

АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816223040225, EDN: YJVVQK

ОБЗОРЫ

Таранов М.А., Горшков Б.Г., Алексеев А.Э., Константинов Ю.А., Туров А.Т., Барков Ф.Л., Zinan Wang, Zhiyong Zhao, Mohd Saiful Dzulkefly Zap, Колесниченко Е.В. Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика. Настоящее и будущее (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 33 с., 11 рис.

Настоящий литературный обзор, составленный коллективом авторов, объединенных Программным и Организационным комитетами конференции “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика”, призван оценить состояние и перспективы в данной области на ближайшие годы. Обзор охватывает следующие темы: распределенные акустические датчики; волоконно-оптические измерительные системы на основе рассеяния Мандельштама–Бриллюэна; исследовательские методы, основанные на принципах оптической рефлектометрии в частотной области; низкокогерентные подходы к распределенному мониторингу температуры и деформаций.

ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Акулич В.В., Афанасьев К.Г., Баев В.Г., Колесников А.О., Кравчук Н.П., Кучинский Н.А., Малышев В.Л., Мовчан С.А. Тонкостенные дрейфовые трубки с резистивным катодом из DLC и внешним стриповым считыванием сигнала. – 10 с., 10 рис.

Разработаны, изготовлены и испытаны образцы тонкостенных дрейфовых трубок (строу) с резистивным катодом и внешним стриповым считыванием. Катодный цилиндр строу изготовлен по технологии ультразвуковой сварки из лавсановой пленки. В качестве катода используется резистивное покрытие из алмазоподобного углерода (Diamond Like Carbon – DLC). Показана возможность считывания наведенного катодного сигнала с кольцевых электродов (стрипов), расположенных на внешней стороне катодного цилиндра строу. Использование метода центра тяжести для сигналов со стрипов позволяет с хорошей точностью определить координату события вдоль анодной проволоки.

Галаванов А.В., Кумпан А.В., Салахутдинов Г.Х., Сосновцев В.В., Шакиров А.В. Установка для исследования газовых смесей для трехкаскадного газового электронного умножителя. – 7 с., 8 рис.

В НИЯУ МИФИ создана экспериментальная установка для исследования спектрометрических характеристик газовых смесей для каскадных газовых электронных усилителей (ГЭУ), которые широко использу-

ются в современных трековых детекторах, черенковских детекторах, детекторах синхротронного излучения для постановки экспериментов в области физики высоких энергий. В статье приводятся результаты исследования характеристик газовой смеси для ГЭУ, применяемых в международном эксперименте BM@N (ОИЯИ, г. Дубна). Отмечена возможность использования данной установки для проведения лабораторных работ в сопровождении магистерских курсов по направлению “Ядерная физика и технологии”.

ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

Мальцев А.В., Морозов О.Г., Иванов А.А., Сахабутдинов А.Ж., Кузнецов А.А., Лустина А.А. Простое радиофотонное устройство для измерения мгновенной частоты множества СВЧ-сигналов на основе симметричного неплоского генератора гребенки (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 12 с., 9 рис.

Представлены и проанализированы результаты проектирования и реализации радиофотонного устройства для измерения мгновенной частоты СВЧ-сигналов, включая ситуацию с одновременным измерением мгновенных частот их множества. Принцип работы устройства заключается в сочетании измерительного преобразования “частота–амплитуда” для определяемой частоты с подавлением несущей и формирования эквидистантных каналов на гребенке частот для оценки ее величины. Предложен эффективный метод генерации неплоской симметричной гребенки оптических частот, основанный на коммутации фазы оптической несущей с ее подавлением в фазовом модуляторе. Гребенка позволяет формировать до 10 каналов шириной 2 ГГц, которая может регулироваться. Амплитуды пограничных частот каналов неодинаковы, что позволяет проводить дифференцирование измеряемых частот по отношению мощностей их биений. Отдельно исследуются особенности измерения мгновенной частоты в нулевом канале устройства. Использование информационных сигналов с подавленной несущей позволяет снизить требования к стабильности частоты лазера. Полоса пропускания фотоприемника равна ширине канала, что позволяет использовать его как каналный фильтр. Устройство сначала моделируется в программной среде Optiwave System, а затем изучаются факторы, влияющие на характеристики системы, на испытательном стенде. Отмечается простота конструкции устройства, построенного всего на двух модуляторах.

ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Алексеев В.И., Архангельский А.И., Басков В.А., Батищев А.Г., Власик К.Ф., Гальпер А.М., Дронов В.А., Львов А.И., Кольцов А.В., Полянский В.В., Сидорин С.С., Утешев З.М. Калибровочный пучок вторичных электронов низких энергий ускорителя ФИАН “Пахра”. — 13 с., 11 рис.

Представлены характеристики калибровочного пучка вторичных электронов ускорителя “Пахра” Физического института им. П.Н. Лебедева РАН на основе магнита СП-3. Энергетическое разрешение пучка с медным конвертором толщиной 2 мм в диапазоне энергий электронов $E = 5\text{--}100$ МэВ составило $\delta \approx 10\%$.

Барков Ф.Л., Константинов Ю.А. Модификация метода обратной корреляции для точного определения бриллюэновского сдвига частоты (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорики 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 13 с., 5 рис.

Представлен улучшенный метод извлечения бриллюэновского сдвига частоты при постобработке заданного спектра бриллюэновского усиления. Модификация метода позволила расширить границы его применимости в область зашумленных спектров с отношением сигнал/шум ниже 0 дБ. Модифицированный метод может быть успешно использован в распределенных волоконно-оптических датчиках, работающих на принципе рассеяния Бриллюэна, особенно в длинных сенсорных линиях.

Богачков И.В. Создание адаптивных алгоритмов для определения бриллюэновского частотного сдвига и натяжения оптических волокон (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорики 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 10 с., 3 рис.

Заблаговременное обнаружение потенциально ненадежных участков в оптических волокнах позволяет на ранней стадии выявить деградацию оптических волокон волоконно-оптических линий связи. Ранняя диагностика физического состояния оптических волокон, находящихся в проложенных оптических кабелях телекоммуникационных систем, является важной актуальной задачей. В работе представлены адаптивные алгоритмы, которые позволяют определять максимум спектра рассеяния Мандельштама–Бриллюэна (бриллюэновский сдвиг частоты), а затем и степень натяжения оптических волокон. Процесс определения бриллюэновского сдвига частоты, величины которого при длинах волн излучения лазеров, применяемых в телекоммуникационных системах, относится к диапазону СВЧ, можно значительно ускорить, если реализовать адаптивные алгоритмы получения и обработки данных за счет специального выбора шага по частоте сканирования и времени накопления результатов измерений. Рассмотренные в этой работе адаптивные алгоритмы позволяют в бриллюэновских рефлектометрах ускорить процесс получения выходных результатов за счет игнорирования отсчетов, не оказывающих существенного влияния на итоговые характеристики. Построение примерных графиков распределения спектра и натяжения по длине световода дает возможность подготовленному пользователю бриллюэновского рефлектометра останавливать процесс анализа для внесения поправок в измерительный процесс (выбор диа-

пазона сканирования по частоте, изменение шага сканирования по частоте, выбор точности представления выходных результатов, изменение пространственного разрешения и т. п.), что также ускоряет тестирование выбранного световода. Процесс измерений также можно ускорить с помощью адаптивного изменения количества усреднений. При наличии базы измеренных характеристик рассеяния Мандельштама–Бриллюэна оптических волокон различных типов и производителей скорость получения графиков натяжения также можно повысить. Поскольку ориентировочное значение бриллюэновского частотного сдвига вычисляется уже на начальных шагах процесса измерений, предварительные зависимости распределения натяжения по длине световода будут построены достаточно быстро.

Богачков И.В., Горлов Н.И. Экспериментальные исследования характеристик рассеяния Мандельштама–Бриллюэна в одномодовых оптических волокнах различных видов (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорики 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 8 с., 7 рис.

Представлены результаты экспериментальных исследований характеристик рассеяния Мандельштама–Бриллюэна для одномодовых оптических волокон различных видов и разных производителей. Приведены экспериментальные зависимости оптических волокон, полученные с помощью бриллюэновского оптического рефлектометра (графики распределения спектра бриллюэновского рассеяния по длине световода и мультирефлектограммы). Для каждой рассмотренной разновидности оптических волокон дана оценка бриллюэновского частотного сдвига, величина которого при длинах волн излучения лазеров, применяемых в телекоммуникационных системах, относится к диапазону СВЧ. Представлены частотные зависимости характеристик рассеяния Мандельштама–Бриллюэна некоторых разновидностей одномодовых оптических волокон с различными длинами волн отсечки. Проведен сравнительный анализ их характеристик с характеристиками ранее исследованных одномодовых оптических волокон. Оптические волокна схожих разновидностей (но разных производителей) могут иметь заметные различия в частотных характеристиках рассеяния Мандельштама–Бриллюэна. Представлена таблица с основными характеристиками рассеяния Мандельштама–Бриллюэна для всех исследованных в экспериментах одномодовых оптических волокон.

Валеев Б.И., Аглиуллин Т.А., Сахабутдинов А.Ж. Метод уточнения частотного сдвига спектра, полученного при низком разрешении анализатора (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорики 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 11 с., 3 рис.

Предлагается новый метод определения частотного сдвига спектра, полученного в условиях низкой разрешающей способности анализатора, позволяющий за счет математической обработки сигнала, описывающего спектр, определить его частотный сдвиг с разрешением, на два порядка превышающим приборное. Метод основан на представлении сигнала, описывающего частотно-сдвинутый спектр, в виде непрерывной функции, дифференцируемой всюду, разложении ее в ряд Тейлора, аппроксимации производных конечными разностями заданного порядка и определении частотного сдвига методом наименьших квадратов. Приве-

дены математическое обоснование метода и результаты численных экспериментов. Обсуждаются перспективы применения предложенного метода.

Волков П.В., Горюнов А.В., Лукьянов А.Ю., Семиков Д.А., Тертышник А.Д. Метод детектирования нанометровых колебаний длины в волоконно-оптических сенсорах с помощью следящего тандемного низкокогерентного интерферометра. — 7 с., 4 рис.

Предложен метод детектирования изменений длины оптического резонатора, предназначенный для волоконно-оптических сенсоров на базе интерферометра Фабри–Перо. Показана возможность детектирования колебаний длины резонатора на субнанометровом уровне в полосе частот 1.5–300 кГц. Чувствительность составила 0.3 нм по среднеквадратичному отклонению. Предложенная схема позволяет надежно выделять высокочастотные колебания на фоне медленных дрейфов длины сенсора, вызванных температурными колебаниями или деформациями.

Гриценко Т.В., Дьякова Н.В., Жирнов А.А., Степанов К.В., Хан Р.И., Кошелев К.И., Пнев А.Б., Карасик В.Е. Исследование распределения чувствительности вдоль контура волоконно-оптического датчика на основе интерферометра Саньяка (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 13 с., 4 рис.

Проведено исследование чувствительности интерферометра Саньяка при различных координатах акустического воздействия. Получены и экспериментально подтверждены принципы формирования мертвой зоны в акустическом распределенном волоконно-оптическом датчике на основе интерферометра Саньяка. Исследован отклик интерферометра при разных типах акустического воздействия на контур: в виде прямоугольного импульса, синусоидального и в виде периодической треугольной функции; изучен характер изменения разности фаз на выходе интерферометра Саньяка для каждого из них. При найденном значении типовой частоты 10.8 кГц и длине контура 20 км проведены численное моделирование и экспериментальное исследование размаха разности фаз при акустическом воздействии через каждый 1 км петли в диапазоне от 0 до 10 км. Предложен метод устранения мертвой зоны для интеграции интерферометра Саньяка в состав комплексной системы мониторинга с использованием фазочувствительного оптического рефлектометра временной области.

Костюшин В.А., Позняк И.М., Топорков Д.А., Бурмистров Д.А., Журавлев К.В., Лиджигорьев С.Д., Усманов Р.Р., Цыбенко В.Ю., Немчинов В.С. Плазменная установка МК-200. — 9 с., 7 рис.

Плазменные потоки с высокой скоростью, плотностью и энергосодержанием находят широкое применение в исследованиях по взаимодействию плазмы с материалами, моделированию астрофизических процессов, разработке плазменных двигателей и плазменных источников излучения, инъекции плазмы в термоядерные установки. Для генерации таких потоков могут быть использованы электродинамические плазменные ускорители. В данной работе описаны конструктивные особенности мощного импульсного плазменного ускорителя и диагностические средства для измерения параметров генерируемого им плазменного потока.

Маркин Ю.В., Кунькова З.Э. Методика оперативного контроля инструментальных ошибок при регистрации спектров магнитного кругового дихроизма в отраженном свете. — 16 с., 6 рис.

Описана методика оперативного контроля достоверности данных спектроскопии магнитного кругового дихроизма в отраженном свете, основанная на измерении полярного магнитооптического эффекта Керра при нормальном падении света на образец с использованием метода фазовой модуляции световой волны с помощью фотоупругого модулятора. Представленная методика предполагает в процессе сканирования по спектру измерение амплитуд сигналов на “нулевой” (V_{\pm}) и удвоенной (V_{2f}) частотах f фазовой модуляции в скрещенных поляризаторах. При этих измерениях постоянство отношения V_{2f}/V_{\pm} во всем спектральном диапазоне является подтверждением достоверности данных спектроскопии. Выполнен анализ возможных инструментальных погрешностей, приводящих к искажению формы регистрируемого спектра. Работоспособность и эффективность методики иллюстрируется на примере измерения спектра магнитного кругового дихроизма пленки MnAs.

Первадчук В.П., Владимирова Д.Б., Деревянкина А.Л. Изготовление кварцевых полых волокон: решение задачи устойчивости вытяжки капилляров (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 19 с., 8 рис.

Решение задачи стабильности процесса изготовления (“вытяжки”) микроструктурированных оптических волокон (“дырчатых волокон”) имеет важнейшее значение для определения эффективных технологических режимов производства. В данном исследовании использована предложенная авторами модифицированная модель вытяжки капилляров, учитывающая инерционные, вязкостные силы и силы поверхностного натяжения, а также все виды теплообмена. На основании линейной теории устойчивости определены области стабильности процесса вытяжки капилляров. При исследовании было оценено влияние кратности вытяжки и сил инерции (числа Рейнольдса) на устойчивость рассматриваемого процесса. Показано существование оптимальных параметров нагревательного элемента: распределение температуры по поверхности печи и радиуса печи, при которых значительно (в несколько раз) увеличивается устойчивость процесса вытяжки кварцевых труб.

Ушаков Н.А., Лиокумович Л.Б. Сравнение временного и частотного подходов моделирования сигналов оптических рэлеевских рефлектометров (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). — 14 с., 3 рис.

Спектр применений распределенных волоконно-оптических датчиков постоянно расширяется как в связи с растущими потребностями промышленности, так и благодаря развитию измерительных возможностей самих датчиков. В связи с необходимостью развития методов интерпретации сигналов датчиков крайне актуально формирование наборов тестовых сигналов распределенных волоконно-оптических датчиков, полученных при известных условиях и воздействиях на волокно. При наличии достоверных аналитических моделей сигналов распределенных волоконно-оптических датчиков тестовые сигналы крайне удобно по-

лучать в ходе численных экспериментов. В работе будут рассмотрены процессы формирования сигналов обратного рассеяния в рэлеевских рефлектометрических системах и описаны физико-математические модели, позволяющие проводить расчеты сигналов в разных условиях работы. Предложены два подхода подсчета результирующего сигнала обратного рассеяния: на основе временного представления зондирующего сигнала и импульсного отклика чувствительного волокна и альтернативный, основывающийся на спектральном представлении зондирующего сигнала и передаточной функции волокна. Изложенные результаты могут быть использованы как для непосредственного моделирования работы рефлектометрических систем, использующих рэлеевское рассеяние, так и для анализа существующих ограничений и специфики их работы.

Фролов И. В. Оценка погрешности измерений коэффициента затухания оптических волокон в рэлеевской рефлектометрии (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 13 с., 2 рис.

Представлены результаты исследования влияния флуктуаций амплитуд сигнала на погрешность измерений коэффициента затухания оптических волокон небольшой длины, выполненных рэлеевскими некогерентными рефлектометрами. На основе анализа обработки сигнала в рефлектометре с использованием методов статистической радиотехники и с привлечением экспериментальных данных и эмпирических методик показано, что величина погрешности измерения коэффициента затухания определяется числом некоррелированных отсчетов рефлектограммы, используемых для усреднения, с учетом характера флуктуаций, при ограничениях, наложенных на отношение сигнал/шум на входе приемника. Предложена методика учета влияния замираний при флуктуациях двулучепреломления на основе аналогии с задачей радиолокации об оценке параметров обнаружения флуктуирующей цели.

Чернуцкий А.О., Хан Р.И., Гриценко Т.В., Кошелев К.И., Жирнов А.А., Пнев А.Б. Исследование метода активного термостатирования опорного участка оптического волокна в составе распределенного волоконно-оптического датчика температуры (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 12 с., 7 рис.

Проведено исследование влияния флуктуаций температуры опорного участка оптического волокна в составе приборной части на абсолютную погрешность измерения распределенного волоконно-оптического датчика температуры. Предложена и экспериментально исследована конструкция опорного участка с активным термостатированием с высокой стабильностью в составе приборной части датчика. Экспериментально продемонстрирована эффективность применения активного термостатирования для улучшения повторяемости измерений и уменьшения погрешности измерения.

Чугаев А.В., Кузнецов А.И. Оценка возможностей распределенной оптоволоконной системы регистрации со спиральным волокном при проведении межскважинного сейсмоакустического просвечивания (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 11 с., 6 рис.

Для расширения возможностей решения геофизических задач с помощью оптоволоконных распределенных систем регистрации акустических волн выполнено сравнение сигналов, полученных традиционными гидрофонами и распределенной оптоволоконной системой с применением кабеля, содержащего прямое и спиральное волокна. Исследования проведены способом межскважинного сейсмического просвечивания. Рассмотрена возможность выделения прямых и преломленных головных волн, зарегистрированных распределенной оптоволоконной системой, и получения с их помощью геолого-геофизической информации о состоянии массива. Показано, что при использовании спирально уложенного волокна первые вступления прямой продольной волны могут быть прослежены для проведения межскважинного просвечивания массива и оценки скоростной характеристики способом межскважинной томографии на прямых волнах. Как для прямого, так и для спирального волокна суммирование головных волн позволяет получать достаточно четкие вступления головной волны даже в сухой части скважины и использовать его для определения скоростей продольных волн околоскважинного массива. Состав волнового поля межскважинного просвечивания зависит от диаграмм направленности как источника, так и приемника упругих колебаний. Применение систем многократных перекрытий позволяет варьировать состав регистрируемого волнового поля за счет взаимного расположения приемной и возбуждающей линий в зависимости от решаемых задач.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

Аврорин А.В., Аврорин А.Д., Айнутдинов В.М., Аллахвердян В.А., Бардачова З., Белолепчиков И.А., Борина И.В., Буднев Н.М., Гафаров А.Р., Голубков К.В., Горшков Н.С., Гресь Т.И., Дворниcki P., Джилкибаев Ж.-А.М., Дик В.Я., Домогацкий Г.В., Дорошенко А.А., Дячок А.Н., Елжов Т.В., Заборов Д.Н., Кебкал В.К., Кебкал К.Г., Кожин В.А., Колбин М.М., Конищев К.В., Коробченко А.В., Кошечкин А.П., Круглов М.В., Крюков М.К., Кулепов В.Ф., Малышкин Ю.М., Миленин М.Б., Миргазов Р.Р., Назари В., Наумов Д.В., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Розанов М.И., Рушай В.Д., Рябов Е.В., Сафронов Г.Б., Сеитова Д., Сиренко А.Э., Скурихин А.В., Соловьев А.Г., Сорокинов М.Н., Строматов А.П., Суворова О.В., Таболенко В.А., Тарашанский Б.А., Файт Л., Хатун А., Храмов Е.В., Шайбонов Б.А., Шелепов М.Д., Шилкин С.Д., Шимковиц Ф., Штекл И., Эцкерова Э., Яблокова Ю.В. Повышение чувствительности нейтринного телескопа BAIKAL-GVD с помощью внешних гирлянд оптических модулей. – 15 с., 7 рис.

В оз. Байкал продолжается развертывание глубоководного нейтринного телескопа Baikal-GVD. К апрелю 2022 г. было введено в эксплуатацию 10 кластеров телескопа, в состав которых входит 2880 оптических модулей. Одной из актуальных задач Байкальского проекта является исследование возможностей увеличения эффективности регистрации детектора на основе опыта его эксплуатации и результатов, полученных

на других нейтринных телескопах за последние годы. В данной работе рассматривается вариант оптимизации конфигурации телескопа путем установки дополнительной гирлянды оптических модулей между кластерами детектора (внешней гирлянды). Экспериментальная версия внешней гирлянды была установлена в оз. Байкал в апреле 2022 г. В работе представлены результаты расчетов эффективности регистрации нейтринных событий для новой конфигурации установки, техническая реализация системы регистрации и сбора данных внешней гирлянды и первые результаты ее натуральных испытаний в оз. Байкал.

Алексеев А.Э., Горшков Б.Г., Ильинский Д.А., Потапов В.Т., Симикин Д.Е., Таранов М.А. Волоконный фазовый рефлектометр с низким уровнем шума выходного сигнала для применения в сейсмологии (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 10 с., 6 рис.

Предложен волоконный когерентный фазовый рефлектометр (распределенный датчик акустических воздействий, ф-OTDR) с низким уровнем шума выходного сигнала в диапазоне частот от 0.01 до 1 Гц для сейсмологических применений. Архитектура датчика основана на использовании несбалансированного (неравноплечего) интерферометра Маха–Цендера, который применяется для формирования двойных зондирующих импульсов с требуемыми фазовыми соотношениями его составляющих, а также используется в схеме обратной связи для стабилизации частоты источника лазерного излучения. Низкий уровень шума выходного сигнала в предложенной схеме достигается за счет компенсации разности оптических путей двойного зондирующего импульса, рассеянных разными участками оптического волокна. Применимость предложенной схемы экспериментально продемонстрирована при регистрации удаленного землетрясения с помощью оптоволоконного кабеля, размещенного на дне Черного моря.

Алексеев А.Э., Горшков Б.Г., Ильинский Д.А., Потапов В.Т., Симикин Д.Е., Таранов М.А. Применение распределенного акустического датчика для сейсмических исследований на мелководье с помощью оптической донной косы (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 7 с., 4 рис.

Описан эксперимент по сейсмическому исследованию геологической структуры морского дна Черного моря с помощью оптического кабеля, уложенного на дно моря (на мелководье), и распределенного акустического датчика (distributed acoustic sensor – DAS). Результаты эксперимента позволяют сделать вывод о перспективности предлагаемой технологии.

Алексеев А.Э., Горшков Б.Г., Потапов В.Т., Таранов М.А., Симикин Д.Е. Волоконный когерентный фазовый рефлектометр для инженерной геологии (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 11 с., 5 рис.

Предложена новая архитектура волоконного когерентного фазового рефлектометра (распределенного датчика акустических воздействий, ф-OTDR) с возможностью его применения в задачах инженерной геологии. Датчик основан на двухимпульсной схеме, в которой пара импульсов формируется с помощью не-

сбалансированного интерферометра Майкельсона. Необходимая для осуществления демодуляции обратнорассеянного излучения фазовая задержка формируется с помощью симметричного ответвителя 3×3 , встроенного в интерферометр. Использование несбалансированного интерферометра в схеме генерации двойных зондирующих импульсов позволяет снизить требования к степени когерентности источника излучения, так как вносимая временная задержка между двойными импульсами компенсируется в волоконном тракте рефлектометра. Это позволяет использовать в качестве источника излучения лазер с относительно широкой спектральной линией, около 1 ГГц, а также формировать короткие импульсы лазерного излучения (с длительностью 7 нс) путем прямой модуляции тока инжекции лазерного диода. Для снижения замираний сигнала в рефлектометре, а также для улучшения линейности его отклика используется усреднение откликов по 16 оптическим частотам. Работоспособность распределенного акустического датчика была продемонстрирована при детектировании сильного ударного воздействия на горизонтально закопанный в грунт кабель, а также при регистрации сейсмических волн с помощью кабеля, размещенного в скважине на дне моря.

Воронов К.Е., Пияков И.В., Калаев М.П., Телегин А.М. Исследование работы детектора пролета высокоскоростных заряженных микрочастиц для времепролетного масс-спектрометра. – 7 с., 8 рис.

В работе рассмотрены различные конструкции детекторов пролета заряженных микрочастиц, которые могут быть установлены на масс-спектрометры с целью регистрации момента пролета микрочастицы и инициации процесса измерения. Наибольший диапазон регистрируемых масс и скоростей показала конструкция детектора, изготовленная на основе диэлектрического основания (PLA-пластик) с использованием 3D-принтера и нихромовой нити.

Плешанов И.М., Белорус А.О. Моделирование оптической схемы позиционно-чувствительного люминесцентного датчика искры со спектральным преобразователем излучения (Международная конференция “Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика 2023”, Россия, Пермь, 24–26 мая 2023 г.). – 15 с., 10 рис.

Рассмотрена принципиальная схема позиционно-чувствительных люминесцентных датчиков искры со спектральным преобразователем излучения. Датчик позволяет детектировать электрическую искру по одной или двум координатам в пространстве в зависимости от расположения торцов оптических волокон. Проведены численное моделирование и оптимизация оптических систем позиционно-чувствительных люминесцентных датчиков искры. Рассчитаны эффективность и разрешение оптической системы.

ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

Зайцев С.В., Зыкова Е.Ю., Рау Э.И., Татарицев А.А., Киселевский В.А. Расширение аналитических возможностей сканирующей электронной микроскопии при детектировании обратнорассеянных электронов. – 12 с., 8 рис.

Приводятся новые возможности режима детектирования обратнорассеянных электронов в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ). Получила даль-

нейшее развитие методика определения химического состава зондируемого участка образца по предварительно откалиброванной шкале серого экрана СЭМ. Приведены простые соотношения для практического применения при нахождении толщин тонких пленок на массивной подложке. Определены параметры двойного слоя пленочной наноструктуры на подложке, т.е. глубины залегания и толщины подповерхностных фрагментов микрообъекта. Предложена методика измерения поверхностного потенциала отрицательно заряжающихся диэлектрических образцов при облучении электронами средних энергий.

Казачек М.В. Математическая обработка импульсов для улучшения временных характеристик счетчика корреляций. — 9 с., 5 рис.

Систематическая ошибка измерения длительности вспышек счетчиком корреляций, построенным нами ранее на основе цифрового осциллографа и компьютера, уменьшена на 1–2 нс путем математической обработки входных импульсов и коррекции времен их регистрации. Разброс измерения длительности и задержки вспышек не меняется при включении коррекции. Методика протестирована на модельных вспышках, уточнено время вспышек сонолюминесценции. Счетчик может применяться для измерения других быстропротекающих событий, например в ядерной физике.

Косарев А.В., Подковыров В.Л., Ярошевская А.Д., Мелешко А.В., Гуторов К.М. Методика определения плотности и скорости импульсных газовых потоков миллисекундной длительности. — 9 с., 12 рис.

Разработан стенд для исследования импульсных газовых потоков на коротких (до 1 мс) временах и представлена методика обработки экспериментальных

данных. На основе данных высокоскоростной кадровой интерферометрии и по результатам измерения динамического давления определяются пространственные и временные распределения плотности и скорости потока гелия. Описан оптимальный метод восстановления пространственных распределений плотности с учетом экспериментальных погрешностей. Приведенная методика позволяет характеризовать газовые потоки с плотностью более 0.0001 кг/м^3 и скоростью более 400 м/с.

Румянцев А.В., Пятых И.Н. Замкнутый бесконтактный метод исследования теплофизических свойств металлов и сплавов в области температур 1000–2500 К. — 19 с., 5 рис.

Описан замкнутый бесконтактный метод сходящихся радиальных температурных волн, создаваемых при высокочастотном индукционном модулированном нагреве образца цилиндрической формы. Метод предназначен для исследования теплофизических свойств металлов и сплавов в области высоких температур. Для реализации метода создана экспериментальная установка на базе современной аппаратуры. По данным эксперимента теплофизические параметры определяются со следующими погрешностями: температуропроводность — 2%; теплоемкость — 3%; теплопроводность — 5%; удельное электросопротивление — 1.4%; мощность — 2%. После этого вычисляются плотность, коэффициент объемного теплового расширения, электронная и решеточная теплопроводность, объемная теплоемкость, коэффициент теплоусвоения, монохроматическая и интегральная степени черноты, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса. На конкретном примере при исследовании сплава замещения и сплава внедрения показаны преимущества замкнутого метода.