

## АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816223060186, EDN: BFDMB5

### ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Islami rad S. Z., R. Peyvandi Gholipour, Ghana vati S.** Evaluation of the Response Function of NaI (TI) and Plastic Scintillator with Temperature Fluctuations — 9 p., 5 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

The temperature effect plays an important role in the response function and efficiency of detectors. In this study, the behavior of doped NaI (TI) and plastic scintillators was evaluated and compared with temperature changes, in a similar condition, for the first time. The detection system uses an experimental setup consisting of a  $^{60}\text{Co}$  source, NaI (TI) detector, and a plastic scintillation detector. The results show that the recorded count rates from NaI (TI) detector have a direct relation with temperature and lead to a  $0.15\%/^{\circ}\text{C}$  error in the count rate. But in the same condition, the acquired count rates from the plastic scintillator detector were reduced with temperature increasing with a  $0.57\%/^{\circ}\text{C}$  error in the count rate (inverse relation). Also, in this work, Linear and second-order polynomial regression were implemented on the recorded count rates from scintillators to compensate temperature effect. Finally, the acquired results were evaluated using the relative error (%) and diagram slope which expressed the superiority of the polynomial regression. Using this correction technique, the count rate changes reached to least and are stable with temperature fluctuations. The results of this research can be suitable for the industrial application of NaI (TI) and plastic scintillators in level gauging, thickness gauging, and other nuclear gauging systems.

**Азнабаев Д., Исатаев Т., Лукьянов С.М., Смирнов В.И., Стукалов С.С., Солодов А.Н.** Позиционно-чувствительный детектор на основе микроканальных пластин для измерения характеристик осколков деления на установке МАВР. — 9 с., 13 рис.

Представлены результаты измерений осколков деления с помощью времяпролетной системы с позиционно-чувствительным детектором на основе микроканальных пластин, созданной для измерений масс продуктов ядерных реакций на установке МАВР. Преимуществом таких микроканальных пластин является их высокая позиционная чувствительность и высокая эффективность регистрации тяжелых заряженных частиц с малой энергией. В работе приведены техническое описание системы регистрации осколков деления и результаты измерения параметров позиционно-чувствительного детектора на основе микроканальных пластин большой площади ( $40 \times 60 \text{ мм}^2$ ), полученные при измерении осколков спонтанного деления  $^{252}\text{Cf}$ . Координатное разрешение по осям  $X$  и  $Y$  определялось при регистрации осколков деления в реакции  $^{14}\text{N} + ^{192}\text{Au}$  на установке МАВР. Временное раз-

решение позиционно-чувствительного детектора было получено путем регистрации времени пролета альфа-частиц, испускаемых радиоактивным источником  $^{226}\text{Ra}$ .

**Алексеев В.И., Басков В.А., Варфоломеева Е.А., Дронов В.А., Львов А.И., Кольцов А.В., Кречетов Ю.Ф., Полянский В.В., Сидорин С.С.** Сцинтилляционный времяпролетный годоскоп. — 11 с., 8 рис.

Представлены результаты исследований характеристик модуля сцинтилляционного времяпролетного годоскопа длиной 50 см. Определено, что координатное разрешение и эффективность регистрации модуля зависят от напряжений на делителях напряжений фотоэлектронных умножителей и расстояния от точки прохождения частицы до фотоэлектронных умножителей. Тестирования модуля с помощью пучка вторичных электронов ускорителя “Пахра” Физического института им. П.Н. Лебедева РАН с энергией 20 МэВ и с помощью радиоактивного источника  $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$  показали, что минимальные значения координатного разрешения составили  $\sigma_x \approx 0.1 \text{ см}$  и  $\sigma_y \approx 1.30 \text{ см}$  соответственно, а эффективность регистрации достигает величины  $\epsilon \approx 53\%$ .

**Батяев В.Ф., Беличенко С.Г., Каретников М.Д., Мазницин А.Д., Пресняков А.Ю.** Система сбора данных многодетекторного устройства с мечеными нейтронами с параллельной передачей событий. — 17 с., 4 рис.

Изложены принципы компоновки и функционирования регистрирующей аппаратуры для метода меченых нейтронов, основанные на отборе полезных событий по заданным критериям с накоплением данных блоком буферной памяти и последующей передачей массивов данных в удаленный компьютер для обработки и визуализации. Основным критерием отбора является наличие сигналов от альфа- и гамма-детекторов в заданном временном и амплитудном диапазоне при отсутствии наложенных событий. Использование магистрально-модульной архитектуры позволяет проводить параллельную обработку сигналов и передачу данных на нескольких уровнях, что дает возможность подключать практически любое количество гамма-детекторов без потери качества результатов измерений и целостности данных. Для тестирования разработанной аппаратуры создан макет установки и проведены эксперименты по исследованию ее характеристик. Экспериментально достигнутая скорость передачи событий (альфа-гамма-совпадений) составила около  $3 \cdot 10^5 \text{ с}^{-1}$ , что в несколько раз превышает предельную скорость передачи существующих систем сбора данных для метода меченых нейтронов.

**Вовченко Е.Д., Козловский К.И., Плешакова Р.П., Рухман А.А., Шиканов А.Е.** О возможности применения синтетических алмазов для контроля температуры мишеней генераторов нейтронов. — 7 с., 4 рис.

Обсуждается возможность использования кристаллов синтетического алмаза в качестве чувствительного элемента термодатчиков резистивного типа, разрабатываемых для контроля нагрева мишени в генераторе нейтронов. Приведены сведения о конструкции и технологии изготовления макетного образца термодатчика, а также данные экспериментального исследования его динамических характеристик. На примере генератора нейтронов, разработанного на базе высокоэффективного ускорительного диода, предложена схема термодатчика нейтронообразующей мишени.

**Волчугов П.А., Астапов И.И., Безъязыков П.А., Бонвеч Е.А., Бородин А.Н., Буднев Н.М., Булан А.В., Вайдянатан А., Волков Н.В., Воронин Д.М., Гафаров А.Р., Гресь Е.О., Гресь О.А., Гресь Т.И., Гришин О.Г., Гармаш А.Ю., Гребенюк В.М., Гришук А.А., Дячок А.Н., Журов Д.П., Загорников А.В., Иванова А.Д., Иванова А.Л., Илюшин М.А., Калмыков Н.Н., Киндин В.В., Кирюхин С.Н., Кокоулин Р.П., Колосов Н.И., Компаниец К.Г., Коростелева Е.Е., Кожин В.А., Кравченко Е.А., Крюков А.П., Кузьмичев Л.А., Кьявасса А., Лагутин А.А., Лаврова М.В., Лемешев Ю.Е., Лубсандоржиев Б.К., Лубсандоржиев Н.Б., Малахов С.Д., Миргазов Р.Р., Монхоев Р.Д., Окунова Э.А., Осипова Э.А., Панов А.Д., Пахорук А.Л., Пан А., Паньков Л.В., Петрухин А.А., Подгрудков Д.А., Попова Е.Г., Постников Е.Б., Просин В.В., Птускин В.С., Пушкин А.А., Разумов А.Ю., Райкин Р.И., Рубцов Г.И., Рябов Е.В., Самолига В.С., Сатышев И., Свешникова Л.Г., Силаев А.А., Силаев А.А. (мл.), Сидоренков А.Ю., Скурихин А.В., Соколов А.В., Таболенко В.А., Танаев А.Б., Терновой М.Ю., Ткачев Л.Г., Ушаков Н.А., Чернов Д.В., Яшин И.И.** Детектирование гамма-квантов установкой TAIGA-IACST в стереорежиме. — 18 с., 9 рис.

Статья посвящена моделированию и анализу данных, регистрируемых установкой TAIGA-IACST в стереорежиме. Установка будет включать 5 атмосферных черенковских телескопов с углом обзора  $9.6^\circ$ . В настоящее время в составе установки имеются 3 телескопа, разнесенных на сравнительно большие расстояния друг от друга (от 320 до 500 м). Эффективная площадь установки при этом достигает  $0.6 \text{ км}^2$ , что позволяет за разумное время наблюдения (300–400 ч) проводить статистически значимые наблюдения слабых источников гамма-излучения в энергетической области выше 10 ТэВ. Описана процедура моделирования Монте-Карло регистрируемых телескопами адронов и гамма-квантов, а также методика восстановления параметров широких атмосферных ливней, таких как направление прихода события, положение оси, глубина максимума развития ливня и энергия первичной частицы. Для решения задачи гамма-адронного разделения получены оптимальные критерии отбора гамма-квантов, регистрируемых в стереорежиме, и рассчитана эффективная площадь установки.

**Евдокимов В.Н.** Изучение долговременной стабильности характеристик счетчиков, состоящих из экструдированного сцинтиллятора и переизлучающих свет оптических волокон. — 12 с., 9 рис.

Приведены результаты изучения долговременной стабильности счетчиков, состоящих из полос экструдированного сцинтиллятора и переизлучающих свет оптических волокон. Перед массовым изготовлением счетчиков было проведено исследование старения сцинтилляторов и волокон прототипов с использованием ускоренного старения при более высоких температурах, которое потом было продолжено как интересная методическая работа. За первые 5–6 лет происходит снижение световыхода на уровне 3% в год. Затем старение происходит медленнее, и после снижения выхода света за 20 лет на 26%, старение почти прекращается. Проведенное после перерыва около двух с половиной лет повторение изучения старения “состаренных” ранее образцов показало, что старение такого сцинтиллятора не превышало 0.5% в год при температуре  $20^\circ\text{C}$ . Проверка методики ускоренного старения прямыми измерениями в течение 4.5 лет показала, что результаты, полученные прямыми измерениями и с использованием методики ускоренного старения, хорошо согласуются между собой.

**Сиксин В.В.** Формирование источника эпитепловых нейтронов на ускорителе “Прометеус” для исследовательских работ по созданию новых радиофармпрепаратов. — 9 с., 5 рис.

На медицинском ускорителе “Прометеус” с энергией 200 МэВ был сконструирован источник быстрых и эпитепловых нейтронов и проведены измерения выхода быстрых и эпитепловых нейтронов детектором БДМН-100. Для получения быстрых нейтронов применялась тяжелая мишень NaI. На основе разработанных пяти различных защитных материалов от нейтронов был сформирован канал быстрых и эпитепловых нейтронов. С помощью нейтронного детектора БДМН-100 были измерены угловые зависимости мощности эквивалентной дозы на выходе нейтронного канала. Нейтронный источник может использоваться для проведения исследовательских работ по созданию новых радиофармпрепаратов. Быстрые нейтроны можно применять для дистанционной терапии и контроля надежности электронных плат и микросхем. Также нейтронный пучок может применяться для исследования биологических объектов и клеток.

**Суслов И.А., Немченко И.Б., Клименко А.А., Быстрыков А.Д., Камнев И.И.** Теллуродержащие пластмассовые сцинтилляторы. — 13 с., 1 рис.

Представлены первые результаты разработки на основе полистирола, полиметилметакрилата и их сополимеров не известных ранее теллуродержащих пластмассовых сцинтилляторов для детекторов по поиску и исследованию безнейтринного двойного бета-распада. В качестве теллуродержащих добавок использованы комплексное соединение оксида дифенилтеллура и ди-(2-этилгексил)фосфорной кислоты и ди-2-этилгексаноат дифенилтеллура. Описаны условия получения образцов, охарактеризован их световыход и прозрачность.

**Фомин А.К., Серебров А.П.** Турбинный эффект в эксперименте с хранением ультрахолодных нейтронов. — 19 с., 8 рис.

При взаимодействии ультрахолодных нейтронов с движущимися поверхностями может происходить изменение их энергии (так называемый турбинный эффект). При этом возможно как увеличение, так и уменьшение энергии нейтронов. В предыдущих экспериментах с захватом ультрахолодных нейтронов в гравитационную ловушку при помощи ее поворота она изготавливалась так, чтобы иметь форму тела вращения, что делалось специально для избежания турбинного эффекта. В данной работе рассмотрен эксперимент с поворотной гравитационной ловушкой, не имеющей форму тела вращения. Методом Монте-Карло проведено моделирование турбинного эффекта на разных стадиях эксперимента. Вычислена трансформация нейтронного спектра с течением времени в зависимости от скорости поворота ловушки. Рассмотрена возможная систематическая ошибка в результате измерения времени жизни нейтрона из-за влияния турбинного эффекта. Получены параметры эксперимента, при которых она отсутствует.

## ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

**Буркин Е.Ю., Свиридов В.В., Бомбизов А.А. Система электропитания привязанного беспилотного летательного аппарата.** — 10 с., 7 рис.

Описана система электропитания беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на основе кабельного соединения с первичным, расположенным на поверхности Земли источником электрической энергии. Наземный источник питания от стандартной трехфазной сети формирует гальванически изолированное постоянное выходное напряжение, изменяющееся в диапазоне 350–435 В, со средней электрической мощностью до 10 кВт. Использована схема на основе импульсного стабилизатора тока понижающего типа с последующим звеном инвертора тока, согласующего трансформатора и выпрямителя. Напряжение наземного источника питания поступает по кабель-тросу на БПЛА. Источник питания БПЛА обеспечивает выходное напряжение  $48 \pm 2$  В и выходной ток до 135 А. Представлены экспериментальные данные работы системы на эквивалент нагрузки и БПЛА.

**Деспотули А.Л., Казьмирук В.В., Деспотули А.А., Андреева А.В. Генератор прямоугольных импульсов на основе последовательного соединения MOSFET с  $U_{\max} = 4500$  В.** — 15 с., 7 рис.

Выявлены преимущества новой конструкции генератора высоковольтных прямоугольных импульсов. В отличие от аналогов, в предложенном авторами генераторе изменены схемы ключа, образованного последовательным соединением  $N$  транзисторов ( $T_k$ ,  $k = 1, \dots, N$ ) и сопряженного с ключом высоковольтного источника; он обеспечивает  $N$  ЭДС  $E_k$  ( $E_i/E_j = \text{const}(i, j)$ ;  $i \neq j$ ;  $i, j = 1, 2, \dots, N$ ), которые питают  $T_k$  через нагрузочные резисторы  $R_k$ . Предложенная конструкция позволяет отказаться от резистивного делителя и снабдеров, балансирующих равенство напряжений  $U_k$  на одинаковых  $T_k$  в генераторах-аналогах. Преимущества нового решения: 1) простота схемы и настройки ключа; 2) быстрый переход ON  $\rightarrow$  OFF ( $R_k$  малы); 3) высокая частота повторения импульсов; 4) значительное улучшение балансировки напряжений  $U_k$ , что позво-

ляет задавать ЭДС  $E_k$  так, чтобы выполнялось условие  $\sum U_k \approx \sum U_{k, \max}$  для разных по типу транзисторов ( $U_{i, \max} \neq U_{j, \max}$ ). В генераторе использовались высоковольтные транзисторы разных типов с  $U_{\max} = 4500$  В. В результате упрощена постановка высоковольтных экспериментов для поиска новых путей выполнения исследования. Выполнено сравнение вольт-амперных характеристик эмиссии (импульсный и стационарный режимы) из жидкого сплава на основе Ga.

**Кузнецов В.В., Андреев В.В. Установка для исследования стойкости полупроводниковых приборов к воздействию электростатического разряда методом импульса линии передачи.** — 10 с., 7 рис.

Представлена экспериментальная установка для исследования стойкости полупроводниковых приборов к воздействию электростатического разряда методом импульса линии передачи. Данная установка позволяет измерять импульсные вольт-амперные характеристики полупроводниковых приборов и защитных элементов, а также проводить исследование стойкости микроэлектронных устройств к электростатическому разряду, в том числе и без их разрушения. Установка обеспечивает создание испытательных импульсов напряжения прямоугольной формы длительностью 100 нс, согласно стандарту IEC62615, и обеспечивает амплитуду импульса тока разряда до 10 А.

**Усенко Е.А. ТОТ-метод с формирователем импульса на основе математической функции приподнятого косинуса.** — 9 с., 8 рис.

Описан метод преобразования заряда во временной интервал (Time Over Threshold, ТОТ), использующий импульсный синусный формирователь, в основе которого лежит математическая функция приподнятого косинуса (ФПК). ФПК обладает важным для ТОТ-метода свойством — формированием гладкого импульса при вариативности коэффициента сглаживания и времени отклика. При этом форма импульса ФПК не зависит от входного импульсного воздействия в заданном временном диапазоне. Таким образом, на основе ФПК удалось создать импульсный синусный формирователь с заданным временным откликом, обеспечивающим однозначную зависимость длительности ТОТ-импульса от входного заряда, а также улучшить точностные характеристики за счет оптимальной спектральной фильтрации в ФПК. Импульсный синусный формирователь на основе ФПК был успешно использован в системах считывания экспериментов NADES (ГСИ, Дармштадт, Германия) и VM&N (ОИ-ЯИ, Дубна). Общее число каналов считывания составило более 5 тысяч, ошибка метода около 0.3%.

## ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Mo Yan, Ou Qiaofeng. OTDR Event Detection Method Based on Improved 1D UNet.** — 21 p., 10 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

Optical Time Domain Reflectometer (OTDR) is the most basic and widely used equipment in optical fiber detection. Its performance and trace analysis ability play a decisive role in the maintenance of optical fiber. Traditional OTDR event detection methods rely on manual definition of pulse characteristics, require professional prior knowl-

edge, and require high signal-to-noise ratio. The traditional preprocessing methods such as smoothing and denoising have some actual signal characteristics weakened or even disappeared. UNet is the most classical U-structured network model applied to medical image segmentation. It can learn a very robust model for edge extraction by using a small amount of data. Inspired by this, we propose the first OTDR event detection method based on the improved 1D UNet, which makes full use of the convolution neural network to automatically extract signal features. It can be applied to small sample data sets and it can accurately identify multiple types of events such as power injection, reflection, drop, end and echo events, with an average detection rate of 90%. Compared with the EXFO FastReporter software widely used in the industry, our method shows a stronger ability to resist noise interference, and the detection of echo events in high noise areas reaches 89%.

**Qiang Li, Liqun Hu, Hongrui Cao, Jinglong Zhao, Kaiyun Chen, Li Jiang, Hong Yu, Weikun Chen, Yongqiang Zhang. Design of Magnetic Shield and System Test of Strong Static Magnetic Field for ITER Radial X-ray Camera Electronics.** – 16 p., 8 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

The intense magnetic field surrounding the electronic system in the ITER Tokamak necessitates the use of magnetic field shielding to protect electronic devices from failure. To ensure that the components installed in these areas can withstand ITER's magnetic environment, they must be tested beforehand for magnetic field tolerance. This paper presents a magnetic shielding design for the Radial X-ray Camera (RXC) electronic system in ITER, silicon steel sheet is used as shielding material. The design scheme was simulated and analyzed using Ansys Maxwell software, and the shield shell was designed and optimized to reduce the magnetic induction intensity from 120 mT to less than 60 mT. To determine whether the magnetic field tolerance capability of the shield and electronic system meets ITER's requirements, tests were conducted. Based on the experimental results, it has been observed that the shield is effective in shielding the magnetic field to 50 mT – 60 mT. Furthermore, the electronic system has been tested under a magnetic field intensity of 140 mT and 180 mT, and it has been found to be functioning normally, thereby meeting the requirements of ITER.

**Бобылев Д.А., Сиомаш М.Д., Ханкин В.В., Шведун В.И. Датчик энергии пучка электронов, основанный на эффекте Вавилова–Черенкова.** – 13 с., 6 рис.

Представлены результаты разработки датчика энергии, предназначенного для контроля энергии выведенного в атмосферу пучка электронов ускорителей прикладного назначения. Принцип действия устройства основан на использовании излучения Вавилова–Черенкова, возникающего при прохождении пучка электронов через газ.

**Бусыгина И.А., Григорьева И.Г., Москвич П.В., Наумов П.Ю., Салахутдинов Г.Х. Применение термолюминесцентных детекторов для спектрометрии импульсного рентгеновского излучения.** – 10 с., 4 рис.

Разработан и создан спектрометр импульсного высокоинтенсивного рентгеновского излучения на основе термолюминесцентных детекторов. Приведены характеристики различных термолюминесцентных детекторов. Описан усовершенствованный алгоритм измерения спектра импульсного рентгеновского излучения. Представлены экспериментальные результаты исследования спектра рентгеновского излучения плазменных объектов.

**Гусева В.Е., Михайленко М.С., Нечай А.Н., Перекалов А.А., Салашенко Н.Н., Чхало Н.И. Стенд для исследования свойств лазерной плазмы, формируемой на жидкоструйных мишенях.** – 12 с., 8 рис.

Описан стенд, предназначенный для изучения эмиссионных свойств лазерной плазмы в экстремальном ультрафиолетовом диапазоне (ЭУФ), формируемой на жидкоструйных мишенях. Для формирования струйной мишени используется импульсный клапан и капилляры различного диаметра. Для возбуждения лазерной плазмы используется лазер Nd:YAG (длина волны 1064 нм, длительность импульса 11 нс, частота до 10 Гц, энергия импульса 500 мДж). Для исследования эмиссионных спектров используются зеркальный рентгеновский спектрометр, градуированный в абсолютных единицах, спектрометр видимого диапазона Аугога-4000 и микроскоп, работающий в ЭУФ-диапазоне. Также предусмотрено фотографирование формируемых жидкостных струй. В статье приведена конструкция стенда и его основные параметры. Также приведены результаты первых экспериментов по исследованию процессов истечения жидкости из различных сопел в вакуум.

**Ерушин Е.Ю., Костюкова Н.Ю., Бойко А.А., Мирошниченко И.Б., Вербоватый Д.М., Кирьякова А.Ю. Исследование нелинейного показателя преломления поликристаллического селенида цинка методом однолучевого Z-сканирования.** – 12 с., 3 рис.

Представлена автоматизированная установка для исследования нелинейно-оптических свойств кристаллов методом однолучевого Z-сканирования при длительности импульсов 5.3 нс. Данная схема успешно применена для исследования нелинейного показателя преломления окна из поликристаллического ZnSe. Подробно описана экспериментальная установка и представлен анализ данных. Измеренное значение нелинейного показателя преломления  $n_2$  составило  $(2.02 \pm 0.18) \cdot 10^{-11}$  ед. СГСЭ. Разработанная экспериментальная установка может применяться для исследования нелинейно-оптических характеристик новых нелинейных кристаллов.

**Колобов В.В., Баранник М.Б. Термостатированный магнитоизмерительный канал.** – 20 с., 7 рис.

Описан канал измерения индукции магнитного поля, выполненный на основе четырех интегральных датчиков Холла (ИДХ). Встроенные цепи динамической компенсации остаточного напряжения и температурной коррекции не устраняют дрейфа магнитной

чувствительности ИДХ, обусловленного термомеханическими напряжениями в корпусе датчика и приводящего к нестабильности выходного напряжения. Установка датчиков в термостатированную ячейку, а также конструктивно-схемотехнические решения, связанные с пространственной ориентацией датчиков относительно вектора магнитной индукции и с алгоритмом обработки выходных напряжений ИДХ, позволили минимизировать нестабильность и повысить отношение сигнал/шум входного напряжения аналого-цифрового преобразователя канала. Рассмотрены схема и работа программно-аппаратного пропорционально-интегрального регулятора температуры термостатированной ячейки. Разработанный канал используется для измерения магнитной индукции поля магнитного анализатора масс-спектрометрического комплекса для изотопного анализа инертных газов и обеспечивает следующие основные характеристики: диапазон измерения  $\pm 512$  мТл, полоса пропускания 0–4 Гц, свободное от шумов разрешение канала 16.3 бита, амплитуда эквивалентного входного магнитного шума в полосе пропускания 0.012 мТл, приведенный к входу долговременный дрейф измерений – не более 0.08 мТл за 48 ч.

**Короленко П.В., Кубанов Р.Т., Павлов Н.Н. Пространственный модулятор когерентного излучения на основе жидкокристаллического дисплея персонального компьютера.** – 5 с., 2 рис.

Рассмотрена и реализована возможность создания простого и дешевого пространственного модулятора света на основе жидкокристаллической матрицы дисплея персонального компьютера.

**Котов В.М., Аверин С.В., Зенкина А.А., Белоусова А.С. Поляризационные особенности пространственного акустооптического фильтра, основанного на дифракции в два симметричных брэгговских порядка.** – 13 с., 6 рис.

Исследованы поляризационные свойства двухканального пространственного акустооптического фильтра, основанного на дифракции в два симметричных брэгговских порядка. Продемонстрирован вариант, когда в процессе фурье-обработки изображения контуры в разных каналах образуются в разных поляризациях, причем формирование контуров происходит на разных акустических частотах. Вариант подтвержден экспериментально на примере оптической фурье-обработки изображения, переносимого излучением с длиной волны света 0.63 мкм. В качестве фильтра пространственных частот использована акустооптическая ячейка из парателлурита, позволившая выделить контур изображения по одному каналу на частоте звука 34 МГц, а по-другому – на частоте 42 МГц.

**Мещеряков А.И., Гришина И.А. Восстановление профиля электронной температуры плазмы по данным диагностики электронного циклотронного излучения и относительная калибровка ее частотных каналов в режиме омического нагрева плазмы в стеллараторе Л-2М.** – 13 с., 7 рис.

Предложена методика восстановления профиля электронной температуры в условиях, когда интегральный коэффициент поглощения электронного

циклотронного (ЭЦ) излучения меньше единицы. Проведено численное моделирование плазмы в режиме омического нагрева для стелларатора Л-2М. Показано, что профиль радиационной температуры, построенный по данным диагностики ЭЦ-излучения в режиме омического нагрева, требует значительной коррекции. Ширина профиля оказывается меньше, чем ширина истинного профиля температуры, а центральная температура плазмы занижена примерно на 30%. Предложен новый метод относительной калибровки каналов диагностики ЭЦ-излучения в режиме омического нагрева. Полученные калибровочные коэффициенты могут быть использованы при проведении измерений температуры плазмы в режиме электронного циклотронного резонансного нагрева.

**Рычков М.М., Каплин В.В., Смолянский В.А. Пространственное разрешение изображений и эффективный размер фокуса тормозного излучения усовершенствованного компактного бетатрона SEA-7 с энергией электронов 7 МэВ.** – 12 с., 7 рис.

Представлены экспериментальные результаты по определению разрешающей способности радиографии с использованием тормозного излучения усовершенствованного компактного бетатрона SEA-7 с энергией 7 МэВ. Измерения проведены с использованием рентгеновской пленки AGFA NDT D4 PbVacuPac и индикатора качества изображений Duplex IQI (model EN 462-5). Полученные результаты демонстрируют различное разрешение (около 0.16 мм) пар тонких проволок индикатора в различных областях конуса излучения, т.е. различный горизонтальный размер эффективного фокуса излучения (около 0.2 мм), что необходимо учитывать при анализе радиографических изображений реальных объектов. Оценен также вертикальный размер фокуса излучения (около 1.4 мм), который перпендикулярен плоскости орбиты электронов.

**Терентьев А.А. Электростатическая линза для коррекции пучка ионов магнетронного источника.** – 7 с., 6 рис.

Описаны принципиальная схема и конструкция электростатической линзы для коррекции и дополнительной фокусировки пучка, выходящего из источника ионов магнетронного типа. Представлен чертеж такой линзы.

**Штро К.С., Батраков А.М., Ильин И.В., Окунев И.Н., Павленко А.В., Синяткин С.В. Измерение карты поля в импульсных поворотных магнитах ускорителей с помощью датчиков Холла.** – 20 с., 10 рис.

Описываемая в статье система предназначена для измерения карты поля импульсных поворотных магнитов ускорителей. Как пример выбран магнит, являющийся элементом канала перепуска частиц из бустера в нуклотрон создаваемого в ОИЯИ комплекса NICA. Анализ возможностей различных методов в измерениях импульсных полей и требования к погрешностям измерения в поворотных магнитах лучше чем  $10^{-3}$  привели к разработке метода, базирующегося на использовании датчиков Холла. В статье обобщаются созданный метод, описываются его возможности, а также аппарат-

ные средства, разработанные для проведения измерений. В завершение приводятся и анализируются результаты измерений импульсных поворотных магнитов канала бустер—нуклотрон.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

**Александров И.С., Вагнер М.А., Козлова Е.С., Кумпан А.В., Пинчук А.В., Хромов А.В. Устройство для контроля границы раздела фаз на основе пластикового сцинтиллятора и кремниевых фотоумножителей. — 11 с., 6 рис.**

Описан прототип устройства для определения уровня раздела фаз, которое может быть использовано для операционного контроля процесса замедленного коксования в нефтехимической промышленности. Приведена схема и конструкция разработанного аппарата экспериментального образца, состоящего из ограниченного пластикового сцинтиллятора и матрицы кремниевых фотоумножителей. Представлено компьютерное моделирование отклика сцинтилляционного детектора в условиях реальной геометрии коксовой камеры. Приведены экспериментальные результаты, демонстрирующие работоспособность устройства.

**Бойко А.А., Кирьякова А.Ю., Ерушин Е.Ю., Костюков Н.Ю. Разработка течеискателя метана на основе абсорбционной спектроскопии с применением диодных матриц. — 10 с., 8 рис.**

Статья посвящена исследованию течеискателя метана на основе абсорбционной спектроскопии. В качестве источника излучения использовалась светодиодная матрица с длиной волны около 3.3 мкм, где расположена одна из линий поглощения метана. Система стабилизирована по температуре. Получена пороговая чувствительность около 60 ppm CH<sub>4</sub>.

**Кузнецова Т.М., Берёзов А.М., Загрядский В.А., Маковеева К.А., Маламут Т.Ю., Новиков В.И., Рыжков А.В. Лабораторная установка для экспрессного электрохимического растворения порошковой родиевой мишени. — 10 с., 2 рис.**

Настоящая работа выполнена в рамках исследований, направленных на создание терапевтического “in vivo” генератора эмиттера оже-электронов <sup>103</sup>Pd/<sup>103m</sup>Rh. Радиоизотоп <sup>103</sup>Pd можно нарабатывать в мишени из металлического родия в результате реакций Rh(*p*, *n*)<sup>103</sup>Pd или Rh(*d*, 2*n*)<sup>103</sup>Pd. Для выделения из мишени <sup>103</sup>Pd необходимо перевести родий в раствор, что является непростой задачей. В статье дано описание разработанной лабораторной установки и изложена техника экспрессного растворения родия, заключающаяся в чередовании циклов растворения родия (~2.5 ч) переменным током 15 А и восстановления постоянным током 1 А (15 мин). Отработана техника восстановления металлического родия из раствора Rh в 6М соляной кислоте для включения его в замкнутый технологический цикл производства <sup>103</sup>Pd. На примере растворения облученной протонами порошковой родиевой

мишени продемонстрирована работоспособность созданной лабораторной установки.

**Логвиненко С.В. Система регистрации сигналов многолучевого радиотелескопа БСА ПРАО АКЦ ФИАН. — 9 с., 2 рис.**

Описывается многоканальная система регистрации сигналов, созданная для 128-лучевого радиотелескопа БСА ПРАО АКЦ ФИАН. Сигналы, поступающие от радиотелескопа, представляют собой радиочастотные сигналы в диапазоне частот 0–115 МГц с рабочей полосой телескопа шириной 2.5 МГц, расположенной в диапазоне 109–111.5 МГц. Оцифровка каждого сигнала осуществляется методом прямой оцифровки с частотой 230 МГц с дальнейшей полностью цифровой обработкой сигналов. В обработку входят перенос рабочей полосы в область низких частот, подавление сигнала вне рабочей полосы и разделение полезного сигнала на 512 спектральных каналов с помощью комплексного фурье-процессора. Вся обработка выполняется на основе программируемых логических интегральных схем, расположенных на специально разработанных в ПРАО базовых модулях, устанавливаемых в слоты промышленных компьютеров. Последовательности спектров затем передаются в ОЗУ компьютера в программу регистрации с последующей записью в нужном формате на жесткий диск. Применение совмещенной аппаратной и программной обработки позволило создать компактную, надежную и недорогую систему регистрации. Многоканальная система регистрации сигналов создана специально для радиотелескопа БСА и является уникальной.

**Раджапов С.А., Нурбоев К.М., Муллагадиева Ф.Г., Раджапов Б.С., Зуфаров М.А. Разработка многоканального радиометра на основе кремниевых детекторов для измерения альфа-, бета- и гамма-излучений естественных изотопов. — 14 с., 4 рис.**

Приведены результаты разработки универсального радиометрического устройства для измерения активностей альфа-, бета-, гамма-излучений и объемной активности радона в почве, воздухе и воде. Представлены структура многоканального радиометрического устройства с программным обеспечением, схема микроконтроллерного узла с формирователем сигналов, работа электронных узлов. Приводятся данные мониторинга объемной активности альфа-частиц радона и активностей бета- и гамма-излучений в почвенном воздухе. Результаты мониторинга показали зависимость активностей от температуры, влажности и времени суток. Устройство компактное, мобильное, универсальное может использоваться как стационарно, так и в полевых условиях. Разработанная программа RMI V1.7 позволяет проводить длительный мониторинг в режиме реального времени и все измерения отображаются на мониторе компьютера.

**Семена Н.П., Доброленский Ю.С., Сербинов Д.В., Вязоветский Н.А., Мартынович Ф.Г. Теплопроницаемость экранно-вакуумной теплоизоляции в атмосфере Марса. — 16 с., 8 рис.**

Представлены результаты эксперимента по изменению теплопроницаемости типовой экранно-вакуумной теплоизоляции в вакууме и в условиях, имитирующих марсианскую атмосферу. Измерения показали, что данная теплопроницаемость увеличивается приблизительно на одну треть при перемещении экранно-вакуумной теплоизоляции из вакуума в марсианскую атмосферу. Полученные результаты дают возможность корректно определить мощность нагрева покрытых экранно-вакуумной теплоизоляцией приборов на поверхности Марса и тем самым использовать типовую экранно-вакуумную теплоизоляцию для этих приборов и на этапе перелета, и при работе на поверхности Марса. Объектом исследования являлся покрытый экранно-вакуумной теплоизоляцией прибор ИСЕМ, который входил в состав научной аппаратуры несостоявшейся миссии "ЕхоMars-2022".

**Филиппов А.Ю., Филиппов Ю.П., Коврижных А.М.** Модификации бессепарационного расходомера нефть–вода–газ с двухизотопным гамма-плотномером для частных случаев применения. — 27 с., 9 рис.

На примере трехфазного расходомера горизонтальной ориентации с номинальным диаметром DN 100 предложены варианты проектирования и создания сравнительно простых двухфазных расходомеров без устройств для измерения средней плотности смеси маловязких потоков, например вода–газ, пользуясь только коническими сужающимися устройствами (СУ) различных размеров, для которых характерны такие особенности, как кризис гидравлического сопротивления в СУ и разные количественные характеристики, описывающие этот кризис. Предложен расчетно-экспериментальный способ, демонстрирующий принципиальную возможность нахождения объемного расходного газосодержания  $\beta$  по отношению перепадов давления на обоих СУ. Предложена необычная расчетная модель, основанная на необходимости знать пару измеренных перепадов давления  $\Delta P$  и предварительные экспериментальные калибровочные зависимости  $\Delta P(\beta)$  для обоих СУ при различных объемных расходах жидкости  $Q_1$ , и показано, что полученные погрешности определения  $Q_1$  и  $\beta$  вполне приемлемы для практики в некоторых случаях. Предложена и создана универсальная конструкция двухфазного расходомера, позволяющая работать с потоками жидкость–газ не только относительно низкой вязкости, но и сравнительно высокой вязкости, а также с двухфазными жидкостными потоками. Она основана на комбинации пары СУ и камертонного плотномера, что обеспечивает приемлемую для практики точность измерений. Представлен также вариант трехфазного расходомера нефть–вода–газ.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

**Avijit Das, Rajendra P. Giri, Mrinmay K. Mukhopadhyay.** Design of a Liquid Cell for Structural investigations of Supported Lipid Membrane by Synchrotron X-rays over a Wide Temperature Range, from Lower to Higher than Ambient. — 17 p., 7 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

An Oxygen-free copper-based cell has been designed to perform X-ray scattering experiments from the solid-sup-

ported lipid membranes immersed in water. This cell can be used to investigate the structural changes in the membrane depending on the composition of the lipids, the effects of temperatures, and the changes in arrangements of the lipids in the membrane on the addition of the external molecules. The design of the cell has been optimized to get a good signal-to-noise ratio (SNR) for the measurements of X-ray reflectivity and grazing incidence diffraction by controlling the X-ray path within the liquid in the cell and easy operation for variable liquid temperature. This very low-cost temperature-controlled setup, developed in our laboratory, can perform in-situ X-ray measurements at various temperature ranges — starting from around 4°C up to 70°C which is very relevant to study the phase transition temperature of the lipids constituting the cell membranes. The detailed mechanical design of the cell and electrical control mechanism of the temperature of the liquid inside the cell has been discussed here. One such X-ray reflectivity measurement is shown here to express the capability of the cell for the study of the solid-supported bilayer sample composed of dipalmitoyl phosphocholine lipid at two different temperatures, below its phase transition temperature.

**Глушкова Т.И., Коченда Л.М., Кравцов П.А., Фетисов А.А.** Универсальная газовая установка с функцией выделения и очистки гелия-3. — 8 с., 7 рис.

Описан принцип работы газовой установки, предназначенной для получения трехкомпонентных газовых смесей путем использования статического смешения, с функцией выделения и очистки газа гелия-3 из смеси  $CF_4 + ^3He$ . Рассматривается процесс приготовления трехкомпонентной газовой смеси для дальнейшего использования в монокамерных детекторах нейтронов, а также процесс выделения гелия-3 из смеси  $CF_4 + ^3He$  и его очистки для использования в гелиевых счетчиках нейтронов и для перезаполнения гелиевых детекторов нейтронов.

**Миньков К.Н., Ружицкая Д.Д., Боровкова О.В., Власов С.В., Галкин М.Л., Амеликин А.С., Лобанов В.Е., Биленко И.А.** Автоматизированная установка для изготовления оптических волокон с субмикронным диаметром. — 14 с., 5 рис.

Разработана методика полностью автоматизированного производства оптического волокна с субволновым диаметром. Приведено подробное описание реализованной автоматизированной установки, позволяющей получать кварцевые волокна с рекордно малым диаметром перетяжки 400 нм, длиной растянутого участка до 100 мм и уровнем потерь в пропускании 0.4 дБ на длине волны 1550 нм. Воспроизводимость параметров волокон с заданной геометрией составляет  $\pm 30\%$ . Предложенная методика полностью автоматизированного производства позволяет существенно упростить и стандартизировать производство волоконно-оптических элементов с субволновым диаметром для создания эффективных элементов связи для оптических микрорезонаторов с гигантской добротностью, а также для изготовления субволновых волокон для задач оптической фильтрации и абсорбционной спектроскопии.

**Ружицкая Д.Д., Воробьев К.А., Капридов Н.А., Самойленко А.А., Миньков К.Н.** Полированное волокно как перспективный элемент для связи с микрорезонатором с модами шепчущей галереи. — 12 с., 5 рис.

Предложена методика создания элемента связи для микрорезонатора с модами типа шепчущей галереи на основе полированного оптического волокна, не требующая использования дорогостоящих компонентов и технологий. Продемонстрировано, что предложенный элемент связи обеспечивает эффективность передачи излучения вплоть до 30%, а также позволяет управлять состоянием поляризации излучения на входе в микрорезонатор.

**Семенов А.М., Смирнов А.В. Изучение термического газовыделения из люминофора Р43 и аэрогеля для применения в вакуумной системе ЦКП “СКИФ”. — 12 с., 4 рис.**

Успешная работа ЛИНАКа ЦКП “СКИФ” напрямую связана с усовершенствованием методов диагностики для измерения поперечного профиля и продольного распределения заряда пучка, которые, в свою очередь, требуют использования новых материалов или методов их изготовления. В данной статье приведены результаты термического газовыделения аэрогеля и люминофора Р43, нанесенного методом электрофоретического осаждения, применяемых в диагностических устройствах ЛИНАКа ЦКП “СКИФ”.

**Суслов Д.А., Ветошко П.М., Машин А.В., Полулях С.Н., Бержанский В.Н., Шавров В.Г. Магнитооптический метод наблюдения фаз магнитной упорядоченности пленок редкоземельных ферритов-гранатов с точкой компенсации. — 7 с., 6 рис.**

В целях изучения неколлинеарной фазы в пленках ферромагнетиков с точкой магнитной компенсации разработана методика и изготовлена экспериментальная установка для наблюдения фазовых переходов в пленках ферромагнетиков с помощью магнитооптического контраста. Особенностью установки со сверхпроводящим магнитом является наличие управляемого латерального градиента температуры, позволяющего одновременно наблюдать магнитооптическим методом различные фазовые состояния в пленках ферромагнетиков в диапазоне магнитных полей и температур. С помощью разработанной установки на примере редкоземельных ферритов-гранатов наблюдались зоны различной магнитной упорядоченности в диапазоне магнитных полей от 0 до 10 Тл и температур от 150 до 400 К. Латеральный градиент температуры в плоскости пленки можно было изменять от 0 до 12 градусов. С помощью данной методики наблюдались различные фазы спин-переориентационного перехода первого рода в пленках состава  $(\text{BiYGd})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$ .

**Тарасиков В.П. Высокотемпературная установка для измерения коэффициента линейного расширения. — 6 с., 3 рис.**

Приведено описание высокотемпературной (до 1600°C) установки по измерению коэффициента линейного расширения с использованием относительного метода. Измерительный блок установлен в защитном пер-

чаточном боксе, что позволило проводить измерения на образцах, облученных в реакторе. Изменения длины образца при нагреве фиксировались индикаторной головкой часового типа с точностью 1 мкм с пределами измерения 0–10 мм. Установка использовалась для определения значений распухания облученных образцов при высокотемпературных отжигах и получения значений коэффициента линейного расширения перспективных реакторных материалов. Средняя относительная ошибка измерений составляет 8–11%.

**Яскин А.С., Зарвин А.Е., Каляда В.В., Дубровин К.А., Художников В.Э. Аппаратура для исследования истечения струй жидкостей из сопел субмиллиметрового диаметра в разреженную среду. — 10 с., 4 рис.**

Представлена аппаратура для исследования формирования струй летучих жидкостей в разреженной среде. Аппаратура создана на базе газодинамической установки с высокой производительностью откачки, предназначенной для исследования сверхзвуковых течений газа. Приведены описание и результаты испытаний аппаратуры и проверки методик фото- и видеофиксации соплового истечения этанола для изучения формы и структуры струй жидкости в различных условиях при длительных режимах истечения из сопел субмиллиметрового диаметра.

## ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО И УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Васильев М.Н., Васильева Т.М. Многофункциональная установка для демонстрационных экспериментов по физике и технике электронно-пучковой плазмы. — 13 с., 7 рис.**

Приводится описание созданной в МФТИ установки для демонстрационных и учебных экспериментов, иллюстрирующих физические явления, которые происходят при генерации плазмы инжекцией электронных пучков в плотные газообразные среды и аэрозоли. Установка оснащена многофункциональной рабочей камерой с набором сменяемых элементов, что позволяет демонстрировать разнообразные эффекты, наблюдаемые при взаимодействии электронно-пучковой плазмы с веществом в широком диапазоне условий. Аппаратно-программный комплекс, управляющий работой установки и диагностическими средствами, обеспечивает накопление и компьютерную обработку первичных данных, поддерживает совместимость аппаратуры со стандартными и специально разработанными системами визуализации, что позволяет использовать установку для демонстраций как в офлайн-, так и в онлайн-форматах.