

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Оразай Әсем

«Талшықты-оптикалық температура датчигі»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Алматы 2022

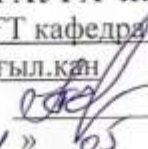
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ
ЭТжҒТ кафедрасы меңгерушісі
техн. ғыл. қан


Е. Таштай
« 21 » 05 2022 ж.

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС


Тақырыбы «Талшықты-оптикалық температура датчигі»

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникация мамандығы

Орындаған:

Ә.М Оразай

Пікір беруші
ҚазҰАЗУ, PhD докторы,
Энергия үнемдеу және
автоматика кафедрасы меңгерушісі


Молдажанов А. К.
« 24 » 05 2022 ж.

Ғылыми жетекші
ҚазҰТЗУ, PhD докторы,
ЭТжҒТ каф. қауымдастырылған
профессоры


Н.К. Смайлов
« 21 » 05 2022 ж.

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И Сәтпаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

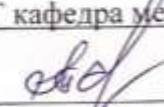
Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

5B071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар

техн.ғыл.кан

БЕКІТЕМІН
ЭТ ж ҒТ кафедра меңгерушісі


Е.Таштай
« 21 » XII 2022 ж

Дипломдық жұмыс орындауға ТАПСЫРМА

Білім алушы Оразай Әсем Маратқызы

Тақырыбы «Талшықты-оптикалық температура датчигі».

Университет ректорының « 24 » 12 2022ж. № 16 бұйрығымен бекітілген Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «26» 04.2022ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: 1. ГОСТ Р 59165-2020 Оптика және фотоника. Талшықты-оптикалық датчиктер. Талшықты Брагг торына негізделген температура сенсорлары. Жалпы техникалық талаптар және сынау әдістері. 2. ГОСТ Р 59166-2020 Оптика және фотоника. Температура датчиктері талшықты-оптикалық таратылған. Сынақ әдістері 3. ГОСТ Р 59088-2020 Оптика және фотоника. Талшықты-оптикалық датчиктер. Жіктелуі
Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

- а) Талшықты – оптикалық сенсордың жұмыс принципі және түрлері
- ә) Брагг торына негізделген температура датчиктері
- б) Өлшеу жүйесінің құрылымы
- в) Талшықты – оптикалық датчиктердің ерекшеліктері және қолданыстағы маңыздылығы

Сызбалық материалдар тізімі (міндетті сызбалар дәл көрсетілуі тиіс)

Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет ____

Ұсынылатын негізгі әдебиет:

IEC 61757-2-1:2021; Fibre Optic Sensors—Part 2-1: Temperature Measurement—Temperature Sensors Based on Fibre Bragg Gratings. Standard, International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, 2021.

Дипломдық жұмысты дайындау

КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Талшықты – оптикалық сенсордың жұмыс принципі және түрлері	07.02.2022	<i>орындағым</i>
Брэгг торына негізделген температура датчиктері	24.03.2022	<i>орындағым</i>
Өлшеу жүйесінің құрылымы	20.04.2022	<i>орындағым</i>
Талшықты – оптикалық датчиктердің ерекшеліктері және қолданыстағы маңыздылығы	26.04.2022	<i>орындағым</i>

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
Норма бақылау	PhD докторы қауымдастырылған профессор Смайлов Нуржигит Куралбаевич	29.05.2022	<i>[Signature]</i>

Ғылыми жетекшісі PhD докторы *[Signature]* Н.К.Смайлов
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы *[Signature]* Ә.М Оразай
(қолы)

Күні «4» 05 2022 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс жалпылама түрде талшықты – оптикалық температуралық датчигін зерттеуге арналады.

Бұл жұмыста талшықты – оптикалық температура датчигінің толық жұмыс принципімен танысамыз және датчиктің жоғары температура жұмыс жасауын және OptiSystem, Matlab бағдарламаларында қажетті зерттеулер жүргізіліп нәтижелері алынды.

Автоматтандырылған бақылау және басқару жүйелерінің қарқынды дамуына байланысты өнеркәсіптің барлық салаларында физикалық шамалардың датчиктері — температура, қысым, үдеу, қозғалыс, ток қажеттілігі артады. Аталған талаптарды талшықты-оптикалық датчиктер барынша қанағаттандырады. Жарық және оптикалық талшық қасиеттерінің арқасында талшықты-оптикалықтермометрлер жоғары уақыт және кеңістіктік рұқсат етілген және өте жоғары дәлдікпен электромагниттік бөгеуілдер кезінде температураны өлшеуге қабілетті. Қазіргітаңда температураны өлшеу саласында бірқатар жабдықтар белгілі және мұндай жүйелерді жетілдіру өлшеу техникасындағы перспективалық бағыт болып табылады. Талшықты-оптикалық датчиктерге мынандай талаптар қойылады: өлшеудің жоғары дәлдігі мен сенімділігі; - сигналдар қашықтыққа тәуелді емес; жоғары ұзақ мерзімді тұрақтылық; жақсы коррозияға төзімділік; сенсорларды өте жоғары температурада қолдануға болады; орнатудың қарапайымдылығы. Қойылған талаптардың ішінде тиімдісі – жоғары температурада берілген нормадан астам өлшеу жүргізу.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа в обобщенном виде посвящена исследованию волоконно – оптического температурного датчика.

В данной работе мы познакомимся с полным принципом работы волоконно – оптического датчика температуры и получены результаты необходимых исследований работы датчика при высоких температурах и в программах OptiSystem, Matlab.

В связи с бурным развитием автоматизированных систем контроля и управления во всех отраслях промышленности возрастает потребность в датчиках физических величин — температуры, давления, ускорения, движения, тока. Указанные требования максимально удовлетворяют волоконно-оптические датчики. Благодаря свойствам светового и оптического волокна волоконно-оптические измерители способны измерять температуру при электромагнитных помехах с высокой временной и пространственной допустимостью и очень высокой точностью. В настоящее время известен ряд оборудования в области измерения температуры, и совершенствование таких систем является перспективным направлением в измерительной технике. К волоконно-оптическим датчикам предъявляются следующие требования: высокая точность и надежность измерений; - не зависит от расстояния сигналов; высокая долговременная стабильность; хорошая коррозионная стойкость; датчики могут использоваться при очень высоких температурах; простота установки. Из предъявляемых требований наиболее эффективным является проведение измерений при высокой температуре выше заданной нормы.

ANNOTATION

The thesis in a generalized form is devoted to the study of a fiber–optic temperature sensor.

In this paper, we will get acquainted with the full principle of operation of the fiber–optic temperature sensor and the results of the necessary studies of the sensor operation at high temperatures and in the OptiSystem, Matlab programs are obtained.

Due to the rapid development of automated monitoring and control systems in all industries, there is an increasing need for sensors of physical quantities — temperature, pressure, acceleration, motion, current. These requirements are maximally satisfied by fiber-optic sensors. Due to the properties of light and optical fiber, fiber-optic meters are able to measure temperature under electromagnetic interference with high temporal and spatial tolerance and very high accuracy. Currently, a number of equipment in the field of temperature measurement is known, and the improvement of such systems is a promising direction in measuring technology. The following requirements are imposed on fiber-optic sensors: high accuracy and reliability of measurements; - does not depend on the distance of signals; high long-term stability; good corrosion resistance; sensors can be used at very high temperatures; easy installation. Of the requirements, the most effective is to carry out measurements at a high temperature above a given norm.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Талшықты – оптикалық сенсордың жұмыс принципі және түрлері	10
1.1 Брэгг торларының негізінде жасалған талшықты-оптикалық датчиктердің қасиеттерін зерттеу	10
1.2 Smartstrand-да талшықты Брэгг торлы сенсорлардың температуралық өтімі.	11
2 Брэгг торына негізделген температура датчиктері	13
2.1 Электр желілерінде талшықты-оптикалық датчиктерді қолдану	13
3 Өлшеу жүйесінің құрылымы. Талшықты – оптикалық сенсордың жалпы жұмыс принципі	16
3.1 MATLAB – әмбебап талшықты-оптикалық сенсорға арналған модель құру.	21
3.2 Optisystem жүйесінде ТБТ моделін құру	23
4 Талшықты – оптикалық датчиктердің ерекшеліктері және қолданыстағы маңыздылығы	31
4.1 Энергияны сақтау жүйелері масштабында қолдануды анықтау	31
4.2 Талшықты-оптикалық температура датчиктері және олардың биомедициналық қолданылуы	32
Қорытынды	35
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	36

КІРІСПЕ

Ондаған жылдар бойғы зерттеулер көрсеткендей, талшықты оптикаға негізделген температура сенсорлары қатал ортада және ұзақ қашықтықта өміршең құрал болып табылады. Электрлік немесе электромеханикалық сенсорлармен салыстырғанда талшықты сенсорлар электрлік пассивті жұмыс, электромагниттік кедергіге төзімділік, жоғары сезімталдық және мультиплекстеу мүмкіндіктері сияқты маңызды артықшылықтарға ие. Олар сонымен қатар зондтау әдістерінің кең спектрін ұсынады. Талшықты талшықтың соңында немесе оның жанында пайда болатын сигналдарға, мысалы, қара дененің немесе фосфордың сәулеленуіне жарық ретінде пайдалануға болады. Ол сондай-ақ сенсор және бағыттаушы сигнал ретінде пайдаланылуы мүмкін, мысалы, Бриллюэннің шашырауына негізделген термометрия немесе жазылған талшықты Брагг торлары (ТБТ). ТБТ жылу сенсорлары ретінде оптикалық жолдың ұзындығының өзгеруін жылу кеңеюіне және температура әсерінен болатын сыну көрсеткішінің өзгеруіне байланысты өлшейді: ТБТ жарық көзімен жарықтандырып, шағылысу спектрін анықтай отырып, оптикалық жолдың ұзындығының қалай өзгеретінін дәл бақылауға болады. Талшықты-оптикалық сенсорлардың енгізілуін көптеген қосымшаларда табуға болады, мысалы, электр желілерінің күйін бақылау, газ турбиналары немесе композиттік қысым ыдыстарын бақылау. Кремний талшықтары $-260\text{ }^{\circ}\text{C}$ -тан $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейін сенімді өлшеу деректерін қамтамасыз ететіндігі дәлелденді, бірақ жоғары температурада оларды қолдану қиын болды.

Сапфир талшықтары перспективалы балама болып табылады, өйткені олар өте жоғары температурада оптикалық және механикалық тұрақты болып қалады. Мүмкін, қиын болса да, ТБТ-ны сапфир талшықтарына енгізу. Хабисройтер және т.б. индукциялық пеште $1500\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейінгі температурада ТБТ (S-ТБТ) сапфир датчигін пайдалану туралы бұрын хабарланған. Датчик 20 Гц мониторинг жиілігінде $\pm 2\text{ K}$ температуралық рұқсатты қамтамасыз етті, бірақ көріп отырғанымыздай, өлшеулердің белгісіздігінде сандық бағалау әлі де жоқ. ТБТ тіпті $1900\text{ }^{\circ}\text{C}$ дейінгі температураға төтеп бере алатындығы анықталды. Соңғы есептер сонымен қатар бір режимді сапфир талшықтарын осы мақсатта сәтті қолдануға болатындығын көрсетеді, дегенмен олардың кішкентай диаметрі әдетте механикалық тірек ретінде қабықтың белгілі бір формасын қажет етеді, бұл жұмыс температурасының диапазонын шектейді.

Сондықтан, ең жоғары температурада, әдетте, жеткілікті механикалық беріктікті қамтамасыз ету үшін қалың сапфир талшығын қолдану қажет. Өкінішке орай, қалың талшықпен жұмыс істеу оптикалық тұрғыдан қиын. Әдеттегі жұмыс толқынының ұзындығы шамамен 1550 нм, диаметрі 100 мкм сапфир талшығы көптеген беріліс режимдерін қолдайды.

1. ТАЛШЫҚТЫ – ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРДЫҢ ЖҰМЫС ПРИНЦИПІ ЖӘНЕ ТҮРЛЕРІ

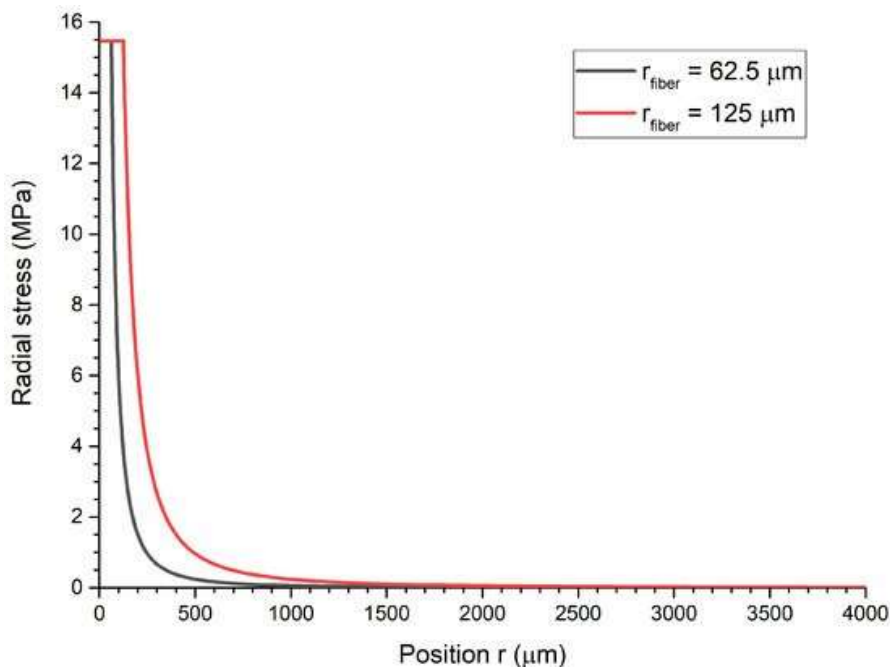
Температураны өлшеу үшін әдістің бірімен жүзеге асырылуы мүмкін: электрлік емес әдіс, пирометриялық әдіс және электрлік әдіс. Электрлік емес әдіс объектінің физикалық күйін немесе физикалық немесе химиялық параметрлерін өзгертуді қолданады. Пирометриялық әдіс объектінің жылу сәулеленуін зерттейді. Үшінші әдіс температура мен объектінің кедергісінің өзгеруі (кедергі датчиктері) немесе термопараның термоэлектрлік беріктігі мен температура (генерация датчиктері) арасындағы байланысқа негізделген. Көптеген электрлік температура сенсорлары бар, мысалы, теріс температура коэффициенті (NTC) термисторлар [1], кедергі температурасы датчиктері, термопаралар [2] немесе жартылай өткізгіш температура датчиктері [3]. Соңғы уақытта оптикалық талшықты сенсорлар көптеген қосымшалар үшін қарқынды дамуда, мысалы: температураны өлшеу [4], ығысуды өлшеу [5], деформация/қысымды анықтау [6], сонымен қатар биофотоникалық және медициналық зерттеулер [7]. Диэлектрлік табиғаты арқасында көптеген артықшылықтарды бөлуге болады: байланыссыз жұмыс, шағын өлшемдер мен салмақ, жоғары тиімділік және төмен шығындар. Талшықты-оптикалық температура сенсорларының әртүрлі түрлері ұсынылды, мысалы, талшықты Брагг торлары (ТБТ) [8], конустық оптикалық талшықтар [9], ұзақ мерзімді торлар (LPG) [10] және Фабри қауырсындары (F-P) [11] немесе модальды интерферометрлер [12]. ТБТ негізіндегі температура сенсорларының сезімталдығы төмен Термо-оптикалық коэффициент пен әйнектің жылу кеңеюіне байланысты шектелген [13]. F-P интерферометрлеріне негізделген сенсорлардың сезімталдығы өте жоғары болуы мүмкін; мысалы, [14] ол $>2,70 \text{ нм}/^\circ\text{C}$ болды, бірақ тек $51,2\text{--}70,5 \text{ }^\circ\text{C}$ диапазонында. Бұл құрылымдар температураны $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ -қа дейін $\sim 36,8 \text{ пм}/^\circ\text{C}$ сезімталдықпен өлшеуге мүмкіндік береді. жоғары температура диапазоны үшін сапфир талшығына негізделген сенсорлар жасалды [15] және олардың сезімталдығы $35,7 \text{ нм}/^\circ\text{C}$ -тан аспайды.

1.1 Брэгг торларының негізінде жасалған талшықты-оптикалық датчиктердің қасиеттерін зерттеу

Бұл бөлімде жылу жүктемесі астында шойын алюминийіне салынған FBG сипаттау үшін аналитикалық модель бар. Талшық пен алюминий арасындағы жылу кеңею коэффициентінің (СТЕ) жоғары айырмашылығына байланысты —алюминий СТЕ әйнекке қарағанда шамамен 40 есе жоғары — салқындату кезінде талшық жоғары жылу сығымдайтын деформацияны сезінеді. Құйылған бөлік пен талшықтың цилиндрлік геометриясына байланысты сұрақ айналмалы симметриялы, сондықтан

қолайлы цилиндрлік координаттар жүйесі деп болжауға болады. Талшықтың ішінде тек біртекті қысым қабылданады және бағытталған-тәуелді кернеу қабылданбайды. Алюминийдің сыртқы бетінде оған әсер ететін қысым жоқ. Бұл мәселе жылуды азайту ретінде белгілі.

A-талшықтың радиусы, b-Құйылған алюминий радиусы (біздің жағдайда $b = 4000$ белгісіз түйін түрі: қаріп) және белгісіз түйін түрі: СТЕ алюминий мен әйнектің сәйкес келмеуінен туындаған ішкі қысым. 1-суретте екі талшық радиусы үшін радиалды кернеу $a = 62.5$ белгісіз түйін түрі: (оптикалық талшықтың типтік мөлшері) және $A = 125$ белгісіз түйін түрі: (үлкен мод талшығы (LMA) көрсетілген). Талшықтың радиусы аз болған кезде алюминий ішіндегі кернеу локализацияланғанын көруге болады. Алюминийдегі радиалды кернеу шекарада нөлге жеткенше азаяды. Максималды радиалды кернеудің 1% шегін ескере отырып, алюминийдің минималды радиусы шамамен $a = 625$ белгісіз түйін түрі: $a = 1250$ белгісіз түйін түрі: 62.5 талшық радиусы үшін белгісіз түйін түрі: және 125 белгісіз түйін түрі: сәйкесінше.

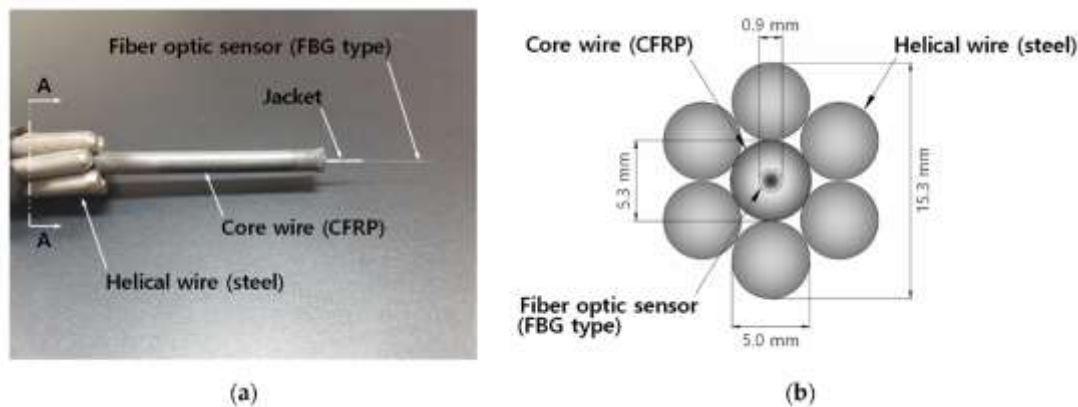


1.1 Сурет – Радиалды кернеу $a = 62.5$ радиусы бар талшықтар үшін радиалды позиция функциясы ретінде

1.2 Smartstrand-да талшықты Брэгг торлы сенсорлардың температуралық өтімі.

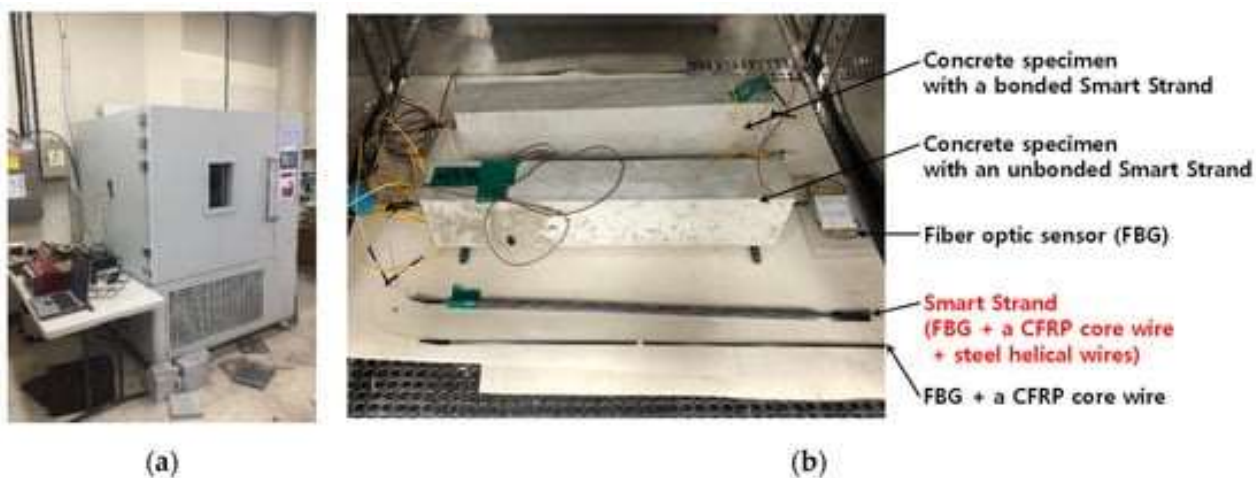
Талшықты-оптикалық сенсорлар басқа сенсорлармен салыстырғанда олардың дәлдігі мен ұзақ мерзімділігіне байланысты перспективалы шешім болып саналады [16]. Талшықты-оптикалық сенсорлардың әр түрлі түрлерінің ішінде талшықты Брагг торына (ТБТ) артықшылық беріледі, өйткені ол жақсы құрылған теориялық негізге ие және осы типтегі көптеген зерттеулер жинақталған [17]. Жоғарыда аталған кәдімгі сенсорлардың кемшіліктері мен шектеулерін жеңе отырып, жіп күшін өлшеуге арналған қосымшалардағы талшықты-оптикалық сенсордың артықшылықтарын арттыру үшін, жеті сымды жіптің өзегіне салынған ТБТ типті талшықты-оптикалық сенсорлары бар Smart Strand жасалды [18]. Smart Strand толық масштабты PSC үлгілерінде және нақты PSC конструкцияларында қысқа мерзімді алдын-ала кернеудің жоғалуына әсер ететін алдын-ала кернеудің таралуын (ТК) бағалау үшін қолданылды [19].

Кірістірілген ББЖ бар Smart Strand - Сур. 1 Smart Strand конфигурациясы мен негізгі өлшемдері 1860 МПа және диаметрі 15,24 мм болатын әдеттегі жеті сымды стренгтермен бірдей [20]. Алайда, кәдімгі жіптегі болат өзегі бар сым көміртекті талшықты күшейтілген полимер сымына (CFRP) ауыстырылады, осылайша қажетті мөлшерде ТБТ бар талшықты-оптикалық сенсорды салуға болады. Көміртекті талшықпен қоршалған талшықты-оптикалық сенсор алдын-ала кернеу кезінде түтікпен және іргелес жіптермен жанасудан болатын зақымданудан қорғалуы мүмкін және жіптің шынайы осьтік созылуын өлшей алады. Сенсор функциясынан басқа, Smart Strand құрылымдық компоненттің функциясына ие, өйткені Smart Strand кернеуі мен деформациясы арасындағы байланыс қарапайым жіппен бірдей. Smart Strand дамыту туралы қосымша ақпаратты әдебиеттерден табуға болады [21].



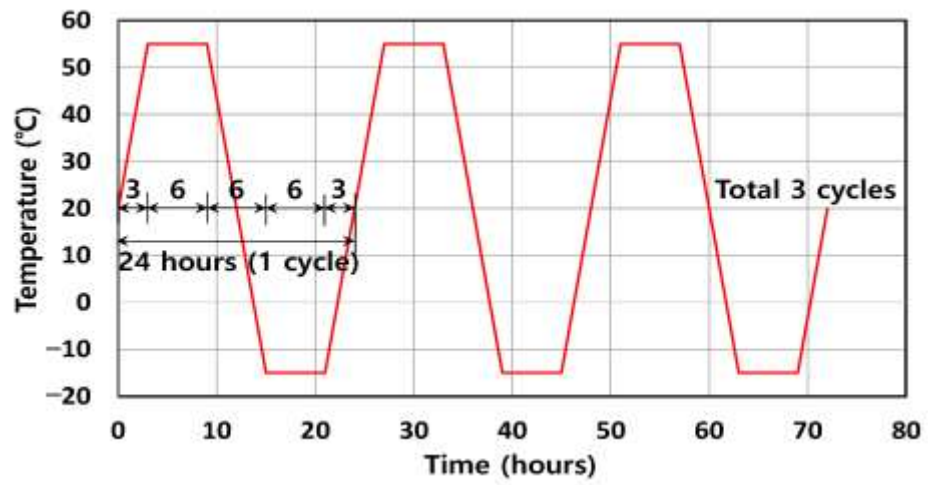
1.2 Сурет – Smart Strand конфигурациясы және Өлшемдері: (А) конфигурация; және (b) А–А қимасы және өлшемдері.

1.2 – суретте сынақ үшін пайдаланылатын $900 \times 900 \times 900$ мм кеңістігі бар температурасы бақыланатын камера көрсетілген; ішіне бірнеше даналар орналастырылған. Барлық үлгілердің ұзындығы 600 мм, ал ортасында FBG болды. SmartStrand қосылған немесе қосылмаған екі бетон үлгілері де сыналды, бірақ олар осы зерттеуден тыс және осы құжатта талданбайды. Термиялық деформация үшін үйкеліс шектеулерін болдырмау үшін тегіс беті бар тефлон парағы үлгілердің астына қойылды. Өтемақы үшін нақты температураны өлшеу үшін үлгілердің жанына бірнеше термопаралар орналастырылды. Жарық шығару және ФБГ-да шағылысқан жарық толқындарының мәліметтерін жинау оптикалық сұрау салушының көмегімен жүргізілді.



1.3 Сурет – Камераны сынау: А) температурасы бақыланатын камера; және б) әртүрлі үлгілер.

1.3 – суретте көрсетілгендей, камераның температурасы жеткілікті диапазонда $-15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ — тан $55 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -қа дейін өзгерді, бұл $\Delta T = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ немесе $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (бөлме температурасы) $\pm 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ -толқын ұзындығының реакциясын жоғарылату арқылы (13) теңдеуді тексеру қатесін азайту үшін. Максималды және минималды температура 6 сағат бойы сақталды, ал аралық температура 6 сағат ішінде біртіндеп өзгерді, бұл үлгілердің камера температурасына жетуі үшін жеткілікті уақытты қамтамасыз етеді. Барлығы үш цикл қолданылды, олардың әрқайсысының ұзындығы 24 сағатты құрайды.

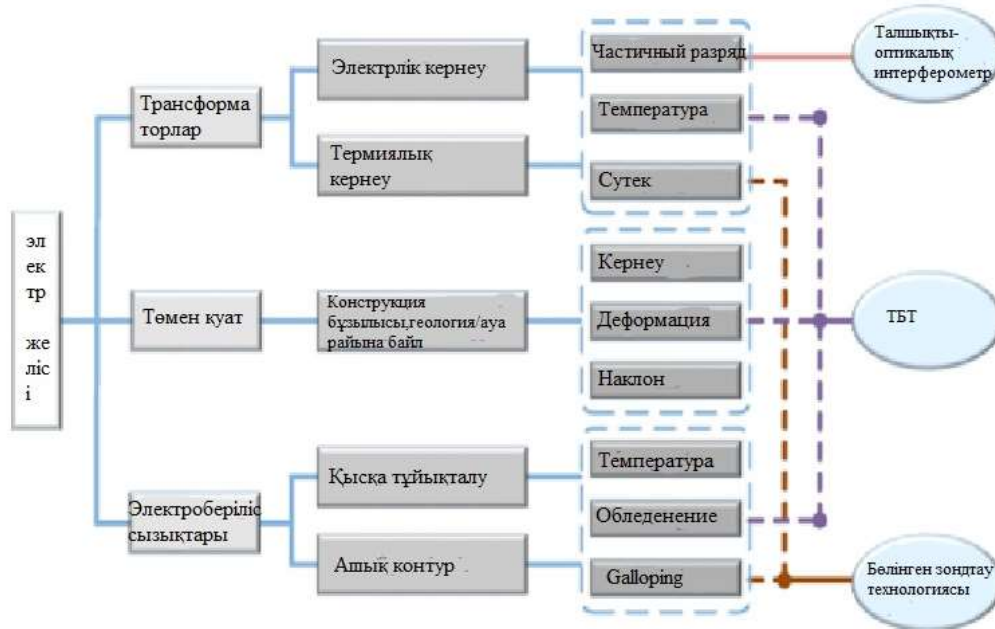


1.4 Сурет – Камера ішіндегі температура өзгерісі.

2 БРЭГГ ТОРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ТЕМПЕРАТУРА ДАТЧИКТЕРІ

2.1 Электр желілерінде талшықты-оптикалық датчиктерді қолдану

Бұл бөлімде талшықты – оптикалық зондтау технологиялары, оның ішінде талшықты-оптикалық тор (FBG), талшықты-оптикалық интерферометр, таратылған талшықты-оптикалық зондтау және электр желісі қарастырылады.



2.1 Сурет – Электр желісінің құрылымы және талшықты-оптикалық зондтау технологиясы негізінен электр желілерінде қолданысы. [22].

2.1 Суретте көрсетілгендей, трансформаторлар, электр беру тіректері және әуе желілері электр желісінің үш негізгі компоненті болып табылады. Трансформатордың істен шығуының екі негізгі себебі-электрлік және жылу кернеулері, оларды ішінара разряд және температура мен газдың ауытқулары, әдетте N₂ арқылы басқаруға болады. Геология / ауа-райынан туындаған электр беру тіректерінің деформациясы, қисаюы және деформациясы талшықты-оптикалық сенсорлармен өлшенуі мүмкін. Қысқа тұйықталу немесе электр беру желілерінің ашық тізбегі температураны, мұздануды және секіруді өлшеу арқылы бағалануы мүмкін. Талшықты-оптикалық интерферометрге негізделген сенсорларды ультра жоғары сезімталдықпен жасауға болады, бірақ олар ішінара разрядты анықтау үшін қолданылады. VBR қосымшалардың барлық түрлерінде кеңінен қолданылады, өйткені олардың ауыр мультиплекстеу қабілеті бар және ең жақсы коммерциялық

талшықты-оптикалық құрылғылардың бірі болды. Таратылған талшықты-оптикалық сенсорлар көптеген қосымшаларда да қолданылады және электр желілерінде кеңінен қолданылатын ОРРС / OPGW арқасында ең перспективалы өлшеу схемаларының бірі болып табылады

Қазіргі уақытта байланыс желілерінің көпшілігі талшықты жарық өткізгіштерін ақпарат беру ортасы ретінде пайдаланады. Талшықты жарық өткізгіштерді пайдалану жоғары жылдамдықты деректер беру желілеріне қажеттілікті қанағаттандыруға, сондай-ақ болашаққа беріктіктің ұзақ мерзімді қорын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді; кедергілерден және сырттан рұқсатсыз кіруден барынша қорғалуға қол жеткізуге ұмтылу.

Талшықты шамдар тек байланыс жүйелерінде ғана қолданылмайды. Оларды екі санатқа бөлуге болады: арнайы және телекоммуникациялық. Телекоммуникациялық шамдар әртүрлі байланыс жүйелерінде қолданылады. Арнайы оптикалық талшықтар басқа қолдануды тапты. Қазіргі уақытта арнайы талшықтар негізінде құрылғылар мен құрылғыларды құру бағыты белсенді дамуда. Оптикалық талшықтар әртүрлі физикалық параметрлердегі датчиктерде (температура, қысым, механикалық кернеулер және т.б.), созылған нысандарды бақылау жүйелерінде, талшықты лазерлерде, навигациялық құрылғыларда, медициналық құрылғыларда қолданылады.

Бұл құрылғылар олардың әрекет ету принципіне және дизайн ерекшеліктеріне байланысты әртүрлі түрлерге бөлінеді. Көбінесе арнайы оптикалық талшықтарға негізделген құрылғыларды жасау үшін Bragg талшықты торлары қолданылады. Әдетте, олардың негізінде физикалық параметрлер датчиктері мен бақылау жүйелерінің сезімтал элементтері, талшықты лазерлік резонаторлар, арналарды тығыздайтын телекоммуникациялық жүйелердің спектрлік сүзгілері және т. б. жүзеге асырылады.

Брэгг торларына негізделген талшықты-оптикалық сенсорлардың қасиеттерін зерттеу материалдың геометриялық параметрлерін оған сыртқы әсер ету арқылы өзгертуге мүмкіндік береді (температура, механикалық кернеу, қысым және т.б.). Осы өзгерістерді талдай отырып, оптикалық талшыққа сыртқы әсердің сипатын бағалауға болады. Бұл құбылыстар арнайы талшықты жарық өткізгіштерге негізделген көптеген құрылғылар мен құрылғылардың негізі болып табылады [23].

Өлшеу құралдары сияқты, Брагг торларының негізінде жасалған талшықты-оптикалық сенсорларды әртүрлі шамаларды өлшеу үшін түрлендіргіштер жасау үшін пайдалануға болады. Датчиктердің артықшылықтары:

- жаңа ұшақтар немесе электр станциялары сияқты заманауи конструкцияларда кеңінен қолданылатын көміртекті талшықтармен нығайтылған әйнек сияқты жаңа композициялық материалдармен жақсы үйлесімділік;
- өте жоғары деформация өлшеу (астам 10,000 $\mu\text{m} / \text{M}$), сондықтан жоғары кернеулі композиттік конструкциялар үшін өте қолайлы;
- кішкентай және жеңіл салмақ;

- электромагниттік кедергілерге иммунитет (жарықтандыру кезіндегі кедергілерге де);
- табиғатта пассивті (электр энергиясының қажеті жоқ), сондықтан жоғары кернеулі және ықтимал жарылыс қаупі бар атмосферада орналасуы мүмкін;
- сигналдар қашықтыққа тәуелді емес (байланыс ұзындығы 50 км-ден асады);
- бір талшықта 20 данаға дейін көптеген талшықты Брэгг торлары болуы мүмкін;
- жоғары ұзақ мерзімді тұрақтылық;
- жақсы коррозияға төзімділік;
- сенсорлардың арнайы нұсқаларын өте жоғары температурада 700° С дейін қолдануға болады;
- көптеген сенсорларды қамтамасыз ететін бір талшықтың төмен жылу өткізгіштігіне және сұйық гелий температурасына жақын қалдық температураға тәуелділігі бар тұрақты оптикалық қасиеттеріне байланысты криогендік ортада тиімді пайдалану;
- орнатудың қарапайымдылығы (уақыт, кабель төсеу, тестілеу) [24].

3 ӨЛШЕУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ. ТАЛШЫҚТЫ – ОПТИКАЛЫҚ СЕНСОРДЫҢ ЖАЛПЫ ЖҰМЫС ПРИНЦИПІ

Талшықты-оптикалық сенсор – бұл физикалық шаманың сенсоры, оның дизайнында талшықты-оптикалық толқын жетегі сезімтал элемент ретінде қолданылады. Талшықты-оптикалық температураны өлшеу дегеніміз – шыны талшықтар сызықтық сенсор ретінде қолданылатын температураны өлшеу үшін оптоэлектрондық құрылғыларды қолдану. Талшықты – оптикалық температура сенсорлары қауіпсіздікке қатысты салаларда қолданылады. Мысалы, олар химиялық процестердегі температураны бақылау, өндірістік қатынастарды оңтайландыру үшін қуат кабельдерінің температурасын бақылау, теміржол туннельдері мен вагондардағы өрт қауіпсіздігін қамтамасыз ету және құбырлардағы ағып кетуді анықтау үшін қолданылады. Қарастырылған сенсорларды Мұнай және газ ұңғымаларының тиімділігін арттыру үшін пайдалануға болады.

Талшықты – оптикалық сенсордың жалпы жұмыс принципі келесідей: сәулелену көзінен жарық оптикалық талшық арқылы өтеді, нәтижесінде бұл талшықтағы параметрлердің өзгеруіне әкеледі. Оптикалық талшықтан өткеннен кейін спектрлер мен қарқындылық бастапқы сәулемен салыстырылады. Өлшенген мәндерді бағалау нәтижесі талшықтың сипаттамаларына байланысты емес. Өлшеу ақпаратын жарық ағынының үзілуі, жарықтың шағылысуы, радиациялық энергияның өзгеруі сияқты құбылыстар тасымалдайды. Жарықтың үзілуін қолданатын сенсорлар өте кең таралған және қолдануға оңай [25].

Брэгг торларының негізінде жасалған талшықты-оптикалық сенсор-қарқынды интерференциялық жарықтың әсерінен ядрода пайда болатын талшық бойындағы сыну көрсеткішінің мерзімді бұзылу кезеңі. Бұл индекстің бұзылуы жарық толқынының жолақ сүзгісі ретінде жұмыс істейді, ол толқын ұзындығы бар оптикалық сигналдан нақты тар жолақты көрсетуге мүмкіндік береді. Брагг толқын ұзындығы (λ_B) деп аталатын шағылысқан тар жолақтың орталық толқын ұзындығы Брагг теңдеуімен анықталады:

$$\lambda_B = 2n_{\text{eff}} \Lambda \quad (1.1)$$

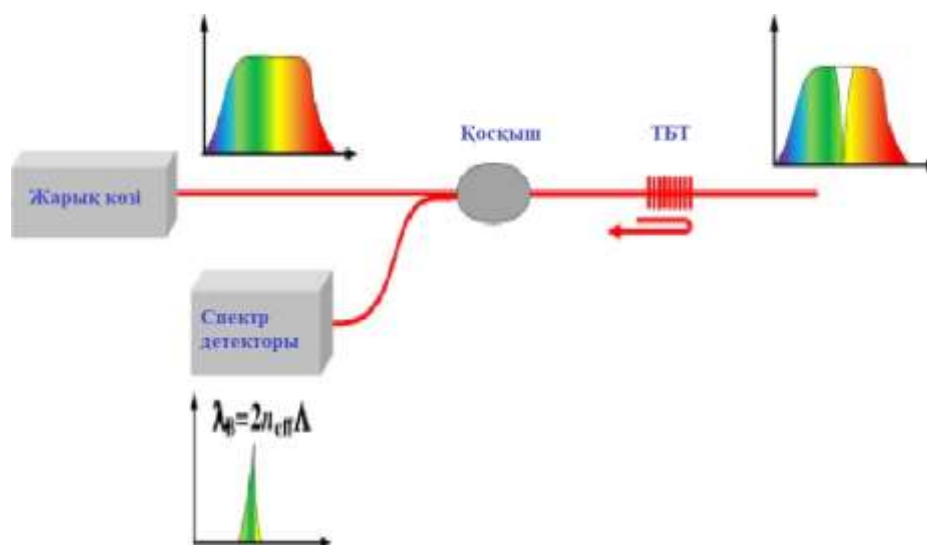
мұндағы, Λ - тор периоды, ал n_{eff} - ядроның тиімді сыну көрсеткіші.

Талшықты Брэгг торымен жарықтың сүзгіден өтуінің негізгі принципі 1-суретте көрсетілген. n_{eff} және Λ температура мен кернеуді қоса алғанда, қоршаған орта параметрлеріне сезімтал. n_{eff} температурасының өзгеруі Термо-оптикалық әсерге, ал Λ - жылу кеңеюіне байланысты. Талшықтағы кернеу сонымен қатар оптикалық әсерге байланысты n_{eff} өзгерісін өзгертеді, ал созылу кезінде Λ өзгереді. Осылайша, Брэггтің толқын ұзындығы температура мен деформацияның өзгеруімен ауысады, ал қатынасты келесідей білдіруге болады:

$$\lambda_B = 2n_{\text{eff}} \Lambda [(1 - \rho_e)\varepsilon + (\alpha + \xi)\Delta T] \quad (1.2)$$

мұндағы ε - талшықтағы деформация, ρ_e - тиімді Поккель коэффициенті (талшық өзегі үшін, $\rho_e \approx 0,22$), α - термиялық кеңею коэффициенті, ω -температурасы бар n_{eff} өзгеру жылдамдығын көрсететін пермо-оптикалық коэффициент (кремний диоксидінің ядросы үшін, $\omega = 6,67 \text{ e-}6 \text{ }^\circ \text{C-}1$), және ΔT - температураның өзгеруі.

Екінші формула деформация (температура) тұрақты болған кезде Брэгг толқын ұзындығы мен температура (деформация) арасындағы сызықтық қатынасты білдіреді. Осы жағдайларда, талшықты Брэгг торы өте қолайлы және температура (деформация) бар Брэгг толқын ұзындығын калибрлегеннен кейін температураны өлшеу (деформация) кезінде қолдануға ыңғайлы [26].сурет (1.5)

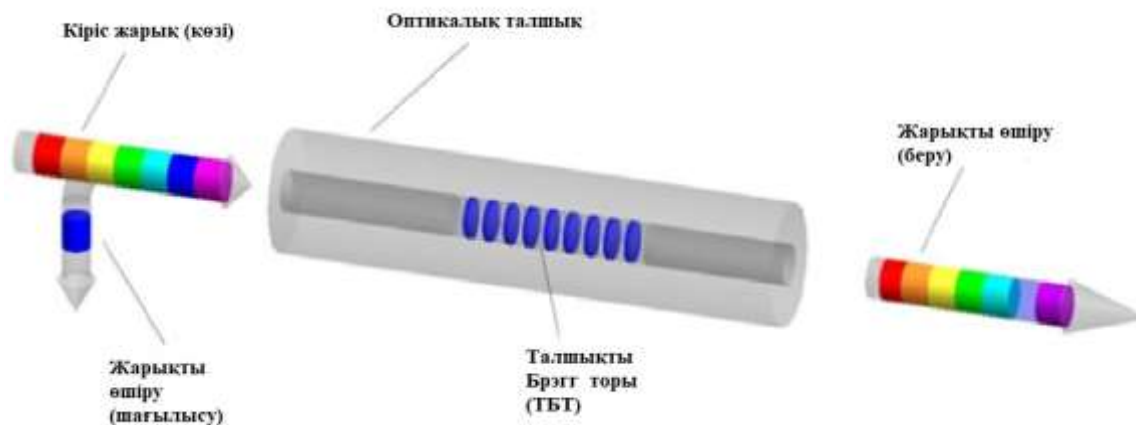


3.1 Сурет – Талшықты Брэгг торының моделі

1978 жылы Кеннет о. Хилл оптикалық байланыста да, оптикалық сенсорлық жүйелерде де ТБТ және олардың қосымшалары бойынша алғашқы жұмыс туралы хабарлады [27]. Содан бері сенсорлардың бұл түрі энергия, аэроғарыш және азаматтық салалардағы физикалық, химиялық, клиникалық, биомедициналық және электр параметрлері сияқты әртүрлі параметрлерді өлшеу кезінде кеңінен қолданылады. Олар қарапайым, ішкі сезімтал элементтер болып табылады, оларды кварц талшығына фото жазуға болады және талшықты-оптикалық сенсорларға қатысты барлық артықшылықтарды ұсынады. Әдетте, ТБТ сенсорын оптикалық талшық ядросының сыну көрсеткішінің таңдаулы Фото-индукцияланған модуляциясы ретінде қарастыруға болады. Резонанстық толқын ұзындығы ТБТ (Bragg толқын ұзындығы), λ_B , негізгі режимнің (пэфф) және тордың периоды (Λ) тиімді сыну көрсеткішімен байланысты, жоғарыдағы теңдеуге сәйкес (1.1)

Тор кең жолақты оптикалық көздермен жарықтандырылған кезде,

шағылысқан спектр-бұл тордың жазықтықтарымен жарықтың кедергісінен туындаған өткір шың. Тордың кез-келген бұзылуы (мысалы, сыртқы деформация немесе температураның өзгеруі) шағылысқан немесе берілетін спектрлерде анықталатын Брэгг толқын ұзындығының өзгеруіне әкеледі [28].



1.7 Сурет – Брэгг тор құрылымының схемасы.

ТБТ – ның басты артықшылығы – абсолютті өлшеу және жарықтың ауытқуынан тәуелсіздік. Тар жолақты шағылысатын спектр мен төмен кірістірілетін шығындардың арқасында ТБТ матрицалары бір режимді талшықтың (SMF) бойымен оңай құрылады. Мультиплекстеудің керемет мүмкіндігі таратылған зондтау немесе квази-үлестірілген зондтау үшін пайдалы. Қазіргі уақытта ТБТ зондтау қосымшаларында маңызды рөл атқарады. Физикалық, химиялық, биомедициналық және электрлік параметрлерді қоса алғанда, қоршаған ортаның әртүрлі параметрлеріне жоғары сезімталдыққа байланысты олар азаматтық Инфракұрылым, аэроғарыш, энергетика және теңіз салаларында денсаулықты құрылымдық бақылау үшін қолданылады, мұнда өлшенетін шамаларға қатысты ақпарат әдетте Брэгг толқын ұзындығының ығысуымен кодталады .

Қазіргі уақытта талшықты-оптикалық датчиктер Брэгг торлар негізінде дайындалған түрлі салаларда өздерін дәлелдеді. Коммерциялық нарықтың дамуы осы сенсорларға қызығушылықтың артуын көрсетеді [29].

Эксперимент

Қазіргі таңда талшықты Брэгг торлары (ТБТ) негізінде температура сенсорлары кеңінен таралды. Бұл датчиктер 300 °С-тан аспайтын температураға дейін зерттелген [30].

Жоғары температурада ТБТ негізіндегі сенсорлардың әрекетін зерттеу қажет, бұл электрлік температура сенсорларын орнату мүмкін емес құрылғыларда маңызды болып келеді.

Мүмкін болатын қиындықтар: ең көп таралған Жоғары температуралы

қорғаныс-қатайтатын жабындар (ҚҚЖ) поли-имидтен жасалады, ол үшін жоғарғы температура шегі 300 °С құрайды. Жоғары температураға төтеп бере алатын, мысалы, металл жабыны, өндіру қиын, Арнайы технологиялық жабдықты қажет етеді және материалдың кеңеюіне температураның әсеріне байланысты қосымша зерттеуді қажет етеді. Бұл ретте шығарылатын өнімнің аз көлемі тиімсіз болып шығады.

Бұл жұмыста сенсордың дизайны ұсынылады, жоғары температурада ТБТ жұмысының негізгі мүмкіндігі зерттеледі.

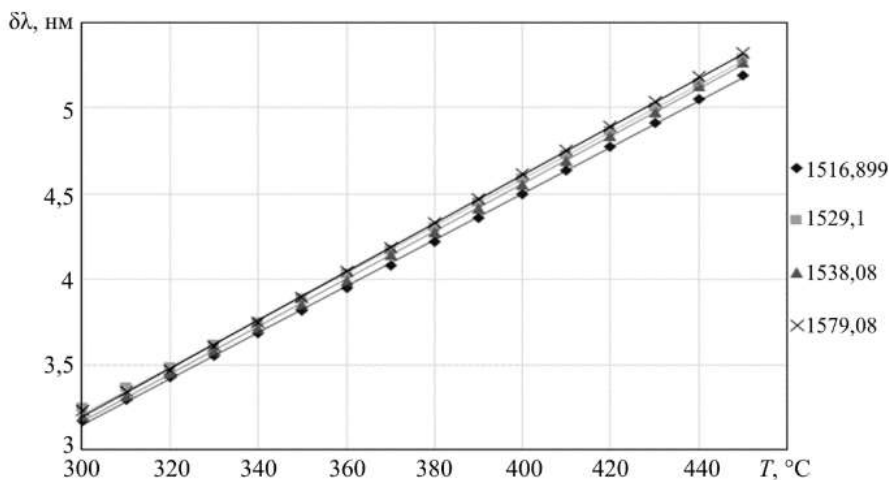
Халықаралық ғылыми-теориялық конференциясының материалдарынан алынған эксперименттік нәтижелерге сүйенсек, Брэгг торларының жұмыс қабілеттілігінің шекті температурасына қол жеткізілген жоқ.

Эксперимент температурасы 25 °С – тан 450 °С – қа дейін, толқын ұзындығы 1516,9 нм-ден 1584,4 нм-ге дейін мәндер алынып жүргізілген.

Эксперименттік зерттеудің сипаттамасы. Зерттелетін нысандар ретінде фазалық маска әдісімен төрт талшықты Брагг торлары жазылды, полиимидті қорғаныс-қатайту жабынымен жабылған. Әрбір ТБТ ұзындығы 30 мм, орталық толқын ұзындығы: $\lambda_1 = 1516,98$ нм, $\lambda_2 = 1529,12$ нм, $\lambda_3 = 1538,11$ нм, $\lambda_4 = 1579,08$ нм. [31]

Брэгг толқын ұзындығы шыңының ығысуын анықтау сұрау құрылғысы – спектроанализатор (СП) көмегімен жүргізілді FiberSensing FS2200.

Графиктерде (сурет. 2) ТБТ барлық төрт үлгісі үшін орталық толқын ұзындығының ығысуының температуралық тәуелділігінің нәтижелері ұсынылған. Ең кіші квадраттар әдісімен есептелген жуықтау сызықтары қосылды.



3.2 Сурет – Толқын ұзындығының түпнұсқадан ауытқуы (25 °с кезінде)

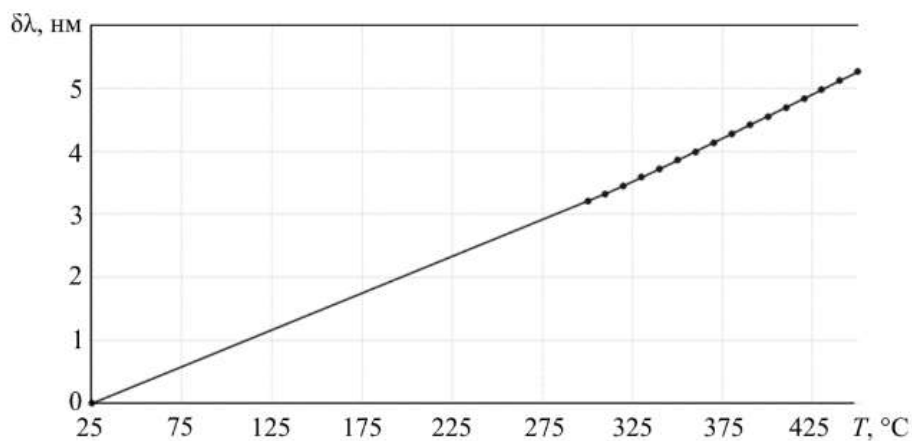
Мәндердің максималды таралуы 0,08 нм құрайды, бұл шаманың реті бойынша VBR жазбасының дәлдігіне сәйкес келеді. Осылайша, толқын ұзындығының

температураға тәуелділігі 300-ден 450 °С-қа дейін болуы мүмкін (шамамен 3 °С қателікпен) интерполяцияланған келесі байланыс [32]:

$$\lambda_i(T) = \lambda_i(T_k) + k_0(300 - T_k) + k(T - 300), i = 1 \dots 4,$$

1 °С-қа дейінгі дәлдікті арттыру үшін температураға (немесе толқын ұзындығының температурасына) байланысты толқын ұзындығын есептеу үшін сенсорларда (1) қатынасын қолдану керек, мұнда $\lambda_i(300)$ эксперименталды түрде анықтау керек.

Осылайша, 300 °С-тан асатын температурада шағылысу толқын ұзындығының ТБТ-на тәуелділігін модельдеуге болады (сурет. 3) (1), (3) қатынастар арқылы сызықтық. Бұл модель қорғаныс-қатайтатын жабын болмаған кезде температураға байланысты шағылысу толқын ұзындығының шыңын жоғары дәлдікпен анықтауға мүмкіндік береді.



3.3 Сурет – ТБТ өзгеріс моделі

Эксперимент кезінде (екі күн) 300-ден 450 °С-қа дейінгі температура диапазонында әртүрлі талшықты Брэгг торлары үшін нәтиженің қайталануы байқалды.

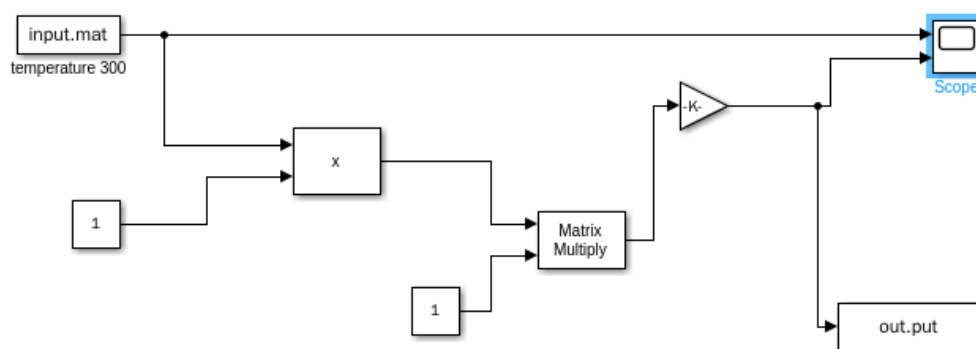
350 °С температурада полиамидті қорғаныс жабыны буланып кетеді, бірақ бұл сенсордың жұмысына әсер етпейді. Осы температура диапазонында жүргізілген қайта өлшеу мұны растайды. 450 °С-қа жеткенде жиналған температура сенсоры тұрақты дәлдікпен сигнал берді. Осылайша, тордың жұмыс қабілеттілігінің шекті температурасына қол жеткізілген жоқ. [33]

Қорытындылай келе, ТБТ негізіндегі температура сенсорларының мінез-құлқын 300 °С-тан асатын температурада зерттеу оларды жоғары температурада қолданудың негізгі мүмкіндігін көрсетеді. 300-ден 450 °С-қа дейінгі диапазонда қорғайтын-қатайтатын жабын болмаған кезде температура датчиктерінде шағылысу

толқын ұзындығының ТБТ-на тәуелділігін(1), (3) арақатынасының көмегімен 1 °С-қа дейінгі дәлдікпен сызықтық модельдеуге болады.

3.1 MATLAB – әмбебап талшықты-оптикалық сенсорға арналған модель құру.

Оптикалық талшықтың талшықты-оптикалық температура сенсоры ретінде пайдаланылуы мүмкін екендігі туралы дәлелдер болғандықтан, осы сенсордың тиімділігін бағалау үшін микрогиб және макрогиб модельдеу құралы негізінде конфигурацияны модельдеу арқылы зерттеу жүргізіледі. Сенсордың оңтайлы дизайнын анықтау үшін Matlab-тың Simulink toolbox көмегімен модельдеу арқылы сенсордың сипаттамаларын анықтау арқылы өнімділікке талдау жасалды.

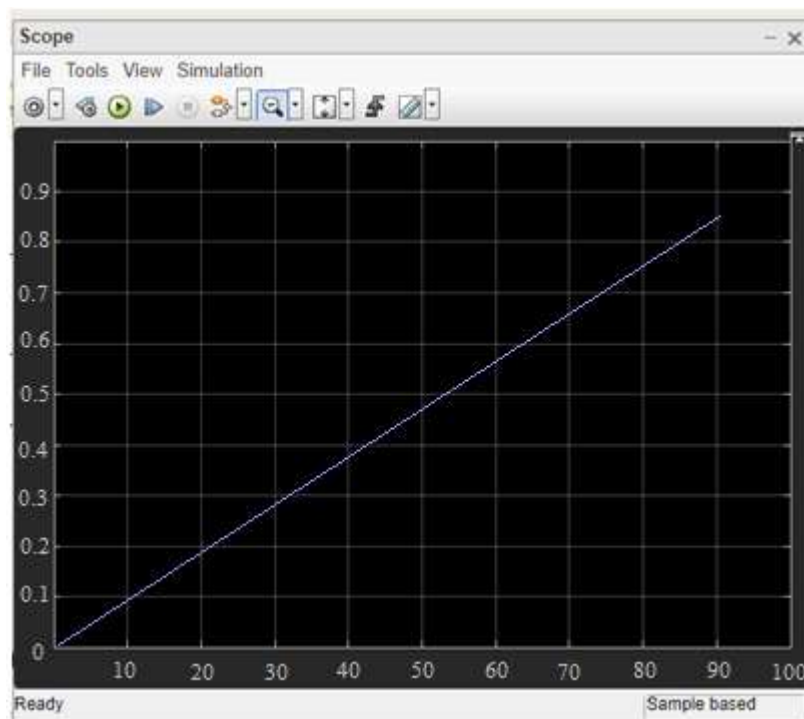


3.4 сурет – MATLAB – әмбебап талшықты-оптикалық сенсорға арналған SIMULINK моделі.

Кейіннен сенсорды жоғары температура диапазонында қолдануға арналған модель жасалды.

Microbend сенсорының жалпы моделінің жалпы конфигурациясы үшін оптикалық талшықтың өткізу қабілеттілігін өзгерту өрнегінен және модельдеу нәтижелері төменде көрсетілген. Кейіннен сенсорды 0-ден 100°C-қа дейінгі жоғары температура диапазонында қолдануға арналған модель жасалды, нәтижелер сызықтық екендігі анықталды, бірақ құрылғы сигналдары деректерді түзете алатындай көлбеу тым тік болды. Салынған модель төменде көрсетілген. Тұрақты беріліс үшін өлшенген мәндердің графигі төменде келтірілген, бұл нәтижелер өте сызықты екенін көрсетеді. Көлбеуді түзету үшін күшейткішке қолайлы пайда алу үшін итерациялар жасалды және қажетті жауап 8-суретте көрсетілген. Мұны түрлендіргіш каскадындағы өлшеу операциялық күшейткіштерінің кері байланыс

желісін қарапайым орнату арқылы іс жүзінде жүзеге асыруға болады. Сол сияқты, басқа температура диапазоңдары үшін өлшенетін диапазоңда графиктер алу үшін сәйкесінше өзгертілуі мүмкін. Осылайша, жасалған модель әртүрлі температура диапазоңында жұмыс істейтін әртүрлі қосымшалар үшін температура сенсорларын тиімді жобалауға көмектеседі. Модельдеу нәтижесі келесідей:



3.5 Сурет – Температуралық өшуліктің сызықты анализы

Брэгтің талшықты сенсоры – бұл брэг торында температура мен деформация толқын ұзындығына және берілу функцияларына әсер етеді, өйткені температура немесе деформация тордың өлшемін өзгертеді, сондықтан тордың өлшемі өзгерсе, толқын ұзындығы да өзгереді.

$$r(\lambda) = \frac{iK \sin h(QL)}{Q \cosh(QL) - i\Delta\beta \sin h(QL)}$$

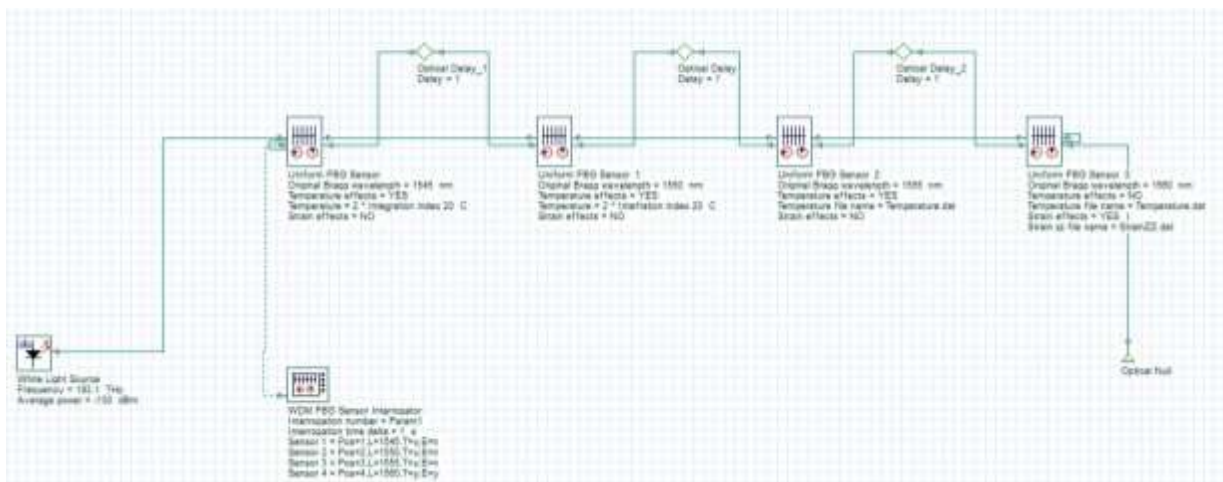
$$r(\lambda) = \frac{Q}{Q \cosh(QL) - i\Delta\beta \sin h(QL)}$$

$$Q(\lambda) = \sqrt{|K^2| - |\Delta\beta^2|}$$

$$\frac{\Delta\lambda_B}{\lambda_B} = (1 - p_e)\varepsilon + (\alpha_{TE} + \alpha_{TO})\Delta T$$

3.2 Optisystem жүйесінде ТБТ моделін құру

Толқын ұзындығының өтуі немесе шағылысуы мүмкін және біз оларды осында көрсетеміз негізгі теңдеу, сондықтан рефлексия және беріліс, байланыс күшіне, сондай-ақ фазалардың сәйкес келмеуіне және негізгі арақатынасқа байланысты - міне, осы өрісте алынған нәрсе, ол брэг рейтингінің толқын ұзындығы деформация мен температураға байланысты қалай өзгеретінін көрсетеді, және бұл байланыс коэффициенттері бар екенін көреміз, сондықтан осы байланыс коэффициенттерін біле отыра, содан кейін деформация немесе температураның өзгеруі толқын ұзындығының өзгеруін өлшеуге мүмкіндік береді, сондықтан біз бұл деформацияның немесе температураның өзгеруінің жүйеде қаншалықты күшті болғанын Optisystem жүйесінде қарастырамын.

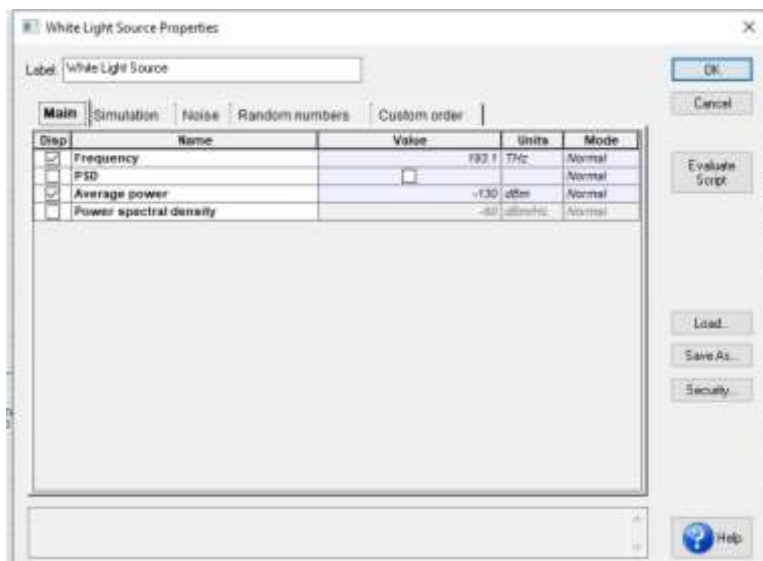


3.6 Сурет – ТБТ және сұралым жүйесі

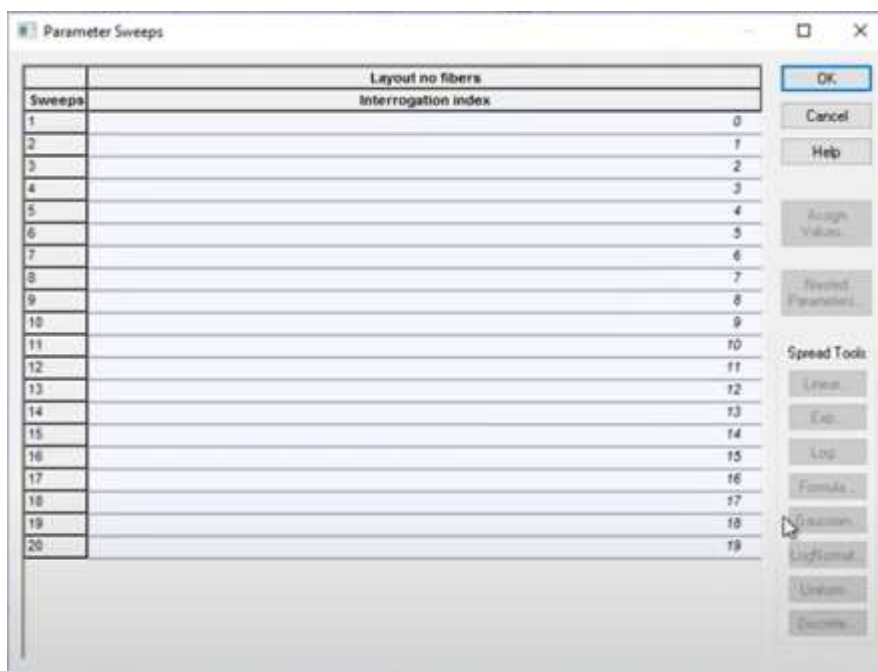
Бұл зерттеуде бізде төрт түрлі торлы сенсор бар, біз жасаған алғашқы екеуі, тек температураны өлшейтін етіп орнаттық, мұнда температураның әсері бар деп, үшінші және төртінші сенсорлар үшін минутына қалай жұмыс істейтінін түсіндіремін, олар іс жүзінде бірдей позицияда орналасқан. Біз көбінесе брэгтің толқын ұзындығының өзгеруін қолданамыз, байқағанымыздай, егер ол деформацияға да, температураға да әсер етсе, мәселе мынада, сіз бұл туралы екі белгісіз теңдеу деп ойлауыңыз мүмкін, сондықтан екеуін де шеше алу үшін екі толқын ұзындығының өзгеруіне ие болуымыз керек. Зерттеушілер әдетте

деформацияны да, температураны да өлшегісі келсе, олар екі торды бір жерге қойып, біреуін аздап бос қалдырады. Деформацияның әсерін сезініңіз, және, шын мәнінде, бұл сенсор температура сенсорына айналады, содан кейін осы температураны бірінші бағалаудан алғаннан кейін, оны екінші бағалау үшін кіріс ретінде пайдалануға болады. Сондықтан бұл сенсор тек температураны өлшейді, содан кейін температураны алғаннан кейін оны кіріс ретінде қолдана аламыз, содан кейін бұл кернеуді өлшей алады, осылайша сіз олардың екеуінде де бар екенін байқайсыз. Оптикалық режимде жұмыс жасағанда температура мен деформациялар әдетте әр секунд сайын болады, мүмкін, әр миллисекундта. Көбінесе сауалнама үшін оптикалық спектр анализаторын және біздің интеграторды пайдаланады - бұл біздің спектр анализаторымыздың модификациясы, ол спектр анализаторының барлық функцияларын орындайды, сонымен қатар штамм мен кернеуді есептеу үшін айтатын қосымша есептеулерімізді орындайды, бірақ менің ойымша, егер кімде-кім сұраушыға қол жеткізе алмаса, бірақ оларда спектр анализаторлары болса, олар оны қолданады және сұралымның әр кезеңінде олар жиіліктерді өлшейді, содан кейін кернеу немесе штамм үшін осы мәндерді қолдана отырып, сырттан есептеулер жүргізуге тура келеді, сондықтан есептеулерді нақты орындау үшін біріктіріледі.

Осыдан температураны алғаннан кейін, оны кіріс ретінде пайдалана аламыз, содан кейін бұл кернеуді өлшей алады, осылайша олардың екеуі де бір қалыпта екенін байқаймыз. Температура мен деформацияны өлшеу әдетте әр секунд сайын, мүмкін әр миллисекундта болады, бірақ біз білесіз, оптикалық режимде болғанда егер бізге наносекундтардың уақыт бойынша бөлінуі қажет болса, онда әдетте бізде сұрау салушы бар және ол не істейді, әр секунд сайын ол өтетін оптикалық сигналдар ағынын жібереді. Жүйе оралады, содан кейін бір секундтан кейін ол басқа ағынды жібереді, сол арқылы өтеді және қайта оралады.

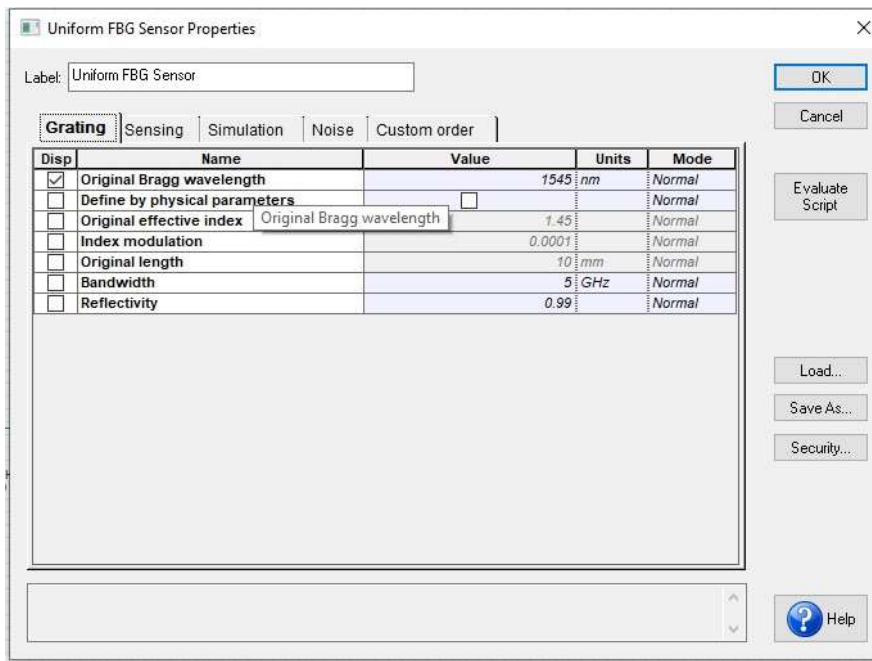


3.7 Сурет – Ақ жарық көзі параметрі

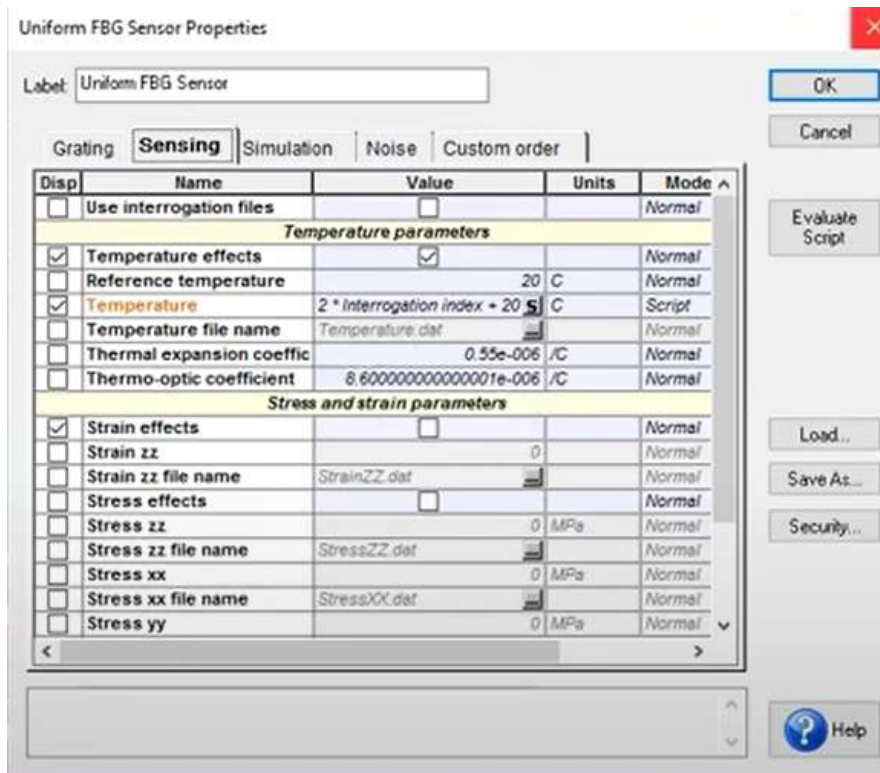


3.8 Сурет – Ақ жарық көзінің параметрлерін сканерлеу

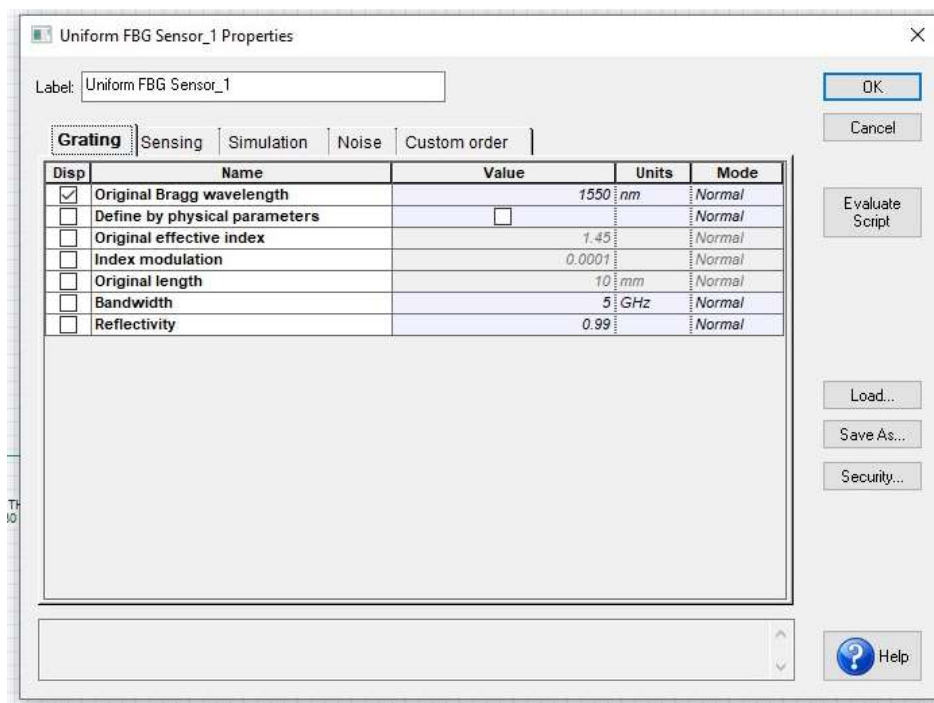
Біздің анализаторымызда бұл жерде ашқан нәрсе – бұл брэг сенсоры, онда жазылған брэгтің бастапқы толқын ұзындығы 14 немесе 1545 нанометр сондықтан бұл сенсор ол 1545-ке орнатылды. Бұл теңдеу бойынша теңдеудің төменгі жағында λ_B болады. Біз мұны іс жүзінде үзіліс сүзгісі болатындай етіп орнаттық, оны физикалық параметрлермен немесе шағылысудың өткізу қабілеттілігінің кейбір тиімді параметрлерімен анықтай аламыз. Осы жерде өлшеу параметрлеріне кірсек, температураның температураға әсерін тексерістен, температура сенсоры ретінде пайдаланылғанын көреміз. Температура, бұл екі рет жауап алу индексі плюс 20 ретінде жазылады. Сонымен, ол 20 градустан басталады және бізде сауалнама индексі деп аталатын сценарий бар, сауалнама индексі 0-ден 19-ға дейін қадаммен жүреді. Сонымен, бұл нені білдіреді, егер сіз осында оралсақ, сауалнама индексі 0-ден басталады, сондықтан ол 20 градустан басталады, содан кейін ол келесідей болады: сауалнама индексі 1-ден 19-ға дейін артады, сондықтан ол 58 градус болады. Екінші сенсор біріншіге өте ұқсас, ол температураны өлшеуге арналған, бірақ, брэгтің бастапқы толқын ұзындығы 1550 нм құрайды.



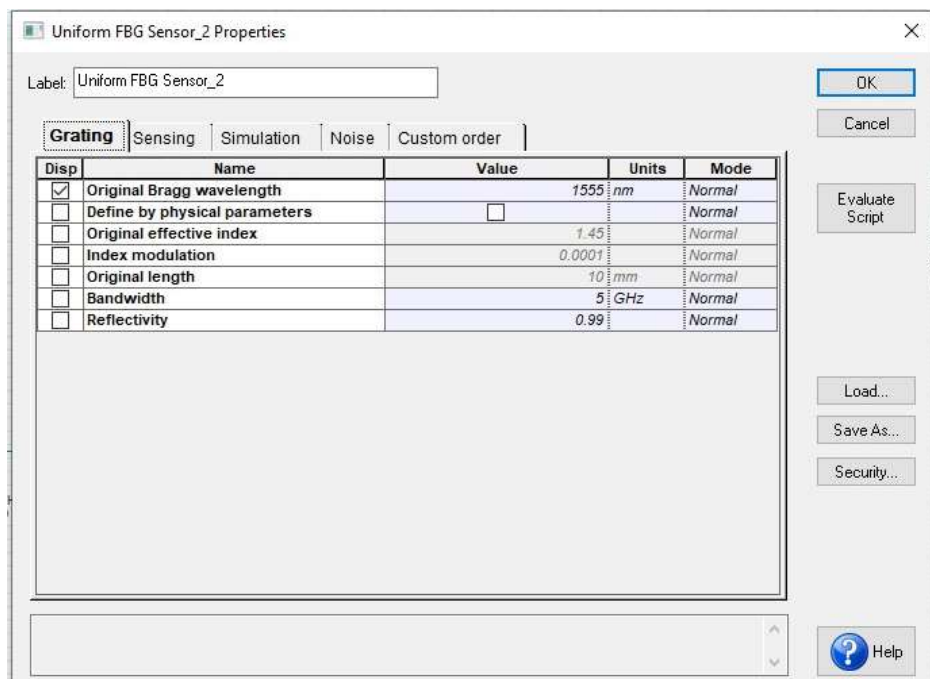
3.9 Сурет – Біртекті ТБТ датчигі параметрі



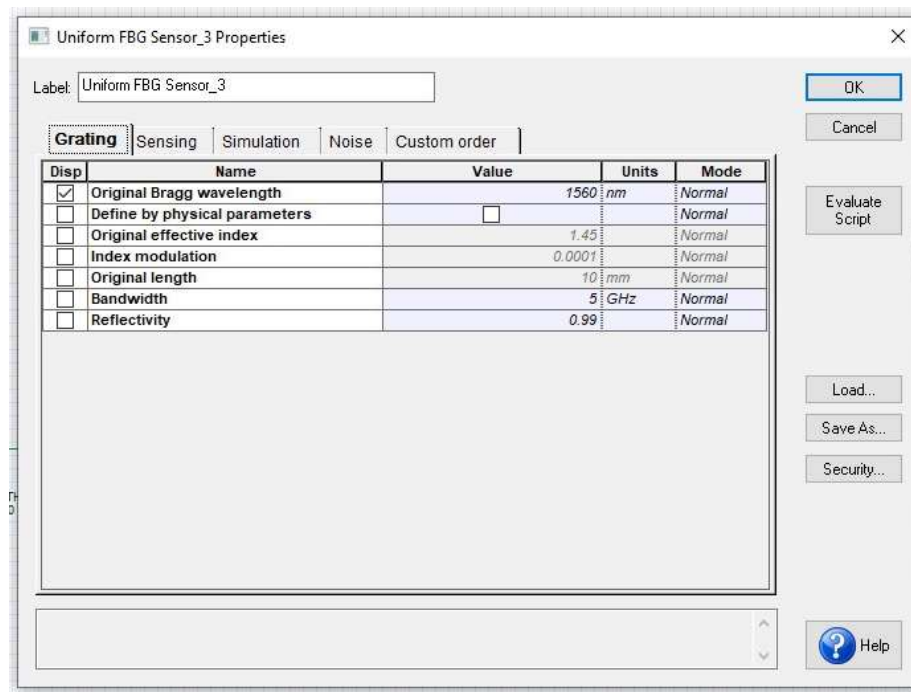
3.10 Сурет – Біртекті ТБТ датчигі параметрі



3.11 Сурет – Біртекті ТБТ датчигі 1 параметрі



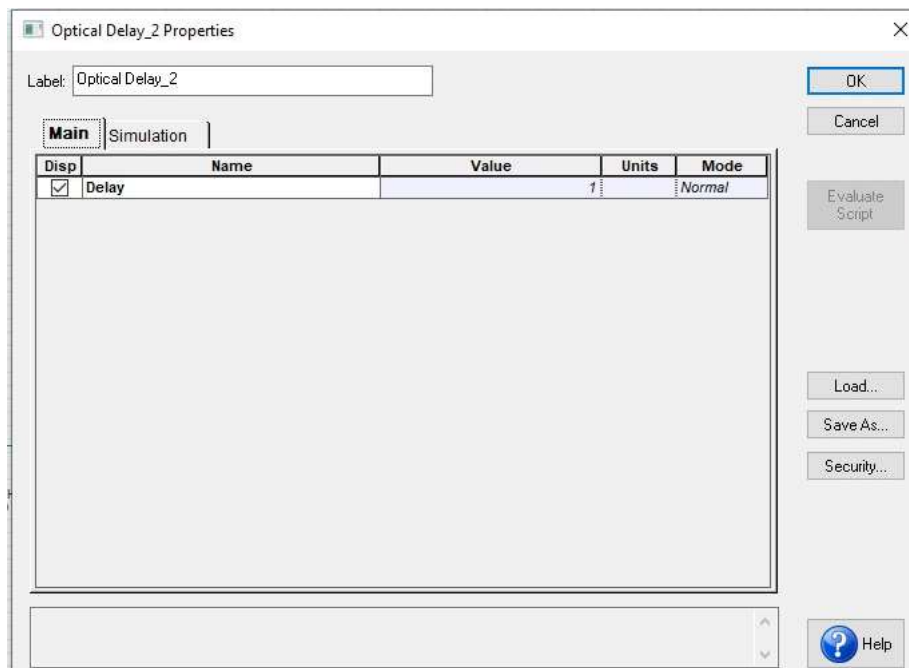
3.12 Сурет – Біртекті ТБТ датчигі 2 параметрі



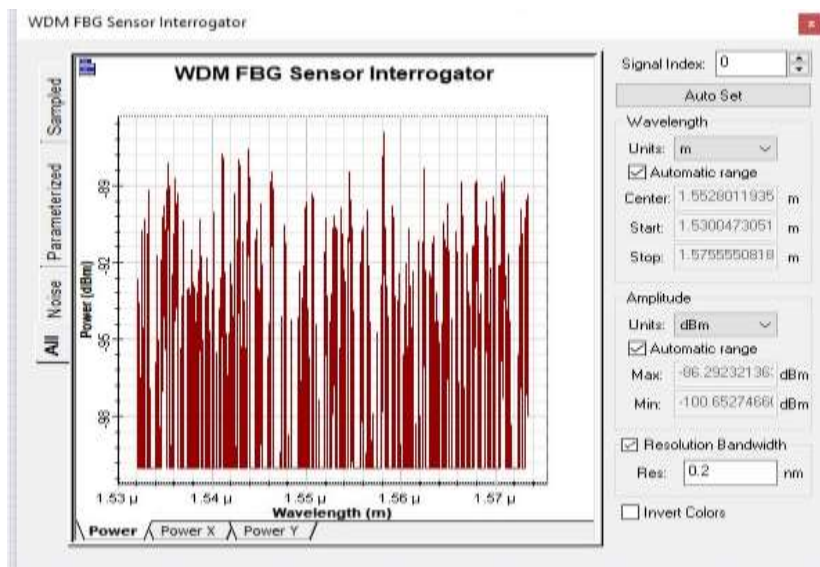
3.13 Сурет – Біртекті ТБТ датчигі 3 параметрі

Мұндай жүйелерде әр сенсордың өзіндік бастапқы толқын ұзындығы болуы керек, өйткені егер әр сенсордағы ығысуды өлшегіміз келсек, олардың барлығы бірдей толқын ұзындығында болса, сигнал олардың бәрінен өтіп жатқанын байқаймыз, сонымен жүйе түсіне алмайтын еді, қандай сенсор іс жүзінде жылжиды, сондықтан олардың барлығын брэггтің әртүрлі толқын ұзындығында жасауымыз қажет, сол себепті екіншісі 1550 нм. Үшіншісі – 1555 нм белгісінде екенін көреміз. Егер дәл қазір зондтауға қайта оралсақ, демонстрация ретінде осы индексті осы сауалнама индексіне индекстеудің орнына, temperature.dat сыртқы файлды жүктедім. Бұл жай ғана файл, онда әр түрлі температураны білдіретін 19 сан бар, егер сізде сынақ үшін пайдаланғыңыз келетін кейбір эксперименттік температура өлшеулері болса, оларды орнына қолдана аламыз, соңында төртінші, бұл үлкен айырмашылығы бар, ол – 1560 нм. Брэгг толқын ұзындығы қазір оның температурасы бар екенін және оның кернеуі бар екенін көреміз, оның орнына кернеу параметрлерін қолдана аламыз, ішінде кернеу іштей өзгертеді, сондықтан оның температурасы бар, ол алдыңғы файлмен бірдей температуралық файлды қолданады, олар бірдей позицияда орналасқан, сондықтан олар бірдей температураны сезінуі керек, бірақ қазір бізде деформацияның әсері бар және бұл zz деформация файлы.dat-бұл жай ғана бірнеше деформациясы бар деректер файлы. Міне, барлық сенсорлар, сенсор бір, екі, үш, төрт, бір, екі және екіншісі өз позицияларында, бір және екі, қараңыз, мен олардың толқын ұзындығын да енгіздім 1545 1550, сондай-ақ олардың температурасы жоқ, бұл дегеніміз, жоқ үш және төрт жүктеме жасушалары бір қалыпта, олардың толқын ұзындығы бар, үшінші сенсор – бұл жай температура, ал

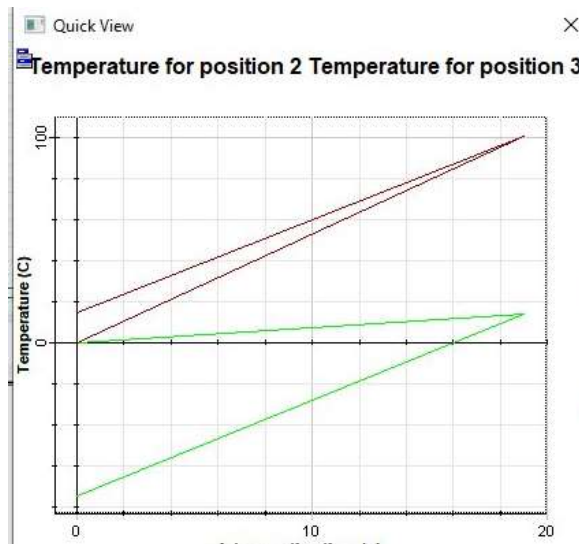
төртінші сенсор – бұл температура мен деформация. Мұнда онда спектрлік максимумдарды қолдану туралы жазылған опция бар. Сондай-ақ, минимумдарға арналған опция бар, оны неге бір секундта өзгерте аламыз, егер қазір екі рет басатын болсақ, бұл біздің оптикалық спектрдің анализаторымен бірдей болады, сондықтан мұнда барлық сигналдар өтті. Сонымен, бұл шағылысу коэффициентін өлшеу, біздің шағылысқан сигналдарымыз.



3.14 Сурет – Оптикалық кідіріс блогы параметрі



3.15 Сурет – WDM FBG датчиктерді сұрау құрылғысы



3.16 Сурет – Датчик сұралымы бойынша температура өзгерісі

Үшінші позицияға арналған кернеу, кернеудің қалай өзгеретінін көре аламыз, температураның алғашқы екеуінде менде сызықтық үлкейту болды, содан кейін соңғы екеуінде ол қайтадан пайда болды, енді оның түзу емес екенін байқаймыз. Датчик температура мен деформацияның әсеріне төтеп бере алады, бірақ содан кейін байланыс параметрлер әрқайсысында әр түрлі болуы керек.

Қорытындылай келсек, модельдеу құралын нақты өмірде орналастырылған ТБТ торының нақты параметрлерін синтездеу үшін пайдалануға болады. Мұны сенсорлық жүйені орнату және сынау кезеңінде жасауға болады. Содан кейін ТБТ өлшенетін үздіксіз оптикалық сигналдың орталық толқын ұзындығын және синтезделген ТБТ параметрлерінің нәтижелерін салыстыру арқылы нақты зондтау жүйесін талдау сатысында қолданыла алады. OptiSystem бағдарламасында ТБТ деформацияға төзімділігін, әртүрлі толқын ұзындығында температурасының өзгерісін байқадық.

4 ТАЛШЫҚТЫ – ОПТИКАЛЫҚ ДАТЧИКТЕРДІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ МАҢЫЗДЫЛЫҒЫ

4.1 Энергияны сақтау жүйелері масштабында қолдануды анықтау

Литий-ионды аккумуляторлар құнының едәуір төмендеуі жақында электромобильдер мен стационарлық энергияны сақтау өнімдерінің көбеюіне әкелді. Қазіргі уақытта талшықты-оптикалық зондтау кең көлемді литий-ионды аккумуляторларда қолдану практикалық болып табылады, мұнда зерттеу жүйесінің құнын батарея элементтерінің немесе модульдердің қосалқы компоненттерін өлшеу үшін көптеген жеке орындарға бөлуге болады. Қолданудың кең спектрі коммерциялық тұрғыдан өміршең бола алады, өйткені арзан талшықты-оптикалық сенсорлар алдағы жылдары коммерцияландырылады. Біз талқылайтын үш ықтимал қолдану-жолаушылар электромобильдері, ауыр жүк машиналары және аккумуляторлық батареялар.

2.1. Жолаушылар электромобильдері

Жолаушылар электромобильдерінің әлемдік сатылымы соңғы 10 жыл ішінде тұрақты өсіп келеді және 2030 жылға қарай жаңа автомобильдер сатылымының 30% - дан асады деп күтілуде, бұл осы жылы сатылған 30 миллионнан астам электромобильдерді құрайды. Өсім көптеген факторларға байланысты, оның ішінде шығындардың төмендеуі, зарядтау инфрақұрылымына қол жетімділік және шығарындылар стандарттары сияқты реттеу сияқты қабылдау кедергілерінің төмендеуі. Жеңіл автомобильдерге арналған батарея мөлшері автомобильдің көлеміне және қуат қорына байланысты өзгереді. 2020 жылы АҚШ-та қол жетімді электромобильдердің модельдері 24-100 кВт / сағ электр қуатынан өзгерді. Сыйымдылығы 15-тен 40 Ач-қа дейінгі EV-класты кең форматты литий-ионды аккумуляторлар зертханалық масштабта зондтауға талшықты-оптикалық тәсілді қолдану арқылы зерттелді.

2.2. Ауыр электр жүк көліктері

Электр жүк нарығы да тез өсуде: 2019 жылы 6000 жүк көлігі сатылды. Нарық шығындардың төмендеуіне байланысты да, Калифорния әуе ресурстары кеңесінің нәтижесінде шығарындылары бар жүк көліктеріне мандаты сияқты ережелерге байланысты кеңейеді деп күтілуде. Электр жүк көліктері жеңіл жүк көліктерінен ауыр жүк көліктеріне дейін әр түрлі болуы мүмкін. Нарықтағы ең үлкен электр жүк көліктері үшін аккумулятордың мөлшері шамамен 300 кВт / сағ-тан 1 МВт / сағ-қа дейін өзгереді.

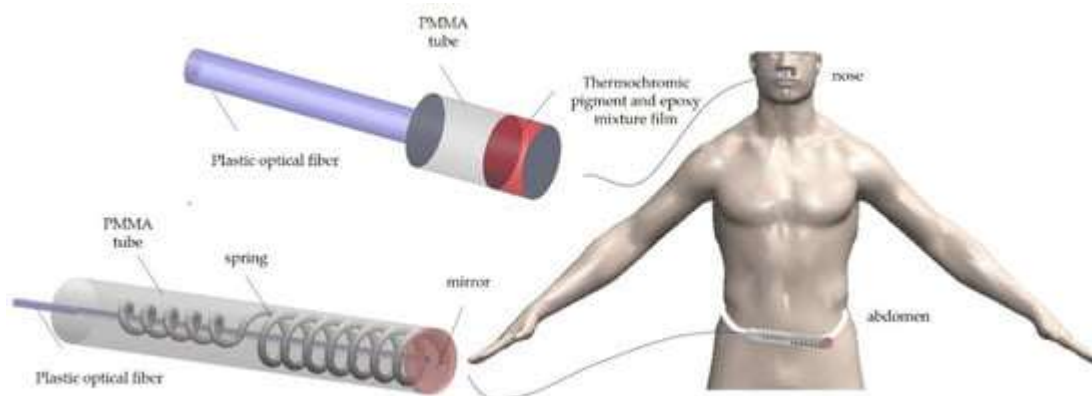
2.3. Коммуналдық ауқымдағы аккумулятор жүйелері

Желідегі генерация көздерінің құрамы әртараптандырылып, жаңартылатын бола бастаған сайын, коммуналдық масштабтағы аккумуляторлық энергия сақтау жүйелерін қолдану және орнату тез өсуде, сонымен қатар жеке бөлімдердің мөлшері

өсуде. Соңғы бес жылда әлемдегі ең ірі жеке аккумуляторлық қондырғылардың ауқымы 1 МВт-сағ-тан 100 МВт-сағ-қа дейін өсті [34].

4.2 Талшықты-оптикалық температура датчиктері және олардың биомедициналық қолданылуы

Wook et al. [35] инвазивті емес талшықты-оптикалық тыныс алу сенсорларының екі түрін ұсынды (9-сурет), олар магниттік-резонанстық бейнені алу кезінде тыныс алу сигналын өлшей алады. Бұл сенсорлар MRI жүйесіндегі тыныс алуды бақылау үшін пластикалық оптикалық талшықтың ұшына қолданылатын термохромды материалға негізделген. Хабарланатын датчиктер бар екі түрлі қолдану; біреуі мұрын қуысы бар сенсор болды, ол ауа ағынының температурасының өзгеруін термохромды пигментпен өлшей алады, ал екіншісі іш қуысына бекітілген сенсор болды, ол полиметилметакрилат түтіктерінен, айналардан және серіппелерден тұратын сезімтал бөліктің көмегімен іштің айналасын өлшей алады. Олар МРТ кеңсесінде пациенттің тыныс алу қозғалысына байланысты оптикалық талшықтар арқылы МРТ басқару бөлмесіндегі детекторларға бағытталған модуляцияланған жарықты өлшеді; тыныс алудың талшықты-оптикалық сенсорларының тыныс алу сигналдары ВІОРАС жүйесінің сигналдарымен салыстырылады. Авторлар тыныс алу сигналдарын МРТ кескінін нашарлатпай алуға болатындығын растады. Шағылысқан жарықтың қарқындылығы іштің қозғалысына сәйкес пластикалық оптикалық талшықтың айна мен дистальды ұшы арасындағы қашықтықтың өзгеруімен өзгерді.



4.1 Сурет – Мұрын қуысы мен іш қуысы бар талшықты-оптикалық сенсор құрылымдарының схемалық сызбасы [35]

ҚОРЫТЫНДЫ

Дипломдық жұмыс жалпылама түрде талшықты – оптикалық температуралық датчигін зерттеуге арналды.

Бұл жұмыста талшықты – оптикалық температура датчигінің толық жұмыс принципімен танысамыз және датчиктің жоғары температура жұмыс жасауын және OptiSystem, Matlab бағдарламаларында қажетті зерттеулер жүргізіліп нәтижелері алынды. Берілген параметрлері бойынша есептеулер жүргізіліп графиктер мен анализдері талданды.

Автоматтандырылған бақылау және басқару жүйелерінің қарқынды дамуына байланысты өнеркәсіптің барлық салаларында физикалық шамалардың датчиктері — температура, қысым, үдеу, қозғалыс, ток қажеттілігі артады. Аталған талаптарды талшықты-оптикалық датчиктер барынша қанағаттандырады. Жарық және оптикалық талшық қасиеттерінің арқасында талшықты-оптикалықтермометрлер жоғары уақыт және кеңістіктік рұқсат етілген және өте жоғары дәлдікпен электромагниттік бөгеуілдер кезінде температураны өлшеуге қабілетті. Қазіргі таңда температураны өлшеу саласында бірқатар жабдықтар белгілі және мұндай жүйелерді жетілдіру өлшеу техникасындағы перспективалық бағыт болып табылады. Талшықты-оптикалық датчиктерге мынандай талаптар қойылады: өлшеудің жоғары дәлдігі мен сенімділігі; - сигналдар қашықтыққа тәуелді емес; жоғары ұзақ мерзімді тұрақтылық; жақсы коррозияға төзімділік; сенсорларды өте жоғары температурада қолдануға болады; орнатудың қарапайымдылығы. Қойылған талаптардың ішінде тиімдісі – жоғары температурада берілген нормадан астам өлшеу жүргізу.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Мруз, О.; Ковальский, А.; Погорзельская, Ю.; Шпотюк, О.; Вакив, М.; Буткевич, Б.; Масіак, J. Термоэлектрические процессы деградации в термисторах NTC для защиты электронных схем от скоростного тока. *Микроэлектрон. Релиаб.* **2001**, *41*, 773–777.
2. Мулла, Р.; Dunnill, C.W. Одноматериальные термопары из графитовых следов: Изготовление чрезвычайно простых и недорогих тепловых датчиков. *Углеродные тенденции* **2021**, *4*, 100077.
3. Кумар, В.; Верма, Дж.; Маан, А.С.; Akhtar, J. Epitaxial 4H–SiC на основе диодных датчиков температуры Шоттки в сверхнизком диапазоне тока. *Вакуум* **2020**, *182*, 109590.
4. Кумар, В.; Маан, А.С.; Ахтар, Д. Неоднородности высоты барьера, вызванные аномалией тепловой чувствительности диодного датчика температуры Ni/4H–SiC Шоттки. *Я. Вак. Наук Технол.* **2014**, *32*, 041203.
5. Эм, Л.Ф.Д.; Киссинджер, Т.; Джеймс, С.В.; Чехура, Э.; Верзелетти, А.; Tatum, R.P. Высокочувствительное измерение давления с помощью волоконно-оптических датчиков, установленных на композитной диафрагме. *Opt. Express* **2021**, *29*, 4105–4123.
6. Датта, П.; Матиас, И.; Арамбуру, К.; Бакас, А.; Лопес-Амо, М.; Otón, J.M. Конический волоконно-оптический датчик температуры. *Микров. Опт. Технол. Летт.* **1996**, *11*, 93–95.
7. Аллсоп, Т.; Флореани, Ф.; Енджеевский, К.П.; Маркес, П.В.С.; Ромеро, Р.; Уэбб, Д.Д.; Беннион И. Спектральные характеристики конического СУГ прибора как чувствительного элемента для показателя преломления и температуры. *Д. Лайтвейв Технол.* **2006**, *24*, 870–878.
8. Ху, Д.Д.Д.; Лим, Дж.Л.; Цзян, М.; Ван, Ю.Х.; Луан, Ф.; Шум, П.П.; Вэй, Х.Ф.; Tong, W.J. Длиннопериодическая решетка каскадируется на модальный интерферометр фотонного кристаллического волокна для одновременного измерения температуры и показателя преломления. *Опт. Летт.* **2012**, *37*, 2283–2285.
9. Гузовский, Б.; Лакомский, М.; Цивинский, М. Бесконтактные датчики на основе оптических волокон с шаровой линзой. *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.* **2016**, *104*, 0120311.
10. Ян, Ю.; Тянь, Д.; Чэнь, К.; Чжоу, Х.; Гонг, З.; Ю, К. Волоконно-оптический датчик смещения с использованием метода спектральной демодуляции. *Д. Лайтвейв Технол.* **2018**, *36*, 3666–3671.
11. Ву, Дж.; Мяо, Ю.; Сонг, Б.; Лин, В.; Чжан, К.; Чжан, Х.; Лю, Б.; Yao, J. Одновременное измерение смещения и температуры на основе тонкосердечника волоконно-модального интерферометра. *Опт. Коммун.* **2015**, *340*, 136–140.

12. Гузовский, Б.; Лакомский, М. Реализация волоконно-оптических датчиков перемещения. *Опт. Волокно Технол.* **2018**, *41*, 34–39.
13. Хоу, М.; Ван, Ю.; Лю, С.; Го, Дж.; Ли, З.; Лу, Р. Датчик давления с повышенной чувствительностью с полым фотонным кристаллическим волокном. *Д. Лайтвейв Технол.* **2014**, *32*, 4035–4039.
14. Киссинджер, Т.; Коррейя, Р.; Чарретт, Т.О.Х.; Джеймс, С.В.; Татам, Р.Р. Интерферометрия сегментов волокон для динамических измерений деформации. *Д. Лайт. Технол.* **2016**, *34*, 4620–4626.
15. Коли В.Р.; Басавапрасад; Бахаддур, И.; Талабаттула, С. Высокочувствительный фотонный кристалл на основе датчика давления на основе интерферометра Маха-Цендера. *Res. Opt.* **2021**, *5*, 100118.
16. Anderegg, P.; Brönnimann, R.; Meier, U. Reliability of long-term monitoring data. *J. Civ. Struct. Health Monit.* **2014**, *4*, 69–75.
17. American Society for Testing and Materials (ASTM). *Standard Specification for Low-Relaxation, Seven-Wire Strand for Prestressed Concrete*; ASTM A416/A416M-18; ASTM International: West Conshohocken, PA, USA, 2018.
18. Burns, N.H.; Helwig, T.; Tsujimoto, T. Effective prestress force in continuous post-tensioned beams with unbonded tendons. *ACI Struct. J.* **1991**, *88*, 84–90.
19. Lundqvist, P.; Nilsson, L.O. Evaluation of prestress losses in nuclear reactor containments. *Nucl. Eng. Des.* **2011**, *241*, 168–176.
20. Cho, K.H.; Park, S.Y.; Cho, J.R.; Kim, S.T.; Park, Y.H. Estimation of prestress force distribution in the multi-strand system of prestressed concrete structures. *Sensors* **2015**, *15*, 14079–14092.
21. Washer, G.A.; Green, R.E.; Pond, R.B., Jr. Velocity constants for ultrasonic stress measurement in prestressing tendons. *Res. Nondestruct. Eval.* **2002**, *14*, 81–94.
22. <https://www.spiedigitallibrary.org/journals/opticalengineering/volume-58/issue-7/072007/Review-on-fiber-optic-sensing-in-health-monitoring-of-power/10.1117/1.OE.58.7.072007.full?SSO=1>
23. Волоконные Брэгговские решетки. [электронный ресурс]. Дата обращения: 15.03.2020 URL: http://sf.ifmo.ru/ru/projects/bragg_gratings
24. M.Kreuzer. Strain measurement with fiber Bragg grating sensors. HBM, Xingli Wang, Zhen Chen, Wanjing Wang, Yuping Xu, Qiang Li, Chunyi Xie, Jichao Wang, Zhongshi Yang, Guang-Nan Luo. Fibre Bragg grating sensors for fusion diagnostics: Temperature monitoring of a tungsten mono-block mock-up under high heat flux. Journal: Fusion Engineering and Design, Volume 150, January 2020, Article 111378
25. Carlo Edoardo Campanella, Antonello Cuccovillo, Clarissa Campanella, Abdulka dir Yurt, Vittorio M. N. Passaro. Fibre Bragg Grating based strain sensors: Review of Technology and Applications. Published: 15 September 2018.
26. «Сейфуллин окулары – 16: Жаңа формациядағы жастар ғылыми – Қазақстанның болашағы» атты халықаралық ғылыми-теориялық конференциясының материалдары = Материалы Международной научно-

теоретической конференции «Сейфуллинские чтения – 16: Молодежная наука новой формации – будущее Казахстана». - 2020. - Т.1, Ч.3 - С.137-140

27. Hill, K.O.; Fuji, Y.; Johnson, D.C.; Kawasaki, B.S. Photosensitivity in optical fiber waveguides: Application to reflection filter fabrication. *Appl. Phys. Lett.* **1978**, *32*, 647–649

28. 6 Joe, H.E.; Yun, H.; Jo, S.H.; Jun, M.B.G.; Min, B.K. Review on optical fiber sensors for environmental monitoring. *Int. J. Precis. Eng. Manuf.-Green Technol.* **2018**, *5*, 173–191.

29. Высокотемпературный датчик [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.isensor.ru/index.php/production/tochechnyedatchiki/sensors/90-produktsiya/tochechnye-volokonno-opticheskie-datchiki/147-astro-a514> (дата обращения: 31.08.2017).

30. Biswas D.R. *Opt. Eng.* – 1991. – № 30 (6)

31. Результаты записи волоконных брэгговских решеток на кварцевых градиентных многомодовых оптических волокнах разных поколений / А.В. Бурдин, А.А. Васильцев, В.А. Бурдин [и др.] // Инфокоммуникационные технологии. – 2016. – Т. 14, № 2. – С. 129–137.

32. Моделирование волоконно-оптических сенсоров температуры на основе брэгговской решетки / W.Waldemar, К.Х.Жунисов, Н.К. Смайлов [и др.] // Велес. – 2016.– № 4-2 (34). – С. 71–76.

33. Управление резонансной длиной волны волоконных брэгговских решеток с использованием резистивного покрытия на основе однослойных углеродных нано трубок / Ю.Г.Гладуш, О.И. Медведков, С.А. Васильев [и др.] // Квантовая электроника. – 2016. – Т. 46, № 10. – С. 919–923.

34. Electric Vehicles: Setting a Course for 2030. Available online: <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/future-of-mobility/electric-vehicle-trends-2030.html> (accessed on 17 January 2021).

35. 145. Wook, Y.J.; Jang, K.W.; Seo, J.K.; Heo, J.Y.; Moon, J.S.; Park, J.Y.; Lee, B.S. Development of respiration sensors using plastic optical fiber for respiratory monitoring inside MRI System. *J. Opt. Soc. Korea* **2010**, *14*, 235–239.

**ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ
ПІКІРІ**

дипломдық жұмыс

Оразай Әсем

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: **Талшықты – оптикалық температура датчигі**

Оразай Әсем дипломдық жұмыста Дипломдық жұмыс жалпылама түрде талшықты – оптикалық температуралық датчигін зерттеуге арналады. Бұл жұмыста талшықты – оптикалық температура датчигінің толық жұмыс принципімен және OptiSystem, Matlab бағдарламаларында қажетті зерттеулер жүргізіліп нәтижелері алынды.

Дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады:


Бірінші бөлімде талшықты – оптикалық температура датчигінің параметрлік сипаттамалары және жұмыс принциптері теориялық тұрғыдан зерттелді.

Екінші бөлімде талшықты – оптикалық температура датчигінің OptiSystem, Matlab бағдарламаларында зерттеулері жүргізілді. Датчиктің толық ішкі құрылымдары, жоғары температурада жұмыс істеу принциптары мен графиктері алынды.

Үшінші бөлімде талшықты – оптикалық датчиктердің ерекшеліктері және қолданыстағы маңыздылығы көрсетілді. Дипломдық жұмыс тапсырмасында қойылған барлық тапсырмалар толықтай орындалды.

Студент Оразай Әсем дипломдық жұмысты жазу барысында жетекші нұсқаулығымен өз бетінше жұмыс істеу қабілетін көрсетті. Дипломдық жұмыс "92/А/өте жақсы" деп бағаланды, ал студент Оразай Әсем 5B071900 - «Радиотехника, электроника және телекоммуникация» мамандығы бойынша техника және технологиялар бакалавры біліктілігіне сай.

Ғылыми жетекші
ЭТжҒТ каф. PhD докторы,
қауымдастырылған профессор

 Н.К. Смайлов

«21» 05 2022 ж.

СЫН – ПІКІР
дипломдық жұмыс

Оразай Әсем Маратқызы

5B071900- Радиотехника, электроника және телекоммуникация

Тақырыбына: **Талшықты-оптикалық температура датчигі**

Орындалды:

а) графикалық бөлімі 5 бет;

б) түсіндірме жазбасы 37 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ ЖАСАУ

Оразай Әсем дипломдық жұмыста Брэгг торларына негізделген оптикалық талшықтың модельдеу, және жалпылама сипаттамасы мен өлшеу жүйелері жасалған зерттеулерге негізделе отырып, қарастырылды. Дипломдық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады:

Бірінші бөлімде талшықты – оптикалық температура датчигінің параметрлік сипаттамалары және жұмыс принциптері теориялық тұрғыдан зерттелді.

Екінші бөлімде талшықты – оптикалық температура датчигінің OptiSystem, Matlab Simulink графикалық және математикалық модельдеу ортасында зерттелді. Датчиктің толық ішкі құрылымдары, жоғары температурада жұмыс істеу принциптары мен графиктері алынды.

Үшінші бөлімде талшықты – оптикалық датчиктердің ерекшеліктері және қолданыстағы маңыздылығы көрсетілді. Дипломдық жұмыс тапсырмасында қойылған барлық тапсырмалар толықтай орындалды.

Бұл дипломдық жұмыс жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғары дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер ақпаратты өңдеп тарату технологиялардағы ғылыми бағытқа жауап береді.

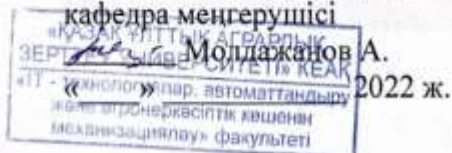
Жұмыс бағасы

Жалпы, дипломдық жұмыс "92/A/ өте жақсы" деген бағаға, ал студент Оразай Әсем 5B071900 - РЭТ мамандығы бойынша техника және технологиялар «бакалавр» академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензия беруші

Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті

кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Оразай Эсем Мараткызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Талшыкты-оптикалык температура датчигі

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 6.2

Коэффициент Подобия 2: 2.2

Микропробелы: 74

Знаки из здругих алфавитов: 11

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:

27.05.2021
Дата

проверяющий эксперт

**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: Оразай Әсем Маратқызы

Тақырыбы: Талшықты-оптикалық температура датчигі

Жетекшісі: Нуржигит Смайлов

1-ұқсастық коэффициенті (30): 6.2

2-ұқсастық коэффициенті (5): 2.2

Дәйкеөз (35): 0.2

Әріптерді ауыстыру: 11

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 74

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 жіберіледі.

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

Негіздеме:

24.05.2022
Күні

Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Оразай Өсем Мараткызы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Таңшыкты-оптикалык температура датчигі

Научный руководитель: Нуржигит Смайлов

Коэффициент Подобия 1: 6.2

Коэффициент Подобия 2: 2.2

Микропробелы: 74

Знаки из других алфавитов: 11

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:

24.05.2022
Дата

Заведующий кафедрой



