

«6D071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар»
мамандығы бойынша философия докторы (PhD) дәрежесін алу үшін
диссертациялық жұмысқа

АҢДАТПА

ТОЛЕГЕНОВА АҚМАРАЛ АЛИБЕКОВНА

КӨЛБЕУ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЛАРЫ БАР ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ СЫНУ КӨРСЕТКІШІНІҢ ОПТОТАЛШЫҚТЫ СЕНСОРЫ

Диссертациялық жұмыста 6° және 8° көлбеу бұрыштары бар көлбеу талшықты Брэгг торларын (TFBG), олардың өткізу спектрлерін және қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне сызықтық тәуелділігі бар спектрлік параметрлерді зерттейміз. Сенсорлық спектр ені мен минимумы сияқты бірнеше сипаттамалар қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне сызықты тәуелді болуы мүмкін екендігі көрсетілген. Сенсорлық спектр енінің сыну көрсеткішіне сызықтық тәуелділігі көлбеу бұрыштары бойынша оқшау орналасқан (тәуелділік графиктері қиылыспайды). Спектрдің минимумының сызықтық тәуелділігі тек 8° көлбеу бұрышында байқалады және оның сызықтылық деңгейі ең жоғары. Бұл жұмыстың нәтижелерін оптикалық талшыққа негізделген қоршаған ортаның сыну көрсеткішінің сенсорын әзірлеу үшін пайдалануға болады.

Зерттеудің өзектілігі. Оптикалық талшықтарды сенсор ретінде қолдану технологиялары ХХ ғасырдың ортасынан бастап ұсынылды. Сол уақыттан бастап, халықаралық нарықта талшықты-оптикалық сенсорларды (ТОС) қоршаған ортаның әсерін, қасиеттері мен параметрлерінің өзгерісін анықтау үшін пайдалану кең қолданыс тапты. Автоматтандырылған басқару жүйелерінің, жаңа технологиялық процестердің енгізілуімен, тиімді автоматтандырылған басқару жүйесіне көшу барысы қарқынды дамуына байланысты сенсорларға сұраныс артуда. Жоғары метрологиялық сипаттамалармен қоса, сенсорлар беріктілігі жоғары, төзімді, тұрақты, кіші өлшемді, жеңіл, энергоүнемді және ақпаратты өңдеудің микроэлектронды құрылғылармен сәйкес жұмыс істеу қабілетіне ие болу керек. Бұл талаптарға талшықты оптикалық сенсорлар (ТОС) жоғары дәрежеде сай келеді.

Қарапайым датчиктер тек өздері орналасқан кеңістіктегі нүктедегі ортаның физикалық параметрлерін өлшей алады. Басқа сенсорларға қарағанда ТОС ерекшелігі кеңістікте ауқымды облысты қамти алады.

Аталған талшықты-оптикалық сенсорлардың дәстүрлі сенсорлардан айырмашылығы - олар пассивті, яғни, ылғалдан және электр желісінен оқшаулықты қажет ететін активті элементтері болмайды- транзистор, резистор, конденсаторлар, логикалық элементтер. Сонымен қатар, талшықты оптикалық сенсорлардың активті сенсорлардан артықшылығы:

1. электромагниттік өрістер өлшеу нәтижелеріне әсер етпейді;

2. бөгде электромагниттік сәуелердің (соның ішінде радиацияның) болмауы;

3. арналардың айқас бөгеттерінің болмауы;

4. әртүрлі өткізгіштердің жалғану тұстарында жерге тұйықтау мен ығысу кернеуімен байланысты мәселелердің болмауы;

5. электрлік қауіпсіздік пен доға пайда болу және ұшқындау мәселелерінің болмауы;

6. ортаның зиянды әсерлеріне жоғары төзімділік;

7. сигналдардың оңай мультиплексирленуі;

8. талшық бойымен кеңістікті тұтас физикалық шамаларды дәл бағалау мүмкіндігі;

9. мәлеметтерді жіберудің жоғары жылдамдығы.

Сонымен қатар, ТОС:

1. жарылысқа қауіпсіз болғандықтан жарылу қаупі бар ортада қолданыла алады;

2. жоғары механикалық беріктілікке, кіші өлшемдерге, қарапайым конструкцияға және жоғары төзімділікке ие;

3. химиялық инертті;

4. диэлектрик материалдардан жасалады, сондықтан, олардың бойымен электр тогы өтпейді;

5. қоршаған ортаның жоғары температурасына, механикалық соққыларына, дірілдеріне және т.б. әсерлеріне төзімді;

6. қашықтықтан және түйіспесіз өлшеулер жүргізуге мүмкіндік береді.

Кей ТОС электрондық құрылғыларды мүлдем қолдануға болмайтын жағдайларда, немесе олардың қолданысы ауқымды қиындықтар мен шығындарды тудыратын жағдайларда (мысалы, айнымалы ток генераторы, трансформаторлар сынды жоғары вольтты электрлік аппараттарда температураны өлшеу; жоғары вольтты электр тасымалдау желілерінде ток пен кернеуді өлшеу; жылуөткізгіштігі төмен және айнымалы шағылдыру қабілетіне ие, қолжетімділігі қиын жерлерде шағын беттің температурасын жылдам өлшеу) қолданылуы мүмкін. ТОС қолдану артықшылығы - талшықтың ұзындығы қамти алатын ұзындық пен кеңістікті бір нүктеден бақылау мүмкіндігі (магистралды құбырлардағы сұйықтықтар мен газдардың, үлкен қоймалардың қысымдарының өзгеруін, азаюын, кемелердің, ұшақтардың және т.б. транспорттық құралдардың ішкі қаптамаларының саңылауларын қоршау).

ТОС оптоалшықтың бейсызық эффектілеріне, яғни жарықтың шашырау құбылыстарына негізделіп жасалған түрлері бар. Олар, оптоалшықты қоршаған ортаның температурасы немесе қысымы қай нүктеде өзгеріске ұшырағанын, бейсызық эффектілердің бірі Мандельштам-Брюллиэн мәжбүрлі шашырауына (МБМШ) негізделген, рефлектометр көмегімен анықтай алады. Бұл сенсорлармен қоса, Брэгг торына негізделген ТОС де қолданылады. Ол сенсорлардың МБМШ сенсорларынан ерекшелігі, оптоалшық бойындағы температура немесе қысымның қандай мәнге өзгергені туралы нақты мәлімет алуға болады.

Көптеген ғылыми зерттеулер нәтижесінде дәстүрлі талшықты Брэгг торына қарағанда көлбеу талшықты Брэгг торы қоршаған ортаның сыну көрсеткішін дәл өлшей алатындығы анықталды. Сол себепті, осы зерттеу жұмыста қоршаған ортаның сыну көрсеткішін өлшеу үшін көлбеу талшықты Брэгг торы зерттеу объектісі ретінде қарастырылады. Осы уақытқа дейін жасалған жұмыстарда спектрдің ені мен минимумының ортаның сыну көрсеткішіне тәуелділігі қарастырылмаған және де бірнеше көлбеулік бұрыштары бар талшықты Брэгг торларының спектр параметрлерінің арасында өзара оқшаулығын көрсететін параметрлер анықталмаған. Сондықтан осы зерттеу жұмысында келесідей мақсаттар қойылды.

Жұмыстың мақсаты. Жұмыстың негізгі мақсаты - Оптикалық талшықтағы орындалатын физикалық процестерге негізделі отырып, қоршаған орта параметрлерінің сенсорын әзірлеу мәселелерін зерттеу.

Жұмыстың мақсатына жету үшін төмендегідей бірнеше мәселелерді шешу қажет:

- Көлбеу талшықты Брэгг торынан өткен жарық сәулесі спектрінің қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне тәуелділігін эксперименталды зерттеу.

- Қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне сызықты тәуелді болатындай TFBG спектралдық сипаттамаларын анықтау.

- Сыну көрсеткішіне сызықтық тәуелділігі көлбеу бұрыштары бойынша өзара оқшау орналасуын қамтамасыз ететіндей спектралдық сипаттаманы анықтау. Көлбеу бұрыштары бойынша оқшау орналасуды қамтамасыз ететін спектралдық сипаттаманы іздеу бір талшықтың бойына әр түрлі көлбеу бұрышпен орналасқан Брэгг торларын жазуға мүмкіндік алу үшін қажет.

Зерттеу нысаны.

Көлбеу бұрыштары 6^0 және 8^0 болатын талшықты Брэгг торы

Зерттеу пәні.

Көлбеу бұрыштары 6^0 және 8^0 болатын талшықты Брэгг торлары арқылы өткен жарық сәулесінің спектріндегі өзгерістерді зерттеу және сол өзгерістерді сипаттайтын қандай да бір шамаларды анықтау

Зерттеу әдістері

Бірмодалы оптоалшыққа көлбеу талшықты Брэгг торларын фазалық маска әдісімен жазу, эксперименттік және аналитикалық әдістер

Жұмыстың ғылыми жаңалығы:

1. Алғаш рет көлбеу бұрыштары 6^0 және 8^0 болатын Брэгг торлары бар оптикалық талшықтар қоршаған ортаның сыну көрсеткішінің өзгеру сенсоры ретінде жұмыс істей алатындығы анықталды.

2. Алғаш рет қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне ең жақсы сызықтық тәуелділікке ие TFBG спектрлік сипаттамалары табылды және ұсынылды,

3. Алғаш рет сызықтылығы Брэгг торының көлбеу бұрышына тәуелді емес TFBG спектрлік сипаттамасын анықталды

Қорғауға ұсынылатын негізгі тұжырымдамалар:

1. Ұсынылған «сенсорлық спектр ені» атты жаңа спектрлік сипаттама көлбеу бұрышты Брэгг торлары жазылған оптоалшықтар ортаның сыну көрсеткішінің сенсоры ретінде қызмет атқара алатындығын нақтылайды.

2. «Сенсорлық спектр ені» ортаның сыну көрсеткішіне тәуелділік функциясы қарастырылған 6 және 8 градус көлбеу бұрышты Брэгг торлары үшін толықтай сызықты болып табылады және бұл функциялардың мәндер облысы өзара қиылыспайды

3. «Сенсорлық спектр енінің» қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне тәуелділігінің сызықтылығын сипаттайтын коэффициенттің анықталу қателігі 6 градус көлбеу Брэгг торы үшін 4,6%, 8 градус үшін 3,7% құрады. Бұл бұған дейін белгілі болған «жергілікті орта мәні» атты спектрлік сипаттамамен салыстырғанда кем дегенде 11,1 пайыздық пунктке төменірек. Яғни, «сенсорлық спектр ені» сипаттамасы ортаның сыну көрсеткішінің өзгерісін дәлірек сипаттайды.

Жұмыстың теориялық және практикалық маңыздылығы

Диссертациялық жұмыстың нәтижелері көлбеу талшықты Брэгг торлары жазылған оптогалшыққа негізделген қоршаған ортаның сыну көрсеткішінің сенсорын дайындауға мүмкіндік береді. Сондай ақ, қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне сызықты тәуелді спектрлік сипаттамаларды ұсынады.

Нәтижелердің сенімділігі мен негізділігі

Диссертациялық жұмыс нәтижелерінің сенімділігі мен негізділігі ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК-і ұсынған басылымдарда, Web of Science (Clarivate Analytics, АҚШ) және Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін журналда және халықаралық ғылыми конференцияларда жарияланымдардың болуымен және басқа авторлар алған нәтижелерге сәйкес болуымен расталады.

Автордың жеке үлесі

Автор диссертациялық жұмыстың барлық кезеңдеріндегі зерттеу жұмыстарына толықтай қатысты. Оқу жоспарының аясында Люблин техникалық университетінің ғылыми зертханасында тәжірбиелік жұмыстарын жүргізді, атап айтқанда оптогалшыққа TFBG жазу процесіне қатысты, TFBG өткізу спектрлерін алды, алынған спектрлер бойынша сипаттамаларды есептеп, талдау жұмыстарын автор жүргізді. Жұмыстың міндеттері мен жоспарын бекіту, нәтижелерді талқылау ғылыми жетекшімен бірге орындалды.

Жарияланымдар

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша 6 ғылыми баспа жұмыс жарияланды, оны ішінде 2 жұмыс халықаралық конференцияларды тезис түрінде, 3 мақала ҚР ҒЖБМ ҒЖБССҚК-і ұсынған ғылыми басылымдарда, 1 мақала Scopus (Elsevier, Нидерланды) халықаралық ақпараттық ресурстарына кіретін ғылыми басылымдарда жарияланды. Сонымен қатар, жұмыс нәтижесі бойынша 1 авторлық куәлік бар.

Диссертациялық жұмыстың апробациясы

Scopus халықаралық ғылыми деректер базасына енетін басылымдарда жоғары импакт-факторлы мақала:

Tolegenova A.A., Kisala P.A., Zhetpisbayeva A.T., Mamyrbayev O.Zh., Medetov B.Zh. Experimental determination of the characteristics of a transmission

spectrum of tilted fiber Bragg gratings//Metrology and measurement systems. – 2019. – P. 6-12.

ҚР ҒЖМБ ҒЖБССҚК ұсынған басылымдарда жарияланған мақалалар:

1. Толегенова А.А., Албанбай Н., Жетписбаева А.Т., Медетов Б.Ж., Исимова А.Т., Тайсариева Қ.Н. TFBG типтес оптогалшықтарды сенсор ретінде қолдану үшін қажетті спектралдық сипаттамаларды эксперимент жүзінде анықтау// Вестник КазНИТУ, серия Технические науки. – 2019. - №4

2. Липская М.А., Ершова М.Ө., Толегенова А.А., Жетписбаев К. Талшықты Брэг торының негізіндегі оптикалық сенсорлар//ҚазККА хабаршысы. – 2020. – №4(115). – 311-317 б.

3. Tolegenova A., Yerishova M., Zhetpisbayeva A., Zhetpisbayev K., Tolegenova A. Investigation of the temperature dependence of TFBG with tilt angles of 2^0 and 4^0 // Торайғыров университетінің хабаршысы. – 2022. – №2

Халықаралық конференциялар тезистері жинақтарындағы жарияланымдар:

1. Narasim D., Tolegenova A., Tergeusizova A. The spectral properties of bended tilted fiber Bragg gratings //Optical Fibers and Their Applications 2018. – International Society for Optics and Photonics, 2019. – Т. 11045. – С. 110450В.

2. Толегенова А.А., Исимова А.А., Албанбай Н. TFBG спектралдық сипаттамаларының ортаның сыну көрсеткішіне тәуелділігін эксперимент жүзінде анықтау// "Фараби әлемі" атты Халықаралық жас ғалымдар мен студенттердің конференциясы". – 2019. – 288 б.

Авторлық куәлік:

Толегенова А.А., Медетов Б.Ж., Жетписбаева А.Т. Определение линейных зависимостей спектральных характеристик TFBG с углом наклона 6^0 и 8^0 от показателя преломления окружающей среды // Авторлық куәлік, 2023. №36971.

Диссертациялық жұмыстың құрылымы мен көлемі

Диссертациялық жұмыс кіріспеден, үш тараудан, қорытындыдан, пайдаланылған әдебиеттер тізімінен және үш қосымшадан тұрады. Жұмыс 126 сурет, 11 формула, 4 кесте, 101 әдебиеттер тізімі мен 106 бетті қамтиды.