

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар
кафедрасы

Серік Батырхан Нұрланұлы

«Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу».

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы

Орындаған:

Б.Н. Серік

Рецензент:

«СайманКорпорациясы»

ЖШС директоры

Алиев А.

« 30 » 05 2024 ж.

Ғылыми жетекші

Экон.ғыл.кандидаты,

ассоц.профессор

А.Е.Куттыбаева

« 30 » 05 2024 ж.

Алматы 2024

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering мамандығы



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Серік Батырхан Нұрланұлы

Тақырыбы: «Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу».

Университет ректорының «24» желтоқсан 2023ж. №548 П/Ө
бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» мамыр 2024 ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері:

а) ГОСТ Р ISO 11551-2015 Оптика және оптикалық құрылғылар.
Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). EDFA оптикалық күшейткіші. Жұтылу және шашырау кезіндегі өшуліктерді өлшеу әдістемесі.

б) Оптикалық күшейткіштерге арналған телескопиялық жүйелер.
ГОСТ 15114-78.

в) ГОСТ Р ISO 13694-2010 мәтіні Оптика және оптикалық құрылғылар.
Лазерлер және лазерлік қондырғылар (жүйелер). Күшейткіштермен өлшеу әдістері.

Диссертациялық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы.

Талшықты-оптикалық күшейткіштер түрлері.

б) EDFA күшейткіштерімен салыстыру.

в) Романов шашырауы.

г) шашырау кезіндегі күшейту коэффициенті есептеу.

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

W. Yao, J. Liu, N. Chen, J. Zhang, Y. Zhao and D. Shen, "Novel Raman Fiber Lasers Emitting in the U-Band With Combined Volume Bragg Gratings," in IEEE Photonics Journal, vol. 6, no. 6, pp. 1-8, Dec. 2014, Art no. 1502607, doi: 10.1109/JPHOT.2014.2374609.

R. E. Silva, M. Becker, A. Hartung, M. Rothhardt, A. A. P. Pohl and H. Bartelt, "Reflectivity and Bandwidth Modulation of Fiber Bragg Gratings in a Suspended Core Fiber by Tunable Acoustic Waves," in IEEE Photonics Journal, vol. 6, no. 6, pp. 1-8, Dec. 2014, Art no. 7100608, doi: 10.1109/JPHOT.2014.2366161.

P. Zhang et al., "Mechanical Filter-Based Differential Pressure Fiber-Optic Fabry-Perot Infrasound Sensor," in IEEE Photonics Journal, vol. 13, no. 3, pp. 1-10, June 2021, Art no. 6800110, doi: 10.1109/JPHOT.2021.3072847.



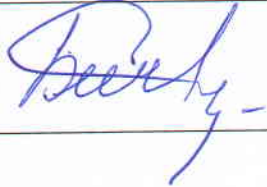
Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Жоғары дәлдікті өлшеулер	1.02.2024 - 21.02.2024	орындалды
Күшейткіштер түрлері	21.02.2024 - 01.03.2024	орындалды
Романов шашырауын өлшеу	01.03.2024 - 14.05.2024	орындалды

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған

Қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Теориялық бөлім	Экон.ғыл.канд., қауымдастырылған профессор Куттыбаева Айнур Ермеккалиевна	31.05.2024	
Негізгі бөлім	Экон.ғыл.канд., қауымдастырылған профессор Куттыбаева Айнур Ермеккалиевна	31.05.2024	
Норма бақылау	Тех.ғыл.магистры, ЭТЖҒТ каф.ассистенті Ақылжан П.Б.	31.05.2024	

Ғылыми жетекшісі  А.Е.Куттыбаева

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  Б.Н.Серік

Күні «31» 05 2024 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жобада талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу қарастырылды. Талшықты-оптикалық күшейткіштердің анықтамасына шолу жасалынды. Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы мен талшықты-оптикалық күшейткіштер түрлерін зерттедім. EDFA күшейткіштерімен салыстырдым. Романов шашырауын қарастырдым. Шашырау кезіндегі күшейту коэффициенті есептедім.

АННОТАЦИЯ

Исследование волоконно-оптических усилителей рассматривалось в дипломном проекте. Сделан обзор определения оптоволоконных усилителей. Изучал высокую точность и чувствительность измерений и типы оптоволоконных усилителей. Я сравнивал с усилителями EDFA. Я рассматривал рассеяние Романова. Я рассчитал коэффициент усиления при рассеянии.

ANNOTATION

The study of fiber optic amplifiers was considered in the thesis project. An overview of the definition of fiber optic amplifiers is given. Studied high accuracy and sensitivity of measurements and types of fiber optic amplifiers. I compared with EDFA amplifiers. I was looking at Romanov scattering. I calculated the scattering gain.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	8
1 Теориялық бөлім	9
1.1 Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы	9
2 Негізгі бөлім	13
2.1 Күшейткіштер түрлері	13
2.2 Романов шашырауын өлшеу	25
2.3 Шашырау кезіндегі күшейту коэффициенті есептеу	29
Қорытынды	34
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	35

КІРІСПЕ

Талшықты-оптикалық күшейткіштер (ОВУ) – оптикалық байланыс жүйелерінде талшықты-оптикалық кабель арқылы өтетін оптикалық сигналды күшейту үшін қолданылатын құрылғылар. Олар интернет және телекоммуникация желілері сияқты деректер желілерінде негізгі рөл атқарады. Талшықты-оптикалық күшейткіштердің жұмыс принципі оптикалық сигналды электрлік сигналға түрлендірусіз және керісінше күшейтуді қамтамасыз ететін ынталандырылған эмиссия құбылысына негізделген. Бұл сигналды электрлік түрге түрлендірусіз күшейтуге мүмкіндік береді, осылайша осындай түрлендірулермен байланысты шу мен бұрмалануды болдырмайды. Талшықты күшейткіштердің бірнеше түрі бар, олардың ең көп таралғаны Ер-қоспаланған талшықты күшейткіштер. Олар ұзақ қашықтыққа арналған талшықты-оптикалық желілерде кеңінен қолданылады, мысалы, ұзақ мерзімді байланыстар мен суасты телекоммуникациялық кабельдер. Сонымен қатар, итербий (Yb), тулий (Tm) сияқты басқа сирек кездесетін элементтерге негізделген күшейткіштер де бар. Талшықты күшейткіштер регенерацияны немесе қайта жіберуді қажет етпей-ақ оптикалық сигналдарды беру диапазонының айтарлықтай ұлғаюын қамтамасыз етеді, бұл оларды қазіргі заманғы оптикалық желілердің негізгі элементіне айналдырады.

1 Теориялық бөлім

1.1 Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы

Талшықты-оптикалық күшейткіштер деректер желілерінде, әсіресе оптикалық байланыс жүйелерінде негізгі рөл атқарады. Талшықты күшейткіштердегі жоғары дәлдік пен сезімталдықты есептеулер сигналдың жоғалуын немесе бұрмалануынсыз ұзақ қашықтыққа деректерді тиімді беруді қамтамасыз ету үшін өте маңызды.

Жоғары дәлдік: Бұл күшейткіштердің бұрмалауды немесе шуды қоспай-ақ жоғары дәлдікпен оптикалық сигналдың қуатын арттыруға қабілетті екенін білдіреді. Күшейтудің дәлдігі оптикалық желі арқылы сигнал сапасын сақтауда маңызды рөл атқарады.

Сезімталдық: Бұл күшейткіштің әлсіз оптикалық сигналдарға жауап беру және олардың қуатын өңдеу мен беру үшін жеткілікті деңгейге дейін арттыру қабілетінің өлшемі. Күшейткіштің сезімталдығы неғұрлым жоғары болса, сигнал ұзақ және тиімді оптикалық желілерді құру үшін маңызды болып табылатын қосымша күшейтусіз оптикалық сызық бойымен әрі қарай жүре алады.

Әдетте, жоғары дәлдік пен сезімталдыққа оңтайлы материалдарды пайдалану, құрылғы параметрлерін дәл баптау және сигналдарды өңдеудің озық әдістерін қолдану арқылы қол жеткізіледі. Талшықты-оптикалық байланыс желілерінің жоғары тиімділігі мен сенімділігін қамтамасыз ету үшін осы саладағы технологиялар үнемі жетілдірілуде.

Менің пікірімше, талшықты-оптикалық күшейткіштер электронды қозу арқылы фотон ағынын арттыруды білдіреді. Бұл құрылғылар қалааралық оптикалық-талшықты байланыс жүйелерінде сигналдарды күшейту үшін қолданылады. Автоматты оптикалық-талшықты зондтау объектілердің өтуін қамтиды. Электротехника және өндірістік процестерді басқару – бұл барлық салалардағы тиімділікті, инновацияны және прогресті арттыруда шешуі рөл атқаратын екі өзара байланысты технология. Электротехника электр энергиясын өндіруге, таратуға және қолдануға бағытталған, ал өндірістік процестерді басқару өнімділік пен сапаны жақсарту үшін өндірістік процестерді оңтайландыруға бағытталған.

Бұл тұрғыда электрлік процестерді басқару жүйелерінің дамуы екі салада да мақсаттарға жетуде маңызды рөл атқарады.

Өнеркәсіптік прогресс саласында электротехника және өндірістік процестерді басқару сияқты маңызды технологиялар аз болды. Бұл салалардың эволюциясы – өнеркәсіптік революцияны ынталандырудан бастап, автоматтандыру мен инновацияның заманауи дәуірін қалыптастыруға дейін трансформациядан басқа ештеңе болған жоқ.

Электротехника мен өндірістік процестерді басқарудың мақсаттары мен маңыздылығы бір-бірімен тығыз байланысты және олардың әрқайсысы заманауи индустрияландыру мен технологиялық прогрестің маңызды негізі болып табылады.

Электротехникалық үрдістерді басқарудың негізі кері байланысты басқару механизмдері болып табылады. Бұл принцип жүйенің шығуын үздіксіз бақылауды және қажетті өнімділікті сақтау үшін кірістерді түзетуді қамтиды. Пропорционалды интегралды туындылар (PID) реттегіштері жүйенің тұрақтылығын сақтау үшін кері байланыс принциптерін қолданудың мысалы болып табылады.

Ашық және контурлы жүйелер арасындағы айырмашылық негізгі болып табылады. Ашық тізбекті жүйелерде кері байланыс механизмдерін қамтиды. Осы конфигурациялар арасындағы қоспаларды түсіну үрдістерді тиімді басқару үшін өте маңызды.

Адаптивті басқару стратегиялары:

Электротехникалық үрдістерді басқару жүйелерінің бейімделуі динамикалық өнеркәсіптік жағдайларда өте маңызды. Адаптивті басқару стратегияларына өзгермелі жағдайларға байланысты өнімділікті оңтайландыру үшін өзін-өзі реттеу механизмдері, оқыту алгоритмдері және болжамды аналитика кіреді.

Талшықты-оптикалық күшейткіштердегі өндірістік үрдістерді басқарудағы алғашқы қадам – нақты мақсаттар ұйымның жалпы міндеттеріне сәйкес келуі керек және тиімділік, қауіпсіздік және тұрақтылық сияқты факторларды ескеруі керек. Мақсаттарды нақты көрсету барлық мүдделі тараптардың өндірістік үрдістердің бағыты мен мақсатын түсінуін қамтамасыз ету үшін өте маңызды.

Күшейткіштердің тиімділік көрсеткіштері (KPI):

Өндірістік үрдістердің сәттілігін бағалау үшін тиімділіктің тиісті көрсеткіштерін және тиімділіктің негізгі көрсеткіштерін белгілеу өте маңызды. Бұл көрсеткіштер белгілі бір мақсаттарға сәйкес келуі керек және үрдістердің тиімділігін бағалау үшін сандық мәліметтерді ұсынуы керек. Тиімділіктің негізгі көрсеткіштерінің тұрақты мониторингі ауытқуларды уақтылы анықтауға және негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Технологияларды біріктіру: Жылдам дамып келе жатқан технологиялық ландшафт электротехникадағы өндірістік үрдістерді басқаруды жақсартуға мүмкіндіктер ашады. Интернет заттар (IT), жасанды интеллект (AI) және деректерді талдау сияқты озық технологияларды біріктіру нақты уақыт режимінде ақпаратты алуға, болжамды қызмет көрсетуге және шешімдерді қолданудың жетілдірілген жүйелеріне мүмкіндік береді.

Талшықты-оптикалық күшейткіштерде және электротехникада автоматты басқару жүйелері мен автоматтандырылған басқару жүйелерін пайдалану өндірістік процестердің тиімділігін, сенімділігі мен қауіпсіздігін арттыруда шешуші рөл атқарады. Бұл жүйелер күнделікті операцияларды автоматтандыруға ғана емес, сонымен қатар күрделі өндірістік циклдарды оңтайландыруға, адам қателіктерін азайтуға, шығындарды азайтуға және өнім сапасын жақсартуға мүмкіндік береді.

Өнімділікті арттыру:

Автоматтандыру ресурстарды тиімдірек пайдалану және операцияларды орындау уақытын қысқарту арқылы өндіріс көлемін арттыруға мүмкіндік береді.

Сапаны жақсарту:

Өндірістің әр кезеңінде сапаны бақылау ақауларды азайтуға және өнімнің жалпы сапасын жақсартуға ықпал етеді.

Ресурстарды үнемдеу:

Автоматтандыру өндіріс процестерін оңтайландыру арқылы энергия мен материалдарды тұтынуды азайтуға көмектеседі.

Заманауи бақылау жүйелері энергияны тұтыну кернеу, ток, жиілік және температура сияқты процестің әртүрлі параметрлері туралы деректерді жинайтын сенсорлар, оптикалық-талшықты сенсорлар мен өлшеу құрылғыларымен жабдықталған. Бұл деректер орталықтандырылған өңдеу жүйесіне жіберіледі, онда олар трендтерді, ақауларды және оңтайландыру мүмкіндіктерін анықтау үшін талданады.

Талшықты-оптикалық байланыс желісінде компьютерлік бағдарламаларды электр процестерін басқаруға біріктіру тиімділік пен бейімделудің жаңа дәуірін бастағанын атап өткен жөн. Технология дамып келе жатқандықтан, компьютерлік бағдарламаларға негізделген электрлік энергиясын басқару жүйелерінің әлеуетін толық ашу үшін мәселелерді шешу және пайда болған мүмкіндіктерді пайдалану өте маңызды. Компьютерлік мониторинг жүйелерін процестерді басқаруға біріктіру операциялық жетілдіруге қол жеткізудегі маңызды кезең болып табылады. Бар қиындықтарға қарамастан, нақты

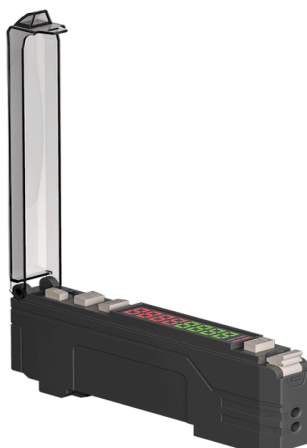
уақыттағы талдау, болжау мүмкіндіктерді және қашықтан қолжетімділік тұрғысынан артықшылықтары бұл жүйелерді тұрақты бәсекелестік артықшылықтарға ұмтылатын салалар үшін ажырамас құрамдас бөліктер ретінде орналастырады.

Өндірістік объектілерді басқарудың өзгеретін ландшафты қарастырады, электрлік процестердің трансформациялық рөлі көрсетілген. Негізгі технологияларды, стратегияларды және жағдайлық зерттеулерді зерттей отырып, электрлік процестер мен заманауи өндіріс орындарының тиімді жұмысы арасындағы симбиотикалық байланыс ашылады.

Оптикалық-талшықты күшейткіштерде автоматтандыру және басқару жүйелерінің интеграциясын зерттей отырып, бұл сегментте электрлік процестердің өндірістік процестерді үздіксіз үйлестіруге қалай ықпал ететіні талқыланады.

Бағдарламаланатын логикалық контроллердің (PLC), таратылған басқару жүйелерінің (DCS) және SCADA жүйелерінің нақты уақыттағы мониторинг пен адаптивті басқарудағы рөліне назар аударылады.

Жетілдірілген технологияларды, оңтайландыру стратегиялары және жағдайлық зерттеулерді зерттеу арқылы дәрісте аппараттық және бағдарламалық жасақтама компоненттері арасындағы симбиотикалық байланыс зерттеледі, электротехникалық процестердің жетілдіруі мен тиімділігіне ықпал етеді.

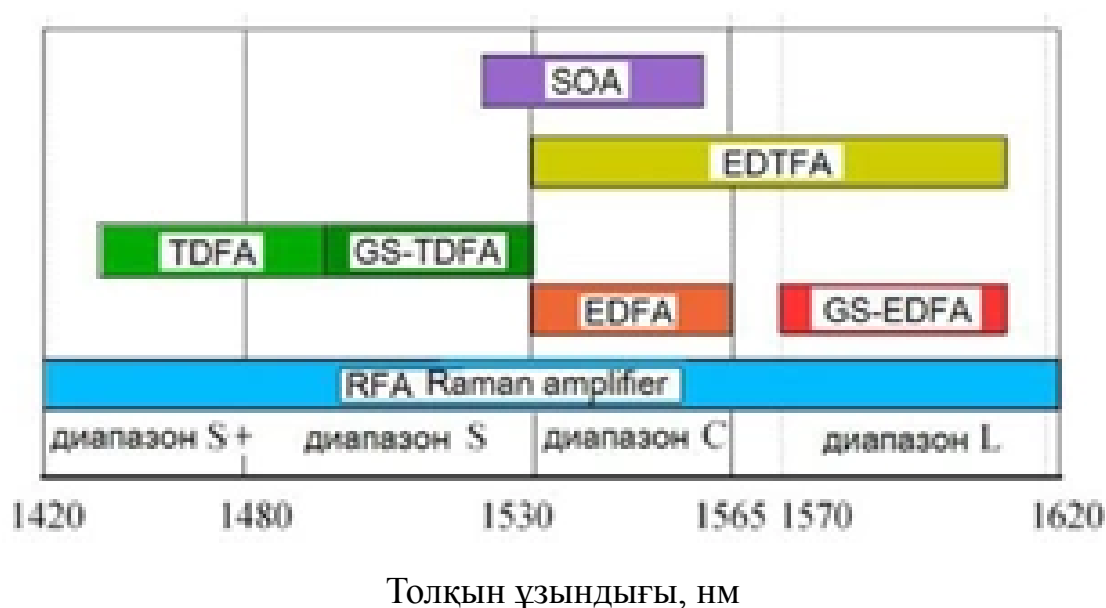


1.1-сурет – KIPRIBOR талшықты-оптикалық күшейткіштің OF65 сериясы

2 Негізгі бөлім

2.1 Күшейткіштер түрлері

Талшықты-оптикалық күшейткіштер оптикалық байланыс желілерінде негізгі рөл атқарады, оптикалық сигналдарды электрлік сигналдарға түрлендіруді қажет етпей күшейтеді. Мұнда талшықты-оптикалық күшейткіштердің бірнеше негізгі түрлері берілген:



2.1-сурет – Оптикалық күшейткіштер түрлері және жұмыс диапазондары

Оптикалық күшейткіштер барлық қашықтық секцияларында және спектрлік арналары бар барлық жұмыс жиіліктерінде қажетті тарату деңгейлерін қолдайтын DWDM тарату жүйелерінің ажырамас құрамдас бөліктері болып табылады.

Оптикалық қуат күшейткіштері конструкцияларымен, жұмыс істеу принциптерімен және сигнал беру сипаттамаларымен ерекшеленеді.

C-Band диапазонында эрбий – Er (EDFA) қосылған қоспа түріндегі талшықты-оптикалық күшейткіштер кеңінен қолданылады. Сонымен қатар, тулий – Tm, теллур – Te және басқа да сирек жер элементтерімен легирленген күшейткіштер бар.

Бұл күшейту ортасы арқылы өтетін сигналдардың оптикалық қуатын арттырудың әртүрлі принциптеріне байланысты. Оптикалық күшейткіштердің негізгі сипаттамалары: өткізу қабілеті немесе күшейту жиілігінің

(толқындарының) диапазоны; пайда және оның біркелкілігі; күшейткішпен енгізілген шу; поляризация сезімталдығы; сызықты емес бұрмалану немесе шамадан тыс жүктеме; энергия тиімділігі көрсеткіштері; бағасы; салмақ және өлшем көрсеткіштері; температураның тұрақтылығы және т.б.

EDFA талшықты-оптикалық күшейткіштері талшықты-оптикалық тарату жүйелерінде кеңінен қолданылады. Бұл олардың бірқатар даусыз артықшылықтарына байланысты:

Конструкцияның қарапайымдылығы;

Жоғары сенімділік;

Бағасы төмен;

Күшейту коэффициенті жоғары;

Шу аздылығы;

Күшейту жолағы кең;

Поляризацияға аз сезімталдығы.

Осыған байланысты EDFAs 1550 нм диапазонында ең көп таралған.

Эрбиум күшейткіш конструкциясының негізі сирек жер материалы Er қоспасы бар ұзындығы 10 м-ден 100 м-ге дейінгі оптикалық талшық болып табылады.

EDFA күшейткішінің жұмыс принципі кәдімгі бір режимді оптикалық талшықтың өзегінде орналасқан сирек жер материалының атомдарын (эрби иондары (Er 3+)) сыртқы айдау арқылы қоздыру әсеріне негізделген. Иондарды айдау үшін сәулелену көзі бар 1480 нм, 980 нм толқын ұзындығы пайдаланылады, сорғы генераторының энергиясының жұтылуына байланысты иондар қозғалады, содан кейін қажетті диапазонда сәуле шығарусыз төмендейді (босансу) метатұрақты деңгейге дейін бұл ретте қоздырылған атомдар белсенді талшықтың бүкіл ұзындығы бойынша ынталандырылған сәулеленуді тудырады.

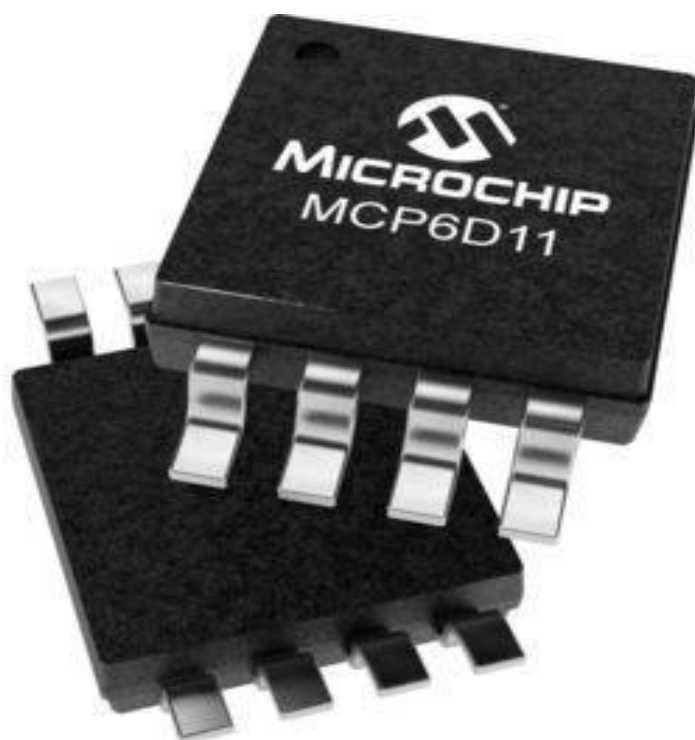
Электрөткізгіштік бойынша жартылайөткізгіштік металдар мен диэлектриктердің арасында жатады.

Атомның электрондары белгілі энергия мәндеріне ие болады немесе белгілі (рұқсат етілген) энергетикалық деңгейлерде орналасады. Оқшауланған атомда энергетикалық деңгейлердің шекті саны бар, әрбір деңгей екі электрондардан артық болмайды.

Төменгі деңгейлердегі электрондар атоммен қатты байланысқан. Электрон орналасқан деңгейдің энергиясы үлкейген сайын байланыс әлсірейді. Электрондардың энергияларын үлкейтетін сыртқы әсерлер жоқ кезде, атом қоздырылмаған жайда болады. Бұл жағдайда барлық төменгі энергетикалық

деңгейлер электрондармен толтырылған, ал жоғары деңгейлер бос. Металдағы заряд тасушылар – электрондар.

Талшықты-оптикалық күшейткіштерге микроэлектроникадағы қуат күшейткіштердің жұмыс принципі жатқызуға болады. Қандай да болмасын күшейткіш қуат күшейткіш болып табылады. Сондықтан да, қуат күшейткіші дегеніміз жүктемеге нақты немесе максималды мүмкін қуатты беретін қуатты күшейткіштер кейде шығу күшейткіштері деп аталады. Бұл күшейткіштер үлкен пайдалы әсер коэффициенті мен жиіліктік, сызықтық емес бұрмалаулардың шектелген деңгейлерінде жұмыс жасауға тиіс. Қуатты шығу каскадтары үлкен сигнал режимінде жұмыс жасайтындықтан, олардың ең маңызды көрсеткіштері болып мыналар аталады: жүктемеге берілетін қуат немесе қуат бойынша күшейту коэффициенті, пайдалы әсер коэффициенті, сонымен қатар күшейтілетін сигналдың сызықтық емес бұрмалауларының деңгейі күшейткіштің пайдалы әсер коэффициенті, сызықтық емес бұрмалауларының деңгейі жұмыс нүктесінің бастапқы орнына өте қатты байланысты болады.



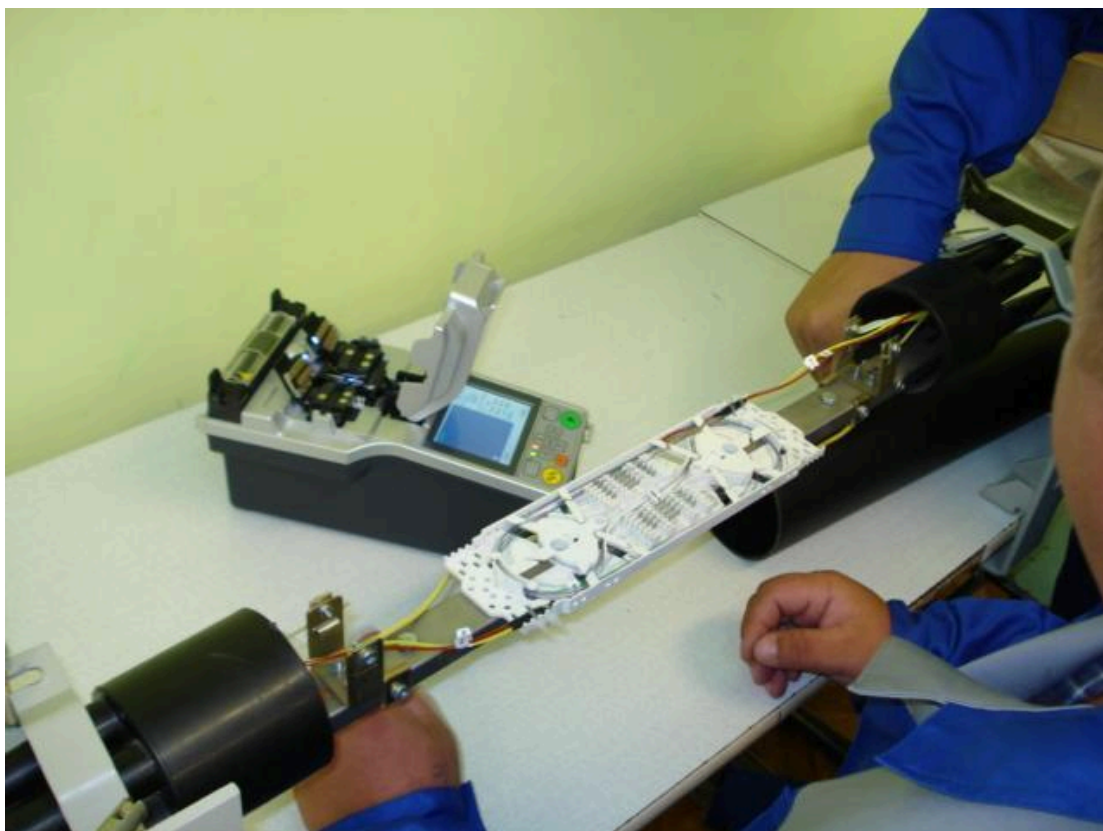
2.2-сурет – Шу деңгейі төмен EDFA күшейткіші

Оптикалық талшықтар ерітілген кварцтан (SiO_2) жасалады. Басқа оптикалық мөлдір диэлектриктерге қарағанда кварцтың маңыздылығы – оптикалық сигналдардың минималды өшулігі. Кейде полимерден жасалған

немесе көпкомпонентті шыныдан жасалған, сол сияқты аралас жүрекшесі шыны немесе кварц жасалған және қабықшасы полимерден жасалған оптикалық талшық қолданылады. Мен тек кварцтан жасалған оптикалық талшықты қарастырдым. Оптикалық талшықты өндіру технологиялық процесі екі этаптан тұрады: дайындаманы жасау және талшықты созу процесері.

Дайындама сыну көрсеткіші профілінен тұратын кварц шыны стержен түрінде болады. Стержень диаметрі 15-20 мм болады, ал ұзындығы 1 немесе бірнеше метрге дейін болады. Бір дайындамадан 125 мкм диаметрлі 50-200 км талшық алуға болады. Дайындаманы жасау кезінде парофазалық тұндыру (парофазное осаждение) әдісі қолданылады. Бұл әдіс соңында SiO_2 және GeO_2 шығатын жоғары сапалы газдық компоненттер (мысалы, SiCl_4 GeCl_4) қышқылдандыру реакциясы негізінде жасалады.

Сыртқы парофазалық тұндыру әдісімен дайындама жасау негізі этаптары бар: горелкаға жанғыш газбен бірге хлорид және таза оттегін береді. Хлорид буы кварцтік шыныдан ұсақ, ұнтақ тәрізді бөлшектер түзе отырып отпен гидролизденеді. Ол ағын горелкада айналып тұратын кіші диаметрлі керамикалық стерженге қарай бағытталады. Шыны бөлшектері стерженде тұнады, қорытындысында цилиндрлік пористі дайындама пайда болады. Газ концентрациясын өзгерте отырып сыну көрсеткішін өзгертуге болады. Процесс аяқталған соң дайындаманы тасымалдаушы стерженнен алып пешке орналастырады, ол жерде дайындама балқиды. Жоғары тарту күші әсерінен дайындама тұтас стерженге айналады.



2.3-сурет – Талшықты-оптикалық кабельді монтаждау

Сыртқы парофазалық тұндыру әдісі жоғары өнімділігімен ерекшеленеді, практикада көбірек қолданылады. Кемшілігі – оттегі иондарының көптігі, ол оптикалық талшықты жоғалтуларға әкеліп соғады.

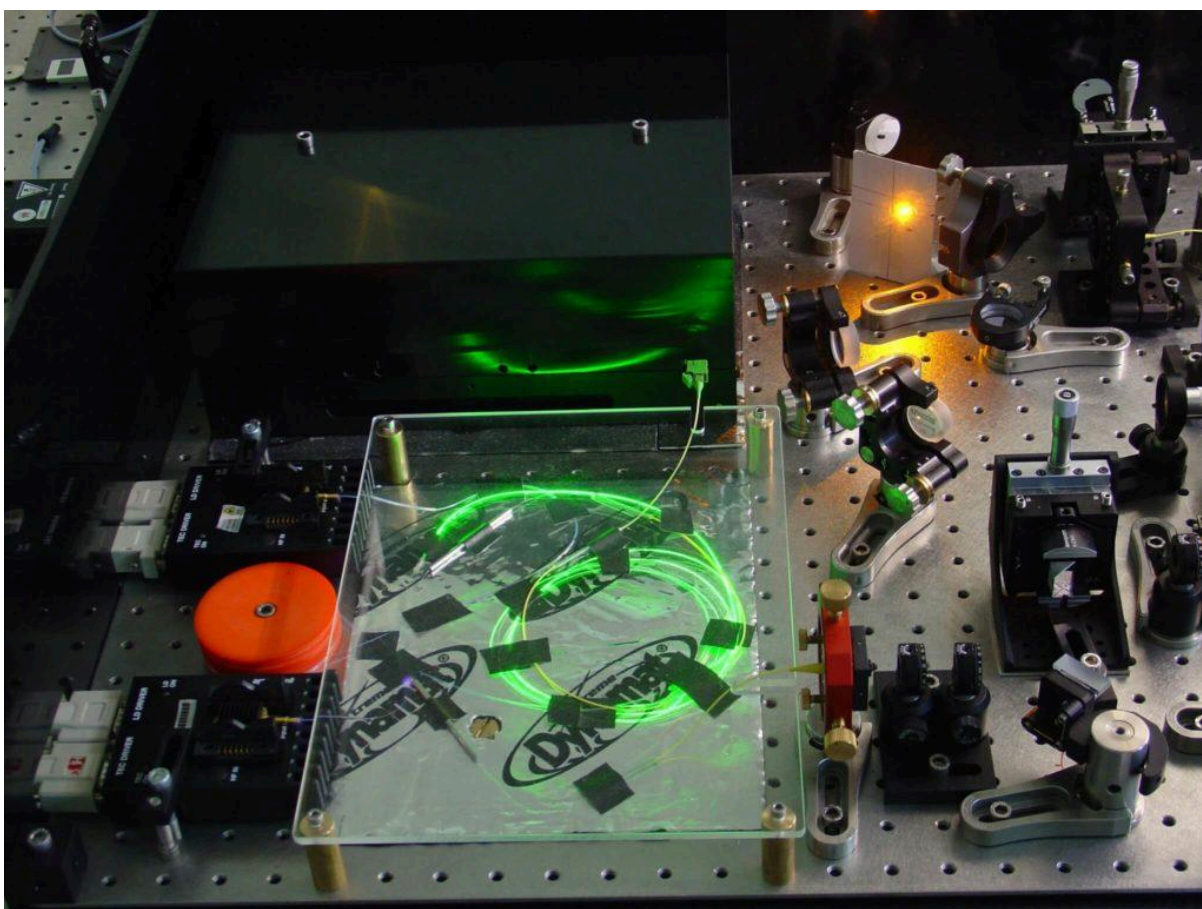
Ішкі парофазалық тұндыру әдісі – кварц трубкасына қажетті газ жіберіледі. Сыртта орналасқан газдық горелка газалық фазада қышқылдандыруға қажетті температураға дейін трубканы қыздырады. Трубка айналып тұрады, ал горелка трубкаға салыстырмалы түрде орын ауыстырады. Қышқылдандыру реакциясы трубка ішінде болады, шыны бөлшектері оның ішінде тұнады.

Содан соң қажетті қалыңдыққа жетіп, парофазалық процесс тоқтайды. Труба сияқты дайындама пеште жұмсақ күйге дейін жылытылады, жоғары тарту күші әсерінен тұтас стерженге айналады. Трубка ішкі жағындағы шыны сырт жағын лаस्ताмайды. Ішкі тұндыру дайындама жасау процесін жайлатады, оның ұзындығын шектейді. Оптикалық талшықтың созу биіктігі 20 м болатын созатын башняда жүргізіледі.

Дайындама арнайы механизм көмегімен индукциондық пешке беріледі, жұмысарту температурасына дейін (2000С-тан жоғары). Оптикалық талшықты

тұрақты диаметр ала отырып башня тірегіне дейін созады. Дайындама созу жылдамдығын есептеп қосады.

Оптикалық талшық жасалған соң алғашқы жабындымен қорғалады. Ол оптикалық талшықты қорғайды, микросызықтардан, судан, механикалық әсерлерден қорғайды. Алғашқы жабындының сыртқы диаметрі 245 ± 10 мкм. Дайындалу процесінде оптикалық талшық беріктілікке тексеріледі. Оптикалық талшық созу күші беріктік шегінен төмендеу болады, бірақ ақауын зерттеп табуға арналған.



2.4-сурет – EDFA күшейткішінің компоненттерін тестілеу

Қазіргі телекоммуникациялық жүйелерде эрбий талшығы негізіндегі оптикалық күшейткіштерді қолданудың екі негізгі бағытын бөлуге болады:

1. DWDM және SDH Long-Haul сияқты кеңейтілген деректерді беру жүйелері;

2. Кабельдік теледидар тарату желілері – CATV.

Мәліметтерді алыс қашықтыққа жіберу жүйелері туралы айтқанда, ең алдымен, DWDM толқын ұзындығын бөлу мультиплексирлеу жүйелері келеді. Олар оптикалық күшейткіштердің барлық түрлерін пайдалана алады, бірақ

негізінен барлық ұзын DWDM желілері қандай да бір түрде нүктеден нүктеге топологияға дейін азаяды, сондықтан EDFA күшейткіштері мен алдын ала күшейткіштері ең танымал. Сызықтық күшейткіштер үш байланыс түйінінен артық күрделі, тармақталған нығыздау жүйелерінде қолданылады.

DWDM жүйелерінен басқа, ұзын SDH желілері EDFA күшейткіштері үшін ағымдағы қолдану аймағы болып табылады. Бүгінгі таңда бұл сегмент SDH жүйелерінің танымал еместігіне байланысты өте тар, бірақ DWDM-де қолданылатын оптикалық күшейткіштердің бірдей түрлері сұранысқа ие. SDH күшейткіштері мен DWDM күшейткіштері арасындағы жалғыз негізгі айырмашылық - күшейту спектрінің ені. SDH Single Lambda EDFA деп аталатындарды (бір сигналды күшейтуге арналған күшейткіштер) пайдаланады, ал DWDM C-диапазондарымен немесе L-диапазонды толқын ұзындығымен жұмыс істеуге арналған кең жолақты күшейткіштерді пайдаланады.

CATV желілерінде қолданылатын оптикалық күшейткіштер принципі бойынша SDH-де қолданылатын күшейткіштерге ұқсас, өйткені олар да бір сигналды күшейтеді. EDFA CATV күшейтуінің спектрлік өткізу қабілеттілігі 1540-1560 нм диапазонында небәрі ≈ 20 нм құрайды, ал DWDM үшін оптикалық күшейткіштер сигналдарды бүкіл C диапазонында (1529-1565 нм) немесе L диапазонында күшейтеді. CATV күшейткіштеріндегі күшейту спектрінің бұл ені жіберілетін CATV сигналының 1550 ± 5 нм спектрін көрсетуіне байланысты. CATV үшін оптикалық күшейткіштер арасындағы тағы бір маңызды айырмашылық 41 дБм жетуі мүмкін шығыс қуаты болып табылады, ал DWDM EDFA 24 дБм шығыс қуатымен шектеледі.

Сондай-ақ, айырмашылықтар ретінде CATV EDFA күшейткіштерінің ерекше архитектурасын атап өтуге болады, олар шығыс портындағы оптикалық бөлгіштерді және кең жолақты WDM сүзгілерін қамтуы мүмкін, бірақ бұл айырмашылық емес, сала үшін қажет модификация ғана.

Оптикалық изолятор - бұл жарықты тек бір бағытта өткізуге мүмкіндік беретін және оны қарсы бағытта блоктайтын құрылғы. Ол магниттік-оптикалық материалдарда болатын Фарадей айналуы деп аталатын құбылысқа негізделген. Әдетте, оптикалық оқшаулағыш магнит өрісінде орналасқан жазық параллель кристалдан тұрады. Кристалдан өткен жарық таралу бағытына байланысты белгілі бір шамада айналады.

Магнит өрісін дұрыс орнату арқылы жарықтың тек бір бағытта таралуын және қарама-қарсы бағытта бітеліп қалуын қамтамасыз етуге болады. Бұл оптикалық оқшаулағыштарды әртүрлі оптикалық жүйелердегі маңызды

құрамдастарға айналдырады, мысалы, лазерлер, оптикалық байланыстар және жарықтың кері шашырауын болдырмау маңызды басқа құрылғылар.

Күшейту толқыны оптика мен лазерлік технологиядағы маңызды ұғым болып табылады, әсіресе лазерде жарық шығаруға қатысты. Бұл сорғы деп те аталады және сәуле шығаруды ынталандыру үшін лазердің белсенді ортасына энергия беруді білдіреді.

Лазерде белсенді орта әдетте жарықты күшейтуге қабілетті материал болып табылады (мысалы, кристал немесе газ). Бұл материалға энергия, мысалы, басқа жарық көзі немесе электр разряды арқылы қолданылғанда, белсенді ортадағы атомдар немесе молекулалар жоғары энергия деңгейлеріне ауыса бастайды. Атомдардың көпшілігі қозған энергетикалық деңгейде болатын бұл күй инверттелген күй деп аталады.

Бөлшектер жоғары энергетикалық деңгейден төменгі деңгейге ауысқанда фотондар шығарады. Содан кейін бұл фотондар басқа қозғалған бөлшектерді бастапқы фотондар сияқты энергия күйі мен фазасы бар фотондарды шығаруға ынталандырады. Нәтиже - күшейтілген және резонаторды құрайтын айналар арқылы лазерден шығатын когерентті жарық.

Күшейту толқындарының сүзгілер жинағы лазер сәулесінен сорғы толқынын сүзу үшін пайдаланылатын оптикалық жүйе құрамдас бөлігі болып табылады.

Көптеген лазерлік жүйелерде сорғы толқынының энергиясының бір бөлігі лазердің белсенді ортасынан өткеннен кейін қалуы мүмкін. Бұл қалаусыз болуы мүмкін, себебі сорғы толқыны артық энергияны тасымалдайды және белсенді ортаны қыздыру немесе фондық шуды арттыру сияқты жағымсыз әсерлерді тудыруы мүмкін.

Күшейту толқындарының сүзгілер жинағы әдетте лазерлік эмиссияға сәйкес келетін белгілі бір толқын ұзындығына ғана мүмкіндік беретін кедергі сүзгілері немесе сорғы толқындарын блоктайтын оптикалық элементтерден тұрады. Осылайша, сорғы толқынының сүзгі банкі спектрден қажетсіз сорғы толқынын жою арқылы лазер шығысының тазалығы мен сапасын қамтамасыз етуге көмектеседі.

Селективті бөлгіш - жарықты белгілі бір оптикалық сипаттамалары бар екі немесе одан да көп сәулелерге бөлу үшін қолданылатын оптикалық құрылғы. Бұл процесс әдетте интерференция немесе дифракция принципіне негізделген.

Селективті бөлгіштер әртүрлі оптикалық жүйелерде, мысалы, интерферометрлерде, спектр анализаторларында, оптикалық қосқыштарда және т.б.

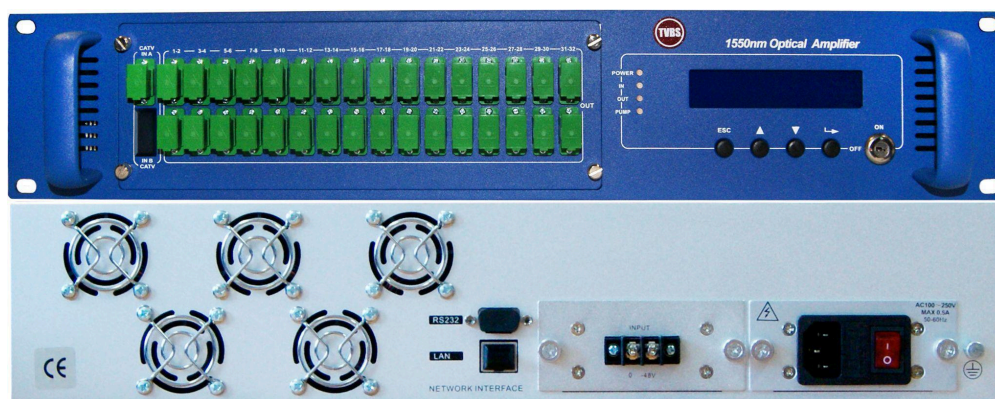
Қолданылуына байланысты олар әртүрлі пішіндер мен конструкцияларға ие болуы мүмкін. Мысалы, интерференция бөлгіші толқын ұзындығына немесе түсу бұрышына байланысты түсетін жарықты шағылысқан және өтетін сәулелерге бөлетін жұқа жабынмен қапталған жалпақ пластинадан тұруы мүмкін.

Таңдамалы бөлгіштер жарықты бірнеше құрамдас бөліктерге бөлу қажет болған жағдайда немесе тек белгілі бір толқын ұзындығын немесе спектрлік құрамдастарды қайта бағыттау қажет болғанда пайдалы болуы мүмкін.

1.Эрбиум қосылған талшықты күшейткіш (EDFA): Бұл талшықты-оптикалық күшейткіштердің ең көп таралған түрлерінің бірі. Олар 1550 нм шамасында аймақта оптикалық сигналдарды күшейту үшін эрбиум иондары бар талшықты пайдаланады, бұл талшықты-оптикалық жүйелердегі оптикалық байланыстар үшін іргелі болып табылады.



2.5-сурет – EDFA WE1550EDFA-1-24 Carrot, 24дБм, SNMP - оптикалық күшейткіші



2.6-сурет – EDFA 32*21дБм - EDFA1550HQ-38 TVBS оптикалық күшейткіші

Эрбий күшейткіштерінің типтері бар. Күшейткіштердің маршрутта орналасуына байланысты оларды үш негізгі түрге бөлуге болады.

Кіріс қуат күшейткіштері (ағылшынша күшейткіштің күшейткіштері) тікелей лазерлік таратқыштардан кейін орнатылады және сигналды қабылдағыштың немесе тарату модулінің лазерлік диодының негізінде қол жеткізу мүмкін емес деңгейге дейін одан әрі күшейтуге арналған.

Сызықтық күшейткіштер оптикалық талшықтағы әлсіреу нәтижесінде немесе оптикалық бөлгіштерде немесе OADM кіріс-шығыс мультиплексорларында бөліну нәтижесінде пайда болатын берілетін сигналдың әлсіреуін өтеу үшін ұзын байланыс желілеріндегі аралық регенерация нүктелеріне орнатылады. Тұтастай алғанда, сызықтық күшейткіштер 2R типті оптоэлектронды қайталағыштар мен регенераторларға балама болып табылады деп айта аламыз, бірақ дәл сигналды қалпына келтіру немесе синхронизацияны қалпына келтіру қажет болмаған жағдайларда ғана.

Алдын ала күшейткіштер (ағылшындық алдын ала күшейткіштің алдын ала күшейткіштері) оптикалық қабылдағыштың немесе демультимплексордың алдында тарату желісінің соңында орнатылған сигналды қабылдағыш анықтау үшін қолайлы мәнге дейін алдын ала күшейту үшін орнатылады.

2.Раман күшейткіштері: Бұл күшейткіштер фотондар талшықтың молекулаларымен әрекеттесіп, жиілігін өзгертетін Раман құбылысын пайдаланады. Раман күшейткіштері әртүрлі толқын ұзындықтарында жұмыс істей алады және EDFA-мен салыстырғанда өткізу қабілеттілігі жоғары.

3.Soliton күшейткіштері: Бұл күшейткіштер оптикалық солитондарды күшейтуге маманданған – оптикалық талшық бойымен қозғалған кезде пішіні мен жылдамдығын сақтай алатын арнайы толқындар. Soliton күшейткіштері деректерді айтарлықтай жоғалтпай ұзақ қашықтыққа жіберу үшін пайдаланылуы мүмкін.

4.Оптикалық алдын ала күшейткіштер: Бұл күшейткіштер әлсіз оптикалық сигналдарды EDFA немесе Раман күшейткіштері сияқты күштірек күшейткіштермен өңдеуге болатын деңгейге дейін күшейту үшін қолданылады. Олар әдетте оптикалық арнаның жолындағы сигнал жоғалуларының орнын толтыру үшін оның басында орналасады.

Күшейткіштердің осы түрлерінің әрқайсысының беру диапазонының талаптарына, өткізу қабілетіне және басқа факторларға байланысты әртүрлі оптикалық байланыс қолданбаларында қолдануға болатын өзіндік ерекшеліктері мен артықшылықтары бар.

Талшықты-оптикалық күшейткіштердің жұмыс жасау негізі ретінде екі әдіс қолданады.

Ауытқу бойынша әдіс. Басқарушы әсер басқарылатын шаманың кірістегі мәнінен ауытқу бойынша қалыптасады. Артықшылықтары: Жүйе ауытқудың не себепті пайда болғанын тәуелді емес, тек ауытқу мәніне ғана негізделіп жұмыс жасайды; Бұл жүйеде элементтердің сипаттамасын тұрақтылығына қатаң талаптар қойылмайды. Кемшілігі: Инерциялы жоғары объектілерге қолданған тиімсіз.

Кері әсер бойынша әдіс. Жүйе инвариантты, яғни бақыланатын шаманың ауытқуына тәуелсіз. Артықшылықтары: Жүйе жылдам әсер етеді. Кемшіліктері: Теңгеруші құрылғы кері әсерлердің тек өрлеуіне ғана негізделіп жұмыс жасайды; Басқару әсері кері әсердің арасындағы байланыс күрделі болуы мүмкін.

Оптикалық-талшық қазіргі уақытта біршама қашықтыққа үлкен ақпарат ағындарын таратудың ең жетілдірілген физикалық ортасы болып табылады.

Талшықты-оптикалық күшейткіштер сыртқы электромагниттік әсерге төзімі, көпталшықты оптикалық талшықтарда электр кабельдеріндегідей өзара бөгеуіл болмайды. Оптикалық талшықтық кабельдердің көлемі және салмағы төмен. Арзан материалдардан жасалынады. Кварцтық оптикалық-талшық бағасы мыс кабельдердің жарты бағасына дәлме дәл келеді. Заманауи оптикалық-талшықты жүйенің кемшілігі – интерфейстік және монтаждық дәнекерлеу құрылғыларының жоғары құндылығы.

Физикалық ерекшеліктері:

Шыныталшық кең жолақты, яғни жоғары тасушы жиілігі 10^{14} Гц. Бұл оптикалық тарату жолымен 10^{12} бит/с жылдамдықты ақпарат таратуға мүмкіндік береді. Басқа сөзбен айтқанда, біруақытта 10 миллион телефондық сөйлесулер мен миллиондаған бейнесигналдарды жіберуге болады. Оптикалық талшықта екі түрлі ортогональды поляризациялы жарық сигналын таратуға болады, ол оптикалық байланыс арнасының өткізу жолағын екі еселейді. Бүгінгі таңда ақпарат таратудың тығыздылығы шегі жоқ.

Шыныталшық өшулігі аз. Ресей талшықтарының жақсы үлгілерінің өшулігі 1,55 мкм толқын ұзындығында 0,22 дБ/км, 100 км байланыс жолында сигналды регенерациялауды қажет етпейді. Салыстыру үшін мысал келтіретін, Sumitomo талшығы 1,55 мкм толқын ұзындығында 154 дБ/км өшулікте болады. АҚШ оптикалық лабораториясында одан да мөлдір 2,5 мкм толқын ұзындығында 0,02 дБ/км өшулігі бар фторцирконатты оптикалық талшықтар ойластыруда. Лабораториялық зерттеулер көрсеткендей, мұндай талшық негізінде регенерациялық учаскесі 4600 км аралықта болатын 1Гбит/с тарату жылдамдығымен ақпарат таратуға болады.

Техникалық ерекшеліктері:

Талшық кварцтан жасалады, құрамында кремний екіқышқылы (диоксид кремния), қымбат емес материал; Оптикалық талшық жеңіл және ыңғайлы, кабельдік техникада болашағы зор; Шыны талшық металл емес, сондықтан байланыс жүйесінде сегменттер гальваникалық ажыратылады. Берік пластик қолдана отырып, кабельдік зауыттарда аспалы кабель жасалынады, металы жоқ, сондықтан олар қауіпсіз болып табылады. Ондай кабельдерді дәнекерлеуге болады, мысалы желі опораларында, өзен, сулар, басқа да тосқауылдарда ауысым жасауда жабдықтарды экономдауға болады.

Оптикалық талшықтық байланыс жүйелері электромагниттік өрістерге тұрақты болады. Оптикалық талшықтың маңызды қасиеті ұзақ шыдамдылығы, талшық 25 жыл уақытқа дейін салынады. Ол бір рет салынады, қажет болған жағдайда арна өткізу жолағын таратқыш пен қабылдағышты ауыстыру арқылы кеңейтуге болады.

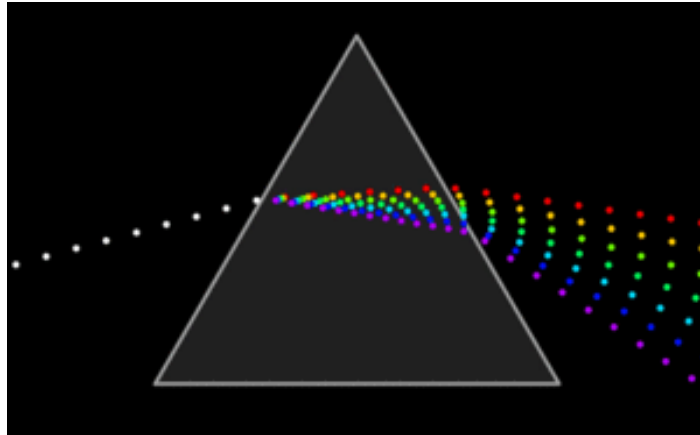
Байланыс арнасының тиімділігі қажетті арна санына тәуелді болады. Арна саны өскен сайын 1 арна километр байланыс жолы бағасы қымбаттай бастайды. Ең арзан байланыс – оптикалық-талшық, одан кейін коаксиалдық кабель (КК), ең жоғары бағалы байланыс әуе желілері (ВЛ).

Байланыс желісін құруда жоғары сенімділікті активті элементтер талап етіледі, олар электрлік сигналдарды оптикалық сигналға, және керісінше ауыстыруға көмектеседі, олардың бағасы өте жоғары. Оптикалық талшықты монтаждау үшін қымбат технологиялық құрал-жабдықтар қажет. Авария (үзілу) жағдайында оптикалық кабельді қалпына келтіру қымбатқа түседі.

2.2 Романов шашырауын өлшеу

Талшықты-оптикалық зондтау лазер сәулесінің үзілуі немесе шағылысуы арқылы жүзеге асырылады. Әдетте, әрбір құрылғыда қуат мен сигналды анықтауға арналған екі оптикалық және электрлік қосылымдар болады. Сезімталдық реттеледі және құрылғы бұрынғы тәжірибе негізінде өзін-өзі реттей алады.

Раман спектроскопиясы немесе Раман спектроскопиясы — қатты денелердегі молекулалардың тербеліс режимдерін және тербеліс режимдерін анықтау үшін қолданылатын спектроскопиялық зерттеу әдісі, ол сонымен қатар жүйелердің айналмалы және басқа да төмен жиілікті режимдерін анықтауға қызмет етеді.



2.7-сурет – Спектроскопия үлгісі

Раман спектроскопиясы әдетте химияда молекулаларды анықтау үшін қолданылатын құрылымдық «саусақ іздерін» қамтамасыз ету үшін қолданылады.

Раман эффектінің шамасы молекуладағы электрон бұлттарының поляризациялануымен корреляцияланады. Бұл фотон үлгіні қоздыратын, яғни фотон шығарылғанға дейін аз уақытқа молекуланы виртуалды энергия күйіне келтіретін серпімсіз жарық шашырауының бір түрі. Серпімсіз шашырау дегеніміз, шығарылатын фотонның энергиясы түскен фотонның энергиясынан не төмен, не жоғары. Шашырау оқиғасынан кейін молекула басқа айналу немесе тербеліс күйінде болады.

Рамандық ығысулар әдетте ұзындықтың кері өлшемі бар толқын сандарында көрсетіледі, өйткені бұл мән энергияға тікелей байланысты. Раман спектріндегі спектрлік толқын ұзындығы мен ығысу толқын сандарын түрлендіру үшін келесі формуланы қолдануға болады:

$$\Delta\tilde{\nu} = \left(\frac{1}{\lambda_0} - \frac{1}{\lambda_1} \right) \quad (2.1)$$

мұндағы $\Delta\tilde{\nu}$ – толқын санында көрсетілген Раман ығысуы, λ_0 – қозу толқынының ұзындығы, λ_1 – Раман спектрінің толқын ұзындығы. Раман спектрлерінде толқын санын өрнектеу үшін таңдалған ең көп тараған бірлік – реципрокты сантиметр (см⁻¹). Толқын ұзындығы көбінесе нанометрмен (нм) көрсетілгендіктен, жоғарыдағы формуланы осы бірліктер үшін нақты түрде қайта жазуға болады.

$$\Delta\tilde{\nu} = (cm^{-1}) = \left(\frac{1}{\lambda_0(nm)} - \frac{1}{\lambda_1(nm)} \right) * \frac{(10^7 nm)}{(cm)} \quad (2.2)$$

Раманның шашырауы (немесе Раман эффектісі) – жарықтың затпен әрекеттесуі кезінде пайда болатын оптика мен спектроскопиядағы құбылыс. Монохроматикалық жарық (мысалы, лазерден) үлгіге түскенде, бұл жарықтың бір бөлігі жиіліктің өзгеруімен шашыраңқы болады. Жиіліктің бұл өзгеруі фотондардың заттың байланысқан молекулаларымен әрекеттесуі нәтижесінде олардың энергиясын, демек, жарық жиілігін өзгертеді. Түскен және шашыраған жарық арасындағы жиіліктің айырмашылығы Раман ығысуы деп аталады.

Раман эффектісі әдетте заттың құрамы мен құрылымын талдау үшін қолданылады, өйткені шашыраңқы жарық спектрлері үлгідегі молекулалардың түрлері мен саны, сондай-ақ химиялық байланыстар және қоршаған орта туралы ақпаратты қамтуы мүмкін. Бұл әдісті химия, физика, биология және басқа ғылымдарда пайдалы құралға айналдырады.

Раманның шашырауын есептеу бірнеше аспектілерді қамтиды, соның ішінде үлгімен жарықтың өзара әрекеттесуін қарастыру және осы әрекеттесу салдарынан жиілік ығысуын есептеу. Мұнда процеске жалпы шолу:

1. Жарықтың үлгімен әрекеттесуі: Біріншіден, монохроматикалық жарықтың үлгі молекулаларымен әрекеттесуі анықталады. Бұл жарық әсерінен молекулалардың поляризациялануының өзгеруін қарастыруды және молекулалық тербелістерден туындаған энергияның өзгеруін есептеуді қамтиды;

2. Молекулалар энергиясының өзгеруі: Жарықтың молекулалармен әрекеттесуі олардың энергиясының өзгеруіне әкеледі, бұл өз кезегінде шашыраңқы жарық жиілігінің өзгеруіне әкеледі. Жиіліктегі бұл өзгеріс Раман ауысымы ретінде өлшенеді;

3. Раман ауысымын есептеу: Раман ауысымы түскен жарық жиілігі мен шашыраңқы жарық жиілігі арасындағы айырмашылық ретінде есептеледі;

4. Спектрлік талдау: шашыраңқы жарық Раманның ауысу жиілігін анықтау үшін спектроскопияның көмегімен талданады. Бұл деректерді үлгінің құрамын, құрылымын және химиялық қасиеттерін талдау үшін пайдалануға болады;

Нәтижелерді интерпретациялау: Алынған спектрлер үлгінің сипаттамаларын, мысалы, молекулалардың түрлері, олардың концентрациясы және құрылымын түсіндіру үшін қолданылады.

Бұл Раман шашырауын есептеу және түсіндірудің жалпы процесі. Шындығында бұл процесс күрделі болуы мүмкін және деректердегі ауытқулар

мен шуды есепке алу, спектрлік сызықтықты түзету және басқа аспектілер сияқты қосымша қадамдарды қамтуы мүмкін.

Рамандық шашырау материалдардың құрылымы, құрамы және физикалық қасиеттері туралы ақпарат беру мүмкіндігіне байланысты ғылым мен техниканың әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Міне, Раман шашырауы қолданылатын бірнеше салалар:

Химия: Раманның шашырауы - молекулаларды анықтауға және химиялық байланыстарды талдауға арналған қуатты құрал. Ол органикалық және бейорганикалық қосылыстардың құрамы мен құрылымын анықтау үшін, соның ішінде биологиялық үлгілерді, полимерлерді, катализаторларды және фармацевтикалық препараттарды талдау үшін қолданылады.

Материалтану: Материалтануда Раман шашырауы материалдардың кристалдық құрылымын, ақауларын, кернеулерін және құрамын зерттеу үшін қолданылады. Бұл жартылай өткізгіштердің, наноматериалдардың, шынылардың, керамиканың және басқа материалдардың қасиеттерін зерттеуге мүмкіндік береді.

Биология және медицина: Раманның шашырауын тіндер, жасушалар, ДНҚ және ақуыздар сияқты биологиялық үлгілерді зерттеу үшін пайдалануға болады. Бұл биологиялық объектілердің құрылымы мен құрамын талдауға, сондай-ақ аурулардың биомаркерлерін анықтауға мүмкіндік береді.

Фармацевтикалық препараттар: Фармацевтикада Раман шашырауы дәрілік заттардың құрамын талдау, өнім сапасын бақылау және фармацевтикалық қосылыстардың құрылымын зерттеу үшін қолданылады.



2.8-сурет – Комбинациялық шашырауға арналған спектрометр

Нанотехнология: Нанотехнология саласында Раман шашырауы наноматериалдарды, нанобөлшектерді және нанокұрылымдарды зерттеу және наноматериалдардың синтезі мен өсу процестерін бақылау үшін қолданылады.

Қауіпсіздік және криминалистика: Раманның шашырауын заттарды анықтау және олардың концентрациясын анықтау үшін қолдануға болады, бұл оны қауіпсіздік және сот сараптамасы салаларында, соның ішінде есірткіні, жарылғыш заттарды және улы заттарды анықтауда пайдалы құрал етеді.

Бұл Раман шашырауы қолданылатын аймақтардың бірнеше мысалдары ғана. Оның инвазивті емес, молекулалық талдау қабілеті оны көптеген ғылыми және инженерлік пәндерде маңызды құрал етеді.

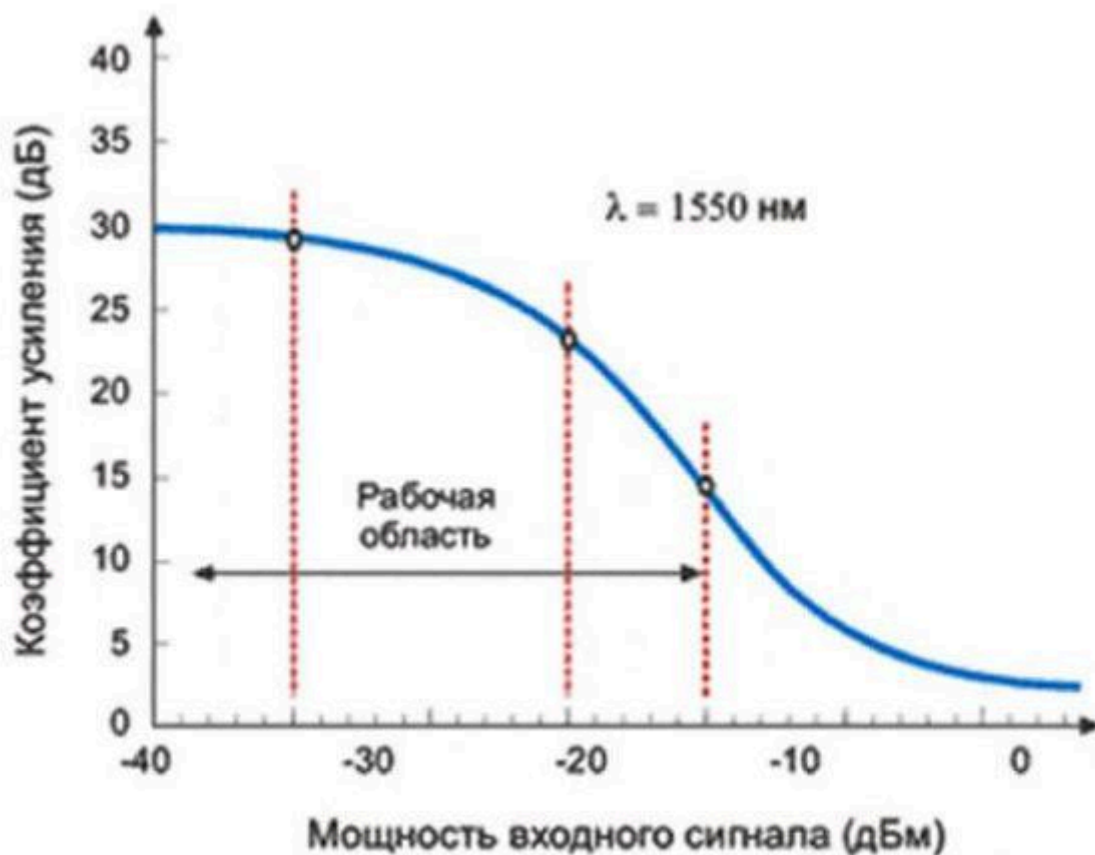
2.3 Шашырау кезіндегі күшейту коэффициенті есептеу

Күшейткіш кіріс сигналының толқын ұзындығы мен қуатына байланысты экспоненциалды функция болып табылады. Формула арқылы есептеледі:

$$G = P_{Sout}/P_{Sin}, g = P_{Sout} - P_{Sin} \quad (2.3)$$

Мұндағы P_{Sout} және P_{Sin} күшейткіштің кірісі мен шығысындағы (пайдалы) сигналдардың қуаттары болып табылады. Толқын ұзындығына тәуелділік легирленген эрбий атомдарының энергетикалық деңгейлерінің пішінімен, олардың концентрациясымен, таралуымен, сорғы лазерінің толқын ұзындығымен және көптеген басқа параметрлермен анықталады.

1550 нм толқын ұзындығы үшін күшейтудің кіріс сигналының қуатына тәуелділігі төмендегі графикте көрсетілген:



2.9-сурет – 1550 нм толқын ұзындығы үшін күшейтудің кіріс сигналының қуатына тәуелділігі

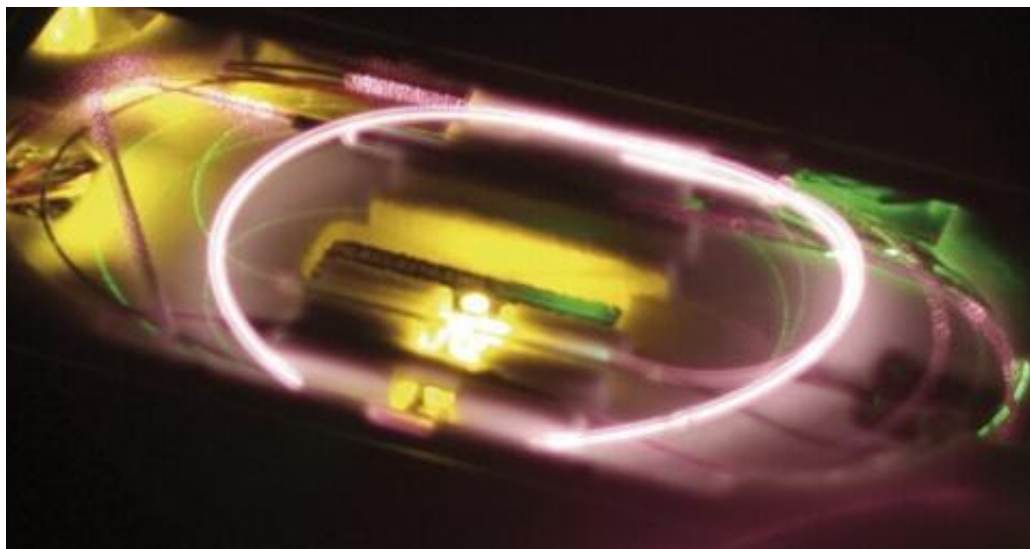
Динамикалық диапазон (SNR) күшейту тұрақты болып қалатын оптикалық сигналдың кіріс қуатының ауқымы ретінде анықталады. SNR басқа маңызды параметрге қатысты - шу көрсеткіші.

Эрбия қоспасы бар талшықты күшейткіштегі шудың негізгі көзі - өздігінен шығу. Бұл өздігінен шығарылатын сәуле күшейткіштің бүкіл ұзындығы бойынша күшейтіліп, қайта сіңіріледі. Оптикалық күшейткіштің сапасын сипаттау үшін шу саны деп аталатын параметр қолданылады. Шу көрсеткіші – кіріс когерентті сигналдың оптикалық күшейткіш арқылы өту кезіндегі сигнал-шуыл қатынасының нашарлауының өлшемі. Формула арқылы есептеледі:

$$NF = \frac{P_{Sin}}{P_{Nin}} / \frac{P_{Sout}}{P_{Nout}} = OSNR_{in} / OSNR_{out} \quad (2.4)$$

мұндағы OSNRin кірістегі сигналдың шуылға қатынасы болса, OSNRout шығысындағы сигналдың шуылға қатынасы болып табылады.

1480 нм толқын ұзындығындағы сорғыны пайдаланған кездегі шу деңгейі 980 нм толқын ұзындығында сорғыны пайдаланғандағыдан жоғары.



2.10-сурет – Күшейткіш блогының жұмыс жасағандағы күйі

ОКК-50(жүрекше диаметрі)- 125 (қабықша диаметрі) 01-4 оптикалық кабеліндегі сыртқы қабаттың сыну коэффициенті $n_2=1.590$ болсын, сыну көрсеткіштерінің өзгерісі $\Delta=0.02$ мәніндегі модалар санын анықтаңыз. Жүрекше диаметрі OT шегінде модалар саны қанша болады?

Бастапқы мәліметтер 2.3-кестеде келтірілген:

- жарық өткізгіш өзегінің диаметрі $2a$, мкм;
- жарық өткізгіш қабығының диаметрі $2B$, мкм;
- өзектің сыну көрсеткіші;
- қабықтың сыну көрсеткіші;
- толқын ұзындығы, мкм;
- жобаланған учаскенің ұзындығы

Кесте 2.3 – Есептің берілгені

Кабель маркасы	n_2	$\Delta =$	Толқын ұзындығы λ , мкм	Табу керек $N_1, N_2, N_3, \Delta N, n_1$
ОКК-50-125-0 1-4	1,490	0,01	1,3	

Шығарылуы:

Кабельде қолданылатын конструктивті параметрлердің оптикалық талшығын анықтау қажет. ОКК-50/125-01-4 типті кабельде шағылу қабықшасының диаметрі 125 ± 3 мкм және жүрекше диаметрі 50 ± 3 мкм градиентті оптикалық талшық қолданылады. Сигналдардың таралуы $\lambda = 1,3$ мкм толқын ұзындығында жүзеге асады.

Басында сыну коэффициентінің мәнін анықтаймыз n_1 . Ол үшін мына формуланы қолданамыз:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \quad (2.5)$$

$$n_1 = \sqrt{\frac{n_2^2}{1 - 2\Delta}} = \sqrt{\frac{1.490^2}{1 - 2 \cdot 0.01}} = 1,505$$

ОКК-50-01-4 типті оптикалық кабельдегі оптикалық талшықта таралатын модалар санын мына формула арқылы анықтаймыз:

$$N_1 = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{3.14 \cdot 25}{1.3} \sqrt{1.505^2 - 1.490^2} \right)^2 = 328$$

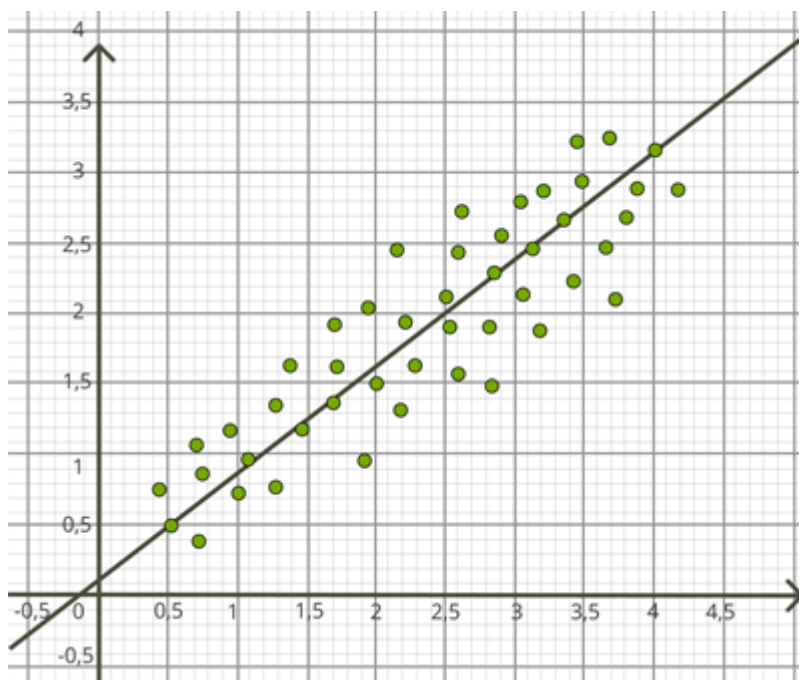
Жүрекше диаметрі 0В шегінде модалар саны өзгересін анықтаймыз. Жүрекше диаметрі 50 ± 3 мкм аралығында өзгере алады. Сондықтан модалар санының минималды саны мынаған тең:

$$N_1 = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{3.14 \cdot (25 - 1.5)}{1.3} \sqrt{1.505^2 - 1.490^2} \right)^2 = 290$$

Модадар санының максималды саны мынаған тең:

$$N_1 = \left(\frac{\pi a}{\lambda} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \right)^2 = \left(\frac{3.14 \cdot (25+1.5)}{1.3} \sqrt{1.505^2 - 1.490^2} \right)^2 = 368$$

Нәтижесінде модалар саны $\Delta N=78$ -ге өзгереді.



2.11-сурет – Шашырау диаграммасы

ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыс жасау кезінде мына талаптар орындалды:

- 1.Өлшеулердің жоғары дәлдігі мен сезімталдығы;
- 2.Талшықты-оптикалық күшейткіштер түрлері;
- 3.EDFA күшейткіштерімен салыстыру;
- 4.Романов шашырауы;
- 5.Шашырау кезіндегі күшейту коэффициенті есептеу.

Жасалынған жұмыстың нәтижесіне қарап, техникалық, есептеу пунктері толығымен орындалды деп есептеуге болады.

Зерттеуде эрбиум элементі бар талшықты оптиклық күшейткіш негізі алынды. Оптикалық талшықты байланыста сигнал тұрақты аралықпен күшейтіледі.

Есеп бөлімінде EDFA күшейткіші арқылы сигналдың сыну көрсеткіші және шашырау коэффициенті есептелінді.

Талшықты оптикалық күшейткіштердің телекоммуникация, ғаламтор желілерінде маңызды рөл атқаратынына дәлел жеткізілді.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Алексеев Е.Б. Оптические сети доступа. Учебное пособие - М: ИПК при МТУ СИ, . - 140 с.2005 г
- 2 Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: ЭКО-ТРЕНДЗ, 1998. – 246 с.
- 3 RÉSEAU OPTIQUE PASSIF (PON) - <https://www.isatel.ch/fr/solutions/reseau-optique-passif#g-pon>
- 4 Голубицкая Е.А., Жигульская Г.М. Экономика связи,- М: Радио и связь 2000.
- 5 Денисьева О. М., Мирошников Д.Г. - Средства связи для последней мили. - М: Эко-Трендз - НТЦ Натэкс, 2000
- 6 Réseau optique passif (PON) - <https://www.viavisolutions.com/fr-fr/reseau-optique-passif-pon>
- 7 OLT, ONU/ONT и ODN: компоненты сети GPON -<https://community.fs.com/ru/blog/abc-of-pon-understanding-olt-onu-ont-and-odn.html>
- 8 Passive Optical Networks by MARVIN CHRISTY THANDU - https://www.academia.edu/44539964/Passive_Optical_Networks
- 9 Оптоволокно <http://www.myshared.ru/slide/1317997/>
- 10 Гигабитные пассивные оптические сети с расширенной зоной досягаемости - А.Д.Тусупов, Н.И.Листопад, А.Т. Тохметов - https://libeldoc.bsuir.by/bitstream/123456789/39050/1/Tusupov_Gigabitnyye.pdf

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Серік Батырхан Нұрланұлы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбына: «Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу»

Орындалды:

- а) графикалық бөлім 15 парак;
б) түсініктеме 38 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында жеке үйге арналған теледидар антеннасын қолдана отырып, антенна жасау туралы ақпарат жиналған. Негізгі өлшемдер жүргізіп, параметрлері есептелген. Антенналарды қолдана отырып, оларды жасау жолдары көрсетіліп, есептеулер жасалған. Жоба сұлба бойынша құрастырылған.

Теледидарлық антеннаны қолдануды жақсарту мәселелері қарастырылады. Жұмыста жалпы антенна жайында мағлұматтар қарастырылған және оларды қолданудың бірнеше әдісі айтылған.

Антеннаға талдау жасалып, осы өлшемдерде олардың тиімділігі анықталды. Сонымен қатар оларды одан әрі пайдалану және жетілдіру бойынша практикалық ұсыныстар берілген.

Дипломдық жұмыста антенна есептеулерін толық қамтымаған. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – антенна тиімді пайдаланудағы бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

Жалпы, дипломдық жұмысқа "өте жақсы" (90%) деген баға, ал студент Серік Батырхан Нұрланұлын 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне лайықты деп санаймын.

Рецензент:

«Сайман Корпорациясы» ЖШС өндіріс бойынша директор орынбасары


А.С.Алиев
«31» 10с 2024 ж.
Корпорация Сайман

ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Серік Батырхан Нұрланұлы

6B07112 – Electronic and Electrical Engineering

Тақырыбына: «Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу»

Бұл дипломдық жұмыста талшықты-оптикалық күшейткіштерді талдау, пайдаланудың негізгі талаптары және күшейткіштердің негізгі сипаттамасы және болашақ түрлері келтірілген.

Антеннаға талдау жасалып, осы өлшемдерде олардың тиімділігі, пайдалану және жетілдіру бойынша практикалық ұсыныстар берілген.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Берілген бітіру жұмысында жеке үйге арналған теледидар антеннасын қолдана отырып, антенна жасау туралы ақпарат жиналған. Негізгі өлшемдер жүргізіп, параметрлері есептелген.

Жаңа технологияны қолдану нұсқалары, EDFA күшейткіштер, компоненттері, заманауи аспаптарды көрсету орынды. Салыстырмалы талдау жүргізілді, сонымен қатар көптеген технологиялардың сипаттамалары ұсынылды.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған.

Жалпы, дипломдық жұмысқа 85 (жақсы) деген баға, ал студент Серік Батырхан Нұрланұлы 6B07112 – Electronic and Electrical Engineering білім беру бағдарламасының «техника және технологиялар бакалавры» дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

Экон.ғыл.кандидаты, асоц.профессор

А.Е.Куттыбаева

«31» 05 2024 ж.



**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Серік Батырхан Нұрланұлы

Тақырыбы: Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу

Жетекшісі: Айнур Куттыбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 8

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.5

Дәйексөз (35): 1.1

Әріптерді ауыстыру: 28

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 7

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні

Кафедра меңгерушісі


31.05.24



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Серік Батырхан Нұрланұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 8

Коэффициент Подобия 2: 3.5

Микропробелы: 7

Знаки из других алфавитов: 28

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата

Заведующий кафедрой



31.05.24



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Серік Батырхан Нұрланұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Талшықты-оптикалық күшейткіштерді зерттеу

Научный руководитель: Айнур Куттыбаева

Коэффициент Подобия 1: 8

Коэффициент Подобия 2: 3.5

Микропробелы: 7

Знаки из здругих алфавитов: 28

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

Дата


Марсулыя С
проверяющий эксперт

31.05.24

