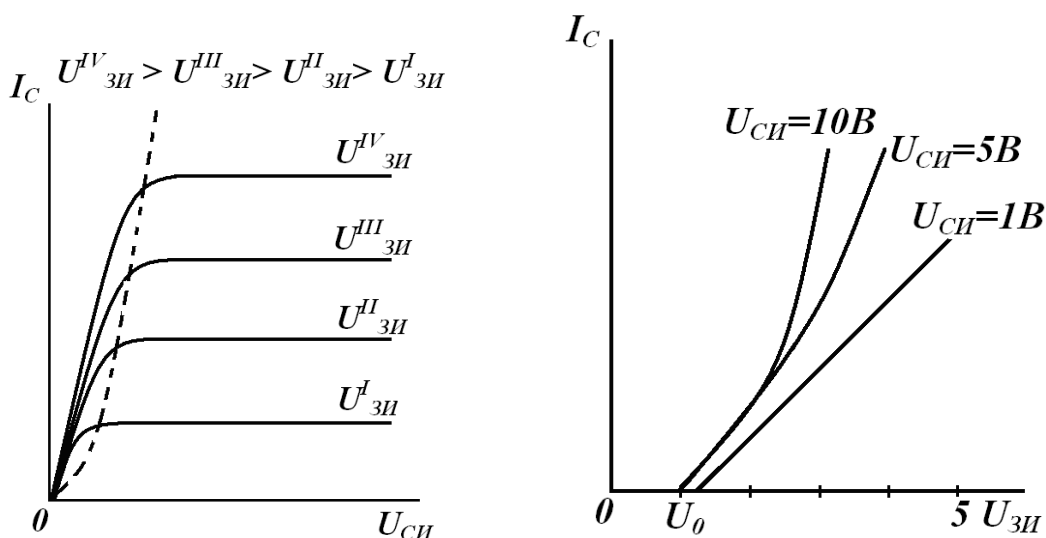
Р – канали индукцияланган МДЯ - транзистор тузилмаси 12.1. а – расмда ва унинг шартли белгиси 12.1. б- расмда келтирилган.



12.1 – расм.

Транзистор қуйидаги чиқишларга эга: истокдан чиқиш – И, стокдан чиқиш – С, затвордан чиқиш – 3 ва асос деб аталувчи – А кристаллдан чиқиш.

Сток ва истокларнинг p^+ - соҳалари n – турдаги ярим ўтказгич билан иккита $p - n$ ўтиш ҳосил қилганлиги сабабли, $U_{СИ}$ кучланишининг бирор қутбланишида бу ўтишлардан бири тескари йўналишда уланади ва сток токи I_C деярли нольга тенг бўлади.



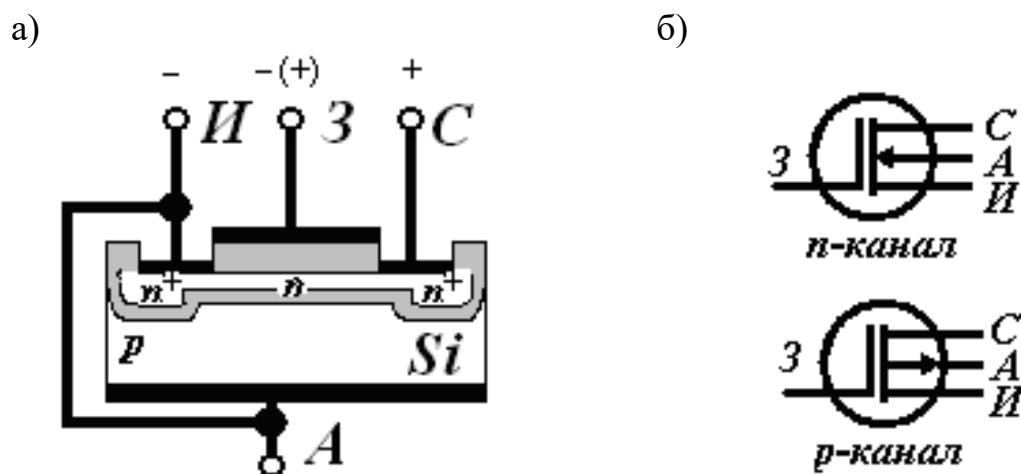
12.2 – расм.

Транзисторда ток ўтказувчи канал ҳосил қилиш учун затворга тескари қутбликдаги кучланиш берилади. Затвор электр майдони SiO_2 диэлектрик қатлами орқали ярим ўтказгичнинг юқори қатламига киради, ундаги асосий заряд ташувчилар (электронлар) ни итариб чиқаради ва асосий бўлмаган заряд ташувчилар (коваклар) ни ўзига тортади. Натижада юқори қатлам

электронлари камбағаллашиб, коваклар билан эса бойиб боради. Затвор кучланиши бўсағавий деб аталувчи маълум қиймати U_0 га етганда, юқори қатламда электр ўтказувчанлик ковак ўтказувчанлик билан алмашади ва исток ва стокни бир – бири билан боғловчи p- турдаги канал шаклланади.

$U_{3И} \succ U_0$ бўлганда юқори қатлам коваклар билан бойиб боради, бу эса канал қаршилигини камайишига олиб келади. Бу вақтда сток токи I_C ортади. 12.2 – расмда n – канали индукцияланган МДЯ – транзисторнинг сток – затвор ва чиқиш (сток) характеристиклар оиласи келтирилган. Затворга маълум кучланиш берилганда $|U_{СИ}|$ нинг ортиб боришига кўра сток токи ноль қийматдан аввалига чизиқли кўринишда ортиб боради (ВАХ нинг тикка қисми), кейинчалик эса ортиш тезлиги камаяди ва етарлича катта $|U_{СИ}|$ қийматларида ток ўзгармас қийматга интилади. Ток ортишининг тўхташи сток яқинидаги каналнинг беркилиши билан боғлиқ.

n – канали қурилган МДЯ – транзистор тузилмаси 12.3 а – расмда ва шартли график тасвирланиши 12.3 б – расмда келтирилган.



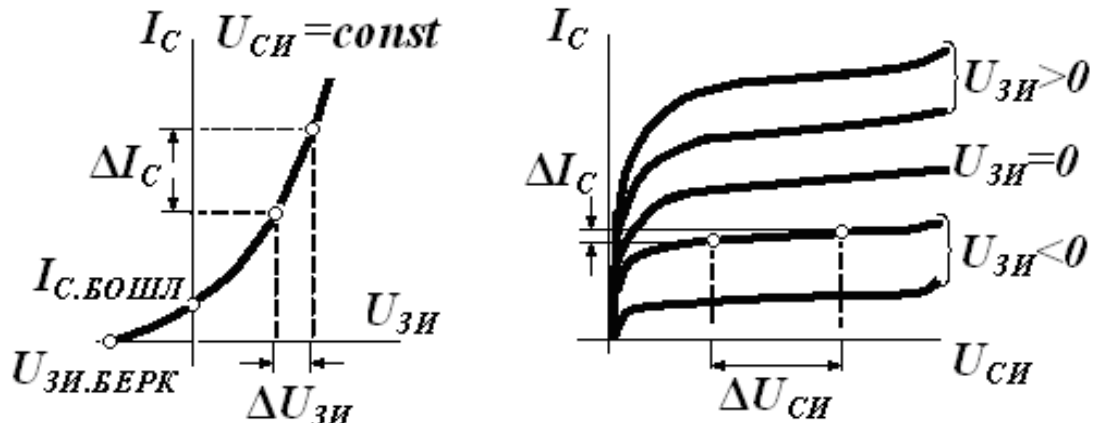
12.3 – расм.

Бундай транзисторларда исток ва сток орасида жойлашган ток ўтказувчи канал транзисторни тайёрлаш жараёнида ҳосил қилинади. Шунинг учун бундай транзистор канали “қурилган” МТ деб аталади. Канал ион легирлаш усули билан яримўтказгич сиртига яқин соҳаларда юпқа қатлам ҳосил қилиш билан амалга оширилади. Канали қурилган МДЯ – транзисторлар истокка нисбатан затворга икки хил ишорали кучланишлар берилганда ҳам ишлай олади.

Агар $U_{3И} = 0$ бўлганда транзисторга $U_{СИ}$ кучланиш берилса, канал орқали электронлар токи оқади. Бу ток стокнинг бошланғич токи $I_{C.бошл}$ деб аталади. Затворга истокка нисбатан манфий кучланиш берилганда каналда ток йўналишига кўндаланг электр майдон ҳосил бўлади. Бу майдон таъсирида электронлар каналдан суриб чиқарилади. Каналда электронлар сони камаяди (канал камбағаллашади), унинг қаршилиги ортади ва сток токи

қиймати камаяди. Затвордаги манфий кучланиш қиймати ортган сари, ток қиймати камаяверади. Транзисторнинг бу режими **камбағаллашган режим** деб аталади. Затворга берилган манфий кучланишнинг маълум қийматида сток токи нолгача камаяди (берк режим), ушбу кучланиш **беркитиш кучланиши** $U_{ЗИ.БЕРК}$ деб аталади.

Агар затворга мусбат кучланиш берилса, ушбу кучланиш ҳосил қилган майдон таъсирида исток, сток ҳамда кристалл асосдан электронлар каналга кела бошлайди, канал ўтказувчанлиги ва сток токи қиймати ортади. Ушбу режим канали **бойитилган режим** деб аталади.



12.4 – расм.

МДЯ транзисторларнинг асосий параметрлари:

Характеристика тигклиги

$$U_{СИ} = \text{const} \text{ бўлгандаги } S = \frac{\partial I_C}{\partial U_{ЗИ}} ;$$

Ички (дифференциал) қаршилик

$$U_{ЗИ} = \text{const} \text{ бўлгандаги } R_i = \frac{\partial U_{СИ}}{\partial I_C} ;$$

Кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти

$$I_C = \text{const} \text{ бўлгандаги } \mu = \frac{\partial U_{СИ}}{\partial U_{ЗИ}}$$

Назорат саволлари

1. Канали индукцияланган МДЯ – транзисторнинг ишлаш принципи нимадан иборат ?
2. Канали индукцияланган МДЯ – транзисторлар статик ВАХлари хусусиятларини айтинг.
3. Канали қурилган МДЯ – транзисторнинг ишлаш принципи нимадан иборат ?

4. Канали қурилган МДЯ – транзисторлар статик ВАХлари хусусиятларини айтинг.

18 – маъруза

Канали индукцияланган МДЯ транзисторлар

Режа: 1. МДЯ – транзисторлар кичик сигнал режимида
2. Иш режимлари

