

**ЎЗБЕКИСТОН АЛОҚА ВА АХБОРОТЛАШТИРИШ
АГЕНТЛИГИ
ТАТУ ФАРҒОНА ФИЛИАЛИ**

Ҳимояга

Кафедра мудири

2011 й « ____ » _____

**ТОЛАЛИ ОПТИК АЛОҚА ТИЗИМЛАРИДАГИ ФОТО
ҚАБУЛ ҚИЛИШ ҚУРИЛМАЛАРИ ИШЛАШ
РЕЖИМЛАРИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ**

МАВЗУСИДА

МАЛАКАВИЙ БИТИРУВ ИШИ

Битирувчи _____
(имзо)

Рахбар _____
(имзо)

Такризчи _____
(имзо)

Атабоев Ж.

Ахмедов Х.

доц.Мамасодиқов Ю.

Фарғона 2011 йил

МУНДАРИЖА

Кириш.....	2
ТАҲЛИЛИЙ ҚИСМ	
1.Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари таҳлили	
1.1. Оптик алоқа тизимларининг тузилиш принциплари.....	5
1.2. Фотоқабулқилгичлар. Фотоқабулқилгичларнинг асосий тавсиф ва параметрлари.....	12
1.3. p-i-n фотодиодлар.....	17
1.4. Кўчкисимон фотодиодлар.....	20
АСОСИЙ ҚИСМ	
2. Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимлари	
2.1. Фотоқабул қилиш қурилмалари асосий характеристикалари ва турлари.....	24
2.2. Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари иш режимлари.....	27
2.3. Оптик узатиш каналлари ва нур манбалари.....	30
ТЕХНОЛОГИК ҚИСМ	
3.Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимларини оптималлаштириш	
3.1. Оптик қабул қилгич блок схемаси.....	36
3.2.Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимини оптималлаштириш.....	38
3.3. Фотоқабул қилиш қурилмаларининг асосий блоклари ҳисоби.....	45
4.МЕҲНАТ МУҲОФАЗАСИ.....	49
Хулоса.....	60
Фойдаланилган адабиётлар ва манбалар.....	61
Иловалар.....	64

АННОТАЦИЯ

Ўзбекистон ахборот ва телекоммуникацион технологиялари кенг ривожланиб бораётган мамлакатлар қаторига киради. Айниқса кейинги йилларда оптик толали алоқа тизими республика ахборот ва телекоммуникация тизимига кенг жорий қилинмоқда. Оптик толали алоқа тизимининг бошқа тизимларга нисбатан афзаллиги, бу уларда катта ахборот сиғимига эга бўлган оптик диапазондаги сигналларни қўлланилиши билан боғлиқ. Бугунги кун ахборот ва телекоммуникация тизимларига қўйиладиган асосий катта талаб, алоқа тизимларини юқори ишончликка эга бўлиши ва кўп муддатга хизмат қилишини таъминлашдан иборатдир.

Оптик толали алоқа тизимининг асосий қисмларидан фотоқабул қилиш қурилмалари бўлиб, уларни иш режимларига юқори талаблар қўйилгандир.

Битирув малакавий ишда толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимларини оптималлаштириш масалалари кўриб чиқилди.

КИРИШ

Замонавий давр жамиятни ахборотлаштириш жараёнини кескин ривожланишга олиб кирмоқда. Бу жараён ахборот-коммуникациялар хизматларидан фойдаланувчиларни телекоммуникациялар тармоқларига юқори тезлик билан (кенг полосали) уланишга ундайди. Бундай талаб Интернетдан фойдаланувчиларнинг кескин ўсиб бориши ва мультимедия, видеоконференция, электр рақамли имзодан фойдаланиш, электрон тижорат, электрон хужжат айланиш ва бошқа бир қанча замонавий хизматларни ҳаётга кириб келишидан чиқиб келяпти.

Маълумки юқори тезликдаги сигналларни узатиш ва қабул қилиб олиш учун юқори даражада ўтказиш қобилиятига эга бўлган йўналтирувчи муҳит бўлиши керак. Бундай талабларга оптик алоқа воситаларига тенг келувчи воситалар ҳозирги кунда мавжуд эмас. Бундан ташқари оптик алоқа тизимлари орқали катта ҳажмдаги ахборотларни хоҳлаган масофаларга узатиш мумкин.

Шунинг учун оптик алоқа жамиятни ахборотлаштириш жараёнини ривожлантирувчи мукаммал ва истиқболли алоқа воситаси ҳисобланади.

Оптик алоқани ривожланиш тарихига назар ташласак, шуни айтиб ўтиш жоизки, цивилизациянинг бошланғич давларида ҳам инсон ахборотларни узоқ масофаларга узатишда оптик сигналлардан фойдаланган. Бунинг учун кундуз куни у мисол учун тутунли сигналлардан ёки акс этган қуёш нуридан, тунда эса олов сигналларидан фойдаланган. Вақт ўтиши билан у қуруқликда машина телеграфи, денгизларда байроқли сигнализация ва сигнал лампалари билан алмашган. Ўз навбатида охири телефон ва телеграф радиоалоқаси билан алмашди.

1882 йил америкалик олим Александр Грехем Белл томонидан овозли ахборотни ёруғлик нури кўринишида узатиш имконини берувчи оптик телефон ишлаб чиқилди.

Фан-техника, квант физикаси, оптоэлектроника бўйича эришилган ютуқлар, оптик квант генераторларини (лазерларни) яратилиши билан оптик алоқани ривожланишини замонавий даври бошланди.

60 йиллар бошида биринчи лазер яратилди. Тракт сифатида ер усти атмосфера қатлами, яъни очиқ алоқа линияси ишлатилган. Ҳозирда бундай тизимлар космосда, баъзи хорижий мамлакатларда кўп қаватли баланд биноларда қўлланилмоқда.

70-йилларда кварц шиша материалидан олинган тола нурни ютувчи қўшимчаларни олиб ташлаш йўли билан сўниш қийматларини камайтириш усули яратилди ва 1979 йилга келиб, оптик толани сўниш қийматларини 0,2 дБ/км гача камайтириш мумкинлиги аниқланди. Ҳозирги кунда нафақат сўниш қийматлари, балки спектр бўйича зичлаштирилган тизимларни бир неча тўлқин узунликларини битта тола орқали бир вақтда узатиш имконини берувчи, дисперсия қиймати минимал бўлган бир модали толалар ҳам яратилган. Бундай толалар Люсент Техноложиз, Корнинг каби кўплаб хорижий компаниялар томонидан ишлаб чиқарилмоқда.

Ҳар бири 20 Гбит/с тезликли 55 та канални мультимплексорлаб, битта тола орқали узатиш мумкин, бунда йиғинди тезлик 1,1 Тбит/с ни ташкил этади.

Ўзбекистон республикасида ҳам жамиятни ахборотлаштириш борасида кўпгина ишлар амалга оширилди ва бу ишлар давом этмоқда. Бу мақсадда 1995 йил 1 август Вазирлар Маҳкамаси томонидан қабул қилинган «2010 йилгача муддатда Ўзбекистон Республикаси телекоммуникация тармоқларини ривожлантириш ва реконструкция қилиш Миллий дастури» қабул қилинди. Ушбу дастурга мувофиқ 1995-1997 йилларда ТОО (Транс-Осиё-Овропа) магистралини жаҳон стандартларига мос келувчи, рақамли транспорт тармоғини Миллий сегментини қуриш бошланди ва узунлиги 830 км дан ошиқ магистрал ТОО (толали оптик алоқа) линияси фойдаланишга топширилди. ТОО Миллий сегментида Сименс (Германия) фирмасининг толали оптик кабелларидан фойдаланилди.

1995-2000 йилларда ОЕСФ (Япония) лойиҳаси доирасида 1080 км узунликли ҳудудий ТОА линияси қурилди ва фойдаланишга топширилди.

1996-1997 йилларда Тошкент шаҳрида “Сименс” толали оптик кабелларини қўллаб барча электрон АТСларни ва шунингдек тугунли аналог АТСларни бирлаштирувчи катта транспорт ҳалқа қурилди.

2001 йилда EDSF (Корея) лойиҳаси асосида Андижон ва Фарғона вилоятларини ҳудудий телекоммуникация тармоқларини қайта таъмирлаш амалга оширилди. Лойиҳа натижасида умумий узунлиги 354 км бўлган ҳудудий ТОА линияси қурилди.

Ҳозирда ташқи иқтисодий бирдамлик Япония банки кредити ҳисобига Фарғона водийсини учта вилоятини ҳалқали тармоқларини қуриш, Қашқадарё, Сирдарё вилоятларида ҳалқали ҳудудий телекоммуникация тармоқларини қуриш, Бухоро-Нукус участкасида ТОА линиясини Бухоро-Навои-Зарафшон-Учкудук-Нукус ТОА линияси орқали резервлаш ишлари амалга оширилмоқда. Бу лойиҳа доирасида 2000 км магистрал, 700 км ҳудудий ТОА линияларини қуриш назарда тутилган.

Ўзбекистон телекоммуникация тизимининг 28 та йўналиш бўйича дунёнинг 180 та мамлакатига чиқадиган тўғридан-тўғри халқаро каналлари мавжуд.

Бугунги кун ахборот ва телекоммуникация тизимларига қўйиладиган асосий катта талаб, алоқа тизимларини юқори ишончликка эга бўлиши ва кўп муддатга хизмат қилишини таъминлашдан иборатдир.

Оптик толали алоқа тизимининг асосий қисмларидан фотоқабул қилиш қурилмалари бўлиб, уларни иш режимларига юқори талаблар қўйилгандир.

Битирув малакавий ишда толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимларини оптималлаштириш масалалари кўриб чиқилди.

ТАҲЛИЛИЙ ҚИСМ

1.Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари таҳлили

1.1. Оптик алоқа тизимларининг тузилиш принциплари

Оптик алоқа (ОА) бу ахборот ёруғлик нури кўринишида оптик тола бўйлаб ёки очик фазо атмосферада узатиладиган алоқадир. Ахборот тола орқали узатилса, толали оптик алоқа (ТОА) тизими, очик атмосферада узатилса, очик оптик алоқа (ООА) тизими дейилади.

ООА тизимларида нурланиш манбалари электромагнит тўлқинларни очик фазога нурлантиради, бунда нурланишни тарқалиш йўналиши фақатгина антеннанинг йўналиш диаграммаси билан аниқланади. ООА тизимларининг узатувчи муҳити ўз навбатида уч турга бўлинади: атмосфера, космик ва сув ости алоқа муҳитлари.

Атмосфера ООА тизимларида тўлқинларни тарқалиш характеристикаси етарли даражада об-ҳаво шароитларига боғлиқ. Атмосфера ва сув ости узатиш муҳитларининг физик бир турда эмаслиги ва уларнинг таркибидаги бегона заррачаларни узатилаётган нурланиш тўлқини билан ўзаро таъсирда бўлишидан электромагнит тўлқинлар бузилади. Заррача ўлчамларининг тўлқин узунлиги билан таққосланадиган даражада ёки катта бўлиши бузилишларни оширади. Шу сабабли атмосфера бузилишлари оптик диапазонда турли характерга эга. Шу тарзда узатиш муҳитларини таҳлил қилиш, алоқа тизимларини лойихалаштиришда юзага келадиган энг муҳим масала хисобланади. Тўлқинларни тарқалиш йўналишига тушиб қоладиган заррачалар асосан оптик нурланишни ютади ва сочади. Бу омилларни таъсир даражаси муҳит турига (сув ости, тоза ҳаво, турбулент атмосфера ва бошқалар) боғлиқ. Бу тизимларда бузилишларни камайтириш ва талаб этиладиган ишончилиликни таъминлаш учун ретрансляция участкаси узунлигини камайтириш керак бўлади.

Космик ООА тизимларида узатиш муҳити бу атмосферадан холи бўлган очик фазодир. Космик муҳитда атмосфера муҳитларига хос бўлган

бузилишлар хосил бўлмайди, улар барқарор бўлиб, алоқанинг юқори ишончилигини таъминлайди. Космик муҳитларда асосий йўқотишлар бу тарқалишда хосил бўладиган йўқотишлар ҳисобланади. Бу йўқотишлар сигнал L масофага тарқалганда нурланиш майдони қувватининг йўқотиш коэффиценти билан баҳоланади ва қуйидаги ифода орқали аниқланади:

$$Z_p = \frac{1}{4\pi L^2} \quad (1.1.1)$$

Космик алоқа тизимларини лойихалаштиришда асосий масала бу узатиш ва қабул қилиш антенналарининг ўлчамларини мос равишда тўғри танлаш орқали йўқотишларни бартараф этиш ҳисобланади.

ОА тизимининг асосий йўналиши ТОА тизими ҳисобланади. Чунки ҳозирги вақтда юқори даражадаги узатиш характеристикаларига эга бўлган ёруғлик узатгичлар ишлаб чиқилган. Аммо ахборотларни очиқ фазода, атмосферада узатишга асосланган ООА тизимлари ҳам, радиоалоқа учун ажратилган частоталарни тўлдирувчи восита сифатида қизиқишларни намоён этади.

ТОА тизимларида электромагнит нурланишларни тарқалиш йўлини ташкил этиш учун махсус оптик ёруғлик узатгичлар-оптик толалар қўлланилади.

ТОА тармоғи бу тугунлар ораси оптик алоқа линиялари орқали боғланган алоқа тармоғидир.

Ахборотни ТОА линиялари орқали узатиш мис кабеллар ва бошқа узатиш муҳитларига қараганда бир қанча афзалликларга эга. Шу афзалликлари туфайли ТОА тизимидан нафақат телефон алоқасини ташкил этишда, балки телевидениеда, овоз эшиттиришларини узатишда, ҳисоблаш техникасида, транспорт воситаларида ва бошқа соҳаларда кенг фойдаланилмоқда.

ТОА тизимларида узатиш муҳити сифатида қўлланиладиган оптик толаларнинг афзалликлари қуйида келтирилган.

Ўтказиш оралиғининг кенглиги. Бу ташувчи частотасининг жуда юқорилиги $10^{14} - 10^{15}$ Гц билан тушунтирилади. Битта оптик тола бўйлаб секундига бир неча терабит ахборотлар оқимини узатиш имконияти мавжуд. Ўтказиш оралиғининг кенглиги толали оптик алоқанинг мис ва бошқа ахборот узатиш муҳитларидан устун турувчи энг муҳим афзаллигидир.

Оптик толада ёруғлик сигналларининг кам сўниши.

Хозирги кунда кўплаб компаниялар томонидан ишлаб чиқарилаётган оптик толалар 1 канал километр ҳисобида 1,55 мкм тўлқин узунлигида 0,2-0,3 дБ/км сўнишга эга. Сўниш ва дисперсия қийматларининг кичиклиги оптик сигналларни ТОА линиялари бўйлаб ретрансляциясиз 100 км ва ундан узоқ масофаларга узатиш имконини беради.

Шовқин сатҳини кичиклиги оптик толанинг ўтказиш қобилиятини оширади.

Шовқиндан юқори даражада ҳимояланганлиги. Оптик тола диэлектрик материаллар – кварц, кўп таркибли шиша, полимерлардан тайёрланганлиги учун у электромагнит нурланишни индукциялаш хусусиятига эга атрофидаги мис кабелли тизим ва электр қурилмаларнинг (электр узатиш линиялари, электродвигателли ускуна ва бошқалар) ташқи электромагнит шовқинларига таъсирчан эмас. Шунингдек кўп толали оптик кабелларда кўп жуфтли мис кабелларга хос электромагнит нурланишларнинг ўзаро таъсири каби муаммолар юзага келмайди .

Бу афзаллиги туфайли оптик кабеллардан ишлаб чиқариш корхоналарида, бошқарув марказларида, самолёт ва кема каби транспорт воситаларида фойдаланган мақулдир. Чунки шу каби кичик жойларда ҳам энергетик қурилмалар, ҳам автоматика ва телебошқарув тизимлари, ҳам кўп сонли абонент қурилмаларидан иборат тармоқланган алоқа тармоқлари жойлашган бўлади . Бундай ҳолатда электромагнит ва ўзаро шовқинлар юзага келади. Оптик кабелларнинг эса бундай шовқинларга таъсирчан эмаслигини айтиб ўтдик.

Енгиллиги, хажми ва ўлчамларининг кичиклиги. Оптик кабеллар мис кабеллар билан солиштирилганда анча енгил ва хажми кичик. Масалан, 900 жуфтли 7,5 см диаметрли мис телефон кабелли 0,1 см диаметрли битта оптик тола билан алмаштирилиши мумкин. Агар оптик тола бир неча ҳимоя қобиқларидан иборат ва брон пўлат лента билан қопланган бўлса, бундай тола диаметри 1,5 см га тенг бўлади, бу эса кўрилатган мис кабел диаметридан бир неча марта кичик.

Алоқанинг махфийлиги. Толали оптик кабеллар радио тўлқин диапазонида умуман нур узатмаслиги сабабли, ундан узатилаётган ахборотни узатиб-қабул қилишни бузмасдан рухсатсиз ташқи уланишларда эшитиш жуда қийин. Оптик алоқа линиясининг мониторинг тизими (узлуксиз назорат) толанинг юқори сезгирлик хусусиятини қўллаб, дархол рухсатсиз ташқаридан эшитиляётган алоқа каналлини ўчириши ва хавф (тревога) сигналини узатиши мумкин.

Ёнғиндан ҳимояланганлиги. Оптик толада учқун ҳосил бўлмаслиги кимёвий, нефтни қайта ишловчи корхоналарда, портлаш ва ёнғин хавфи мавжуд бўлган биноларда хавфсизликни оширади.

Иқтисодий жиҳатдан самарадорлиги. Оптик тола кварцдан ишлаб чиқарилади. Унинг асосини табиатда кенг тарқалган кремний икки оксиди SiO_2 ташкил этади. Демак толали оптик кабелларни ишлаб чиқариш учун ноёб рангли метал сарфланмайди. Мис ва қўрғошиннинг дунёвий захиралари чегараланган ҳозирги вақтда ноёб бўлмаган маҳсулотга ўтиш кабелли алоқа техникасининг келгуси ривожланиши учун муҳим омил ҳисобланади. Натижада оптик кабелларнинг нархи мис кабелларга нисбатан арзонлашади.

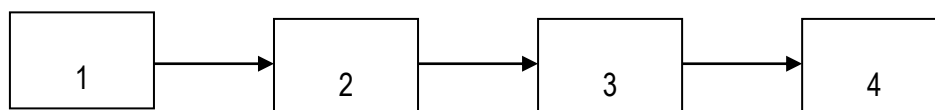
Фойдаланиш муддатининг узоклиги. Тола вақт ўтган сари эскиради, яъни ётказилган кабелларда сўниш аста секин ошиб боради. Бироқ, оптик тола ишлаб чиқаришнинг замонавий технологияларининг мукаммаллашуви бу жараёни секинлаштиради ва фойдаланиш муддатини узайтиради.

Масофавий электр таъминотга эга эканлиги. Баъзи ҳолларда тармоқ тугунларининг масофавий электр таъминоти талаб этилади. Буни оптик тола

орқали амалга ошириб бўлмайди. Бу ҳолда оптик тола билан биргаликда мис ўтказиш элементи билан жиҳозланган аралаш кабеллардан фойдаланиш мумкин. Бундай кабеллар кўпгина мамлакатларда кенг қўлланилади .

ОА да ахборотларни ёруғлик ёки оптик сигналлар кўринишида узатиш ва қайта ишлаш амалга оширилади. ОА учун ёруғлик нурланиши ва тўлқин узунлиги турини танлаш узатилаётган ахборот характериға, шунингдек нурланиш ҳосил қилиш имконияларига, ундан сигнал шаклланишиға, ёруғлик тўлқинини узатиш ва қайта ишлашға ва нихоят, ахборотға эға сигнални қабул қилишға боғлиқ.

ОА тизимининг умумлашган тузилиш схемаси 1.1.1 – расмда келтирилган. Схема ОА нинг турлари ТОА ва ООА га хос стандарт блоклардан (элементлардан) ташкил топган .



1.1.1 – расм. ОА тизимининг умумлашган тузилиш схемаси:

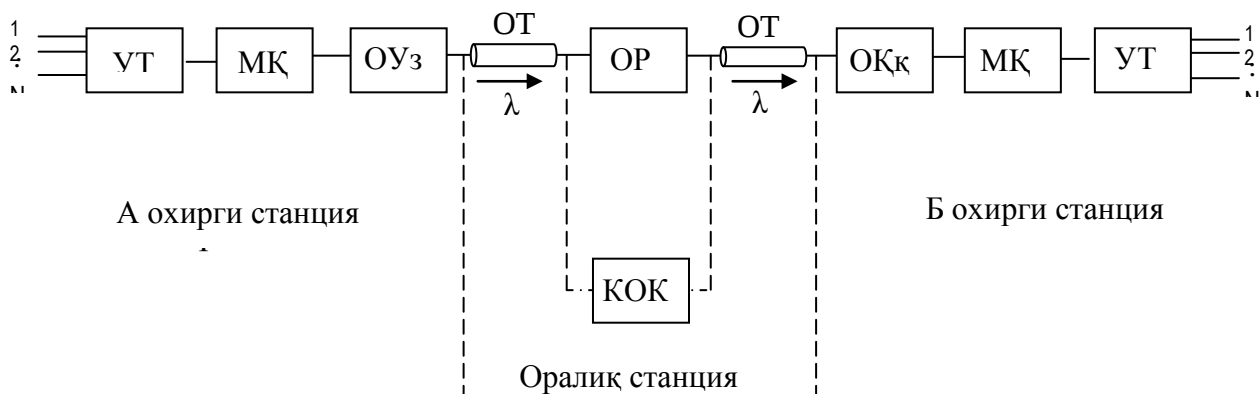
- 1 – ахборотлар манбаи;
- 2 – оптик узатгич ва модулятор;
- 3 – оптик канал;
- 4 – оптик қабул қилгич

Ахборотлар манбаидан узлуксиз ёки рақамли сигналлар берилади. Сўнг сигналлар ёруғлик оқими-ташувчи частотанинг электромагнит тебранишларини модуляциялайди.

Сўнг ёруғлик нури кўринишидаги оптик сигналлар узатувчи муҳит - оптик канал орқали тарқалади. Узатувчи муҳит юқорида айтиб ўтилгандек очик фазо, атмосфера, яъни ООА линияси ёки ТОА линияси бўлиши мумкин. Узатилган ахборотлар оптик қабул қилгич демодуляторида демодуляцияланади. Демодуляторнинг асосий элементи оптик фотодетектор ҳисобланади. Сигналларни узок масофаларға узатишда, қачонки қабул

қилгич киришида сигнал/шовқин нисбати талаб даражасидан паст бўлганда линияда ретрансляторлар ўрнатилади.

ТОА тизимининг тузилиш схемасини (1.1.2 – расм) тўлиқ кўриб чиқамиз.



1.1.2 – расм. ТОА тизимининг тузилиш схемаси

ТОА тизимининг тузилиш схемаси таркибига қуйидагилар киради :

УТ – узатиш тизими;

МҚ – мослаштирувчи қурилма;

ОУз – оптик узатгич;

ОТ – оптик тола;

ОР – оптик регенератор;

КОК – квант оптик кучайтиргичи;

ОҚқ – оптик қабул қилгич.

УТ, МҚ, ОУз ва УТ, МҚ, ОҚқ мос равишда А ва Б охириги станцияларининг узатиш ва қабул қилиш трактларини ташкил этади. Оралик станцияларда ОР, КОК ўрнатилади. Толали оптик линия трактига ОУз, ОТ, ОР, КОК, ОҚқ киради.

1.1.2 – расмда кўрсатилганидек, узатувчи станциядан N бирламчи электрик сигналлар узатиш тизимига тушади. УТ чиқишидан кўп каналли электр сигнали мослаштирувчи қурилмага берилади. МҚ да бу сигнал толали оптик линия тракти бўйлаб узатиладиган кўринишга ўзгартирилади. Оптик

узатгичда электр сигнали оптик ташувчини модуляциялаш йўли билан оптик сигналга айланади. Сўнг бу оптик сигнал оптик тола бўйлаб узатилади.

Оптик сигнал тола бўйлаб тарқалганда сўнади ва бузилади. Оптик сигналларни узок масофаларга узатиш мақсадида маълум оралиқларда сигналларни бузилиш даражасига қараб регенераторлар ёки квант оптик кучайтиргичлар ўрнатилади. Регенератор киришида оптик сигналлар электр сигналига, чиқишида эса электр сигналдан оптик сигналга айлантирилади, яъни регенераторларда электр сигналлар кучайтирилади, созланади ва бошланғич формаси тикланади. Квант оптик кучайтиргичлари қўлланилганда эса сўнган оптик сигналлар электр сигналига айлантириб ўтилмасдан кучайтирилади.

Қабул қилувчи Б охириги станцияда тескари жараён амалга оширилади. ОА да оптик ташувчини информатсион сигнал билан модуляциялаш учун частота модуляцияси (ЧМ), фаза модуляцияси (ФМ), амплитуда модуляцияси (АМ), кутбланган модуляция (ҚМ), интенсивлик бўйича модуляциялаш ва модуляциянинг бошқа турларини қўллаш мумкин. Оптик нурланишнинг интенсивлик бўйича модуляциялаш тури кўпроқ қўлланилади. Бунга сабаб, бу модуляция тури кенг частота диапазонида оптик ўтказгичларда қўлланиладиган оддий техник қурилмалар ярим ўтказгич нурланиш манбалари (ёруғлик диоди, лазер диодлар) учун бажарилади. Ярим ўтказгич манбанинг нурланиш жадаллигини бошқариш учун модуляциялайдиган сигнал билан мос ҳолда инжекция токини ўзгартириш етарлидир. Бу ток кучайтиргич кўринишидаги электрон схема ёрдамида осон амалга оширилади. Оптик нурланишнинг интенсивлик бўйича модуляцияси тескари жараён оптик сигнални электр сигналига айланиш масаласини енгиллаштиради. Дарҳақиқат, фотоқабул қилгич таркибига кирувчи фотодетектор квадратик асбоб ҳисобланиб, унинг чиқишидаги ток оптик майдон амплитудасининг квадратига пропорционал.

Интенсивлик бўйича модуляцияланган оптик сигнални бевосита фотодетекторга бериб, осонгина уни бошланғич сигнал кўринишини сақлаган

электр сигналига айлантириш мумкин. Оптик сигналларни қабул қилишнинг бу усули тўғридан-тўғри фотодетекторлаш усули дейилади.

Хозирги кунда ОА нинг охирги курилмалари сифатида рақамли узатиш тизимлари (РУТ)дан фойдаланилмоқда. Чунки РУТ аналог узатиш тизимларига қараганда қуйидаги афзалликларга эга: шовқин бардошлилиги юқори, сигнални узатиш сифати линия тракти узунлигига кам боғлиқ, техник иқтисодий кўрсаткичлари юқори ва бошқалар. Каналлари частота бўйича бўлинган аналог узатиш тизимларининг бир қанча камчиликлари туфайли, уларнинг ОА да қўлланилиши чегараланган.

1.2. Фотоқабулқилгичлар. Фотоқабулқилгичларнинг асосий тавсиф ва параметрлари

Кириш оптик сигналларни электр сигналларига айлантириш учун фотоқабулқилгичлар қўлланилади. Сўнг бу сигналлар фотоқабулқилгични электр курилмаларида кучайтирилади ва қайта ишланади. Бу мақсадлар учун қўлланиладиган фотоқабулқилгичлар талаб этиладиган полоса кенглигига, динамик диапазонга, сезгирликка, тола билан пухта боғланиш учун етарли ўлчамга эга бўлиши, ташқи муҳит ўзгаришларига сезгир бўлмаслиги, хизмат муддати эса юқори бўлиши керак. Бу талабларга ярим ўтказгич фотодиодлар (ФД) тўлиқроқ жавоб беради.

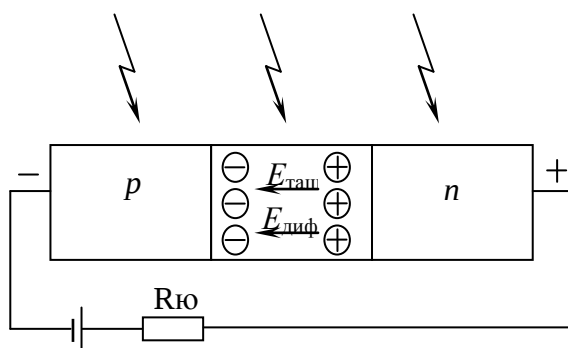
Ярим ўтказгич ФД иши ички фотоэффектга асосланган бўлиб, бунда ёруғлик фотонини ютилишидан янги заряд ташувчи жуфтликлари-электрон ва коваклар ҳосил бўлади. Яъни фотон атом бўлиб ютилиб, электронларни кўзгатади ва электронларни валентлик зонасидан ўтказувчанлик зонасига (шахсий ютилиш) ёки аралашмали сатҳдан ўтказувчанлик зонасига (аралашмали ютилиш) ўтказди. Бу ўтишлар электр сигналларни шаклланишига шароит яратиб, ярим ўтказгичнинг электрик характеристикаларини ўзгартиради. Юқори тезкорлик ва тушаётган нурни самарали ютилиши аралашмали ютилиш самараси билан боғлиқ. Шу сабабли

ҳозирда ОА тизимлари учун фотодиодлар аралашмали материаллар асосида тайёрланади.

Агар аралашма материалли р- ва n-турдаги ярим ўтказгичлар бирлаштирилса, электрон ва коваклар концентрациясининг ҳар хиллиги туфайли электронлар диффузияси р-турдаги ярим ўтказгичда, коваклар диффузияси эса n-турдаги ярим ўтказгичда юз беради. Натижада р-ярим ўтказгич томонидаги контакт яқинидаги соҳа манфий зарядланади, n-ярим ўтказгич томонидаги соҳа эса мусбат зарядланади. Бунда контакт майдон вужудга келиб, у асосий бўлмаган ташувчиларнинг келгуси диффузиясини тўхтатади, контакт ўрнида ташувчилар заряд ташувчилардан камбағаллашган жуда ингичка қатлам ҳосил бўлади. Ярим ўтказгичларга (1.2.1-расм) контакт диффузион майдон $E_{\text{диф}}$ йўналишига мос келадиган ташқи электр майдон $E_{\text{таш}}$ берилганда заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳа кенгаяди. Бу р-n ўтишнинг тескари силжиш ҳолатига мос келади.

Тескари силжишли р-n-ўтишга Р қувватли ва ν частотали ёруғлик оқими таъсир қилишини кўриб чиқамиз. Ёруғлик оқимлари тушганда, $h \cdot \nu$ энергияли фотонлар уч ҳолатда ютилиб, электрон-ковак жуфтлигини ҳосил қилиши мумкин:

1. заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳада ютилиш;
2. р-соҳада ютилиш;
3. n-соҳада ютилиш.



1.2.1-расм. Ярим ўтказгич фотодиоднинг ишлаш принципи.

Биринчи ҳолатда электрон-ковак жуфтлиги заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳада ҳосил бўлади ва кучли электр майдон таъсири натижасида жуфтликлар бўлиниб, ўзларини электродларига, яъни электронлар n-соҳага, коваклар p-соҳага ҳаракат қилади. Ташувчиларни ҳосил бўлиши ва ҳаракати тузилишдаги ўрнатилган мувозанатни бузади. Уни тиклаш учун ташқи ёпиқ занжир орқали $R_{ю}$ -юклама қаршилигидан электр токи оқиб ўтади.

Иккинчи ва учинчи ҳолатларда электрон-ковак жуфтлиги p-ва n-соҳаларда ҳосил бўлади. Бу соҳаларда электр майдон амалда мавжуд эмас, натижада ташувчиларни ўтишга ҳаракати асосан фақатгина диффузия ҳисобига бўлиши мумкин. Агар p-n-ўтишгача бўлган масофа диффузия узунлигидан катта бўлса, унда заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳага боришга улгуриб етмай, ҳосил бўлган жуфтликлар рекомбинацияланиб бўлади. Агар бу масофа кичик бўлса, катта эҳтимоллик билан жуфтликлар заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳага етиб боради ва кучли электр майдон таъсирида электрон (ёки ковак) тезда заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳа орқали бошқа соҳага қараб ҳаракат қилади, ковак (ёки электрон) p-(ёки n-) соҳада қолади. Ташувчилар p-n- ўтишни кесиб ўтганда ҳам мувозанат бузилади, оқибатда $R_{ю}$ орқали оқиб ўтувчи электр токи ҳосил бўлади.

Шу тарзда $h \cdot \nu$ энергияли ёруғлик квантининг ютилишидан диодни ташқи занжири бўйлаб электр токи импульси оқиб ўтади. Агар ҳар бир ютиладиган квант электрон-ковак жуфтлигини ҳосил қилса ва ток ташувчилари p-n-ўтиш текислигини кесиб ўтса, $R_{ю}$ орқали оқиб ўтувчи I электр токининг ўртача қиймати қуйидагича аниқланади:

$$I = q \cdot N = q (P / h \cdot \nu) , \quad (1.2.1)$$

бу ерда q -ташувчи электрон заряди, $q = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл;

N -ташувчилар сони;

P-оптик нурланиш қуввати, Вт;

$h \cdot \nu$ -квант энергияси, Вт·с ёки кВт·соатда ўлчанади.

Электронларни валент зонадан ўтказувчанлик зонага ўтиши учун ютилаётган квант энергияси етарлича бўлиши керак, яъни $h \cdot \nu$ квант энергияси тақиқланган соҳа кенглигидан катта $h \cdot \nu \geq E_g$ бўлиши керак.

Ютиладиган ёруғлик квантларининг ҳаммаси ҳам электр токи импульсларини ҳосил қилмайди. Шунинг учун фотодиодлар, фотонларни электр токига айланиш самарадорлигини характерловчи η -квант самарадорлиги коэффиценти билан баҳоланади .

Квант самарадорлигини ҳисоблаш формуласи:

$$\eta = 1,24 \cdot 10^5 S / \lambda , \% , \quad (1.2.2)$$

бу ерда S-сезгирлик, А/Вт;

λ -оптик сигнал тўлқин узунлиги, нм.

Шу тарзда умумий ҳолда R_{jo} орқали ўтаётган электр токининг ўртача қиймати қуйидаги формуладан топилади:

$$I = \eta q (P/h \cdot f) = S \cdot P. \quad (1.2.3)$$

Юқори сифатли кремний фотодиодларини квант самарадорлиги 80 % етиши мумкин. Лекин фотодиодларни квант самарадорлигини 100% бўлишига эришиб бўлмайди. Турли ярим ўтказгич ФД материаллари учун максимум квант самарадорлигига эришиладиган тўлқин узунликлари 1.2.1-жадвалда берилган .

Турли тўлқин узунликлари фотоқабулқилгичларини яратиш
учун қўлланиладиган элементлар ва материаллар

Материал	Қабул қилинадиган тўлқин узунликлар диапазони λ , нм
Кремний	400-1000
Германий	600-1600
GaAs	800-1000
InGaAs	1000-1700
InGaAsP*	1100-1600

Вақт доимийси τ -фото қабул қилгичнинг тезкорлигини характерлайди ва у кўпгина параметрларга: заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳа кенглигига, тўлқин узунлигига, шунингдек ташувчилар диффузия оқибатидами ёки электр майдон таъсирида ҳаракат қиляптими, шуларга боғлиқ.

τ билган ҳолда ФД ўтказиш полосаси кенглигини $\Delta f_{\text{ўт}}$ аниқлаш мумкин

$$\Delta f_{\text{ўт}} = 0,4 / \tau \quad . \quad (1.2.4)$$

Демак, τ қанча кам бўлса, ўтказиш полосаси шунча юқори бўлади,

ФД вақт доимийси τ диффузия вақтига ва заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳадан ўтиш вақтига боғлиқ. Шунинг учун р- ва п-соҳаларнинг, шунингдек заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳанинг ўлчамлари муҳим ҳисобланади. Келаётган нурни заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳада тўлиқ ютилиши, квант самарадорлигини ошириш мақсадида р-ва п-соҳалар ингичкароқ, згзаряд ташувчилардан камбағаллашган соҳа эса кенгроқ қилиб ишлаб чиқарилади. Бу р- ва п-соҳаларга аралашмаларни кўпроқ қўшиш, яъни юқори легирлаш, заряд

ташувчилардан камбағаллашган соҳани эса камроқ легирлаш ёрдамида амалга оширилади. p- ва n- соҳаларга фотонлар тушганда диффузия токи ҳосил бўлади, бу эса ФД тезкорлигини камайтиради. Лекин, заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳани ўлчамини кенглиги, бу соҳадан ташувчиларни ўтиш вақтини оширади. p-i-n турдаги диодларда заряд ташувчилардан камбағаллашган соҳа кенглиги 20 мкм атрофида бўлади.

ФД ни характерловчи энг муҳим кўрсаткичлардан бири бу шахсий шовқинлар сатҳи ҳисобланади. Шовқинлар регенерациялаш пунктлари орасидаги масофага таъсир қилади. ФД да доимий оқиб ўтадиган ток қиймати I_0 билан шартланадиган дроб шовқинлари асосий шовқин омили ҳисобланади. Дроб шовқинларининг токи:

$$I_{\text{др.ш}} = \sqrt{2 \cdot q \cdot I_0 \cdot \Delta \nu} = \sqrt{2 \cdot q \cdot I_0 \cdot B}, \quad (1.2.5)$$

бу ерда q -электрон заряди;

I_0 . ФДдан доимий оқиб ўтувчи ток қиймати;

$\Delta \nu$ -частота полосаси кенглиги;

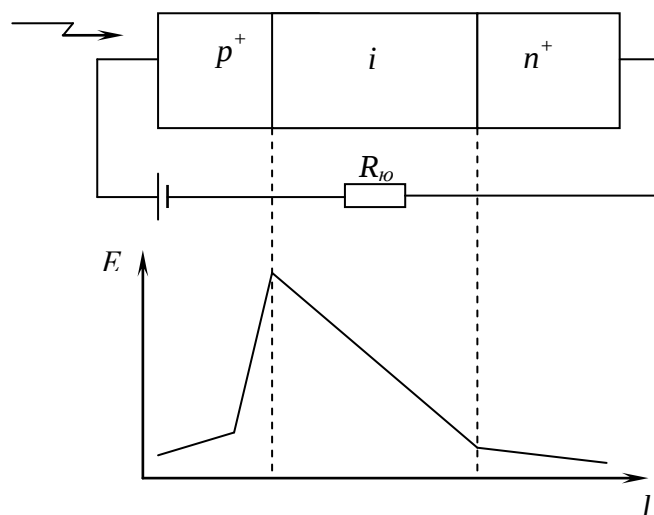
B -узатиш тезлиги.

ОА тизимларида p-i-n ФД ва кўчкисимон ФДлар кенг тарқалган.

1.3. p-i-n фотодиодлар

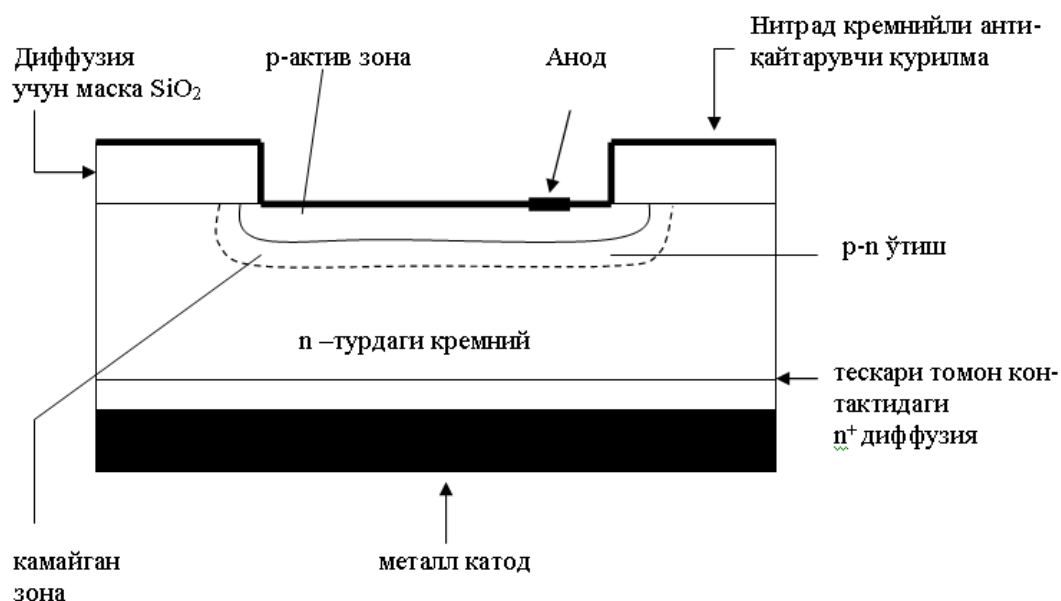
p-i-n ФД тезкорлиги ва параметрларининг барқарорлиги билан ажралиб туради. p-i-n ФД тузилиши одатдаги p-n ФД дан фарқ қилади. p-i-n ФДда p^+ - ва n^+ - соҳаларни аралашмалар билан легирланиши жуда юқори (+юқори легирланишни билдиради), бу p^+ ва n^+ соҳаларни ўтказувчанлигини оширади. i-соҳага эса аралашмалар камроқ қўшилади.

Электр майдоннинг максимал қиймати i –соҳада ҳосил бўлади. p-i-n тузилишга тескари силжишли U_0 кучланиш берилади. Ёруғлик i –соҳага тушганда, унда электрон-ковак жуфтлиги ҳосил бўлади. Электр майдон таъсирида улар тезда бўлиниб ва қарама-қарши йўналишларда ўзларини электродларига қараб ҳаракатланишади. Электродларни эгаллаб, электр токи ҳосил бўлади. p-i-n ФД тузилиши i –соҳадан ташқарида нурланиш ютилишини кескин камайтиради (1.3.1-расм).



1.3.1-расм. $p-i-n$ турдаги фотодиод ва электр майдон кучланганлигининг тақсимланиши.

Кремнийли PIN – фотодиодлари битта кремний пластина асосда ҳосил қилинади. Қўлланиладиган кремний жуда юқори сифатли бўлиши керак.



1.3.2-расм. Кремнийли PIN – фотодиоди кўндаланг кесими

1.3.2-расмда кремнийли PIN – фотодиоди кўндаланг кесими кўриниши келтирилган. Бу фотодиод учун асосий қўлланиладиган материал n – турдаги кремний ҳисобланади. Диоднинг форонтал сиртида шунингдек юпқа p – турдаги қатлам мавжуд. Бу қатлам иссиқлик диффузияси ёки

легирлайдиган материалдан ионларни кўчиб ўтиши натижасида ҳосил қилинади. Бундай материал сифатида бор моддаси қўлланилади. Диоднинг фронтал сиртида металл анод, тескари қисмида эса катод мавжуд.

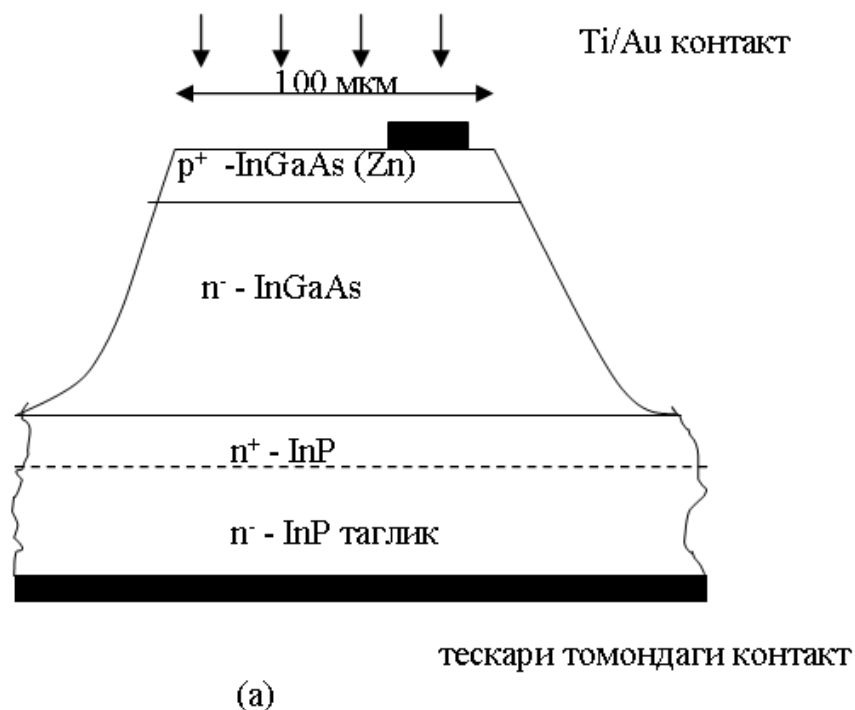
Ушбу турдаги фотодиодларнинг оддий p - n ўтишли диоддан фарқи бу фотодиодларда жуда юпқа p -турдаги устки қатламнинг мавжудлигидир. Фотодиод шу қатламининг қалинлик миқдорига боғлиқ ҳолда тўлқин узунликларини детекторлайди. p - n ўтиш яқинида кремний камайган қатламга эга. Бу қатламга тескари кучланиш қўйиш йўли билан қатлам қалинлик ўлчамини ўзгартириш мумкин. Камайган қатлам фотодиоднинг муҳим характеристикаларини белгилаб беради, чунки фотодиод шу қатлам ўлчамларига кўра турли нурлар тўлқин узунликларига таъсирчан бўлади.

Демак, p - n ўтиш сифими (ўлчами) юпқа p -турдаги устки қатлам ўлчамлари орқали белгиланади. Бу қатлам ўлчамларини ўзгартирувчи кучланиш *силжиш кучланиши* дейилади. Юпқа p -турдаги устки қатлам ўлчамининг ортиши билан p - n ўтиш ўлчами камайиб боради ва бу ўтиш камайиши тўла камайиш ҳодисаси (камайган қатлам ўлчами ўзининг максимал даражасига етиши)гача давом этади.

Ёруғлик нури актив қатламда ютилиши натижасида электрон-тешик жуфтликлари вужудга келади. Натижада электронлар n – қатламга, тешиклар эса p – қатламга қараб ҳаракатланади. Натижада тушаётган ёруғлик нури таъсирида ток вужудга келади. Бу ҳодиса фотогальваник эффект дейилади. Бу ток асосан ёруғлик нурига боғлиқ, температурага эса жуда кам боғлиқ.

Анодга тўғри кучланиш қўйилган бўлса фотодиодда қиймати кичик бўлган тўғри қаршилик, агар тескари кучланиш қўйилган бўлса қиймати катта бўлган тескари қаршилик вужудга келади. Одатда кремнийли PIN – фотодиодларида анодга манфий ёки катодга мусбат кучланиш қўйилган бўлади. Силжиш кучланиши нолга тенг бўлганида ва фотогальваник иш режимида фотодиод тўғри йўналишдаги оддий p – n диод вазифасини бажаради.

InGaAs бирикма моддасидан ташкил топган PIN – фотодиодларида, юқорида айтиб ўтилганидек, тўлқин узунликлари катта бўлган ёруғлик нурлари (1310 нм ва 1550 нм) учун қўлланилади.



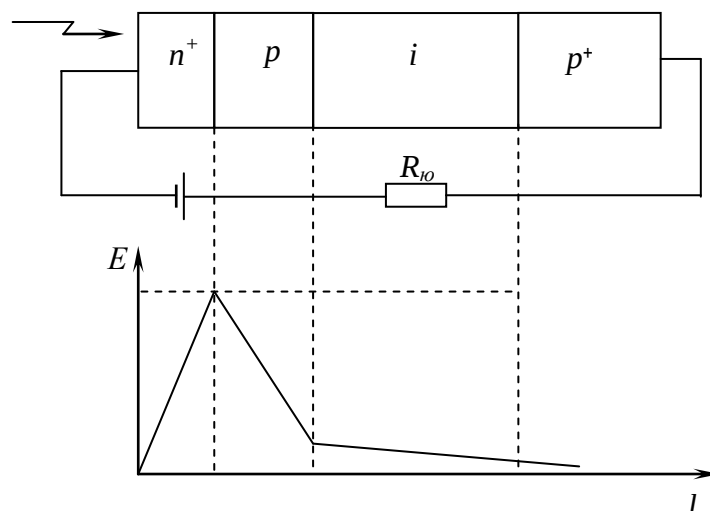
1.3.3-расм. InGaAs бирикма моддасидан ташкил топган PIN – фотодиодларининг олд томондан (а) кўриниши

1.3.3-расмдан кўринадики, InGaAs бирикма моддасидан ташкил топган PIN – фотодиодлари InP моддасидан ташкил топган p ва n қатламлардан ва InGaAs моддасидан ташкил топган i қатламдан ташкил топади. InP моддасининг тақиқланган зона кенглиги 1,35 эВ бўлганлиги учун p ва n қатламлар 0,92 мкмдан узун бўлган тўлқинларни ўтказиб юборади. InGaAs моддасининг таъқиқланган зона кенглиги 0,75 эВ қийматга тенг. Шунинг учун i қатлам 1300 – 1600 нм узунликдаги тўлқинларни ўзига ютади.

1.4. Кўчкисимон фотодиодлар

Кўчкисимон фотодиодларни одатий ФДдан асосий фарқи кўчкисимон электрон кўпайишга асосланган холда сигналларни ички кучайиши

ҳисобланади. Кўчкисимон ФДда $p^+ - i - n^+$ тузилишга p -соҳа ($p^+ - i - p - n^+$) қўшилади (1.4.1-расм).

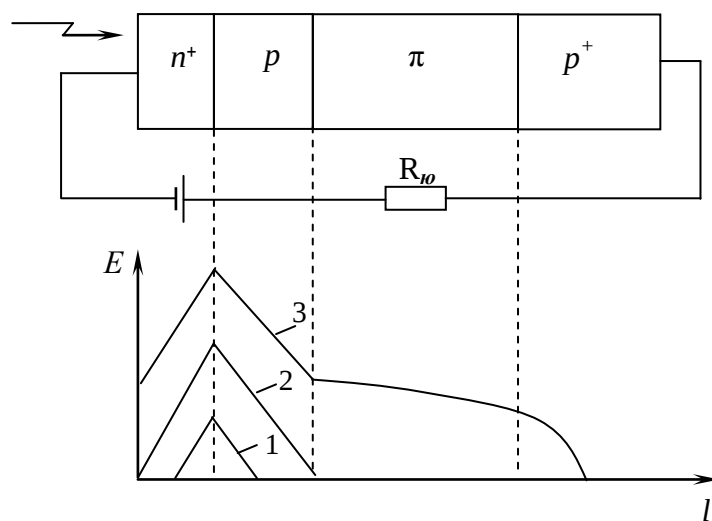


1.4.1-расм. Кўчкисимон ФД тузилиши ва электр майдонининг тақсимланиши.

p -соҳа энг юқори қаршилик, шунингдек энг юқори электр майдон кучланганлигига эга бўлиши керак. i -соҳага ёруғлик таъсир қилганда электрон-ковак жуфтликлари ҳосил бўлади ва улар бўлиниб, электродларга тамон ҳаракат қилади. Эркин электронлар i -соҳадан p -соҳага тушганда, p -соҳадаги юқори электр майдон кучланганлиги туфайли улар тезлашади. p -соҳани ўтказувчанлик зонасида тезлашган ва етарлича энергияга эга бўлган бу дастлабки электронларни атомлар билан урилишидан, яъни зарб ионланиш туфайли янги электрон-ковак жуфтликлари ҳосил бўлади. Натижада дастлабки электрон-ковак жуфтлиги ҳосил қилган электр токи кўчкисимон тарзда ошади. Шунинг учун бу жараён бирламчи фототокни кўчкисимон кўпайиши ёки кучайиши дейилади. Фототокни бундай ошиши M -кўчкисимон кўпайиш коэффиценти билан характерланади. У ҳолда кўчкисимон ФД чиқишидаги ток қиймати юқоридагидан аниқланган қийматдан юқори бўлади.

$$I_{K, \Phi D} = M \frac{\eta \cdot q}{h \cdot \nu} P. \quad (1.4.1)$$

Кўчкисимон ФДларда M га пропорционал ҳолда кучаядиган, фойдали сигналдан фарқли равишда шовқин тезроқкучаяди. Шунинг учун кўчкисимон кўпайиш коэффиценти M қиймати оптимал, одатда 30 дан 100 гача ораликда танланади. M ошган сари, кўчкисимон ФД тезкорлиги камаяди. Кремнийли кўчкисимон ФД ларда $M=100$ да вақт доимийси тахминан 3 мартага ошади, яъни тезкорлиги камаяди, шунчага ўтказиш полосаси камаяди. Бу камчиликни i -соҳани кучсиз легирланган, бир неча микрометрли π -соҳа билан алмаштириш орқали бартараф этиш мумкин (1.4.2-расм).



1.4.2-расм. π -соҳали кўчкисимон ФД тузилиши ва электр майдоннинг тақсимланиши.

1.4.2-расмда π -соҳали кўчкисимон ФД да электр майдони куйидагича тақсимланган:

- 1- эгри чизиқэлектр майдон ўтиш доирасида ва кўчкисимон кўпайиш юзага келган ҳолатга мос келади;
- 2- эгри чизиқэлектр майдон p -соҳа чеккасига етган ҳолатни билдиради;
- 3- эгри чизиқэлектр майдон π -соҳага кирганлигини кўрсатади ва шу соҳада генерацияланадиган ташувчиларни ажратадиган майдон яратилади.

Бундай π -соҳали кўчкисимон ФД лар $p-i-n$ ФД лардака вақт доимийсига ва кўчкисимон ФД лардака ички кучайишга эга . Кўчкисимон ФД ларни

сезгирлиги p-i-n ФД лардан анча юқори бўлиб, ишчи диапазонда 20-60 А/Вт ни ташкил этади. Кўчкисимон ФД ларни сезгирлиги юқори бўлганлиги учун улар 2,5 ва 10 Гбит/с юқори тезликли тизимларда қўлланилади. p-i-n ФД лардан эса кичик тезликли (622 Мбит/с) тизимларда фойдаланилади.

2,5 Гбит/с ли ТОА тизимларида InGaAs/InP кўчкисимон ФД лардан фойдаланиш p-i-n ФД лардан фойдаланишга нисбатан 7 дБ ва 10 Гбит/с тезликда эса 5-6 дБ ютуққа олиб келиши мумкин .

Кўчкисимон ФД p-i-n ФД га қараганда юқори ишчи кучланишни талаб этади ва кўпайиш коэффицентини ҳароратга сезгирлиги юқори. Бу эса керакли ишчи кучланишни ишлаб чиқарувчи махсус электр занжирларни, шунингдек ҳарорат барқарорлигини таъминловчи тизимларни қўлланилишини талаб этади .

Кўчкили фотодиодлар шовқин коэффицентига жуда таъсирчан. Бу диодларнинг характеристикалари шовқин коэффиценти таъсири остида PIN – фотодиодларида характеристикаларига қараганда кўпроқ бузилади.

Кўчкили фотодиодлар 300 – 1700 нм узунликдаги тўлқинлар учун ишлаб чиқарилади. Кремнийли APD диодлар 300 – 1100 нм, германийли APD диодлар 800 – 1600 нм, InGaAs бирикмали APD диодлар 900 – 1700 нм узунликдаги тўлқинлар учун мўжжалланган.

Таъқиқланган зонаси кенглигининг кичиклиги учун APD диодларида юқори кучайтиришга эришишда анчагина муаммолар мавжуд. Бу муаммоларни йўқотишнинг усулларида бири ютилиш ва кучайтириш соҳаларини APD диодларининг алоҳида қатламларида ҳосил қилиш, бу соҳалар орасилда бошқарувчи қатламни ҳосил қилишдан иборат.

622 Мбит/с тезликдан паст тезликлар учун APD диодларини қўллаш самара бермайди. Бу тезликлар учун PIN – фотодиодларини қўллаш яхши.

АСОСИЙ ҚИСМ

2. ТОЛАЛИ ОПТИК АЛОҚА ТИЗИМЛАРИДА ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН ФОТОҚАБУЛ ҚИЛИШ ҚУРИЛМАЛАРИ ИШЛАШ РЕЖИМЛАРИ

2.1. Фотоқабул қилиш қурилмалари асосий характеристикалари ва турлари

Толали оптик алоқа тизимларида ҳам ички фотоэффектли ҳам ташқи фотоэффектли фотоқабул қилгич қўлланиши мумкин. Толали оптик алоқа тизимларида ишлатиладиган қурилмаларда асосан кичик хажмли ва паст тўлқинли манба бўлганилиги учун фотоқабул қилгичли фотодиодлар ва фототранзисторлар ишлатилади. Фоторезисторларда фотоўтказувчанликни ўзгариши ва ҳам тоза, ҳам аралашмалар фотоўтказувчанлигига эга бўлган ярим ўтказгичлар асосида тайёрланади.

Биринчи гуруҳга кўрғошин (PbSe, PbS, PbTe) ва индий (InSb, InAs) аралашмалари асосида яратилган фоторезисторлар киради. Иккинчи гуруҳга германий ва кремнийга турли элементлар аралашмалари—олтин, кўрғошин, симоб, бўр, кадмий, рух ва ҳаказолар қўшилган қоришмалар асосидаги фоторезисторлар киради.

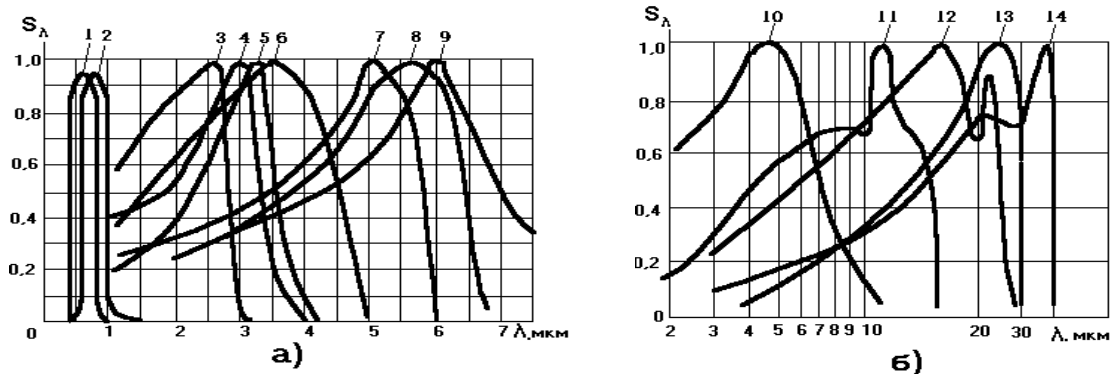
Фоторезисторларнинг асосий характеристикаси вольт-ампер характеристикалари ҳисобланади.

2.1.1-расмда бир нечта фоторезисторлар учун спектрал характеристикалари келтирилган.

Одатда, фоторезисторлар вольт-ампер характеристикаси чизиклидир.

Амалиётдан маълумки умумий барча фоторезисторлар чизиксиз люкс-ампер характеристикага эга, уни қисқартирилган ҳолда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$I_{\phi} = S I^{\gamma} \Phi_{\alpha} \quad (2.1.1)$$



2.1.1-расм. а) Шахсий фотоўтказувчанликли фоторезисторларни спектрал характеристикалари; б) Аралашмали фотоўтказувчанликли фоторезисторларни спектрал характеристикалари.

бу ерда: I_ϕ -фототок; C -доимий, материал хусусиятларидан аниқланадиган катталиқ; U -фоторезисторга қўйилган кучланиш; Φ –фоторезисторнинг сезувчи қисмига тушаётган нурланиш оқими; γ , α - ночизиклилик коэффициенти.

I_n фоторезистор орқали оқиб ўтаётган тўла ток қуйидаги тенгламага тенг:

$$I_n = I_\phi + I_m \quad (2.1.2)$$

бу ерда: I_m - фоторезистор ёритилмагандаги оқиб ўтаётган қоронғулик токи:

$$I_T = \frac{U}{R_T} \quad (2.1.3)$$

бу ерда, R_m - қоронғулик қаршилиги.

Люкс-оммик характеристикани қуйидагича изохланади:

$$R_\phi = R_0 \left(\frac{E_0}{E} \right)^\gamma \quad (2.1.4)$$

бу ерда, R_0 –фоторезисторнинг ёритилганликдаги қаршилиги.

Инерцияланиш, юқорида айтиб ўтилганидек, фотоқабул қилгичларнинг камчиликларидан бири бўлиб ҳисобланади, шундай экан кўпчилик ҳолларда светодиодли қурилмаларда импульсли режим ишлатилади.

Инерцияланиш доимий вақтнинг ўсиши τ_n ва фототокнинг камаювчи кучланишда пасайиши τ_c билан характерланади. Фоторезисторнинг тез ҳаракатчанлик бўйича танлашда қуйидагича қабул қилинган, импульснинг доимийлиги вақтнинг доимий ўсувчанлигидан уч-тўрт марта катта бўлиши керак, шундай экан шу вақт ичида фототок ўзининг юқори қийматига эришади.

Юклама қаршилигини маълум формуладан келтириб чиқариш мумкин:

$$R_{\text{ЮК}} = \sqrt{R_K \cdot R_E} \quad (2.1.5)$$

бу ерда, R_K – қоронғулик қаршилиги; R_E – ёруғлик қаршилиги.

Фотодиодлар, фоторезисторлардан фарқли ҳолда, ярим ўтказгич пластикани ташкил қилади, унинг ичида қуйидаги сохалар мавжуд электрон (n-соха) ва тешик (p-соха) ўтказувчилар, n-p ўтказгичларга бўлинган.

Шундай қилиб, шу усулни қўллаб, ёритиш давомийлиги кам бўлган фотоқабул қилгичидан оптик нурланишни қайд қилишда фойдаланиш мумкин.

Жадвал 2.1.1

Фотоқабул қилгич тури	Сезгир юзаси, мм ²	Кучланиш, В	Интеграл сезгирлик, мА/лм	Ток, мкА	Вақт доимийси, с
ФД-1	5	15	20	30	$5 \cdot 10^{-5}$
ФД-2	1	30	20	25	$5 \cdot 10^{-5}$
ФД-3	2	10	15	10	$5 \cdot 10^{-5}$
ФД-5Г	5	15	25	1	$(3-5) \cdot 10^{-6}$
ФД-6К	2	20	7	5	$(3-5) \cdot 10^{-6}$
ФД-7К	78	27	2,5	10	10^{-7}
ФД-9К	19,6	10	3	1	10^{-7}
1690	2	20	4	1	-

1691	2	0	0,7	1	$3 \cdot 10^{-6}$
ФТ-1К	2	5	70	1	-

2.2. Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари иш режимлари

Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотодиодларда икки хил иш режими ажратилади фотодиодли ва фотогенераторли. Фотодиодни ёритилганда ва фотодиодли режимда ёрдамчи ташувчилар ажратилади, токи ошади, бу токнинг ортиши асосий ташувчилар токидан маълум даражада катта бўлади, яъни ёруғлик токининг қоронғилик токига муносабати фотодиодларда анча ортиқ, фоторезисторларда ҳам шундай муносабат бўлади. Фотодиод орқали ўтаётган тўла ток тескари силжишда қуйидагига тенг:

$$I = I_{\phi} - I_s (e^{Dn} - 1) \quad (2.2.1)$$

бу ерда, I_{ϕ} – фототок, I_s – р-п ўтиш орқали тескари ток, D – коэффициент, I – фотодиод кучланиши, фототок қуйидагига тенг:

$$I_{\phi} = S \cdot \Phi \quad (2.2.2)$$

бу ерда, S – фотодиоднинг интеграл ток сезгирлиги.

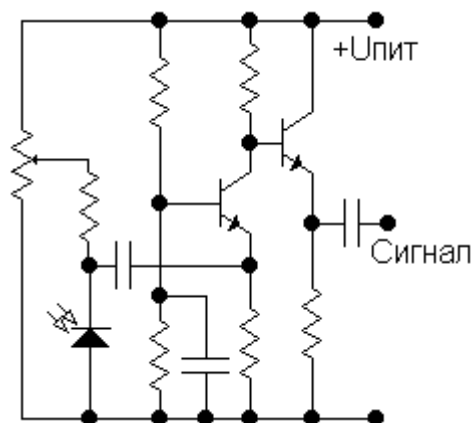
Фотогенераторли режимда, яъни ташқи манбасиз, р-п ўтишнинг вазифаси асосан ёруғлик таъсирида пайдо бўлувчи заряд ташувчиларни ажратиш (электрон ва тешик), унинг натижасида фотодиод фото ЭЮК ишлаб чиқаради.

Салт ишлаш режимида фотогенератордаги кучланиш нур оқими логарифмига пропорционал, яъни,

$$U = \frac{1}{C} \ln \left(\frac{S\Phi}{I_s} + 1 \right) \quad (2.2.3)$$

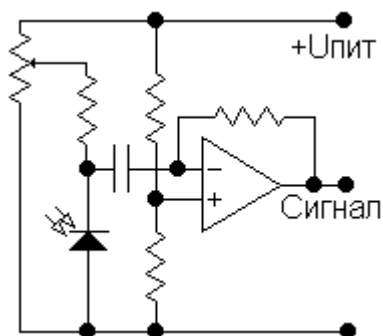
Таъкидлаш керакки, фотодиоднинг инерцияланиши фотодиодли режимга нисбатан фотогенератор режимида анча юқоридир.

Фотодиоднинг спектрал характеристикаси қандай фотодиоднинг қайси материал асосида тайёрланишига боғлиқ бўлади. Кўпинча, фотодиодлар германий ва кремнийдан тайёрланади. Кремнийли фотодиодлар $0,8 \div 0,9$ мкм спектрал характеристикага эга бўлса, германийли фотодиодлар максимум 1,3 мкм гача бўлади.



2.2.1-расм. Фотодиодни транзисторли уланиш схемаси

Фототранзисторлар фототокни кучайтириш хусусиятига эга. Учта кетма-кет сохалардан ташкил топган электрон ва тешикли ўтказувчилар, схемага киритиш учун чиқишлар билан таъминланган, база соҳасига ёруғлик билан таъсир қилинади. Инерцион фотоқабул қилгичларни нурланиш импульсларини қайд қилиш учун ҳам ишлатиш мумкин.



2.2.2-расм. Фотодиодни уланиш схемаси

Бунинг учун юклама ўрнига индуктивлик қўшилади. Ҳақиқатдан ҳам, тенгламадан келиб чиққан ҳолда ярим ўтказгичнинг ўтказиш соҳасидаги электронлар сонининг ўзгариши нурланиш таъсирида, фотоқабул қилгич

орқали токнинг боғлиқлиги $I_{\phi}(t)$ тушаётган нурланиш интенсивлигидан $\Phi(t)$ қуйидаги кўринишда бўлади:

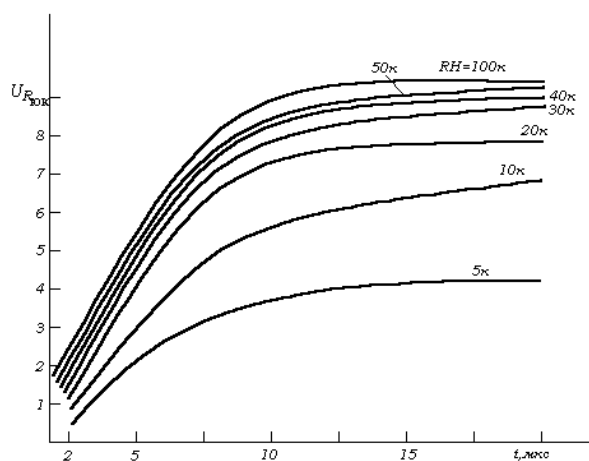
$$I_{\phi}(t) = U \left[g_T + \beta \exp \left\{ -\frac{t}{\tau_p} \right\} \Phi(t) \exp \left\{ -\frac{t}{\tau_p} \right\} dt \right] \quad (2.2.4)$$

бунда U – фотоқабул қилгичка қўйилган кучланиш; g_T – ўтказувчан-лик; β - доимийлик, τ_p – ўтказиш зонасидаги электронлар яшаш вақти.

Қисқа импульслар учун, импульслар давомийлиги $t_u < \tau_p$, бўлганда: Шундан келиб чиқиб, фототокни дифференциаллаш орқали нурланиш интенсивлигига пропорционал сигнал оламиз. Хусусий ҳолда, агар ток индуктивлик орқали ўтса, индуктивликдаги кучланиш $U_{чик}$ қуйидаги муносабат билан аниқланади:

$$U_{чик} = L \frac{dI_{\phi}}{dt} = L \beta \cdot \Phi(t) \quad (2.2.5)$$

Шундай қилиб, шу усулни қўллаб, ёритиш давомийлиги кам бўлган фотоқабул қилгичидан оптик нурланишни қайд қилишда фойдаланиш мумкин



2.2.3-расм. Фотодиоднинг ишлаш режимини юклама қаршилигига боғлиқлиги.

Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилгичларнинг сезгирлигини таъминлаш мақсадида специфик талаблар қўйилади .

2.3. Оптик узатиш каналлари ва нур манбалари

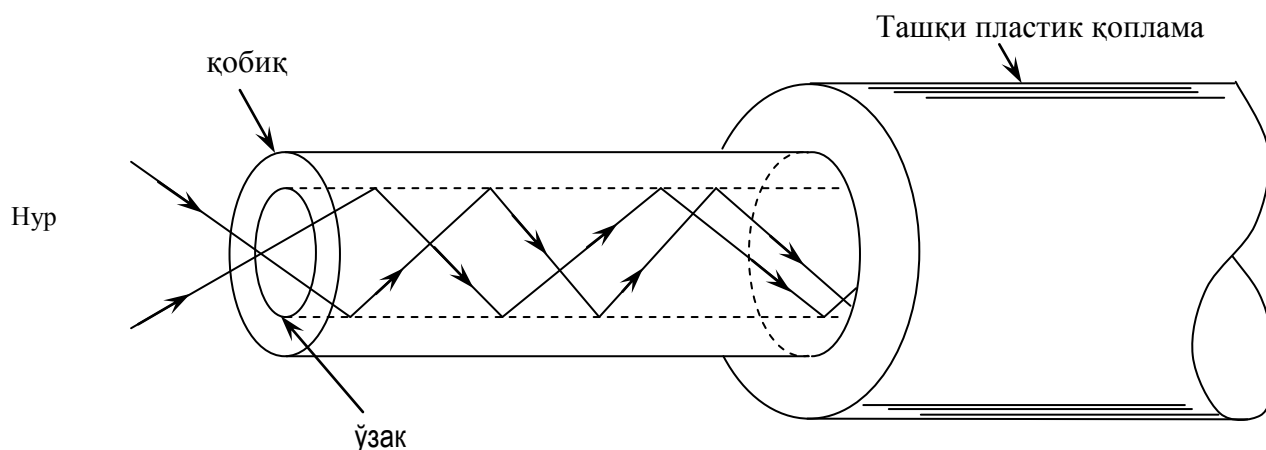
Оптик узатиш каналлари оптик алоқа (ОА) тизимининг узатиш ва қабул қилиш қисмларини боғлаб турувчи муҳитдир. Оптик узатиш каналларининг тавсифлари қисман алоқа тизимининг сифатини аниқлайди. Шунинг учун ОА тизимларини лойиҳалаштиришда нурланиш тарқаладиган узатувчи муҳит - каналнинг хусусиятларини ҳисобга олиш керак. Электромагнит тўлқинлар тарқаладиган каналлар очик оптик алоқа (ООА) каналларига ва толали оптик алоқа (ТОА) каналларига бўлинади.

ООА каналларида нурланиш манбалари электромагнит тўлқинларни очик фазога нурлантиради, бунда нурланишнинг тарқалиш йўналиши фақатгина антеннанинг йўналиш диаграммаси билан аниқланади. ООА каналлар,и ўз навбатида, уч турга бўлинади: атмосфера, космик ва сув ости алоқа каналлари.

Атмосфера ООА каналларида тўлқинларнинг тарқалиш тавсифлари етарли даражада об-ҳаво шароитларига боғлиқ. Атмосфера ва сув ости узатиш муҳитларининг физик бир турда эмаслиги ва уларнинг таркибидаги бегона заррачаларни узатилаётган нурланиш тўлқини билан ўзаро таъсирда бўлишидан электромагнит тўлқинлар бузилади. Заррача ўлчамларининг тўлқин узунлиги билан таққосланадиган даражада ёки катта бўлиши бузилишларни оширади. Шу сабабли атмосфера бузилишлари оптик диапазонда турли характерга эга. Шу тарзда узатиш муҳити-каналларни таҳлил қилиш, алоқа тизимларини лойиҳалаштиришда юзага келадиган энг муҳим масала ҳисобланади. Тўлқинларнинг тарқалиш йўналишига тушиб қоладиган заррачалар асосан оптик нурланишни ютади ва сочади. Бу омилларнинг таъсир даражаси канал турига (сув ости, тоза ҳаво, турболент атмосфера ва бошқалар) боғлиқ. Бу тизимларда бузилишларни камайтириш, талаб этиладиган ишончилиликни таъминлаш учун ретрансляция участкаси узунлигини камайтириш керак бўлади.

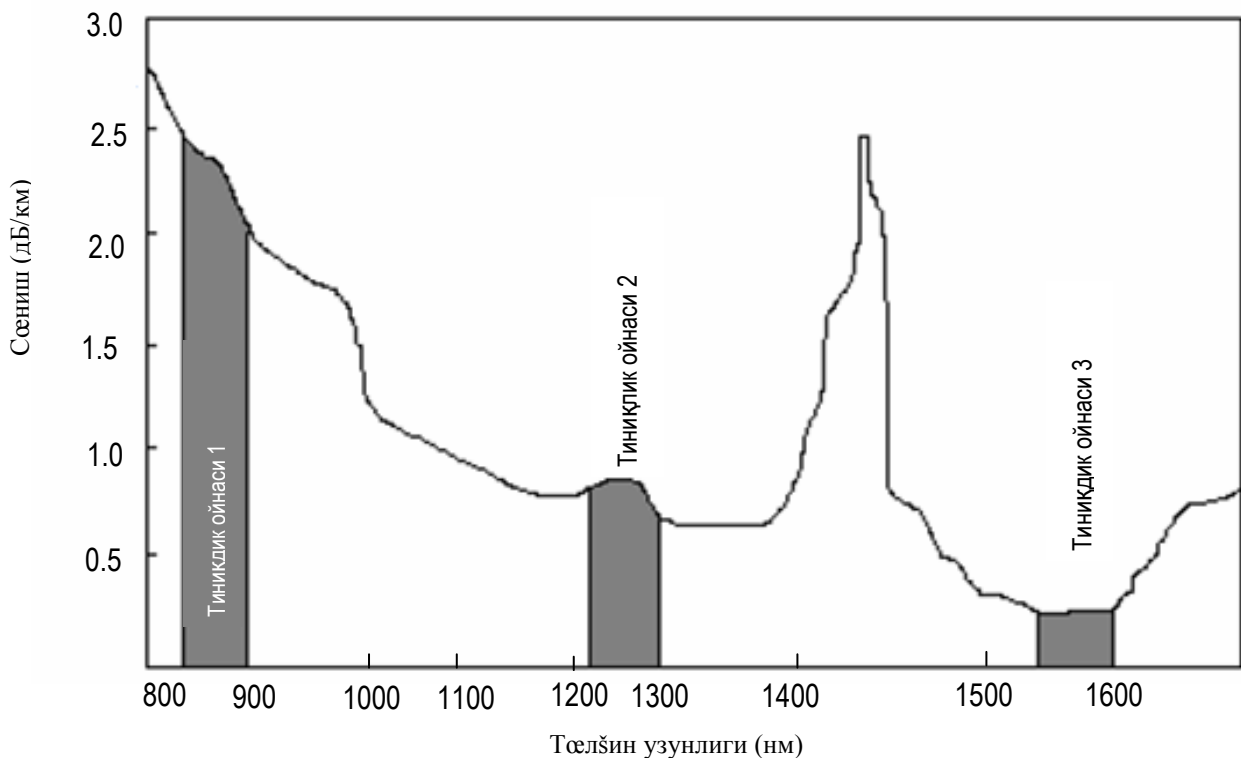
ОТнинг таркибий қисмлари 2.3.1-расмда тасвирланган. Ўзак ва қобик учун асосий материал кварц шишаси (SiO_2) ҳисобланади. Керакли

синдириш кўрсаткичларини олиш учун кварц шишасига бор, германий ва шунга ўхшаш бошқа қўшимчалар қўшилади. Толанинг қўшимча қобиклари химоя қобиғи ҳисобланади. 2.3.1-расмда ташқи пластик қоплама кўрсатилган.



2.3.1-расм. Оптик толанинг тузилиши

Стандарт SF толалари поғонали синдириш кўрсаткичига эга. Статистик маълумотларга кўра, энг кўп ётказилган кабеллар бир модали стандарт SF (Standart Fiber) толалардан иборат. ҳозирда SF толаларининг сўниш қийматлари 0,18-0,19 дБ/км гача камайтирилган. Лекин бу толаларда 1550 нм тўлқин узунлигида дисперсия қиймати катта 17-20 пс/нм*км ни ташкил этади. 1300 нм тўлқин узунлигида эса дисперсия қиймати минимал, лекин сўниш қийматлари катта 0,35-0,5 дБ/км ни ташкил этади (2.3.2-расм). Дисперсия қиймати кичик бўлгани учун 1300 нм тўлқин узунлиги дисперсияси нолга тенг λ_0 тўлқин узунлиги деб аталади. Сўниш қийматлари кичик, яъни 0,2-0,25 дБ/км ни ташкил этадиган 1500 нм да (2.3.2-расм). Дисперсия қийматларини ҳам камайтириш мақсадида λ_0 тўлқин узунлигини 1550 нм га силжитиш орқали нолинчи дисперсияси силжиган DSF толалари ишлаб чиқилган). DSF толаларида $\lambda_0 = 1550$ нм тўлқин узунлиги нолинчи дисперсия нуқтаси деб олинган.

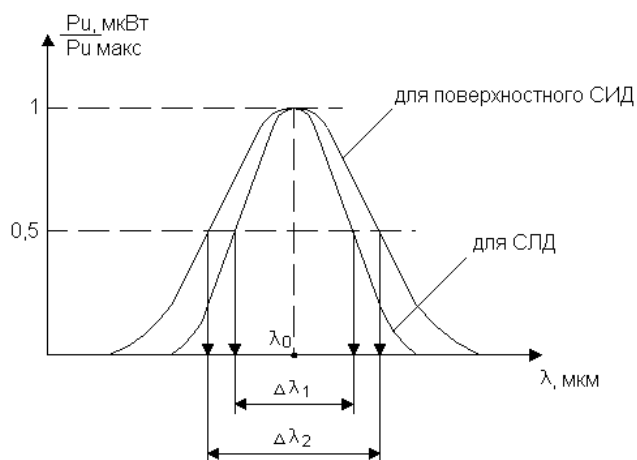


2.3.2-расм. Тўлқин узунлигига боғлиқ равишда оптик тола сўнишининг ўзгариши

DSF ва NZDSF толалари махсус турдаги W кўринишдаги синдириш кўрсаткичларига эга. Аммо 1550 нм тўлқин узунлигида DSF толаларида спектр (тўлқин) бўйича зичлаштириш усулини амалга ошириб бўлмайди. Чунки агарда 1550 нм тўлқин узунлигида спектр бўйича зичлаштириш усулини қўлласак, бу тўлқин узунлиги атрофида паразит оптик каналлар, яъни нозизиқли эффектлар ҳосил бўлади. Буни бартараф этиш ва спектр бўйича зичлаштириш усулини қўллаш учун нолинчи λ_0 тўлқин узунлигини 1520 нм дан 1560 нм гача суриб, нолга тенг бўлмаган дисперсияси силжиган NZDSF толалари ҳосил қилинган. Нолинчи дисперсияли тўлқин узунлигини суриш махсус турдаги W кўринишдаги синдириш кўрсаткичларини, синдириш кўрсаткичлари турлича бўлган кўп қатламли қобикқа эга оптик толаларни қўллаш орқали ҳосил қилинади. Икки қатламли қобикларни қўллаб DSF толалари, тўрт қатламли қобикларни қўллаб, 1300 нм дан 1650 нм тўлқин узунлигида дисперсия қиймати $|D|=1-6$ пс/нм·км бўлган NZDSF толалари ҳосил қилинади.

ЁНДларнинг тавсифлари. Ёруғлик диодларининг хусусиятлари уларни ишлатиш нуқтаи назаридан нурланишни тўлқин узунлиги λ , нурланиш спектрини кенглиги $\Delta\lambda$, нурланиш қуввати P , нурланиш қувватини йўналиш диаграммаси Θ билан характерланади. Тузилиши ва ишлаб чиқарувчиларга боғлиқ холда ЁНДларнинг нурланиш қуввати 0,01 ва 0,1 мВт оралиқда ётади. 2.3.3-расмда нурлантирувчи юзали ва нурлантирувчи кесимли ЁНДни нурланиш спектри берилган. Нурлантирувчи юзали ЁНДда $\lambda=0,85$ мкм да нурланиш спектри кенглиги $\Delta\lambda=40$ нм га, нурлантирувчи кесимли ЁНДда $\lambda=1,3$ мкм да нурланиш спектри кенглиги $\Delta\lambda=90$ нм га тенг.

ЁНДни энг муҳим параметрлари бу унинг ишончлилиги ва хизмат қилиш муддатларидир. Ёруғлик диодларидан узоқ вақт фойдаланиш натижасида нурланиш қуввати камаяди. ҳарорат $10-20^0\text{C}$ га ошса, хизмат муддати икки баробар қисқаради. Алоқа тизимларида фойдаланиш учун хизмат муддати ер алоқа линиялари учун 10^5 соатни ва сув ости алоқа линиялари учун 10^6 соатни ташкил этиши керак.



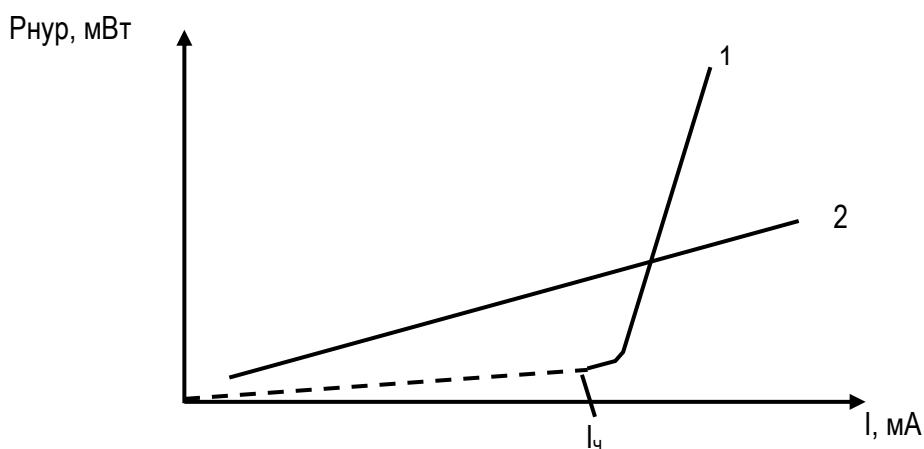
2.3.3-расм. Нурлантирувчи юзали ва нурлантирувчи кесимли ЁНДни нурланиш спектрлари

ЁНДлар учта тиниқлик ойналари 850, 1310 ва 1550 нм да ишлатиш учун ишлаб чиқарилади. Лекин, улар кўпроқ 850 ва 1310 нм да қўлланилади. ЁНДларни ишлаб чиқариш лазер диодларига қараганда арзон.

Нурланиш спектрини кенглиги (60 нм гача), нурлантирувчи частота оралиғини торлиги (100-200 МГц) ва тезкор эмаслиги ЁНДларни ОА

тизимларида қўлланилишини чегаралайди. ЁНДлар асосан паст тезликли тимларда ахборотларни яқин масофага узатишда қўлланилади.

Лазер диодлар (ЛД) одатда узок масофали ва юкори тезликли (155 Мбит/с дан юкори) оптик тимларида қўлланилади. ЛДлар хизмат муддати, нурланиш қуввати ва уни ташқи инжекция токига боғлиқлиги, нурланишни йўналиш диаграммаси Θ ва нурланиш спектри билан тавсифланади. ЛД ЁНДга караганда ташқи инжекция токини катта қийматларида ишлайди. Ташқи инжекция токи I_u ошиб, чегаравий I_q қийматга етгач, генерация ёки лазер самараси юзага келади, яъни индукцияланган (мажбурий) нурланиш ҳосил бўлади. Бу нурланиш юкори когерент бўлгани учун, ЛДни нурланиш спектри кенглиги ЁНДга нисбатан тор. ЛДни нурланиш спектри 1-2 нм, ЁНД ни нурланиш спектри эса 30-50 нм. Нурланиш қувватини ташқи инжекция токига боғлиқлигини ЛДни ватт-ампер характеристикасидан кўриш мумкин. 2.3.4-расмда ЛД ва ЁНДларни ватт-ампер характеристикалари кўрсатилган. Кичик ток қийматларида ЛДда кучсиз спонтан нурланиш юзага келади, у самарасиз ёруғлик диоди сифатида ишлайди. Юкорида айтиб ўтилгандек, ток қиймати чегаравий ток I_q қийматидан ошганда нурланиш қуввати $P_{нур}$ кескин ошиб, когерент мажбурий нурланиш ҳосил бўлади.



2.3.4-расм. Ватт-ампер характеристикалари:

1-лазер диоди учун; 2-ёруғлик диоди учун

Магистрал ТОО линияларида асосан сигналлар 1,3 ва 1,55 мкм тўлқин узунликларида узатилади. 1,55 мкм тўлқин узунлигида сўниш қийматлари кичик бўлгани учун ретрансляциясиз ($L=100\text{км}$) узун участкаларда ана шу тўлқин узунлигидаги оптик узатиш манбаларидан фойдаланиш самаралидир. Магистрал алоқа линиялари кабеллари бир модал тоалардан иборат бўлгани учун ҳам ЛДдан фойдаланиш керак. Чунки ЁНДга қараганда ЛДнинг нурланишини йўналиш диаграммаси тор. Бу нурланишни толага киритишни осонлаштиради.

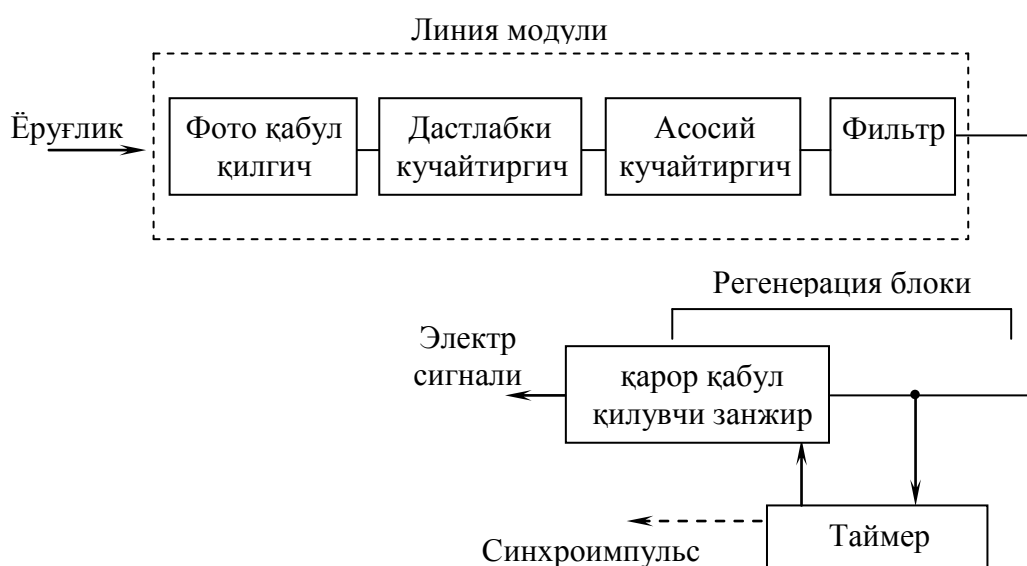
ЛДни бир неча турлари мавжуд:

- кўп модал ёки Фабри-Перо резонаторли лазерлар;
- бир модал лазерлар;
- бир модал тақсимланган тескари алоқали (DFB) лазерлар;
- тақсимланган Брэгг акс этишли лазерлар;
- ташқи резонаторли лазерлар.

3.ТОЛАЛИ ОПТИК АЛОҚА ТИЗИМЛАРИДАГИ ФОТОҚАБУЛ ҚИЛИШ ҚУРИЛМАЛАРИ ИШЛАШ РЕЖИМИНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

3.1. Оптик қабул қилгич блок схемаси

PIN – фотодиодларини ёки APD фотодиодлари асосида қурилган оптик қабул қилгич схемаси 3.1.1-расмда келтирилган.



3.1.1-расм. Рақамли оптик қабул қилувчи модулниң функционал элементлари

Оптик сигнал фотодиод томонидан қабул қилинади. Оптик сигнал бу қабул қилиш нуқтасида жуда заиф ва шовқинлар таъсирига энг таъсирчан, яъни оптик сигнал шу нуқтада энг кўп бузилишга учрайди. Шунинг учун бу сигнал бирламчи кучайтиргичда кучайтирилади ва кейинги ўзгартиришлар учун яроқли ҳолга келтирилади. Бирламчи кучайтиргич оптик қабул қилгич таркибидаги муҳим элементлардан биридир. Бирламчи кучайтиргичнинг чиқиш кучланишини ошириш катта қийматга эга бўлган $R_{ю}$ қаршилиқни қўллаш билан амалга оширилади. $R_{ю}$ қаршилиқнинг катта қиймати иссиқлик шовқинларини камайтиради ва қабул қилгич сезгирлигини оширади. Лекин $R_{ю}$ қаршилиқнинг қўлланилиши натижасида қабул қилгичнинг ўтказиш оралиғи камаяди, чунки қабул қилгичнинг ўтказиш оралиғи паст частотали

компоненти билан аниқланади. Бу камчиликни бартараф этиш учун частота характеристикасини текислаш схемаси қўлланилади. Бу схемадаги фильтр паст частотали ташкил этувчиларни юқори частотали ташкил этувчиларга караганда кўпроқ сўндиради, натижада қабул қилгич ўтказиш оралиғи ортади.

Қабул қилгичнинг кейинги элементлари – катта кучайтириш коэффицентига эга бўлган кучланиш кучайтиргичи ва паст частотали филтрдир. Кучланиш кучайтиргичи кучланишни автоматик бошқариш қурилмаси ёрдамида автоматик тарзда бошқарилади. Паст частотали фильтр кучланиш импульсини ҳосил қилади. Бу фильтр символлараро шовқинларни киритмасдан туриб шовқинни камайтиради. Бу фильтр ўтказиш оралиғи узатиш тезлигига нисбатан паст. Қабул қилгичнинг бошқа элементлари ўтказиш оралиғи эса узатиш тезлигидан катта қилиб олинади.

Қабул қилгичнинг яна бир элементларидан бири ҳал этиш схемасидир. Ҳал этиш схемаси фильтр чиқишидаги кучайтиргич чиқиш кучланишини бўсағавий сатҳ қиймати билан солиштиради ва ҳар бир битли интервал учун бу қабул қилинган сигнал иккилик 1 ёки 0 эканлигини аниқлайди.

Оптик толали узатиш тизимларини лойиҳалаш жараёнида сигналнинг бўсағавий қиймати ва сигнал сифатининг ёмонлашиши (BER) сингари характеристикаларни ҳисобга олиш керак. Ҳар бир турдаги оптик қабул қилгич учун ишлаб чиқарувчи томонидан BER қийматларини сигнал сатҳига боғлиқлигини кўрсатувчи график берилиши керак. BER қиймати асосан 10^{-10} – 10^{-12} атрофида бўлади.

Оптик қабул қилгич блок схемаси 3.1.1-расмда кўрсатилган. Унинг асосий элементлари:

- фото қабул қилгич (*p-i-n* ФД ёки ЛФД) қабул қилинган оптик_сигналларни электр сигналларига айлантиради;
- электр кучайтиргичлар каскади, сигнални кучайтиради ва унга ишлов бериш учун керакли кўринишга ўзгартиради. Сигналлар бир ёки бир неча босқичларда кучайтирилади. Биринчи босқичдаги кучайтиргич, дастлабки

кучайтиргич дейилади. Берадиган шовқин сатҳини кичиклиги унинг хусусияти ҳисобланади;

- асосий кучайтиргич. Дастлабки кучайтиргичдан сўнг сигнал юқори қувватли асосий кучайтиргичда кучайтирилади;

- фильтр сигнал шовқин нисбатини ошириб, шовқинларни камайтиради;

- қабул қабул қилувчи занжир. Дисперсия туфайли қабул қилинган импульс охирлари чизилиб бошланғич тўғри бурчакли кўринишни йўқотиш мумкин. Тўғри бурчакли бошланғич кўринишни тиклаш учун қарор қабул қилувчи занжир ёки дискрематор ўрнатилади. У чегарага эга бўлиб, агар унга тушган сигнал амплитудаси чегарадан кичик бўлса, унда сигнал ҳал бўлмайди, агар чегарадан ошса, унда чиқишида маълум амплитудали сигнал ҳосил бўлади. Бунда импульс узунлиги бузилиши, шовқинни фойдали сигнал деб хато қарор қабул қилиши каби камчиликлар бўлиши мумкин. Бу камчиликларни бартараф этиш учун дискрематор импульслар кетма-кетлиги частотаси ҳақидаги ахборотга эга бўлиши керак;

- таймер, юқоридаги камчиликларни бартараф этиб, синхронизацияни, яъни оптик узатувчи ва қабул қилувчи модулларни синхрон ишлашини таъминланади .

3.2.Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимини оптималлаштириш

Бизга маълумки сигнал / шовқин нисбатини ошириш алоқа тизими қабул қилиш қурилмасининг энг асосий талабларидан биридир.

Толали оптик алоқа тизимларининг радио частота диапазондаги алоқа тизимларига нисбатан қабул қилиш сезгирлиги пастлигидир,бунга асосан қабул қилинаётган оптик сигналлар таркибида флуктация шовқинлари бўлишидир,бунга сабаб ёруғликнинг квант табиатга эга эканлигидир.

Бу флуктациялар оптик – электрик ўзгартиришда фотодиод чиқиш токида шовқинларни ҳосил қилади.

Реал толали оптик алоқа тизими фото қабул қилиш қурилмаси чиқишида кесма ва иссиқлик шовқинлар хосил бўлади.

Кўп каналли аналогли оптик алоқа тизими фото қабул қилиш қурилмаси учун сигнал/шовқин нисбати i -та каналда қуйдагича бўлади:

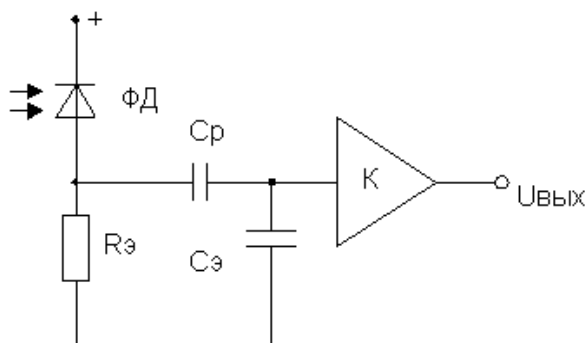
$$(P_c / P_u)_i = \frac{0,5(m_i R_0 P_0)^2}{\left[2q(R_0 P_0 + I_T) + \frac{4k_B T_0 F_{yc}}{\operatorname{Re}(z_{\alpha_{yc}})} + R_0^2 P_0^2 RIN \right] \Delta f} \quad (3.2.1)$$

Бу ерда m_i – i -та канал оптик нур модуляцияси, R_0 – фотодиод номинал сезгирлиги, P_0 – шртача ыувват, q – элементар заряд, I_T – фотодиод токи, k_B – Больцман доиймийси, T_0 – абсолют температура, F_{yc} – ФКҚ дастлабки кучайтиргичи шовқин коэффиценти, $z_{\alpha_{yc}}$ – дастлабки кучайтиргич кириш импендансивходной импеданси, RIN – лазер интенсивлиги нисбий шовқини, Δf – ФКҚ ўтказиш полосаси эффектив қиймати.

Толали оптик алоқа тизимларининг фотоқабул қилиш қурилмаларида сигнал/шовқин нисбатини ортириш учун pin-фотодиоди сезгирлигини ошириш керак, бунинг учун фотоқабул қилиш қурилмаси кучайтириш блокини такомиллаштириш йўллари кўрамиз

Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмасининг асосий вазифаси оптик сигнални электр сигналига айлантириб беришдан иборат бўлиб, уларда дастлабки кучайтиргич бўлиб, интегралловчи ва трансимпеданс кучайтиргичлар ишлатилади.

Интегралловчи кучайтиргич схемасини кўриб чиқайлик.

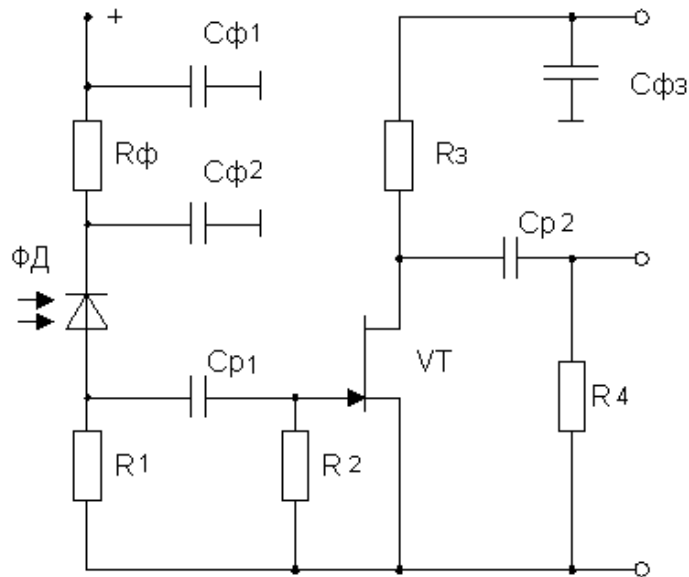


3.2.1-расм. Фотоқабул қилиш қурилмалари интегралловчи кучайтиргичлари схемаси

Буерда эквивалент қаршилик қуйдагича аниқланади

$$\frac{1}{R_3} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_T} + \frac{1}{R_d}, \quad (3.2.2)$$

R_T – "затвор – исток" қаршилиги, R_d – фотодиод қаршилиги



3.2.2-рasm Фотоқабул қилиш қурилмаси кириш занжири принципиал схемаси

Эквивалент сиғим қуйдагича аниқланади:

$$C_3 = C_d + C_T + C_{\Pi}, \quad (3.2.3)$$

c_d – фотодиод сиғими, c_T – транзистор кириш сиғими, c_{Π} – паразит уланиш сиғими.

Кучайтиргични чиқишидаги кучланиш

$$U_{\text{вых}} = \frac{I_{\phi} \times G \times R_3}{1 + j\omega R_3 c_3} K, \quad (3.2.4)$$

бу ерда K – кучайтиргич кучайтириш коэффициент.

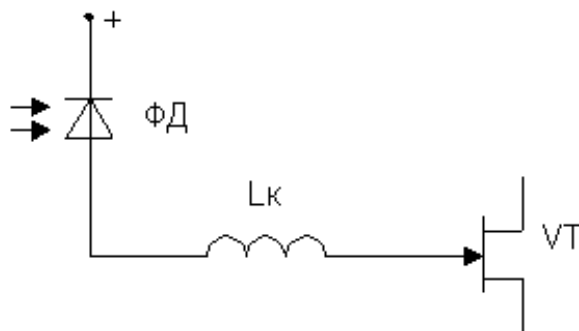
Фотоқабул қилгичнинг кириш занжири ўтказиш полосасини кучайтиргич ва корректорни бир бирига боғлаб кенгайтириш мумкин

$$K = K_0 (1 + j\omega R'_3 c'_3). \quad (3.2.5)$$

Бундай корректор кучайтиргичдан сўнг уланади ва қуйдаги тенглик бажарилиши керак

$$U_{\text{вых}} = K_0 I_{\phi} \times G \times R_3 \quad (3.2.6)$$

Бундан ташқари фотодиод ва транзистор ўртасига шовқинни коррекция қилувчи қўшимча қурилма уланган бўлиши мумкин.

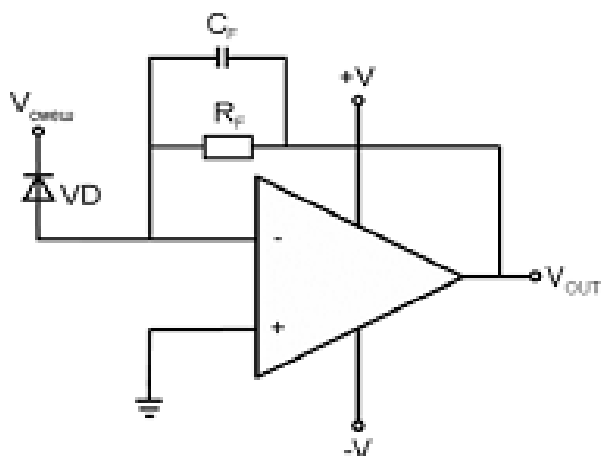


3.2.3-расм. Шовқинга қарши корректор схемаси

Фотоқабул қилиш қурилмалари интегралловчи кучайтиргичлари схемаси тадбиқ этиш соддалиги билан, кичик шовқинлилиги билан ажралиб туради, лекин камчилиги сигнал динамик диапазони чегараланган.

Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмаси трансимпеданс кучайтиргичларида манфий тескари алоқа мавжуд.

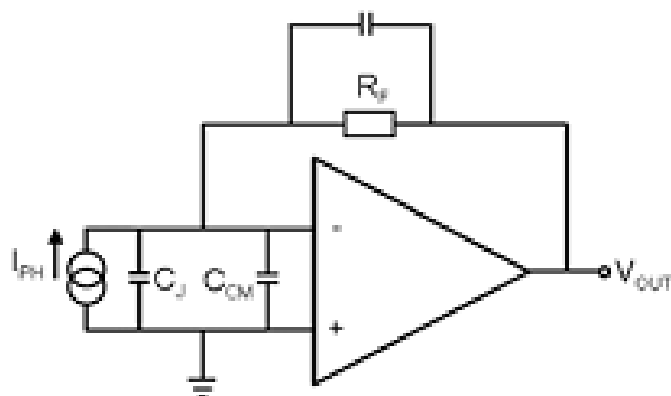
Фотоқабул қилиш қурилмаси трансимпеданс кучайтиргич принцинал



схемасини кўрайлик.

3.2.4-расм Фотоқабул қилиш қурилмаси трансимпеданс кучайтиргичи принцинал схемаси

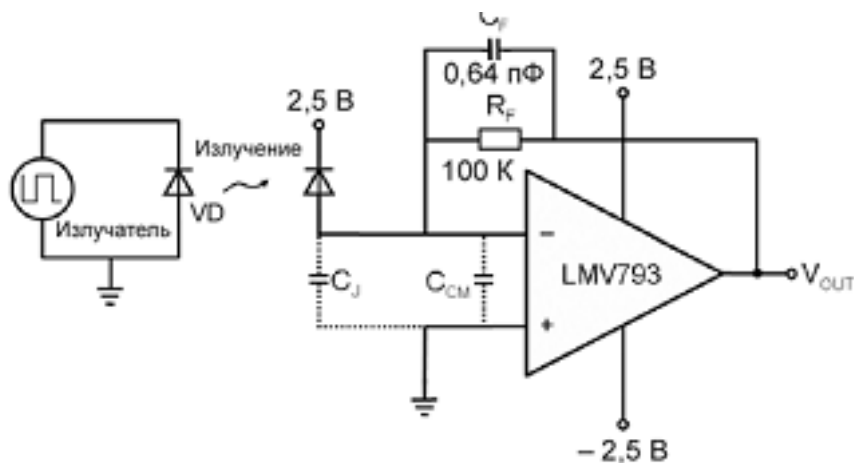
Фотоқабул қилиш қурилмаси трансимпенданс кучайтиргичлари схемаларини қуйдаги эквивалент электр схемага қўйиш мумкин



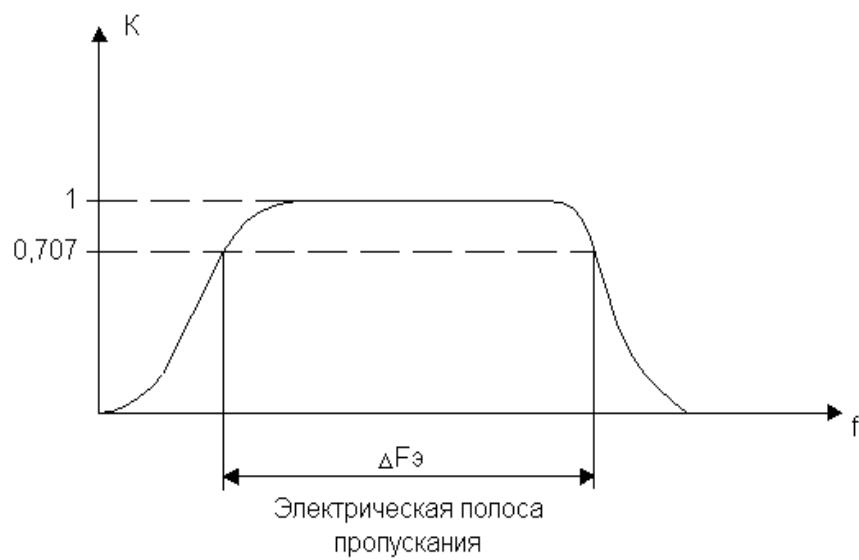
3.2.5-расм. Фотоқабул қилиш қурилмалари эквивалент электр схемаси

Битирув малакавий ишида кўйилган вазифани ечиш учун National Semiconductor фирмаси томонидан ишлаб чиқарилган LMV793 операцион кучайтиргични оламиз. У ўрта тезликда ишлайди, ўтказиш полосаси 88 МГц ва 15 пФ. Датчик сифатида OSI Optoelectronics фирмасининг PIN-HR040 фотодиодини танлаймиз, унинг ўтказиш полосаси 300 МГц, сиғими 7 пФ. Нур манбаи сифатида лазер диодлари ишлатилди.

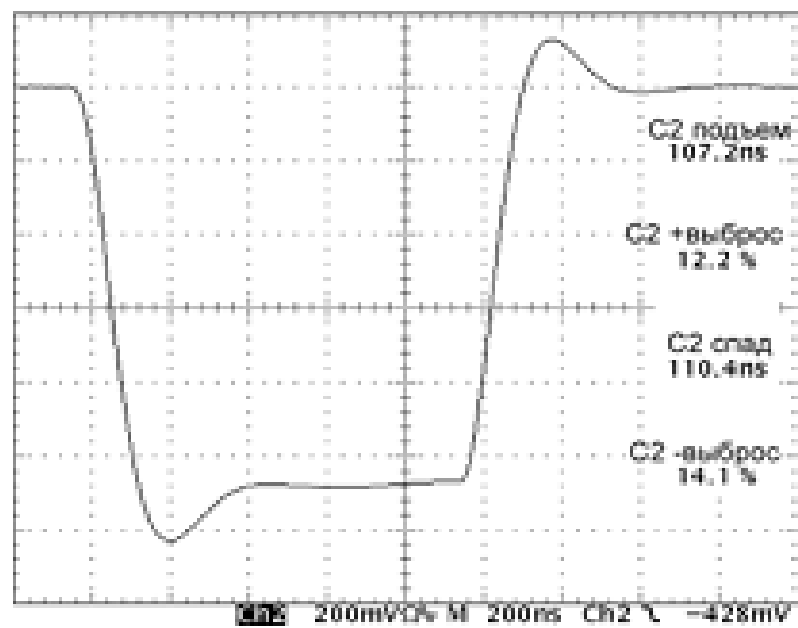
Юқори кучайтириш коэффициентига эришиш учун тескари алоқа занжиридаги қаршиликни $R_F = 100 \text{ кОм}$ оламиз.



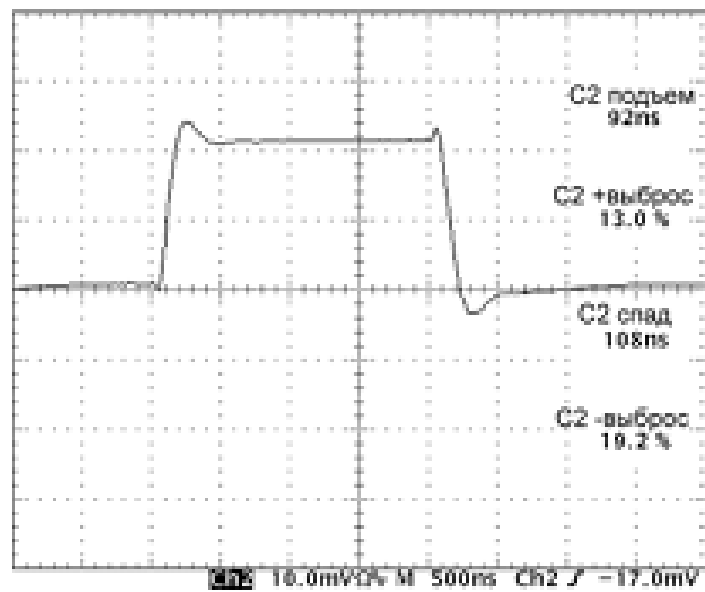
3.2.6-расм. Фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимини оптималлаштирувчи учун трансимпеданс кучайтиргичи принципаал схемаси



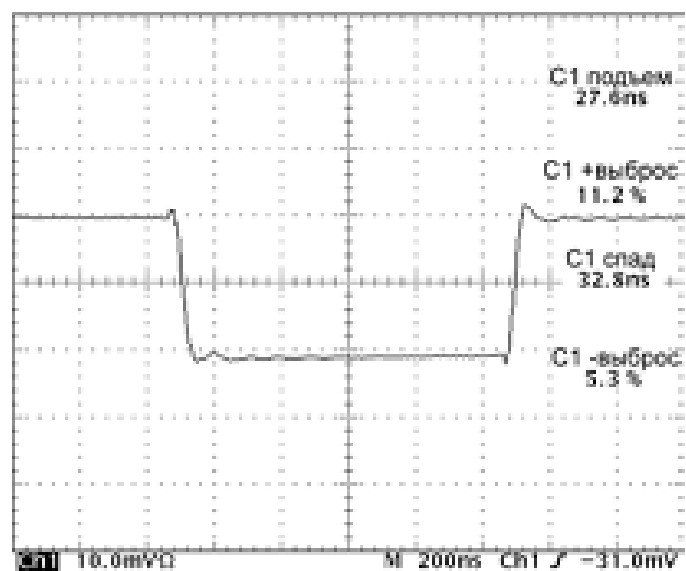
3.2.7-расм. Фотоқабул қилиш қурилмалари кириш занжири амплитуда-частота характеристикаси



3.2.8-расм. Чиқиш сигнали вақт диаграммаси



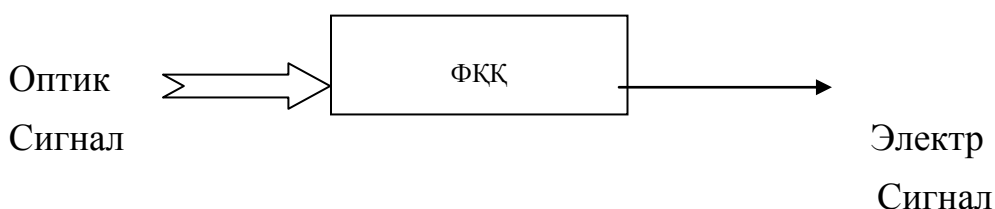
3.2.9-рaсм. Чиқиш сигнали вақт диаграммаси $R_F = 100 \text{ кОм}$



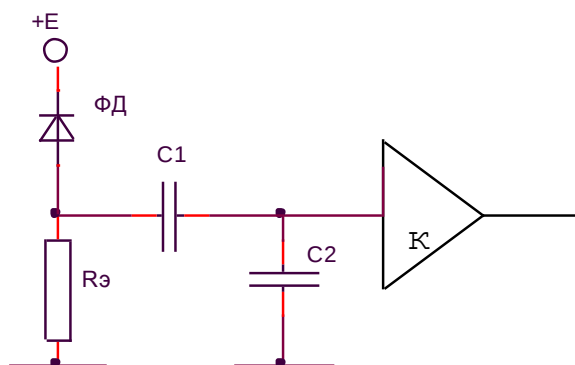
3.2.10-рaсм. Чиқиш сигнали вақт диаграммаси $R_F = 10 \text{ кОм}$

3.3. Фотоқабул қилиш қурилмаларининг асосий блоклари ҳисоби

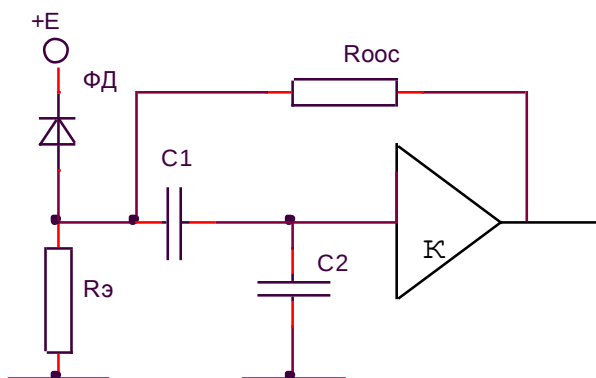
Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмасининг асосий вазифаси оптик сигнални электр сигнаliga айлантириб беришдан иборат бўлиб, уларда дастлабки кучайтиргич бўлиб, интегралловчи ва трансимпеданс кучайтиргичлар ишлатилади.



3.3.1-расм. Фотоқабул қилиш қурилмасининг схемаси



3.3.2-расм. Интегралловчи кучайтиргич схемаси.



3.3.3-расм. Трансимпеданс кучайтиргичлар схемаси.

Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмаларига қуйидаги талаблар қўйилади:

- Юқори сезгирлик;
- Талаб этилган спектрал характеристика;

- Кам шовқинли;
- Талаб этилган юқори тезлик;
- Узоқ муддатли иш хизмати;
- Интеграл схемаларда қўлланиши.

Фотоқабул қилгичлар жуда суғуст ёруғлик сигналларини тутиб олиши керак. Фотодиод шовқинлари қабул қилинган оптик сигналлар жадаллигини чегаралайди, бу билан фотодиоднинг сезгирлиги камаёди.

Бизга маълумки фототок фотодиодга тушаётган оптик сигнал қувватига тўғри пропорционал:

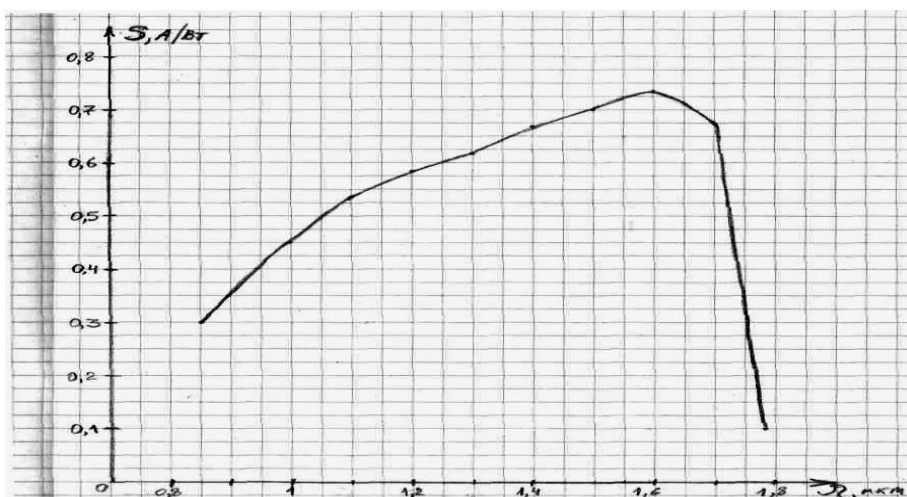
$$I = S \cdot P \quad \text{ёки} \quad I = q \eta (p/h\nu) \quad (3.3.1)$$

Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмаси сезгирлигини оптик нур тўлқин узунлигига боғлиқлик графигини тузайлик.

3.3.1-жадвал

Сезгирлик, А/Вт	0,3	0,45	0,53	0,58	0,62	0,67	0,7	0,73	0,65	0,1
Тўлқин узунлик, мкм	0,85	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,78

Нурланиш қуввати $P_{\text{и}} = 5 \text{ мкВт}$; Тўлқин узунлик $\lambda = 1650 \text{ нм}$;



3.3.4-расм. Фотоқабул қилиш қурилмаси сезгирлигини оптик нур тўлқин узунлигига боғлиқлик графиги

Қуйдаги формуладан фототокни қийматини аниқлайлик

$$S = \frac{I_{\phi}}{P_u}; \quad (3.3.2)$$

Бу ерда $S=0.712\text{A/Вт}$ – графикдан аниқланган сезгирлик.

$$I_{\phi} = S \cdot P_u = 0,712 \cdot 5 \cdot 10^{-6} = 3,56 \cdot 10^{-6} \text{ A};$$

График орқали сезгирликни чегарасини аниқлайлик: $\lambda_{zp} = 1,78 \text{ мкм}$;

Толали оптик алоқа тизимлари учун фотоқабулқилгич материалини аниқлайлик:

$$\lambda_{zp} \leq \frac{1,24(\text{эВ} \cdot \text{мкм})}{E_g}; \quad (3.3.3)$$

$$E_g \leq \frac{1,24(\text{эВ} \cdot \text{мкм})}{\lambda_{zp}} = \frac{1,24}{1,78} = 0,69 \text{ эВ}$$

Толали оптик алоқа тизимлари учун фотоқабулқилгич материали германий.

Фотодиод ва трансимпеданс кучайтиргичли фотоқабул қилиш қурилмасини ўтказиш полосаси ва сигнал/шовқин нисбатини аниқлайлик:

3.3.2-жадвал

ФД	Рэ, кОм	Сэ, ПФ	пвн	М	Ғш	Т	Дш	Кус
ЛФД	120	4,2	0,65	10	4	315	4	180

$R_{\text{пер}} = -3 \text{ дБм}$; $L = 40 \text{ км}$; $a = 0,4 \text{ дБ/км}$;

Фотоқабул қилиш қурилмаси частота полосаси:

$$\Delta F \leq \frac{K_{yc}}{2\pi \cdot R_y \cdot C_y} = \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 120 \cdot 10^3 \cdot 4,2 \cdot 10^{-12}} = 5,69 \cdot 10^7 \text{ Гц};$$

Бу ерда фототок тушаётган оптик қувват орқали пайдо бўлади ва фотодетектор турига боғлиқ.

$$I_{\phi} = P_{np} \frac{e \cdot \eta_{en} \cdot M}{h \cdot f} = 0,0125 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,65 \cdot 10}{6,626 \cdot 10^{-37} \cdot 2,3 \cdot 10^{14}} = 85 \text{ мкА}$$

$$P_{ш.кв.} = 2e \cdot M^2 \cdot I_{\phi} \cdot \Delta F \cdot F_{ш}(M) \quad (3.3.4)$$

Фотоқабул қилиш қурилмаси асосий шовқинларини ҳисоблаш учун, булар квант ва иссиқлик шовқинлари қуйдаги формуладан фойдаланамиз:

$$P_{ш.т.} = \frac{4KT}{R_{\gamma}} \cdot \Delta F \cdot D_{ш}; \quad (3.3.5)$$

$$P_{ш.кв.} = 2e \cdot M^2 \cdot I_{\phi} \cdot \Delta F \cdot F_{ш}(M) = 2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^2 \cdot 85 \cdot 10^{-6} \cdot 5,69 \cdot 10^7 \cdot 4 = 6,19 \cdot 10^{-13}$$

$$P_{ш.т.} = \frac{4KT}{R_{\gamma}} \cdot \Delta F \cdot D_{ш} = \frac{4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 315}{120 \cdot 10^3} \cdot 5,69 \cdot 10^7 \cdot 4 = 3,3 \cdot 10^{-17}$$

Сигнал/шовқин нисбатини қуйдаги формуладан топамиз:

$$c / ш = \frac{I_{\phi}}{\sqrt{\left[2e \cdot F_{ш}(M) \cdot I_{\phi} + \frac{4KT}{R_{\gamma} \cdot M^2} \cdot D_{ш} \right] \cdot \Delta F}}; \quad (3.3.6)$$

$$c / ш = \frac{85 \cdot 10^{-6}}{\sqrt{\left[2 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 85 \cdot 10^{-6} + \frac{4 \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 315}{120 \cdot 10^3 \cdot 10^2} \cdot 4 \right] \cdot 5,69 \cdot 10^7}} = 1080$$

4.МЕҲНАТ МУҲОФАЗАСИ

4.1.Юқори частотали электромагнит тебранишларнинг организмга таъсири

Электромагнит нурланишлар турли частоталарда, алоқа тармоғида кенг қўлланилади. Радиотехник қурилмаларда антеннага генераторлар, антенна қурилмалари, юқори частотали трансформаторлар, фидер трактлар, материалларни термик ишлов териш қурилмаларида – электромагнитлар, конденсаторлар электромагнит нурланиш манбаи саналади. Кўрсатилган қурилмалар ишида уларни ўраб турган фазода электромагнит майдонлар пайдо бўлади. Электромагнит майдонлар фойдали ҳаракати билан бир қаторда инсон танасига кириб, унга ноқулай, салбий таъсир кўрсатиши ва касбий касалликларга сабаб бўлиши мумкин. Улар асаб, эндокринологик ва юрак-қон томирлари тизими касалланишини чақириши мумкин, инсонда қон босими пасаяди, пульси секинлашади, рефлекслар тормозланади, қон таркиби ўгаради. Электромагнит майдонлар таъсири организмга иссиқ иқлим таъсирида ўз аксини бериши мумкин. Инсон танаси томонидан ичга ютилган электромагнит майдонлар қуввати танани ва айрим органларни қизишини юзага келтириб, касалликларга олиб келиши мумкин. Тананинг 10°C дан зиёд исиб кетишига йўл қуйиб бўлмайди.

Айниқса, мия, кўз, ичак, буйрак ва уруғдонлар электромагнит майдонларга таъсири йўналади. Электромагнит майдонларининг таъсири субъектив пайдо бўлиши жуда толиқиш, бош оғрик, жиззакиликда, серуйқулик, нафас сиқиши, кўриш қобилятининг ёмонлашуви, тана хароратининг кўтарилишида ўз аксини топади.

Электромагнит майдонларининг инсон организмга таъсири электр ва магнит майдонларининг кучланиши, энергия оқимининг интенсивлиги, тебраниш частотаси, нурланишнинг тананинг маълум юзасида тўпланиши ва инсон организмнинг шахсий хусусиятларига боғлиқ бўлади.

Электромагнит майдонларининг инсон организмга таъсир кўрсатишининг асосий сабаби шуки, инсон танаси таркибидаги атом ва молекулалар бу

майдон таъсирида мусбат ва манфий қутбларга бўлина бошлайди. Қутбланган молекулалар электромагнит майдони тарқалаётган йўналишга қараб ҳаракатлана бошлайди.

Қон, ҳужайра ва ҳужайралар оралиғидаги суюқликлар таркибида ташқи майдон таъсиридан ионлашган тоқлар ҳосил қилади. Ўзгарувчан электр майдони инсон танаси ҳужайраларини ўзгарувчан диэлектрик қутбланиш, шунингдек ўтказувчи тоқлар ҳосил бўлиши ҳисобига қиздиради. Иссиқлик таъсири электромагнит майдонларининг энергия ютиши ҳисобига бўлади. Энергия ютилиши биологик ҳужайраларга махсус таъсир кўрсатиши билан кечади, бу таъсир инсон ички органлари ва ҳужайраларидаги нозик электр потенциаллари ишини бузиш ва суюқлик айланиш функцияларининг ўзгариши ҳисобига бўлади. Ўзгарувчан магнит майдони атом ва молекулаларнинг магнит қутблари йўналишларининг ўзгаришига олиб келади. Бу таъсир инсон организмга зарари жиҳатидан кучсиз бўлсада, лекин умуман организм учун бефарқ деб бўлмайди.

Электромагнит майдонлар таъсирида зарарланиш даражаси нурланиш суръати, ҳаракат частотаси даврига боғлиқ. Майдоннинг кучланиши қанча кўп бўлса ва унинг таъсир даври давомли бўлса, организмга кўрсатувчи таъсири шунча юқори бўлади.

Тебраниш частотасининг ортиши тана ўтказувчанлигини ва энергия ютиш нисбатини оширади, аммо кириб бориш чуқурлигини камайтиради. Узунлиги 10 см дан қисқа бўлган тўлқинларнинг асосий қисми тери ҳужайраларида ютилиши тажрибаларда тасдиқланган. 10—30 см диапазондаги нурланишлар тери ҳужайраларида кам ютилади (30—40 %) ва асосан уларнинг ютилиши инсоннинг ички органларига тўғри келади. Бундай нурланишлар ниҳоятда хавфли ҳисобланади.

Организмда ҳосил бўлган ортиқча иссиқлик маълум чегарагача инсон организмнинг терморегуляцияси ҳисобига йўқотилиши мумкин. Иссиқлик чегараси деб аталувчи маълум миқдордан бошлаб ($I > 10 \text{ мВт/см}^2$), инсон организмда ҳосил бўлаётган иссиқликни чиқариб ташлаш имкониятига эга

бўлмай қолади ва тана ҳарорати кўтарилади, бу эса, ўз навбатида, организмга катта зарар етказди.

Иссиқлик ютилиши инсон организмнинг сувга сероб қисмларида яхши кечади (қон, мускуллар, ўпка, жигар ва ҳ.к.). Аммо иссиқлик ажралиши қон томирлари суст ривожланган ва терморегуляция таъсири кам бўлган аъзолар учун жуда зарарлидир. Буларга кўз, бош мия, буйрак, овқат ҳазм қилиш органлари, ўт ва сийдик ҳалталари киради. Кўзнинг нурланиши кўз қорачиғининг хиралашишига (катарактага) олиб келади. Одатда кўз қорачиғининг хиралашиши бирданига ривожланмасдан, нурлангандан кейин бир неча кун ёки бир неча ҳафта кейин пайдо бўлади.

4.2.Электр токи таъсирига тушган кишига биринчи ёрдам кўрсатиш

Электр токи таъсирига тушган кишига тиббиёт ходими келгунга қадар кўрсатиладиган ёрдамни икки қисмга бўлиб қаралади:

1) ток таъсиридан қутқариш ва 2) биринчи ёрдам кўрсатиш.

Ток таъсиридан қутқариш ўз навбатида бир неча хил бўлиши мумкин. Энг осон ва қулай усули бу электр қурилмасининг ўша қисмига келаётган токни ўчиришдир.

Агар бунинг иложи бўлмаса (масалан, ўчириш қурилмаси узоқда бўлса), унда ток кучланиши 1000 В дан кўп бўлмаган электр қурилмаларида электр симларини сопи ёғочли бўлган болталар билан кесиш ёки зарарланган кишининг кийими қуруқ бўлса, унинг кийимидан тортиб ток таъсиридан қутқариб қолиш мумкин. Агар электр токинг кучланиши 1000 В дан ортиқ бўлса, унда диэлектрик қўлқоп ва электр изоляцияси мустаҳкам бўлган электр асбобларидан фойдаланиш керак.

Электр таъсирига тушган кишига биринчи ёрдам кўрсатиш унинг ҳолатига қараб белгиланади. Агар таъсирланиш киши ҳушини йўқотмаган бўлса, унинг тинчлигини таъминлаб, врач келишини кутиш ёки тезда даволаш муассасасига олиб бориш зарур. Агар ток таъсирида ҳушини йўқотган, аммо нафас олишни ва юрак тизими ишлаётган бўлса, уни қуруқ ва қулай жойга ётқизиш, камари ва ёқасини бўшатиш ва соф ҳаво келиниши

таъминлаш зарур. Нашатир спирти ҳидлатиш, юзига сув пуркаш, танасини ва кўлларини ишқалаш яхши натижа беради. Агар жароҳатланган кишининг нафас олиши қийинлашса, қалтираш ҳолати бўлса, аммо юрак уриш ритми нисбатан яхши бўлса, унда бу кишига сунъий нафас олдириш зарур.

Электр хавфсизлигини таъминлаш.

Саноат корхоналарида ўрнатилган ҳар қандай дастгоҳ, ёрдамчи машина-механизмлар, шкафлар, бошқариш пультаи хамда электр двигателлари ва бошқа жиҳозларнинг ҳаммаси, агар уларни ишлатиш учун фойдаланиладиган электр қуввати 42 В дан юқори кучланишга эга бўлса, албатта ерга уланган бўлиши шарт. Бунинг учун ҳар қандай цехларда ерга улаш воситалари қулай, осон ва енгил бажариладиган бўлиши керак. Бу воситалар ерга етарли даражада пухта уланган ёки нолга уланган бўлиши шарт. Бу воситаларда ерга улаш симларини осонгина маҳкамлаш мумкин бўлган винтсимон қурилма ёки қисқич бўлиши керак. Ерга улаш воситалари уланадиган жойлар зангламайдиган, бироқ ток ўтказадиган воситалар билан ишлов берилиши шарт. Ерга улаш воситаларига қотириладиган гайкалар албатта пружинали шайба билан таъминланган бўлиши керак. Ерга улаш воситасига уланишн керак бўлган симларнинг винтлар ёрдамида сиқиб турилиши керак бўлган юзалари ва винт резбасининг катталиги қуйидаги жадвалда келтирилган.

4.2-жадвал

Дастгоҳ ишлатилганда фойдаланиладиган ТОК кучи, А	Ерга улашда фойдаланиладиган винт резбасининг капалиги, мм	Ерга улаш воситасига сиқиб туриш керак бўлган юза, мм
16 гача	М4	12
10 дан 25 гача	М5	14
25 дан 100 гача	М6	16
100 дан 250 гача	М8	20
250 дан 630 гача	М 10	25
630 дан ортиқ	М12	28

Электр ускуналари бажарадиган ишларда, сарфланадиган қувват ва кучланишларидан қатъи назар, қуйидагича ранглардаги муҳофаза қобилигига эга бўлган симлардан фойдаланилади:

Ўзгармас ва ўзгарувчи кучланишдаги электр тармоғидаги симлар қора (қора қўнғир) рангда;

бошқариш, сигнал, ўлчаш учун ёки маҳаллий ёритиш учун фойдаланиладиган ўзгарувчан ток — қизил (тўқсарик, оч қизил) ранг, худди шунинг ўзи доимий ток билан ишласа — кўк (бинафша) рангда; ерга улаш тармоқлари — икки хил рангда — яшил-сарик (асосан яшил). Нолга улашда фойдаланиладиган тармоқлар — ҳаворанг (оқ, кулранг)да.

Сунъий ёритиш нормалари.

Сунъий ёритишнинг санитария нормалари СНиП 11-4-79 билан белгиланган. Бу ҳужжат саноат ва қишлоқ хўжалик корхоналарига тааллуқли бўлиб, ишлаб чиқариш хоналари ва иш бажариш юзаларини, шунингдек турар жой биноларини ёритишнинг талаб этиладиган даражасини белгилайди. Ёритилиш нормалари соҳалараро ва умумий характерга эга. Уларнинг асосида ва ишлаб чиқариш хусусиятларини ҳисобга олиш билан ҳар хил турдаги саноат корхоналари учун соҳа нормалари ишлаб чиқилади.

Санитария нормалари люминисцент ва юқори босимдаги симобли лампалар асосида белгиланади, лекин уларда чўғланма лампалар ишлатиладиган қурилмаларга ҳам талаблар назарда тутилган.

Нормалар ёритилганликнинг талаб қилинган минимал даражаларини кўриш билан ишланадиган иш шароитларига энг кичик объектни фарқлаш, объектнинг контрастлик ва фон даражаси, фоннинг тавсифи (рангсиз, ўртача, қорамтир)га қараб белгиланади. Керакли ёритиш даражаси объект фони қанчалик қорамтир, деталь қанчалик кичкина ва объект контрастлигининг фондан фарқи кам бўлса, ёритилиш даражаси шунчалик юқори бўлади. Биринчи бешта разряд — кўз билан бажариладиган ишнинг энг юқори аниқликдан кам аниқликкача — ҳам комбинацияли (мураккаб), ҳам умумий тизимдаги ёритишдан фойдаланишдан келиб чиқади. Комбинацияли ёритиш

тизимини қўллаганда фақат умумий ёритишга нисбатан талаб этиладиган ёритиш даражаси юқори бўлади. Масалан, энг юқори аниқликда бажариладиган ишда контрастлик кам ва қорамтир фонда комбинацияли ёритиш тизимидан фойдаланганда ёритилганлик даражаси камида 5000 лк, фақат умумий ёритилганлик тизимида эса камида 1500 лк бўлиши керак.

Нормаларда 1-Ув разрядли ишлар учун одатда мураккаб ёритишни қўллаш лозимлиги кўрсатилган. Умумий ёритиш тизимидан фойдаланишга жойлардаги ёритишнинг имконияти бўлмаган ҳоллардагина йўл қўйилади. Бунда умумий ёритиш асосан люминисцент лампалар билан амалга оширилади.

Эвакуация йўллари.

Ҳар бир саноат корхонаси учун мўлжалланган бино лойиҳаланаётганда албатта ёнғин вақтида кишиларни у ердан ўз вақтида чиқариб юбориш имкониятини яратадиган эвакуация йўллари ташкил қилинади. Эвакуация йўллари ҳар қандай саноат корхонаси учун албатта энг камида 2 та бўлиши керак. Ёнғин бўлган тақдирда ишчилар саноат корхонаси хонасидан энг қисқа йўл орқали белгиланган маълум вақт ичида чиқиб кетишлари зарур.

СНиП II-2-80 га асосан саноат корхоналаридан ташқарига чиқиб кетиш йўллари, коридорлари ва қаватлардан тушиш йўллари ҳисоблаб чиқилади.

Эвакуация йўлларининг эни 1 м дан, эшикларнинг эни 0,8, бўйи 2 м дан кам бўлмаслиги керак. Эвакуация йўллари бўлган коридорлар, зинапоялар одамлар сонига қараб ҳисобланади.

Саноат корхоналарини лойиҳалашда одамларни эвакуация қилишга мўлжалланган зинапоялар ва уларни жойлаштириш мўлжалланган катаклар учун маълум тартибда талаблар қўйилади.

Масалан, зинапоя ўрнатилган катакларда тутун тўпланмайдиган бўлиши, яъни тутунни чиқариб юбориш учун ташқи томони очиқ ёки ҳавони чиқариб юборишни таъминловчи техник воситаларга эга бўлиш керак. Ёки зина катаклари ичкари томонда ёнғин чиқиши мумкин бўлган бинодан ажратилган бўлиб, ташқи томондан ёритиладиган бўлиши мумкин. Бутунлай катак билан

тўсилмагаи зинапоялардан ҳам фойдаланиш имконияти бор, бу зинапоялар ташқи очик томонда бўлса, эвакуация имконияни янада ортади. Ҳар хил баландликдаги бинолар учун ёнғинга қарши нарвонлар ўрнатилиши керак.

Эвакуация йўлларининг ҳисоби, шу жойдаги барча ишчиларнинг чиқиб кетиши учун керак бўладиган вақтни белгилаш билан амалга оширилади. Бу СНиП II-2-80 асосида, биноларнинг қандай иш бажаришга ва бино конструкцияларининг ўтга чидамлилигини ҳисобга олган ҳолда, вақт чегаралари аниқланади.

4.3. Хоналарда ишчи ўринларини ташкил этиш

КТ ва ТТ ишлари олиб бориладиган хоналарда ишчи ўринларининг ташкил этилиши СанҚ ва М №001-94 га асосланган ҳолда олиб борилиши керак. Ишчи мебелининг конструкцияси ишчининг бўйи ва гавдасига мос бўлиши лозим. Тез-тез ишлатиб туриладиган меҳнат предметлари ва бошқариш органлари ишчи учун қулай бўлиши керак.

Иш столининг баландлиги 580—760 мм оралиғида сақланиши лозим, агар бунга имкон бўлмаса, столнинг баландлиги 720 мм бўлиши керак; стол устининг энг қулай ишчи ўлчами 1600х900 мм ҳисобланади. Иш столининг тагида баландлиги бўйича 600 мм, эни бўйича 500 мм ва чуқурлиги бўйича 650 мм дан кам бўлмаган оёқ ҳаракати учун эркин бўшлиқ бўлиши керак. Иш столининг устида ҳужжатларни жойлаштиришга махсус жой мўлжалланмоғи керак, кўз билан иш столининг оралиғи, кўздан клавиатурагача бўлган масофадек бўлиши лозим, бу кўришдаги толиқишни анча камайтиради.

Иш стули (кресло) кўтариладиган - буриладиган, ўтириладиган ва суяниладиган қисми баландлиги бўйича созланиши, шунингдек, унинг контрукцияси суянчиқ бурилиш бурчагининг ўзгаришини таъминловчи мослама билан жиҳозланган бўлиши керак. Кресло тирсак қўйгичга эга бўлиши, ҳар бир параметрлари енгил созланиши ва мустақил бўлмоғи лозим.

Ўтириладиган қисм юзасининг баландлиги 400—500 мм оралиғида сақланиши, эни 400 мм, чуқурлиги 380 мм дан кам бўлмаслиги лозим. Унинг горизонтал текисликдаги эгилиши 400 мм Суянчиқнинг қиялик бурчаги

ўтириладиган қисм текислигига нисбатан 90—110° оралиғида ўзгариши керак. Иш стулининг устки қисмидаги қоплама материали кирланишдан осон тозаланиши, ярим юмшоқ, сирпанмайдиган, электролизатцияланмайдиган ва қопламаси ҳаво ўтказувчан бўлиши мақсадга мувофиқ.

Ишчи ўринда оёқ учун таглик инобатга олиниши лозим. Унинг узунлиги 400 мм, эни 350 мм ни ташкил этиши керак. Тагликнинг баландлиги 0—150 мм ва қиялик бурчаги 0—20° оралиғида бўлиши, юзаси тарам-тарам қопламали бўлиши керак.

4.4. Ёнғиннинг келиб чиқиш сабаблари ва унинг олдини олиш

Хўжаликда иситиш печларини қуриш ёки ишлатиш қоидаларининг бузилиши, ишлаб чиқаришда ёки ишлатиш қоидаларининг бузилиши, керосинда ишлайдиган ёритиш ёки қиздириш асбобларини нотўғри ўрнатиш ёки улардан фойдаланиш қоидаларини бузиш, яшин ёки статик электр разрядлар машиналар ва ишлаб чиқариш жиҳозларининг носозлиги ҳамда уларни ишлатиш қоидаларига риоя қилмаслик (ички ёнув двигателларидан чиқадиган учқунлар, электр қурилмаларидаги қисқа туташувчилар ёки уларнинг ерга уланиб қолиши, электр симларида нагрузканинг йул кўйилмайдиган даражада ортиб кетиши, контактларни ёмон бўлган жойларининг қизиб кетиши ва улардан учқун чиқиши, буғ қозонларининг портлаши), қишлоқ хўжалиги маҳсулотларининг ёки ёнилғининг ўз-ўзидан ёниб кетиши ёнғинга сабаб бўлади.

Ёнғиннинг олдини олишда ташкилий ва техникавий тадбирлар қўлланилади. Кўнгилли ўт ўчирувчи дружиналари ёки ёнғиндан муҳофазалаш дружиналари тузиш омма орасида тушинтириш ишлари олиб бориш ташкилий тадбирлар қўлланилади. Кўнгилли ўт ўчирувчи дружиналари тузиш омма орасида тушинтириш ишлари олиб бориш ташкилий тадбирлар жумласига киради. Техникавий тадбирларнинг қўлами кенг бўлиб уларга қуйидагиларни мисол қилиб келтириш мумкин: ёнғин ёки портлаш жихатидан хавфли хоналарга алоҳида конструкцияли электр жиҳозлар ўрнатиш, носоз печлар, машиналар электр жиҳозлардан,

шунингдек, осон алангаланадиган суюқликлар сақланадиган ёки ишлатиладиган жойларда оловдан фойдаланишни тақиқлаб қўйиш, яшин кайтаргичлар ўрнатиш, чиққан ёнғиннинг тарқалишига йўл қўймаслик чораларини кўриш (объектларни ўтга чидамли материаллардан куриш, бинолар орасидаги ёнғинга қарши ораликларга риоя қилиш) , ёнаётган бинолардан одамлар, хайвонлар ва қимматбаҳо хўжалик буюмларини муваффақиятли равишда кўчиришга имкон берадиган чораларини кўриш (керакли микдорда эшиклар, зарур кенгликда коридорлар куриш, уларни тўсиб қўйишни ман этиш), ёнғинни ўчиришни осонлаштирадиган тадбирларни кўриш (ёнғини ўчириш нарвонлари, ёнғинни кузатиш миноралари, сув хавзалари ва биноларга келиш йўллари куриш, ёнғин алоқаси ҳамда сигнализатциясини ўрнатиш).

4.5. Табиий шамоллаштириш хисоби (аэрация)

$$H_1 = 2.9 \text{ м;}$$

$$H_2 = 10 \text{ м;}$$

$$Q_{\text{орт.исс}} = 500000 \text{ ккал/соат;}$$

Аэрацион тешиклар (Фрамуг) ўқи 1 ва 2 пол сатхидан H_1 ва H_2 баландликда жойлашган. Хона ташқарисидаги ҳаво температураси $t_{\text{ташк}} = 22$ °С ҳонадан чиқиб кетаётган ҳавоникки эса $t_{\text{чик}} = 30$ °С, иш зонасида $t_{\text{иш.з}} = 24$ °С. Ташқаридаги ҳавонинг ҳажмий оғирлиги $V_{\text{таш}} = 1.173 \text{ кг/м}^3$ чиқиб кетаётган ҳавоникки эса чиқиб кетаётган $V_{\text{чик}} = 1,141 \text{ кг/м}^3$. Аэрация ёрдамида ортиқча иссиқликни чиқариб ташланади $Q_{\text{орт.иссик}}$.

Очилаётган фрамугларнинг талаб қилинган юзаси аниқлансин, агар улар юзаларининг нисбати $f_1 : f_2 = 1,25$.

Масалани ечиш:

1. Зарурий табиий ҳаво алмашинуви қуйидаги формула ёрдамида аниқланади.

$$L_{\text{кк}} = L_{\text{к.чик}} = \frac{Q_{\text{орт.иссик}}}{0.24 \cdot (t_{\text{чик}} - t_{\text{таш}}) \cdot V_{\text{таш}}} = \frac{500000}{0.24 (30 - 22) \cdot 1.173} = 222009 \text{ .1}$$

L_{KK} ва $L_{\text{К,чик}}$ - ҳаво оқимининг тегишли равишда ҳонага кириб келиши ва чиқиб кетиш катталиклари.

0,24 - Ҳаво иссиқлик сифими ккал/кг °С.

2. Ҳаво чиқариш фрамуглар ўқлари майдон тепалигида жойлашган баландлиги ортиқча босимда қўйидаги формула ёрдамида ҳисобланади.

$$h_2 = \frac{H}{(f_2 / f_1)^2 (V_{\text{чик}} / V_{\text{ташк}}) + 1} = \frac{7.1}{(0.8)^2 \cdot (1.141 / 1.173) + 1} = 4.376$$

H - кировчи ва чиқаруви ўқлар орасидаги масофа

$$H = H_2 - H_1 = 10 - 2.9 = 7.1 \text{ м}$$

3. Ҳаво сфими кириш ва чиқиш фрамуг ўқлари орасидаги масофа

$$h_1 = H - h_2 = 7.1 - 4.376 = 2.724 \text{ м}$$

4. Ҳавонинг цехдаги ўртача температураси:

$$t_{\text{ўрт.тем}} = \frac{t_{\text{иш.з}} + t_{\text{чик.ж}}}{2} = \frac{24 + 30}{2} = 27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

5. Ҳавонинг хажмий оғирлиги $V_{\text{ўртх}} = 1,154 \text{ кг/м}^3$

6. Фрамугларнинг ўқ юзаси ичкидаги ортиқча босимини топамиз

$$P_{\text{орт}} = h_2 (V_{\text{ташк}} - V_{\text{ўртх}}) = 4.376 (1.173 - 1.154) = 0.083 \text{ кг/м}^3$$

7. Юқори фрамугдаги ҳаво ҳаракатининг тезлиги қуйидаги тенглик ёрдамида аниқланади:

$$V_2 = \sqrt{\frac{0.079 \cdot 2 \cdot g}{V_{\text{чик}}}} = \sqrt{\frac{0.079 \cdot 2 \cdot 9.8}{1.141}} = \sqrt{1.357} = 1.164$$

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ эркин тушиш тезлиги,

8. Юқори фрамугларнинг керакли юзаси қуйидаги тенгликдан аниқланади. t

$$L_{\text{хк}} = 0.65 \cdot V_2 \cdot V_{\text{чик}} \cdot 3600 = 0.65 \cdot 1.164 \cdot 1.141 \cdot 3600 = 3107.81$$

$$f_2 = \frac{L_{\text{KK}}}{L_{\text{хк}}} = \frac{222009.1}{3107.81} = 71.4 \text{ м}^2.$$

0,65 - аэрацион фрамуглардан ўтаётган ҳаво ҳаракатидаги маҳалий қаршилиги ва ҳисобга олинган динамик босимининг коэффициентини

9. Пастки фрамуглар юзаси.

$$f_1 = f_2 \cdot 1.25 = 1.25 \cdot 71.4 = 89.3 \text{ м}^2$$

ни ташкил этади.

4.6. Ишлаб чиқариш ҳонасида а-76 бензини тўкилиб кетган, ҳаво ва буғ концентрациясини ва бензинни қанча вақтда буғланиш вақтини аниқлаш.

Берилганлар:

- а) Q - тўкилган бензинни миқдори , л;
- б) $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ - ҳона температураси,
- в) r - бензин кўлмаги радиуси см;
- г) P -ҳонадаги атмосфера босими, 0,1 МПа/760 мм. симоб.уст.
- д) V - ҳонанинг ҳажми, м^3 .

Масалани ечиш

1. Бензинни буғланиш интенсивлигини аниқлаш.

$$m = 4r \cdot Dt \cdot \frac{M \cdot P_{\text{тўйин}}}{V_0 \cdot P_{\text{атм}}} = 4 \cdot 200 \cdot 0.85 \cdot \frac{96 \cdot 0.11}{22.4 \cdot 0.14} = 680 \cdot \frac{10.56}{3.136} = 680 \cdot 3.36 = 2285, \\ \text{г/с}$$

Dt - бензин буғларининг диффузия коэффиценти , $\text{см}^2/\text{с}$

$M= 96$ бензиннинг молекуляр массаси;

Vt - $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ бўлганда бензин буғларининг грамм молекуларлар ҳажми;

$P_{\text{атм}}$ - 0,11 МПа - атмосфера босими

$P_{\text{тўйин}}$ - 0,014 МПа - бензин буғининг тўйинган босими.

2. Бензин буғларининг диффузия коэффиценти, аниқлаш

$$Dt = D_0((t+T)/T) = 0.08((20+273)/273) = 0.85, \text{ см}^2/\text{с};$$

D_0 - $T= 273$, 0,1 МПа босимда ва температураси $t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ булганда бензин буғларининг диффузия коэффиценти

$$D_0 = 0,8 / \sqrt{M} = 0.8 / 9.79 = 0.08, \text{ см}^2/\text{с}$$

3. Температураси $t = 20^\circ\text{C}$ булганда бензин буғларининг грамм молекулалар хажмини аниқлаш.

$$V_t = (V_0(t+T)) / T = (22.4 (20+273)/273) = 22.4 \cdot 1.073 = 24.04, \text{ см}^3$$

$V_0 = 22,4$ л босимда бензин буғларининг $0,1$ МПа грамм молекулалар хажми

4. Бензин буғланишнинг давомийлигини аниқлаш.

$$j = (100Q \cdot 0,73) / (m \cdot 8600) = (100 \cdot 2 \cdot 0.73) / (2285 \cdot 8600) = 0.000008, \text{ соат}$$

0,73 — бензин зичлиги

5. Оғирлик концентрациясини аниқлаш.

$$K_{огир} = (K_{ум} \cdot m \cdot 10) / V_0 = (0.76 \cdot 2285 \cdot 10) / 22.4 = 775.3, \text{ мг/л}$$

Температураси $t = 20^\circ\text{C}$ булганда бензин буғларининг портлашдаги пастки - $K_{ум} = 0,76$ чегара концентрацияси.

V_t - бензин буғларининг грамм - молекуляр хажми, л.

6. Ҳосил булаётган портлаш ҳавфлилиги концентрациясида ҳаво хажмини аниқлаш.

$$V_{нк} = Q / K_{огир} = 2 / 775.3 = 2600, \text{ м}^3$$

Q - тўкилган бензин миқдори, гр

7. Ҳонада портлаш ҳавфи бўлган концентрация ҳосил бўлиши вақтини аниқлаш.

$$j_v = (V \cdot 60) / V_{нк} = (20 \cdot 60) / 2600 = 0.46 \text{ мин.}$$

V - хажмидаги хавонинг портлаш хавфи булган концентрациясининг
вактини аниқлаш. мЗ

9 - Масалани ечиш учун вариантлар

Берил- ганлар	Вариантлар														
	1														
Q , л	2														
r , см	200														
V , м ³	20														

ХУЛОСА

Ўзбекистон ахборот ва телекоммуникацион технологиялари кенг ривожланиб бораётган мамлакатлар қаторига киради. Айниқса кейинги йилларда оптик толали алоқа тизими республика ахборот ва телекоммуникация тизимига кенг жорий қилинмоқда. Оптик толали алоқа тизимининг бошқа тизимларга нисбатан афзаллиги, бу уларда катта ахборот сиғимига эга бўлган оптик диапазондаги сигналларни қўлланилиши билан боғлиқ.

Бугунги кун ахборот ва телекоммуникация тизимларига қўйиладиган асосий катта талаб, алоқа тизимларини юқори ишончликка эга бўлиши ва кўп муддатга хизмат қилишини таъминлашдан иборатдир.

Оптик толали алоқа тизимининг асосий қисмларидан фотоқабул қилиш қурилмалари бўлиб, уларни иш режимларига юқори талаблар қўйилгандир.

Битирув малакавий ишда толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимларини оптималлаштириш масалалари кўриб чиқилди. Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари тахлил қилинди.

Толали оптик алоқа тизимларида қўлланиладиган фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимлари кўриб ўтилди.

Толали оптик алоқа тизимларидаги фотоқабул қилиш қурилмалари ишлаш режимларини оптималлаштириш учун кучайтириш схемалари ишлаб чиқилди ва ҳисобланди.

Меҳнат муҳофазаси масалалари ёритиб берилди.

Фойдаланилган адабиётлар ва манбалар

1. Каримов И.А. «Ўзбекистон XX аср бўсағасида: ҳавфсизликка таҳдид, барқарорлик шартлари ва тараққиёт кафолатлари»-Т.: Ўзбекистон, 1997.
2. Техника оптической связи. Фотоприемники. Перев. с англ./ Под ред. У. Тсанга.-М.: Мир, 1988.-630 с.
- 3.Ландсберг Г.С. Оптика. – М.: Наука, 1976.
- 4.Govind P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, 2nd ed., John Wiley & Sons, New York, 1997.
- 5.Оптик алоқа асослари: ўқув қўлланма/ Г.Х. Миразимова, т.ф.н., доцент Р.И. Исаев масъул мухаррирлиги остида.-ТАТУ, 2006.
- 6.Убайдуллаев Р.Р. Волоконно–оптические сети-М.: Эко– Трендз, 2000.
- 7.Волоконно – оптические системы передачи: учебник для высших учебных заведений / М.М. Бутусов, С.М. Верник, С.Л. Галкин, В.Н. Гомзин, Б.М. Машковцев, К.Н. Щелкунов; Под ред. В.Н. Гомзина.–М.: Радио и связь, 1992.
- 8.Гальярди Р.М., Карп Ш. Оптическая связь: Перевод с английского С.М. Бабия под ред. А.Т. Шереметьева.–М.: Связь, 1978.
- 9.Оптические системы передачи: Учебник для вузов/Б.В. Скворцов, В.И. Иванов, В.В. Крухмалев и др.; Под ред. В.И. Иванова.-М.: Радио и связь, 1994.
- 10.Цифровые и аналоговые системы передачи: Учебник для вузов/ В.И. Иванов, В.Н. Гордиенко, Г.Н. Попов и др.; Под ред. В.И. Иванова.- 2-е изд. –М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
- 11.Фриман Р. Волоконно–оптические системы связи: Перевод с английского под ред. Н.Н. Слепова.–М.: Техносфера, 2003.
- 12.Власов И.И., Птичников М.М. Измерения в цифровых сетях связи. М.: Постмаркет, 2004.
- 13.Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконных сетей связи:-М.: Радио и связь, 2000.

- 14.Васильев В.Н. Волоконно—оптические световоды: учебное пособие, ТУИТ, Ташкент, 2002.
- 15.Вишневецкий А.Г. Телекоммуникационные системы передачи (часть вторая); конспект лекций, ТУИТ, Ташкент, 2004.
16. А.Г. Морозов. Электротехника, электроника и импульсная техника. – М.: Высшая школа, 1987.
17. А.Г, Алексенко, И.И. Шагурин. Микросхемотехника. – М.: Радио и связь, 1990.
18. Д.В. Игумнов, Г.В. Королев, И.С. Громов. Основы микроэлектроники. – М.: Высшая школа, 1991.
19. Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров. Аналоговая и цифровая электроника. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
20. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2001.
21. Ю.Л. Бобровский, С.А. Корнилов, И.А. Кратиров и др.; Под ред. проф. Н.Ф. Федорова. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов.- М.: Радио и связь, 2002.
- 22.Вениаминов В. Н., Лебедев О. Н., Мирошниченко А. И. Микросхемы и их применение: Справ. пособие.-М.: Радио и связь, 1989.-240 с.
- 23.Улиниг Р.Б. Практическое обеспечение надежности радиоэлектронной аппаратуры при конструировании.- М.: Радио и связь, 1985.
- 24.Зингеренко А.М., Баева Н. Н., Тверецкий М. С. Системы многоканальной связи: Учебник для вузов связи. – М.: Связь, 1980. – 440 с.
- 25.Охрана труда на предприятиях связи: Учебник для вузов/Под ред. Баклашова Н. И.- М.: Радио и связь, 1985. - 280 с.
- 26.Лазерная безопасность. Общие требования безопасности при разработке и эксплуатации лазерных изделий. -М.: Издательство стандартов, 1995. -20 с.
- 27.www.podslushivay.org.ua
- 28.www.bez-opasnost.ru
- 29.www.galex.ru

30.www.techportal.ru

31.www.allbest.ru

32.www.rlocman.ru/shem

Фотоприемники и фотоприемные устройства для приема импульсного излучения в спектральном диапазоне 0,3—11 мкм

А. М. Филачев, В. П. Пономаренко, И. И. Таубкин,
И. Д. Бурлаков, К. О. Болтарь, Л. И. Горелик, Н. В. Кравченко,
А. В. Кулыманов, К. М. Куликов, В. Е. Ложников, Ю. П. Шаронов

Государственное унитарное предприятие «НПО «Орион»», Москва, Россия

Приведены основные фотоэлектрические характеристики быстродействующих фотоэлектрических полупроводниковых приемников излучения (ФЭПП) и фотоприемных устройств (ФПУ) на основе фотодиодов GaP, Si, Ge, InGaAsP/InP, а также фотодиодов и фоторезисторов (CdHg)Te для спектрального диапазона длин волн 0,3—11 мкм. Отмечено, что основные фотоэлектрические характеристики соответствуют современному уровню зарубежных аналогов. Представлены результаты исследований ФЭПП и ФПУ на основе фотодиодов и фоторезисторов (CdHg)Te в гетеродинном режиме длин волн 10,6 мкм в полосе частот до 1000 МГц при температуре охлаждения от 80 К. Показано, что для частот до 40 МГц фотодиоды и фоторезисторы имеют близкие пороговые характеристики. Приведены значения гетеродинного порога для фоторезисторов (CdHg)Te при рабочих температурах 200 и 300 К. Даны основные характеристики быстродействующего термоохлаждаемого ФЭПП на основе фоторезистора (CdHg)Te, предложенного для индикации лазерного излучения в спектральном диапазоне 0,8—11 мкм.

Особенность лазерных информационных систем — сверхширокая полоса частот и возможность передачи больших объемов информации. Широкая полоса частот позволяет использовать различные ее участки для работы с разными несущими. Созданы мощные генераторы когерентного излучения, такие как лазеры на двуокиси углерода, твердотельный лазер на иттрий-алюминиевом гранате, инжекционный лазер на арсениде галлия. Разработаны широкополосные модуляторы оптического излучения для всего спектра излучений лазеров.

Один из важнейших узлов любой оптико-электронной системы — фотоприемник. Фотоприемники оптических приемных устройств разделяются на два класса: фотонные и тепловые. Для приема импульсного лазерного излучения наибольший интерес представляют фотонные приемники, использующие в своей работе эффект фотопроводимости и фотовольтаический эффект.

Приведены основные результаты последних разработок и исследований по ФЭПП различных типов и ФПУ, предназначенных для приема лазерного излучения на длинах волн в спектральном диапазоне 0,2—12 мкм.

Фотоприемники прямого детектирования

В приемном устройстве прямого детектирования полезный сигнал и фоновое излучение проходят через оптический полосовой фильтр, а затем попадают на фоточувствительную поверхность фотоприемника.

Шумовой ток фотоприемников, определяющий их чувствительность, можно представить в виде

$$i_{ш}^2 = uq [qh \Phi_{фон} AG^2 + I_T(V) + kT/qR] \Delta f, \quad (1)$$

где:

u — коэффициент, равный 2 для фотодиодов, и 4 — для фоторезисторов;

$\Phi_{\text{фон}}$ — плотность потока фотонов от фонового излучения в спектральной полосе чувствительности фотоприемника;

I_T — темновой ток, зависящий от напряжения;

G — коэффициент фотоэлектрического усиления, для фотодиодов $G = 1$.

Токовая чувствительность фотоприемника имеет вид

$$S_i = \frac{\eta q \lambda}{hc} G,$$

тогда спектральную зависимость удельной обнаружительной способности можно записать в виде

$$D_{\lambda}^* = \frac{\eta \lambda}{hc} \left[u \left(\eta \Phi_{\text{фон}} + \frac{I_T(V)}{q} \frac{1}{G^2 A} + \frac{kT}{q^2} \frac{1}{G^2 R_A} \right) \right]^{-1/2}.$$

Анализ этого выражения показывает, что для получения высокочувствительного фотоприемника необходимо иметь максимально возможное соотношение $G^2 R_A$. В случае фотодиодов реализация этого требования путем увеличения приемной площадки A приводит к увеличению собственной емкости прибора и сужению рабочей полосы частот.

Спектральный диапазон 0,3—0,8 мкм

Фотоприемники на основе широкозонных полупроводниковых материалов фосфида галлия (GaP), арсенида галлия (GaAs) и их тройного соединения ($\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$) дают возможность создания фотоприемных устройств и приборов со спектральной чувствительностью в ультрафиолетовой, видимой и ближней инфракрасной областях спектра [1, 2]. Одним из преимуществ фотоприемников на этих материалах является единая технология их изготовления. Спектральные характеристики относительной чувствительности фотодиодов представлены на рис. 1. Использование в разработанных в ГУП «НПО «Орион»» фотодиодах барьера Шоттки с полупрозрачным металлическим слоем обеспечивает повышенную фоточувствительность к ультрафиолетовому излучению за счет разделения фотогенерированных носителей тока вблизи поверхности полупроводника непосредственно в области поглощения квантов высоких энергий.

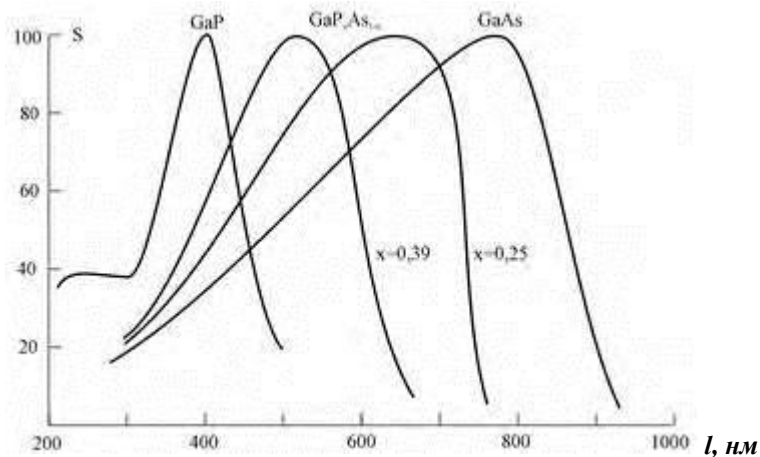


Рис. 1. Спектральная чувствительность GaP, $\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$ и GaAs

В качестве исходного материала берут эпитаксиальные структуры n–p+–типа с нелегированным p–слоем, являющимся активным.

В структурах со слоем $\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$ подложкой является n^+ -слой GaAs. Полупрозрачный металлический слой выполняется из золота ($50\text{—}100\text{ \AA}$). Конструктивно фотоприемники герметизированы в металлические корпуса с входным окном из лейкоапфира либо кварца.

Фотодиоды на основе фосфида галлия обладают высокой стабильностью чувствительности до уровня освещенности $2 \times 10^{-2} \text{ Вт/см}^2$ и способностью работать в широком температурном диапазоне (от -200 до $250\text{ }^\circ\text{C}$). Разработаны одноэлементные фотодиоды с размером фоточувствительного элемента (ФЧЭ) от $100 \times 100 \text{ мкм}^2$ до диаметра 8 мм, многоэлементные линейки, а также быстродействующие фотодиоды с малым размером приемной площадки и пониженной емкостью. Быстродействие таких приборов не хуже 10 нс.

Основные параметры разработанных фотоприемников на основе указанных выше полупроводниковых материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1
Технические характеристики фотоприемников на основе широкозонных полупроводников

Параметры	Материал фоточувствительного элемента		
	GaP	GaAs	$\text{GaP}_x\text{As}_{1-x}$
Спектральный диапазон, нм	200—510	250—900	250—680 (740)
Длина волны максимума чувствительности, нм	430—440	800	550(650)
Токовая чувствительность при Φ_{max} , А/Вт	0,15	0,5	0,22
Монохроматический порог чувствительности при Φ_{max} , $\text{Вт/Гц}^{-1/2}$	2×10^{-14}	$1,5 \times 10^{-14}$	1×10^{-14}
Емкость, пФ	300	40	250
Динамическое			

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ ФОТОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА МНОГОКАНАЛЬНОЙ АНАЛОГОВОЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ

Рассматривается выражение для расчета отношения сигнал/шум в одном канале на выходе фотоприемного устройства (ФПУ) многоканальной аналоговой волоконно-оптической системы передачи (ВОСП) с учетом дополнительных шумов, вносимых лазерным излучателем передающего устройства. По результатам анализа определяются требования к параметрам основных элементов системы и уровню оптической мощности на входе ФПУ.

Как известно, увеличение отношения сигнал/шум является одним из ключевых требований при разработке любого приемного устройства системы связи. Уникальной особенностью оптического канала передачи по сравнению с каналом передачи радиочастотного диапазона является принципиальное ограничение чувствительности приема вследствие содержащихся в принятом оптическом сигнале шумовых флуктуаций, причиной которых является квантовая природа света. Эти флуктуации при оптико-электрическом преобразовании превращаются в дробовой шум в спектре выходного тока фотодиода, который существует даже в случае применения идеального приемника и определяет нижнюю границу мощности приема ФПУ, называемую в литературе пределом по квантовым шумам [1]. Таким образом, на выходе ФПУ реальной ВОСП будут присутствовать дробовые и тепловые шумы. В многоканальной аналоговой ВОСП при идентичных условиях приема уровень дробового шума будет выше, чем в цифровой ВОСП вследствие дополнительного влияния относительного шума интенсивности (RIN) лазера передатчика, который может увеличиваться на несколько порядков при наличии отражений в волоконно-оптическом тракте.

Для ФПУ многоканальной аналоговой ВОСП отношение сигнал/шум в i -том канале выражается в следующем виде [2, 3]:

$$(P_c / P_{ш})_i = \frac{0,5(m_i R_0 P_0)^2}{\left[2q(R_0 P_0 + I_T) + \frac{4k_B T_0 F_{yc}}{\operatorname{Re}(z_{\text{вх}yc})} + R_0^2 P_0^2 \text{RIN} \right] \Delta f} \quad (1)$$

где m_i – глубина модуляции оптического излучения по i -му каналу, R_0 – номинальная чувствительность фотодиода, P_0 – средняя мощность на входе ФПУ, q – элементарный заряд, I_T – темновой ток фотодиода, k_B – постоянная Больцмана, T_0 – абсолютная температура, F_{yc} – коэффициент шума предварительного усилителя ФПУ, $z_{\text{вх}yc}$ – входной импеданс предварительного усилителя, RIN – относительный шум интенсивности лазера, Δf – эффективное значение полосы пропускания ФПУ. В (1) числитель представляет собой квадрат тока передаваемой поднесущей i -го канала, а три слагаемых в квадратных скобках знаменателя – выражение для спектральной плотности квадратов токов основных источников шума аналоговой ВОСП: дробовых шумов вследствие квантовой природы оптического излучения и темнового тока фотодиода, тепловых шумов предварительного усилителя и дробовых шумов вследствие RIN лазера оптического передатчика. С целью сопоставления вкладов основных шумовых компонент в знаменателе (1) был проведен расчет характеристик дробового шума при RIN = -100...-160 дБ/Гц, теплового шума при $F_{yc} = 2$ и 3 дБ, $z_{\text{вх}yc} = 50$ Ом и дробового шума при типичном значении $R_0 = 0,7$ А/Вт и пренебрежении I_T . Из результатов четко следует, что при уровне входной мощности ФПУ более 1 мВт, являющимся типичным режимом работы аналоговых ВОСП иностранного производства с использованием мощных РОС-лазеров, дробовые шумы превышают тепловые даже при RIN = -150 дБ/Гц. С другой стороны, при уровнях входной мощности в пределах 50-150 мкВт в ФПУ можно реализовать так называемый предел по тепловым шумам, когда влияние дробового шума отсутствует, уже при RIN = -140 дБ/Гц, который без труда обеспечивается при использовании в передатчике экономичного лазерного излучателя на основе резонатора Фабри-Перо с изолятором. Другой вывод, который может быть сделан из анализа (1), состоит в том, что в ФПУ аналоговых ВОСП, работающих в режиме преобладания тепловых шумов, для повышения отношения сигнал/шум крайне важно увеличивать чувствительность pin-фотодиода до значений, близких к 1, что можно реализовать введением оптического согласующего элемента.

Список литературы

1. Гауэр Дж. Оптические системы связи. М.: Радио и связь. 1989. С.504.
2. Olshansky R., Lanzisera V.A., Hill P.M. Subcarrier multiplexed lightwave systems for broadband distribution // Journal of Lightwave Technology. 1989. V.7. № 9. P.1329-1342.
3. Шевцов Э.А., Белкин М.Е. Фотоприемные устройства волоконно-оптических систем передачи. М.: Радио и связь. 1992. С.224.