

АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ  
К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816223020325, EDN: PUMTMI

## ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Акулиничев С.В., Гаврилов Ю.К., Джибаев Р.М. Калибровка черенковского монитора протонного пучка.** – 7 с., 4 рис.

Представлены результаты калибровочных измерений черенковского монитора протонного пучка. Получено хорошее согласие измерений монитора с показаниями ионизационной камеры и пластикового монитора. Черенковский монитор не регистрирует фотоны и электроны с энергией ниже 170 кэВ, что важно для подавления низкоэнергетического фона.

**Беличенко С.Г., Каретников М.Д., Мазницин А.Д. Энергоугловые корреляции при неупругом рассеянии меченых нейтронов на ядрах углерода, азота и кислорода.** – 14 с., 7 рис.

Результаты нейтронного анализа состава вещества методом меченых нейтронов весьма чувствительны к погрешности измерения параметров пиков в  $\gamma$ -спектре. Это приводит к необходимости учета эффекта Доплера, приводящего к сдвигу и уширению пиков  $\gamma$ -спектра, а также анизотропии выхода  $\gamma$ -квантов в зависимости от угла между направлениями движения меченых нейтронов и регистрируемых  $\gamma$ -квантов. В работе приводятся результаты экспериментальных угловых зависимостей сдвига и интенсивности (относительной площади) пиков спектра  $\gamma$ -квантов из ядер углерода, азота, кислорода, измеренных на установке с мечеными нейтронами. Влияние эффекта Доплера и анизотропии углового распределения в устройствах с мечеными нейтронами проявляется при анализе протяженных объектов, при многоуровневом расположении  $\gamma$ -детекторов, когда  $\gamma$ -кванты попадают на детекторы под различными углами относительно потока меченых нейтронов.

**Бондарь А.Е., Борисова Е.О., Бузулуцков А.Ф., Носов В.В., Олейников В.П., Соколов А.В., Фролов Е.А. Изучение работы матриц кремниевых фотоумножителей при криогенной температуре.** – 21 с., 14 рис.

Исследована работа матриц Si-ФЭУ MPPC S13360-6050PE с параллельным и последовательным подключением элементов в условиях эксперимента с двухфазным детектором, а также выполнены теоретические расчеты характеристик сигналов таких матриц. Показано, что длительность сигнала при последовательном соединении Si-ФЭУ с хорошей точностью не изменяется, а при параллельном соединении увеличивается с увеличением числа Si-ФЭУ в матрице. В пределах ошибок интегральная амплитуда сигнала при параллельном соединении не зависит от числа элементов в матрице, а при последовательном соединении наблюдается ее ожидаемое падение, обратно пропорциональное числу элементов в матрице. По результатам данной работы для дальнейшего использования в двухфазном криогенном детекторе темной материи

выбрана матрица Si-ФЭУ, состоящая из четырех элементов, соединенных параллельно, так как для такой матрицы продемонстрирована надежная регистрация однофотозлектронных импульсов, при этом длительность сигнала остается приемлемой.

**Губер Ф.Ф., Ивашкин А.П., Карпушкин Н.М., Махнев А.И., Морозов С.В., Серебряков Д.В. Временное разрешение и световыход образцов сцинтилляционных детекторов для времяпролетного детектора нейтронов эксперимента VM@N.** – 10 с., 3 рис.

Для идентификации нейтронов, образующихся в ядро-ядерных столкновениях при энергиях до 4 АГэВ в эксперименте VM@N с фиксированной мишенью на Нуклотроне (ОИЯИ, Дубна), и измерения их энергии планируется создать новый компактный времяпролетный детектор нейтронов. Этот детектор будет использоваться для измерения выходов и азимутальных потоков нейтронов, которые, как показано в различных теоретических моделях, должны быть чувствительны к уравнению состояния плотной ядерной материи. В качестве чувствительных элементов для активных слоев детектора нейтронов предлагается использовать пластиковые сцинтилляторы российского производства площадью около  $10 \times 20 \text{ см}^2$  и толщиной 2.5 см, а для регистрации фотонов – кремниевые фотоумножители с чувствительной площадью  $6 \times 6 \text{ мм}^2$ , по одному на каждую сцинтилляционную ячейку. Для достижения требуемого разрешения (порядка нескольких процентов) по энергии нейтронов в диапазоне энергий нейтронов до 4 ГэВ временное разрешение сцинтилляционных детекторов должно быть 100–150 пс. Обсуждается концепция времяпролетного нейтронного детектора. Приводятся результаты проведенных измерений световыхода и временного разрешения ряда образцов сцинтилляционных детекторов различных размеров. Результаты получены при использовании кремниевых фотоумножителей двух типов.

**Данилов М.В., Ершов Н.В., Кобякин А.С., Куденко Ю.Г., Русинов В.Ю., Тарковский Е.И., Федорова Д.В., Федотов С.А., Чвириова А.А., Чернов Д.О. Сцинтилляционные детекторы заряженных частиц для черенковского нейтринного детектора.** – 7 с., 6 рис.

Представлены результаты измерений параметров сцинтилляционных вето-детекторов, которые планируется установить в промежуточном водном черенковском детекторе проекта “Гипер-Камиоканде”. Вето-детекторы представляют собой дисковые сцинтилляторы с вклеенными спектросмещающими волокнами и компактными фотоприемниками – кремниевыми фотоумножителями. Показано, что эффективность регистрации космических мюонов такими детекторами превышает 99%.

**Рязанцев А.В., Букреева С.И., Васильев А.Н., Горин А.М., Гончаренко Ю.М., Моис-**

**сеев В.В., Мочалов В.В., Семенов П.А. Сцинтилляционный волоконный годоскоп эксперимента СПАС-ЧАРМ на ускорительном комплексе У-70.** — 9 с., 8 рис.

Представлен сцинтилляционный волоконный годоскоп высокого разрешения с использованием многоанодных фотоэлектронных умножителей. Подробно изложена технология изготовления волоконных каскадов и их монтажа в корпус детектора, приведены функциональная схема дискриминатора анодных сигналов, а также характеристики годоскопа при работе в составе экспериментальной установки на пучках канала 14 ускорительного комплекса У-70.

**Топорков Д.К., Глуховченко С.Ю., Николенько Д.М., Рачек И.А., Семёнов А.М., Шестаков Ю.В. Измерение поляризации дейтериевого атомного пучка с помощью поляриметра лэмбовского сдвига.** — 9 с., 11 рис.

Описан криогенный источник поляризованных атомов дейтерия, который используется в эксперименте по измерению анализирующих способностей реакции фотодезинтеграции дейтрона на электронном накопителе ВЭПП-3 ИЯФ СО РАН. Измерена эффективность переходов атомов в заданное энергетическое состояние в блоке среднего магнитного поля (Medium Field Transition (MFT)), в блоке сильного поля (Strong Field Transition (SFT)), а также при совместной работе этих блоков. Измерения проведены с помощью поляриметра лэмбовского сдвига. Измеренная эффективность блоков составила более 90%. Приведена процедура определения фона в поляриметре. Применение откачки в камере ионизатора должно привести к существенному уменьшению фонового сигнала.

**Фомин А.К., Серебров А.П. Моделирование детектора антинейтрино для второй нейтринной лаборатории на реакторе СМ-3.** — 8 с., 7 рис.

Выполнено моделирование эксперимента по поиску стерильного нейтрино с новым детектором для второй нейтринной лаборатории на реакторе СМ-3 (Дмитровград, Россия). Детектор сцинтилляционного типа предназначен для регистрации реакторных антинейтрино и имеет многосекционную структуру с горизонтальным расположением секций. В результате моделирования получены распределения счетов от мгновенных и задержанных сигналов, а также эффективность детектора в зависимости от выбранных порогов. Проведено моделирование потока антинейтрино с учетом размеров активной зоны реактора и ее пространственного расположения по отношению к детектору. Благодаря этому рассчитан эффект, который должен быть получен в результате измерений для заданных параметров осцилляций и энергетического разрешения детектора.

## ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

**Артюх А.Г., Кононенко Г.А., Саламатин А.В., Середа Ю.М. Прецизионные источники высокого напряжения для детекторов ядерного излучения на стандартном промышленном трансформаторе.** — 10 с., 3 рис.

Разработаны прецизионные источники высокого напряжения для детекторов ядерного излучения (полупроводниковых детекторов, на основе фотоэлектронных умножителей и пр.). Вместо специализированного высоковольтного трансформатора использован распространенный сетевой (~220 В) трансформатор POL-12012 совместно с умножителем напряжения. Электриче-

ские параметры блоков: диапазон — от 0 до  $\pm 2500$  В; мощность  $\leq 10$  Вт; КПД — до 77%; пульсации при нагрузке 2 МОм (2 кВ) — 1 мВ; частота преобразования — до 150 кГц; управление ручное/внешнее; плавный рост/спад напряжения; отключение при перегрузке; температурный дрейф  $\leq 0.004\%/^{\circ}\text{C}$ ; рабочая температура — от  $-40$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Исполнение: евромеханика 3U или автономный блок  $80 \times 80 \times 40$  мм. Источники используются в ряде экспериментов и промышленных установках, где обеспечивают качество, надежность, температурный диапазон и необходимый функционал.

**Балзовский Е.В., Буянов Ю.И., Ефремов А.М., Кошелев В.И., Некрасов Э.С., Смирнов С.С. Мощный источник сверхширокополосного излучения субнаносекундной длительности с управляемыми характеристиками.** — 13 с., 14 рис.

Разработан мощный источник сверхширокополосного излучения субнаносекундной длительности на основе гибридной антенны с офсетным отражателем. В фокусе отражателя расположена решетка  $2 \times 2$  комбинационных антенн, возбуждаемых четырехканальным формирователем биполярных импульсов напряжения с амплитудой 65 кВ и длительностью 0.5 нс на частоте повторения до 100 Гц. Реализованы режимы излучения с дискретным сканированием волновым пучком, а также с линейной, ортогональными и эллиптической поляризациями. Получены импульсы излучения с напряженностью поля 40–120 кВ/м на расстоянии 4.5 м.

**Еникеев Р.Ш., Сапожников К.С., Руденко А.А. Сильноточный высоковольтный предохранитель для защиты импульсных силовых цепей.** — 9 с., 7 рис.

Представлены результаты разработки и исследования сильноточного высоковольтного предохранителя, предназначенного для защиты от токов короткого замыкания отдельных элементов силового оборудования системы электропитания международного экспериментального термоядерного реактора (ИТЭР). В соответствии с требованиями ИТЭР предохранитель предназначен для использования в импульсном режиме работы и при возникновении короткого замыкания должен отключить ток амплитудой до 30 кА, обеспечив длительный разрыв электрической цепи с напряжением до 9 кВ. Приводится описание конструкции разработанного предохранителя, рассматриваются основные технические решения, обеспечивающие его соответствие требованиям по электрической прочности, коммутируемым токам и времени отключения, а также результаты экспериментальных исследований коммутационных характеристик. Определены диапазон отключаемых токов и электрическая прочность в импульсном режиме работы с приложением послекоммутационного напряжения.

**Хусаинов Т.А., Проявин М.Д., Лубяко Л.В. Рефлекторные фильтры, изготовленные методом 3D-печати, для систем СВЧ-диагностики установок управляемого термоядерного синтеза.** — 11 с., 5 рис.

Обсуждается возможность применения технологии 3D-печати с последующей металлизацией при изготовлении полосовых волноводных рефлекторных фильтров, предназначенных для обеспечения работы чувствительной приемной аппаратуры в экспериментах по коллективному томсоновскому рассеянию на флуктуациях плотности электронов плазмы, в которых используется мощное (до нескольких сотен киловатт) зондирующее излучение. Создан двухрезонаторный прототип фильтра, исследованы его характеристики и опробована работа в реальных условиях. Полученные результа-

ты указывают на перспективность использованной технологии. С учетом того, что такие фильтры играют ключевую роль в обеспечении электромагнитной совместимости диагностической приемной аппаратуры и гиротрона, предложенная технология изготовления СВЧ-компонентов открывает возможности, представляющие интерес для широкого круга исследователей.

**Широков В.А., Галузин А.С., Милич В.Н.** Особенности построения усилителей сигнала раскочки пьезоизлучателя для лабораторного гидроакустического исследовательского комплекса. — 13 с., 6 рис.

Описаны усилители сигнала раскочки пьезоизлучателей аппаратного обеспечения гидроакустического исследовательского комплекса, предназначенные для усиления кратковременных сигналов с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией на частоте 1 МГц. Особенностью линейного усилителя сигналов с амплитудной модуляцией является применение усилителя с токовой обратной связью, характеризующегося высокими скоростными свойствами. Особенность ключевого усилителя сигналов с постоянной амплитудой (частотная и фазовая модуляция) — это применение оптопар в схеме формирователя управляющих импульсов выходных MOSFET (metal-oxide-semiconductor field effect transistor), что обеспечило симметрию импульсов. Высокая скважность усиливаемых сигналов позволила избежать необходимости в специальных теплоотводах и выполнить простую и компактную реализацию схем. Коэффициент усиления линейного усилителя составил 18 дБ, максимальная амплитуда выходного сигнала — 80 В, ключевого — 26 дБ и 200 В соответственно. Приведены конкретные схемотехнические решения.

**Шиянов А.А., Сннов Ю.М., Чистилин С.В., Мустафа Г.М., Гусев С.И., Карпинский В.Н., Ходжибагиан Г.Г., Шурыгин А.А., Травин Н.В.** Прецизионный источник тока с накопителем энергии для питания сверхпроводящих структурных магнитов Бустера комплекса NICA. — 17 с., 12 рис.

Прецизионный источник тока типа ПИТ11-260 мощностью 2.2 МВт предназначен для питания сверхпроводящих структурных магнитов Бустера коллайдерной установки NICA, создаваемой в Объединенном институте ядерных исследований. Источник формирует периодические импульсы тока трапециевидной формы амплитудой до 10 кА с точностью 0.001–0.01%. Источник выполнен на основе модульных многоуровневых транзисторных преобразователей напряжения в комбинации с емкостным накопителем энергии на 6.1 МДж, обеспечивающим снижение влияния мощной импульсно-периодической нагрузки на сеть общего пользования и снимающим проблему проникновения возмущений из сети в цепи питания сверхпроводящих магнитов.

#### ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Булавская А.А., Бушмина Е.А., Григорьев А.А., Ермакова А.С., Милойчикова И.А., Стучебров С.Г.** Разработка методики определения оптимального количества проекций при реализации метода многоугольного сканирования пучка ионизирующего излучения. — 11 с., 6 рис.

Разработан метод многоугольного сканирования для измерения распределения интенсивности пучка в поперечном сечении. Данный метод основан на реконструкции профилей пучка, полученных под разными углами в плоскости, перпендикулярной оси пучка. Для

эффективной реализации метода многоугольного сканирования необходимо найти оптимальное количество проекций, т.е. такое количество проекций, при котором результат измерения остается достоверным при минимальном времени измерения. В результате численного эксперимента была разработана методика поиска оптимального количества проекций и было показано, что без учета ошибок, вызванных работой узлов экспериментальной установки, оптимальное число проекций равно 10. Для устранения этой погрешности было проведено многоугольное сканирование рентгеновского пучка и были реконструированы распределения его интенсивности в поперечном сечении при разном количестве проекций. С помощью разработанной методики было определено оптимальное количество проекций для данной экспериментальной установки, которое составило 18.

**Герасимов В.В., Никитин А.К., Лемзяков А.Г.** Планарный интерферометр Майкельсона на поверхностных плазмонах терагерцевого диапазона. — 24 с., 3 рис.

Представлены оптическая схема и технические характеристики терагерцевого планарного интерферометра Майкельсона на поверхностных плазмонах. Описана методика определения комплексного показателя преломления поверхностных плазмонов ( $\tilde{n}_s = n_s + ik_s$ ) по регистрируемым интерферограммам. Представлены результаты тестовых измерений на плоских поверхностях с золотым напылением, покрытых слоями ZnS толщиной от 0 до 3 мкм, с использованием мощного когерентного излучения Новосибирского лазера на свободных электронах на длине волны  $\lambda_0 = 141$  мкм. По результатам измерений найдено значение эффективной диэлектрической проницаемости поверхности напыленного золота, которое оказалось на порядок меньше, чем у кристаллического золота. Путем анализа энергетических потерь в плазмонном интерферометре выполнена оценка его динамического диапазона по мощности излучения ( $10^6$ – $10^8$ ), необходимого для измерений на образцах с разными  $\tilde{n}_s$ , а также предложены пути повышения отношения сигнал/шум путем оптимизации элементов оптической схемы и детектора.

**Дорошкевич С.Ю., Воробьев М.С., Торба М.С., Гришков А.А., Коваль Н.Н., Сулакшин С.А., Шугуров В.В., Леванисов В.А.** Эффективный способ генерации и вывода электронного пучка в атмосферу в широкоапертурном ускорителе на основе ионно-электронной эмиссии. — 12 с., 10 рис.

Представлен новый способ повышения коэффициента вывода электронного пучка в атмосферу для ускорителей с несамостоятельным высоковольтным тлеющим разрядом, характеризующийся высокочастотной (десятки килогерц) генерацией вспомогательного разряда. Повышение эффективности вывода пучка в атмосферу достигается путем использования импульсного вспомогательного тлеющего разряда орбитронного типа и управления коэффициентом заполнения импульсов этого разряда при стабилизации среднего значения его тока. На примере исследуемого ускорителя показана возможность повышения коэффициента вывода на 0.3 относительно режима с постоянным током.

**Завьялова М.А., Солдатенко А.В., Кокарев С.А.** Прецизионный датчик положения для оперативного контроля лазерного синтеза микроструктур на трехмерных поверхностях оптических материалов. — 12 с., 10 рис.

Представлены результаты компьютерного моделирования прецизионного датчика положения на основе ножа Фуку для автоматической фокусировки излучения в ходе высокоскоростных лазерных технологических процессов, приведены результаты его внедрения и испытания на промышленных предприятиях в составе круговых лазерных записывающих систем. Данный датчик встраивается в лазерные комплексы для микроструктурирования поверхности оптических материалов и позволяет определять их положение с высоким разрешением (погрешность не превышает 0.1 мкм).

**Кизириди П.П., Озур Г.Е. Увеличение энергии в импульсе радиально сходящегося низкоэнергетического сильноточного электронного пучка.** — 8 с., 4 рис.

Исследованы энергетические характеристики сильноточной электронной пушки с радиально сходящимся электронным пучком. Катодный узел пушки состоял из одной или двух кольцевых секций с внутренним диаметром 8 см, каждая из которых включала 18 резистивно развязанных дуговых источников плазмы, инициируемых пробоем по поверхности диэлектрика. Показано, что электростатическое экранирование, препятствующее выходу электронов и ультрафиолетового излучения из катодной и анодной плазмы в пространство за катодом, снижает вероятность развития пробоя вдоль резисторов дуговых источников плазмы и позволяет примерно вдвое увеличить энергию пучка, выделяемую в аноде. В двухсекционном варианте катодного узла ширина автографа пучка на аноде (следа оплавления) составила около 7 см при аксиальном расстоянии между центрами секций 4 см.

**Котов А.Н., Старостин А.А., Шангин В.В., Бобин С.Б., Лончаков А.Т. Установка для термофлуориметрии полупроводниковых материалов в сильном магнитном поле при низких температурах.** — 6 с., 2 рис.

Разработаны конструкция экспериментальной ячейки и оптоэлектронный блок для исследования релаксационных процессов в приповерхностной области полупроводников при импульсном лазерном облучении в температурном диапазоне от 3 до 300 К и магнитном поле до 12 Тл.

**Котов В.М. Управляемое сведение лучей с разными длинами волн посредством акустооптической брэгговской дифракции.** — 11 с., 6 рис.

Предложен метод управляемого сведения лучей с разными длинами волн посредством акустооптической (АО) брэгговской дифракции. Приведена методика расчета параметров дифракции двух лучей на одной акустической волне в одноосном кристалле, позволяющая определить условие сведения лучей. Расчеты продемонстрированы на примере сведения лучей с длинами волн 0.514 и 0.633 мкм в одноосном кристалле парателлуриата посредством АО-взаимодействия с “медленной” акустической волной. Выполнены эксперименты, подтвердившие основные теоретические выводы.

**Ниненко С.И. Сильфонная камера в качестве дожимающей ступени для получения давления 1 ГПа в газовой среде.** — 7 с., 2 рис.

Описана дожимающая ступень установки для сжатия газовой среды до 1 ГПа, в качестве которой используется тонкостенная сильфонная камера, погруженная в гидростатически сжатую среду. Такая конструкция позволяет создавать требуемое давление в рабочем объеме более 1.5 см<sup>3</sup>, что достаточно и для опти-

ческих исследований, и для точных измерений давления в рабочей камере.

**Оздиев А.Х., Сырякин В.И. Контурный метод томографического сканирования с идентификацией дефектов при помощи компьютерного зрения.** — 9 с., 14 рис.

Исследование крупногабаритных объектов является одной из самых распространенных проблем рентгеновского томографического сканирования, решение которой требует применения более мощных источников излучения, сложной дорогостоящей мехатроники, а также детекторных устройств большого размера, что, несомненно, ведет к кратному удорожанию самой рентгеновской установки. В данной статье представлен один из возможных методов решения данной проблемы, суть которого заключается в сканировании объектов по их контуру. Такой подход способен сильно сократить стоимость комплектовующих рентгеновской установки. В то же время подход обладает существенным ограничением: наличием большого числа артефактов, которые не позволяют с достаточной достоверностью детектировать дефекты. Данную проблему предложено решить при помощи машинного обучения.

**Сандуляк А.А., Сандуляк Д.А., Полискова М.Н., Ершова В.А., Сандуляк А.В. Расширение возможностей магнитометра с полюсами-полусферами.** — 12 с., 5 рис.

Описан модернизированный магнитометр, работающий на пондеромоторном принципе, в котором специально используемые полюса сферической формы создают неоднородное магнитное поле с зонами с практически постоянными значениями магнитного градиента (MG) и/или магнитного силового фактора (MFF) в окрестностях экстремумов координатных зависимостей MG и MFF. Зоны MG<sub>const</sub> и MFF<sub>const</sub> фиксируемые в магнитометре ограничителями в виде управляемых маркеров (лазерных), имеют индивидуальные значения координат их условных центров  $x_{extr}$  и протяженностей  $\Delta x$  с допускаемой погрешностью измерения данных MG и MFF в пределах таких зон. Показано, что при разных взаимных расстояниях между полюсами-полусферами диаметром  $D$  зона MFF<sub>const</sub> в сравнении с зоной MG<sub>const</sub> располагается (по  $x_{extr}/D$ ) на треть ближе к межцентральной линии полюсов-полусфер и является настолько же менее протяженной (по  $\Delta x/D$ ).

**Сошенко В.В., Кожокару И.С., Большедворский С.В., Рубинас О.Р., Козодаев А.М., Дрофа С.М., Вилюжанина П.Г., Примак Е.А., Смолянинов А.Н., Акимов А.В. Двухчастотный резонатор для возбуждения сверхтонких переходов в азотно-вакансионном центре окраски в алмазе.** — 8 с., 7 рис.

Представлены результаты разработки двухчастотного резонатора для частот 4.95 и 7.1 МГц, соответствующих частотам сверхтонких переходов основного состояния азотно-вакансионного центра окраски в алмазе. Продемонстрирована работоспособность резонатора путем наблюдения осцилляций Раби. Амплитуда переменного магнитного поля составила 1.6 и 1 мТл для частот поля 4.95 и 7.1 МГц соответственно при мощности на входе резонатора 0.3 Вт.

**Тиликин И.Н., Шелковенко Т.А., Пикун С.А., Григорьева И.Г., Макаров А.А., Салахутдинов Г.Х. Исследование энергетической компоненты рентгеновского излучения горячей точки на установке X-пинч.** — 7 с., 5 рис.

Описана методика и приведены основные экспериментальные результаты исследования пространственной структуры плазменных объектов гибридного X-пинча в диапазоне рентгеновского излучения. Представлены результаты измерений спектральных характеристик источников рентгеновского излучения плазменных объектов. Исследования проведены с использованием термомюниесцентных детекторов на основе фторидов лития LiF(Mg,Ti).

**Ярмошенко Ю.М., Кантур И.Э., Долгих В.Е., Кузнецова Т.В. Регистрация рентгеновского изображения с помощью детектора на основе микроранальных пластин. — 10 с., 5 рис.**

Описана система регистрации рентгеновского изображения, состоящая из детектора, содержащего две микроранальные пластины, из оптического объектива и цифровой видеокамеры. На рентгеновском флуоресцентном спектрометре с изогнутым кристаллом кварца и с горизонтальной фокусировкой методом Иоганна получены изображения K-спектров Ca, Ti, Mn, Fe, Co. Измерения выполнены с использованием детекторов с коэффициентами усиления  $10^6$ ,  $10^7$  и двух видеокамер, имеющих разные характеристики и размеры пикселей. Достигнута высокая скорость измерения спектров с приемлемой статистикой. Измерение спектров продублировано на одномерном позиционном детекторе.

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

**Abbasian Motlagh Mehdi, Rastegarza-deh Gohar. Simulation of a typical Wolter-I X-ray telescope using the Geant4 toolkit. — 8 p., 5 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).**

Wolter-I is the most common optics in X-ray telescopes. In addition to using high-reflectivity mirrors, it is necessary to use more than a single Wolter-I shell and an appropriate number of shells in a telescope structure to collect the highest number of photons at the detector position. By considering various parameters such as the weight of the telescope, the desired wavelength range, and the available technology, the proper number of Wolter-I shells and their specifications can be determined.

In the present work, using our Genant4-based X-ray telescope simulation application, we have simulated an X-ray telescope with 58 shells similar to XMM-Newton telescope. Based on the characteristics of XMM-Newton telescope, we developed a set of procedures to define the properties of the shells and constructed them in the application. The performance of the simulated telescope in collecting specified X-rays has been investigated. We executed the application at five energies, including 1, 2, 3, 4, and 5 keV. These energies are in the energy range in which XMM-Newton mirrors are most efficient. We also investigated the telescope's performance for some widely used materials as the surface of mirrors with a thickness of one nanometer. The simulation results confirmed that the presence of more shells with different radii increases the telescope's ability to collect photons over a broader range of energy. Also, the simulated telescope performed better for shells with smaller radii for every material and in all the energies.

**Yan-Cheng Ye, Yan-Shan Zhang, Tsair-Fwu Lee, Jia-Ming Wu. The Determination of Virtual Source Position using Poka-Yoke concept to minimize mistakes for Scanning-Passive Scatter Beam in Carbon Ion**

**Therapy. — 18 p., 3 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).**

We developed a mistake-proofing technique (Poka-Yoke) capable of dealing with the virtual source position delivered by different carbon ion energies for scanning-passive scatter beam in carbon ion therapy. Despite a lot of methods that have been proposed for the determination of virtual source position for electron beam therapy in a linear accelerator and proton beams, none for heavy charged particles-like carbon ions have been investigated. The method can be also used for electron and the proton beams.

**Башкуев Ю.Б., Аюров Д.Б., Шунков А.Д. Многоканальная установка для исследования гидродинамических явлений, возникающих при набегании волн на береговую линию озера Байкал. — 7 с., 5 рис.**

На береговой линии оз. Байкал, вблизи с. Горячинск, проведены испытания установки для исследования взаимосвязи между волновыми гидродинамическими и электрическими процессами. Рассмотрены аппаратура и методика измерений. Представлены результаты измерений при различных условиях волнового процесса. Физика явления относится к классу гидродинамических эффектов. Фильтрационное естественное электрическое поле связано с движением набегающей байкальской волны в пористом песке. При движении пресной воды в пористой среде образуется электрическое поле.

**Блинковский Н.К., Гулько В.Л., Мещеряков А.А. Навигационные групповые радиооптические отражатели кругового действия. — 13 с., 10 рис.**

Разработаны конструкции навигационных групповых радиооптических отражателей кругового действия. Приведены результаты экспериментальных исследований их характеристик рассеяния в составе плавучего буя. Получены сравнительные оценки дальности видимости плавучих буйев, оборудованных групповыми радиооптическими отражателями, в оптическом и радиолокационном диапазонах длин волн. Экспериментальные исследования проводились в Обском бассейне внутренних водных путей — на реках Обь и Томь.

**Векшин Ю.В., Зотов М.Б., Лавров А.С., Поздняков И.А., Хвостов Е.Ю., Чернов В.К. Широкополосная приемная система для радиоинтерферометра нового поколения. — 14 с., 11 рис.**

Рассмотрены основные принципы работы и особенности конструкции разработанной в ИПА РАН широкополосной приемной системы, работающей на ортогональных линейных поляризациях в диапазоне частот 3–16 ГГц с шириной полосы выходных частот 2 ГГц. Приведены результаты измерений параметров приемной системы и характеристик радиотелескопа РТ-13, оснащенного разработанной приемной системой.

**Малышев Р.В., Силина Е.В. Люминометр. Принцип работы, устройство и рекомендации при сборке. — 9 с., 11 рис.**

Описано устройство и принцип работы люминометра, предназначенного для определения концентрации пероксида водорода в водных растворах посредством измерения интенсивности светового потока. Обозначены ключевые моменты, на которые следует обратить внимание при изготовлении прибора. Описаны результаты лабораторных испытаний, согласно которым в диапазоне концентраций пероксида водорода от 0.12 до  $1.95 \cdot 10^{-6}$  М сохраняется линейная зависимость ( $r^2 = 0.97$ ) интенсивности сигнала от кон-

центрации  $H_2O_2$ . Представлены результаты измерения содержания пероксида водорода в листьях пшеницы в процессе деэтиляции.

**Филиппов А.Ю., Филиппов Ю.П., Коврижных А.М.** Оптимизация бессепарационного трехфазного расходомера нефть–вода–газ горизонтальной ориентации с двухизотопным гамма-плотномером. – 19 с., 9 рис.

Вероятно, впервые представлена информация о характеристиках бессепарационных трехфазных расходомеров нефть–газ горизонтальной ориентации, связанная с оптимизацией конструкции по результатам экспериментальных исследований одноизотопных и двухизотопных  $\gamma$ -плотномеров и комбинированного конического сужающего устройства (СУ), состоящего из двух последовательных конусов различных размеров. Эксперименты проводились как на смесях “реальная нефть–газ–соленая вода” на стенде фирмы TUV SUD NEL, г. Глазго, так и на модельных потоках “эксол–газ–пресная вода” на эталоне многофазных потоков ГЭТ195-2011 во ВНИИР, г. Казань, для типичных расходомеров с номинальным диаметром DN 100. Показано, что  $\gamma$ -плотномер целесообразно устанавливать в сечении с промежуточным диаметром  $D = 70$  мм, в качестве измерительного СУ использовать конус 70/50 мм, а конус 100/70 мм применять для предварительного ускорения потока с целью уменьшения разнообразия режимов течения двухфазных и трехфазных потоков в измерительном СУ и в проточной части  $\gamma$ -плотномер. Это позволяет существенно улучшить характеристики макета расходомера. Проведено сравнение некоторых полученных характеристик с характеристиками известного вертикального аналога Vx Schlumberger и представлены варианты конструкций усовершенствованного горизонтального трехфазного расходомера, позволяющих также увеличить срок его службы и повысить рабочее давление.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

**Serdar Altinkaya, Alper Bayrak, Nihat Daldal, Osman Eren Özdil.** Stable Measurement System for Platinum Resistance Temperature Detector. – 10 p., 9 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

Stable and precise temperature measurement is crucial for thermodynamic applications. The stability and precision of the measurement depend on the sensor type and measurement method. In industrial applications, Platinum Resistance Temperature Detectors (RTD) are widely preferred. In this study, stable and precise temperature measurement methods by using the platinum RTD PT1000 sensor are investigated. Measurement methods are considered as measurement circuits and digital filter applications, separately. Experimental studies were evaluated on a household-type oven and comparative results are presented.

**Аксенов О.И., Фукс А.А., Волков Н.А., Аронин А.С.** Метод проведения усталостных испытаний тонких проволок. – 7 с., 4 рис.

В рамках данной работы разработан новый метод усталостных испытаний на растяжение тонких микропроводов и проволок, соответствующий ГОСТ 25.502-79. Разработанный метод проверен на аморфных микропроводах состава  $Fe_{77.5}Si_{17.5}B_{15}$  в стеклянной изоляции. Установлено, что режим деформирования в интервале напряжений от 0 до 700 МПа соответствует долговечному использованию исследованных микропроводов (миллионы циклов). Кроме того, изученные микропровода способны выдерживать сотни тысяч циклов растяжения при напряжениях от 700 до 1100 МПа.

**Гусева В.Е., Корепанов М.А., Королева М.Р., Нечай А.Н., Перекалов А.А., Салашенко Н.Н., Чхало Н.И.** Способы формирования газовых, кластерных спрейных и жидкостных мишеней в лазерно-плазменном источнике излучения. – 15 с., 12 рис.

Рассматриваются способы формирования жидкостных, микрокапельных, кластерных и газовых мишеней в вакууме для использования в лазерно-плазменных источниках излучения. Приведены характеристики используемых систем формирования мишеней и систем напуска газа на их основе. Данные системы формируют импульсные и статичные струи с малым массовым расходом: порядка  $\sim 70$  мл/ч жидкости или  $1500$  см<sup>3</sup>/ч газа, что позволяет проводить откачку вакуумного объема одним турбомолекулярным насосом с производительностью 1000 л/с.

**Зеленков В.А., Лебедев М.Е., Рудый А.С., Чурилов А.Б.** Твердотельный миниатюрный термостат с программным управлением. – 10 с., 5 рис.

Описана конструкция лабораторного твердотельного термостата на элементах Пельтье с диапазоном рабочих температур от  $-50$  до  $+90^\circ\text{C}$ , выполненного на современной элементной базе. Образцами могут быть пленки, фрагменты кремниевых пластин с исследуемыми структурами и другие миниатюрные объекты с лицевыми размерами до  $15 \times 15$  мм. Толщина образцов ограничивается теплопроводностью их материала и может достигать 3 мм.

**Ищенко А.Н., Буркин В.В., Касимов В.З., Дьячковский А.С., Чупашев А.В., Саммель А.Ю., Рогаев К.С., Сидоров А.Д., Майстренко И.В., Корольков Л.В., Бураков В.А., Саморокова Н.М.** Адаптация гидробаллистического стенда для испытаний малогабаритных метательных установок. – 7 с., 5 рис.

На основе баллистического проектирования выполнена оценка габаритов метательной установки с длиной ускорительного канала 20 см. Проведена адаптация гидробаллистического стенда к проведению испытаний малогабаритных метательных установок. С использованием малогабаритной метательной установки реализованы режимы входа в воду ударников через воздушный участок и непосредственно из ускорительного канала.

**Старчиков С.С., Фунтов К.О., Заяханов В.А., Фролов К.В., Клёнов М.Г., Бондаренко И.Ю., Любутин И.С.** Модернизированный безжидкостный гелиевый криостат замкнутого цикла для мессбауэровских исследований. – 16 с., 9 рис.

Одной из проблем при использовании криостатов замкнутого цикла для прикладных и фундаментальных научных исследований остается передача механических вибраций на исследуемый образец. Особенно это актуально для мессбауэровской спектроскопии и оптических методов исследований, так как в таком случае это приводит к уширению спектральных линий. В данной работе представлены различные инженерные подходы для снижения механических вибраций, передаваемых на образец, в криостатах замкнутого цикла, в частности, при проведении мессбауэровской спектроскопии. Проведен анализ уширения спектральных линий эталонного поглотителя – фольги  $\alpha$ -Fe, а также выполнено сравнение спектров высококачественного монокристалла  $FeVO_3$  до и после модернизации криостата. Полученные результаты могут быть использованы при разработке новых или усовершенствовании существующих криостатов.