

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности « 6D071600 – приборостроение»

Хабай Анар

Разработка и исследование совмещенных датчиков температуры и влажности

Общая характеристика работы. Диссертационная работа состоит из 4 глав. В первом разделе диссертационной работы рассмотрено общие методы определения температуры и влажности, резистивные термометры, датчики температуры на основе кварцевых резонаторов, интегральные датчики, емкостные термометры, анализ чувствительности датчиков измерения температуры и влажности, полупроводник на основе оксида металла для определения температуры и влажности, структура и схема датчика. Во втором разделе изложены принципы построения и функционирования фемтосекундных лазерных импульсов индуцированные на оптически-волоконные решетки Брэгга. В частности, изучены легированные телекоммуникационные оптические волокна, на германиевым-фемтосекундным инфракрасном лазере, а также в на ультрафиолете в светочувствительных волокнах SiO_2 , изучена их длительная термостойкость и способность записывать волоконные Брэгговские решетки (ВБР). Рассмотрены решетки Брэгга (ВБР) II типа в микроструктурированных волокнах. Изучено применение, а именно на основе волоконно-оптических датчиков проводится мониторинг симулятора газовых турбин, зондирование с многопараметрическими оптико-волоконными датчиками в очень неблагоприятных условиях, высокого давления.

В третьем разделе рассмотрены вопросы исследование и анализ резонаторов Фабри-Перо, анализ Джорджа Айти (Generic Airy distribution) коэффициент усиления внутреннего резонанса, обратное отражение связи решетки Брэгга оптического волокна к температуре, волоконно-оптических сеток для измерения с высоким разрешением. Брэггированное волокно, предназначенное для определения ударной волны в энергетических материалах, контроль температуры с помощью волоконно-оптического лазера на основе Ф-ВБР, технология использования волоконно-оптических Брэгговских сеток. Изучена чувствительность к влажности, основанная на методе интерферометра Фабри-Перо.

В четвертом разделе изложены результаты и приведена экспериментальная установка, оптический циркулятор, технология применения геля агрозы, чувствительной к влажности, приведено изображение акароза пленка под микроскопом. Исследуются волоконно-оптические датчики, основанные на внутрирезонаторном зондировании оптического волокна, поскольку они могут улучшить видимость резонансного пика в спектре и сузить полосу пропускания 3 дБ. Разработка датчиков влажности и температуры на основе внутрирезонаторного зондирования оптического волокна позволит значительно улучшить датчиков влажности и температуры, а узкая полоса пропускания 3-дБ повысит пропускную способность сети датчиков влажности.

Измерительная система основана на чувствительности волоконно-оптических брэгговских решеток, интерферометров Фабри-Перо(ФПИ) таковых в данной работе на основе волоконно-оптических ФПИ через влажочувствительную агарозу для получения экспериментальных результатов в диапазоне от 25 до 95% относительной влажности. Компактное влажност-чувствительное стекловолокно FPI введено в лазер волокна для восприятия или чувствительности к влажности. Мы анализируем чувствительный механизм волоконного лазерного датчика и характеризуем его чувствительные характеристики. Относительная сила выхода лазера волокна имеет хорошую линейную реакцию к окружающей влажности. Кроме того, возможность определять температуру, в зависимости от того, на основе волоконно-оптических Брэгговских решеток отражательного эффекта через деформации, от изменения температуры.

Актуальность темы исследования. Датчики температуры и влажности широко используются в технологическом контроле микроэлектронного производства, химии, биологии, метеорологии, электроники, метеорологии автомобильной отрасли, сельском хозяйстве, энергообеспечении систем и многих областях измерения и контроля медицинской техники. В настоящее время существует много цифровых датчиков, которые используют различные физические принципы. Однако необходимо дальнейшее совершенствование чувствительности, селективности, надежности и времени ответа датчиков.

В связи с постоянным совершенствованием технических процессов, предъявлением жестких требований к обеспечению качества продукции и экономии энергоресурсов, повышением требований качества и количества в области электроники, пленочной технологии, материаловедения, качество воздуха, т. е. влажностью и температурой становятся одной из важнейших проблем.

При входе в организм имплантированных электронных устройств, предназначенных для работы во влажной среде, в активной зоне интегрированной схемы появляются конденсация, коррозия из-за влажности. Это приведет к потере эффективности этого инструмента, и что устройство не будет работать. Наиболее прямым способом проверки сухости микрокабельных функций является использование датчика для измерения его внутренней относительной влажности. В настоящее время в чипе имеется дополнительный датчик влажности на основе металл-оксидного полупроводника с электроникой. Она покрыта слоем неорганической пассивации, имеет взаимно выделенный конденсатор, покрытый полиимидным пальпоком, датчик влажности. Он требует расширенных шагов обработки. При этом необходимая для датчика зона очень большая (4~2mm). Например, стимуляторы, имплантируемые микроаппаратом, должны обеспечивать небольшой датчик. Наша цель заключается в том, чтобы датчик, измеряющий температуру и влажность в единицах, был упрощен и требует, чтобы требуемая область чипа была значительно уменьшена и вместе определяла относительную влажность и температуру.

Ознакомление с методами измерения температуры и влажности, типами датчиков измерения температуры и влажности и их анализ. В настоящее время существуют действующие датчики измерения влажности и температуры в единицах. Однако датчик, измеряющий влажность и температуру на основе оптического волокна в единичном измерении, изучался с интересом в связи с высокой чувствительностью, быстрым ответом, компактным размером и такими преимуществами, как анти-электромагнитное сопротивление.

Волоконно-оптические датчики не принимают внутренних электромагнитных воздействий. Волоконно-оптические материалы изготавливаются из широко используемых и дешевых материалов. В настоящее время цена кварцевого волоконно-оптики ниже цены на медную проволоку.

В последние годы широко исследованы датчики, основанные на внутренней чувствительности оптического лазера, поскольку их спектральный резонанс улучшил видимость пика и пропускная способность достигла 3 дБ. Благодаря развитию внутренней чувствительности, основанной на оптических волоконно-оптических лазерах, улучшено отношение датчиков к шуму, а пропуск 3 дБ в узком диапазоне увеличил емкость сенсорной сети.

Цели и задачи исследования. Создание совмещенного датчика, определяющего температуру и влажность, основанный на внутренней чувствительности к изменению состояния волокна на основе оптического лазера.

Для достижения цели диссертационной работы были поставлены следующие задачи:

1. Обзор основных научных работ, соответствующих тематике научной работы, использованной при зондировании окружающей среды, основанной на оптическом волоконном лазере;

2. Определить зависимость изменения длины волны отраженного сигнала лазера от изменения температуры. Провести закономерность за температурным изменением посредством анализа фазового смещения фемтосекундного лазера, отходящего от решеток Брэгга, помещенных в волокно с функциональным коэффициентом изменения.

3. Определить относительную влажность в результате резонансного усиления под воздействием геля влажно-чувствительной агрозы, основанной на интерферометре ФПИ.

4. Разработать математические модули оптоволоконных датчиков для измерения влажности в единицах температуры и влажности.

5. Проведение проверок на практике с использованием математических моделей, рассмотрены методы измерения температуры и влажности на основе оптического волокна.

6. Создать датчик, измеряющий влажность и температуру на основе оптического волокна в единичном измерении, с высокой чувствительностью, быстрым ответом, компактным размером и такими преимуществами, как анти-электромагнитное сопротивление. Определить диапазон измерения датчика.

Основные положения для защиты диссертации:

1. Волокно оптического однонаправленного режима и в ней размещены решетки Брэгга, поперечное сечение которого покрывается полурефлексиеским

стеклом и соединяется к вакуумной полости ФПИ. ФПИ содержит в вакуумной полости гель агросы, чувствительный к влажности, приготовленный наливом в диафрагму кремния. Передняя и задняя полость, определенная длиной h , имеет две отражающие поверхности, а вторая - чувствительный к влажности гель агросы. Это определение изменения влажности путем изменения интерференции между освещением от двух поверхностей.

2. Анализ методов определения температуры с фазовым смещением фемтосекундного лазера с обратным смещением от решеток Брэгга, помещенных в функционально изменяющееся волокно в зависимости от температуры в оптическом однонаправленном режиме.

3. Проанализированна работа микроконтроллеров, изученно воздействие и иммунитет к внутренним электромагнитным воздействиям, исходя из экспериментальных результатов, сделанных на основе выше анализов.

4. Определение диапазона измерений датчика измерения температуры и влажности исходя из экспериментальных и фактически заданных значений.

Объектами исследования анализ датчика температуры и влажности на основе оптического волокна, высокой чувствительности, быстрым ответом, компактным размером и такими преимуществами, как анти-электромагнитное сопротивление. Для определения влажности, основанной на кристаллическом волокне, представлены многочисленные типы волоконистых датчиков. Показано применение оптического волокна к методам измерения температуры. Оптическое волокно на основе сетчатых отражений Брэгг и интерферометры Фабри-Перота, однородные оптические волокна обсуждаются в изданиях. Потери гели агросы низкие, изготовление легкое и имеет хорошие показатели в соответствующих расчетах, поэтому широко используется для относительной влажности. Для улучшения оптической чувствительности волоконно-оптических волокон они изготавливают из гигроскопических материалов, таких как: гель Агросы, оксид графена, поливиниловый спирт, SiO_2 , WS_2 и SiO_2 , WS_2 и т. д. б. В настоящее время многие оптические датчики работают с пассивным и широкополосным источником света. В последние годы широко исследованы датчики, основанные на внутренней чувствительности оптического лазера, поскольку их спектральный резонанс улучшил видимость пика и пропускная способность достигла 3 дБ.

Предметом исследования Обнаружение чувствительности к влажности на основе интерферометра Фабри-Перо (FPI), анализ изменения деформации волокон в зависимости от температуры, основанный на отражающем эффекте Брэгговской решетки (FBT).

Методы исследования принцип работы датчика, основан на двух основных чувствительностях: агрозное отражение, чувствительное к влажности методом интерферометра Фабри-перо. Брэгг волокна волоконно-оптических решеток (ВОБР) с деформационным изменением волокна, зависящее от изменения температуры основана на определенных спектров отражения обратного эффекта.

Обнаружение чувствительности к влажности на основе интерферометра Фабри-Перо (ИФП). Предложено и экспериментально продемонстрировано

внутрирезонаторное зондирование оптического волокна. Характеризуется механизмом чувствительности датчика оптического волокна и его чувствительностью. Анализ изменения деформации волокон в зависимости от температуры, основанный на отражающем эффекте Брэгговской решетки (ВБР). Обеспечение принципа работы оптического оптоволоконного датчика, который измеряет влажность и температуру на основе однородности на основе этих анализов. Волокно оптического однонаправленного режима и в ней размещены решетки Брэгга, поперечное сечение которого покрывается полурефлексиическим стеклом и соединяется к вакуумной полости ФПИ. ФПИ содержит в вакуумной полости гель агросы, чувствительный к влажности, приготовленный наливом в диафрагму кремния. Спектральная реакция резонатора Фабри-Перота основана на интерференции между выведенным на нее освещением и освещением вокруг резонатора. Две лазерные фазы, отраженных в структурной интерференции, приводят к резонансному улучшению освещения внутри резонатора. Если фаза двух лучей противоположна, то включенный свет ослабляется и определенная часть сохраняется внутри резонатора. Сохранившийся свет, проходящий через стекло, в спектральном виде изменяется по сравнению с отображаемым светом. Исходя из этого основного принципа, мы использовали вместо второго зеркала тонкую пленку, чувствительную к влажности, принцип определения влажности в соответствии с повышенным освещением.

Научная новизна результатов исследования заключается в том, что в линейном увеличении отраженного резонанса ПФИ на основе влапочувствительных агросионных гелей в зависимости от влажности, а также повышение надежности определения температуры посредством фазового смещения фемтосекундного лазера и обратного отражения от сеток Брэгга. На основе этих анализов принцип работы датчика, основан на двух основных чувствительностях: агрозное отражение, чувствительное к влажности методом интерферометра Фабри-перо. Брэгг волокна волоконно-оптических решеток (ВОБР) с деформационным изменением волокна, зависящее от изменения температуры основана на определенных спектров отражения обратного эффекта. Проанализированы условия воздействия в соответствии с сеткой Брэгга, изготовленной на оптических волокнах на основе диоксида кремния фемтосекундными инфракрасными и видимыми лазерами с использованием фазовой маски или метода «точка после точки». Регенерированные брэггговские сетки являются одним из термически устойчивых структур ВБР, которые предусматривают измерение температуры с использованием фемтосекундной сетки в качестве постоянной альтернативы измерения температуры оптического волокна.

Практическая значимость. Практическая ценность результатов исследования заключается в повышении надежности определения температуры посредством фазового смещения фемтосекундного лазера и передаче полученных в диссертации результатов в международные издания.

Фемтосекундный лазерный ВБР выражается в особых свойствах, которые вырабатываются различными методами, а также могут использоваться в строгих условиях для различных зональных приложений.

С использованием специфической геометрии волоконистых Брэгговских сеток и волокон позволяет учитывать различные параметры света. Чистый диоксид кремния, фторидный легированный диоксид, устойчивый к радиации, или фотонно-кристаллическое волокно и датчики из стекловолокна с чистым диоксидом кремния, менее повреждаются в нефтяной и газовой отрасли от проникновения водорода, радиационной ионизации, поэтому можно использовать в ядерной промышленности. При температуре свыше 1300°C самоцвет определяется с помощью брэгговских сеток в оптическом волокне. Реактивные двигатели сапфир ВБР, являются пригодным для строгих условий горения в реакторах газификации угля и в производстве электроэнергии, в турбинах природного газа. Рассмотрены последние разработки и применения в области производства в строгой зоне окружающей среды с помощью волоконистых брэгговских сеток лазерным излучением, а также некоторые предпосылки теории фемтосекундного взаимодействия между лазером и материалами.

Теоретическая значимость Разработаны математические модули оптоволоконных датчиков для измерения влажности в единицах температуры и влажности. Проведен анализ методов определения температуры с фазовым смещением фемтосекундного лазера с обратным смещением от решеток Брэгга, помещенных в функционально изменяющееся волокно в зависимости от температуры в оптическом однонаправленном режиме. Благодаря развитию внутренней чувствительности, основанной на оптических волоконно-оптических лазерах, улучшено отношение датчиков к шуму, а пропуск 3 дБ в узком диапазоне увеличил емкость сенсорной сети.

Апробация работы. Основные выводы и результаты исследования диссертации изложены на конференциях, указанных ниже: Опубликована на XII международной научно-практической интернет-конференций «Молодежь, наука инновации» (Пенза 2016); Негосударственное образовательное учреждение дополнительного профессионального образования. На конференции, опубликованной институтом управления проектами (Санкт-Петербург 2016); Международная научно-техническая конференция «Зимові ғылыми оқулары» (Украина, Киев 2016). Международная научно-техническая конференция «Образование, научно-практические современные информационно-телекоммуникационные технологии» (Алматы, 2015);

Статьи

В соответствии с темой диссертационной работы опубликовано 10 статей, из них 4-в научных изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 1-в изданиях, вошедших в информационную базу Scopus, 5-в материалах международных научных конференций.

Объем и структура диссертационной работы. Диссертационная работа состоит из введения, обзора литературы, моделирования, результатов и обсуждения, выводов, списка использованных источников и приложений. Содержит 45 рисунков и 5 таблиц. Список использованных источников включает 129 наименований. Общий объем диссертации составляет 122 страницы.

По результатам диссертационного исследования сделаны следующие выводы:

В диссертации получены следующие научные результаты: определение относительной влажности, основанная на методе интерферометра Фабри-Перо (ФПИ) в диапазоне которого составляет от 20% до 98%. При изменении влажности окружающей среды на 10%, диапазон выходного сигнала оптоволокна увеличится с -36,78 дБ до -22,61 дБм. Соответственно, отношение сигнала сенсора к шуму увеличилось с 30 дБ до 45 дБ, а полоса пропускания составляла 3 дБ, что составляло менее 0,05 нм. Чувствительность влажности составляет 0,202 дБ/с, температурная чувствительность $0,117 \times 10^{-4}/\text{C}^0$. На практике датчик имеет хорошую линейность. Индекс преломления агрозы составляет от 1,45 до 1,48. Результат эксперимента показал, что сенсор реагирует на влажность линейно. Изменение температуры волоконной Брэгговской сетки в зависимости от температуры колеблется от -50°C до 130°C , соответственно изменение ξ деформации от $8,75 \times 10^{-4}$ м до 0,00122.

Время отклика датчика составляло 72 мс. Время восстановления составляет приблизительно 357 мсек.

Длина волны и выходная мощность для анализа стабильности датчика в течение 180 минут устанавливаются среду с относительной влажностью 65% и 95%.

Стандартная длина волны и отклонение мощности составляли 0,101 нм и 0,129 дБм соответственно при 65% относительной влажности, а стандартные отклонения составляли 95% относительной влажности при 0,046 нм и 0,137 дБм соответственно. Результаты показывают, что датчик обладает хорошей стабильностью. Датчик показывает хорошую повторяемость, чувствительность и реальное отклонение влажности меньше $\pm 2\%$, а температура составляет $\pm 1^\circ \text{C}$ в зависимости от диапазона измерения температуры.