

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
«Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» коммерциялық
емес акционерлік қоғам

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты
Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Әмір Азисхан Әшімханұлы

«Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік
сенсорды зерттеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 Телекоммуникация

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу»

6B06201 Телекоммуникация

Орындаған:

А.Ә.Әмір

Пікір беруші

Ғ.Даукеев атындағы

АЭЖБ Университеті

З.М.Якубова

«2» сентябрь 2023 ж.



Ғылыми жетекші

PhD докторы

қауымдастырылған профессор

Н.К.Смайлов

«05» сентябрь 2023 ж.

Алматы 2023

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

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

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6В06201 Телекоммуникация



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы Әмір Азисхан Әшімханұлы

Тақырыбы «Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу».

Университет ректорының « 23 » қараша 2023ж. № 408П/Ө бұйрығымен бекітілген Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» 04. 2023ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1 Жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1. ГОСТ Р 52266—2020 Оптикалық кабельдер Жалпы сипаттамалар 2. Оптика және фотоника Лазер және лазерлік жабдық ГОСТ Р 58373—2019 3. ГОСТ Р 59088— 2020 Талшық-Оптикалық датчиктер, Классификация

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Кері шашырау рефлекторы көмегімен қос толқын ұзындығы С-диапазонды эрбиум қосылған талшықты лазер
- б) Талшық-оптикалық анықтауды басқару жүйесі геотехникалық жағдайын зерделеу
- в) Брэгг торларына негізделген иілу деформациясының сенсоры
- г) Жүйелерге арналған талшықты-оптикалық температура сенсоры электр жабдықтарын жылудан қорғау
- д) OptiSystem қолданбалы бағдарламасы арқылы оптоэлектрондық түрлендірусіз оптикалық сигналдың қуатын (амплитудасын) температураға тәуелділігін модельдеу және нәтижелер алу
- е) Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде талшықты оптикалық байланыс кабелінің бетонмен әсері

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

1. Температура мен деформацияны тану мүмкіндігі бар кос толқын ұзындығы талшықты лазерлік сенсор Артуро Санчес-Гонсалес, Роза Ана Перес-Эррера, Пабло Ролдан-Варона, Мигель Дуран-Эскудеро, Луис Родригес-Кобо, Хосе Мигель Лопес-Игуера және Мануэль Лопес-Амо, *Sensors* 2022 /20 (18).
2. Нешина Е.Г Волоконно-оптическая система контроля идентификация геотехнического состояние приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий 2021 г. - 142с.


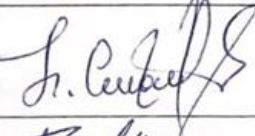

Дипломдық жұмысты дайындау

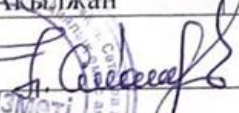
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Кері шашырау рефлекторы көмегімен кос толқын ұзындығы С-диапазонды эрбиум косылған талшықты лазер	07.02.2023	орындалды
Талшық-оптикалық анықтауды басқару жүйесі геотехникалық жағдайын зерделеу	24.03.2023	орындалды
Брэгг торларына негізделген иілу деформациясының сенсоры	20.04.2023	орындалды
Жүйелерге арналған талшықты-оптикалық температура сенсоры электр жабдықтарын жылудан қорғау	26.04.2023	орындалды
Эксперименттік зерттеулер	12.05.2023	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
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	ЭТЖҒТ каф PhD докторы, ассоц. профессор Н.К.Смайлов	01.03.2023	
Теориялық ақпарат	ЭТЖҒТ каф PhD докторы, ассоц. профессор Н.К.Смайлов	30.03.2023	
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф ассистенті, т.ғ.м. П.Б.Ақылжан	01.06.2023	

Ғылыми жетекшісі PhD докторы  Н.К.Смайлов

(колы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы  А.Ә.Әмір

(колы)

Күні « 22 » 12 2022 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс қазіргі ақпарат алмасу нәтижесінде қолданылып жатқан талшықты-оптикалық сенсорлар температура мен деформацияны анықтау. Жұмыс барысында оптикалық қуатын есептеу, температураның әсері, бетонмен деформацияланған талшыққа әсері қарастырылды. Зерттелген нәтижелер арқылы оптикалық кабелдің жаңаша тұсынан тануға мүмкіндік берді. Осы нәтижелерге көз жеткізу үшін екі эксперименттік зерттеулер жүргізіледі. OptiSystem бағдарламасы арқылы оптикалық сигналдың қуатын температураға тәуелділігі сұлбасы сонымен қатар деформацияланған бетонды оптикалық талшыққа әсері зерттеу бөлімінде қарастырылады.

АННОТАЦИЯ

Дипломной работой является определение температуры и деформации волоконно-оптических датчиков, используемых в результате текущего информационного обмена. В ходе работы учитывался расчет оптической мощности, влияние температуры, влияние на деформируемое бетоном волокно. Благодаря результатам исследования удалось познакомиться с оптическим кабелем с новой точки зрения. Для проверки этих результатов проведены два экспериментальных исследования. Схема температурной зависимости мощности оптического сигнала с использованием программы OptiSystem также рассмотрена в разделе исследования воздействия на деформированное бетонное оптическое волокно.

ANNOTATION

The diploma work is the determination of temperature and deformation of the fiber-optic sensors used as a result of the current information exchange. During the work, the calculation of optical power, the effect of temperature, and the effect on fiber deformed by concrete were considered. Through the researched results, it was possible to get to know the optical cable from a new point of view. To verify these results, two experimental studies are conducted. The temperature dependence scheme of the optical signal power using the OptiSystem program is also considered in the study section of the effect on the deformed concrete optical fiber.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	
1 Сенсорлық желілер датчиктер	8
1.1 Сенсорлық желілер	8
1.2 Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорлар туралы жалпы түсінік	9
1.3 Талшықты-оптикалық датчиктер туралы жалпы түсінік	10
2 Кері шашырау рефлекторы көмегімен қос толқын ұзындығы С-диапазонды эрбиум қосылған талшықты лазер	12
2.1 Деформациялануы	14
2.2 Температурасын өлшеу	15
3 Талшық-оптикалық анықтауды басқару жүйесі геотехникалық жағдайын зерделеу	18
3.1 Макро иілу шығындары	19
3.2 Микро иілулер шығындар	20
4 Брэгг торларына негізделген иілу деформациясының сенсоры	22
4.1 Брэгг торларына иілу деформациясын өлшеу	23
4.2 Брегг торларының жылу кедергісі	25
4.3 Жүйелерге арналған талшықты-оптикалық температура сенсоры электр жабдықтарын жылудан қорғау	26
4.4 OptiSystem қолданбалы бағдарламасы арқылы оптоэлектрондық түрлендірусіз оптикалық сигналдың қуатын (амплитудасын) температураға тәуелділігін модельдеу және нәтижелер алу	27
4.5 Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде талшықты оптикалық байланыс кабелінің бетонмен әсері	31
Қорытынды	39
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	40

КІРІСПЕ

Ақпарат алмасу қазіргі ғасырдағы негізгі қайнар көзі болып саналады. Ақпарат алмасу кезіндегі едәуір жарқын белестерге жетті. Даму сатысына қарай әр түрлі технологиялармен дамып келді. Бүгінгі уақытта ақпарат алмасу, білім алудың негізі интернет болып табылады. Интернет арқылы көптеген жетістіктерге адам өмірін жеңілдету мақсатында қолдану мысалы онлайн білім алу, қолма-қол ақшасыз төлемдер медициналық көмектер т.с.с. Мұның бәрі аз ғана бөлігі және интернетке қол жеткізудің арқасы. Қазірге кезде интернеттің негізгі функцияларына электронды пошта қызметтері мен мамандықтары бір немесе бірнеше мәселелерді ортақ қалыптастыру және бір-бірімен тез ақпарат алмасу болып табылады.

Осы тұрғыда ақпаратты үздіксіз беру жылдамдығы жоғары аз шығындылығы мен алыс қашықтыққа ақпарат беруді ретрансляторсыз қамтамасыз ететін толқындардың модуляциялаудың кең жолақтығымен талшық диаметрінің жіңішкелігімен пайдалану жағынан тиімді экономикалық жағынан арзан байланыс түрі – оптикалық байланыс болып табылады.

Талшықты оптиканың одан әрі дамуы цифрдың белсенді дамуымен сәйкес келді ақпаратты тасымалдау технологиялары. Оптикалық талшықтың ақпараттық сыйымдылығы байланыс олардың электрлік әріптестерінен бірнеше есе жоғары болды, бұл жылдамдықты қамтамасыз етті, Интернетті цифрлық байланыс пен телевизиялық сала қарқынды дамыды. [1], пайдалану бағытында ғылыми жұмыстар жүргізілуде, ақпаратты жинау үшін ішкі талшықты-оптикалық желілерді құруға арналған ұшқын және жарылыс қауіпінің жоғарылауы жағдайлары. Әсіресе көп жұмыс қорғаныста талшықты-оптикалық сенсорларды пайдалануға арналған, аэроғарыш, авиация, көлік, мұнай-газ секторларында, сондай-ақ құрылыс және медицина мониторинг, өлшеу және перспективалық құралы ретінде бақылау параметрлері, ал бұл сенсорларға сұраныс жыл сайын өсіп келеді [2–3].

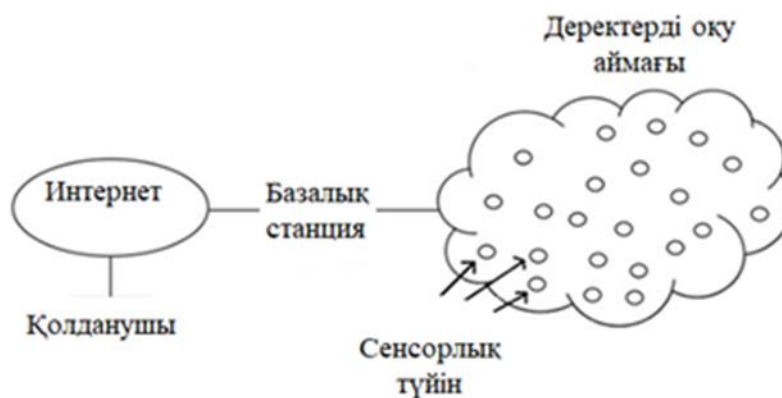
Кәсіпорын ортасында талшықты-оптикалық технологияларды қолдану көмір өнеркәсібі ақталады, өйткені талшықты-оптикалық сенсорлар электромагниттік өрістің әсерінсіз ең сезімтал, жарылысқа төзімді, коррозияға төзімділігі бар [4]. Бүгінгі таңда көптеген талшықты-оптикалық сенсорлар бар. Қысым, ылғалдылық, температура, электр сипаттамалары, коррозияға қарсы датчиктер басқа элементтердің деңгейін, деформациясын және параметрлерін анықтай алады. Осыған орай дипломдық жобанда температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу желілерінің параметрлерін бақылау қарастырылған.

1 Сенсорлық желілер датчиктер

1.1 Сенсорлық желілер

Датчик немесе сенсорлар – физикалық процесс түріндегі деректер есептегіш түріне қарай жарық немесе электр сигналдарын таңдау арқылы түрлендіру үшін пайдаланылатын құрылғы. Ұйымдастырылған ақпарат негізінде бұл сигналдарды өлшеуге, талдауға және өңдеуге болады. Физикалық процестер қоршаған ортаның әрбір нақты материалы мен сипаттамаларын білдіреді. Мысалға температура, қысым, дыбыс, қозғалыс, орналасу т.с.с.

Сенсорлық желі - бұл есептегіштер желісі және есептегіштер (датчиктер) жиынтығы, берілген және ақпаратты тіркеуге, компоненттердің барлық түрлерін, опцияларды және әртүрлі оқиғаларды бақылауға жауапты объектілерден, желілік компоненттерден тұрады. Іс-әрекет материалдық әлемге, өндіріске, биологиялық жүйелерге және ақпараттық технологияларға байланысты ауытқуы мүмкін. Сенсорлық желілерді тұтынушылар мемлекеттік, азаматтық және әскери компаниялар, атап айтқанда өнеркәсіптік кәсіпорындар болып табылады. Мұндай тапсырыстар медициналық жүйелерді, мониторингті, ақпаратты жинауды және т.б. қамтиды және телеметрия үшін қолданылуы мүмкін.



1.1-сурет – Қарапайым сенсорлы желінің архитектурасы

Кәдімгі сенсорлық желі - сенсорлар, контроллерлер және байланыс тәртібі (маршрутизатор, коммутатор, байланыс желілері) желісі. Егер мұндай желілердегі байланыс жүйелерінің арналары сымсыз болса, онда бұл сымсыз онда бұл сымсыз сенсорлық желілер ағылшын тілінде олар «Wireless Sensors Networks» деп аталады.

1.2 Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорлар туралы жалпы түсінік

Урбанизацияның қарқынды өсуімен, үшін әлеуметтік-экономикалық және ғылыми-техникалық прогресс жағдайлары қарым-қатынас бағыттары тек артып келеді. Осыған орай ақпарат қарқыныда артты, яғни олардың бәрі белгілі бірі проблемаларға алып келіп соқты. Осы мәселерді қарастыру мақсатында оңтайлы шешімдерді қабылдап келді. Қазіргі уақытта дамып келе жатқан оптика арқылы ақпарат беру. Оптикалық талшықтың қажетті артықшылықтарының бірі оптикалық талшықтың бір ағыны бойынша ақпаратты терабит/сек ретімен беруге мүмкіндік беретін үлкен өткізу қабілеттілігі болып табылады. Көптолқынды талшықты лазерлер телекоммуникация, терагерц толқынын генерациялау, сезу, талшықты-оптикалық тестілеу және өлшеу үшін кең қажеттілікті білдіреді [5].

Лазерлік байланыс – қысқа мерзімді интервалдардағы өткізу қабілеттілігі жоғары деректер экономикалық жағынан ең жақсы әдісі болып көрінеді. Бұл қалыптастыру үшін қолданылып оның барысында сенімді, қауіпсіз, толық дуплексті қосылымды құра алады. Бұл технологияның да кемшіліктері бар. Негізгі кемшілігі – орнату және монтаж. Орнатылған кезде лазерлер қатты жазықтықта орналастыру керек. Лазермен ақпараттарды жіберу сапасы табиғи жағдайларға байланысты, мысалы жаңбыр мен тұман кезінде сигналдың әлсіреуі байланысты т.б. Дегенмен, соңғы уақытта ол атмосфералық жағдайларға да қарамастан лазерлік деректер беріледі, қабылдағышқа қатесіз жіберілуін жалғастырады. Бұл әлі FSO - (Free-Space Optics) жүйелерінің өнімділігі мен қолжетімділігінің негізгі мәселесі болып табылады [6].

Эрбия қосылған талшықтар осы типтегі лазерлерде негізгі тиімді және кең таралған күшейту ортасы болып табылады. Дегенмен, эрбий қосылған талшық бөлме температурасында біркелкі күшейту ортасы болып көрінеді, бұл күшті режимдегі бәсекелестік сияқты белгілі бір қосалқы мәселелерге әкеледі. Бұл бәсекелестік 1,5 дБ-ден асатын қуат ауытқуларын тудыруы мүмкін кейде біркелкі пайданың кеңейуін азайту үшін сұйық азотпен салқындату қажеттілік тудырады [7]. Раман шашырау кезінде жақсартылған талшықты лазерлер біркелкі емес сипаттамасы арқылы тұрақты және тураланған лазер шығысының артықшылығын пайдалану үшін жақсы балама болып көрінеді. Сонымен қатар, қарқынды Релей кері шашырауына негізделген Раман талшықты лазерлері бір немесе көп толқынды конфигурацияларда тамаша тұрақтылықты көрсетеді [8]. Тұжырымдаманың бірінші элементі Оптикалық талшыққа қосымша шығындардың өзгеруін сипаттайды, талшықтың механикалық иілу кезінде пайда болады. Екінші элементі фотосерпімділік ($\delta q/q$) нәтижесін ескере отырып, жоғалтудың өзгеруін көрсетеді, кейбір Оптикалық талшықтың механикалық әсер ету және оның деформациясы кезінде пайда болады. Температура мәні мен механикалық күштің өзгеруінің әсерін бейнелеу арқылы микробүгілу, қабық

және өзектер пайда болатын оптикалық талшыққа әсер етеді және деформацияланады, бұл оптикалық талшықтың сыну көрсеткішінің өзгеруіне әкеледі

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{1}{n} \left(\frac{\partial n}{\partial T} \right) p \Delta T + \frac{\delta n}{n} \delta n \quad (1.1)$$

мұндағы n – талшықтың өзекшесінің сыну көрсеткіші;

Δn - сыну көрсеткішінің өзгеруі;

$\left(\frac{\partial n}{\partial T} \right) p$ - түзетуді сипаттайтын температураға қатысты ішінара туынды

кварц шынысының тығыздығы;

δn - фотосерпімділік нәтижесіне байланысты сыну көрсеткіші.

Осы жерде сыну көрсеткіші G. 652 стандартты бойынша бір модальды оптикалық кабелге байланысты фотосерпімділік әсері:

$$\frac{1}{n} \left(\frac{\partial n}{\partial T} \right) p = 0,68 * 10^{-5} \text{°C}^{-1} \quad (1.2)$$

1.3 Талшықты-оптикалық датчиктер туралы жалпы түсінік

Талшықты-оптикалық сенсорлар туралы түсінік

Қазіргі уақытта сенсорлық байланыс технологиялары келесі сұранысқа ие [9]:

- төзімділік;
- жұмыс процесі үшін энергияның аз шығыны;
- шағын өлшем;
- аз салмақ;
- қорытынды туралы жан-жақты анық материал;
- бюджет;
- тұрақтылығы.

Жоғарыда көрсетілген шарттар телекоммуникациялық жүйелерге сұраныстар үшін қолайлы.

Әсер ету принципі бойынша талшықты-оптикалық датчиктерді екі топқа бөлуге болады [10].

Біріншісі - тіркелген бұзылу, соның ішінде температура оптикалық талшыққа табиғи әсер ететін датчиктер. Датчиктер негізінен танымал сәулеленудің фазалық модуляциясы және поляризациялық датчиктер.

Екінші топқа сәулеленудің сыртқы модуляциясы бар датчиктер кіреді, бұл ретте модулятор нақты талшықты-оптикалық желіге орналастырылады. Модуляторлар ретінде химиялық индикаторлар, флуоресцентті заттар, талшықты Брэгг торлары және сипаттамалары бекітілген бұзылыстың әсерінен өзгертілетін басқа объектілер қолданылуы мүмкін.

Талшықты-оптикалық сенсорлардың жұмысында бұл кемшіліктер жоқ. Сенсор және байланыс желісі арқылы жарық түрінде ақпаратты тарату ұқсас

сенсордағы сигналдың сыну мүмкіндігіне негізделген. Датчиктің жұмыс істеу принципі – лазерлік сәулелену спектрі сипаттамалар мен анықтау құрылғысының кірісіндегі жиынтық сенсорды реттеу факторларына, температураға, қысымға қарамастан, дірілмен, сыртқы себептерге ұшыраған кезде оптикалық ағын сипаттамаларды өзгертеді және өңдейтін құрылғылар [11]. Қазіргі уақытта талшықты-оптикалық байланыс қолданылып жатқандықтан, осыған орай лазерлер 1310 және 1550 нм толқын ұзындығына арналған.

2 Кері шашырау рефлекторы көмегімен қос толқын ұзындығы C-диапазонды эрбиум қосылған талшықты лазер

Көптолқынды талшықты лазерлер телекоммуникацияда, терагерц толқындарын генерациялауға, талшықты оптиканы сезу, сынауға және өлшеуге үлкен қажеттілікті тудырады [12]. Негізгі қосымшалардың арасында талшықты лазердің шығыс толқын ұзындығын теңестіру қажеттілігі телекоммуникациялар мен сенсорлар үшін өте маңызды. Мысалы, тікелей fs-лазерлік жазбасы бар, Брэгг торларының массивіне негізделген екі толқын ұзындығы талшықты лазер қарастырылған. Осы лазері алдыңғы екі толқын ұзындығы Ег-байланысқан бір режимді талшықты лазерлермен салыстырғанда қуат тұрақтылығын жақсартты [13-14].

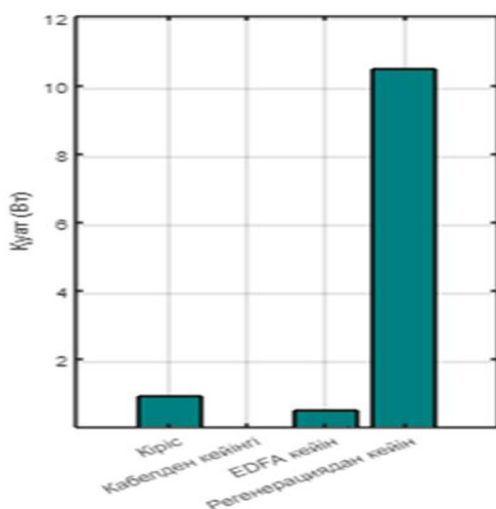
Мұнда бұрын сипатталған екі толқындық лазерлерді жақсарту үшін арнайы жасалған жаңа бір режимді талшықты-оптикалық (SMF) жасанды кері шашырау (SBR) рефлектор қарастырылған. Бұл рефлектордың көмегімен біз ықшам және қарапайым дизайнға қол жеткізе аламыз. Ең бастысы, рефлектор жоғары тұрақты күй - қуатына, төмен шекті сорғы қуатына және жоғары оптикалық сигнал-шуыл қатынасына (OSNR) қол жеткізе отырып, бұрынғы екі толқын ұзындығы эрбиум қосылған талшықты лазерлермен салыстырғанда жоғары теңшеуге кепілдік береді. Сенсор мүмкіндіктері тұрғысынан бұл жаңадан зерттелген талшықты дизайн басқа классикалық рефлекторлармен салыстырылатын сезімталдықпен деформация мен температураны бір уақытта өлшеуге кепілдік береді.

Дегенмен, эрбий қосылған талшықтың (EDFA) күшеюінің біркелкі кеңеюі генерацияны тудыратын елеулі кемшілігі бар. Режимдік бәсекелестік, режимді секіру және мультимодальдық тербеліс арқылы белгілі бір ұзындықта зардап шегеді. Мұның бәрі соңғы нәтижеде айтарлықтай тұрақсыз лазерлік сәулеленуге әкеледі, бұл сенсорлық жүйеде пайдаланылған кезде лазердің тиімділігін шектейді. Бұл проблемаларды жеңілдету үшін әртүрлі әдістер ұсынылды, біреуі ең соңғыларының бірі – кездейсоқ таратылған кері байланысы бар лазерлерді пайдалану. Бұл лазерлердің ерекшелігі - бөлінген қасиетінде талшықтың ұзын бөліктері бойынша ұйымдастырылған Рэйлей кері шашырауын қолдану. Рефлекторлар- бұл модельсіз сипаттамаларына, сондай-ақ жоғары OSNR (Optical Signal-to-Noise-Ratio) мен күш тұрақтылығына кепілдік береді [15].

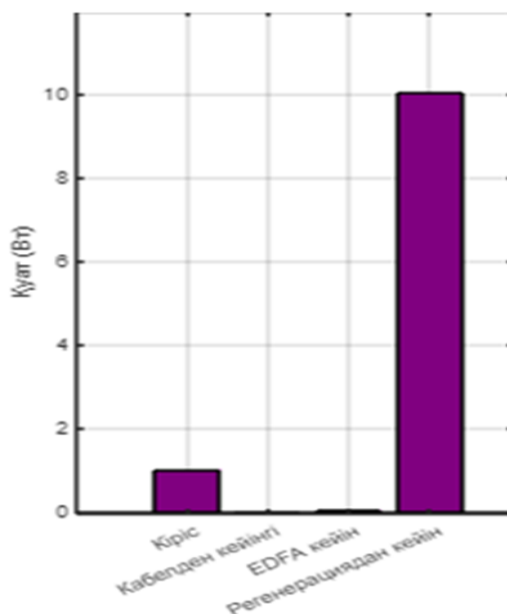
Бір мезгілде қуыстың айнасы және сенсор ретінде қызмет ететін бұл жаңа құрылым кездейсоқ таратылған кері байланыспен талшықты лазерлердің бастапқы физикалық құбылысын қалпына келтіруге тырысады, алайда бөлінген рефлекторлар меншігінде ұзын талшықты катушкаларды пайдаланбайды. Әрқашан 1550 нм шамасында сәуле шығаруға арналған барлық жазу сипаттамалары құрылымды осы жаңа көпжолалық қолданбаға бейімдеу үшін айтарлықтай өзгертілген. Осылайша, бұл зерттеу C-диапазонды EDFA лазерінің қуыс түйісуіне жақын жаңадан жасалған рефлектордың жауабын бағалаудан басталды. Жалпы алғанда, ауытқу

қашықтығы неғұрлым көп болса және кезең қысқа болса, жоғалту соғұрлым көп болады. Дегенмен мультимодалы талшықтарда режимнің өзара әрекеттесу жағдайлары қанағаттандырылмаған кезде де жоғалтулар орын алуы мүмкін. Бұл жағдайда диаметрі кіші аймақтарда режимнің таралуы жоғалтулар немесе шығарылатын толқын сипатына ие болады [16].

Matlab бағдарламасында EDFA күшейткішінің қуатпен регенерациядан кейінгі әсері

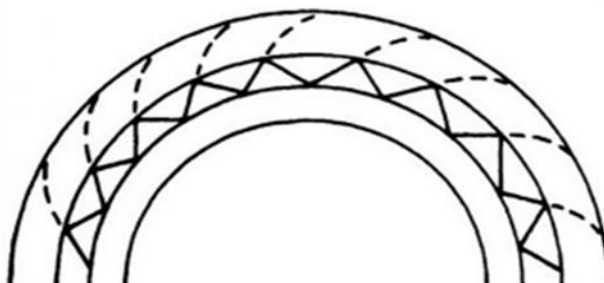


2.1-сурет – Кабельдің ұзындығы 50 км, EDFA күшейту 15 дБ



2.2-сурет – Кабельдің ұзындығы 100 км, EDFA күшейту 20 дБ

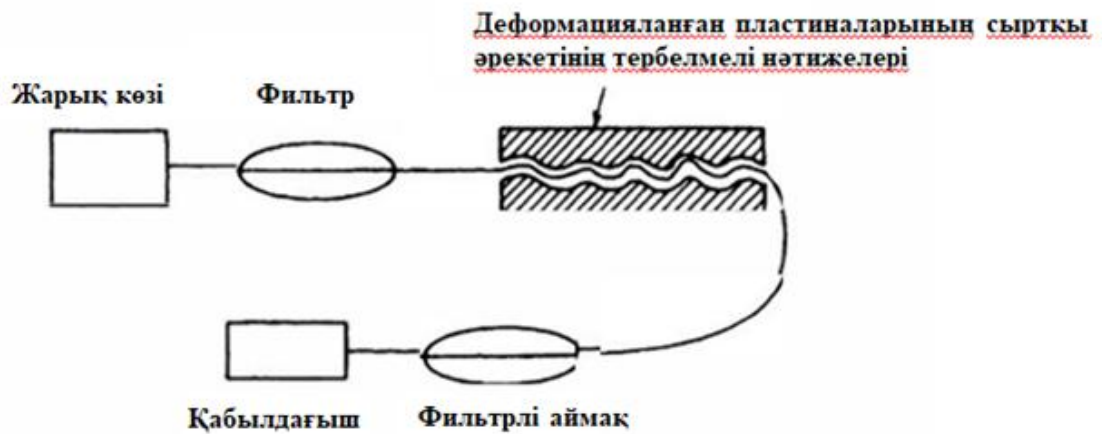
Сонымен қатар, әртүрлілік сызу процесінде пайда болатын талшықтар толқын өткізгіш майысқан кезде де талшықтың жарық өткізгіштік сипаттамаларын түзете алады 2.1-суретте. Талшық арқылы таралатын көптеген жарықтың шегінен асып кететінін көрсетеді және бұл шекті бұрыштың шектері және беттердің бірінен толығымен шағылыспайды, бұл қабық аймағындағы шығындарға әкеледі. Деформация кезінде болатын шығындар кейде талшықты-оптикалық сенсор шектеулі кеңістікте орналасуы керек, бұл талшықтың тығыз орамасының қажеттілігіне және үлкен қисықтық салдарынан өткір иілулердің пайда болуына әкеледі; сондай-ақ талшықтың толқын өткізгіші талшықты қоршап тұрған қорғаныш материалмен микробүгілулерден жеткілікті түрде қорғалмаған жағдайларда болады.



2.3-сурет – Талшықты толқын өткізгіштегі деформациялау шығындары

2.1 Деформациялануы

Кейбір талшықтар акрилатпен қапталған, ол қабықтан жарықты шығарады. Деформациялаған жағдайда сенсорға режимді сүзгі аймағы арқылы енгенде, қаптамада байланысқан жарық мөлшері талшықтың қаншалықты майысқандығына байланысты. Талшықтың иілу радиусы иілу пластинасының қозғалысы арқылы өзгертіндіктен, қаптама арқылы таралатын жарықтың үлесі де өзгереді. Содан кейін жарық сәулесі деформацияланған аймағынан шығып, екінші режимді сүзгілеу аймағынан өтеді, онда қаптама бойымен таралатын жарық жойылады. Қабылдағышқа жеткен жарықтың амплитудасы қозғалысқа тікелей байланысты шамамен модуляцияланады [17].



2.4-сурет – Сыртқы себептерден туындаған иілу пластиналарының қозғалысына жауап беретін деформациялау сенсоры



2.5-сурет – Оптикалық талшық арқылы өтетін жарықтың қасиеттерін өзгерту

2.2 Температурасын өлшеу

Өнеркәсіптік ортадағы температураны өлшеу үшін оптикалық талшықтарға негізделген көптеген технологиялар жасалды және кейбір сенсорлар коммерциялық қол жетімді. Бұрын инфрақызыл (ИК) сәулеленудің зертханалық көздері әсіресе ыстық денелерге немесе электр разрядтарына арналған. Қазір қатты денелі және молекулалық газ лазерлерінің негізінде басқарылатын немесе тіркелген жиіліктегі инфрақызыл сәулеленудің заманауи көздері жасалды. Жақын инфрақызыл аймақтағы сәулеленуді тіркеу үшін (~1,3 мкм дейін), фотопластиналардан тұрады. Ал алыс аймақ үшін фотоэлектрлік сенсорлар мен фоторезисторлардың сезімталдық диапазоны кеңірек (шамамен 25 мкм дейін).

Талшықты-оптикалық сенсор - сезімтал компонент ретінде талшықты-оптикалық толқын өткізгіш пайдаланылатын материал өлшемі сенсоры. Температураны өлшеу оптоэлектронды құрылғыларды пайдалану болып табылады. Сызықтық датчиктердің қасиетінде шыны талшықтар қолданылатын температуралық өлшемдер. Талшықты-оптикалық температура өлшегіштері қауіпсіздікке байланысты салаларда қолданылады. Мысалы температураны бақылау, өндірістікті оңтайландыру мақсатында кабельдердің температурасын зерттеу, апатты қамтамасыз ету, үшін қолданылады. Қайта қаралған есептегіштерді штангалық және газ ұңғымаларының өнімділігін арттыру үшін пайдалануға болады. [18].

Талшықты-оптикалық өлшеу құрылғысының жеткізілген Кельвин температурасын өлшеуге, белгілі бір ыстық нүктелерді анықтауға және өзгерістерді бағалауға ақылға қонымды мүмкіндігі бар. Басқа сенсорлармен салыстырғанда бұл сенсорлар жарылысқа төзімді, электрлік кедергілерге төзімді және жұмыс температурасының шектеусіз диапазонына ие. Талшықты-оптикалық температура есептегіштері электр өткізбейтін материалдардан жасалған, бұл оларды кернеу астында және жоғары кернеуде пайдалануға мүмкіндік береді.

- шағын салмақ;
- ең жоғары сезімталдық;
- электромагниттік үйлесімділік;
- желілік өзара әрекеттесу, сонымен қатар мультиплекстеу ықтималдығы;
- талшықты-оптикалық схемалар жыл сайын жақсарып, қолжетімді болып келеді [19].

Температураны өлшеу мақсатында түрлі зерттеулер жүргізілді. Осыған байланысты температураны қолдану арқылы өлшеуге байланысты өзгертілетін немесе Рэлейдің шашырауын, комбинациялық шашырауын немесе оптикалық талшықтағы Бриллюиннің шашырауын және Раман шашырауы қарастыратын әлсіреген талшық үшін оптикалық сенсорларды пайдаланудың жақсы мысалы температураны өлшеу таратылған оптикалық талшықты береді будың гравитациялық дренажына арналған температураны өлшеу жүйелері.

Мұнайды қыздыру және оның тұтқырлығын төмендету үшін ұңғыманың максималды өнімділігіне үнемі жоғары қысымды бу айдалады, нәтижесінде мұнай қызады. Ұңғыманың төменгі жұмысына құйылады, онда ол сорылады. Канададағы ауыр мұнайды термиялық қалпына келтіруге мүдделі операторлар бу ағынының технологиясын қолдана отырып, көмірсутектерді қалай жақсы өндіру керектігін түсінуге міндеттелді. Осы талапқа жауап ретінде термиялық қалпына келтіру ұңғымаларын бақылауда он жылдан астам тәжірибесі бар жоғары температураны әзірледі. Талшық 300°C дейінгі температурада және таза сутегі сферасында 3,4 МПа қысымда жеделдетілген зертханалық сынақтарды қамтитын күрделі өңдеу процесіне ұшырады. [20-21].

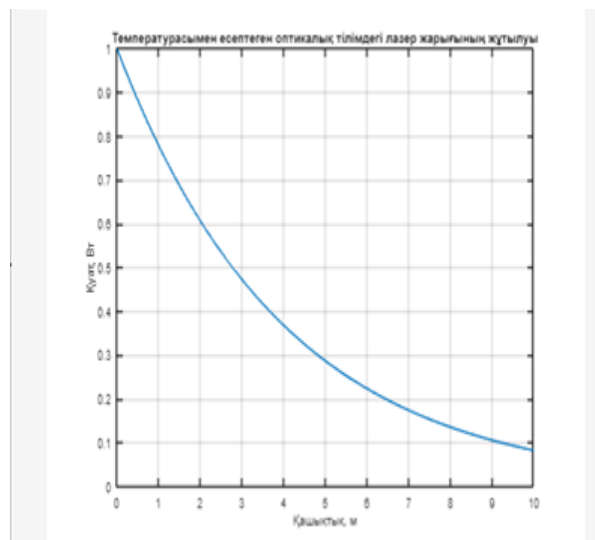
Matlab бағдарламасында оптикалық қуат пен қашықтыққа байланысты температураға тәуелдігі анықтау

$$P(z) = P(0) * \exp(-\alpha * z) \quad (2.1)$$

формула бойынша оптикалық талшықтағы жарықтың әлсіреуінің стандартты математикалық сипаттамасы болып табылады. Ол Бугер-Ламберт-Беер заңына негізделген, ол жарықтың материя арқылы өткенде әлсіреуін сипаттайды. Заң фотометрия мен оптиканың дамуына зор үлес қосқан Пьер Бугер, Иоганн Ламберт және Август Бирдің есімімен аталған.

Оптикалық талшықтар контекстінде α әдетте әлсіреу немесе жоғалту коэффициенті деп аталады және километрге децибелмен (дБ/км) өлшенеді. α мәні көптеген факторларға, соның ішінде жарық жиілігіне, температураға және талшықтың материалдық қасиеттеріне байланысты болуы мүмкін.

```
P0 = 1;  
alpha_0 = 0.2;  
delta_alpha_per_degree = 0.01;  
T_base = 20;  
T = 25;  
z = 0:0.1:10;  
  
delta_alpha = (T - T_base) * delta_alpha_per_degree;  
alpha = alpha_0 + delta_alpha;  
  
Pz = P0 * exp(-alpha*z);  
  
figure;  
plot(z, Pz);  
title('Температурасымен есетеген оптикалық тілiндегi лазер жарыгының жұтылуы');  
xlabel('Қашықтық, м');  
ylabel('Қуат, Вт');  
grid on;
```



2.6-сурет – Қуат пен қашықтыққа байланысты температураға тәуелдігі және жұтылуы

3 Талшық-оптикалық анықтауды басқару жүйесі геотехникалық жағдайын зерделеу

Геотехникалық салада талшықты-оптикалық сенсорларды қолдану бойынша зерттеулерді Ченг-Ю және оның әріптестері жүргізілген. Талшықты-оптикалық сенсорлар бірнеше ондаған жылдар бойы геотехникалық қоғамдастықта үлкен қызығушылық тудырды. Құрылымдық дизайн, оқшаулау және талшықты-оптикалық сенсорларды енгізу технологияларының инновациялық дамуы құбылысқа әкеледі. Геотехникалық мониторинг саласындағы жаңа толықтырулардың көпшілігі осы талшықты-оптикалық байланыс болды [22]. Сонымен қатар талшықты-оптикалық сенсорлар барлық салаларда әртүрлі салаларда қолданылады. Мысалы, талшықты-оптикалық зонд электр тогын өлшеу үшін (Werthen, et al. 1996), ғимараттар мен құрылыстарды бақылау үшін (Джексон, 1995), сұйықтықтың ағып кетуін анықтау үшін (Vogele et al., 2001), (Hurtig, және т.б., 1994) биомедицинада (Passia, және т.б. 2002) және ғимараттар мен құрылыстарда (HurtigandGrobwig, 1998). Бұл әдіс тау-кен өнеркәсібінде деформацияны анықтау үшін енгізілгенді (Naruse, et al., 2007) [23]. Оптикалық талшықты және талшықты-оптикалық сенсорлардың деректеріне зерттеу барысында материал талшықты-оптикалық сенсорлардың электромагниттік кедергілерге әсер етпейтін жақсы диэлектриктер екенін дәлелдейді. Бұл факт оларды газ және шаң жарылыстары үшін қауіпті тау-кен кәсіпорындарында пайдалануға мүмкіндік береді.

Кесте 3.1 - Өнеркәсіптік салаларда талшықты-оптикалық сенсорларды қолдану

Өнеркәсіп	Талшықты-оптикалық сенсорды қолдану
Тау-кен өнеркәсіп	<ul style="list-style-type: none"> • шахталардағы өрт туралы хабарлама • Шахталық орындарда және кен қазбаларын бақылау • конвейер таспаларының бөлінген жылу бақылауы
Газ өнеркәсібі	<ul style="list-style-type: none"> • супер зарядтағыш ресурсын бағалау • смарт кірістірулер • Газ құбырларының жалпы жақты өлшеуі • КС жан-жақты мониторингі
Мұнай өнеркәсібі	<ul style="list-style-type: none"> • ұңғымалардың жылу мониторингі

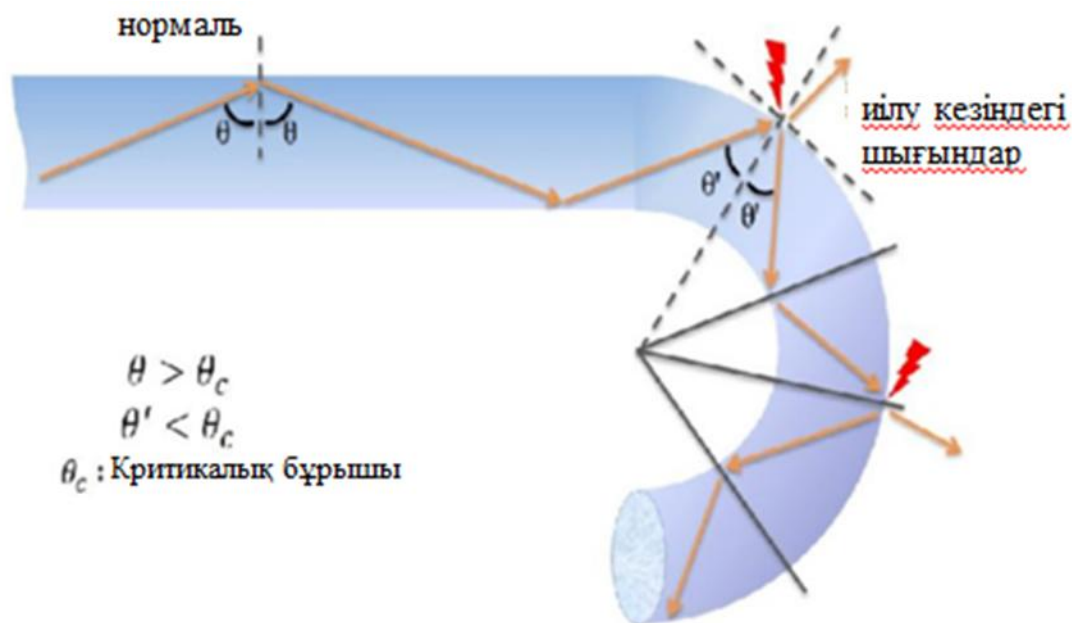
Талшықты - оптикалық тапсырыстар ақпаратты жіберу үшін, сонымен қатар жергілікті есептелген өлшеу сенсорларының қасиетінде қолданылады. Қысым, температура, керілу күші сияқты параметрлердің әсері оптикалық талшыққа әсер еткенде оның қасиеттерін өзгертеді. Талшықты оптикалық артықшылықтары олардың қауіпсіздігін, тұрақты тұрақтылығын және беріктігін ескере отырып, жарылғыш ортада пайдалануға мүмкіндік береді, Сондай-ақ көп өлшемді өлшеулер барысында алынған ақпарат жинақталып, бір өлшемге жіберілетін ерекшелігі бар.

«Инверсия-Сенсор» компаниясы талшықты-оптикалық датчиктер мен технологиялар өндірісіндегі көшбасшылардың бірі ГРЭС-1-де өлшеу жабдығын орнатуды жүзеге асырған. ГРЭС-1-ге температура, орын ауыстыру және қысым көрсеткіштерін жазатын талшықты-оптикалық сенсорлар орнатылды. Кен өндірудегі басты қауіп адам өміріне қауіп төндіретін, үлкен физикалық шығындарға әкеп соқтыратын және өндірістік процесті тоқтататын жазатайым оқиғалардың орын алу ықтималдығы басты орында. ГЛОНАСС немесе GPS жүйелері шахталар мен шахталардың тау-кен кеңістігінде жұмыс істей алмайды. Сымсыз желінің стационарлық кіру нүктелерінен алынған сигналдың мәнін талдауда Wi-Fi, ZigBee немесе Bluetooth радио таратқыш технологияларын қолданатын Еуропа, АҚШ, Азия және Ресейдің аналогтары бар, олар орналасу дәлдігін қамтамасыз етпейді және жоқ өлшемдерді орындауға қабілетті.

Қарағанды көмір шахталары газ және шаң жарылыстары бойынша суперкатегорияға жатқызылады, мұнда апаттар жиі орын алып, нәтижесінде жұмысшылардың өліміне әкеп соғады. Бақылау жүйесін дамыту қажеттілігі туындатады, нақты уақыт режимінде қажетті параметрлерді бақылау мүмкіндігімен геотехникалық жағдайды анықтау. Өкінішке орай, Қазақстан Республикасында өзіндік әзірлемелер жоқ, әзірлемелер тек теориялық зерттеулермен және зертханалық үлгілерді жасау бойынша алдын ала жұмыстармен шектеледі [24-25].

3.1 Макро иілу шығындары

Макро деформациялар кейде талшықтың диаметрімен салыстырғанда талшық үлкен қисықтық радиусымен иіледі (үлкен иілу). Бұл иілулер қисықтық радиусы бірнеше сантиметрден аз болса, қуатты жоғалтудың үлкен көзіне айналады. Жарық макроиілі бар талшық бойымен тараған кезде жарық сәулесінің түсу бұрышы критикалық бұрыштан аз болатын мәндерге жетуі мүмкін 3- сурет. Нәтижесінде жарықтың сыну бір бөлігі талшықтың өзегінде қалдырады. Оптикалық энергияның шағылған бөлігі де одан әрі сынады, ал қисықтық радиустары аз болғанда барлық жарық энергиясы жоғалуы мүмкін.



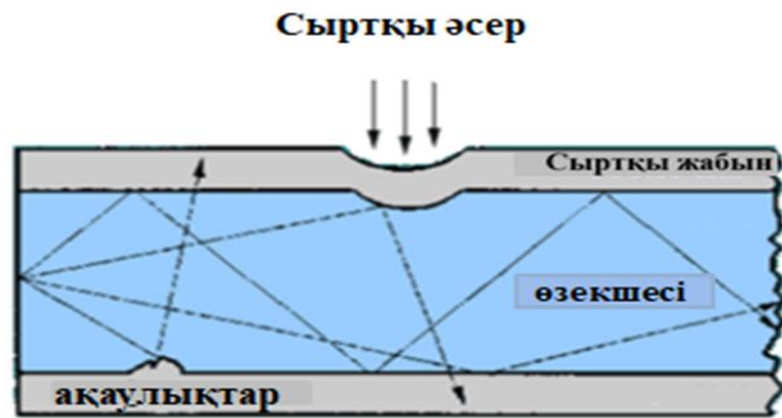
3.1-сурет – Макро деформациялану шығындар

Макро деформациялау шығындар көп жағдайда талшық дұрыс орнатылмаған кезде пайда болады. Орнату кезінде қисықтық радиусы бірнеше сантиметрден аспайтын талшықтың иілуіне жол бермей, оны мұқият төсеу керек. Сондай-ақ, бұл макро деформациялану көлбеу тасымалдау кезінде пайда болуы мүмкін. Макро-иілгіш талшықтардың жоғалуын болдырмау мүмкін емес, өйткені жарық энергиясының бір бөлігі шашырап, бүктелген жерлерде қабыққа сіңеді.

3.2 Микро иілулер шығындары

Макро иілулерден айырмашылығы, микро иілу кезінде негізгі шығындар микроскопиялық иілулерге әкеледі, олар бірнеше микрон ішінде жергілікті осьтік және бірнеше миллиметр толқын ұзындығына кеңістіктік жасайды. Жалпы себептердің бірі-талшықты буфердің бойлық жиырылуы болады. Бірақ бұл сызбаларды жасаудың нашар әдістерінің немесе кабельдердің өздері, монтаждау және т. б. салдары болуы мүмкін.

Микро иілу көбінесе талшықты-оптикалық құрылыс кезінде пайда болады және табиғи түрде өткізу қабілеттілігін немесе орнату шығындарын есептеу кезінде микро иілу қарастырылады.



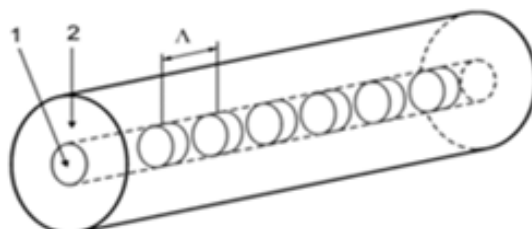
3.2-сурет – Микро иілудегі шығындар

Микро иілуге сезімталдыққа жабынның өлшемдерін өзгерту, жабындардың түрлі-түсті пигменттерінің элементтерінің болуы және талшық осі бойымен өзгертін жабын материалдарының қасиеттеріндегі гетерогенділік сияқты жабынның біркелкілігі әсер етеді [26].

4 Брэгг торларына негізделген иілу деформациясының сенсоры

Соңғы жылдары ғылым мен өнеркәсіпте осы саланың дамуына қарамастан көптеген мәселелер сақталуда, оның ішінде талшықты анықтаудың жаңа принциптерін әзірлеу және пайдалану, Брегг датчиктерін пайдалануды шектейтін негізгі мәселелерді шешу, оның ішінде жоғары температура мен шектен тыс қарқынды иондану.

Талшықты-оптикалық сенсорлардың көптеген түрлерінің ішінде талшықты Bragg торларына негізделген есептегіштер кең таралған брегг торлары - оптикалық талшықтан жасалған тар жолақты, жоғары жиілікті сүзгілер. XX ғасырдан бері жан-жақты зерттелген бұл торлар уақыт өте келе талшықты лазерлер, талшық қуысындағы айналар, оптикалық күшейткіштерде қолданылатын ұзын оптикалық сызықтардағы дисперсиялық компенсаторлар және лазерлік диодты тұрақтандырғыштар ретінде қолданылды. Дегенмен, Брегг толқын ұзындығы негізінен қарқынды эксперименттік белсенділікті қажет ететін ашылу өрісі болып көрінеді, өйткені ол кернеу мен температураға сезімтал. Брегг торлары бірлескен ғылыми-техникалық базаны білдіреді, оның негізінде әртүрлі физикалық әсерлерді (акустикалық, магниттік, температуралық, айналмалы және т.б., талшықты Брегг торлы сенсорлары жоғары вольтты, электрлік кедергілер, жоғары температура, коррозия, және басқа стресстік орталарда қолданылуы мүмкін[27]). Жоғары ажыратымдылықтағы талшықты-оптикалық зондтарға тағы бір тәсіл талшықты лазерді пайдалануға негізделген. штамм өлшегіш (үлестірілген кері байланыс деп те аталады), кейбіреулері фазалық ығысуы бар талшықты Брегг торларынан жасалған, табиғи түрде эрбийден немесе ұқсас жақсартылған талшықтардан. сезімталдық ұзындығы. Бұл шамалы қабылдау кеңейтімі «тиімді тор ұзындығы» деп те аталады, ол талшықты Брегг торының фазасының ауысу сенсорының өткізу қабілетін анықтайтын негізгі параметр болып табылады. Оптикалық Брегг торлары қажетті резонатор құрылымын құрайтын көптеген талшықты лазерлердің аралас бөлігімен ұсынылған.



4.1-сурет – Талшықты Брегг торының құрылымының схемалық көрінісі

1 – талшық өзегі, 2 – жабын (оболочка), Λ – Брегг құрылымының периоды

Бұл құрылымның ерекшелігі - тек тар спектрлік диапазонда жарықты көрсету мүмкіндігі. Негізінде оптикалық талшықтағы Брэгг құрылымы бір өлшемді фотонды кристалл болып табылады. Сондықтан ол үшін Брэгг-Вульф заңы, соған сәйкес шағылған жарықтың резонанстық (Брэгг) толқын ұзындығы есептеледі:

$$\lambda_B = 2n\Lambda \quad (4.1)$$

мұндағы Λ - тордың периоды, n - талшық бойымен таралатын режим үшін орташа (тиімді) сыну көрсеткіші, λ_B - Брэгг толқын ұзындығы деп аталатын шағылысқан жарық ағынының орталық толқын ұзындығы [28].

Сондай-ақ практикалық маңызы бар тордың ені. Классикалық теорияда тордың жалпы ені шағылу коэффициентінің бірінші нөлдерінің арасындағы спектрлік қашықтықпен анықталады.

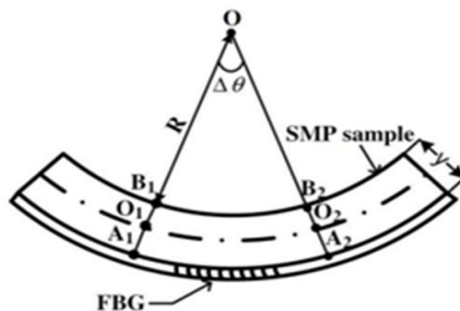
$$\Delta\lambda = \frac{2\lambda_B}{N_B} \sqrt{1 + \left(\frac{k_B}{\pi}\right)^2} \quad (4.2)$$

мұндағы $N_B=L/\Lambda_B$ – тор сызықтарының саны, k_B – байланыс тұрақтысы, немесе тор күші деп аталады, $\Delta\lambda$ – жалпы жарты диапазонның ені [29-30].

4.1 Брэгг торларын иілу деформациясын өлшеу

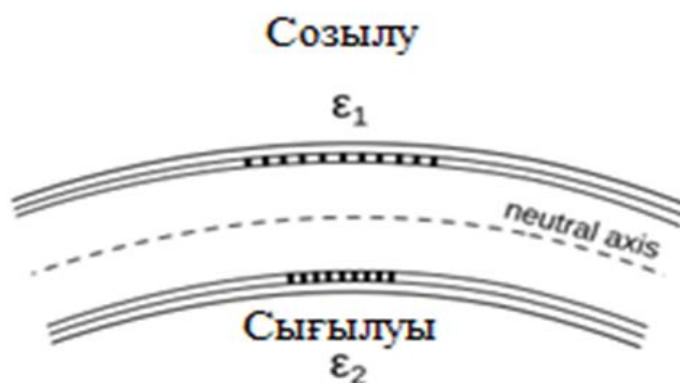
Брегг торларына негізделген талшықты тензометрлер 1 микродеформация деңгейінде жоғары ажыратымдылыққа ие және есептер желісі үшін аз мөлшерде деформациялар мен иілулерді өлшеу тақырыбы өте өзекті. Дегенмен, сызықтық деформацияны өлшеуден айырмашылығы, Брегг сенсорын иілу тензометрі ретінде табиғи түрде пайдалану мүмкін емес, өйткені кәдімгі талшықтың өзегі, демек, Брэгг торының өзі жарық бағыттағышының ортасына орналастырылған, яғни жарық бағыттағыш майысқан кезде сызықтық деформацияларды сезбейтін бейтарап ось. Тиісінше, Брэгг сенсоры талшықтың иілуін анықтамайды. Осылайша, дұрыс жұмыс істеу үшін түрлендіргішті иілудің орталық осінен мүмкіндігінше алыс анықтау керек. Иілу тензометрінің конструкциясы құрылымның қарама-қарсы жағында орналасқан екі сентименталды элементтерді пайдалана отырып, иілуді өлшеудің ерекше принципіне негізделген. Есептегіштердің мұндай орналасуы өлшеу сенімділігін арттыруға және температураның сенсорларға әсерінен арылуға мүмкіндік береді, өйткені деформациялар датчиктер көрсеткіштерінің абсолютті мәндерімен емес, шаманы өлшеу үшін қолданылатын олардың айырмашылығы. Екі бағытта иілудің шамасын өлшеу үшін сенсордың көлденең бөлу жазықтығында тікбұрышты түрде орналасқан кемінде үш метр немесе екі жұп сенсорды пайдалану керек. Иілу деформацияларын өлшеу үшін трансдьюсердің бүйір бетіне бекітілген сенсорлардың сызықтық деформациясына иілу деформациясын беретін

трансдюсерлер негізінде арнайы құрама конструкциялар жасау қажет. Мұндай сенсордың нұсқаларының бірі 4.2 - сурет. Дизайн - бұл сыртқы бетіне орнатылған бекітілген, белгілі қалыңдықтағы пластина немесе өзек Брэгг сенсорлары. Пластинаның қалыңдығы нөлдік емес болғандықтан, пластинаның иілу деформациясы сенсорға сызықтық деформация түрінде беріледі [31]:



SMP Полимер үлгісі

4.2-сурет – Деформацияны өлшеу үшін Брэгг сенсорларын орнатудың мысалы [30]:



4.3-сурет – Деформацияны өлшеудің дифференциалды схемасының жұмыс принципі.

Брэгг датчиктерін пайдалана отырып, оның пішінін үлкен дәлдікпен қайта құруға және сыни деформациялардың орындарын белгілеуге болады. Талшықты жарық өткізгіштің иілуіндегі екі ортогональды датчиктің жалпы деформациясын формула бойынша бағалауға болады.

$$\varepsilon = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{d}{R} \quad (4.3)$$

мұндағы ε_1 және ε_2 - сәйкесінше жоғарғы және төменгі торлардың деформация шамасы (4.3 - сурет), d - өзектер арасындағы қашықтық, R - талшықтың иілу радиусы. Брэгг толқын ұзындығының өзгеруі тұрғысынан λ_B талшықты жарық өткізгіштің Фото серпімділік коэффициентін ескере отырып толқын ұзындығының жалпы өзгеруі Брэгг торларын $\Delta\lambda$ жазуға болады [32]:

$$\Delta\lambda = \frac{\lambda_B(1-p_e)d}{2R} \quad (4.4)$$

4.2 Брэгг торларының жылу кедергісі

Кеңейтілген температуралық спектрде жұмыс істейтін Брэгг торларының қажетті параметрлерінің бірі олардың термиялық тұрақтылығы болып табылады, өйткені жоғары температураның әсер ету кезінде және одан кейін бастапқы сипаттамаларын сақтау мүмкіндігі. Жағдайлардың басым көпшілігінде оптикалық талшықтардың жұмыс режимі 85 °С аспайды, бұл осы мақсаттар үшін акрилатты қорғаныс жабыны бар қарапайым оптикалық талшықтарды пайдалануға мүмкіндік береді. Дәл осындай талап жоғары температурада жұмыс істемейтін Брэгг торларына да қатысты. Бірақ мұндай операциялық келісімдермен де, бірқатар тапсырмалар үшін, шамамен жоғары дәлдіктегі сенсорлар үшін тор параметрлерін қосымша тұрақтандыру қажет. Температура тәртібі көрсетілген мәндерден жоғары болатын тапсырмалар үшін арнайы ыстыққа төзімді жабыны бар оптикалық талшықтарды, шамамен полимидті лак немесе металды қолдану керек [33-34]. Жоғары термиялық тұрақтылықты қамтамасыз етудің кеңінен талқыланатын жолы регенерацияланған Брэгг торларын жасау болып табылады. Өзегінде молекулалық сутегімен жазылған Брэгг торлары өте жоғары температурада термиялық күйдіріледі, нәтижесінде 1000°С тұрақты болып қалатын тор пайда болады. Алайда мұндай торлардың шағылысу деңгейі табиғи түрде төмен және оларды жасаудың дамуы өте қиын, сондықтан олар нақты практикалық қолдануды таба алмады, тек зертханалық экспонаттар қалды. Басқа тең келісімдер бойынша олардың өзгерістерінің мәні индукцияланған көрсеткіштің термиялық тұрақтылығына байланысты сыну болып көрінеді. Сондықтан ұзақ уақыт ағынында төмен температурада да жұмыс істеу үшін Брэгг торының термиялық тұрақтылығын жабу қажет[35].

4.3 Жүйелерге арналған талшықты-оптикалық температура сенсоры электр жабдықтарын жылудан қорғау

Температураны қорғауды ұйымдастыру үшін енгізілген датчиктердің көмегімен температураны тікелей бақылайтын жүйелер қарастырылады. Талшықты-оптикалық температура датчиктері диэлектрлік толқын өткізгіштер болып табылатын оптикалық талшықтардың сигнал беру

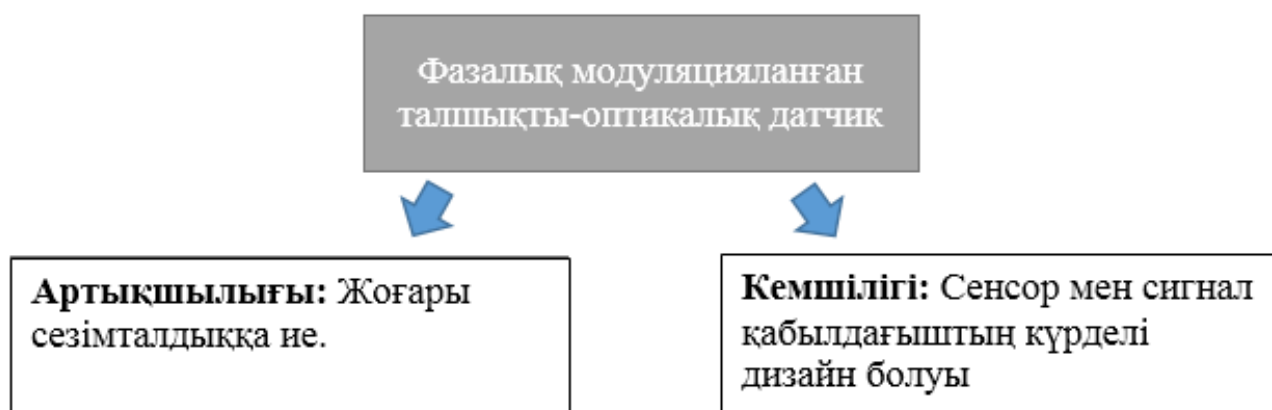
арналары ретінде қолданылуына байланысты электромагниттік өрістердің әсеріне ұшырамайды.

Әсер ету принципі бойынша талшықты-оптикалық датчиктерді екі топқа бөлуге болады:

1. Біріншісіне белгіленген бұзылу, соның ішінде температура оптикалық талшыққа тікелей әсер ететін датчиктер жатады. Сәулеленудің фазалық модуляциясы бар датчиктер мен поляризациялық датчиктер әсіресе таныс.

2. Екінші топқа сыртқы сәулелену модуляциясы бар датчиктер кіреді, қазіргі кезде модулятор тікелей талшықты-оптикалық желіде орналасқан. Модулятор ретінде химиялық индикаторлар, флуоресцентті заттар, талшықты Брэгг торлары қолданылуы мүмкін.

Фазалық модуляцияланған талшықты-оптикалық датчиктерде бекітілген бұзылыстың әсерінен талшық арқылы өтетін сәулеленудің фазасының өзгеруі жазылады. Сәулелену фазасының ығысу шамасын өлшеу интерферометрдің көмегімен орындалады.



4.4-сурет – Фазалық модуляцияланған талшықты –оптикалық датчик

Жоғарғы температураның әртүрлі мәндері бар жұмыс заттарын пайдалану қажетті іске қосу температурасы бар сенсорды құруға мүмкіндік береді. Мысал ретінде 4.1 – кестеде келтірілген. Жылу температурасы оларды $Y, A, E, B, F, H, 200, 220, 250$ электр оқшаулағыш материалдарының жылуға төзімділік кластары бар ток өткізгіш бөліктерді термиялық қорғау үшін датчиктерде пайдалануға мүмкіндік беретін бірқатар поликристалды заттар келтірілген [36-38].

Кесте 4.1 - Электр оқшаулағыш материалдардың қызуға төзімділік кластары және оларға балқу температурасы бойынша сәйкес келетін жұмыс заттарының түрлері көрсетілген

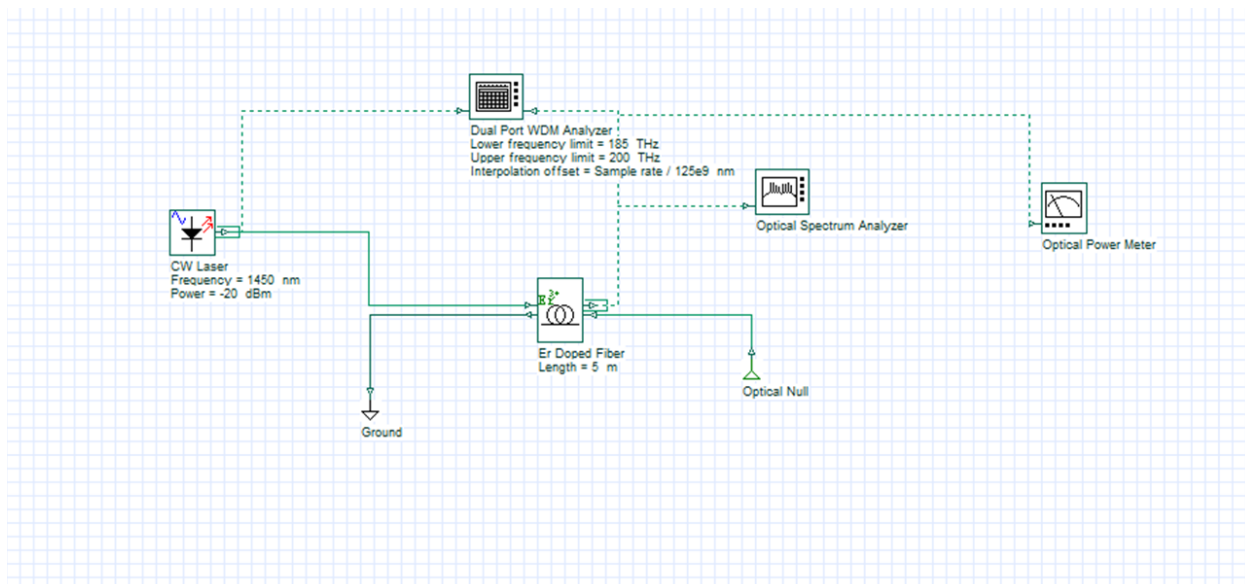
№	Электр оқшаулау жылуға төзімділік класы материалдар	Осы сыныптағы материалдардың қызуға төзімділігін сипаттайтын Температура, °С	Жұмыс заты	Жұмыс затының балқу температурасы, °С
1	<i>Y</i>	90	1,4 дибромбензол	87,5
2	<i>A</i>	105	Гидрокориц қышқылы	101,5
3	<i>E</i>	120	Кәріптас ангидридi	119,6
4	<i>B</i>	130	Карбамид	129-134
5	<i>F</i>	155	пара-Нитроанилин	149
6	<i>H</i>	180	α – Камфора	178,4
7	200	200	Лактоза	200
8	220	220	Антрацен	216
9	250	250	Глицин	247,2

4.4 OptiSystem қолданбалы бағдарламасы арқылы оптоэлектрондық түрлендірусіз оптикалық сигналдың қуатын (амплитудасын) температураға тәуелділігін модельдеу және нәтижелер алу

Қазіргі таңда зерттеу нәтижелеріне қол жеткізу оңтайланды осыған орай OptiSystem бағдарламасы - оптикалық байланыс жүйелерін модельдеудің өсіп келе жатқан пакеті, ол телевизиялық жүйелерден бастап магистральдық жүйелерге дейінгі оптикалық желілердің кең спектрінің физикалық дәрежесінде оптикалық желілердің барлық нұсқаларын әзірлеу, сынау және виртуалды оңтайландыру тақырыптарын есептеуге мүмкіндік береді.

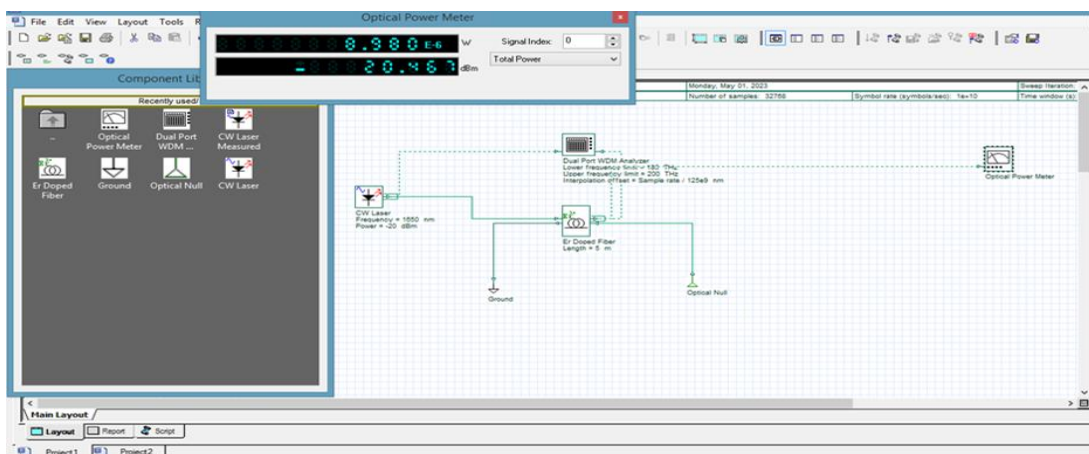
Бұл схемада оптикалық сигнал қуатының температурға тәуелділігі жайлы моделі қолданылды. (2.3 Сурет)

- CW Laser - үздіксіз толқынды (CW) лазер;
- Er Doped Fiber - эрбий иондарымен легирленген оптикалық талшыққа негізделген талшықты-оптикалық күшейткіш;
- Optical spectrum analyzer- Оптикалық спектрдің анализаторы;
- Dual port wdm analyzer - қос порт wdm анализаторы;
- Ground – жерлендіру (заземление)
- Optical nul – оптикалық нөл

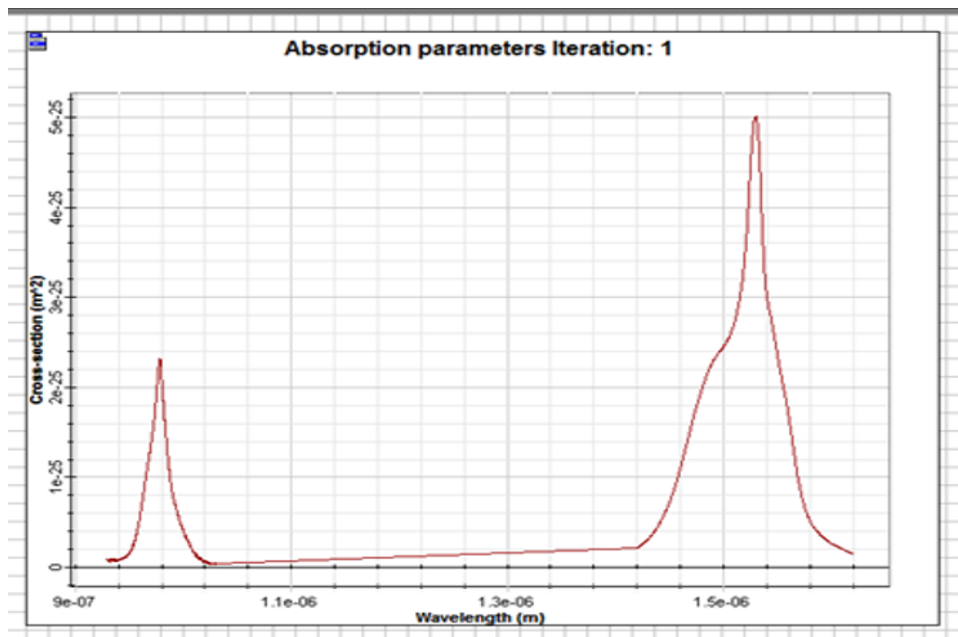


4.5-сурет – Оптикалық сигналдың қуатын температураға тәуелділігі жалпы сұлбасы

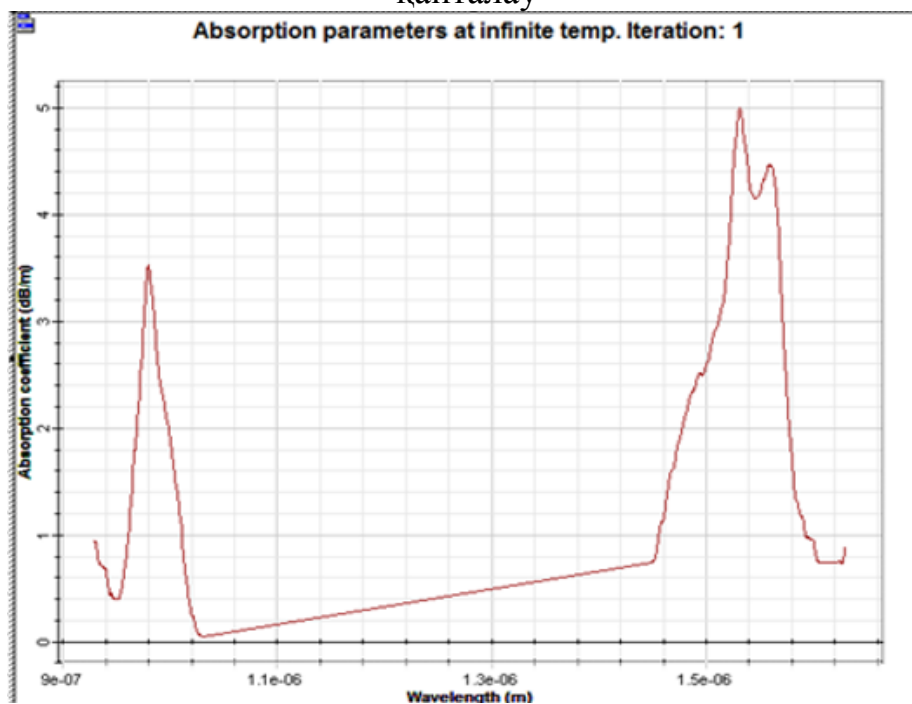
EDFA - дағы температураның өзара тәуелділігі және (немесе σ_a және σ_{e1} сәулеленуінің көлденең қималары) сіңіру коэффициенттерінің өзгеруі арқылы көрінеді. Мұнда температураға тәуелділіктің нәтижесін көрсету, температураны қолдана отырып модельдеу жүргізіледі және әр нәтижеде EDFA сіңіру коэффициентін сипаттау әдісі қолданылады.



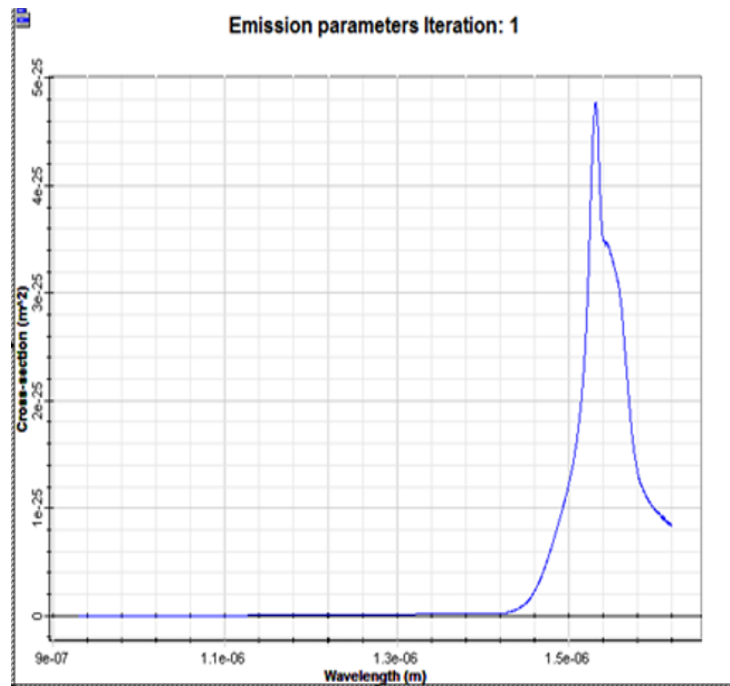
4.6-сурет – Жалпы опикалық қуатты өлшеу



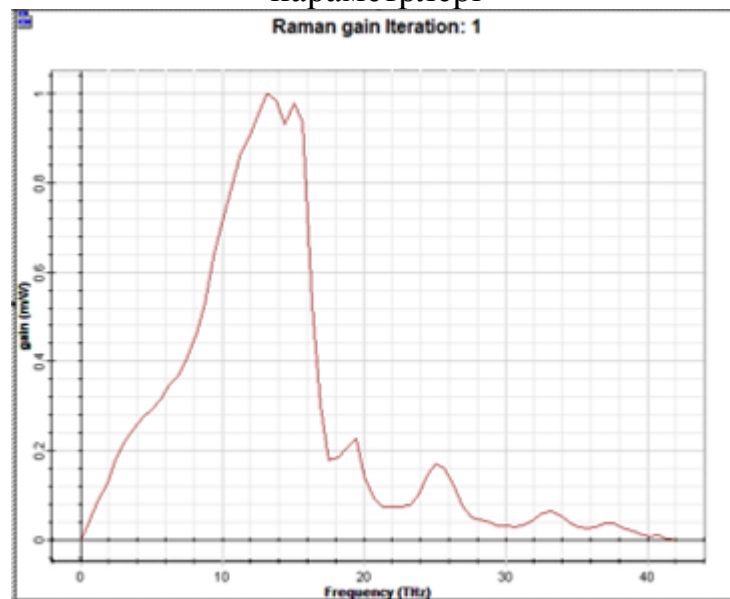
4.7-сурет – Көлденең қима мен толқын ұзындығының сіңіру параметрлерін қайталау



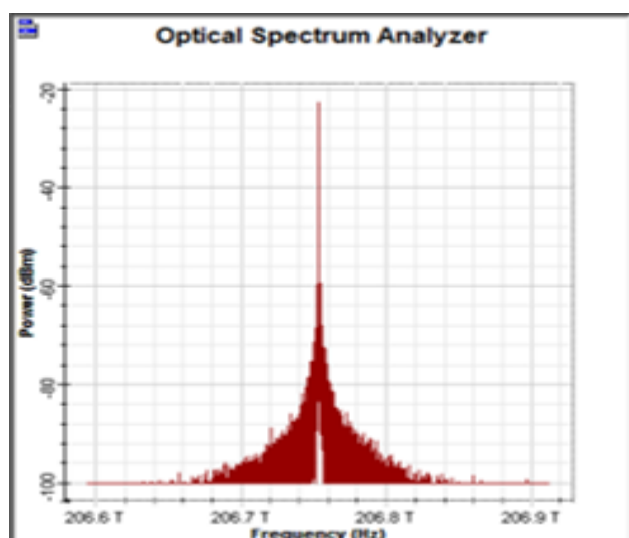
4.8-сурет – Тұрақты температура кезіндегі жұтылу коэффициентінің графигі



4.9-сурет – Көлденең қима мен толқын ұзындығының сәулелену параметрлері



4.10-сурет – Раман шашырауы кезіндегі жиілік пен күшейту графигі



4.11-сурет – Сигналдың оптикалық спектр анализаторы

4.5 Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде талшықты оптикалық байланыс кабелінің бетонмен әсері

Қазіргі уақытта байланыс саласында сонымен қатар мұнай саласында және шахталық жұмыстарда оптикалық байланыстармен жұмыс жасау актуалды. Бетон төсемінің беріктігін бұзбайтын сынаудың болашақ технологиялары біршама күрделілікке ие және белгілі бір көлемдегі қымбат дайындық жұмыстарын талап етеді.

Импульстік әсер және т.б. бірақ мұндай әдістер көп уақытты қажет етеді және деформацияларды алдын ала анықтауға кепілдік бермейді.

Бетон төсемінің ақауларын бақылау процедурасын әзірлеу идеясы басқару жүйесінде сезімтал компонент және сенсор ретінде телекоммуникациялық бір модальды оптикалық талшықты пайдалануды қамтиды. Механикалық әсерден талшықта оның өзегі арқылы өтетін режимдік жарықтың (фаза, жиілік, қарқындылық) қасиеттерінің өзгеруіне әкелетін механикалық әрекетті қабылдайды, барлық өзгерістер шығысындағы бір жиынға бекітіледі. Фотоқабылдағыш құрылғылар арқылы сигналдарды өңдеуге және шешім бақылауға болады.



а)



б)

4.12-сурет – а) Бірмодалы кабел ; б) бірмодалы деформацияланған кабел

Сипаттамасы:

Сыртқы диаметрі 3мм

Шағылысу аз

Жақсы алмасу мүмкіндігі

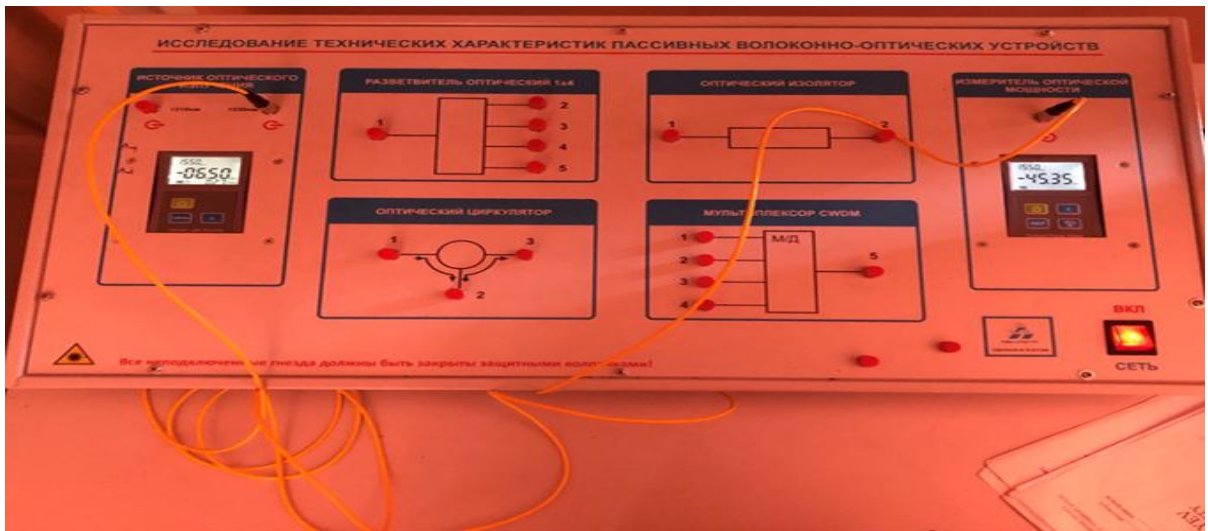
Жоғарғы температураға тұрақтылығы

Қолдану аясы: Абоненттік теледидар, LAN, FTTH

Эксперименттік жұмыстарға қажетті материалдар, құрылғылар мен құралдар:

1. Оптикалық сымдар;
2. Оптикалық сәулелену көзі 1310 нм;
3. Оптикалық сәулелену көзі 1550 нм;
4. Оптикалық қуат өлшегіш

Ең алдымен экспериментті жүргізбес бұрын техника қауіпсіздік ережелерін сақтаймыз. Қосылмай тұрған ұшықтардың жабық екеніне көз жеткізіп зерттеулерге кірісеміз. Бірінші деформацияға ұшырамаған бетондалмаған бірмодалы кабелдің оптикалық қуатын өлшеп аламыз.



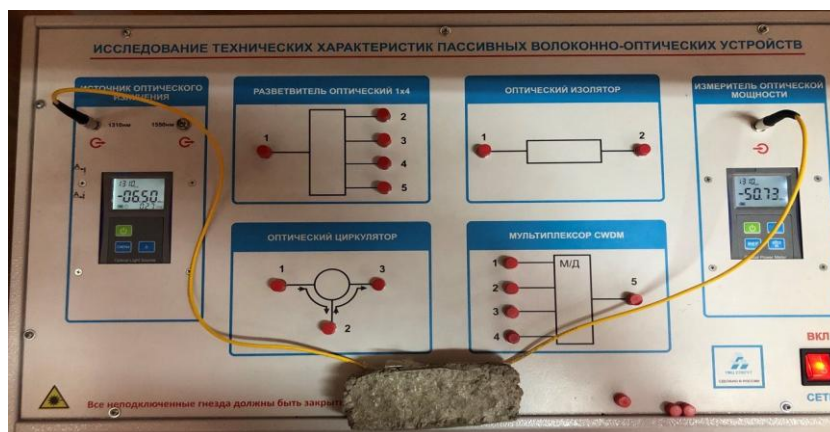
4.13-сурет – Оптикалық деформацияға ұшырамаған кездегі оптикалық қуатын есептеу

Кесте 4.2 - 1310нм толқын ұзындығындағы нәтижелер

Кіріс 1310нм	Шығыс 1310нм
0.27kHz – 6.50dBm	47.35 dBm
100kHz – 6.50dBm	47.45 dBm
200kHz – 6.50dBm	47.53 dBm

Кесте 4.3 - 1550нм толқын ұзындығындағы нәтижелер

Кіріс 1550нм	Шығыс 1550нм
0.27kHz – 6.50dBm	45.35dBm
100kHz – 6.50dBm	45.45 dBm
200kHz – 6.50dBm	45.56dBm



4.14-сурет – Оптикалық деформацияға ұшыраған кездегі оптикалық қуатын есептеу

Кесте 4.4 - 1310нм толқын ұзындығындағы нәтижелер

Кіріс 1310нм	Шығыс 1310нм
0.27kHz – 6.50dBm	50.73dBm
100kHz – 6.50dBm	50.87 dBm
200kHz – 6.50dBm	51.04dBm



4.15-сурет – Оптикалық деформацияға ұшыраған кездегі оптикалық қуатын есептеу

Кесте 7.4 - 1550нм толқын ұзындығындағы нәтижелер

Кіріс 1550нм	Шығыс 1550нм
0.27kHz – 6.50dBm	47.03dBm
100kHz – 6.50dBm	47.13 dBm
200kHz – 6.50dBm	47.24dBm

Қорытындылау: Бұл зерттеулерді жүргізу арқылы біз оптикалық кабелдің қандайда бір деформацияға ұшыраған кездегі оптикалық қуатын анықтадық. Яғни сигналды тарату барысында неғұрлым тербеліс жиілігі артқан сайын оптикалық деректерді беру жүйелеріндегі қуат бірлігінің артқанын байқаймыз.

Осы зерттеулерді жалғастыра отыра келсі зерттеудің мақсаты талшықты-оптикалық байланыс жүйелерін құрудың негізгі физикалық принциптері туралы, талшықты-оптикалық және лазерлік өлшеу жүйелерінде оптикалық байланыс кабелінің ішкі структурасын зерттеу және деформацияланған кабелді зерттеу.

Эксперименттік жұмыстарға қажетті материалдар, құрылғылар мен құралдар:

- Жарық сәулесін қоректендіру блогы яғни электронды қоректендіру көзі;

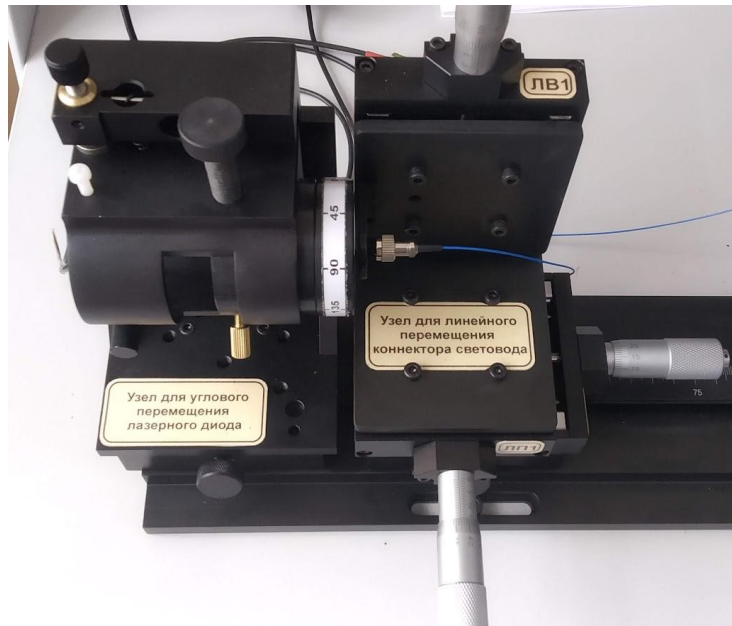
- лазерлік диод LD;
- ЮУ1 және ЮУ2 реттеу құрылғылары;
- бірмодалы талшықты жарық бағыттаушы;
- БВС желісін таңдау блогы

1. Ең алдымен сызықтық қозғалысты жүзеге асыратын түзету құрылғысының түйініне талшықты жарық өткізгішін бекіттім;

1.1.Түзету құрылғысы микрометр бұрандасын пайдаланып сызықтық қозғалысты орындайтын құрылғыны ең сол жаққа жылжыттым;

1.2. Жарық бағыттағышын 2, 3 тақталардағы тесіктерден өткіздім;

1.3. Оправкадағы FC талшық қосқышын қосқыштың бекіту бұрандасын бұрап бекіттім;



4.16-сурет – Түзету құрылғысының торабы

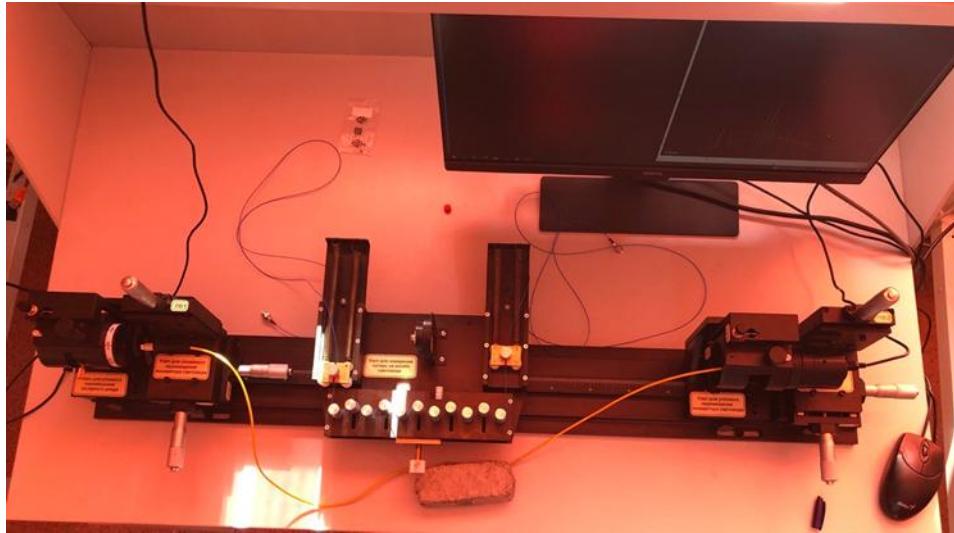
2. Жарық бағыттағышының шығыс ұшын бұрыштық қозғалысты орындайтын ЮС2 реттеу құрылғысының жинағына бекіттім;

2.1.LPR2 микрометр бұрандасын пайдаланып, сызықтық қозғалысты орындайтын жинақты нақтыладым;

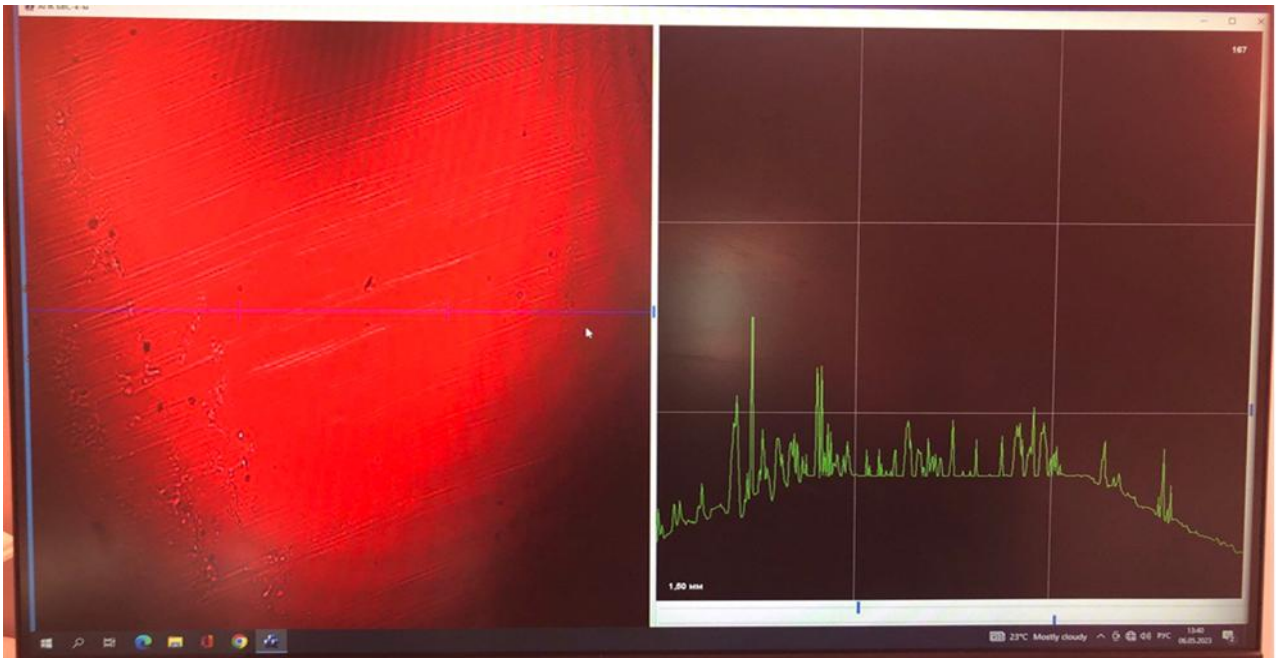
2.2. FC талшық қосқышын қосқыштың бекіту бұрандасын бұрап бекіттім;

2.3. Бекіткіш қысқышқа салыңыз және бұйра гайканы қатайту арқылы бекіттім.

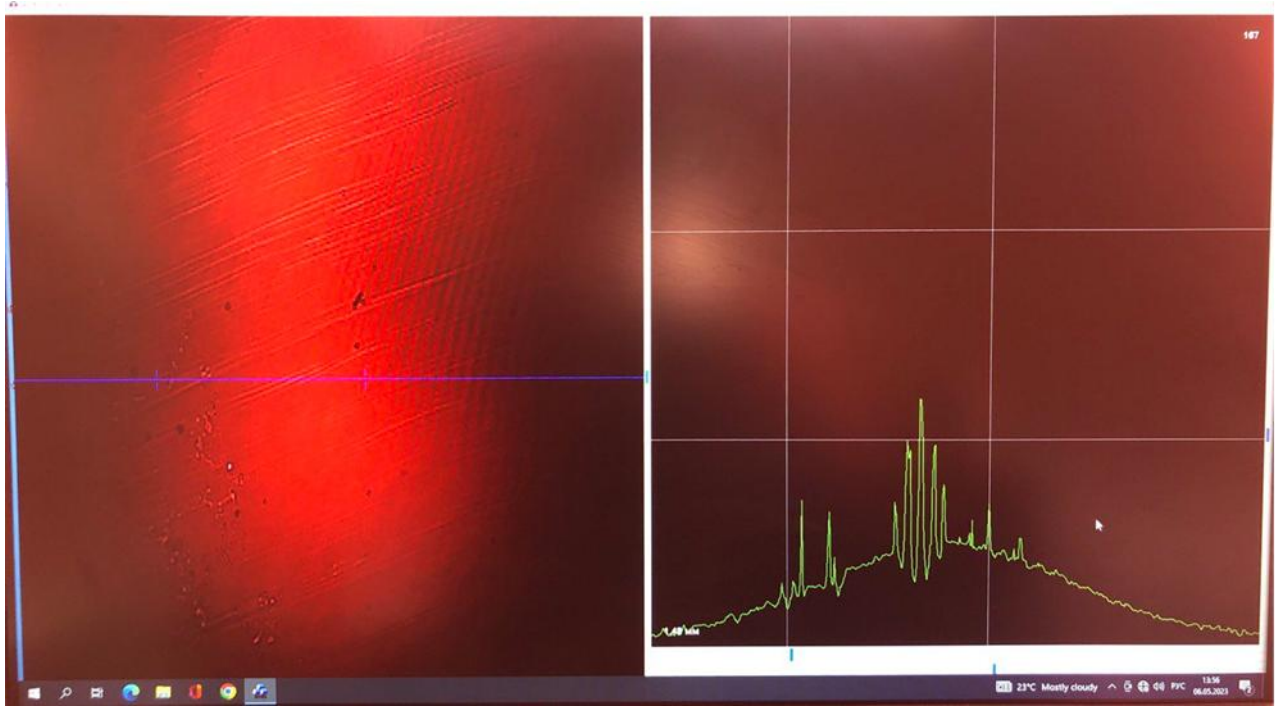
3. Орнату: БПИ алдыңғы панеліндегі сорғы тоғын реттеуге арналған потенциометрдің көмегімен сағат тіліне қарсы күйге қойдым. Түймелі қосқыш арқылы айдау тоғының өзгеру шектерінің - 50 мА жағдайына орнатып қосылатын кабельді пайдаланып, LD БПИ-ге қостым. Қосылым блоктық бөлігі алдыңғы панельде орналасқан PC 4 теледидар қосқышы арқылы жүзеге асырылады. БПИ құрылғысының алдыңғы панеліндегі «қосқыш» ауыстырып қосқышын қостым. (7.9 сурет)



4.17-сурет – Деформацияланған оптикалық кабелдің ішкі құрылымын зерттеу



4.18-сурет – Оптикалық талшықтың монитордағы осциллограммасы



4.19-сурет – Деформацияланған оптикалық талшықтың монитордағы осциллограммасы

Салыстыру үшін бетонмен деформацияланған оптикалық талшық сигнал беру құрылымына әсер ететінін көруге болады. Камералық байланысты монитор экранындағы дақтарды жабуды және осциллограммадағы оның импульсін азайту үшін УВ1 және УВ2 микрометриялық бұрандалардың көмегімен талшықты енгізудің бұрыштық маңыздылығын анықтауға болады. Бұл жағдайда біз линзаның фокустық аймағының, сондай-ақ талшық кіре берісіндегі жазықтықтың қайталануын түзете аламыз

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеуге арналған. Жұмыстың нақтылау үшін екі эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Жалпы әдеби шолуда қарастырылған көптеген зерттеулер көре аламыз. Температуға әсері мен деформацияға ұшыраулары туралы эксперименттік жұмыстар қарастылып жасалынды. Экперименттік нәтижелерді опиткалық қуатын анықтау сол бетонмен әсері кезіндегі ішкі құрылымын зерттеу кезінде арнайы зертханалық құрылғылар пайдаланылды. Зерттеу нәтижелері алынды және OptiSystem бағдарламасында, оптикалық сигналдың қуатын температураға тәуелділігі сұлбасы жинап керекті графиктерге қол жеткіздім. Нәтижесінде: неғұрлым температура жоғарлаған сайын сигнал әлсірейді яғни шектік нормалардан аспауы қажет деформацияға ұшырау барысында салыстыра отырып байқай аламыз бетонның әсерінен деформацияға ұшыраған опикалық талшықтың сигнал тарату құрылымына әсер ететінін байқадым. Оптикалық қуатын анықтау кезінде сигналды тарату барысында неғұрлым тербеліс жиілігі артқан сайын оптикалық деректерді беру жүйелеріндегі қуат бірлігінің артқанын байқаймыз.

ПАЙДАЛАНЫЛГАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Hill K. O., Fujii Y., Johnson D. C., Kawasaki B. S. Photosensitivity in optical fiber waveguides: Application to reflection filter fabrication // *Applied physics letters*. – 1978. – V. 32. – N 10. – P. 647-649.
2. Yiming, Z. A fiber bragg grating-based monitoring system for roof safety control in underground coal mining / Z. Yiming, Z. Nong, S. Guangyao // *Sensors*. — 2016. — V. 16. — Pp. 112-117.
3. Chunde, P. Application of distributed optical fiber sensing technology in the anomaly detection of shaft lining in grouting / P. Chunde, Y. Jun, S. Bin, L. Haijun, W. Guangqing, G. Chunsheng // *Journal of Sensor*. — 2015. — V.20. — Pp. 163–169.
4. Liu, T. Advances Of Optical Fiber Sensors For Coal Mine Safety Monitoring Applications / T. Liu, Y. Wei, G. Song, Y. Li, J. Wang, Y. Ning, Y. Lu // *Proceedings of the 2013 International Conference on Microwave and Photonics*. — 2013. — Pp. 102- 111.
5. Perez-Herrera, R.A.; Lopez-Amo, M. Multi-Wavelength Fiber Lasers. In *Current Developments in Optical Fiber Technology*, 1st ed.; Harun, S.W., Arof, H., Eds.; IntechOpen: London, UK, 2013.
6. Dath, C. A. B., & Faye, N. A. B. (2020). Resilience of long range free space optical link under a tropical weather effects. *Scientific African*, 7, e00243. doi:10.1016/j.sciaf.2019.e00243
7. Bing, F.; Xuefang, Z.; Zengyang, L.; Yu, Z.; Tianshu, W. Experimental Research on an L-Band Multi-Wavelength Erbium-Doped Fiber Laser based on a Cascaded Sagnac Loop and M–Z Filters. *Laser Phys*. 2019, 29, 065102
8. Pinto, A.M.R.; Frazão, O.; Santos, J.L.; Lopez-Amo, M. Multiwavelength Fiber Laser based on a Photonic Crystal Fiber Loop Mirror with Cooperative Rayleigh Scattering. *Appl. Phys. B* 2010, 99, 391–395.
9. Bertholds, A. and Daendliker, R. Determination of the individual strainoptic coefficients in single-mode optical fibers// *Journal of Lightwave Technol.*, 1988, 6, 17–20.
10. Волоконно-оптический датчик температуры для систем тепловой защиты электрооборудования. Матюшечкин Н. А., Белов Ю. Г., Болонина А. А., Кочеганов Д. М., Абузьяров Т. Х., 2018. УДК 681.586.5
11. Е.Н. Каблов, Д.В. Сиваков. Применение оптического волокна в качестве датчиков деформации в полимерных композиционных материалах. ВИАМ/2009.
12. Perez-Herrera, R.A.; Lopez-Amo, M. Multi-Wavelength Fiber Lasers. In *Current Developments in Optical Fiber Technology*, 1st ed.; Harun, S.W., Arof, H., Eds.; IntechOpen: London, UK, 2013.
13. Lv, B.; Zhang, W.; Huang, W.; Li, F. Switchable and Compact Dual-Wavelength Random Fiber Laser based on Random Bragg Grating Array. *Opt. Fiber Technol*. 2022, 70, 102858.

14. Quintela, M.A.; Perez-Herrera, R.A.; Canales, I.; Fernandez-Vallejo, M.; Lopez-Amo, M.; Lopez-Higuera, J.M. Stabilization of Dual-Wavelength Erbium-Doped Fiber Ring Lasers by Single-Mode Operation. *IEEE Photon. Technol. Lett.* **2010**, *22*, 368–370
15. Турицын С.К., Бабин С.А., Чуркин Д.В., Ватник И.Д., Никулин М., Подивилов Е.В. Волоконные лазеры со случайной распределенной обратной связью // *ФММ. Реп.*, т. 2, с. 542, нет. 2, стр. 133-193, сентябрь 2014 г
16. R. Olshansky and D. A. Nolan, Mode Dependent Attenuation of Optical Fibers: Excess Loss, *Appl. Opt.* **15**, 1045-1047 (1976)
17. D. B. Kees, in *Optical Fiber Waveguides*, M. K. Varnoski, Ed., Academic Press, New York, 1980.
18. Волоконно-оптические датчики температуры. А.Р.Галимова, Е.Е.Галимуллина, Р.Д.Голкова, Н.А.Усов // *Научно-исследовательский журнал*, 2017.
19. Перспективные оптоволоконные датчики и их применение / С.М. Качура. И. Постнов // *Труды ВИАМ*, 2019.
20. Steam-assisted gravity drainage. [электронный ресурс] URL:https://en.wikipedia.org/wiki/Steam-assisted_gravity_drainage. Дата обращения 15.03.2020.
21. Fiber-Optic Distributed Temperature Sensors Help Extend Well Life and Increase Re-covery [электронный ресурс]. Дата обращения 15.03.2020. URL: <https://www.slb.com/resource-library/case-study/co/wellwatcher-briteblue-canada>
22. Cheng-Yu H, Yi-Fan Z, Guo-Wei L, et al. Recent progress of using brillouin distri-buted fiber sensors for geotechnical health monitoring. *Sens Actuators*. 2017. DOI: 10.1016/j.sna.2017.03.017
23. Kim, S.T. A Sensor-Type PC Strand with an Embedded FBG Sensor for Monitoring Prestress Forces / S.T. Kim, Y.-H. Park, S.Y. Park, K. Cho, J.-R. Cho // *Sensors*. — 2015. — Vol.15, no.1. — Pp. 1060-1070.
24. Буймистряк, Г. Волоконно-оптические датчики для экстремальных условий / Г. Буймистряк // *Control Engineering Россия*. — 2013. — №3 (45). — С. 34–40
25. Ding, M. Basics of Optical Fiber Measurements / M. Ding, D. Fan, W. Wang, Y. Luo, G.-D. Peng // *Handbook of Optical Fibers*. — 2018. — 39 p
26. Malcolm Johnson *Optical fibres, cables and systems* / Gastone Bonaventura – ITU-T Manual, 2016. – 324 с.
27. Васильев С. А., Медведков О. И., Королев И. Г., Божков А. С., Курков А. С., Дианов Е. М. Волоконные решетки показателя преломления и их применения // *Квантовая электроника*. – 2005. – V. 35. – N 12. – P. 1085-1103
28. Варжель С. В. Волоконные брэгговские решетки // *СПб: Университет ИТМО*. – 2015. – P. 6-8.
29. Kashyap R. *Fiber bragg gratings*. Academic press, 2009
30. Othonos A. *Fiber bragg gratings* // *Review of scientific instruments*. – 1997. – V. 68. – N 12. – P. 4309-4341.

31. Li P., Yan Z., Zhou K., Zhang L., Leng J. Monitoring static shape memory polymers using a fiber Bragg grating as a vector-bending sensor // *Optical Engineering*. – 2013. – V. 52. – N 1. – P. 014401
32. MacPherson W. N., Silva-Lopez M., Barton J. S., Moore A. J., Jones J. D. C., Zhao D., Zhang L., Bennion I., Metje N., Chapman D. N. Tunnel monitoring using multicore fibre displacement sensor // *Measurement Science and Technology*. – 2006. – V. 17. – N 5. – P. 1180.
33. Stolov A. A., Simoff D. A., Li J. Thermal stability of specialty optical fibers // *Journal of lightwave technology*. – 2008. – V. 26. – N 20. – P. 3443-3451
34. Волошин В. В., Воробьев И. Л., Иванов Г. А., Исаев В. А., Ленардич Б., Колосовский А. О., Попов С. М., Чаморовский Ю. К. Потери на поглощении света при высоких температурах в оптических волокнах с покрытием из алюминия или меди // *Радиотехника и электроника*. – 2011. – V. 56. – N 1. – P. 103-110.
35. Матрица цифровых сенсоров - электронная система сканирования параметров деформации следующего поколения // *Контрольноизмерительная техника*. – М.: Энергоатомиздат, 1997. - С. 13-14.
36. Бусурин, В. И. Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения / В. И. Бусурин, Ю.Р. Носов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.
37. Optical fiber sensors using wave length modulation and simplified spectral analysis [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0022-3735/17/12/035>
38. Зак, Е. А. Волоконно-оптические преобразователи с внешней модуляцией / Е.А. Зак. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.

Ғылыми жетекшінің пікірі

Дипломдық жұмыс

Әмір Азисхан Әшімханұлы

6B06201- Телекоммуникация

Тақырыбына: Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу

Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсор зерттеуге арналды.

Температурамен деформацияны анықтау барысында мәселелерін анықтау оларға жалпы түсініктемелер қарастырылды. OptiSystem қолданбалы бағдарламасы арқылы оптикалық сигнал қуатының температураға тәуелділігі анықталып анализдер жүргізілді. Арнайы зертханалық жұмыстар жүргізіліп нәтижелер алынды.

Бірінші бөлімде жұмыстың негізі талаптары мен тақырыптары анықталды.

Екінші бөлімде кері шашырау рефлекторы көмегімен қос толқын ұзындығы С-диапазонды эрбиум қосылған талшықты лазерлер және деформациялану және температурасын өлшеу туралы жалпылама қарастырылған.

Үшінші және төртінші бөлімде талшық-оптикалық анықтауды басқару жүйесі геотехникалық саласында макро және микро иілу шығындары және брэгг торларына негізделген иілу деформациясының сенсорлары деформациясын өлшеу, жылуға төзімділігі туралы талдау жүргізілді.

Бесінші бөлімде талшықты-оптикалық температура сенсоры электр жабдықтарын жылудан қорғау және төзімділігі бойынша нақтыланған.

Алтыншы және жетінші бөлімде OptiSystem қолданбалы бағдарламасы арқылы сигнал қуатының температураға тәуелділігі модельдеу және арнайы оптика-талшықты кабелдің бетонмен әсері туралы зертханалық жұмыстар жүргізілді.

Студент Әмір Азисхан өздігімен жұмыс істей алатынын көрсетті.

Жалпы дипломдық жұмысты "100/A/ өте жақсы", деп бағалап, ал студент Әмір Азисхан 6B06201-Телекоммуникация мамандығы бойынша «бакалавр» біліктілігіне сай.

Ғылыми жетекші

ЭТЖТ каф. PhD докторы,
қауымдастырылған профессор
Н.К.Смайлов
2023 ж.

ҚазҰТУ 704-21 Ү. Пікір



СЫН - ПІКІР
дипломдық жұмыс

Әмір Азисхан Әшімханұлы

6B06201- Телекоммуникация

Тақырыбына: **Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу**

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Бұл жұмыста температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу сонымен қатар басты факторлар туралы зерттеуге арналған. Дипломдық жұмыс төмендегі бөлімдерден тұрады.

Бірінші бөлімде ғылыми тәжірбиелермен басты бағыттары және жалпы түсініктер анықталды. Заманауи талаптармен әсер ету принциптері қарастырылды.

Екінші бөлімінде нақтылау барысында кері шашырау рефлекторы көмегімен қос толқын ұзындығы С-диапазонды эрбиум қосылған талшықты лазерлер және деформациялану және температурасын өлшеу туралы қарастырылған.

Үшінші және төртінші бөлімде талшық-оптикалық анықтауды басқару жүйесі геотехникалық саласында және өнеркәсіптік салаларда макро және микро иілу шығындары және брэгг торларына негізделген иілу деформациясының сенсорлары деформациясын өлшеу, жылуға төзімділігі туралы талдау жүргізілді.

Бесінші бөлімде талшықты-оптикалық температура сенсоры электр жабдықтарын жылудан қорғау және төзімділігі бойынша нақтыланған.

Алтыншы және жетінші бөлімде OptiSystem қолданбалы бағадарламасы арқылы сигнал қуатының температурға тәуелділігі модельдеу және лабораториялық стендтерді пайдаланып талшықты оптикалық байланыс кабелінің бетонмен әсері кезіндегі деформацияға ұшыраған нәтижелерін алу зерттелген.

Дипломдық жұмыс 96/А/ «өте жақсы» деген бағамен аяқталды, ал студент Әмір Азисхан 6B06201-Телекоммуникация мамандығы бойынша «бакалавр» дәрежесіне лайық.

Рецензент

Алматы энергетика және байланыс университеті

Т. Ғ. Д профессор

 Якубова М.З.

« 2 » сәуір 2023 ж.

КазНИТУ 704-21 Ү. Сын пікір



**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: Әмір Азисхан Әшімханұлы

Тақырыбы: Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу

Жетекшісі: Нуржигит Смайлов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 3.3

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 1

Әріптерді ауыстыру: 7

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 10

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:

2023-06-01

Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әмір Азисхан Әшімханұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 3.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 10

Знаки из здругих алфавитов: 7

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:

2023-06-01

Дата

Сұңғат Марксұлы



проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Әмір Азисхан Әшімханұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Температура мен деформацияны анықтайтын екі толқынды талшықты лазерлік сенсорды зерттеу

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 3.3

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 10

Знаки из здругих алфавитов: 7

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:

2023-06-01

Дата

Заведующий кафедрой

