

СИГНАЛЬНАЯ  
ИНФОРМАЦИЯ

АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ  
К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816221030356

ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Гуров Ю.Б., Лапушкин С.В., Розов С.В., Сандуковский В.Г., Чернышев Б.А. Отбор событий в реакциях поглощения  $\pi^-$ -мезонов ядрами. — 8 с., 4 рис.**

Представлено описание методики отбора событий при поглощении остановившихся пионов в тонких мишенях. Данный подход основан на использовании в качестве последних слоев замедлителя двух мониторинговых кремниевых детекторов и “живой” мишени, которая также представляет собой Si-детектор. Установка порогов на мониторинговых детекторах и анализ сигналов с “живой” мишени позволяют отбирать пионы с остаточным пробегом, соответствующим толщине мишени, и достаточно надежно исключать фон от остановок в мониторинговой системе. Показано, что представленный метод обеспечивает эффективность выделения остановок  $\pi^-$ -мезонов на уровне 90%.

**Джилкибаев Р.М. Черенковский монитор протонного пучка. — 11 с., 10 рис.**

Представлены результаты исследования черенковского монитора протонного пучка. Описана электроника, состоящая из предусилителя и усилителя сигналов детектора. Проведено сравнение измеренной формы сигналов с результатами моделирования сигналов в мониторе при регистрации протонов. Измерена относительная дисперсия коэффициента усиления фотоэлектронного умножителя для одиночных фотоэлектронов. Получено хорошее согласие результатов измерений мониторов с показаниями индукционного датчика тока протонного пучка. Монитор не регистрирует фотоны и электроны с энергией ниже 170 кэВ, что важно для подавления низкоэнергичного фона.

ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

**Арзев А.Г., Галахов И.В., Ганин Л.С., Гришанин А.В., Елисеев В.В., Картаев В.Н., Коженков Е.В., Креков А.В., Мартыненко В.А., Мускатиньев В.Г., Наумов Д.А., Немаев Д.Ю., Осин В.А., Свиридов В.В., Фролов О.В., Хапугин А.А. Коммутаторы нового поколения на реверсивно-включаемых динисторах для мощных электрофизических установок. — 16 с., 12 рис.**

Представлены результаты разработки и основные характеристики полупроводниковых коммутаторов тока нового поколения (250 кА/25 кВ/70 Кл) на основе блоков последовательно соединенных реверсивно-включаемых динисторов (р.в.д.). Изучены пути повышения коммутируемой мощности, повышения срока службы и надежности р.в.д.-коммутаторов с сохранением принятых ранее массогабаритных показателей. Задача решалась путем снижения мощности потерь

р.в.д. и повышения стойкости контактных соединений к воздействию импульсов тока большой мощности. Выполнены модернизация конструкции коммутатора и оптимизация кремниевой структуры, разработана новая технология низкотемпературного соединения в системе кремний–металл с применением серебра, что позволило удвоить активную площадь контактов, улучшить нагрузочные характеристики и рабочий ресурс новых коммутаторов. Определены их рабочие и предельно-допустимые значения пусковых и коммутируемых токов. Представлены результаты эксплуатации р.в.д.-коммутаторов в емкостных накопителях энергии мощных лазерных установок. По результатам ресурсных испытаний сделана оценка срока службы новых приборов.

**Рожков А.В. Высоковольтный высокочастотный генератор субнаносекундных импульсов на основе арсенид-галлиевых дрейфовых диодов с резким восстановлением. — 7 с., 3 рис.**

Показана перспектива использования высоковольтных дрейфовых GaAs-диодов с резким восстановлением для формирования импульсов субнаносекундной длительности. Приводится электрическая схема генератора, обеспечивающего при общей эффективности не менее 25% получение на нагрузке 50 Ом импульсов амплитудой до 550 В с временем нарастания напряжения 0.43 нс, длительностью на полувысоте амплитуды 0.73 нс и частотой следования до 200 кГц.

**Рябов И.В., Стрельников И.В., Дегтярев Н.В. Высокочастотный цифровой вычислительный синтезатор сложных широкополосных сигналов для телекоммуникационных систем. — 12 с., 7 рис.**

Приведены принципы построения и структурно-схемотехнические решения цифровых вычислительных синтезаторов, построенных на базе метода прямого цифрового синтеза частот и сигналов. Представлены структурная и принципиальная схемы цифрового вычислительного синтезатора сложных широкополосных сигналов, позволяющего синтезировать сигналы с амплитудной, частотной и фазовой модуляцией в диапазоне частот от 0.001 до 920 МГц.

ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Антонов С.Н. Акустооптический сумматор-модулятор излучения лазеров. — 6 с., 4 рис.**

Акустооптический метод суммирования мощности двух однотипных лазеров с модуляцией и регулируемой интенсивности основан на одновременной дифракции двух лазерных лучей в одном акустооптическом кристалле парателлурита на одной акустической волне. Для лазеров с длинами волн от 400 до 1000 нм частотный диапазон акустических волн составляет

30–5 МГц. Метод применим как для непрерывных, так и для импульсных лазеров. На примере сложения мощностей непрерывных полупроводниковых лазеров (мощность 10 Вт, длина волн 532 нм) показано, что суммарная мощность составила 19.2 Вт.

**Антонов С.Н., Резвов Ю.Г. Акустооптический дефлектор на парателлурите – повышение тепловой стабильности параметров.** – 9 с., 8 рис.

Экспериментально исследованы явления, возникающие при внутреннем нагреве (выделении управляющей радиомощности) акустооптического дефлектора на основе парателлурита с отводом тепла от пьезопреобразователя через жидкостный контакт. Установлено, что, кроме температурного дрейфа скорости звука и показателей преломления, существенное влияние на характеристики дефлектора оказывает температурная неоднородность. При этом объем кристалла ведет себя как оптический клин – более оптически плотный у преобразователя, и менее плотный – при удалении от него. Обнаружен эффект внутренней компенсации тепловой девиации положения дифрагированного луча при определенной ориентации дефлектора.

**Градобоев А.В., Орлова К.Н., Симонова А.В., Седнев В.В. Имитация различных внешних воздействий на светодиоды схемным моделированием объемных каналов утечки тока.** – 16 с., 19 рис.

Описана методика физического моделирования влияния объемных каналов утечки тока (дислокаций) на электрофизические и светотехнические характеристики светодиодов путем подключения параллельно  $p-n$ -переходу светодиода омического сопротивления или другого  $p-n$ -перехода. Установлены соотношения, позволяющие определить изменение электрофизических и светотехнических характеристик светодиодов при воздействии различных внешних факторов (ионизирующего излучения, длительной эксплуатации и т.д.). Используя полученные соотношения, можно определить электрофизические характеристики дислокаций по изменению электрофизических и светотехнических характеристик светодиодов при учете роли дислокаций. На основе известных литературных данных показана эффективность использования установленных соотношений при анализе характеристик светодиодов, подвергнутых внешним воздействиям.

**Котов В.М., Воронко А.И. Акустооптический фильтр пространственных частот двухцветного излучения, оперирующий в первом дифракционном порядке.** – 11 с., 3 рис.

Исследованы характеристики акустооптической (а.о.) брэгговской ячейки двухцветного излучения в качестве дифференциального фильтра пространственных частот, в котором рабочим является первый дифракционный порядок. Показано, что в общем случае невозможно обеспечить двумерное дифференцирование изображения одновременно на двух длинах волн. Найден вариант, позволяющий перейти от одной длины волны к другой с сохранением операции двумерного дифференцирования посредством изменения мощности звука. Вариант экспериментально подтвержден на примере формирования двумерного контура с использованием двухцветного излучения Ar-лазера, генерирующего на длинах волн  $0.488 \cdot 10^{-4}$  см и  $0.514 \cdot 10^{-4}$  см, и а.о.-ячейки из  $\text{TeO}_2$ , работающей на частоте звука 51 МГц.

**Потапов В.Т., Жамалетдинов Н.М. Возможности повышения точности измерений абсолютных**

**расстояний методом спектральной низкокогерентной интерферометрии.** – 6 с., 4 рис.

Исследованы возможности повышения точности измерений волоконно-оптических датчиков абсолютных расстояний нанометрового диапазона, использующих спектральный метод волоконно-оптической низкокогерентной интерферометрии. Экспериментально показана возможность измерения расстояния с погрешностью не более  $\pm 15$  нм в диапазоне 20–250 мкм.

**Семенов А.П., Семенова И.А., Цыренов Д.Б.-Д., Николаев Э.О. Физическое распыление медного анода планарного магнетрона пучком ускоренных ионов аргона энергий 1–10 кэВ.** – 5 с., 2 рис.

В приближении переноса кинетической энергии в каскадах столкновений рассматривается численная оценка коэффициента распыления медного анода магнетрона. Показано, при инъекции 1–10 кэВ ионного пучка в магнетрон коэффициент распыления медного анода магнетрона составляет 3–6 атомов на один падающий ион, что позволяет вносить и регулировать с высокой точностью и в малых долевых соотношениях (единицы ат. %) примесь, в частности медь, в условиях синтеза сверхтвердых TiN-Cu-покрытий реактивным магнетронным распылением и направленно воздействовать на нанокристаллическую структуру покрытий.

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

**Алферов В.Н., Бритвич Г.И., Васильев Д.А., Костин М.Ю., Лутчев А.В., Сухих А.В., Федорченко В.Н., Черниченко С.К., Янович А.А. Радиационный монитор на основе литьевых полистирольных сцинтилляторов с использованием спектросмещающих волокон.** – 5 с., 3 рис.

Описан радиационный монитор на основе литьевого полистирольного сцинтиллятора со спектросмещающими оптоволоконными, обладающий большой светосилой – размеры активной части детектора  $100 \times 200 \times 5$  см. В состав монитора входят также датчик присутствия объекта контроля и телевизионная камера, объединенные единой системой управления. Монитор предназначен для контроля транспортировки радиоактивных материалов.

**Богомолов А.В., Драган С.П., Оленина И.В. Аппаратно-программный комплекс для ипсилатерального измерения порога акустического рефлекса.** – 18 с., 7 рис.

Аппаратно-программный комплекс предназначен для ипсилатерального измерения акустического рефлекса путем определения резонансной частоты наружного слухового прохода, изменяющейся за счет непроизвольного сокращения мышц среднего уха в ответ на звуки высокой интенсивности. Для определения резонансных характеристик наружного слухового прохода используется модифицированный метод двух микрофонов. Измеряя звуковое давление и разность фаз звуковых колебаний в двух сечениях волновода, герметично соединенного с наружным слуховым проходом, в заданном диапазоне частот определяют необходимые акустические характеристики. Программное обеспечение позволяет в автоматическом режиме формировать тестовый полигармонический сигнал и управлять амплитудой стимулирующего сигнала, а по результатам обработки измеренных данных рассчитывать частотно-зависимые коэффициенты отражения,

коэффициенты поглощения и компоненты акустического импеданса наружного слухового прохода. Принципиальными особенностями разработанного комплекса являются отсутствие необходимости создания стационарного избыточного давления в наружном слуховом проходе, а также обеспечение прямого измерения импеданса наружного слухового прохода в звуковом диапазоне частот с любым заданным шагом.

**Герасимова С.К., Гололобов П.Ю., Григорьев В.Г., Зверев А.С., Стародубцев С.А., Егоров А.Г., Неустроев Н.И., Михеев А.А., Сорокин Е.Е., Кармадонов А.А., Пахмулов А.В. Мюонный телескоп на сцинтилляционных счетчиках.** — 15 с., 4 рис.

Описан комплекс, состоящий из четырех современных сцинтилляционных мюонных телескопов, входящих в состав спектрографа космических лучей им. А.И. Кузьмина в Якутске. Детекторы космических лучей этого типа размещены на поверхности Земли, а также в горизонтальных рассечках, специально вырытых в вечномёрзлых грунтах шахты на глубинах 7, 20 и 40 м водного эквивалента, и дополняют ранее созданные мюонные телескопы на газоразрядных счетчиках СГМ-14. Новые мюонные телескопы на сцинтилляционных счетчиках СЦ-301 имеют существенно большие площадь и точность регистрации мюонов атмосферного происхождения и позволяют регистрировать заряженные частицы, приходящие из 13-ти различных направлений. Приведено описание системы регистрации и передачи данных на сервер базы данных, расположенный на удалении от станции космических лучей “Якутск” и функционирующий под управлением системы PostgreSQL в режиме реального времени.

**Глуховский Е.М., Егоров А.И., Карапетянц М.И. Разработка алгоритма кодирования звука для системы кохлеарной имплантации.** — 20 с., 9 рис.

Разработана стратегия стимуляции для нового устройства системы кохлеарной имплантации, создаваемой в МФТИ. Построена модель восприятия звука, обработанного по такой стратегии, человеком с кохлеарным имплантом. Качество работы стратегии оценивалось на слух путем сравнения звука, полученного с помощью обратного преобразования, и исходного сигнала. Трудно было учесть многие индивидуальные физиологические факторы, такие как перекрестная стимуляция соседних каналов, состояние нервных окончаний индивида. Но при использовании описанных упрощений было получено, что информация, передаваемая посредством стимуляции кохлеарной зоны при применении данной стратегии, позволяет разборчиво воспроизводить речь.

**Михалко Е.А., Маурчев Е.А., Балабин Ю.В., Германенко А.В. Направленный детектор нейтронов умеренных энергий.** — 8 с., 6 рис.

Для совместного использования со стандартными детекторами на станции космических лучей г. Апатиты разработан и установлен нейтронный спектрометр с тремя каналами по энергиям и углом приема частиц, составляющим  $15^\circ$ . Такая конфигурация устройства позволяет изучать степень анизотропии потока частиц. Характеристики детектора (функция отклика и угол приема частиц), а также геометрические размеры были получены численным моделированием при помощи пакета программ GEANT4. В ходе работы устройства была собрана база данных наблюдений и получены предварительные результаты.

**Стерлядкин В.В., Куликовский К.В., Кузьмин А.В., Шарков Е.А., Лихачева М.В. Струнный волнограф с инфракрасной регистрацией длин струн.** — 8 с., 8 рис.

Рассмотрен новый способ регистрации параметров морского волнения, основанный на видеорегистрации длины вертикально расположенных струн. Оказалось, что хлопковые струны, освещенные инфракрасным прожектором, ярко светятся в надводной части, формируя четкий край на границе раздела. Измерения возможно проводить в любое время суток при расстояниях между струн от единиц миллиметров до десятков сантиметров. Приводятся результаты натурных измерений, проведенных на морской платформе. Представлены примеры расчетов спектров возвышений, распределения одномерных и двумерных уклонов, оценки анизотропии. Обоснована точность измерений, перспективы развития и ограничения предложенного метода.

**Филиппов М.В., Махмутов В.С., Квашнин А.Н., Максумов О.С., Стожков Ю.И., Raulin J.-P., Tacza J. Наземная установка для детектирования космических лучей “Гамма-спектрометр” в астрономическом комплексе CASLEO.** — 7 с., 5 рис.

Представлены описание и технические характеристики научной установки “Гамма-спектрометр” для детектирования космических лучей, сконструированной на Долгопрудненской научной станции ФИАН в сотрудничестве с Университетом Маккензи (Сан-Пауло, Бразилия). Данная установка непрерывно функционирует в астрономическом комплексе CASLEO с 2015 года. Основой детектирующих модулей установки являются сцинтиллятор NaI(Tl)  $\varnothing$  76.2 мм и высотой 76.2 мм, фотоэлектронный умножитель Hamamatsu R1307, высоковольтный источник питания и преусилитель. Также приведена методика экспериментальной калибровки спектрометра.

**Шувалов В.А., Токмак Н.А., Письменный Н.И., Кочубей Г.С. Физическое моделирование воздействия атомарного кислорода ионосферы Земли на полимеры космических аппаратов.** — 19 с., 5 рис.

Разработана процедура физического (стендового) моделирования длительного взаимодействия полимерных конструкционных материалов космических аппаратов с атомарным кислородом в ионосфере Земли с применением высокоэнергичных ионов атомарного кислорода потоков разреженной плазмы и эталонного полимера полиимида kapton-N. В качестве условия эквивалентности физического взаимодействия атомарного кислорода с полимерами используется равенство потерь массы материала в ионосфере и на стенде. Показано, что при облучении полимера kapton-N потоками атомарного кислорода с энергиями 30–80 эВ деградацию полимера определяет химическое травление. При этом флюенс атомарного кислорода и коэффициент ускорения стендовых испытаний практически на два порядка больше, чем коэффициент ускорения при облучении полиимида kapton-N потоками атомарного кислорода с энергией 5 эВ.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

**Afrasyab Khan, Khairuddin Sanaullah, Спиридонов Е.К., Подзерко А.В., Хабарова Д.Ф., Ahmad Hasan Ali, Ahmed Salam Farooqi, Mohammed Zwawi, Mohammed Algarni, Bassem F. Felemban, Ali Bahadar, Atta**

**Ушаев Н. Разработка и применение системы на основе датчиков проводимости для исследования взаимодействия между сверхзвуковой паровой струей и водой.** — 15 с., 12 рис.

Работа представляет собой попытку описать парожидкостные потоки с фазовыми переходами, что может помочь в определении передачи массы, количества движения и энергии в межфазной области, содержащей пар и воду. В этом исследовании описывается разработка сенсорной электродной системы измерения паровой фракции, на основе переменного тока, называемой системой томографии электрического сопротивления (ERT — Electrical Resistance Tomography). Система на основе ERT была применена, чтобы выявить процессы, связанные со сверхзвуковой закачкой пара в объем воды. Система сбора данных на основе ERT применялась в течение заданного интервала времени, а полученные данные обрабатывались с использованием бесплатного кода, известного как EIDORS. Изображения, полученные таким образом с помощью EIDORS, дали плоскую картину сверхзвуковой струи пара в окружающей воде. Изображения представляют собой хорошо видимые границы между фазами пара и воды, а также турбулентную зону между ними. Было обнаружено, что при повышении температуры на 30–60°C площадь паровой струи увеличивается с 46.51 до 65.40% при давлении пара на входе 3.0 бар.

**Градобоев А.В., Бондаренко Е.А., Варлачев В.А., Емец Е.Г., Седнев В.В. Методика исследования стойкости светодиодов к облучению быстрыми нейтронами на реакторе ИРТ-Т.** — 8 с., 4 рис.

Описана методика исследования стойкости светодиодов и.к.-диапазона длин волн к воздействию быстрых нейтронов на реакторе ИРТ-Т. Для горизонтального экспериментального канала ГЭК-6 реактора ИРТ-Т разработан фильтр, поглощающий тепловые нейтроны, на основе карбида бора и кадмия. Показана идентичность деградационных процессов в светодиодах при воздействии быстрых нейтронов с импульсным (реактор БАРС-4) и непрерывным (ГЭК-6 реактора ИРТ-Т) флюенсом. Разработанная методика может быть рекомендована для исследования стойкости различных материалов и изделий электронной техни-

ки к воздействию быстрых нейтронов в различных режимах облучения.

**Загрядский В.А., Кравец Я.М., Латушкин С.Т., Маламут Т.Ю., Новиков В.И., Рыжков А.В., Удалова Т.А., Унежев В.Н., Чувилин Д.Ю. Установка для извлечения радиоизотопов рендия из облученной вольфрамовой мишени.** — 7 с., 3 рис.

Разработана установка для экспрессного термического извлечения радиоизотопов Re из облученной вольфрамовой мишени. Работа установки протестирована с помощью вольфрамовой мишени, предварительно облученной дейтронами на циклотроне У-150 НИЦ “Курчатовский институт”. Приводится описание конструкции установки и принцип ее работы. Показано, что за один двухэтапный цикл “прокаливание — возгонка” на приемную площадку сборника удается собрать не менее 89% активности Re из W-мишени. Установка может использоваться для выделения изотопа  $^{186}\text{Re}$ , образующегося при облучении протонами или дейтронами циклотронных мишеней из  $^{186}\text{W}$ .

**Мочалов С.Э., Антипин А.В., Нургадиев А.Р., Колосницын Д.В., Колосницын В.С. Аппаратно-программный комплекс для исследования зарядно-разрядных характеристик вторичных химических источников тока.** — 14 с., 4 рис.

Описан многоканальный аппаратно-программный комплекс для исследования электрохимических ячеек при зарядно-разрядном циклировании. Комплекс состоит из 16-ти идентичных модулей каналов, управляемых бортовым компьютером. Каждый канал представляет собой четырехдиапазонный потенциостат/гальваностат, позволяющий проводить независимые эксперименты. Модули допускают горячую замену во время работы. Для каждого канала имеется возможность подключения внешних датчиков с аналоговым выходом. Реализованная архитектура клиент-сервер позволяет управлять экспериментом, получать результаты измерений и администрировать устройство удаленно с клиентских компьютеров по локальной сети или через Интернет. В состав комплекса входит развитое программное обеспечение для численной обработки и визуализации экспериментальных данных.