

## АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816224020273 EDN: QQZZNK

### ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Алексеев В.И., Басков В.А., Дронов В.А., Львов А.И., Кольцов А.В., Кречетов Ю.Ф., Полянский В.В., Сидорин С.С., Хафизова Е.А.** Сцинтилляционный амплитудно-координатный спектрометр. — 12 с., 4 рис.

Представлены результаты калибровки на космическом излучении сцинтилляционного амплитудно-координатного спектрометра толщиной  $0.58X_0$ . Регистрация световых сигналов в спектрометре осуществлялась фотоэлектронными умножителями ФЭУ-49 и ФЭУ-85, определяющими амплитудную и координатную системы, соответственно. Обнаружено, что относительное амплитудное и координатное разрешения зависят от точки прохождения частиц через спектрометр. Наилучшие относительное амплитудное и координатное разрешения определены в центре спектрометра и составили примерно 8.7% и 1.6 см соответственно.

**Губер Ф.Ф., Голубева М.Б., Зубанков А.А., Ивашкин А.П., Известный А.В., Карпушкин Н.М., Ляпин Д.Д., Мамаев М.В., Махнёв А.И., Морозов С.В., Парфенов П.Е., Серебряков Д.В., Финогеев Д.А., Шабанов А.И.** Разработка высокогранулярного времяпролетного детектора нейтронов для эксперимента VM@N. — 15 с., 12 рис.

Приводится описание конструкции детектора HGND (High Granular Neutron Detector) для измерения азимутальных потоков нейтронов в диапазоне от 300 до 4000 МэВ, а также образующихся в ядро-ядерных столкновениях при энергиях до 4 АГэВ тяжелых ионов в эксперименте VM@N (Varionic Matter at Nuclotron) на выведенном пучке нуклотрона ОИЯИ, Дубна. Детектор состоит из 16 слоев пластиковых сцинтилляционных детекторов, имеющих ячеистую структуру, с медными поглотительными пластинами между слоями. Представлены результаты измерения временного разрешения сцинтилляционных ячеек с использованием кремниевых фотодетекторов. Описана предлагаемая схема электроники считывания сигналов со сцинтилляционных ячеек. Приведены результаты моделирования акцептанса нейтронного детектора, эффективности регистрации нейтронов, разрешения по энергии нейтронов и оценка скоростей счета нейтронов для реакции  $Vi+Vi$  при энергии 3 АГэВ.

**Губер Ф.Ф., Ивашкин А.П., Карпушкин Н.М., Махнев А.И., Морозов С.В., Серебряков Д.В., Басков В.А., Полянский В.В.** Измерение временного разрешения сцинтилляционных детекторов с кремниевыми фотоприемниками EQR-15 для времяпролетного детектора нейтронов в эксперименте VM@N. — 9 с., 2 рис.

Уравнение состояния плотной ядерной материи содержит член, характеризующий изоспиновую (протон-нейтронную) асимметрию. Для исследования зависимости этого члена от плотности ядерной материи необходимо, помимо азимутальной асимметрии потоков заряженных частиц, измерять и азимутальную асимметрию потоков нейтронов, образующихся в плотной ядерной среде в процессе ядро-ядерных столкновений. Для этой цели в ИЯИ РАН разрабатывается высокогранулированный времяпролетный детектор нейтронов, который будет использоваться в эксперименте VM@N на выведенном пучке ускорителя Нуклотрон в ОИЯИ (Дубна). Этот детектор будет идентифицировать нейтроны и измерять их энергии в реакциях столкновений тяжелых ядер с энергиями до 4 ГэВ на нуклон. Приводятся результаты измерений временного разрешения и световых выходов образцов сцинтилляционных детекторов, которые будут использоваться в нейтронном детекторе. Данные образцы изготовлены на основе наиболее доступного в настоящее время быстрого пластикового сцинтиллятора производства ОИЯИ размерами  $40 \times 40 \times 25$  мм<sup>3</sup>. Считывание света осуществляется при помощи фотоприемника EQR15 11-6060D-S. Полученные результаты сравниваются с результатами измерений для детектора такого же размера с быстрым сцинтиллятором EJ230 и тем же типом фотоприемника. Измерения выполнены на космических мюонах и на пучке электронов синхротрона “Пахра” (ФИАН, Троицк).

**Елин И.П., Жидков Н.В., Суслов Н.А., Ильин В.С., Гаранин Р.В., Поздняков Е.В.** Визуализация области прохождения ядерных реакций DD-синтеза методом кодирующих диафрагм на установке ИСКРА-5. — 9 с., 4 рис.

Для визуализации области прохождения ядерных реакций DD-синтеза использован метод регистрации протонов с энергией  $E_p = 3.02$  МэВ, образующихся во втором безнейтронном канале, имеющим равную вероятность с реакцией в нейтронном канале. Приведены результаты регистраций на трековый детектор

CR-39 области кумуляции плазмы с помощью двух различных кодирующих диафрагм и результаты оценок количества реакций в мишенях с обращенной короной этим методом.

**Павлюк А.О., Котляревский С.Г., Кан Р.И., Зеленецкая Е.П.** Опыт и возможности применения сканирующих устройств для контроля радиационных полей в остановленных уран-графитовых реакторах. – 26 с., 15 рис.

Работа посвящена оценке возможностей сканирующих устройств для внутриреакторного радиационного обследования остановленных уран-графитовых реакторов. Представлено описание нескольких поколений сканирующих устройств, конструкция и комплектация которых постоянно совершенствовалась с учетом получаемого опыта и появления новых задач. Рассмотрены подходы и результаты определения метрологических характеристик детекторов  $\gamma$ - и нейтронного излучений разных типов непосредственно в конструкциях реактора, в которых преобладает смешанное излучение ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  и нейтронное). Представлены оценки влияния энергетической зависимости чувствительности на показания  $\gamma$ -детекторов разных типов, а также помехоустойчивости детекторов нейтронов к  $\gamma$ -излучению.

**Шитенков М.О., Дементьев Д.В., Леонтьев В.В., Шереметьев А.Д., Мурин Ю.А.** Радиационные испытания концентратора данных на базе программируемой логической схемы Artix-7 для кремниевой трековой системы эксперимента VM@N. – 16 с., 5 рис.

Целью данной работы является исследование возможности применения программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) Xilinx Artix-7 в системе сбора данных для кремниевой трековой системы эксперимента VM@N. В условиях сравнительно невысоких радиационных нагрузок ПЛИС может использоваться в качестве доступной альтернативы линейке радиационно-стойких микросхем GBT, которые в настоящее время применяются в современных экспериментах в области физики высоких энергий в ЦЕРНе, FAIR и др. Данная линейка микросхем предназначена для концентрации данных от многоканальной детекторной электроники и их последующей передачи по оптической линии связи к электронным блокам постобработки данных. В работе представлены результаты исследований чувствительности выбранной ПЛИС к радиационной нагрузке от протонов с энергией 1 ГэВ, оценена частота сбоев конфигурационной (SRAM) и блочной статической памяти (BRAM) в условиях применения данного технического решения в эксперименте VM@N. Дополнительно приводятся результаты исследования эффективности внедренных

методов коррекции ошибок в конфигурационной памяти тестируемой ПЛИС.

## ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

**Eli Flaxer.** Analysis synthesis and implementation of linear energy mixer by a real-time digital signal processor. – 16 p., 14 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

Multiple-Input Buck-Boost (MIBB) dc–dc converters receive energy from two or more energy sources that can deliver several outputs of variable power. There are situations in which it is advantageous to use a Buck-Boost converter, i.e., when there is no guarantee that the input voltage will always be higher or always lower than the output voltage. This happens for example when there is an input voltage in an inverter that makes the interface between the photovoltaic panels or wind generators and the electrical grid. Here, we present a trigger-controlled MIBB converter topology with various input voltage sources and energy diversification of 0–100% of each source, determined by a pre-determined arbitrary value. The full-range linear transfer function of the controller drives the closed-loop MIBB system to operate as a linear single-input buck-boost converter. The response time of the controller is about 400 microseconds and therefore allows for high-speed real-time control. The intelligent fixed frequency switching strategy overcomes the limitations of present multiple-input converters by switching period sharing. System performance was verified by simulations and an experimental setup with two source inputs. It is shown that the system can be treated as a linear system, controlled by a single parameter –  $K$ . As a result, a simple to control MIBB system with a wide input/output range and fast response time is presented.

**Выходцев П.В., Карпов Ю.А., Степченко А.С., Ростов В.В.** Регулируемые источники постоянного тока на суперконденсаторных накопителях для питания магнитных систем микроволновых генераторов. – 23 с., 8 рис.

Описана возможность использования современных энергоемких накопителей на основе суперконденсаторов применительно к задачам питания магнитных систем мощных микроволновых генераторов на основе релятивистских ламп обратной волны (ЛОВ). Магнитные системы таких генераторов состоят из двухсекционного соленоида, по обмоткам которого во время работы генератора течет ток силой до 700 А в течение нескольких секунд. Питание магнитных систем осуществляется от емкостного накопителя на основе суперконденсаторных модулей через регуляторы тока понижающего типа. Стабилизация тока осуществляется путем увеличения длительности открытого состояния ключей по мере разряда накопителя. Система управления источником питания содержит микропроцессор, осуществляющий управление силовыми ключами регуляторов тока, а также управление процессами зарядки накопителя и взаимодействие с периферийными устройствами. В работе представлены все необходимые формулы для расчета

параметров регулятора тока, оценки требуемой емкости накопителя и его энергетических характеристик, а также два варианта реализации подобных источников питания: первый – с выходной мощностью до 280 кВт и длительностью выходного тока до 1.5 с, второй – с мощностью 90 кВт и длительностью выходного тока до 2.5 с.

### ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Гусев Ю.И., Нечипоренко Ю.В., Новиков Ю.Н., Попов А.В., Соснов Д.Е. Эффективный газовый ионный источник с объемным зарядом.** – 11 с., 7 рис.

Характеристики ионного источника с газовым наполнением и инжекцией электронов были изучены в рамках разработки генератора ионов изомерного состояния  $^{229m}\text{Th}$ . Проведены расчеты распределения электрического потенциала и плотности электронов в среде гелия. Измерена эффективность эвакуации ионов. Созданная методика отличается высокими эффективностью и быстродействием в сочетании с возможностью формирования интенсивного пучка ионов продуктов радиоактивного распада и ядерных реакций.

**Долотов А.С., Долотова М.Н., Каракулов Р.А., Коновалов П.И., Нуртдинов Р.И. Сильноточные фотоэлектронные умножители с улучшенными характеристиками для регистрации быстро протекающих процессов.** – 10 с., 6 рис.

Приведены результаты исследовательских работ по совершенствованию технических характеристик сильноточных фотоэлектронных умножителей производства ФГУП “ВНИИА”, применяемых в сцинтилляционных детекторах для исследований импульсного гамма-нейтронного излучения. Описана конструкция и представлены результаты внедрения новых технологических процессов изготовления фотоэлектронных умножителей.

**Ерушин Е.Ю., Костюкова Н.Ю., Бойко А.А., Мирошниченко И.Б. Автоматизированная система для детектирования атмосферных газов  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$  на основе параметрических генераторов света.** – 13 с., 5 рис.

Многокомпонентный газоанализатор имеет широкий спектр применений, таких как наблюдение за окружающей средой, контроль химических реакций и промышленных процессов, обеспечение безопасности, разведка в нефтяной и газовой отраслях, а также применяется в биомедицине. Лазерная оптико-акустическая спектроскопия является наиболее универсальным методом анализа газовых примесей благодаря своей высокой селективности, чувствительности и быстрому отклику. В данной работе представлена автоматизированная система газового анализа, основанная на комбинированных параметрических генераторах света, с диапазоном перестройки длины волны от 2.5 до 10.8 мкм. Полуширина спектральной

линии составляет около  $5.5 \pm 0.5 \text{ см}^{-1}$  в диапазоне от 2.5 до 4.5 мкм и около  $2 \pm 0.5 \text{ см}^{-1}$  в диапазоне от 4.5 до 10.8 мкм. С помощью программного обеспечения, установленного на управляющем компьютере, контроллер выполняет все необходимые операции, включая откачку, анализ и удаление газовых проб в измерительном комплексе. В работе представлены экспериментально записанные спектры поглощения газовых смесей  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$  и  $\text{CH}_4$ , полученные с использованием дифференциального оптико-акустического детектора.

**Ильина К.Б., Конарев П.В., Суханов А.Е., Волков В.В., Марченкова М.А., Петерс Г.С., Писаревский Ю.В., Шишков В.А. Новая герметичная ячейка с микролитровыми полостями для температурных измерений структуры растворов методом малоуглового рентгеновского рассеяния.** – 15 с., 6 рис.

Разработана и испытана ячейка для образцов с повышенной по сравнению со стандартными кварцевыми капиллярами эффективностью для исследования структуры растворов методом малоуглового рентгеновского рассеяния (МУРР). Круглое сечение стандартного кварцевого капилляра приводит к уменьшению эффективной апертуры и появлению дополнительного паразитного рассеяния. Особенностью конструкции ячейки является наличие плоскостепенных рентгенопрозрачных окон, обеспечивающих значительное улучшение соотношения сигнал/шум данных МУРР по сравнению с данными, полученными при использовании стандартных импортных капилляров. Конструкция ячейки включает по крайней мере две одинаковые микролитровые полости для образцов, что позволяет в одном эксперименте сравнить измеряемый объект с эталонным раствором или использовать растворы с различными химическими составами (в том числе концентрациями). Проведены тестовые измерения для стандартного капилляра и предлагаемой ячейки, показавшие существенно более изотропную картину рассеяния при использовании ячейки. Ее преимуществами являются конструкция с возможностью многократного использования ячейки и замена импортных изделий (кварцевых капилляров). Ячейка успешно испытана для изучения кристаллизационных растворов дигидрофосфата калия и белка лизоцима при различных температурах.

**Рябченко К.К., Пахомов А.Ю., Жилев К.В., Старостенко А.А. Влияние процесса ускоренного старения на основные характеристики датчиков Холла.** – 13 с., 11 рис.

Для измерения пространственного распределения магнитного поля используются либо одиночные датчики Холла, либо массивы из них. В большинстве случаев достаточно набора размещенных на токопроводящей подложке датчиков Холла. Готовое устройство называют измерительной кареткой. В статье описывается первый этап ее создания, который заключается в отбраковке датчиков Холла, в ходе которого сенсоры работают в экстремальных условиях

эксплуатации (при повышенных электрических и тепловых нагрузках). В процессе этого так называемого ускоренного старения контролировались изменения величин остаточного напряжения, температурных коэффициентов, нелинейности и расходимости коэффициента чувствительности. Данное исследование может являться методическим руководством при определении критериев отбора датчиков Холла для прецизионных измерительных систем. Помимо этого, была показана необходимость проведения старения датчиков для стабилизации их долговременных характеристик. Также описан процесс отбраковки датчиков по интересующим параметрам.

**Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Панарин В.А., Сорокин Д.А. Компактный излучатель для эксилламп с длиной волны 126 нм. — 9 с., 3 рис.**

Разработан компактный излучатель сравнительно простой конструкции с аргоновым наполнением, который может быть использован для создания эксилламп излучения в вакуумной ультрафиолетовой и ультрафиолетовой областях спектра. Исследованы его характеристики. Для увеличения мощности излучения на втором континууме димеров аргона (1–126 нм) применена прокачка газа через область разряда. При частоте следования импульсов возбуждения 96 кГц за выходным окном из  $MgF_2$  получена плотность мощности излучения при длине волны 1–126 нм более  $5 \text{ мВт/см}^2$ . Показано, что прокачка аргона со скоростью 0.5–1 л/с через разрядную область позволяет стабилизировать среднюю мощность вакуумного ультрафиолетового излучения (отклонения не превышали 2%).

**Чернышов А.К., Михеев П.А. Перестраиваемый диодный лазер с коротким тандемным внешним резонатором. — 9 с., 4 рис.**

Разработана конфигурация короткого внешнего резонатора, обеспечивающая одночастотный режим генерации квантово-размерных диодных лазеров с широкой полосой оптического усиления. Особенноюстью предлагаемого внешнего резонатора является применение в качестве возвратного зеркала резонансного отражателя, образованного двумя тонкими (толщиной около 100 мкм) покровными стеклами. Лазер HL8338MG, снабженный подобным коротким внешним резонатором, позволил продемонстрировать непрерывную перестройку оптической частоты в области 100 ГГц и дискретную перестройку длины волны в интервале 12.3 нм при выходной мощности около 20 мВт. Пригодность указанного диодно-лазерного источника для спектроскопии газов подтверждена наблюдением трех линий поглощения Кг в области 829 нм в высокочастотном разряде низкого давления.

**Шагалов В.А., Фахрутдинов А.Р., Фаттахов Я.В., Одиванов В.Л. Широкополосный приемник для ЯМР-томографа. — 11 с., 4 рис.**

Описан широкополосный приемник сигналов ЯМР на современной элементной базе для медицинского томографа. Разработанный приемник выполнен с

применением широкополосных комплектующих, что позволяет применять его как для исследования различных ядер, так и для использования в магнитных полях различной напряженности. Указанный приемник может найти применение для работы в составе различных устройств на основе ЯМР, таких как томографы и релаксометры. Для управления приемником разработано устройство на основе микросхемы программируемой логики. Применение микросхем программируемой логики позволяет легко адаптировать приемник для работы с различными протоколами управления в рамках одного устройства, либо в различных устройствах. Для прошивки микросхемы программируемой логики создано встроенное программное обеспечение.

**Шункеев К.Ш., Сергеев Д.М., Сагимбаева Ш.Ж., Убаев Ж.К., Герман А.Е., Лицкевич А.Ю. Установка по регистрации деформационно-стимулированной люминесценции кристаллов. — 13 с., 4 рис.**

Создана экспериментальная установка для регистрации интегральной рентгенолюминесценции и спектров рентгенолюминесценции, временной зависимости интегральной туннельной люминесценции и спектров туннельной люминесценции, интегральной термостимулированной люминесценции и спектров термостимулированной люминесценции, а также спектров вспышки и оптической стимуляции вспышки облученных рентгеновскими лучами кристаллов, предварительно одноосно деформированных по кристаллографическим направлениям  $\langle 100 \rangle$  или  $\langle 110 \rangle$  при низкой температуре (85 К).

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

**Gihan G. Hamza. Mitigating the effect of multipath on the stability of time transfer using GNSS. — 12 p., 6 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).**

Coordinated Universal Time (UTC) is calculated using the time data of hundreds of remote atomic clocks. These time data are generated by comparing the atomic clocks to another standard clock through time transfer. One-way time transfer using the Global Navigation Satellite Systems (GNSS) is one of the most essential and widely used time transfer techniques. The stability of the transferred time may be degraded due to many phenomena that affect GNSS signals during their path from the transmitter to the receiver. Multipath reflections are one of these phenomena that considerably degrade one way time transfer stability. It is a common notion that the fewer multipath reflections there are, the better the time transfer stability will be. This can be achieved by limiting the reception of GPS signals to high elevation satellites.

In this paper, the author studied the effect of satellite elevation on time transfer stability for both GPS and Galileo. The results of this study suggest that the old shape of the relation between the elevation mask and the time transfer stability may have changed. Therefore, the author proposed a new technique for mitigating the effect of multipath on time transfer stability. The proposed technique

was applied to real timing data generated from the Golden receiver of the Physikalisch-technische Bundesanstalt (PTB), which is the German national metrology institute.

**Кузьмин А.В., Стерлядкин В.В. Юстировка и измерение углов поляризаций в микроволновых радиометрах.** — 12 с., 4 рис.

Рассмотрен способ измерения и установки четырех переключаемых плоскостей поляризаций в микроволновом радиометре, в котором используется ячейка Фарадея. Калибруемый радиометр предназначен для регистрации тонких поляризационных эффектов, например азимутальной анизотропии, возникающей при формировании собственного излучения взволнованной морской поверхности. Для решения таких задач требуется абсолютная привязка всех поляризационных режимов работы радиометра к уровню горизонта с точностью не хуже  $0.5^\circ$ . В предлагаемой схеме измерений в качестве широкополосного микроволнового источника использовалось излучение газоразрядной трубки с выходной антенной с горизонтальной поляризацией, которое дополнительно отражалось от водной поверхности при угле Брюстера. Это обеспечило дополнительное подавление вертикальной составляющей излучения на  $-12$  дБ и формирование строго горизонтальной поляризации отраженной волны, поскольку свободная поверхность воды в ванне горизонтальна с погрешностью не более  $0.05^\circ$ . Традиционные источники поляризованного излучения не обеспечивают горизонтальную ориентацию излучаемого сигнала с указанной точностью. В предложенном методе погрешности установки вертикальной, горизонтальной и скрещенных под углами  $\pm 45^\circ$  плоскостей поляризации составили не более  $\pm 0.3^\circ$  относительно горизонта. Измерение углов установки плоскости поляризации проводилось с точностью  $0.1^\circ$  посредством вращения радиометра вокруг оси приемной антенны и аппроксимации данных законом Малюса. Настройка углов управлялась токами через ячейку Фарадея.

**Нерук В.Ю., Пивнев П.П., Давыдов Д.А. Измерение диаграммы направленности антенны в полосе рабочих частот.** — 8 с., 10 рис.

Приводятся результаты лабораторных измерений диаграмм направленности широкополосных антенн с применением линейной частоты модуляции (ЛЧМ) сигнала. Исследования проводились на базе уникальной научной установки «Имитационно-натурный гидроакустический комплекс» (УНУ «ИНГАК») кафедры электрогидроакустической и медицинской техники Института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного федерального университета. Особенностью эксперимента является то, что при одном проведении измерения диаграммы направленности антенны охватывается весь диапазон рабочих частот излучателя, выделение интересующих частот осуществлялось путем цифровой обработки полученных данных.

**Одиванов В.Л., Фаттахов Я.В., Фахрутдинов А.Р., Шагалов В.А., Баязитов А.А. Аппаратно-программный комплекс мониторинга темпера-**

**туры магнита магнитно-резонансного томографа.** — 11 с., 5 рис.

Описан аппаратно-программный комплекс, предназначенный для контроля температуры постоянного магнита магнитно-резонансного томографа и защиты его от перегрева при сбоях системы термостатирования. Комплекс состоит из нескольких цифровых датчиков температуры, измерителя-регистратора, осуществляющего измерение температур, регистрацию их в памяти, отключение системы термостатирования при перегревах. Взаимодействие с компьютером осуществляется с помощью компьютерного приложения, обеспечивающего настройку измерителя, получение зарегистрированных данных, их визуализацию в графическом и цифровом видах, а также сохранение их в файлах. Обмен между измерителем и компьютером осуществляется через локальную сеть с использованием интерфейса Wi-Fi. Комплекс также может использоваться и в других аналогичных приложениях.

**Пивнев П.П., Давыдов Д.А., Нерук В.Ю. Влияние бокового акустического экрана на диаграмму направленности антенны гидролокатора бокового обзора.** — 6 с., 5 рис.

Рассматривается эксперимент по установке боковых акустических экранов из стали на различной высоте от излучающей поверхности, записываются диаграммы направленности и анализируется ширина основного лепестка в вертикальной плоскости на уровне 0.707 в зависимости от высоты установки боковых акустических экранов.

**Филиппов М.В., Махмутов В.С., Максумов О.С., Квашнин А.А., Квашнин А.Н., Разумейко М.В., Логачев В.И., Мизин С.В., Соков С.В. Блок электроники для научной аппаратуры «Солнце-Терагерц».** — 16 с., 4 рис.

Описаны цели и задачи планируемого космического эксперимента «Солнце-Терагерц» на борту Российского сегмента МКС. Эксперимент направлен на изучение излучения Солнца в неисследованном терагерцевом диапазоне на частотах  $10^{12}$ – $10^{13}$  Гц, а также получение новых данных о терагерцевом излучении Солнца, солнечных активных областях и солнечных вспышках. Разрабатываемая научная аппаратура представляет собой совокупность восьми детекторов, чувствительных к излучению различной частоты: 0.4, 0.7, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0, 10.0 и 12.0 ТГц. Рассмотрены основные компоненты блока электроники научной аппаратуры: усилители, драйверы оптических прерывателей, плата питания, плата электроники. Проведены расчет точности измерений сигналов с помощью аналого-цифрового преобразователя на плате электроники и оценка чувствительности научной аппаратуры.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

**Sixiang Liang, Zhan Wang, Pengfei Wang, Huanhuan Liu, Xiaohong Su. The improvement of temperature sensitivity by eliminating the thermal stress at**

**the interface of fiber bragg gratings.** – 12 p., 7 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

This article uses polydimethylsiloxane (PDMS) to package an improved fiber Bragg grating (FBG) temperature sensor. Unlike the structure of PDMS completely enveloping fiber gratings, we utilize microfluidic processing technology to construct a microchannel with a diameter of 150  $\mu\text{m}$  in the area of the fiber gratings. It eliminates the thermal stress on the fiber grating in the radial direction. Through the force analysis of the fiber gratings in the packaged sensor, it can be found that eliminating the radial thermal stress is conducive to improving the axial coefficient of thermal expansion of the fiber gratings. The temperature sensing characteristics of this structure are verified by simulation and experiment. Both theoretical and experimental results have shown that this structure can effectively improve the temperature sensitivity of the sensor. In the experiment, the temperature sensitivity of the packaged sensor is 3.5 times higher than that of the standard fiber gratings. The temperature sensitivity of the sensor is 37.6  $\text{pm}/^\circ\text{C}$ . It is simple to manufacture, does not pollute the environment, and can accurately monitor the temperature of the complex environment. Therefore, it is an ideal model for temperature monitoring in complex environments such as the ocean and mine.

**Wen F.-L., Lai M.-H., Wen C.-P. Nonlinear control for constraint-tuning modified-mode ultrasonic actuating linear stage.** – 23 p., 8 fig.

A proportional-integral-derivative-based (PID based) sliding mode control (SMC) was applied to the linear stage driven by a constraint-tuning modified-mode (CTMM) ultrasonic actuator. Based upon the driving variation of voltage amplitude and the preload on the CTMM ultrasonic actuator, nonlinear phenomena, such as frequencies shifting in electromechanical resonance and the dead zone in moving response, could be suppressed almost completely by the PID based SMC controller with output biases. Using system identification technique, an approximate second-order model of the linear stage could be obtained for the equivalent control term of the PID based SMC controller. Through an estimated model error, the design of the switching control term was used to compensate for the shifting property of resonant frequencies under electromechanical coupling. A target-command-shaping function matched the responding speed of the system during tracking experiments. Experimental results demonstrate that the SMC controller has the capacity for noise rejection to control the slider's position in bilateral tracking motions. Its resolution is sufficient to approach micrometer-level accuracy.

**Азриель В.М., Акимов В.М., Ермолова Е.В., Кабанов Д.Б., Колесникова Л.И., Русин Л.Ю., Севрюк М.Б. Времяпролетная спектроскопия надтепловых молекулярных пучков галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов.** – 7 с., 3 рис.

Описан способ регистрации времяпролетных спектров надтепловых газодинамических примесных молекулярных пучков галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов без необходимости определять и корректировать спектры с учетом временных аппаратных задержек. Метод основан на регистрации ионов, образующихся при столкновительно-индуцированной диссоциации молекул с ионной связью, двумя вторично-электронными умножителями, расположенными на разных расстояниях от прерывателя по ходу пролета пучка.

**Коротков С.В., Жмодиков А.Л., Козлов К.А., Коротков Д.А. Электроразрядное устройство для получения наночастиц из токопроводящих гранул.** – 8 с., 6 рис.

Рассмотрено высоковольтное электроразрядное устройство, обеспечивающее получение частиц стали, алюминия и кремния с размером менее 100 нм из гранул, помещенных в камеру с проточной деионизованной водой. Определены возможности существенного увеличения мощности разработанного устройства.

**Щемеров И.В., Лагов П.Б., Кобелева С.П., Кирилов В.Д., Дренин А.С., Мещеряков А.А. Определение пределов оптимизации переходных характеристик выпрямительных диодов при облучении высокоэнергетическими электронами.** – 11 с., 4 рис.

Показано, что измерение зависимости полной емкости полупроводникового диода от измерительной частоты позволяет оценить пределы оптимизации переходных характеристик полупроводниковых структур при облучении. Проведено исследование изменения времени восстановления обратного тока в выпрямительных диодах на основе монокристаллического кремния после облучения структуры высокоэнергетическими электронами. С увеличением суммарной плотности потока электронов облучения от  $10^{14}$  до  $10^{15}$   $\text{cm}^{-2}$  время восстановления обратного тока падает от единиц миллисекунд до десятков микросекунд. При этом параллельно с ускорением переходных характеристик структуры стремительно деградируют. Ток насыщения возрастает на два порядка: от  $7 \cdot 10^{-9}$   $\text{A}/\text{cm}^2$  до  $8 \cdot 10^{-7}$   $\text{A}/\text{cm}^2$ , а последовательное сопротивление растет от 0.5 до 90 Ом. Зависимость полной емкости полупроводникового диода от измерительной частоты позволяет оценить предел оптимизации рабочей частоты: частота, на которой емкость равна половине от стационарной, с увеличением суммарной плотности потока электронов облучения растет, достигая максимума, после чего существенно снижается из-за деградации проводимости. Это может выступать важным критерием при радиационной оптимизации полупроводниковых приборов.