

ISSN (Print) 2616-6844
ISSN (Online) 2663-1318

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің

ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК

Евразийского национального
университета имени Л.Н. Гумилева

BULLETIN

of L.N. Gumilyov
Eurasian National University

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

THE TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Серия **ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

№ 2(131)/2020

1995 жылдан бастап шығады

Founded in 1995

Издается с 1995 года

Жылына 4 рет шығады

Published 4 times a year

Выходит 4 раза в год

Нұр-Сұлтан, 2020

Nur-Sultan, 2020

Нур-Султан, 2020

Бас редакторы **Мерзадинова Г.Т.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Жусупбеков А.Ж.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Тогизбаева Б.Б.**
т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Бас редактордың орынбасары **Сарсембаев Б.К.**
т.ғ.к., доцент, Назарбаев университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан

Редакция алқасы

Акира Хасегава	проф., Хачинохе технологиялық институты, Хачинохе, Жапония
Акитоши Мочизуки	проф., Токусима Университеті, Токусима, Жапония
Базарбаев Д.О.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Байдабеков А.К.	т.ғ.д., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамкан Университеті, Тайбэй, Тайвань
Жардемов Б.Б.	т.ғ.д., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Жумагулов М.Г.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Йошинори Ивасаки	проф., Геологиялық зерттеулер институты, Осака, Жапония
Калякин В.Н.	проф., Делавэр Университеті, Ньюарк, АҚШ
Түлебекова А.С.	проф., Токио Университеті, Токия, Жапония
Тадатсугу Танака	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Хое Линг	проф. Колумбия Университеті, Нью-Йорк, АҚШ
Утепов Е.Б.	PhD, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Чекаева Р.У.	а.к., проф., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент., Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр-Сұлтан, Қазақстан
Юн Чул Шин	проф., Инчeon ұлттық университеті, Инчeon, Оңтүстік Корея

Редакцияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Сәтбаев к-сі, 2, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 402 б.
Тел: +7 (7172) 709-500 (ішкі 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Жауапты хатшы, компьютерде беттеген: А. Нұрболат

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің Хабаршысы.

ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР сериясы

Меншіктенуші: ҚР БЖҒМ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» ШЖҚ РМК

Мерзімділігі: жылына 4 рет

Қазақстан Республикасының Ақпарат және коммуникациялар министрлігінде 27.03.2018 ж.

№16991 -ж тіркеу куәлігімен тіркелген

Басуға 07.06.2020 ж. қол қойылды.

Тиражы: 25 дана

Типографияның мекенжайы: 010008, Қазақстан, Нұр-Сұлтан қ., Қажымұқан к-сі 12/1

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті

Тел: +7 (7172)709-500 (ішкі 31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

*Editor-in-Chief **Gulnara Merzadinova***
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
*Deputy Editor-in-Chief **Askar Zhussupbekov***
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
*Deputy Editor-in-Chief **Baglan Togzibayeva***
Prof., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
*Deputy Editor-in-Chief **Bayandy Sarsembayev***
Assoc. Prof., Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial board

Akira Hasegawa	Prof., Hachinohe Institute of Thechnology, Hachinohe, Japan
Akitoshi Mochizuki	Prof., University of Tokushima, Tokushima, Japan
Daniyar Bazarbayev	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Auez Baydabekov	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Rahima Chekaeva	Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Der Wen Chang	Prof., Tamkang University, Taipei, Taiwan (ROC)
Eun Chul Shin	Prof., Incheon National University, Incheon, South Korea
Hoe Ling	Prof., Columbia University, New York, USA
Viktor Kaliakin	Prof., University of Delaware, Newark, Delaware, USA
Zhanbolat Shakhmov	Assoc.Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Tadatsugu Tanaka	Prof., University of Tokyo, Tokyo, Japan
Assel Tulebekova	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yelbek Utepov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan
Yoshinori Iwasaki	Prof., Geo Research Institute, Osaka, Japan
Bolat Zardemov	Doctor of Engineering, L.N. Gumilyov ENU, NurSultan, Kazakhstan
Mihail Zhumagulov	Assoc. Prof., L.N. Gumilyov ENU, Nur-Sultan, Kazakhstan

Editorial address: 2, Satpayev str., of. 402, L.N. Gumilyov Eurasian National University,
Nur-Sultan, Kazakhstan, 010008

Tel.: +7 (7172) 709-500 (ext. 31-428), E-mail: vest_techsci@enu.kz

Responsible secretary, computer layout: Aizhan Nurbolat

Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University.

TECHNICAL SCIENCES and TECHNOLOGY Series

Owner: Republican State Enterprise in the capacity of economic conduct «L.N. Gumilyov Eurasian National University» Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan

Periodicity: 4 times a year

Registered by the Ministry of Information and Communication of the Republic of Kazakhstan

Registration certificate №16991-ж from 27.03.2018. Signed in print 07.06.2020.

Circulation: 25 copies

Address of Printing Office: 12/1 Kazhimukan str., L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan 010008

Tel: +7 (7172) 709-500 (ext.31-428). Website: <http://bultech.enu.kz>

© L.N. Gumilyov Eurasian National University

Главный редактор **Мерзудинова Г.Т.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Жусупбеков А.Ж.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Тогизбаева Б.Б.**
д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Зам. главного редактора **Сарсембаев Б.К.**
к.т.н., доцент, Назарбаев университет, Нур-Султан, Казахстан

Редакционная коллегия

Акира Хасегава	проф., Технологический институт Хачинохе, Хачинохе, Япония
Акитоши Мо- чизуки	проф., Университет Токусима, Токусима, Япония
Базарбаев Д.О.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Байдабеков А.К.	д.т.н., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Дер Вэн Чанг	проф., Тамканский Университет, Тайбэй, Тайвань
Жардемев Б.Б.	д.т.н., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Жумагулов М.Г.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Йошинори Ивасаки	проф., Институт геологических исследований, Осака, Япония
Калякин В.Н.	проф., Делаверский Университет, Ньюарк, США
Тадатсугу Танака	проф., Токийский Университет, Токио, Япония
Тулбекова А.С.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Хое Линг	проф., Колумбийский университет, Нью-Йорк, США
Утепов Е.Б.	PhD, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Чекаева Р.У.	к.а., проф., ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Шахмов Ж.А.	PhD, доцент, ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Нур-Султан, Казахстан
Юн Чул Шин	проф., Инчхонский национальный университет, Инчхон, Южная Корея

Адрес редакции: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Сатпаева, 2, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, каб. 402
Тел: +7(7172) 709-500 (вн. 31-428). E-mail: vest_techsci@enu.kz

Ответственный секретарь, компьютерная верстка: А. Нурболат

Вестник Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева.

Серия ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИИ

Собственник: РГП на ПХВ «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева» МОН РК

Периодичность: 4 раза в год

Зарегистрирован Министерством информации и коммуникаций Республики Казахстан

Регистрационное свидетельство №16991-ж от 27.03.2018 г. Подписано в печать 07.06.2020 г.

Тираж: 25 экземпляров. Адрес типографии: 010008, Казахстан, г. Нур-Султан, ул. Кажимукана, 12/1,

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева

Тел.: +7(7172)709-500 (вн.31-428). Сайт: <http://bultech.enu.kz>

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Абдрасилова Г.С., Туякаева А.К., Козбагарова Н.Ж.</i> Изучение агропромышленной архитектуры с элементами энерго эффективных технологий: опыт факультета архитектуры КазГАСА	8
<i>Байхожаева Б.У., Жайманова Ы.Т.</i> Разработка рекомендаций к построению риск – ориентированной модели государственного контроля за соблюдением требований технических регламентов Таможенного союза	14
<i>Балабекова К.Г., Тогизбаев Б.К.</i> Анализ прочности поршня в Solid Works Simulation	22
<i>Бекбасаров И.И., Атенев Е.И.</i> Сопротивляемость моделей свай с уширениями ствола на горизонтальную и выдергивающую нагрузки	27
<i>Бисакаев С.Г., Бекеева С.А., Джумагулова Н.Г.</i> Степень профессионального риска работников строительной организации в зависимости от условий труда	39
<i>Жумабеков А.Т., Айдарханова А.Н.</i> Анализ неисправностей рулевого управления легкового автомобиля	45
<i>Кабикенов С.Ж., Исабаев М.С., Мухаметжанова А.С.</i> Городской транспорт в развивающихся странах за пределами мегаполисов	52
<i>Казиева Г.Д., Абжанова А.Е., Есекеева М.Ж., Сагнаева С.К., Сембина Г.К.</i> Инструментальная платформа OLAP анализа данных экологического мониторинга	66
<i>Канаев А.Т., Ахмедьянов А.У., Киргизбаева К.Ж., Косанова И.М.</i> Определение физико-механических характеристик плазменно-закаленной колесной стали методом наноиндентирования	78
<i>Кенжебаев К.Ж.</i> Индивидуальная программа учета простоев локомотивов ТЭЗЗА на внеплановых ремонтах как инструмент для анализа ремонтпригодности	87
<i>Крыкбаев М.М., Шедреева И.Б., Тлешова А.С.</i> Практическая реализация эффекта самоадаптации в решетке Брэгга, показывающая отрицательный наклон характеристики	94
<i>Оразбаев Б.Б., Зинагабденова Д.Р., Н.А.</i> Программный комплекс «Автоматизированная система управления сбора данных и учета газа»	101
<i>Садыкова С.Ш., Молдалиева Г.Т.</i> Современные принципы формирования архитектуры эко-ферм	112
<i>Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Буришуква Г.А., Карменов К.К.</i> Исследование легированных литых сплавов с наноструктурным покрытием, обладающих повышенными демпфирующими свойствами	121
<i>Сулейменов Т.Б., Жомартов Р.А.</i> Модернизация технологии обработки поездов при смене колеи на границе КНР/РК	131

М.М. Крыкбаев¹, И.Б.Шедреева²,
А.С. Тлешова³

*Таразский государственный университет им.М.Х.Дулати ,
Тараз, Казахстан*

*E-mail: m.krykbayev@mail.ru¹, indisher@mail.ru²,
akmaral.tleshova@mail.ru³*

Практическая реализация эффекта самоадаптации в решетке Брэгга, показывающая отрицательный наклон характеристики

Аннотация: В этой статье рассмотрена практическая реализация эффекта самоадаптации в решетке Брэгга, показывающая отрицательный наклон характеристики, который является одним из эффективных для измерения температуры, давления и других физических величин. Основная актуальность статьи является определение типа прямой линейной функции между длиной волны обратного рассеянного света и измеренной температурой, а также определение эмпирических коэффициентов этой прямой линейной функции в качестве калибровки для каждого конкретного волокна. Чтобы осуществить данный процесс, значения при создании ВБР подвергаются изменениям при помощи метода обратного отсчета. Применение метода получения модуляции показателя преломления через обжигание стержня одного модального оптического волокна с помощью ультрафиолетовых лучей, при получении волоконных решеток Брэгга позволила нам исследовать и изучить характеристики.

Ключевые слова: прямая волоконно-брэгговская решетка, наклонная волоконно-брэгговская решетка, показатель преломления, период решетки, угол наклона, длина волны.

DOI: <https://doi.org/10.32523/2616-68-36-2020-131-2-94-100>

Введение. Существует множество научных работ по изучению характеристик волоконной решетки Брэгга. Было рассмотрено более 100 научных работ. Изученные научные работы можно разделить на несколько больших групп по основным рассмотренным темам и направлениям:

– решение основных задач при создании волоконной решетки Брэгга (рассматривает методы создания);

– моделирование решетки Брэгга и сравнение полученных результатов из теоретической модели с практическими результатами путем исследования характеристик сигнала от волокнистой решетки Брэгга;

– проведение исследований с целью расширения сферы использования ВБР.

Брэгговская волоконно-оптическая сетка представляет собой структуру с периодически изменяющимся показателем преломления, вызванным надлежащим освещением волокна лазерным излучением [1]. Схема сети, а также идея ее работы представлены на рисунке 1. В случае, когда частота электромагнитной волны, распространяющейся в оптическом волокне, регулируется по фазе в соответствии с периодом индуцированных изменений показателя преломления, волна отражается от структуры посредством конструктивных помех. Волны,

частота которых не соответствует периоду сетки Брэгга, распространяются через структуру без потерь. Поэтому правильно сказать, что при пропускании сетка является оптическим полосовым барьерным фильтром, а в режиме отражения она может рассматриваться как спектрально-селективное оптическое зеркало.

Одной из основных целей научной работы является определение типа прямой линейной функции между длиной волны обратного рассеянного света и измеренной температурой, а также определение эмпирических коэффициентов этой прямой линейной функции в качестве калибровки для каждого конкретного волокна. Чтобы осуществить данный процесс, значения при создании ВБР подвергаются изменениям при помощи метода обратного отсчета. Применение метода получения модуляции показателя преломления через обжигание стержня одного модального оптического волокна с помощью ультрафиолетовых лучей при получении волоконных решеток Брэгга позволила нам исследовать и изучить характеристики. В научных работах, где рассмотрены основные методы разработки и свойства волоконно-оптической решетки Брэгга, приводятся методы, необходимые для создания решетки путем касательного утончения поверхности волокна на воздействие поля. Затем путем облучения интенсивными лучами мест утончения решетка раскрылась. Этот метод называют методом создания решетки изнутри. Недостатков решеток, полученных таким методом, будет немного больше, так как коэффициент обратного отражения составляет 95%, а потеря сигнала достигает половины дБ. После открытия явления оптической чувствительности к влиянию внешней среды оптического волокна (такие материалы теперь называют смарт-материалами) появилась возможность создания определителей из решетки Брэгга. Повторно соединяя по меньшей мере два пути излучения от одного источника ультрафиолетового излучения, можно создать решетку Брэгга, который эквивалентен длине волны периодического света, путем размещения одного модального оптического волокна в формировании явления интерференции. Особенность данной решетки: длина волны света изменяется в обратно отраженном или прошедшем через решетку свете, несущей информацию по волокнам из-за влияния внешней среды.

Работы по моделированию решетки Брэгга были рассмотрены также в научных работах ученого Джеральда Мельца. Проведены работы по исследованию характеристик сенсора решетки Брэгга путем моделирования решетки Брэгга и сравнению их с практическими результатами. В работе по моделированию решетки Брэгга необходимо разработать фактический программный продукт, который будет использоваться в качестве связующего виртуального устройства среди его создателей и пользователей в конкретных условиях. С учетом условий использования исследуемой решетки Брэгга, применения внешней среды в рабочих температурных диапазонах утверждены методы основных спектральных характеристик решетки Брэгга для точного расчета диапазонов изменения длины волны, соответствующих этому диапазону.

История. В 1990 году на конференции Optical Fiber Communication Г.Мельца впервые представила теоретическую модель межмодовой связи в ОВ, реализуемой с помощью косых брэгговских решеток. Наклонная брэгговская решетка — это штрихи, которые имеют угол наклона относительно поперечного сечения световода. В отличие от стандартных решеток, косые решетки, помимо связи основных мод сердцевины, распространяющихся во встречных направлениях, реализуют также связь мод сердцевины и мод оболочки световода. Другими словами, они выводят часть излучения из сердцевины ОВ в его оболочку.

Учитывая особенности исследуемых структур, очевидно, что при записи брэгговских решеток с противоположными углами наклона относительно поперечного сечения ОВ, модуляция ПП в большей степени произойдет в различных областях световода.

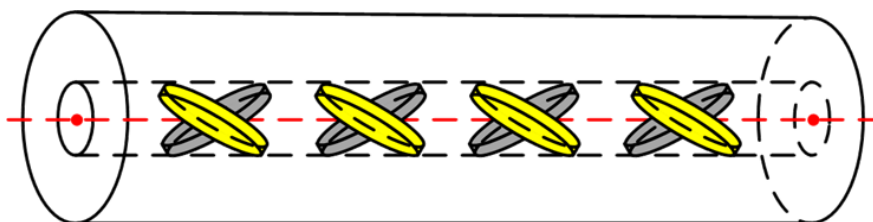


Рисунок 1. Схематическое изображение зеркальной суперпозиции косых брэгговских решеток

С целью проверки предложенной методики увеличения эффективности связи сердцевинных и оболочных мод ОВ проведен ряд экспериментальных записей косых брэгговских решеток с равными периодами и противоположными углами наклона в одну область световода.

В Таблице 1 приведены основные условия записи решеток.

Таблица 1. Основные параметры записи наклонных брэгговских решеток

Параметр	Значение	Единица измерения
Длина решетки	12	Мм
Частота следования импульсов	10	Гц
Плотность энергии в импульсе	220	мДж/с
Время записи	60	С
Угол наклона ОВ	$\pm 1,5$	$^{\circ}$

Наклонные брэгговские решетки применяются в качестве чувствительных элементов волоконно-оптических измерительных приборов: рефрактометров, интеррогаторов, поляриметров, датчиков кручения, изгибов, поперечной нагрузки, смещения. Кроме того, они используются при создании усилителей, мультиплексоров, узкополосных фильтров, в качестве поляризующих элементов и т.д.

Наклонные брэгговские решетки (НБР) обладают периодической модуляцией показателя преломления вдоль оси волокна, однако отличаются от ВБР тем, что имеют определенный угол наклона между плоскостью решетки и поперечным сечением волокна, что приводит к возникновению более сложного модового взаимодействия. На рисунке 2 представлены спектры пропускания и отражения НБР.

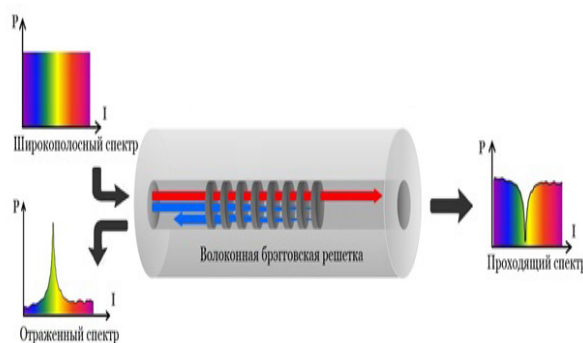


Рисунок 2. Спектры пропускания и отражения наклонных брэгговских решеток

Чтобы создать сетку для компенсации дисперсии в диапазоне 1550 нм, необходимо обеспечить отрицательный наклон характеристики группы задержки сетки. Для стандартной

однородной сетки, выполненной на сужении, дисперсия структуры является отрицательной, когда свет поступает с несуженной стороны. Следовательно, невозможно использовать феномен самоадаптации шеи для минимизации колебаний характеристик групповой задержки. Чтобы использовать этот эффект, необходимо создать структуру, для которой фазовая маска будет преимущественно зависеть от фазовой маски [3]. Для таких структур длина волны Брэгга, соответствующая более узким областям с более уменьшенным диаметром, будет выше, чем длина волны Брэгга для областей с большим диаметром. На рисунке 1 показаны распределение длины волны Брэгга как функция длины сетки для ЛЧМ от фазовой маски от 0 нм до 0,35 нм и численно рассчитанные характеристики задержки образца для ЛЧМ с фазовой маской 0,1 нм и 0,35 нм. Желтый указывает характеристики групповой задержки для электромагнитной волны, введенной с суженной стороны, а синий - для электромагнитной волны, введенной в сетку с несуженной стороны. Предполагалось, что сетка Брэгга была нанесена при сужении на 20 нм и максимальном и минимальном диаметре 125 нм и 45 нм соответственно.

Для данных параметров сужения компенсация ЛЧМ в результате переменного периода сетки и сужения происходит для маски ЛЧМ около 0,15 нм/мм. Следовательно, для больших значений ЛЧМ фазовой маски доминирующим эффектом, влияющим на спектральную ширину сетки, является ЛЧМ фазовой маски. Для таких случаев уклон кривой групповой задержки будет отрицательным для электромагнитных волн, вводимых со стороны суженной сетки. В свою очередь для ЧИП фазовой маски менее 0,15 нм / мм ЧИП сетки оказывает доминирующее влияние на спектральную ширину сетки, поэтому наклон группы задержки электромагнитной волны, введенной со суженной стороны, имеет положительный знак [2].

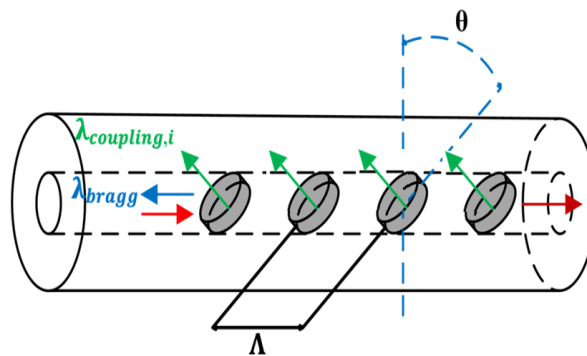


Рисунок 3. Распространение излучения с записанной в нем наклонных брэгговских решеток

Длина волны Брэгга λ_{Bragg} равна произведению эффективного показателя преломления волновода n_{eff} , в котором он распространяет свет, и периода индуцированных изменений показателя преломления сетки Λ . Уравнение, описывающее длину волны Брэгга, можно записать следующим образом [1]:

$$\lambda_{Bragg} = 2n_{eff}\Lambda, \quad (1.1)$$

Методы исследования. Чтобы получить сетку Брэгга с отрицательным наклоном характеристик групповой задержки для электромагнитных волн, вводимых с суженной стороны волокна, секция одномодового оптического волокна SMF-28 была термически сужена с использованием методов горизонтального нагрева и экстракции. В результате было получено симметричное сужение общей длиной 26 мм с минимальным диаметром сужения 43 мкм. Длина сужающегося конуса составляла 12 мм, а минимальный диаметр - 2 мм. Чтобы увеличить светочувствительность волокна, сужение помещали на две недели в атмосферу водорода при 100 атмосферах. Затем на конус сужения наносили сетку длиной 12 мм с использованием

аргонового лазера с мощностью 100 мВт и длиной волны 244 нм, работающего в режиме удвоения частоты и метода фазовой маски. Чтобы обеспечить доминирующий эффект чирпа с фазовой маской, использовали дифракционный элемент с линейно увеличивающимся периодом с центральным периодом 1061 нм.

Затем с помощью дисперсионного и группового измерителя задержки Agilent 86037C (Chromatic Dispersion Test Solution) и трехпортового оптического циркулятора были измерены характеристики групповой задержки и коэффициент отражения полученной сетки. Измерения проводились с разрешением по длине волны 5 мкм. На рисунке 4 показаны экспериментальные результаты в сочетании с численными результатами, определенными на основе модели.

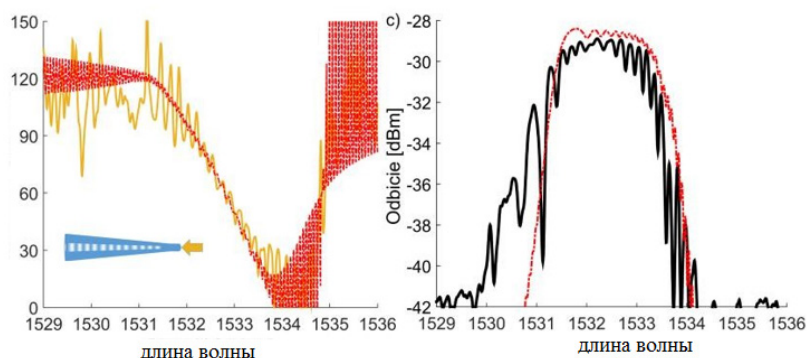


Рисунок 4. Экспериментальные и численные характеристики

Сравнивая экспериментальные и численные результаты на рисунке 2, можно констатировать их высокое согласие. Небольшие различия, которые существуют в характеристиках отражательной способности, обусловлены несовершенством производства сетки Брэгга. Кроме того, в характеристиках групповой задержки, представленных на рисунке, заметна значительная разница в уровне колебаний для двух разных направлений введения электромагнитной волны. Таким образом, можно однозначно утверждать, что введение электромагнитной волны с сужающейся стороны в сетку Брэгга выполняет роль аподизации.

Заключение. Показано, что направление введения света в структуру сетки Брэгга, нанесенной на коническое волокно, оказывает существенное влияние на амплитуду колебаний в характеристиках групповой задержки - эта амплитуда ниже, когда электромагнитная волна вводится с суженной стороны. На основе численной модели, основанной на теории сопряженных мод и методе матрицы перехода, определены параметры сетки Брэгга, определяющие амплитуду колебаний. Кроме того, как численно, так и экспериментально было показано, что использование фазовой маски с ЛЧМ позволяет получить отрицательный наклон характеристики групповой задержки для волн, вводимых в сетку с суженной стороны. Дисперсия полученного таким образом элемента также зависит от деформации сетки. В результате для такой конфигурации можно использовать явление предложенной сетки для компенсации дисперсии в волоконно-оптических сетях.

Литература

1. Bragg W.H., Bragg W.L. The reflection of X-rays by crystals. Proceedings of the Royal Society A. – 1913. – Vol. 605. – No 88. – P. 428-38. 10.1098/rspa.1913.0040.
2. Варжель С.В. Волоконные брэгговские решетки. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 65-78 с.
3. Goo T., Tam H.-Y., Albert J. Linearly chirped and weakly tilted fiber Bragg grating edge filters for in-fiber sensor interrogation//Proceedings of SPIE 7753, 21st International Conference on Optical Fiber Sensors, 77537V-1- 77537V-4 (2011). doi: 10.1117/12.884956.

Қырықбаев М.М.¹, Шедреева И.Б.², Тлешова А.С.³,
¹М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті,
Тараз, Қазақстан
E-mail: m.krykbayev@mail.ru¹, indisher@mail.ru², akmaral.tleshova@mail.ru³

Сипаттаманың теріс көлбеуін көрсететін Брэгг торында өзін-өзі баптаудың әсерін тәжірибелік іске асыру

Аннотация. Бұл мақалада температураны, қысымды және басқа физикалық шамаларды өлшеу үшін ең тиімді сипаттамалардың бірі болып табылатын сипаттаманың теріс көлбеуін көрсететін Брэгг торында өзін-өзі бейімдеу эффектісін практикалық іске асыру туралы айтылады. Мақаланың негізгі өзектілігі - артқа шашыраңқы жарықтың толқын ұзындығы мен өлшенген температура арасындағы тікелей сызықтық функцияның түрін анықтау, сонымен қатар әрбір нақты талшық үшін калибрлеу ретінде осы тікелей сызықтық функцияның эмпирикалық коэффициенттерін анықтау болып табылады. Бұл процесті жүзеге асыру үшін FBG құру кезіндегі мәндер кері санақ әдісі арқылы өзгеріске ұшырайды. Ультрафиолет сәулелерін қолдана отырып, бір модальді оптикалық талшықтың өзегін күйдіру арқылы сыну көрсеткішінің модуляциясын алу әдісін қолдану, талшық Брэгг торларын дайындауда бізге зерттеуге және сипаттамаларын зерттеуге мүмкіндік берді.

Түйін сөздер: түзу талшықты-брэгг торы, қисық талшықты-брэгг торы, шағылысу көрсеткіші, тордың периоды, қисаю бұрышы, толқын ұзындығы..

Kyrykbaev M¹., Shedreyeva I²., Tleshova A.³
¹ M. H. Dulati Taraz State University, Taraz, Kazakhstan
E-mail: m.krykbayev@mail.ru¹, indisher@mail.ru² akmaral.tleshova@mail.ru³

Practical implementation of the self-adaptation effect in the Bragg lattice showing a negative slope of the characteristic

Abstract: This article discusses the practical implementation of the self-adaptation effect in the Bragg lattice, which shows a negative slope of the characteristic, which is one of the most effective for measuring temperature, pressure, and other physical quantities. The main aim of the research is to determine the type of direct linear function between the backscattered light wavelength and the measured temperature, as well as to determine the empirical coefficients of this direct linear function as a calibration for each specific fiber. To perform this process, the values are modified using the countdown method when creating the VDB. The application of the method of obtaining the refractive index modulation through firing the rod of a single modal optical fiber using ultraviolet rays, in obtaining fiber Bragg gratings, allowed to investigate and study its characteristics.

Keywords: Straight fiber-Bragg lattice, oblique fiber-Bragg lattice, refractive index, lattice period, angle of inclination, wavelength.

References

1. Bragg W. H., Bragg W. L. The reflection of X-rays by crystals. Proceedings of the Royal Society A 88(605), 428-38 (1913) 10.1098/rspa.1913.0040.
2. Varzhel S.V. Volokonnye brjegovskie reshetki [Fiber Bragg gratings]. (ITMO University, St. Petersburg, 2015, P. 65-78).
3. Guo T., Tam H.-Y., Albert J., Linearly chirped and weakly tilted fiber Bragg grating edge filters for in-fiber sensor interrogation, Proceedings of SPIE 7753, 21st International Conference on Optical Fiber Sensors, 77537V-1- 77537V-4 (2011). doi: 10.1117/12.884956.

Сведения об авторах:

Кырыкбаев М.М. – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматике и телекоммуникации Таразского государственного университета им.М.Х.Дулати, ул. Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

Шедреева И.Б. – старший преподаватель кафедры автоматике и телекоммуникации Таразского государственного университета им.М.Х.Дулати, ул.Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

Тлешова А.С. – старший преподаватель кафедры Автоматике и телекоммуникации Таразского государственного университета им.М.Х.Дулати, ул.Толе би, 60, Тараз, Казахстан.

Kyrykbaev M.M. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of “Automation and telecommunications”, M.H.Dulati Taraz State University, Tole bi str.60, Taraz, Kazakhstan.

Shedreeva I.B. – Senior Lecturer, Department of “Automation and telecommunications”, M.H.Dulati Taraz State University, Tole bi str.60, Taraz, Kazakhstan.

Tleshova A.S. - Senior Lecturer, Department of “Automation and telecommunications”, M.H.Dulati Taraz State University, Tole bi str.60, Taraz, Kazakhstan.

Поступила в редакцию 18.07.19..