

**Хабай Анардың «Температура мен ылғалдылықты бір уақытта өлшейтін датчикті зерттеу және өңдеу» тақырыбындағы 6D071600 – Аспап жасау мамандығы бойынша философия докторы (PhD) ғылыми дәрежесін алу үшін дайындаған диссертациялық жұмысына ресми пікір.**

## **ПІКІРІ**

**1. Зерттеу тақырыбының өзектілігі және оның жалпы ғылыми мемлекеттік бағдарламалармен (практиканың және ғылым мен техника дамуының сұраныстарымен) байланысы.**

**2.**

Техникалық процестердің үнемі жетілуі, өнім сапасын қамтамасыз етуге және энергия шығындарын үнемдеуге қатаң талаптар қойылуы, электроника, материалтану саласындағы сандық және сапалық талаптардың артуына байланысты ауаның сапасы, яғни, дымқылдықпен температурасын қадағалау маңызды мәселенің біріне айналып отыр.

Оптикалық талшықты лазерлік сәулеленумен, талшықты брэгг торларының көмегімен қоршаған ортаны қатаң зондау өндірісі саласындағы соңғы жасалған жұмыстар мен қолданылулар, сондай-ақ лазер мен материалдардың арасындағы өзара фемтосекундтық әрекеттесу теориясының кейбір алғышарттары қарастырылды. Оптикалық талшықты лазерлерге негізделген ішкі сезгіштігін арттыру арқылы датчиктердің сигналының шуылға қатынасы жақсартылды, ал тар диапазондағы 3 дБ өткізу сенсорлық желінің сыйымдылығын арттырды. Оптикалық талшық негізіндегі ылғалдылық пен температураны бір уақытта өлшейтін датчик жоғары сезімталдыққа, тез жауап беруге, ықшамды көлеміне және анти-электромагниттік кедергі сияқты артықшылықтарына байланысты қызығушылығымен зерттелді.

Диссертациялық зерттеулер Қытай халық республикасы (ҚХР) Чжэцзян университеті ғылым инженерлікті бақылау колледжіндегі ақпараттық ғылымдар және электронды есептеу техникасы, радио-фотондық ақпараттық өңдеу орталығындағы жоғары дәрежелі зертханасында оптикалық талшық негізіндегі температура мен ылғалдылықты бір уақытта өлшеуге мүмкіндік беретін датчикке Қ.И Сатбаев атындағы ҚазҰТЗУ ғылыми-зерттеу жұмыстарының жоспарына сәйкес зерттеу жұмыстары жүргізілді.

**3. Диссертацияға қойылатын талаптар шеңберіндегі ғылыми жаңалығы**

Оптикалық талшықты лазердің ішкі сезімталдығына негізделген температура мен ылғалдылықты бір уақытта анықтайтын датчикті талдау барысында диссертациялық жұмыста мынадай жұмыстар жасалып нәтижелер алынған;

1, Датчиктің дайындалған құрылымы; Оптикалық бір бағытты режимдегі талшық және оған Брэгг торлары орналастырылған, оның көлденең қимасы

жарты-рефлексиялық шынымен жабылып ол ФПИ-ның вакуумдық қуысына жалғасады. Фабри-Перот интерференциясын (ФПИ) вакуумдық қуысы кремний диафрагмасына құйылып дайындалған, ылғалдылыққа сезімтал агроза гелімен жабылады. Ұзындығы  $h$  (жарықтың ең жоғары толқын ұзындығы  $\lambda = 1500 \text{ nm}$  деп берілген, мынаған тең ( $\lambda_m = \frac{2h}{m}$ ) деп анықталған қуыстың алдыңғы және артқы екі шағылыстыратын беті бар, екіншісі ылғалдылыққа сезімтал агроза гелі, бірінші беті жарты-рефлексиялық шыны. Бұл екі беттен шағылысқан жарық арасында интерференция өзгерісі арқылы ылғалдылық өзгерісін анықтау. Оптикалық бір бағытты режимдегі температураға байланысты функционалды өзгертін талшыққа орналастырлған Брэгг торларынан кері шағылатын фемтосекундтық лазердің фазалық ығысуымен температураны анықтау әдісін қарастыру.

1. Ылғалдылыққа сезімтал Фабри-Перот интерференциясының спектрлік реакциясы талдаулары математик және астроном Джордж Бидделл Айдің талдауларына сүйене отырып анықталды. Талшықты Брэгг торлары негізінде Фемтосекундты лазер көмегімен температураға өзгерісі анықталды.

2. Жоғарыдағы талдаулар негізінде жасалған тәжірибелік нәтижелерді негізге ала отырып температура мен ылғалдылықты бір уақытта өлшейтін микроқұрылымды, ішкі электромагниттік әсерлерге иммунитетті датчиктің жұмысы ұсынылған.

3. Тәжірибелік және нақты берілген мәндерге сүйене отырып температура мен ылғалдылықты өлшеу датчигінің өлшеу диапазоны анықталған.

## **1. Диссертацияның бөлімдері**

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, төрт тараудан, қорытындыдан және қосымшалардан тұрады.

Диссертациялық жұмыстың бірінші бөлімінде температура мен ылғалдылықты анықтаудың жалпы әдістері мен өлшеу датчиктері қарастырылды. Температураны анықтайтын кедергілі термометр, Кварц резонаторлар негізіндегі температура датчиктер, интегралды датчиктері, сыйымдылықты термометрлер, температуралық және ылғалдылық сенсорларының сезімталдық анықтаулары, ылғалдылықты анықауға арналған датчик түрлері қарастырылды, сондай-ақ, металл оксиды негізіндегі жартылай өткізгішті температурамен ылғалдылықты анықтауға арналған датчиктің схемасы қаралды, талдаулар жасалды.

Екінші бөлімінде оптикалық талшықты лазерлік сәулеленумен, талшықты Брэгг торларының көмегімен қоршаған ортаның қатаң зондау өндірісі саласындағы соңғы жасалған жұмыстар мен қолданылулар, сондай-ақ лазер мен материалдардың арасындағы өзара фемтосекундтық әрекеттесу теориясының кейбір алғышарттары қарастырылды. Фазалық маска немесе «нүктеден кейін нүкте» әдісін пайдаланып фемтосекундты инфрақызыл және

көрінетін лазерлермен кремний диоксиді негізіндегі оптикалық талшықтарда жасалынған брэгг торына сәйкес әсер ету шарттары талданған. Талшықты Брэгг торлары мен талшықтардың ерекше геометриясын пайдаланып, жарықтың әр түрлі параметрлерін бақылауға мүмкіндік береді. Таза кремний диоксиді, радиацияға төзімді фторидты легирленген диоксиді немесе микрокернеуленген таза кремний диоксидімен фотонды-кристалл талшығы және шыны талшықтардан жасалған датчиктерді мұнай және газ саласында пайдаланады, олар сутегінің өтуіне, радиациялық иондалуына ұшырамайды, оларды сондықтан ядролық өнеркәсіпте пайдалануға болады. Температура, 1300°C-дан жоғары болғанда сапфир материалынан жасалынған оптикалық талшықтағы Брэгг торларының көмегімен анықталады. Сапфирден жасалған талшықты Брэгг торларының (ТБТ) құрылғылар реактивті қозғалтқыштар, көмірді газдандыру реакторларында және электр энергиясын өндіруде, табиғи газ турбиналарында жанудың қатаң шарттары үшін жарамды. Кристалды талшыққа негізделген ылғалдылықты анықтауға арналған талшықтық датчиктердің көптеген түрлері ұсынылған.

Үшінші бөлімінде температурамен ылғалдылықты бір уақытта өлшеуге арналған оптикалық талшықты датчикке талдаулар жасалынды. Фабри -Перо интерференциясына негізделген оптикалық талшықтың сезімталдылығын Джордж Айдің ішкі резонансты күшейту әдісі негізіндегі талдаулары қарастырылды. Оптикалық талшықты Брэгг торларының (ОТБТ) белгілі бір спектрлік кері шағылыстыру фемтосекундық эффектісіне негізделген, температураға байланысты талшықтың деформациялық өзгерісі арқылы температураны анықтауға болады. Осы талдаулар негізінде температурамен ылғалдылықты бір уақытта өлшейтін оптикалық талшықты датчиктің жұмысы ұсынылды.

Төртінші бөлімінде температура мен ылғалдылықты бір уақытта өлшейтін датчиктің эксперименттік нәтижелері талданды. Тәжірибелік қондырығы, оптикалық талшықты анализатор, оптикалық циркуляторды, оптикалық-талшықты оқшаулағыш, сезімтал агрозоа гелін қолдану технологиясын қарастырдық.

## **2. Ізденушінің диссертациясында тұжырымдалған әрбір ғылыми нәтижесі (қағидасы) мен қорытындысының жаңалық дәрежесі.**

Диссертациялық жұмыста негізгі мынадай ғылыми нәтижелер алынған:

ФПИ әдісіне негізделген салыстырмалық ылғалдылықты өлшеу 20%-98% диапазонында жүргізілген. Қоршаған ортаның ылғалдылығы өзгерген кезде және салыстырмалы ылғалдылық 10% бойынша өзгергенде талшықты лазердің шығу спектрі -36.78 dBm -ден -22.61 dBm дейін артады. Тиісінше сенсор сигналының шуылға қатынасы 30 дБ-ден 45 дБ-ға дейін артқан және өткізу қабілеті 3-дБ, ол 0,05 нанометр кем болған. Ылғалдылық сезімталдығы 0.202 dB/% , температура сезімталдығы  $0.117 \times 10^{-4} / C^0$  деп өлшенеді. Тәжірибеде датчиктің жақсы сызықты екенін көрсетілген. Агрозаның сыну индексі 1,45-ден 1,48-ге дейін. Тәжірибе нәтижесі сенсордың ылғалдылыққа сызықты жауап беретінін көрсетті. Температураға байланысты талшықты

Брэгг торларының  $t$  өзгерісі  $-50\text{ C}^0$  дан  $130\text{ C}^0$  сәйкесінше  $\xi$  деформация  $8.75 \times 10^{-4}$  м ден - 0.00122 дейін өзгереді.

Датчиктің болжамды жауап беру уақыты 72 мс тез болған. Қалпына келу уақыты шамамен 357 мс.

Датчиктің тұрақтылығын талдау үшін 180 минут ішінде қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығын 65% және 95% деңгейінде белгілеу арқылы толқын ұзындығы мен шығу қуаты өлшенген.

Толқын ұзындығы мен қуат ауытқуының стандарты сәйкесінше 65% салыстырмалы ылғалдылық кезінде 0.101 нанометр және 0.129 дБ болған, ал стандартты ауытқулар 95% салыстырмалы ылғалдылық кезінде тиісінше 0.046 нанометр және 0.137 дБ құрайды. Нәтижелер датчиктің жақсы тұрақтылыққа ие екендігін көрсетеді. Датчикте процесс жақсы қайталанатындығын көрсетеді, ылғалдылыққа сезімталдығы мен нақты ауытқуы шамасы  $\pm 2\%$  -данда аз, ал температураға байланысты  $\pm 1\text{C}^0$  шамасында боғаны анықталған.

### **3. Ізденушінің алған нәтижелерінің тиісті өзекті мәселені, теориялық немесе практикалық міндеттерді шешуге бағытталуы.**

Фабри -Перо интерференциясына негізделген оптикалық талшықтың сезімталдылық Джордж Айдидің ішкі резонансты күшейту әдісі негізіндегі талдаулар бойынша қарастырылды. Оптикалық талшықты Брэгг торларының (ОТБТ) белгілі бір спектрлік кері шағылыстыру фемтосекундық эффектiсiнiң негiзгi заңдылықтарына негiзделiп температураға байланысты талшықтың деформациялық өзгерісі арқылы температураны анықтау әдісі қарастырылды. Осы талдауларға сәйкес тәжірибелік жұмыс жасалды.

### **4. Диссертацияның негізгі тұжырымдарын, нәтижелерін, түйіндері мен қорытындыларын жарияланымдарда дәйектеу**

Диссертациялық жұмыстың негізгі нәтижелерінің тұжырымдары мен қорытындылары бойынша 10 мақала басып шығарылған, соның ішінде 4 – ҚР БҒМ білім және ғылым саласындағы бақылау Комитетімен ұсынылған ғылыми басылымдарда басылып шығарылған, 1 Scopus ақпараттық базасына енген басылымдарда, 5 халықаралық ғылыми конференция материалдарында.

### **5. Аңдатпа (авторефераттың) диссертация мазмұнымен сәйкестігі.**

Аңдатпа диссертация мазмұнына толықтай сәйкес келеді.

### **8. Диссертация мазмұнындағы және ресімделуіндегі кемшіліктер.**

1. Диссертацияда грамматикалық және орфографиялы қателіктер кездеседі.

### **Қорытынды**

Хабай Анардың «Температура мен ылғалдылықты бір уақытта өлшейтін датчикті зерттеу және өңдеу» тақырыбында жазған диссертациялық

жұмысының толық зерттелген болып табылады. Диссертациялық жұмыс диссертацияға қойылатын талаптарға сәйкес келеді.

**Пікір беруші**

Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ «Роботты техника және автоматиканың техникалық құралдары» кафедрасының қауымдастырылған профессор.

Ғылыми кеңесші

Ф.м.ғ Бактыбаев М.К

