

MUHAMMAD AL-XORAZMIY
NOMIDAGI TATU FARG'ONA FILIALI
FERGANA BRANCH OF TUIT
NAMED AFTER MUHAMMAD AL-KHORAZMI

“AL-FARG‘ONIIY AVLODLARI”

ELEKTRON ILMIY JURNALI | ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

TA'LIMDAGI ILMIY, OMMABOP VA ILMIY TADQIQOT ISHLARI



4-SON 1(4)
2023-YIL

TATU, FARG'ONA
O'ZBEKISTON



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR VAZIRLIGI

MUHAMMAD AL-XORAZMIY NOMIDAGI
TOSHKENT AXBOROT TEXNOLOGIYALARI UNIVERSITETI
FARG'ONA FILIALI



Muassis: Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali.

Chop etish tili: O'zbek, ingliz, rus. Jurnal texnika fanlariga ixtisoslashgan bo'lib, barcha shu sohadagi matematika, fizika, axborot texnologiyalari yo'nalishida maqolalar chop etib boradi.

Учредитель: Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразми.

Язык издания: узбекский, английский, русский. Журнал специализируется на технических науках и публикует статьи в области математики, физики и информационных технологий.

Founder: Fergana branch of the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khorazmi.

Language of publication: Uzbek, English, Russian. The magazine specializes in technical sciences and publishes articles in the field of mathematics, physics, and information technology.

2023 yil, Tom 1, №4
Vol.1, Iss.4, 2023 y

ELEKTRON ILMIY JURNALI

ELECTRONIC SCIENTIFIC JOURNAL

«Al-Farg'oniyl avlodlari» («The descendants of al-Fargani», «Potomki al-Fargani») O'zbekiston Respublikasi Prezidenti administratsiyasi huzuridagi Axborot va ommaviy kommunikatsiyalar agentligida 2022-yil 21 dekabrda 054493-son bilan ro'yxatdan o'tgan.

Jurnal OAK Rayosatining 2023-yil 30 sentabrdagi 343-sonli qarori bilan Texnika fanlari yo'nalishida milliy nashrlar ro'yxatiga kiritilgan.

Tahririyat manzili:
151100, Farg'ona sh.,
Aeroport ko'chasi 17-uy,
202A-xona
Tel: (+99899) 998-01-42
e-mail: info@al-fargoniy.uz

Qo'lyozmalar taqrizlanmaydi va qaytarilmaydi.

FARG'ONA - 2023 YIL

TAHRIR HAY'ATI

Maxkamov Baxtiyor Shuxratovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti rektori, iqtisodiyot fanlari doktori, professor

Muxtarov Farrux Muhammadovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti Farg'ona filiali direktori, texnika fanlari doktori

Arjannikov Andrey Vasilevich,

Rossiya Federatsiyasi Sibir davlat universiteti professori, fizika-matematika fanlari doktori

Satibayev Abdugani Djunosovich,

Qirg'iziston Respublikasi, Osh texnologiyalari universiteti, fizika-matematika fanlari doktori, professor

Rasulov Akbarali Maxamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Axborot texnologiyalari kafedrasida professori, fizika-matematika fanlari doktori

Yakubov Maksadxon Sultaniyazovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU «Axborot texnologiyalari» kafedrasida professori, t.f.d., professor, xalqaro axborotlashtirish fanlari Akademiyasi akademigi

G'ulomov Sherzod Rajaboyevich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti dekani, Ph.D., dotsent

G'aniyev Abduxalil Abdjalilovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kiberxavfsizlik fakulteti, Axborot xavfsizligi kafedrasida t.f.n., dotsent

Zaynidinov Hakimjon Nasritdinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Kompyuter injiniringi fakulteti, Sun'iy intellekt kafedrasida texnika fanlari doktori, professor

Bo'taboyev Muhammadjon To'ychiyevich,

Farg'ona politexnika instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Abdullayev Abdujabbor,

Andijon mashinosozlik instituti, Iqtisod fanlari doktori, professor

Qo'ldashev Abbosjon Hakimovich,

O'zbekiston milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti, texnika fanlari doktori, professor

Ergashev Sirojiddin Fayazovich,

Farg'ona politexnika instituti, elektronika va asbobsozlik kafedrasida professori, texnika fanlari doktori, professor

Qoraboyev Muhammadjon Qoraboevich,

Toshkent tibbiyot akademiyasi Farg'ona filiali fizika matematika fanlari doktori, professor, BMT ning maslahatchisi maqomidagi xalqaro axborotlashtirish akademiyasi akademigi

Polvonov Baxtiyor Zaylobiddinovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy ishlar va innovatsiyalar bo'yicha direktor o'rinbosari

Zulunov Ravshanbek Mamatovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Dasturiy injiniring kafedrasida dotsenti, fizika-matematika fanlari nomzodi

Saliyev Nabijon,

O'zbekiston jismoniy tarbiya va sport universiteti Farg'ona filiali dotsenti

Abdullaev Temurbek Marufovich,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Axborot texnologiyalari kafedra mudiri, texnika fanlar bo'yicha falsafa doktori

Zokirov Sanjar Ikromjon o'g'li,

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi TATU Farg'ona filiali Ilmiy tadqiqotlar, innovatsiyalar va ilmiy-pedagogik kadrlar tayyorlash bo'limi boshlig'i, fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

Jurnal quyidagi bazalarda indekslanadi:



Eslatma! Jurnal materiallari to'plamiga kiritilgan ilmiy maqolalardagi raqamlar, ma'lumotlar haqqoniyligiga va keltirilgan iqtiboslar to'g'riligiga mualliflar shaxsan javobgardirlar.

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Muxtarov Farrux Muhammadovich, TARMOQ TRAFIGI ANOMALIYALARINI IDENTIFIKATSIYA QILISHNING STATIK USULI	4-7
Daliyev Baxtiyor Sirojiddinovich, Abelning umumlashgan integral tenglamasini yechish uchun Sobolev fazosida optimal kvadratur formulalar	8-14
Umarov Shuxratjon Azizjonovich, KRIPTOBARDOSHLI KRIPTOGRAFIK TIZIMLAR VA ULARNING KLASSIFIKATSIYASI	15-21
Zulunov Ravshanbek Mamatovich, PYTHONDA NEYRON TARMOQNI QURISH VA BASHORAT QILISH	22-26
Djalilov Mamatisa Latibdjanovich, IKKI QATLAMLI NOELASTIK PLASTINKANING KO'NDALANG TEBRANISHI UMUMIY TENGLAMASINI TAHLIL QILISH	27-30
Erkin Uljaev, Azizjon Abdulkhamidov, Utkirjon Ubaydullayev, A Convolutional Neural Network For Classification Cotton Boll Opening Degree	31-36
Seytov Aybek Jumabayevich, Xusanov Azimjon Mamadaliyevich, Magistral kanallarda suv resurslarini boshqarish jarayonlarini modellashtirish algoritmini ishlab chiqish	37-43
Abdullayev Temurbek Marufjonovich, Algorithm of functioning of intellectual information-measuring system	44-49
Odinakhon Sadikovna Rayimjanova, Usmonali Umarovich Iskandarov, Reaserch of highly sensitive deformation semiconductor sensors based on AFV	50-53
S.S.Radjabov, G.R.Mirzayeva, A.O.Tillavoldiyev, J.A.Allayorov, BARG TASVIRI BO'YICHA MADANIY O'SIMLIK LARNING FITOSANITAR HOLATINI ANIQLASH ALGORITMLARI	54-59
Эргашев Отабек Мирзапулатович, Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для учета и контроля расходом воды в открытых каналах	60-65
Xomidov Xushnudbek Rapiqjon o'g'li, Nurmatov Sardorbek Xasanboy o'g'li, Yo'ldashev Bilol Iqboljon o'g'li, O'lmasov Farrux Yorqinjon o'g'li, Konus setkali chang tozalovchi qurilma uchun chang namunalarning dispers tarkibi tahlili	66-69
Akhundjanov Umidjon Yunus ugli, VERIFICATION OF STATIC SIGNATURE USING CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK	70-74
Лазарева Марина Викторовна, Горовик Александр Альфредович, Цифровизация и цифровой менеджмент в современном управлении	75-81
D.X.Tojimatov, KIBERTAHDIDLARNI OLDINI OLIHDA KIBERRAZVEDKA AMALIYOTI VA UNING USTUVOR VAZIFALARI	82-85
Muxtarov Farrux Muhammadovich, Rasulov Akbarali Maxamatovich, Ibroximov Nodirbek Ikromjonovich, Kompyuter eksperimenti orqali kam atomli mis klasterlarining geometrik tuzilishini o'rganish	86-89
Umurzakova Dilnoza Maxamadjanovna, BOSHQARISH QONUNLARINI ADAPTATSIYALASH ALGORITMLARINI ISHLAB CHIQLASH	90-94
Muxamedieva Dildora Kabilovna, Muxtarov Farrux Muhammadovich, Sotvoldiev Dilshodbek Marifjonovich, JAMOAT TRANSPORTI MARSHRUTLARINI QURISH INTELLEKTUAL ALGORITMLARI	95-103
Нурдинова Разияхон Абдихаликовна, Перспективы применения элементов с аномальными фотовольтаическими напряжениями	104-108
Bozarov Baxromjon Pخomovich, UCH O'LCHOVLI FAZODAGI SFERADAANIQLANGAN FUNKSIYALARNI TAQRIBIY INTEGRALLASH UCHUN OPTIMAL KUBATUR FORMULALAR	109-113
Улжаев Эркин, Худойбердиев Элёр Фахриддин угли, Нарзуллаев Шохрух Нурали угли, РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ И ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПОЛУЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ЁМКОСТНОГО ПОТОЧНОГО ВЛАГОМЕРА	114-122
Mamirov Uktam Farkhodovich, Buronov Bunyod Mamurjon ugli, ALGORITHMS FOR FORMATION OF CONTROL EFFECTS IN CONDITIONS OF UNOBSERVABLE DISTURBANCES	123-127
Sharibayev Nosirjon Yusubjanovich, Jabborov Anvar Mansurjonovich, YURAK-QON TOMIR KASALLIKLARI DIAGNOSTIKASI UCHUN TEXNOLOGIYALAR, ALGORITMLAR VA VOSITALAR	128-136
Marina Lazareva, Estimating development time and complexity of programs	137-141
Asrayev Muhammadmullo, ONLINE HANDWRITING RECOGNITION	142-146
Norinov Muhammadyunus Usibjonovich, SPEKTR ZONALI TASVIRLARGA INTELLEKTUAL ISHLOV BERISH USULLARI TAHLILI	147-152
Xudoynazarov Umidjon Umarjon o'g'li, PARAMETRLI ALGEBRAGA ASOSLANGAN EL-GAMAL SHIFRLASH ALGORITMLARINI GOMOMORFIK XUSUSIYATINI TADQIQ ETISH	153-157
D.M.Okhunov, M.Okhunov, THE ERA OF THE DIGITAL ECONOMY IS AN ERA OF NEW OPPORTUNITIES AND PROSPECTS FOR BUSINESS DEVELOPMENT BASED ON CROWDSOURCING TECHNOLOGIES	158-165

MUNDARIJA | ОГЛАВЛЕНИЕ | TABLE OF CONTENTS

Солиев Бахромжон Набиджонович, Путеводитель по построению веб-API на Django - Шаг за шагом с Django REST framework — от моделей до проверки работоспособности	166-171
Sevinov Jasur Usmonovich, Boborayimov Okhunjon Khushmurod ogli, ALGORITHMS FOR SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEMS WITH IMPLICIT REFERENCE MODELS BASED ON THE SPEED GRADIENT METHOD	172-176
Mamatov Narzullo Solidjonovich, Jalelova Malika Moyatdin qizi, Tojiboyeva Shaxzoda Xoldorjon qizi, Samijonov Boymirzo Narzullo o'g'li, SUN'IY YO'LDOSHDAN OLINGAN TASVIRDAGI DALA MAYDONI CHEGARALARINI ANIQLASH USULLARI	177-181
Обухов Вадим Анатольевич, Криптография на основе эллиптических кривых (ECC)	182-188
Turdimatov Mamirjon Mirzayevich, Sadirova Xursanoy Xusanboy qizi, AXBOROTNI HIMOYALASHDA CHETLAB O'TISHNING MUMKIN BO'LGAN EHTIMOLLIK XOLATINI BAHOLASH USULLARI	189-193
Musayev Xurshid Sharifjonovich, TRIKOTAJ MAHSULOTLARIDA NUQSONLI TO'QIMALARNING ANIQLASHNING MATEMATIK MODELI VA UNING ALGORITMLARI	194-196
Kodirov Ahkhmadkhon, Umarov Abdumukhtar, Rozaliyev Abdumalikjon, ANALYSIS OF FACIAL RECOGNITION ALGORITHMS IN THE PYTHON PROGRAMMING LANGUAGE	197-205
Suyumov Jorabek Yunusalievich, METHODOLOGICAL PROBLEMS OF QUALIMETRY IN CONDUCT OF PEDAGOGICAL EXPERIMENT-EXAMINATION	206-211
Хаджаев Саидакбар Исмоил угли, АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА ОТ КИБЕРАТАК	212-217
M.M.Khalilov, Effect of Heat Treatment on the Photosensitivity of Polycrystalline PbTe Films AND PbS	218-221
Тажибаев Илхом Бахтиёрвич, ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ СЕНСОР, ОСНОВАННЫЙ НА КОНСТРУКЦИИ ИЗ МАЛОМОДОВОГО ВОЛОКОННОГО СМЕЩЕНИЯ С КАСКАДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ С БОЛЬШИМ ИНТЕРВАЛОМ, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКРИВЛЕНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ	222-225
Sharibaev Nosir Yusubjanovich, Djuraev Sherzod Sobirjanovich, To'xtasinov Davronbek Xoshimjon o'g'li, PRIORITIES IN DETERMINING ELECTRIC MOTOR VIBRATION WITH ADXL345 ACCELEROMETER SENSOR	226-230
Mukhammadjonov A.G., ANALYSIS OF AUTOMATION THROUGH SENSORS OF HEAT AND HUMIDITY OF DIFFERENT DIRECTIONS	231-236
Эрматова Зарина Кахрамоновна, АКТУАЛЬНОСТЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ В ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ	237-241
Saparbaev Rakhmon, ANALOG TO DIGITAL CONVERSION PROCESS BY MATLAB SIMULINK	242-245
Садикова М.А., Авазова Н.К., САМООБУЧЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРОСТОМ ПРИМЕРЕ	246-250
Abduhafizov Tohirjon Ubaydullo o'g'li, Abdurasulova Dilnoza Botirali kizi, DEVELOPMENT OF ALGORITHMS IN THE ANALYSIS OF DEMAND AND SUPPLY PROCESSES IN ECONOMIC SYSTEMS	251-256
Kayumov Ahror Muminjonovich, CREATING MATHEMATICAL MODELS TO IDENTIFY DEFECTS IN TEXTILE MACHINERY FABRIC	257-261
Mirzakarimov Baxtiyor Abdusalomovich, Xayitov Azizjon Mo'minjon o'g'li, BIOMETRIC METHODS SECURE COMPUTER DATA FROM UNAUTHORIZED ACCESS	262-266
Soliyev B., Odilov A., Abdurasulova Sh., Leveraging Python for Enhanced Excel Functionality: A Practical Exploration	267-271
Жураев Нурмахамад Маматович, Системы Электроснабжения Оборудования Предприятий Связи: Надежность и Эффективность	272-276
Rasulova Feruzaxon Xoshimjon qizi, Isroilov Sharobiddin Mahammadyusufovich, OLIY TA'LIM MUASSASALARIDA MUTAXASSISILIK FANLARINI O'QITISHDA MULTIMEDIALI MOBIL ILOVADANDAN FOYDALANISHNING STATISTIK TAHLILI	277-280
Muxtarov Farrux Muxammadovich, Toshpulatov Sherali Muxamadaliyevich, SUN'IY INTELLEKT YORDAMIDA IJTIMOYIY TARMOQ MONITORINGI TIZIMINI YARATISH, AFZALLIKLARI VA MUHIM JIXATLARI	281-285
Sadikova Munira Alisherovna, APPLICATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE DEVICES IN MANUFACTURING	286-290
Mamatov Narzullo Solidjonovich, Ibroximov Sanjar Rustam o'g'li, Fayziyev Voxid Orzumurod o'g'li, Samijonov Abdurashid Narzullo o'g'li, SUN'IY INTELLEKT VOSITALARINI TA'LIMNI NAZORAT QILISH VA BAHOLASHDA QO'LLASH	291-297

ПОЛНОСТЬЮ ВОЛОКОННЫЙ СЕНСОР, ОСНОВАННЫЙ НА КОНСТРУКЦИИ ИЗ МАЛОМОДОВОГО ВОЛОКОННОГО СМЕЩЕНИЯ С КАСКАДНЫМ СОЕДИНЕНИЕМ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ С БОЛЬШИМ ИНТЕРВАЛОМ, ИСПОЛЬЗУЕТСЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСКРИВЛЕНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

Тажобаев Илхом Бахтиёрович,

Ферганский филиал Ташкентского университета
информационных технологий имени Мухаммада аль-
Хорезми ассистент кафедры «Телекоммуникационный
инжиниринг»
konars6989@gmail.com

Аннотация. Для измерения кривизны и акустического сигнала предложен и продемонстрирован полностью волоконный датчик на основе одномодовой, маломодовой, одномодовой структуры офсетного сращивания волокон, соединенной каскадом с длиннопериодной волоконной решеткой. Мода высокого порядка создается в маломодовом волокне структурой сращивания со смещением и соединяется с ДПВР, что приводит к разделению на два провала полосы затухания ДПВР, которые более чувствительны к изменению внешней среды. Результаты эксперимента по измерению кривизны показывают, что интенсивность двух резонансных провалов имеет линейную реакцию на кривизну в диапазоне $0,124-0,304 \text{ м.}^{-1}$, а чувствительность составляет около $93,01 \text{ дБ/м.}^{-1}$, что на порядок выше, чем у родственных датчиков кривизны, продемонстрированных ранее другими исследователями. Основанный на механизме измерения кривизны датчик также продемонстрировал возможности акустических измерений в диапазоне $110-230 \text{ Гц}$. Датчик показывает чувствительность около 15 мВ/Па на частоте 110 Гц и $4,5 \text{ мВ/Па}$ на других частотах. Высокая чувствительность и простота изготовления делают его предпочтительным кандидатом для измерения кривизны и акустического зондирования в области мониторинга состояния конструкций.

Ключевые слова: Маломодовое волокно, ВБР решетка с длительным периодом. Офсетное сращивание. Кривизна акустический. Проблема передачи

Введение. В последние годы все больше внимания привлекают исследования чувствительных характеристик длиннопериодных волоконных решеток (ДВВР). В отличие от обратного отражения волоконной брэгговской решетки (ВБР), ДПВР представляет собой решетку пропускающего типа, которая может связывать основную моду сердцевины, распространяющуюся вперед, с модами оболочки и таким образом, приводит к полосе затухания в спектре передачи.

Благодаря этому достоинству нет необходимости использовать изолятор в устройстве волоконного датчика. LPFG широко используется для измерения различных параметров, таких как температура, кривизна, деформация и показатель преломления. Из-за резонансного падения ДПВР исследователи

проделали большую работу по одновременному измерению путем объединения ДПВР с интерферометром. Кривизна является важным физическим параметром в промышленном строительстве и мониторинге состояния конструкций. Основанные на демодуляции интенсивности, многие схемы датчиков ориентированы на методы сращивания различных типов волокон. Волокно, поддерживающее поляризацию (PMF) между двумя секциями одномодового волокна (SMF), предложенное имеет чувствительность $-0,882 \text{ дБ/м}^{-1}$ с диапазоном кривизны от $0,1$ до $0,35 \text{ м}^{-1}$. предложил изогнутую структуру путем сращивания участка многомодового волокна (MMF) с ВБР, но чувствительность также низкая. Датчик изгиба для измерения интенсивности на основе периодически



сужающегося мягкого стекловолокна представлен и имеет высокую чувствительность - $27,755 \mu\text{Вт/м}^{-1}$ (15.57 дБ/м^{-1}).

Наряду с определением кривизны акустические измерения также играют важную роль во многих областях, таких как прогноз землетрясений, мониторинг состояния конструкций и гидрофоны. Традиционные акустические датчики, основанные на таких технологиях, как MEMS или ЦТС имеют ограничения сложного и дорогого изготовления, восприимчивости к помехам и т. д. Следовательно, акустические датчики на основе оптоволокна вызвали большой интерес благодаря преимуществам небольшого размера, легкого веса, невосприимчивости к электромагнитным помехам и способности распределенного зондирования.

Основываясь на волоконной технологии, исследователи предложили различные типы волоконно-акустических датчиков, таких как ВБР, полость FP, МЗИ и ответвитель многомодового волокна.

В этой статье мы сообщаем о датчике кривизны и акустическом восприятии, основанном на структуре офсетного соединения одномодового, маломодового и одномодового волокна каскадом с длиннопериодной волоконной решеткой и анализировать спектральные характеристики и механизм восприятия. Чтобы демодулировать кривизну, используется демодуляция интенсивности для измерения изменения мощности оптической передачи определенной длины волны. Интенсивность провала передачи ДПВР увеличивается линейно, чувствительность достигает $93,01 \text{ дБ/м}^{-1}$ в диапазоне кривизны от $0,124$ до $0,304 \text{ м}^{-1}$, а чувствительность улучшается на порядок по сравнению с родственными датчиками. Основываясь на измерении кривизны, мы применяем предложенный датчик для акустических измерений, разрабатывая преобразователь, который может преобразовывать акустический сигнал в вибрацию ДПВР, таким образом периодически модулируя кривизну. Другими словами, мы можем рассматривать акустические измерения предлагаемого датчика как определение динамической кривизны. Измеряются акустические сигналы в диапазоне частот $110\text{--}230 \text{ Гц}$. Резонансная частота датчика

составляет около 110 Гц с чувствительностью около 15 мВ/Па . На других измеренных частотах чувствительность составляет около $4,5 \text{ мВ/Па}$. Обладая преимуществами высокой чувствительности, низкой стоимости и простоты изготовления, предлагаемый датчик кривизны имеет потенциальные применения в области мониторинга состояния конструкций.

Принцип работы и демодуляция механизма

Структура сращивания со смещением

Маломодовое волокно (FMMF) — это особый тип многомодового волокна, и только несколько мод передают по FMMF одновременно. Путем сращивания с небольшим боковым смещением, LP01 режим и LP02 мода может быть вдохновлена в маломодовом волокне. Из-за разных постоянных распространения разность фаз между двумя модами будет возникать после того, как они пройдут через FMMF, как выражено в уравнении. (1):

$$-\text{фзнак равно}(\beta_1 - \beta_2) \text{ / фзнак равно} \left(\frac{2\pi n_{\text{эфф}1}}{\lambda} - \frac{2\pi n_{\text{эфф}2}}{\lambda} \right)$$

В уравнении $n_{\text{эфф}1}$ также $n_{\text{эфф}2}$ представляют собой эффективный показатель преломления LP01 режим и LP02 режим соответственно. Свободный спектральный диапазон (FSR) выражается следующим образом:

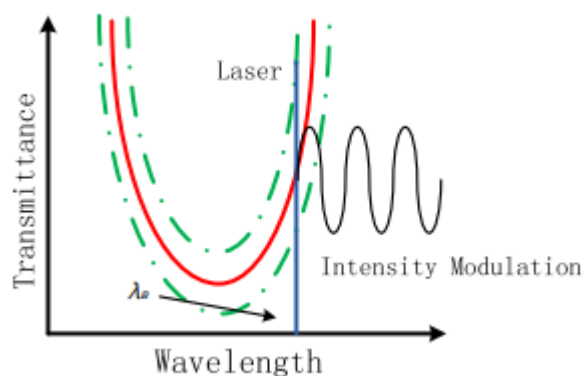


рисунок 1. Принцип модуляции интенсивности

$$-\text{Лзнак равно} \frac{\lambda_2}{-N_{\text{эфф} \lambda}}$$



Энергию основной моды можно ослабить, контролируя степень рассогласования между FMF и SMF и делая энергию мод оболочки высокого порядка близкой к основной моде, таким образом получая хороший контраст интермодальной интерференции. Чтобы выбрать правильное значение поперечного смещения, были проведены эксперименты по измерению интерференционного спектра конструкции SFS с различными значениями смещения, и результат указывает на правильное значение смещения около $8\mu\text{m}$, когда спектр имеет наибольшую контрастность. Когда свет распространяется через смещенную структуру сплайсинга, мода высокого порядка будет возбуждаться, а затем соединяться с ДПВР, что приводит к разделению на два провала полосы затухания ДПВР, которые более чувствительны к изменению внешней среды. На основе одного из разделенных провалов (1524 nm) в этой статье изготавливается головка датчика и обсуждаются ее чувствительные характеристики.

Метод демодуляции интенсивности

Демодуляция интенсивности является распространенным методом демодуляции оптической мощности в поле восприятия (когда вводится LPFG). Интенсивность провала передачи будет меняться в зависимости от внешней среды. Используя лазерный источник с узкой полосой пропускания, можно напрямую обнаружить изменение мощности оптической передачи на определенной длине волны, как показано на рис.1. Затем можно демодулировать внешние параметры и измерить некоторые динамические параметры, такие как вибрация и акустические сигналы. Демодуляция интенсивности имеет преимущества простой структуры, низкой стоимости, быстрой реакции сигнала и гибкой конструкции.

Изготовление датчика и установка эксперимента

Экспериментальная установка для измерения кривизны и акустического зондирования показана на рис.2а также3. Установка для двух экспериментов основана на каскаде LPFG со смещенной структурой сплайсинга SFS. Принципиальная схема офсетного сращивания

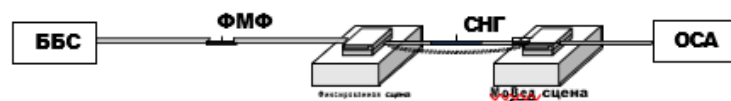


Рис. 2 Экспериментальная установка для измерения кривизны

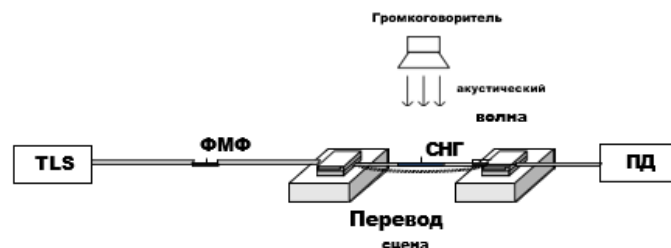


Рис. 3 Экспериментальная установка для акустического зондирования

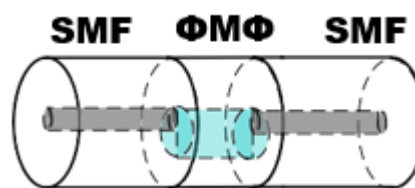


Рис. 4 Структура офсетного сращивания

Структура офсетного сращивания состоит из участка маломодового волокна между двумя отрезками одномодового волокна структура изображена на рис.4. Диаметр сердечника FMF $17\mu\text{m}$, предоставленный YOFC. Структура офсетного сращивания была изготовлена с помощью сварочного аппарата (Fujikura, FSM-60s), а степень смещения между FMF и SMF выбрана равной $8..5\mu\text{m}$.

Рисунок 2 показывает установку эксперимента для измерения кривизны. Когда свет от источника спонтанного излучения усилителя (ASE) распространяется через смещенную структуру сплайсинга, мода высокого порядка будет инспирирована и затем связана с LPFG. Передаваемый спектр можно наблюдать непосредственно на оптическом анализаторе спектра (OSA). При небольшом перемещении правого трансляционного столика длиннопериодная решетка будет изгибаться по различным кривизнам, и можно будет получить изменение интенсивности пропускания на 1524 nm .

Длина волны затухания передачи ДПВР составляет 1549 nm , а период — $625\mu\text{m}$. При каскадировании LPFG с маломодовым волокном



спектр передачи показан на рис.5а кривизна отклика конструкции показана на рис.7. Можно видеть, что когда LPG изгибается, два резонансных провала (1524 и 1620 нм) испытывают изменение интенсивности, что указывает на то, что эти два провала создаются LPG, поэтому провал разделяется на два на 1524 и 1620 нм соответственно. Другие провалы возникают из-за модовых помех, вносимых структурой SFS.

Принципиальная схема конструкции акустического датчика показана на рисунок 3. LPFG фиксируется на платформе перемещения, чтобы держать LPFG прямо. Когда ДПВР держится прямо на этапе трансляции, ее можно рассматривать как упругую струну, и она может вибрировать вместе с акустическими сигналами на некоторых определенных резонансных частотах.4], тем самым модулируя кривизну LPFG. Иными словами, акустическая чувствительность

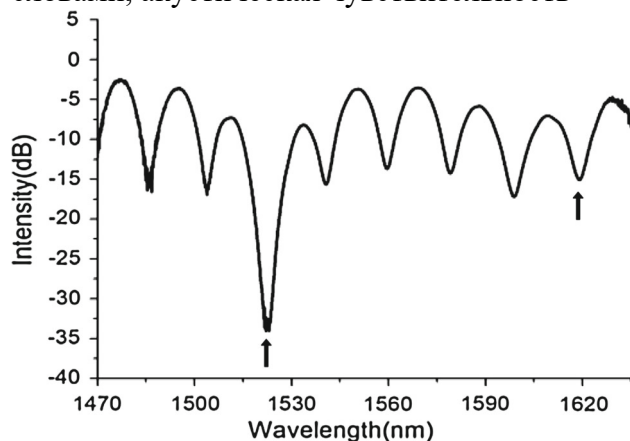


Рис. 5 Спектры пропускания структуры офсетного сращивания с длиннопериодной волоконной решеткой

Эксперимент равен измерению динамической кривизны. В отличие от измерения кривизны, в качестве источника света датчика используется перестраиваемый лазерный источник (TLS).

Соответственно, для динамической демодуляции сигнала используется фотодетектор (ФД), о котором шла речь в предыдущей части текста. Для достижения высокой чувствительности длина волны на выходе ДУС настроена на 1524 нм, т. е. на резонансный провал ДПВР.

Результаты. В этой статье предлагается структура офсетного сращивания одномодового, маломодового и одномодового волокна,

соединенная каскадом с длиннопериодной оптоволоконной решеткой, и исследуются ее спектральные характеристики и свойства восприятия кривизны и акустических сигналов. На основе демодуляции интенсивности можно достичь динамического измерения изменения кривизны, а чувствительность может достигать 93,01 дБ/м.—1при кривизне от 0,124 до 0,304 м⁻¹. По сравнению с родственными датчиками чувствительность предлагаемого датчика улучшена на порядок, что имеет потенциальные применения в области мониторинга состояния конструкций. Основанный на механизме измерения кривизны, датчик также продемонстрировал возможности акустических измерений в диапазоне 110–230 Гц.

Чувствительность составляет около 15 мВ/Па на частоте 110 Гц и 4,5 мВ/ Па на других частотах, поэтому датчик также подходит для акустических измерений.

Литература

1. Hochreiner, H., Cada, M., Wentzell, PD: Моделирование реакции длиннопериодной волоконной решетки на изменение показателя преломления окружающей среды в приложениях для химических датчиков. Дж. Технология световых волн. 26(13), 1986–1992 (2008)
2. Танака, С., Вада, А., Такахаша, Н.: Высокочувствительная работа датчика вибрации сжиженного нефтяного газа с использованием спектрального изменения, вызванного изгибом. В: 21-я Международная конференция по волоконно-оптическим датчикам (OFS21). Международное общество оптики и фотоники (2011 г.)
3. Yang, Y., Gu, Z.: Свойства одновременного измерения температуры и изгиба каскадных решеток с длинным и коротким периодом. заявл. Опц. 53(2), 165–173 (2014).
4. Yang, Y., Gu, Z.: Свойства одновременного измерения температуры и изгиба каскадных решеток с длинным и коротким периодом. заявл. Опц. 53(2), 165–173 (2014).
5. Бхатиа, В., Венгсаркар, А. М.: Оптоволоконные датчики с длиннопериодной решеткой. Опц. лат.21(9), 692–694 (1996).

