

¹A.A. Tolegenova, ²N.Albanbay, ³A.T.Zhetpisbayeva, ¹B.Zh. Medetov,
¹A.T.Isimova, ²K.N.Taisarieva

(¹Al-Farabi Kazakh National University, ²The Kazakh National Research
Technical University after K.I.Satbayev, ³S.Seifullin Kazakh Agro Technical
University, akmaral.tolegenova90@gmail.com)

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE SPECTRAL CHARACTERISTICS OF TFBG TYPICAL OPTICAL FIBERS FOR USE AS A SENSOR

Abstract. Due to the increase in the use of sensors of inclined fiber Bragg grating (Tilted fiber Bragg grating - TFBG) to determine the refractive index, it is necessary to improve and propose new methods of calculation. This paper proposes a new calculation method. Used a TFBG with tilt angle 80 and the experiment was conducted for 24 the value of the refractive index and the dependences of the width of the spectrum bandwidth, its minimum and energy from the index of refraction.

Key words: optical fiber, tilted fiber Bragg grating, spectrum width, spectrum energy.

¹А.А.Толегенова, ²Н. Албанбай, ³А.Т. Жетписбаева, ¹Б.Ж. Медетов,
¹А.Т.Исимова, ²Қ.Н.Тайсариева

(¹Әл- Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, ²Қ.И.Сәтпаев
атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, ³С.Сейфуллин
атындағы Қазақ агротехникалық университеті,
akmaral.tolegenova90@gmail.com)

TFBG ТИПТЕС ОПТОТАЛШЫҚТАРДЫ СЕНСОР РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУ ҮШІН ҚАЖЕТТІ СПЕКТРАЛДЫҚ СИПАТТАМАЛАРДЫ ЭКСПЕРИМЕНТ ЖҮЗІНДЕ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Талшықты көлбеу Брэгг торын (Tilted fiber Bragg grating- TFBG) сыну көрсеткішін анықтайтын датчик ретінде қолдану үшін есептеу әдістерін жақсартып, жаңа әдістерді ұсыну керек. Бұл мақалада есептеудің жаңа әдісі ұсынылады. Көлбеу бұрышы 80° TFBG қолданылды, эксперимент сыну көрсеткішінің 24 мәні үшін жасалды және өткізу спектрі енінің, оның минимумының және энергиясының сыну көрсеткішіне тәуелділігі тұрғызылды.

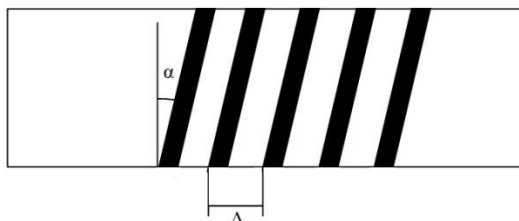
Түйінді сөздер: оптоталшық, талшықты көлбеу Брэгг торы, спектр ені, спектр энергиясы.

Кіріспе. Қазіргі таңда талшықты көлбеу Брэгг торының (Tilted fiber Bragg grating- TFBG) көмегімен іске асқан бірнеше датчиктердің түрлері бар:

аниондардың концентрациясын бақылауға арналған [1], көлбеу талшықты Брэгг торының өткізу қуатын өлшеуге негізделген сыну көрсеткішінің датчигі [2], қоршаған ортаның сыну көрсеткіші мен сұйықтық деңгейін қатар өлшейтін датчик [3], механикалық және биохимиялық датчиктер [4], талшықтың өзекшесіндегі легірлеуші қоспалардың концентрацияларының корреляциясымен сыну көрсеткішін анықтайтын датчик [5], TFBG өңдеу әдісі мен дымқыл химиялық кремнеземның біргуі арқылы алынған сыну көрсеткішінің датчигі [6] және т.б. Жоғарыда айтылған датчиктердің өзіндік ерекшеліктері бар. Алайда, TFBG оптоталшықты датчиктердің қолдану аясының кеңеюіне байланысты өлшеу әдістерін жақсартып, жаңа түрлерін ұсыну керек. Біздің жұмыста ұқсас өлшеу әдістерін қолдана отырып, есептеудің жаңа әдісін ұсындық.

Біздің есебіміздің ұқсас есептерден айырмашылығы, біз экспериментті сыну көрсеткішінің 24 мәніне жүргіздік және спектр енінің, оның минимумының және энергиясының сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділігі алынды.

Эксперименттік бөлім. Экспериментте талшықты брэгг торының көлбеу бұрышы 8 градусқа тең және оның құрылымы (1- сурет) жарық сезгіш бірмодалы оптоталшыққа фазалық маска әдісі бойынша салынды. Бұл жерде TFBG тордың ұзындығы мен периоды, сәйкесінше, 10 мм және 540 нм.



1- сурет. TFBG типтік құрылымы

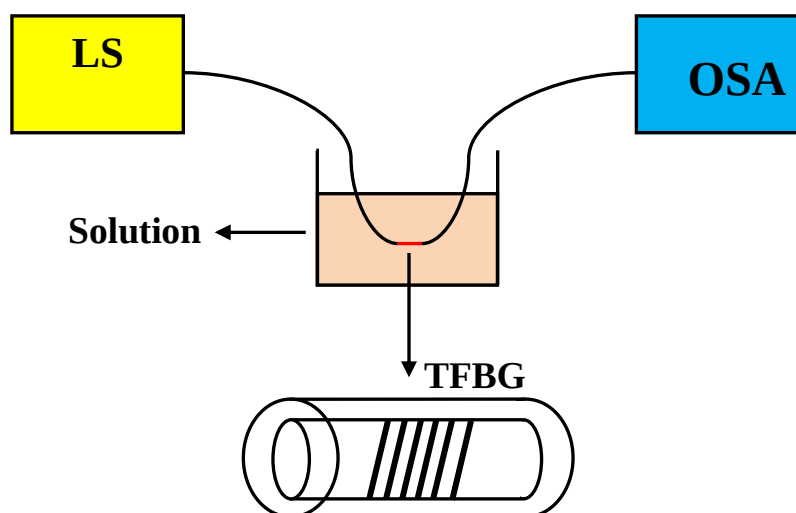
Ортаның сыну көрсеткіші судың құрақ қанты қосылған ерітінді арқылы берілді. Ол үшін қанттың әр түрлі концентрациясымен 24 ерітінді қолданылды. Нәтижесінде ортаның сыну көрсеткіші тұрақты температурада 1,3344 пен 1,3706 аралығындағы 24 мәнді қабылдады. Ортаның сыну көрсеткіштерінің мәндері 1- кестеде келтірілген.

1- кесте. Ортаның сыну көрсеткішінің мәндері

Құрақ қантының ерітіндідегі концентрациясы %	Сыну көрсеткіші
0	1.3330
1	1.3344
2	1.3359
3	1.3374
4	1.3388

5	1.3403
6	1.3418
7	1.3433
8	1.3448
9	1.3464
10	1.3479
11	1.3494
12	1.3510
13	1.3526
14	1.3541
15	1.3557
16	1.3573
17	1.3590
18	1.3606
19	1.3622
20	1.3639
21	1.3655
22	1.3672
23	1.3689
24	1.3706

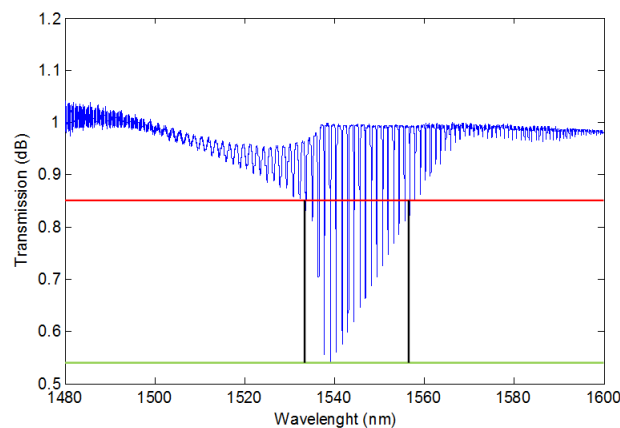
TFBG арқылы өтетін жарық талшықты- оптикалық байланысы бар көз арқылы жіберілді, ал TFBG өткізу спектрі оптикалық анализатор көмегімен тіркелді. Эксперименталды қондырғының жалпыланған схемасы 2- суретте келтірілген.



2- сурет. Эксперименталды қондырғы жұмысының схемасы: LS- жарық көзі (light source), OSA- оптикалық спектр анализаторы (optical spectrum analyzer), TFBG- көлбеу талшықты Брэгг торы (tilted fiber Bragg grating), Solution- ертітінді

Эксперименталды зерттеудің негізгі мақсаты бойынша TFBG өткізу спектрі сипаттамаларының ортаның сыну көрсеткішіне мүмкіндігінше

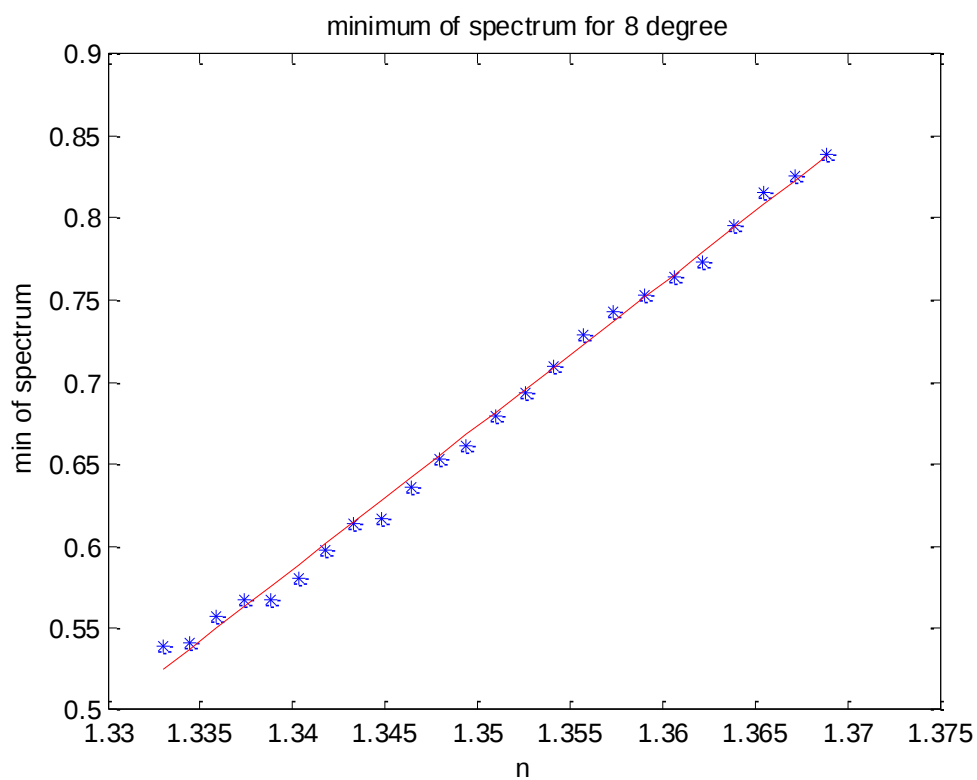
сызықты тәуелділігі ізделінді. Осы мақсат үшін әр түрлі сипаттамаларды қолдануға болады. Мысалы, [2] жұмыста эксперименталды мәліметтерді өңдеу кезінде өткізу спектрі қуатының сыну көрсеткішіне тәуелділігі алынған. Ал біздің жұмыста басқа тәуелділіктер қарастырылды: спектр енінің, минимумының және энергиясының сыну көрсеткішіне тәуелділіктері. 3- суретте эксперименталдық қондырғы арқылы алынған көлбеу бұрышы 8^0 тең TFBG өткізу спектрінің минимумы мен енін анықтауға мысал келтірілген.



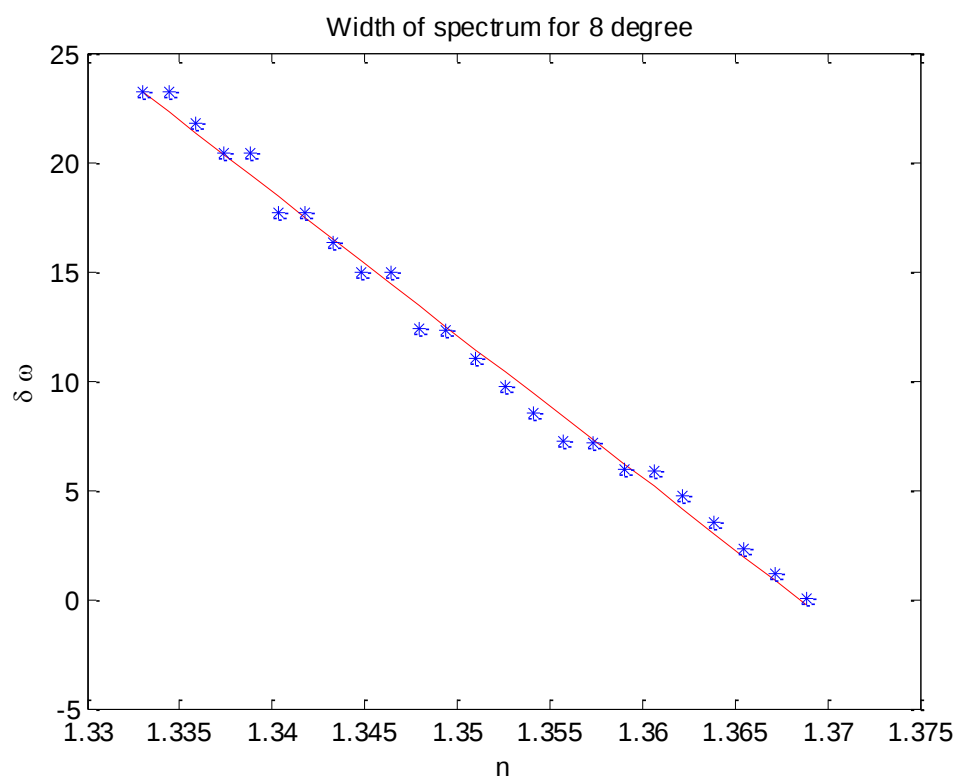
3- сурет. Көлбеу бұрышы 8^0 тең TFBG өткізу спектрінің минимумы мен енін анықтауға мысал. x осі бойынша λ толқын ұзындығының мәндері, y осі бойынша өткізу коэффициенті мәндері берілген.

Бұл суретте қызыл түсті сызықпен шекті мән көрсетілген, біздің жағдайымыз үшін ол 0,85 тең. Жасыл түсті сызықпен спектр минимумының орналасуы көрсетілген, ол спектрдің ең минимал мәніне тең.

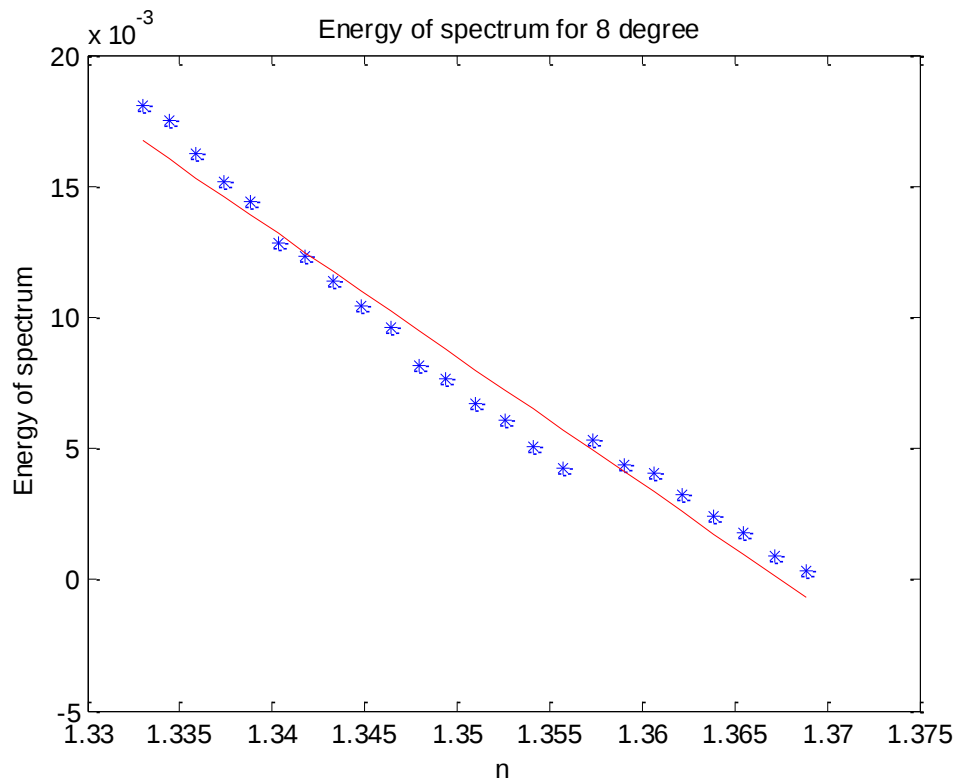
Біздің жұмыста спектр сипаттамаларының сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділігі ізделінеді. Сол үшін эксперимент барысында алынған мәліметтерді Matlab бағдарламасының көмегімен өңделді. Өңдеу нәтижелері 4- 6 суреттерді көрсетілген.



4- сурет. Спектр минимумының сыну көрсеткішіне тәуелділігі



5- сурет. Спектр енінің сыну көрсеткішіне тәуелділігі



6- сурет. Спектр энергиясының сыну көрсеткішіне тәуелділігі

4-6- суреттерде көк түсті нүктелер – эксперимент нәтижелері, ал қызыл түсті сызықтар аппроксималаушы қисыққа сәйкес келеді және тәуелділіктердің сызықтық екенін байқасақ болады.

Спектр минимумының, енінің және энергиясының сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділік деңгейін сандық бағалау үшін бірінші ретті аппроксималаушы полиномның қателік коэффициенттері есептелді. Егер бірінші ретті аппроксималаушы полиномы

$y = a + bx$ түрінде болса, b коэффициентін анықтаудың орташа квадраттық қателігі келесідей формула бойынша табылады:

$$S_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - bx_i - a)^2}{(n-2) \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

Абсолюттік қателікті мынадай формуламен анықтаймыз:

$$\Delta b = S_b \cdot t_\alpha$$

мұндағы t_α - Стюдент коэффициенті, біздің жағдай үшін (өлшеу саны 24 болғанда) 2,064 тең. Осылайша b коэффициентін анықтайтын қателіктер келесідей мәндер қабылдайды:

$\xi_b = 3.7\%$ - спектр ені үшін,

$\xi_b = 2.7\%$ - спектр минимумы үшін,

$\xi_b = 7.8\%$ - спектр энергиясы үшін.

b коэффициентін анықтаудың салыстырмалы қателіктері аз шама болғандықтан, спектрдің ені, минимумы мен энергиясы сыну көрсеткішіне сызықты тәуелді екенін байқаймыз.

Қорытынды. Осыған дейін жасалған көптеген эксперименттерде талшықты көлбеу Брэгг торын оптогалшықты сенсор ретінде пайдалану мақсатында, оның өткізу спектрі қуатының қоршаған ортаның сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділігі қарастырылып келген. Алайда, осы жұмыста көрсетілгендей, өткізу спектрінің басқа да сипаттамалары сыну көрсеткішіне сызықты тәуелділікте болатындығы анықталды. Тіпті, кейбір сипаттамалар өткізу спектрінің қуатына қарағанда сызықтық заңдылықпен дәлірек сипатталатыны белгілі болды. Спектр минимумы үшін сызықтық тәуелділік дәлірек орындалады, себебі оны анықтаудың қателігі аз шамаға тең.

ӘДЕБИЕТ:

[1] L.B. Melo, J.M.M. Rodrigues, A.S.F. Farinha, C.A. Marques, L. Bilro, N. Alberto, J.P.C. Tom, R.N. Nogueira. Concentration sensor based on a tilted fiber Bragg grating for anions monitoring. Optical Fiber Technology 20 (2014) pp. 422–427.

[2] Yin-ping Miao, Bo Liu, Qi-da Zhao. Refractive index sensor based on measuring the transmission power of tilted fiber Bragg grating. Optical Fiber Technology 15 (2009) pp.233–236.

[3] Qi Jiang, Debo Hu, Meng Yang. Simultaneous measurement of liquid level and surrounding refractive index using tilted fiber Bragg grating. Sensors and Actuators A 170 (2011) pp. 62– 65.

[4] Tuan Guo, Fu Liu, Bai-OuGuan, Jacques Albert. Tilted fiber grating mechanical and biochemical sensors. Optics & Laser Technology 78 (2016) pp. 19–33.

[5] F. Juelich, J. Roths - Munich University of Applied Sciences. Determination of the Effective Refractive Index of Various Single Mode Fibres for Fibre Bragg Grating Sensor Applications. SENSOR+TEST Conferences 2009. ISBN 978-3-9810993-6-2. pp 119 – 124.

[6] Wei Liang, Yanyi Huang, Yong Xu, Reginald K. Lee, Amnon Yariv. Highly sensitive fiber Bragg grating refractive index sensors. Applied Physics Letters 86(15) · April 2005.

Толегенова А.А., Албанбай Н., Жетписбаева А.Т., Медетов Б.Ж.,
Исимова А.Т., Тайсариева Қ.Н.

Экспериментальное определение спектральных характеристик TFBG типовых оптоволокон для применения в качестве сенсора

Аннотация. В связи с увеличением применения датчиков наклонной волоконной Брэгговской решетки (Tilted fiber Bragg grating- TFBG) для определения показателя преломления нужно улучшить и предложить новые методы вычисления. В данной статье предлагается новый метод вычисления.

Использовался TFBG с углом наклона 8° и проводился эксперимент для 24 значений показателя преломления и построена зависимости ширины спектра пропускания, его минимума и энергии от показателя преломления.

Ключевые слова: оптоволокно, наклонная волоконная Брэгговская решетка, ширина спектра, энергия спектра.