

Кашаганова Гулжан Бакытовнаның

6D071900– «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығы бойынша (PhD) философия докторы дәрежесін алу үшін дайындалған «Оптикалық талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларын зерттеу және оңтайландыру» тақырыбындағы диссертациялық жұмыстың

АҢДАТПАСЫ

Жұмыстың өзектілігі. Қазіргі уақытта талшықты Брэгг торлары талшықты оптиканың әр түрлі құрылғыларында негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Атап айтқанда, олар талшықты лазерлерде, сенсорлы жүйелерде, сондай-ақ талшықты-оптикалық байланыс жүйелерінде кеңінен қолданылады. Олардың сұранысқа ие болуы, бірегей оптикалық (тар спектрін көрсету) және пайдалану (шағын оптикалық жоғалту, габариттері мен салмағы) сипаттамаларында.

Соңғы жылдары жасалған зерттеулер, талшықты Брэгг торларын телекоммуникация саласында дисперсияны компенсациялау, оптикалық сүзгілер, сондай-ақ эрбимен күшейткіштер және CDMA жүйелерде тиімді қолдануға мүмкіндік берді. Талшықты Брэгг торлар қасиеттеріне байланысты, оларды температура, қозғалыс, стресс, қысым датчиктер ретінде пайдалануға мүмкіндік береді.

Қарапайым оптикалық талшықпен салыстырғанда Брэгг торларынан тұратын оптикалық талшықтардың сезімталдығы айтарлықтай жоғары.

Шама өлшемі, оны кесіп өткен немесе бейнеленген сәулеленудің, толқын ұзындықтарына жылжуына бірегей түрлендірілуі, сонымен бірге қарапайым дайындау мүмкіндігі талшықты Брэгг торларының артықшылығы болып табылады. Сонымен бірге, электромагнитті өрістердің әсер етулерінен қорғанысы, жоғары сезімталдығы, сенімділігі, үнемі қалпына келтіріліп отыруы мен өлшемнің кең динамикалық диапазоны, бір немесе бірнеше жарық өткізгіште орналасқан сезімтал элементтерді спектрлік және кеңістіктік мультиплекстеу мүмкіндігі, өлшемді жүргізетін орынға дейінгі айтарлықтай арақашықтық, өлшеніп жатқан мөлшердің өзгеруіне жауап беру үшін аз уақыт беру, жоғары коррозиялық және радиациялық төзімділігі.

Талшықты Брэгг торларын жазу немесе жасау негізінен келесі баптауларға байланысты жіктелінуі мүмкін: жазбаның лазерінің типі, сәулеленудің ұзындығы, жазба әдісі мен тор типіне.

ТБТ жазу үшін қолданылатын лазерлер үздіксіз, инфрақызылды сәуледен ультракүлгін спектрдің диапазонына дейін импульсті болады. Берілген салыстырулар жазба көзінің оптикалық сәулеленудің кеңістіктік және уақытша когеренттілігін анықтайды. Сол арқылы ТБТ жазуға сәйкес әдісті көрсетеді. ТБТ жазбасының ең негізгі әдісіне фазалық маска әдісі, интерферометриялық әдіс пен кадамдық әдіс ерекшеленеді.

ТБТ нақты қолданулары бейнелену спектрінің формасына анықталған талаптар қояды, олар тордың сыну көрсеткіштерінің профилімен

анықталады, жалпы талаптардың біріне жанама жапырақшаларының болмауы жатқызылады. Жанама жапырақшалар толқынды жоюға ұмтылады.

Осы көрсетілген жанама жапырақшаларының қабілеттіліктерін жою және оларды минимумға жеткізу өте маңызды. Жанама жапырақшаларын жоюға арналған ең жиі қолданылатын әдіс талшықты Брэгг торларының аподизациясы болып табылады. Бұл қолданбалы функцияларға сәйкес сыну коэффициентінің амплитудасы кезеңдеп өсіп және түсіп, модульденетіндігін білдіреді. Аподизация осылайша, Брэгг торларын бейнелеудің спектрін деңгейлестіруге арналған бағалы аспап болып табылады, бірақ тордың дисперсионды сипаттамаларына да әсерін тигізеді. Аподизацияға ультракүлгін сәулелердің көмегімен жетуге болады.

Келтірілген әдебиеттер талдауы көптеген қолданулар үшін аподизацияланған талшықты Брэгг торлары талап етілетіндігін көрсетеді. Өртүрлі функциялардағы аподизациялардың әсерлері толық аяғына дейін зерттелмеген және ары қарайғы зерттеулерді талап етеді. Бұл диссертациялық жұмыстың тақырыбының өзектілігі болып табылады.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты. Талшықты Брэгг торлардың спектрлік сипаттамаларын зерттеу және оңтайландыру.

Қойылған мақсатқа жету үшін келесі **мәселелер** шешу керек болды:

– талшықты Брэгг торларын дайындау технологиялары бойынша салыстырмалы талдау және зерттеу;

– талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларына әсер ететін өртүрлі параметрлерді (тор спектрінің ұзындығы, температура, механикалық созылулар және аподизация) зерттей отырып, олардың әсерін анықтау;

– аподизациялаудың өртүрлі функцияларымен зерттеу негізінде талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларының өзгеруін салыстырмалы талдау және сол функциялардың тиімдісін таңдау;

– талшықты Брэгг торларының имитациялық моделін құру және оны MatLab жүйесінде өңдеу;

– оңтайлы спектрлік сипаттамасы бар талшықты Брэгг торларын жасап шығару.

Зерттеу нысаны және мәні. Аподизацияланған талшықты Брэгг торлары осы диссертациялық жұмыстың зерттеу нысаны болып табылады. Талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларын оңтайландыру зерттеу мәні болып табылады.

Жұмыстың **ғылыми жаңалығы** келесіде:

– талшықты Брэгг торларын дайындау технологиясы бойынша салыстырмалы талдау және зерттеу жасалды. Оның нәтижесінде аподизацияланған талшықты Брэгг торларын оптикалық талшықта жазудың қолайлысы таңдалды;

– талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларына температура және механикалық созылулар әсерлері эксперименталды түрде анықталды және ол нәтижелері теориялық нәтижелермен нақтыланды;

– аподизациялаудың әртүрлі функцияларымен зерттеу негізінде талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларының өзгеруін салыстырмалы талданды және аподизацияның тиімді функция алынды;

– талшықты Брэгг торларының имитациялық моделі құрылып, MatLab жүйесінде өңделді. Компьютерлік модельдеу нәтижесінде алынған спектрлік сипаттамаларының оңтайлы параметрлері негізінде талшықты Брэгг торларының нақты үлгісі алынды және зертханалық сынақтан өткізілді.

Зерттеу әдістері. Қойылған мәселелерді шешу үшін математикалық, компьютерлік және эксперименталды модельдеу әдістері қолданылған.

Жұмыстың тәжірибелік маңыздылығы. Диссертациялық жұмыстың ғылыми нәтижелері Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ 5В071900– «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығының студенттеріне «Оптикалық талшықты байланыс желісі», «Телекоммуникациядағы оптикалық байланыс жүйесі» пәндері бойынша оқу-әдістемелік кешеніне енген және тәжірибелік, зертханалық сабақтарды өткізуде қолданылады.

Диссертациялық жұмыстан алынған ғылыми нәтижелер Люблин Техникалық Университетінің (Польша, Люблин қ.) «Оптоэлектроника» лабораториясында талшықты Брэгг торларын дайындауда және спектрлік сипаттамаларын зерттеуде қолданылуы туралы акт алынды. Сонымен қатар диссертациялық жұмыстың ғылыми нәтижелері «Тұран» университетінің оқу үрдісіне енгізілгендігі жайлы акт алынды.

Жұмыс апробациясы. Диссертацияның негізгі тәртіптері және зерттеу нәтижелері Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар институтының «Электротехника, электроника және телекоммуникациялар» және «Тұран» университетінің «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедраларының ғылыми семинарларында; Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ 80-жылдығына арналған «XXI ғасырдың инженерлік білім беруі және ғылымы» Халықаралық форумында (Алматы, 2014); «Қазақстанның жаңа экономикалық саясатын таратуда жас ғалымдардың орны мен рөлі» атты Халықаралық Сәтбаев оқуларында (Алматы, 2015); «Орталық Азия және СНГ елдерінің әлеуметтік-экономикалық және саяси теоретика-қолданбалы аспектілерінің дамуы» атты сырттай халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясында (Алматы-Барнаул-Москва, 2015); «Сенімділік және сапа» Халықаралық симпозиумында (Пенза, 2015); «Ғылымдағы, техникадағы және білім берудегі есептеу және ақпараттық технологиялар» Халықаралық ғылыми конференциясында (Алматы – Новосибирск, 2015); «Ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялар: білім беру, ғылым, тәжірибе» II Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясында (Алматы, 2015); Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering (Scopus) (Poland, 2015); Қазақстан Республикасы тәуелсіздігінің 25 жылдығына арналған «Техникалық ғылым және білім берудің бәсекеге қабілеттілігі» Халықаралық Сәтбаев оқуларында (Алматы, 2016); Konferencja naukowa WD 2016 (Poland, Lublin 11–13 July 2016) баяндалған және талқыланған.

Мақалалар. Диссертациялық жұмыстың тақырыбына сәйкес 19 мақала басып шығарылған, соның ішінде 4 – ҚР БҒМ білім және ғылым саласындағы бақылау Комитетімен ұсынылған ғылыми басылымдарда басылып шығарылған, 2 – Scopus ақпараттық базасына енген халықаралық ғылыми журналдарда, 11 – халықаралық ғылыми конференция материалдарында, соның ішінде 3 – Scopus ақпараттық базасына енген басылымдарда шығарылған.

Диссертация құрылымы және көлемі. Диссертациялық жұмыс компьютермен басып шығарылған 114 бетте берілген кіріспеден, төрт бөлімнен, қорытындыдан, 82 суреттер және 10 кестелерден тұрады, әдебиеттер тізімі 112 атаулардан тұрады.

Кіріспеде диссертациялық жұмыстың жалпы сипаттамалары келтірілген: өзектілігі, мақсаты, зерттеу міндеттері, зерттеу нысанасы және мәні, ғылыми жаңалығы және тәжірибелік маңыздылығы, зерттеу әдістері, апробациясы және мақалалары. Диссертацияның қысқаша мазмұны мен құрылымы келтірілген.

Бірінші бөлімде ТБТ ақпараттық шолулары келтірілген. ТБТ артықшылықтары мен кемшіліктері талданған және әртүрлі құрылғыларда олардың ең маңыздыларының қолданулары көрсетілген. ТБТ негізгі түрлері қарастырылған. Сонымен қатар оптикалық талшықтардағы қазіргі кездегі бар ТБТ дайындау технологиялары және әдістерінің артықшылықтары мен кемшіліктері қысқаша сипатталған.

Екінші бөлімде аподизацияланған талшықты Брэгг торлары туралы жалпы түсінік берілген. Талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамалары әртүрлі аподизациялау функцияларын қолдана отырып зерттелген.

Үшінші бөлімде ТБТ сипаттаудың негізгі математикалық моделі қарастырылған және талданған. ТБТ спектрлік сипаттамаларына механикалық және температураның әсерлері эксперименталды тексерілген.

Төртінші бөлімде компьютерлік модельдер негізінде ТБТ спектрлік сипаттамаларын зерттеу нәтижелерінің талдаулары келтірілген.

Қорытындыда диссертациялық жұмыс бойынша негізгі тұжырымдамалар мен нәтижелер көрсетілген.

Диссертациялық жұмыстың тақырыбы бойынша 19 ғылыми жұмыстар жарияланды:

1 Кашаганова Г.Б., Омарова Г.А. Физические принципы формирования каналов утечки информации в волоконно-оптических линиях связи //Труды международного форума «Инженерное образование и наука в XXI веке: проблемы и перспективы», посвященного 80-летию КазНТУ имени К.И. Сатпаева. – Алматы РК, 22–24 октября 2014. – Т. II. – С.434-437.

2 Кашаганова Г.Б., Джаурбаева А.Т., Жасандықызы М. Применение волоконных решеток Брэгга в оптоволоконных линиях связи и их основные характеристики //Вестник НАН РК. – Алматы, 2015. – № 2.– С.9-17.

3 Кашаганова Г.Б., Омарова Г.А. Компенсаторы дисперсии в волоконно-оптических линиях связи //Труды Международных Сатпаевских

чтений «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстан».– Алматы, 2015.– Т. IV. – С.212-216.

4 Кашаганова Г.Б. Виды дисперсии оптического волокна и их методы компенсации //Теоретико-прикладные аспекты социально-экономического и политического развития стран центральной Азии и СНГ: Сборник материалов заочной международной научно-практической конференции. – Алматы-Барнаул-Москва, 2015. – № 2. – С.67-74.

5 Кашаганова Г.Б., Касимов А.О. Технология изготовления волоконных Брэгговских решеток //Труды Международного симпозиума «Надежность и качество» (РИНЦ). – Пенза, 2015. – № 2. – С.106-109.

6 Kisala P., Wojcik W., Калижанова А.У., Кашаганова Г.Б.,Смайлов Н. К. Elongation determination using finite element and boundary element method //Abstracts international Conference “Computational and Informational Technologies in Science, Engineering and Education”.– Almaty, Kazakhstan, September 24-27 2015.– P. 147-148.

7 Kisala P., Wojcik W., Калижанова А.У., Кашаганова Г.Б.,Смайлов Н. К. Elongation determination using finite element and boundary element method //Совместный выпуск по материалам Международной научной конференции "Вычислительные и информационные технологии в науке, технике и образовании" Вычислительные технологии: Вестник КазНУ им. аль-Фараби Серия математика, механика и информатика. – 2015. – Т. XX.– Ч. II.– № 3(86).– С. 144-151.

8 Кашаганова Г.Б. Талшықты Брэгг торларының қасиеттері және оларды қолдану //Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ Хабаршысы.– 2015.– №6 (112).– Б.180-185.

9 Вуйцик В., Кашаганова Г.Б. Исследование спектральных характеристик волоконных брэгговских решеток //Труды II Международной научно-практической конференции «Информационные и телекоммуникационные технологии: образование, наука, практика». – Алматы, Казахстан, 3-4 декабря 2015.– Т. II. – С. 77-81.

10 Kisala P., Wojcik W., Yussupova G., Kussambayeva N., Kashaganova G., Narasim D. Analysis of the possibilities for using a uniform Bragg grating in a tunable dispersion compensator //International journal of electronics and telecommunications (Scopus). – 2015. – Vol. 61. – № 4. – P. 381-387.

11 Amirgaliyev E.N., Kalizhanova A.U.,Kozbakova A. Kh., Kashaganova G.B., Aitkulov Zh.S., Zhirnova O.V. Software application design and 3D modeling for evacuation of people from educational institution //Journal of Theoretical and Applied Information Technology (Scopus).– 2016. – Vol. 84. – № 1. – P.133-139.

12 Azarov O.D., Murashchenko O.G., Chernyak O.I., Smolarz A. Kashaganova G.B., Method of glitch reduction in DAC with weight redundancy // Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering (Scopus). – 2015. –Vol. 9816. – P. 98161T-1- 98161T-8.

13 Studenyak I.P., Bendak A.V., Demko P.Y., (...), Komada P., Kashaganova G.B. Influence of external factors on optical parameters in Cu₆PS₅I

thin films //Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering (Scopus), 2015.– Vol. 9816. – P. 98160C-1- 98160C-8.

14 Tuzhanskyi S.Y., Sakhno A.M.,Komada P.,Kashaganova G.B. Fiber optic gyroscope based on the registration of the spatial interference pattern //Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering (Scopus), 2015.– Vol. 9816. – P. 98160Z-1-98160Z-3.

15 Кашаганова Г.Б., Омарова Г.А. Исследование математической модели волоконной решетки Брэгга //Международные Сатпаевские чтения «Конкурентоспособность технической науки и образования», посвященные 25-летию Независимости Республики Казахстан. – Алматы, 2016.– С.65-69.

16 Кашаганова Г.Б. Талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларына аподизацияның әр түрлі функцияларының әсері //Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ Хабаршысы.– 2016.– № 3 (115).– Б.302-311.

17 Kashaganova G.B., Kalizhanova A.U., Aitkulov ZH.S., Kozbakova A., Zhirnova O.V. Up-to-date technologies of fiber bragg gratings production and their critical parameters //Konferencja naukowa WD. – Lublin, 2016. – P. 75-76

18 Кашаганова Г.Б., Ибраев А.Т. Талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамаларына сыртқы әрекеттердің әсерлерін зерттеу //ҚАУ Ғылыми еңбектері.– 2016.– №3(33). – Б.76-84.

19 Кашаганова Г.Б., Ибраев А.Т. Талшықты Брэгг торларының спектрлік сипаттамасын өлшеудің әдіс-тәсілдері // ҚАУ Ғылыми еңбектері.– 2016.– № 4(34). – Б.70-74.