

ОПТИКАЛЫҚ ТАЛШЫҚ НЕГІЗІНДЕ ЫЛҒАЛДЫҚТЫ ӨЛШЕЙТІН ДАТЧИКТИ АНЫҚТАУ

Хабай А.¹, Тулешов Е.А.¹, Шадыманова А.А.², Садыков С.К.¹, Байтурганова В.К.¹

¹Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан.

²Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық сараптама орталығы, Алматы, Қазақстан.

Түйіндеме. Қазіргі таңда датчиктердің сезгіштік, селективтілік, сенімділігін және жауап беру уақыттарын одан әрі жетілдіру қажет. Оптикалық талшық негізіндегі ылғалдылықты өлшейтін датчик жоғары сезімталдыққа, тез жауап беруге, ықшамды көлеміне және анти-электромагниттік кедергі сияқты артықшылықтарына байланысты қызығушылығымен зерттелді.

Фабри-Перо интерферометрлері (ФПИ) негізделген оптикалық талшықтың ылғалдылыққа байланысты ішкі сезімталдығы ұсынылып, эксперименталды түрде көрсетілді. Лазерлік сенсорлық сезімтал механизмін және оның сезімталдық көрсеткіштері сипатталды. Осы талдаулар негізінде ылғалдылықты өлшейтін оптикалық талшықты датчиктің жұмысын ұсыну.

Түйінді сөздер: Фабри-Перо интерферометрлері, салыстырмалы ылғалдылық, оптикалық талшық, бір бағытты талшық, сигналдың шуылға қатынасы.

Кіріспе. Ылғалдылықты бақылау химия, биология, метеорология, электроника, автомобильдер, өсімдіктер, микроэлектроникалық өндірісте және басқа ғылым мен техниканың көптеген салаларында өте маңызды рөл атқарады. Қазіргі уақытта түрлі физикалық принциптерді қолданатын көп сандық датчиктер бар. Дегенмен, датчиктердің сезгіштік, селективтік, сенімділігін және жауап беру уақыттарын одан әрі жетілдіру қажет.

Қазіргі таңда қолданыстағы ылғалдылықты өлшейтін датчиктер бар [1-4]. Оптикалық талшық негізіндегі ылғалдылықты өлшейтін датчик жоғары сезімталдыққа, тез жауап беруге, ықшамды көлеміне және анти-электромагниттік кедергі сияқты артықшылықтарына байланысты қызығушылығымен зерттелді.

Зерттеу әдістері. Кристалды талшыққа негізделген ылғалдылықты анықтауға арналған талшықтық сенсорлардың бірнеше түрлері ұсынылған [5-8]. Оптикалық талшықты температураны өлшеу әдістеріне қолдану көрсетілген [10]. Оптикалық талшықты

Брэгг торлы шағылыстырудың негізіндегі сезімталдықтар [10-13] және Фабри-Перо интерферометрлері [14,15], біртекті оптикалық талшықтар [16] басылымдарда талқыланды. Агроза гелінің шығыны төмен, дайындалуы оңай және тиісті есептерде жақсы көрсеткіштерге ие, сондықтан салыстырмалы ылғалдылық үшін кеңінен қолданылады [17]. Талшықты оптикалық сезімталдықты жақсарту үшін бұларды гигроскопиялық материалдардан жасайды, мысалы Агроза гелі, графен оксиді, поливинил спирті, SiO₂, WS₂ сияқты және т.б. Қазіргі кезде көптеген оптикалық сенсорлар пассивті және кең жолақты жарық көзімен жұмыс істейді. Соңғы жылдарда, оптикалық талшықты лазерінің ішкі сезімталдығына негізделген датчиктер кеңінен зерттелді, өйткені олардың спектрлі резонансының шыңның көрінуін жақсартылды және өткізу қабілеттілігі 3-дБ-ге жетті [18-20].

Оптикалық талшықты лазерлерге негізделген ішкі сезімталдылықты дамыту арқылы датчиктердің сигналдың шуылға қатына-

сы жақсартылды, ал тар диапазондағы 3 дБ өткізу сенсорлық желінің сыйымдылығын арттырады.

Зерттеу нәтижелері. Бұл мақалада оптикалық талшықты ФПИ (Фабри-Перот интерферометрлер) 25% пен 95 % салыстырмалы ылғалдылық диапазонында тәжірибелік нәтижелер алу және оптикалық талшықтың Брэгг торлының температураға байланысын деформация негізінде кері шағылу спектрі арқылы температураны анықтау мүмкіндігіне талдау жасалған.

Датчиктің жұмыс принципі. Ұсынылған датчиктің жұмыс принципі Фабри-перо интерферометрі әдісі негізінде ылғалдылыққа сезімтал агрозалық гелдің ішкі лазерлік шағылысуына байланысты. Фабри-Перот интерферометрі әдісі ылғалдылыққа сезімтал. Схемасы 1-суретте ұсынылған. Оптикалық бір бағытты режимдегі талшық және оған Брэгг торлары орналастырылған, оның көлденең қимасы жарты рефлексиялық пленкамен жабылып ФПИ вакуумдық қуысына жалғасады. ФПИ вакуумдық қуысты кремний диафрагмасымен жабылады. 1-суретте көрсетілгендей, кремний диафрагмасына агроза гелі қойылады. Ұзындығы h деп анықталған қуыстың алдыңғы және артқы екі шағылыстратын бет бар, бірі ылғалдылыққа сезімтал агроза гелі. Бұл екі беттен шағылысқан жарық арасында интерференция құбылысы пайда болады. Себебі, кремний диафрагмасындағы агроза гелінің қалыңдығы, нақты вакуум қуысының ұзындығынан әлдеқайда аз. Олар теориялық модельде бір шағылатын бет ретінде қарастырылды. Осылайша, ФПИ-дің E_r екі беттің шағылыстрған электр өрісінің шамасы мынадай болуы мүмкін:

$$E_r = E_0 [\sqrt{R_1} + (1 - \alpha)(1 - R_1)\sqrt{R_2}e^{-j2\varphi_{FP}}] \quad (1)$$

Мұндағы E_0 – берілген электр өрісі, α – таралудағы шығын факторы. R_1 және R_2 екі

шағылыстратын беттердің шағылыстыру коэффициенттері. φ_{FP} - айналыудың фазалық ығысуы, бұл мынадай болуы мүмкін:

$$\varphi_{FP} = \frac{4\pi h}{\lambda} \quad (2)$$

Сондықтан m -ші ретті ең жоғары толқын ұзындығы

$$\lambda_m = \frac{2h}{m} \quad (3)$$

мұндағы m - бүтін сан. Біз еркін спектрлік диапазондарды аламыз және екі іргелес жолақ арасындағы толқынның ұзындығының аралығын көрсетеміз:

$$\Delta\lambda_s = \frac{\lambda^2}{2h} \quad (4)$$

Толық шағылу спектрі $f(\lambda)$ ретінде сипаттауға болады

$$f(\lambda) = \left| \frac{E_r}{E_0} \right|^2 = A + B \cos(2\varphi_{FR}) \quad (5)$$

Мұнда

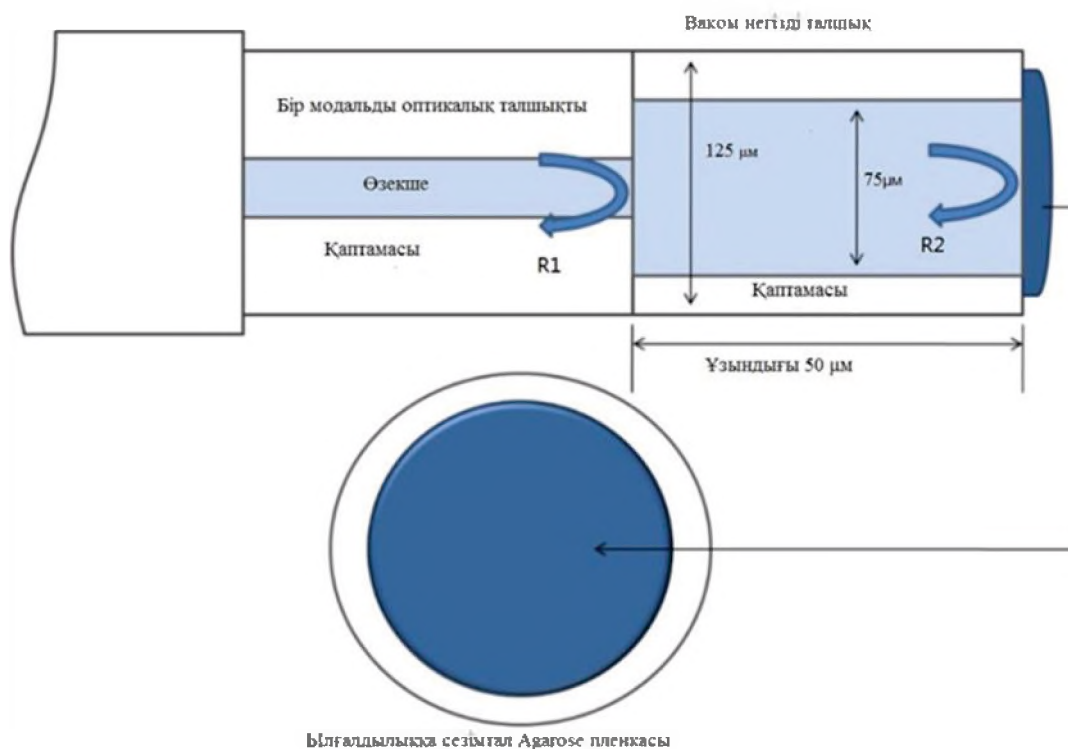
$$\begin{aligned} A &= R_1 + (1 - \alpha)^2(1 - R_1)^2 R_2, \\ B &= 2\sqrt{R_1 R_2}(1 - \alpha)(1 - R_1) \end{aligned} \quad (6)$$

Френел формуласына сәйкес, екінші бетіндегі көрініс коэффициенті ретінде мынадай жазылуы мүмкін:

$$R_2 = \left(\frac{n_A - 1}{n_A + 1} \right)^2 \quad (7)$$

Мұнда n_A - Агароза сыну көрсеткіші. Агарозаның сыну көрсеткіші өзгергенде, екінші бетіндегі шағылысу өзгереді. Агарозаның сыну көрсеткіші қоршаған ортаның ылғалдылығына сезімтал [15]. ФПИ ылғалдылықты анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін толқын ұзындығы $f(\lambda)$ төмендегідей сипатталады:

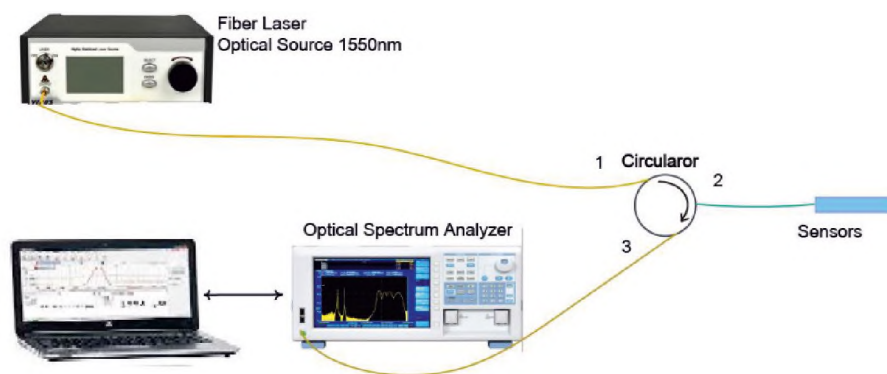
$$f(\lambda) = R_1 + (1 - \alpha)^2(1 - R_1)^2 \left(\frac{n_{EA} - 1}{n_{EA} + 1} \right)^2 + 2\sqrt{R_1}(1 - \alpha)(1 - R_1) \left(\frac{n_{EA} - 1}{n_{EA} + 1} \right) \cos(2\varphi_{FP}) \quad (8)$$



Сурет 1 – ФПИ ылғалдылыққа сезімталдық схемасы. Екі шағылыстру бетіндегі шағылыстру моделі.

Нәтижелерді талқылау. ФПИ-ге негізделген ылғалдылықты анықтаудың эксперименттік жұмысы орнатылып, талшықты Брэгг торлы теператураға сезімталдығы анықталған. Талшықтық лазердің оптикалық көзінен шыққан спектрдің толқын ұзындығы 1500 nm . Талшықты сақиналық қуыста бір бағыттағы лазермен жұмыс істеу үшін қажетті жарықтың бағытын оқшаулағышы бар. Ылғалға сезімтал ФПИ талшықты-лазерге циркулятор мен трансмиссиялық оптикалық талшық (TOF, Thorlabs) арқылы қосылады. ФПИ қуысы селективті сүзгі ретінде қызмет етеді және датчиктің ішкі жүйесінде ылғалды анықтауға арналған сезімтал басы ретінде қолданыла-

ды. Шығу спектрі 1 қосқыштары арқылы оптикалық спектрлік анализатормен қосылады (OSA, YOKOGAWA, AQ6370, спектрлік ажыратымдылық $0,02\text{ nm}$). Онда неше түрлі спектр анықталады. Өткізгіштіктің жоғалуы әртүрлі қоршаған ортаның ылғалдылығында ФПИ-мен модуляцияланғандықтан ылғалданудың ылғалдылық сезімі талшықты лазердің шығу қуатына әсер етеді. Ылғалдылық сенсорын эксперименттік орнату, талшықты сақиналық лазерінің инкассавтикалық сезіміне негізделген, сондай-ақ, температураға сезімтал оптикалық талшықтың Брэгг торлы керішағылу спектрінің өзгерісін оптикалық спектрлік анализатормен анықтайды.



Сурет 2 – Эксперименттік қондырғы: Талшықты лазердің жарық көзі, оптикалық циркулятор, датчик, нәтижелерді талдауға арналған компьютер, оптикалық спектрометр.

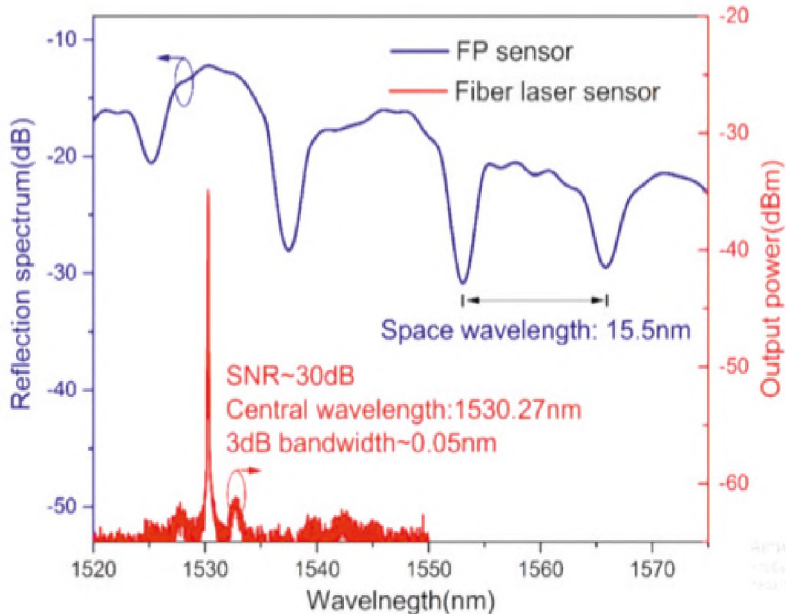
ФПИ өндірісінде, микроэлектромеханикалық жүйені жасауда кремний диафрагмасының жетілген әдістері пайдаланылды, ол [24] баяндалған. Кремний диафрагмасының $2,5\text{мм} \times 2,5\text{мм}$ болатын қалыңдығы шамамен $10\mu\text{м}$. Қарама қарсы екі шағылысатын беттер ортада вакуумдық қуыс орта бар. 2% агароздық гель кремний диафрагмасына тамшылату арқылы құйылады. Агроза гелі агроза ұнтағын ыдыстағы тазартылған суда еріту арқылы дайындалады. Тұндыру процесінде шамамен агроза қалыңдығы $1\mu\text{м}$ болады.

Ұсынылған ылғалдылық сенсордың оңтайландырылған сигналдан шуылға қатынасына қол жеткізу үшін, датчикті дайындауда Фабри-Перо интерферометрінің спектрінде шыңы арасындағы спектрлік қабаттасуды қамтамасыз ету қажет. Ол талшықты лазердің ішіндегі жоғалуын азайтады. Эксперименттерде жарықтың толқын ұзындығы шамамен 1500nm . ФПИ-ның толқын ұзындығымен ара-қатынасы ФП қуысының h ұзындығын өзгерту арқылы жасалады. Қоршаған орта ылғалдылығы 35% болғанда, ФПИ көрсететін спектрі 3-суреттегідей. ФПИ көрініс спектрінде максималды қарқындылығы бар шыңы шамамен 1530 nm , ал көрсетілім жоғалуы

-12,2 дБ. ФПИ толқын ұзындығының аралығы $15,5\text{ nm}$ құрайды.

ФПИ әдісіне негізделген салыстырмалық ылғалдылық 20%-98% диапазонында құрайды. Қоршаған ортаның ылғалдылығы өзгерген кезде талшықты лазердің шығу спектрі 4(a)-суретте көрсетілгендей өлшеу нәтижелерін сипаттаған, талшықты лазердің шығу қуаты -36.78 дБм-ден -22.61 дБм дейін артады, себебі қоршаған ортаның ылғалдылығы 25% -дан 95% -ға дейін өзгереді. Салыстырмалы ылғалдылық 10% бойынша өзгергенде. Тиісінше сенсордың сигналдың шуылға қатынасы 30 дБ-ден 45 дБ-ға дейін артқан және өткізу қабілеті 3-дБ, ол $0,05\text{ nm}$ кем болған. Ылғалдылық сезімталдығы $0.202\text{ dB} / \%$ деп өлшенеді. Тәжірибеде сенсордың жақсы сызықты екенін көрсетілген. Қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы 20%-дан 90%-ға дейін өзгертіндіктен, Агрозаның сыну индексі 1,45-ден 1,48-ге дейін өлшенеді [23]. Тәжірибе нәтижесі сенсордың ылғалдылыққа сызықты жауап беретінін көрсетті.

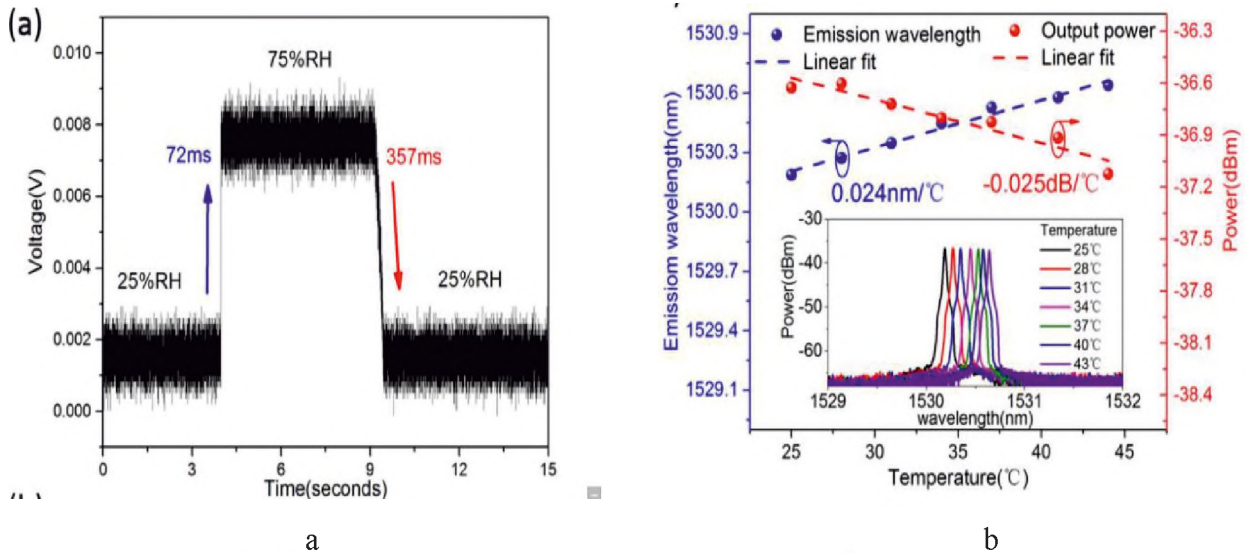
Датчиктің болжамды жауап беру уақыты 72ms тез болған. Қалпына келтіру уақыты шамамен 357 ms , бұл датчиктен алынған ылғалды ауа уақытына байланысты. Уақытты енгізу



Сурет 3 – Қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы 35% болғанда, ФПИ-нің тиісті оптикалық талшықты лазер спектрлері.

мен алып тастау уақытын есепке ала отырып, біз реакцияның нақты уақыты мен қалпына келтіру уақыты өлшенген уақытқа қарағанда қысқа деп ойлаймыз.

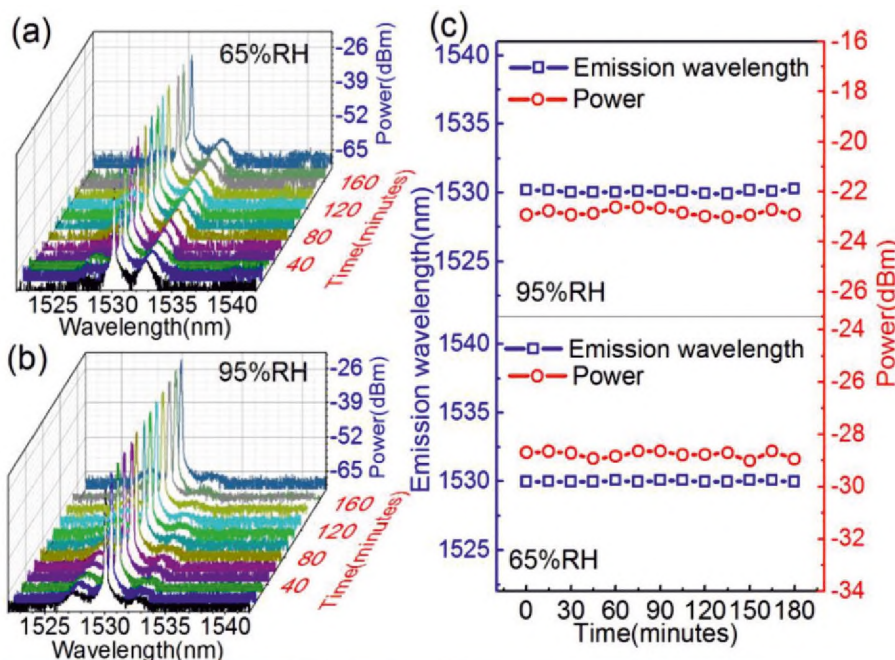
Датчик кросс-сезімталдығы, түрлі температурада талшықты лазердің спектрі болып табылады. Қоршаған ортаның температурасы $25\text{ }^\circ\text{C}$ -тан $44\text{ }^\circ\text{C}$ -қа дейін артады талшық лазерлі датчиктің сәулелену толқын ұзындығы 1530.19 nm -тен 1530.64 nm -ге дейін ауысады және шығыс қуаты -36,64 дБм-ден -37,12 дБм дейін төмендейді. Төмен температура кросс сезгіштік $-0,025\text{ dB}/^\circ\text{C}$ және $0,024\text{ nm}/^\circ\text{C}$ ретінде алынады. Төмен температура кросс сезімталдығы ФП қуысының төменгі жылу кеңеюінен пайда болды.



Сурет 4 – (а) датчиктің уақыт бойынша сезімталдық жауабы. (б) бөлменің салыстырмалы ылғалдылығы 25% кезінде өлшенген температура датчиктің температура бойынша сезгіштігі, бұл графикте қоршаған ортаның температурасы 25 °С пен 44 °С аралығында өзгерген.

Лазерлік датчиктер үшін шығыс параметрінің тұрақтылығы олардың қосымшаларын шектеуде маңызды болып табылады [14]. Датчиктің тұрақтылығын талдау үшін толқын ұзындығы мен шығу қуаты қоршаған ортаны салыстырмалы ылғалдылығы 65% және 95% деңгейінде белгілеу арқылы 180 минут ішінде өлшейді. Оптикалық талшықты лазердің шығу спектрі тиісінше 5(a) және 5(b)-суретте көрсетілген. Толқын ұзындығы мен қуат тұрақтылығы 5(c)-суретте талданады. Толқын

ұзындығы мен қуат ауытқуының стандартты тиісінше 65% салыстырмалы ылғалдылық кезінде 0.101 нм және 0.129 дБм болған, ал стандартты ауытқулар 95% салыстырмалы ылғалдылық кезінде тиісінше 0.046 нм және 0.137 дБм құрайды. Нәтижелер датчиктің жақсы тұрақтылыққа ие екендігін көрсетеді. Датчикте процесс жақсы қайталанатындығын көрсетеді, ылғалдылыққа сезімталдығы мен нақты ауытқуы шамасы $\pm 2\%$ -данда аз.



Сурет 5 – Оптикалық талшықты лазерлік датчиктің ылғалдылыққа байланысты шығыс спектрі қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығын белгілеу арқылы (а) 65% салыстырмалы ылғалдылық және (б) 95% салыстырмалы ылғалдылық тиісінше 180 минут ішінде өлшенеді және (с) толқын ұзындығы мен қуат тұрақтылығы.

Жоғарыда көрсетілген нәтижелерге сайтталшықты лазердің сылыстрмалы ылғалдыққа жауаптарын алғаннан кейін температура деформациясын сезімтал брээ торларынан кері шағылған толқын ұзындықтарын анықтау арқылы температураның өзгерісін қадағалай аламыз.

Қорытынды. Фабри-перо интерферометрі әдісіне негізделген ылғалдылыққа сезімтал агрозалық шағылысуың теориялық талдаулары жасалып тәжрибелік нәтижелер алынды, сондай-ақ ФПИ негізделген ылғалдылыққа сезімталдығының математикалық теңдеуі құрылды.

ФПИ негізделген оптикалық талшықтың

ылғалдылыққа байланысты агроза пленкасының жарықты шағылыстыруына эксперименталды түрде талдаулар жасалды. Лазерлік датчиктің сезімтал механизмін және оның сезімталдық көрсеткіштері сипатталды. Талшықты-лазердің салыстырмалы шығу қуаты 25%-дан 95% -ке дейінгі салыстырмалы ылғалдылықтың кең ауқымында қоршаған орта ылғалдылығына жақсы сызықтық жауап береді. Сондай-ақ сенсор тұрақтылығы талқыланды.

Оптикалық талшық негізіндегі ылғалдылық пен температураны анықтайтын датчик жоғары сезімталдыққа, тез жауап беруге, көлемі шағын және анти-электромагниттік кедергі сияқты артықшылықтарға ие.

ҚОЛДАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР

- 1 *Kolpakov, S.A.; Gordon, N.T.; Mou, C.; Zhou, K.* Toward a new generation of photonic humidity sensors. *Sensors* 2014, 14, 3986–4013.
- 2 *Clemens Eder, Virgilio Valente, Nick Donaldson, Andreas Demosthenous,* “A CMOS Smart Temperature and Humidity Sensor with Combined Readout” 14, 17192-17211; doi:10.3390/s140917192 *Sensors* 2014.
- 3 *Carlo Macaroni, Michele. A, Caponero, Rosaria D, Amato, Daniela Lo Presti, Emiliano Schena.* “Fiber Bragg Grating Measuring System for Simultaneous Monitoring of Temperature and Humidity in Mechanical Ventilation” *Sensors* doi: 10.3390/s170407492 April 2017.
- 4 *Fan, L.; Bao, Y.* Review of fiber optic sensors for corrosion monitoring in reinforced concrete. *Cem. Concr. Compos.* 2021, 120, 10402
- 5 *W. C. Wong, C. C. Chan, L. H. Chen, T. Li, K. X. Lee, and K. C. Leong,* “Polyvinyl alcohol coated photonic crystal optical fiber sensor for humidity measurement,” *Sens. Actuator B*, vol. 174, pp. 563-569, July 2012.
- 6 *C. Huang, W. Xie, M. Yang, J. Dai, and B. Zhang,* “Optical Fiber Fabry–Perot Humidity Sensor Based on Porous Al₂O₃ Film,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 27, no. 20, pp. 2127-2130, Oct. 2015.
- 7 *J. Mathew, Y. Semenova, and G. Farrell,* “Effect of coating thickness on the sensitivity of a humidity sensor based on an Agarose coated photonic crystal fiber interferometer,” *Opt. Express*, vol. 21, no. 5, pp. 6313-6320, Mar. 2013.
- 8 *C. Zhao, Q. Yuan, L. Fang, X. Gan, and J. Zhao,* “High-performance humidity sensor based on a polyvinyl alcohol-coated photonic crystal cavity,” *Opt. Lett.*, vol. 41, no. 23, pp. 5515-5518, Dec. 2016.
- 9 *Lagakos, N., Bucaro, J. and Jarzynski, J.* Temperature-induced optical phase shifts in fibers. *Appl. Opt.*, 1981, 20, 2305–2308.
- 10 *W. Zhang, D. J. Webb, and G.-D. Peng,* “Investigation into Time Response of Polymer Fiber Bragg Grating Based Humidity Sensors,” *J. Lighth. Technol.*, vol. 30, no. 8, pp. 1090–1096, Apr. 2012.
- 11 *X. Chen, W. Zhang, C. Liu, Y. Hong, and D. J. Webb,* “Enhancing the humidity response time of polymer optical fiber Bragg grating by using laser micromachining,” *Opt. Express*, vol. 23, no. 20, pp. 25942-25949, Oct. 2015.
- 12 *G. Woyessa, K. Nielsen, A. Stefani, C. Markos, and O. Bang,* “Temperature insensitive hysteresis free highly sensitive polymer optical fiber Bragg grating humidity sensor,” *Opt. Express*, vol. 24, no. 2, pp. 1206-1213, Jan. 2016.
- 13 *C. Massaroni, M. A. Caponero, R. D’Amato, D. L. Presti, and E. Schena,* “Fiber Bragg Grating Measuring System for Simultaneous Monitoring of Temperature and Humidity in Mechanical Ventilation,” *Sensors*, vol. 17, no. 4, pp. 749, Apr. 2017.
- 14 *C. Wang, B. Zhou, H. Jiang, and S. He,* “Agarose Filled Fabry–Perot Cavity for Temperature Self-Calibration Humidity Sensing,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 28, no. 19, pp. 2027-2030, Oct. 2016.
- 15 *S. Pevec, and D. Donlagic,* “Miniature all-silica fiber-optic sensor for simultaneous measurement of relative humidity and temperature,” *Opt. Lett.*, vol. 40, no. 23, pp. 5646-5649, Dec. 2015.
- 16 *B. Du, D. Yang, X. She, Y. Yuan, D. Mao, Y. Jiang, and F. Lu,* “MoS₂based all-fiber humidity sensor for monitoring human breath with fast response and recovery,” *Sens. Actuators B*, vol. 251, pp. 180–184, May 2017.
- 17 *Bariaian, C.; Matias, I.R.; Arregui, F.J.; Lopez-Amo, M.* “Optical fiber humidity sensor based on a

tapered fiber coated with agarose gel". *Sens. Actuators B Chem.* 2000, 69, 127–131, doi:10.1016/S0925-4005(00)00524-4.

18 Z. Liu, Z. Tan, B. Yin, Y. Bai, and S. Jian, "Refractive index sensing characterization of a singlemode-claddingless-singlemode fiber structure based fiber ring cavity laser," *Opt. Express*, vol. 22, no. 5, pp. 5037-5042, Mar. 2014.

19 X. Bai, D. Fan, S. Wang, S. Pu, and X. Zeng, "Strain sensor based on fiber ring cavity laser with photonic crystal fiber in-line Mach-Zehnder interferometer," *IEEE Photonics J.*, vol. 6, no. 4, pp. 6801608, Aug. 2014.

20 J. Shi, Y. Wang, D. Xu, H. Zhang, G. Su, L. Duan, C. Yan, D. Yan, S. Fu, and J. Yao, "Temperature Sensor Based on Fiber Ring Laser With Sagnac Loop," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 28, no. 7, pp. 794–797, Apr. 2016.

21 W. Zhang, D. J. Webb, and G.-D. Peng, "Investigation into Time Response of Polymer Fiber Bragg Grating Based Humidity Sensors," *J. Lighth. Technol.*, vol. 30, no. 8, pp. 1090–1096, Apr. 2012.

22 T. Liu, J. Yin, J. Jiang, K. Liu, S.g Wang, and S. Zou, "Differential pressure-based fiber-optic temperature sensor using Fabry-Perot interferometry," *Opt. Lett.*, vol. 40, no. 6, pp. 1049-1052, Mar. 2015.

23 R. Gao, Y. Jiang, and W. Ding, "Agarose gel filled temperature insensitive photonic crystal fibers humidity sensor based on the tunable coupling ratio," *Sens. Actuators B*, vol. 195, pp. 313–319, Jan 2014.

24 G. Berruti, M. Consales, A. Borriello, M. Giordano, S. Buontempo, A. Makovec, G. Breglio, P. Petagna, and A. Cusano, "A Comparative Study of Radiation-Tolerant Fiber Optic Sensors for Relative Humidity Monitoring in High-Radiation Environments at CERN," *IEEE Photonics J.*, vol. 6, no. 6, pp. 0601015, Dec. 2014.

25 "Analysis of the sensor of temperature and humidity measurement based on the optical fiber" *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan series of geology and technical sciences ISSN 2224-5278* <https://doi.org/10.32014/2018.2518-170X.19> Volume 5, Number 431 (2018), 133 – 140.

Хабай А., Тулешов Е.А., Шадыманова А.А., Садыков С.К., Байтурганова В.К.

АНАЛИЗ ДАТЧИКА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА

Аннотация. В настоящее время необходимо дальнейшее повышение чувствительности, селективности, надежности и времени отклика датчиков. Датчик влажности на основе оптоволокна был изучен с интересом из-за его преимуществ, таких как высокая чувствительность, быстрый отклик, компактный размер и анти-электромагнитное сопротивление.

Предложена и экспериментально продемонстрирована внутренняя чувствительность оптического волокна на основе интерферометров Фабри-Перо (ИФП) к влаге. Описан механизм лазерного зондирования и показатели его чувствительности. На основе этих анализов представлены принципы работы оптоволоконного датчика для измерения влажности.

Ключевые слова: датчик температуры, датчик влажности, интерферометр Фабри-Перо, волоконная брэгговская решетка, относительная влажность, однородное волокно.

Khabay A., Tuleshov Y.A., Shadymanova A.A., Sadykov S.K., Bayturganova V.K.

HUMIDITY MEASUREMENT IS BASED ON THE OPTICAL FIBER SENSOR

Abstract. Currently, it is necessary to further improve the sensitivity, selectivity, reliability and response time of sensors. An optical fiber based humidity sensor has been investigated with interest because of its advantages such as high sensitivity, fast response, compact size and anti-electromagnetic resistance.

Proposed the infrasonic laser sensitivity to humidity-dependent based on optical fibers of the Fabry-Perot interferometers experimentally demonstrated. Based on these analyses, the principle of operation of an optical fiber sensor that measures humidity is proposed. Providing the principle of the working optical fiber sensor, which measures the humidity based on these analyzes.

Keywords: temperature sensor, humidity sensor, Fabry-Perot Interferometer, relative humidity, single mode fiber.

Сведения об авторах

Хабай Анар, PhD, профессор-ассистент, a.khabay@satbavev.university;

Тулешов Еркебулан Амандықұлы, т.ғ.к., қауымдасқан профессоры, y.tuleshov@satbavev.university;

Шадыманова Ажар Амандыққызы, PhD, ақпарат және талдау бөлімінің expertі, a.shadymanova@inti.kz;

Садыков Сакен Қуанышұлы, телекоммуникация магистрі, sakensadvkov@gmail.com.

Байтурганова Венера Канапияевна, лектор, v.baiturganova@sat