

АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816224040286 EDN: NWSFBA

ОБЗОРЫ

Шелковников Е.Ю., Шляхтин К.А. Особенности реализации время-цифровых преобразователей на базе ПЛИС (обзор). — 28 с., 5 рис.

Цель данного обзора заключается в том, чтобы дать исследователям, занимающимся разработкой время-цифровых преобразователей на ПЛИС, наиболее полное представление о существующих подходах и методах реализации таких преобразователей. В работе приведены наиболее значимые характеристики ВЦП и описаны основные методы измерения временных интервалов, применяемые при реализации ВЦП на ПЛИС. Обозначены основные проблемы, возникающие при разработке таких схем. Кратко рассмотрены элементы ПЛИС, на которых реализуется ВЦП, и процедура калибровки ВЦП. Проанализированы подходы, применяемые для повышения разрешения и снижения нелинейности ВЦП на ПЛИС. Рассмотрены различные структуры шифраторов, применяемых в ВЦП. По результатам проведенного анализа даны рекомендации по разработке ВЦП на базе ПЛИС.

ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Абрамов В.В., Алексеев Г.Д., Алексеев И.Г., Андреев В.А., Бажанов Н.А., Борисов А.А., Борисов Н.С., Букреева С.И., Васильев А.Н., Гончаренко Ю.М., Горин А.М., Городнов И.С., Деревщиков А.А., Должиков А.С., Журавлев Н.И., Исаев А.Н., Калугин Н.К., Кожин А.С., Козленко Н.Г., Козлов В.С., Лазарев А.Б., Маслова Е.В., Маишеев В.А., Мельник Ю.М., Мещанин А.П., Минаев Н.Г., Моисеев В.В., Морозов Д.А., Мочалов В.В., Неганов А.Б., Нестеров В.М., Новиков К.Д., Новинский Д.В., Ногац Л.В., Нурушева М.Б., Пискун А.А., Плис Ю.А., Прудкогляд А.Ф., Рыжиков С.В., Рыков В.Л., Рыльцов В.В., Рябов А.Д., Рябова Т.Д., Рязанцев А.В., Самигуллин Э.И., Свирида Д.Н., Семенов П.А., Сенько В.А., Солдатов М.М., Соловьев Л.Ф., Тараканов В.И., Узунян А.В., Усов Ю.А., Фахрутдинов Р.М., Фдоров А.Н., Шаланда Н.А., Якимчук В.И., Якутин А.Е. Экспериментальная установка СПАСЧАРМ для

исследования спиновых эффектов в адронных взаимодействиях на ускорительном комплексе У-70. — 26 с., 9 рис.

Начат набор данных на первом этапе экспериментальной программы СПАСЧАРМ по систематическому исследованию спиновых эффектов в сильных взаимодействиях. В работе приведено описание установок в текущей конфигурации и перечислены характеристики детекторов, достигнутые в течение сеансов 2018–2022 годов.

Аврорин А.В., Аврорин А.Д., Айнутдинов В.М., Аллахвердян В.А., Бардачова З., Белолоптиков И.А., Бондарев Е.А., Борина И.В., Буднев Н.М., Гафаров А.Р., Голубков К.В., Горшков Н.С., Гресь Т.И., Дворники Р., Джилкибаев Ж.-А.М., Дик В.Я., Домогацкий Г.В., Дорошенко А.А., Дячок А.Н., Елзов Т.В., Заборов Д.Н., Завьялов С.И., Звездов Д.Ю., Кебкал В.К., Кебкал К.Г., Кожин В.А., Колбин М.М., Колигаев С.О., Конишев К.В., Коробченко А.В., Кошечкин А.П., Круглов М.В., Кулепов В.Ф., Лемешев Ю.Е., Мошкунов А.А., Миленин М.Б., Миргазов Р.Р., Наумов Д.В., Николаев А.С., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Розанов М.И., Рябов Е.В., Сафронов Г.Б., Сеитова Д., Сиренко А.Э., Скурихин А.В., Соловьев А.Г., Сорокинов М.Н., Стромаков А.П., Суворова О.В., Таболенко В.А., Ульзутуев Б.Б., Файт Л., Фомин В.Н., Харук И.В., Храмов Е.В., Чадымов В.А., Чепурнов А.С., Шайбонов Б.А., Шестаков А.А., Шилкин С.Д., Шимковиц Ф., Шипилов Ю.А., Широков Е.В., Штекл И., Эцкерова Э., Яблокова Ю.В. Лазерная калибровочная система нейтринного телескопа BAIKAL-GVD. — 16 с., 11 рис.

Нейтринный телескоп Baikal-GVD находится в озере Байкал в стадии развертывания. Принцип его работы — регистрация черенковского излучения от продуктов взаимодействия нейтрино в водной среде озера трехмерным массивом фотодетекторов. Для калибровки и измерения характеристик регистрирующей системы телескопа используются лазерные источники света, специально разработанные для байкальского проекта. В статье описывается конструкция

калибровочных лазерных источников, а также особенности функционирования таких источников, представлены результаты их эксплуатации в составе установки, обсуждаются вопросы дальнейшего развития лазерной калибровочной системы Baikal-GVD.

Баранов А.Г., Ивашкин А.П., Мусин С.А., Салахутдинов Г.Х., Стрижак А.О. Сцинтилляционные детекторы CsI и SrI₂(Eu) со съемом сигнала кремниевыми фотоумножителями с порогом регистрации ниже 200 эВ. – 12 с., 6 рис.

Обсуждаются концепции детекторов из неорганических сцинтилляторов CsI(pure) и SrI₂(Eu) со съемом светового сигнала матрицами кремниевых фотоумножителей. Данные детекторы предполагается использовать при низких температурах для регистрации сигналов со сверхнизким энерговыделением. Приводятся результаты измерения светосбора прототипов детекторов. Получены удельные светосборы на уровне 30–40 фотоэлектронов на один кэВ выделенной в детекторах энергии. Исследованы зависимости тепловых шумов и оптической связи кремниевых фотоумножителей от температуры. Показано, что использование детекторов при отрицательных температурах позволяет эффективно подавить шумы фотодетекторов и обеспечить порог регистрации на уровне нескольких фотоэлектронов. Данные детекторы могут быть востребованы в различных фундаментальных и прикладных областях, в частности, в физике низкоэнергетических нейтрино.

Басков В.А. Энергетическое разрешение спектрометра с конвертером из ориентированного кристалла. – 16 с., 12 рис.

Ориентированный вдоль оси монокристаллический конвертер, находящийся перед электромагнитным спектрометром, меняет отклик спектрометра, регистрирующего электроны с энергиями в десятки ГэВ. При энергии электронов 26 и 28 ГэВ в зависимости от ориентации, толщины, типа кристаллического конвертера и толщины спектрометра относительное энергетическое разрешение спектрометра улучшается на величину от 15% до 80%.

Гуров Ю.Б., Довбненко М.С., Евсеев С.А., Замятин Н.И., Копылов Ю.А., Розов С.В., Стрелецкая Е.А., Чернышев Б.А., Грубчин Л., Затько Б. Влияние нейтронного облучения на характеристики SiC- и Si-детекторов. – 10 с., 7 рис.

Представлены характеристики детекторов на основе кремния (Si) и карбида кремния (SiC), которые были облучены интегральными потоками нейтронов $\Phi = 5.1 \cdot 10^{13}$, $5.4 \cdot 10^{14}$ и $3.4 \cdot 10^{15}$ н/см² (1 МэВ/Si). Обнаружено, что для всех облученных образцов проводимость чувствительной области становится близкой к собственной. С помощью α -частиц было установлено, что для Si-детекторов, облученных минимальным потоком $5.1 \cdot 10^{13}$ н/см², эффективность собирания заряда (η) не превышает 1.5%. Для SiC-детекторов, облученных аналогичным потоком, $\eta = 96\%$,

а при облучении средним и максимальным потоками η уменьшилась до 70 и 1.5% соответственно. Таким образом, показано, что ухудшение работоспособности SiC-детекторов наступает при существенно более высоких дозовых нагрузках, чем при использовании Si-приборов.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

Shuangbao Shu, Ziqiang Yang, Shurui Zhang, Jiayao Wang, Yong Wang. Development of an MDSPlus-based data acquisition and management system for Tokamak devices – 13 p., 11 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

In Tokamak experiments, the MDSPlus database is commonly used for data management. It collects and stores data from each subsystem. However, the complexity and high coupling of the system make it vulnerable to failure. If one module malfunctions, it can cause the entire system to collapse, hindering future maintenance and expansion. To address this issue, this paper proposes a data acquisition and management system based on the PCI-1706 Multi-channel synchronous data acquisition cards and the MDSPlus database, along with a data Scope program. The data acquisition system employs a multi-process design to achieve synchronization among multiple channels by using an external clock and trigger signal. Meanwhile, the data management system utilizes MDSPlus, and a client Scope program is developed to enable remote data access and analysis. The reflection memory card is employed to establish a network for data interaction between the server and the acquisition machine, enhancing storage speed. Experimental tests have confirmed the multi-card and multi-channel synchronous acquisition functions of the data acquisition system, as well as the remote data access capability of the Scope program. This system exhibits advantages such as low cost, simple structure, stable operation, and easy maintenance. It proves to be effective in Tokamak device experiments and can also serve as a reference for other data management systems.

ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

Авдзейко В.И., Дроздова А.А., Рулевский В.М., Ляпунов Д.Ю. Исследование воздействия дестабилизирующих факторов на параметры силовых элементов конверторов. – 17 с., 3 рис.

Проведено исследование воздействия основных 10 дестабилизирующих факторов на параметры силовых элементов конверторов. Конверторы, работающие в ключевом режиме, создают пульсации напряжения и тока в питающей сети и на входе подключаемых потребителей. Для уменьшения величины пульсаций предлагается использовать схемы с неполным диапазоном регулирования выходного напряжения, формирующие постоянную нерегулируемую и импульсную регулируемые составляющие в форме потребляемого тока и напряжения на входе выходного фильтра. В таких схемах нерегулируемая

составляющая обеспечивает передачу электроэнергии потребителям без регулирования и фильтрации ее параметров, а снижение амплитуды регулируемой импульсной составляющей позволяет уменьшить индуктивность дросселей и емкость конденсаторов входных и выходных фильтров, следовательно, улучшить их массогабаритные показатели. Установлена зависимость размаха пульсаций тока дросселей и напряжения на конденсаторах фильтров от величины относительной импульсной составляющей напряжения. Исследование проведено на модели конвертора, созданной с использованием программы MATLAB Simulink. Результаты исследований получены для схем с неполным и полным диапазонами регулирования выходного напряжения, анализ которых доказал перспективность предложенной схемы.

Аткин Э.В., Норманов Д.Д., Ямалиев С.И., Серазетдинов А.Р., Солин А.А., Усенко Е.А. Описание прототипа считывающей электроники для емкостных детекторов. — 10 с., 10 рис.

Представлено описание прототипа считывающей электроники для емкостных детекторов на основе специализированной интегральной микросхемы (СИМС), разработанной специально для съема и предварительной обработки сигналов с плоских резистивных камер эксперимента SPD (Spin Physics Detector) на строящемся коллайдере НИКА ОИЯИ (г. Дубна). Восьмиканальная микросхема оптимизирована для работы с детекторами, имеющими характеристический импеданс считывающих электродов в диапазоне 35–110 Ом при приведенном ко входу эквивалентном малом шумовом заряде не более 2500 электронов. В СИМС предусмотрены регулировки порога по величине приведенного ко входу заряда в диапазоне 10–450 фКл, гистерезиса пороговой характеристики в диапазоне 0–12%, а также времени расширения сигнала в диапазоне 0.5–100 нс. Схема была оптимизирована для уменьшения джиттера по переднему фронту (менее 10 пс) и энергопотребления (менее 25 мВт на один канал). Представлены структурная и электрическая схемы, показаны результаты моделирования ключевых сложно-функциональных блоков и общий вид топологии спроектированной СИМС.

Беседин И.С., Пологов И.Е., Филиппенко Л.В., Кошелец В.П., Карпов А.В. Невырожденный параметрический СВЧ-усилитель на контактах Джозефсона Nb/AlO_x/Nb с квантовым уровнем шумов для обработки квантовой информации. — 15 с., 8 рис.

Представлены результаты разработки сверхпроводящего параметрического СВЧ-усилителя на контакте Джозефсона (ДПУ), предназначенного, в частности, для считывания состояний сверхпроводящих кубитов. Продемонстрированы добавленный шум усилителя, близкий к квантовому пределу, и режим невырожденного четырехволнового усиления. Создание схемы ДПУ на основе ниобиевой технологии представляет значительный практический интерес

в связи с долговечностью ниобиевых схем и с более высокой критической температурой материала по сравнению с распространенной алюминиевой технологией. Невырожденный режим работы ДПУ удобен для частотного разделения каналов сигнала и накачки. Микросхема усилителя состоит из четвертьволнового копланарного резонатора с массивом из трех СКВИДов.

Жарков Я.Е., Кириллов А.С., Мошкун С.И., Прокофьев А.Б., Хомич В.Ю. Метод оптимизации распределения емкостей конденсаторов в составе умножителя напряжения по критерию мощностных характеристик. — 13 с., 10 рис.

Проведена численная оптимизация величин емкостей в составе умножителя напряжения путем параметрической оптимизации с применением программ *LTSpice* и *Matlab*. Определены оптимальное число каскадов устройства, характер распределения емкостей и значения емкостей конденсаторов в его составе для достижения требуемого выходного напряжения. Проведено сравнение оптимизационных распределений емкостей, полученных при использовании идеальных диодов и диодов на основе карбида кремния марки GB02SLT12-214. Показано, что распределение емкостей, полученное в результате решения задачи оптимизации, позволяет снизить массу устройства и потери энергии в диодах.

Коротков С.В., Жмодиков А.Л., Коротков Д.А. Генератор мощных наносекундных импульсов квазипрямоугольной формы. — 8 с., 9 рис.

Разработан генератор мощных наносекундных импульсов, содержащий накопительный конденсатор, отрезок коаксиального кабеля, а также замыкающий и размыкающий полупроводниковые ключи. При напряжении зарядки накопительного конденсатора генератор с напряжением 12 кВ позволяет коммутировать в нагрузку 75 Ом квазипрямоугольные импульсы напряжения с амплитудой около 26 кВ, фронтом длительностью примерно 4 нс и спадом длительностью примерно 6 нс. Длительность импульсов по полувысоте составляет около 45 нс, “джиттер” относительно внешнего запускающего сигнала менее 2 нс. Показана возможность увеличения выходной мощности генератора и длительности импульсов выходного напряжения.

Ломоносов А.А., Кубраков Р.В., Филиппенко Л.В., Козулин Р.К., Крупенин В.А., Корнев В.К., Тарасов М.А. Четырехфотонный джозефсоновский параметрический СВЧ-усилитель бегущей волны. — 10 с., 11 рис.

Джозефсоновские параметрические усилители бегущей волны могут обладать широким частотным диапазоном усиления, высокой чувствительностью и низким уровнем шума, что делает их перспективными для квантовых вычислений, систем считывания матричных приемников, спектроскопии, однофотонных детекторов и др. В данной работе исследованы

образцы параметрических усилителей бегущей волны на основе трехслойной структуры Nb/AlOx/Nb типа сверхпроводник—изолятор—сверхпроводник (СИС) с единичной ячейкой типа SNAIL (Superconducting Nonlinear Asymmetric Inductive eLements) из кинетической индуктивности четырех СИС-переходов и нелинейной индуктивности меньшего СИС-перехода. Ячейки поочередно включены в противофазе по магнитному потоку, что обеспечивает перемену знака керровской нелинейности и уменьшение рас-согласования по фазе для частот накачки, частоты сигнала и зеркальной частоты. Измерены спектры пропускания образцов при температурах 4.2 К и 2.8 К в диапазоне частот 0.1–6 ГГц.

Сергеев А. И. Активное подавление пульсаций выходного напряжения высоковольтных источников напряжения. — 7 с., 3 рис.

Описаны работа и результаты испытаний действующего макета высоковольтного источника питания с активным подавлением пульсаций выходного напряжения. Частота задающего генератора источника 90 кГц, величина емкостей диодно-емкостной схемы умножения 10 нФ. Испытания устройства проведены при выходном напряжении 1 кВ и токе нагрузки 1 мА. Указаны настройки, с помощью которых достигнута амплитуда пульсаций выходного напряжения от пика до пика не превышает 150 мкВ при выходном сопротивлении источника по постоянному току не более 20 кОм.

Сергеев А. И. Защита источников напряжения от токовой перегрузки. — 5 с., 2 рис.

Описан источник напряжения, имеющий защиту мощных выходных транзисторных каскадов от токовой перегрузки. Плавная установка величины максимально допустимого выходного тока позволяет оперативно изменять допустимый ток нагрузки от 6 до 13 А при изменении выходного напряжения от 2.5 до 9.1В с обеспечением запаса по мощности выходного транзистора не менее 35%.

ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Алферов В. Н., Васильев А. Н., Васильев Д. А., Кормилицын В. А., Лутчев А. В., Мещанин А. П., Минаев Н. Г., Мочалов В. В., Рыков В. Л., Рябов А. Д., Рябова Т. Д., Семенов П. А., Соловьев В. А., Федорченко В. Н., Холкин А. Н. Система измерения поля в широкоапертурных магнитах физических установок на ускорительном комплексе У-70. — 21 с., 10 рис.

Приведено описание системы магнитных измерений в больших объемах на основе датчиков Холла, разработанной в НИЦ “Курчатовский институт”— ИФВЭ, вместе с примером ее практического использования для измерения топографии поля спектрометрического магнита эксперимента СПАСЧАРМ на ускорительном комплексе У-70. В этих измерениях особое

внимание было уделено калибровкам, контролю за стабильностью параметров, точности позиционирования датчиков в апертуре магнита и их ориентации. Представлены также дальнейшее развитие системы и изучение ее возможностей для улучшения точности и сокращения времени измерений и в целом для повышения гибкости в применениях.

Аульченко В. М., Винник А. Е., Глушак А. А., Зарубин А. Н., Корниевский М. А., Скакунов М. С., Толбанов О. П., Тяжев А. В., Шехтман Л. И. Разработка быстрого монитора положения и интенсивности пучка синхротронного излучения для экспериментов по изучению быстропротекающих процессов. — 14 с., 16 рис.

Представлена предлагаемая концепция конструкции и устройства электроники быстрого монитора положения и интенсивности пучка синхротронного излучения. В качестве возможных детекторов для быстрого монитора пучка в статье исследуются сенсоры на основе радиационно-стойких материалов, лейкосапфира и карбида кремния. Испытания детекторов на основе лейкосапфира и карбида кремния показали, что оба материала подходят в качестве фотодетекторов для регистрации быстрых сигналов от коротких вспышек белого пучка синхротронного излучения от каждого сгустка электронов в накопителе. Точковые импульсы, генерируемые детекторами на основе этих материалов, имеют длительность до 20 нс. При этом сигнал, генерируемый сенсором на основе карбида кремния, превышает соответствующий сигнал от сенсора на основе лейкосапфира в 3.9 раза при условии одинаковой толщины сенсоров.

Давыдов С. Г., Долгов А. Н., Козлов А. А., Резвазов В. О., Якубов Р. Х. Результаты использования анода управляемого искрового разрядника в качестве зонда Ленгмюра. — 14 с., 9 рис.

Использование одного из электродов малогабаритного вакуумного искрового разрядника в качестве одиночного зонда Ленгмюра позволило, не нарушая условий формирования иницирующего разряда, зафиксировать с высоким временным разрешением потоки заряженных частиц и плазмы, эмиттируемые из системы поджига, и измерить их основные параметры. Обнаружена эмиссия надтепловых электронов и ионов турбулентной плазмы. Методом интегрирования по времени сигнала с зонда подтверждена гипотеза о том, что аномально большой ионный ток насыщения на зонд связан с раскачкой в плазме электростатических колебаний. Обнаружены признаки макроскопического разделения зарядов на переднем фронте плазменного потока. Проведена оценка энергий надтепловых частиц, электронной температуры и плотности эмиттируемой плазмы. Зондовый метод показал себя вполне надежным и продуктивным инструментом для изучения быстропротекающих процессов.

Ионин А. А., Киняевский И. О., Козлов А. Ю., Сеницын Д. В. Спектрограф на базе

пироэлектрической линейки для длинноволновой области среднего ИК-диапазона. — 9 с., 5 рис.

Разработан компактный ИК-спектрограф на базе линейки пироэлектрических датчиков, действующий в области длины волны 10 мкм, что мотивировано различными задачами, требующими оперативного измерения спектральных характеристик многочастотного излучения в этом спектральном диапазоне. Работа спектрометра протестирована с помощью перестраиваемого по длине волны CO₂-лазера. При фиксированном положении дифракционной решетки спектрометр охватывает интервал длин волн примерно 0.6 мкм (диапазон волновых чисел около 50 см⁻¹) со спектральным разрешением примерно 0.02 мкм (что составляет примерно 0.2 см⁻¹), которое позволяет надежно разделить две соседние линии CO₂-лазера.

Куркучек В.В., Кандауров И.В., Абед Н., Никифоров Д.А., Таныгина Д.С. Применение флуоресцентного экрана Chromox для диагностики импульсного электронного пучка низкой энергии. — 11 с., 7 рис.

Сообщается о результатах применения флуоресцентного экрана из алюмооксидной керамики Chromox для измерения распределения плотности тока в поперечном сечении интенсивного импульсного электронного пучка низкой энергии. Были исследованы свойства экрана с напылением золота разной толщины: 30 и 300 нм. Покрытие толщиной 30 нм обладает хорошей проводимостью и при этом достаточной прозрачностью (около 5%) для излучения флуоресценции, что позволяет визуализировать двумерную картину распределения тока пучка с хорошим пространственным разрешением. Однако такое покрытие демонстрирует ограниченную устойчивость к воздействию пучка с током не менее 1.5 А (более 0.6 А/см²), энергией 15 кэВ, длительностью 1 мс. Покрытие толщиной 300 нм обладает значительно большей устойчивостью, но не прозрачно для излучения флуоресценции, поэтому изображение регистрировалось “на просвет” пластины сцинтиллятора. Такой подход позволяет получить изображение отпечатка пучка, однако с несколько худшим пространственным разрешением.

Лавринов В.В., Антошкин Л.В., Лавринова Л.Н., Селин А.А. Коррекция наклонов волнового фронта на стенде адаптивной оптической системы. — 9 с., 7 рис.

Описаны принципы действия и практическая конструкция элементов созданного экспериментального стенда следящей адаптивной оптической системы для формирования и коррекции турбулентных искажений лазерного излучения. Стенд позволяет осуществлять эмуляцию атмосферной турбулентности с возможностью ее повторного воспроизведения для настройки адаптивной системы, корректировать искажения, обусловленные атмосферной турбулентностью, а также корректировать общие наклоны волнового фронта. Приведены результаты испытаний разработанного

Tip–Tilt-зеркала в составе следящей адаптивной оптической системы.

Лебедев А.В. Измерение кривых намагничивания магнитных жидкостей: сравнение метода дифференциальной прогонки и вибрационного магнитометра. — 16 с., 5 рис.

Предложена конструкция установки для измерения кривых намагничивания методом дифференциальной прогонки. На установке, описанной в данной работе, исследовались как классические магнитные жидкости, так и образцы, полученные их отверждением. Результаты сравниваются с данными, полученными с помощью вибрационного магнитометра: намагниченность магнитной жидкости вибрационным магнитометром имеет существенно заниженные величины по сравнению с дифференциальным методом, однако при измерениях намагниченности отвержденного образца магнитной жидкости наблюдается полное совпадение результатов. Обнаруженное расхождение объяснено образованием в магнитной жидкости агрегатов из частиц под действием магнитного поля. Выполненные оценки относительного запаздывания движения агрегатов согласуются с наблюдаемым расхождением в величине намагниченности.

Салахутдинов Г.Х., Иванов К.А., Григорьева И.Г., Кушин В.В., Рупасов А.А., Цымбалов И.Н., Савельев-Трофимов А.Б., Бусыгина И.А., Наумов П.Ю. Исследование спектрального состава рентгеновского излучения фемтосекундной лазерной плазмы термолюминесцентными детекторами. — 12 с., 4 рис.

Описана и экспериментально апробирована методика, предназначенная для проведения исследований спектрального состава рентгеновского излучения фемтосекундной лазерной плазмы в широком диапазоне энергий квантов от 1 кэВ до почти 1 МэВ на основе термолюминесцентных детекторов из фторида лития LiF(Mg, Ti). Одновременно проводились измерения полупроводниковыми детекторами матричного типа. Результаты измерений параметров плазмы при воздействии фемтосекундного импульса с пиковой интенсивностью около 10¹⁸ Вт/см² на металлическую (медную) мишень демонстрируют хорошее совпадение данных с приборов разных типов как с точки зрения определения формы спектра, так и коэффициента преобразования энергии лазерного импульса в поток квантов. Получены оценки температуры горячих электронов, которая превышает 100 кэВ, определен поток квантов К-линий меди, который превышает 10⁹ за выстрел. Рассмотрены преимущества и ограничения методик измерения спектра в задачах лазерно-плазменного взаимодействия.

Сандуляк Д.А., Сандуляк А.А., Ершова В.А., Сандуляк А.В., Полисмакова М.Н., Харин А.С. Реализация магнитно-реологического метода контроля магнитной восприимчивости частицы при обеспечении ее искусственного зависания. — 9 с., 1 рис.

Магнитометр с полюсами-полусферами позволяет, следуя новому магнитно-реологическому методу, определять магнитную восприимчивость χ одиночной частицы малых размеров (перемещающейся в столбе жидкости между полюсами-полусферами). Обосновывается, что возможности этого метода могут быть расширены за счет использования при выполнении экспериментов той части области между полюсами, которая находится ниже (а не изначально выше) их межцентральной линии. В этом случае, когда изучаемая частица принудительно перемещается вверх, что обуславливает снижение скорости и увеличение времени ее перемещения, можно целенаправленно замедлять такое перемещение (изменением намагничивающей силы магнитометра) вплоть до зависания частицы. Для случая такого зависания приводятся выражения (оказавшиеся облегченными), которые позволяют определять χ по значительно суженному кругу данных, необходимых для выполнения экспериментов и соответствующих расчетов.

Сафронов К.В., Флегентов В.А., Горохов С.А., Шамаева Н.Н., Тищенко А.С., Замураев Д.О., Шамраев А.Л., Ковалева С.Ф., Федоров Н.А., Дубровских С.М., Пилипенко А.С., Кустов А.С., Шibaков Е.А., Потапов А.В. Применение лазер-плазменного ускорителя протонов для исследования одиночных радиационных эффектов в микроэлектронном устройстве. — 11 с., 6 рис.

На фемтосекундной лазерной установке мощностью 200 ТВт проведены эксперименты по облучению пучками ускоренных лазером протонов микроконтроллера, изготовленного по топологической норме 180 нм. Частицы с энергиями до 6 МэВ генерировались на тыльной поверхности алюминиевых фольг толщиной 6 мкм. После облучения в памяти микроконтроллера зарегистрированы сбои. Установлено, что сбои носят характер одиночных радиационных эффектов, восстановлено сечение данных эффектов. Проведенные эксперименты демонстрируют возможность применения лазерных ускорителей для исследования одиночных радиационных эффектов в микроэлектронных устройствах под действием низкоэнергетичных протонов.

ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

Chunying Xu, Chengyu Yang, Xinjie Wu, Ruixin Liang, Yu Zhou, Jiawang Chen, Chen Cao, Chuliang Wei. Study on health condition monitoring system and multi-state quantity fusion evaluation of bridge cable. — 19 p, 11 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

To achieve timely and effective monitoring of the health status of bridge power cables, as well as to address the deficiencies in the existing monitoring system such as incomplete functional and state evaluation, we propose a multi-parameter state monitoring system based on fiber Bragg grating (FDG) sensing technology and microelectromechanical systems (MEMS) sensing

technology. This system enables vibration, strain, temperature, and deformation measurements of both the bridge power cable and its expansion compensation device. In order to comprehensively evaluate the health status of the bridge power cable, we introduce a comprehensive fusion model for multi-state assessment. Furthermore, to enable real-time monitoring capabilities, we have developed a web-based monitoring system that can receive real-time sensor data and present it to users through an intuitive visual interface. Finally, by applying our proposed model to Zhoushan–Daishan Bridge in Zhoushan city as an example, we validate its feasibility and effectiveness in enhancing performance and practicality of bridge power cable monitoring systems.

Акулиничев С.В., Гаврилов Ю.К., Джилкибаев Р.М. Позиционно-чувствительный черенковский монитор протонного пучка. — 11 с., 5 рис.

Представлены результаты исследования нового черенковского монитора протонных пучков с большим импульсным током. Для пучков протонов с энергией 160 МэВ и импульсным средним током 1 мА получено хорошее согласие измерений монитора с данными пленочного детектора Gafchromic и индукционного датчика тока. Проведены стендовые измерения координаты положения светового потока, имитирующего световой образ протонного пучка в радиаторе двухкоординатного монитора. Представлен сравнительный анализ алгоритмов восстановления координаты положения светового пучка с результатами моделирования монитора.

Калаев М.П., Телегин А.М., Воронов К.Е. Экспериментальное исследование сеточного датчика для измерения вектора скорости микрометеороидов и частиц космического мусора. — 9 с., 7 рис.

Приведено описание прототипа датчика для измерения вектора скорости микрометеороидов и частиц космического мусора на основе сеточных металлических электродов. Представлены результаты экспериментального исследования и предложения по дальнейшей модификации системы измерения.

Костенко М.А., Матросов И.И., Зарипов А.Р., Таничев А.С., Волков В.К., Коркишко С.Д., Петров Д.В. КР-газоанализатор, основанный на многомодовом диодном лазере. — 14 с., 5 рис.

Представлена концепция газоанализатора, основанного на спектроскопии комбинационного рассеяния, в котором в качестве источника возбуждения используется многомодовый диодный лазер синего диапазона. Исследованы методы уменьшения спектральной ширины излучения такого лазера за счет обеспечения внешней обратной связи. Показано, что при использовании для этой цели схемы с интерферометром Фабри–Перо разрешение регистрируемых спектров комбинационного рассеяния может достигать 8 см^{-1} . В результате апробации разработанного газоанализатора было установлено, что при времени анализа 2 с

достигнутое отношение сигнал/шум позволяет детектировать любой тип молекул, концентрация которых превышает 1 %.

Мерзликин Г.В., Коконцев Д.А., Яковлев И.А., Акулиничев С.В. Оценка точности дозиметрии протонных пучков пленочными детекторами. — 10 с., 5 рис.

Исследованы теоретические и экспериментальные характеристики глубинных дозовых распределений протонов в области пика Брэгга. Используются расчеты методом Монте-Карло в программном пакете TOPAS MC и экспериментальные данные, полученные на сильноточном линейном ускорителе протонов ИЯИ РАН с помощью пленочных детекторов и ионизационных камер. Рассмотрены взаимосвязь полученных значений и корректность применения детекторов для измерения поглощенной дозы. Получено совпадение рассчитанных и измеренных с помощью ионизационных камер дозовых распределений для начального и модифицированного пиков Брэгга и показана возможная взаимосвязь значения линейной передачи энергии и точности измерения дозы с пленочными детекторами. Обнаруженное в области пика Брэгга расхождение показаний пленочных детекторов, с одной стороны, и расчетных значений и показаний ионизационных камер, с другой стороны, может быть существенным при облучении биологических объектов, в том числе и в режимах FLASH-терапии.

Никифоров В.Е., Барков Е.В., Никифоров Е.В. Измерение энергетических параметров инсоляции в условиях наземной эксплуатации фотоэлектрических модулей. — 8 с., 3 рис.

Представлены структура, состав и алгоритм работы измерительно-вычислительного комплекса для измерения энергетических параметров инсоляции (солнечного излучения) в наземных условиях. Комплекс обеспечивает непрерывные измерения и регистрацию энергетических параметров инсоляции и активности Солнца с использованием в качестве первичных преобразователей коммерческих кремниевых фотоэлектрических модулей монокристаллического и поликристаллического типов. Проводятся измерения в реальном времени напряжений холостого хода, токов короткого замыкания, токов и напряжений в рабочих точках модулей, температуры модулей и окружающей среды. Регистрируемые параметры обрабатываются, строятся вольт-амперные характеристики модулей на основе аналитической модели солнечных батарей, производятся расчеты генерируемой мощности и энергии за требуемый период времени. Все необходимые измеренные и вычисленные величины отображаются в графическом виде.

ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

Shuai Yuan, Zebin Wang, Yongliang Yang. AFM probes depth estimation from convolutional neural networks

based defocus depth measurement. — 15 p, 9 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

Atomic force microscopy (AFM) is a valuable method for measuring the surface properties of a sample, where the accurate estimation of the relative distance between the probe and the sample (depth) is a prerequisite for fast, accurate measurement. This paper uses geometric optical modeling to establish a function model between the blur amount in the AFM probe image and depth. This model estimates the depth by the lens via the blur information of strong edge images according to the characteristics of a small depth of field and multiple blurs in microscopic images. To estimate the probe position, the study embedded the convolutional block attention module attention mechanism model into the Resnet18 network, allowing the network to learn blur target classification under different depths. After being trained with a custom dataset, the neural network achieved 99.26% accuracy and the error of 1.25 μm in the measurement range to $\pm 100 \mu\text{m}$. In actual operational application, the neural network achieved an accuracy of 90.10% with an error of 1.35 μm over a measurement range of $\pm 100 \mu\text{m}$. Experimental results illustrate the effectiveness of the proposed method, and have guidance in implementing efficient, accurate, and fully automatic probe depth estimation.

Гарифуллин И.Ш., Солнышкина О.А., Батыршин Э.С. Изготовление стеклянных микрофлюидных чипов для исследования процессов вытеснения в пористых средах. — 24 с., 10 рис.

Представлен эффективный подход к изготовлению стеклянных микрофлюидных чипов для исследования физико-химических процессов на масштабе пор при многофазном течении в пористых средах, включающий в себя описание выбора материала, способов формирования микроканалов и склейки подложек, а также изготовления оснастки для фиксации чипа и подключения к источникам флюидов. Основное преимущество предлагаемого способа связано с доступностью используемых материалов и относительной простотой изготовления. В то же время изготовленные таким образом чипы обладают хорошими механическими свойствами, высокой оптической прозрачностью и химической инертностью. В работе изучается влияние различных параметров обработки материалов при изготовлении чипов на их характеристики и свойства. Полученные результаты могут быть использованы широким кругом исследователей при разработке собственных микрофлюидных платформ на основе стеклянных чипов не только для изучения многофазной фильтрации в пористых средах, но и для проведения химических реакций и различных исследований в области биомедицины.

Головастов С.В., Голуб В.В., Жилин Ю.В., Микушкин А.Ю., Микушкина А.А., Мирова О.А. Сравнительные исследования характеристик различных пьезоэлектрических датчиков давления. — 13 с., 8 рис.

Приведены результаты сравнительных исследований характеристик различных пьезоэлектрических датчиков для измерения импульсных давлений. Определены их чувствительности и инерционности, а также влияния стационарной температуры и импульсных тепловых потоков на результаты измерений. Определены условия линейности характеристик в условиях экспериментов. Определены условия возникновения наблюдения “теплового дрейфа нуля”, характеризующего влияние теплового нагрева на показания датчиков давления. Исследования проводились в ударной трубе, на специальном градуировочном стенде и на стенде, создающем ступенчатый импульс лучистого теплового потока.

Деринг Е.Д., Дубровин К.А., Зарвин А.Е., Каляда В.В., Художитков В.Э. Использование метода молекулярно-пучковой масс-спектрометрии для исследования процесса рассеяния частиц кластеризованного газового потока. — 14 с., 7 рис.

Метод молекулярно-пучковой масс-спектрометрии (МПМС) адаптирован на газодинамическом стенде ЛЭМПУС-2 для исследования процесса рассеяния частиц свободномолекулярного газового потока на частицах фонового окружения. Проведена верификация использованной методики в неконденсирующихся потоках, результаты измерения эффективных сечений рассеяния атомов аргона и молекул азота сопоставлены с известными литературными данными. Исследован процесс рассеяния атомов и малых кластеров (олигомеров) аргона на находящемся в фоновом пространстве диоксиде углерода при различных средних размерах кластеров, образующихся в потоке $\langle N \rangle$. При $\langle N \rangle \approx 48$ полученные значения сечений рассеяния для атомов, димеров и тримеров аргона составили 39, 17 и 6 \AA^2 соответственно. Установлено, что с ростом среднего размера кластеров в потоке эффективное сечение рассеяния атомов аргона уменьшается. Обсуждаются причины возникновения обнаруженного эффекта, а также особенности использования МПМС для исследования сверхзвуковых кластеризованных потоков.

Зарвин А.Е., Каляда В.В., Деринг Е.Д., Дубровин К.А. Измерение поперечных профилей интенсивности молекулярного пучка. — 9 с., 5 рис.

Описан и верифицирован метод регистрации интенсивности в поперечном сечении молекулярного пучка. Предложена и испытана схема учета влияния фонового газа. Полученные результаты измерений в потоках аргона и азота продемонстрировали прямую зависимость формы и ширины поперечных профилей молекулярного пучка от числа Маха на входе в скиммер, а также среднего размера кластеров в условиях конденсирующихся сверхзвуковых струй.

Зарвин А.Е., Каляда В.В., Яскин А.С., Дубровин К.А., Деринг Е.Д., Художитков В.Э.

Моделирование истечения сверхзвуковых струй в разреженную среду в импульсных режимах. — 13 с., 10 рис.

Проанализировано применение электромагнитных клапанов для генерации импульсных режимов истечения сверхзвуковой струи высокой плотности в секундном и субмиллисекундном диапазонах. Показано, что “медленные” клапаны секундного диапазона не позволяют достичь квазистационарного режима с высоким расходом газа по сравнению со стационарным истечением; “быстрые” клапаны субмиллисекундного диапазона генерируют газовые импульсы с параметрами, необходимыми для моделирования режимов с высоким расходом, при давлениях фонового газа, не перегружающих высоковакуумную откачную систему. Установлено, что субмиллисекундный клапан обеспечивает возможность моделирования в импульсе мгновенных расходов до нескольких десятков граммов продукта в секунду при давлениях в форкамере до 2 МПа и давлении в окружающем пространстве ниже нескольких Па. Реализован комплект звуковых и сверхзвуковых сопел с электромагнитным клапанным устройством, системами энергопитания и управления, обеспечивающими истечение газа из форкамеры сопла в течение регулируемого промежутка времени, от 0.3 до 1.5 мс, с заданной скважностью, варьируемой в пределах от нескольких десятков до тысяч. Сформированные газовые импульсы имеют трапецевидную форму с квазистационарным ядром.

Лебедева Е.Г. Способ определения газосодержания в двухфазной смеси по величине падения давления в потоке при ее движении — 13 с., 3 рис.

При движении по участку трубопровода двухфазной смеси затрачивается энергия. Энергетические затраты на транспорт потока определяются падением давления и объемным расходом смеси. В статье показана зависимость потерь давления при транспортировке двухфазного потока от объемного и массового газосодержания. Представлен способ определения газосодержания в двухфазном потоке в зависимости от величины потерь давления на трение. Представлены основные расчетные данные для оценки газосодержания в двухфазном потоке в зависимости от величины потери давления на транспортировку двухфазного и аналогичного по массовому расходу однофазного потока. Представлена модель экспериментальной установки в виде участка трубопровода с пьезометрами для определения потерь давления на трение, предназначенная для определения в потоке содержания примеси газа. При определении потери давления использована гомогенная модель двухфазной смеси — как наиболее подходящая при малом содержании газа (пара) в потоке жидкости. В статье также приводится принципиальная схема стенда, применяемая для изучения двухфазных потоков в лабораторных условиях.

Марухно А.С., Эдельман В.С. Рефрижератор глубокого охлаждения субтерагерцевых детекторов для радиоастрономических исследований. — 8 с., 4 рис.

Описан криостат растворения, предназначенный для проведения в сумеречное время, когда наблюдение в оптическом диапазоне еще невозможно, работу в миллиметровом диапазоне на оптическом телескопе с зеркалом диаметром 6 м. Криостат, охлаждающий детектор вплоть до температуры 0.1 К, построен по схеме растворения ${}^3\text{He}$ в ${}^4\text{He}$ с циркуляцией ${}^3\text{He}$ благодаря его конденсации на холодной стенке, охлаждаемой сорбционной откачкой чистого жидкого ${}^3\text{He}$ из отдельного объема. Рабочие условия обеспечиваются контактом со стабилизирующим блоком, в котором накапливается 0.6 л жидкого ${}^4\text{He}$ при активной работе рефрижератора Гиффорда–Мак-Магона за время между циклами измерений. Во время измерений рефрижератор выключается, что полностью исключает вибрации, мешающие измерениям.

Шантарович В.П., Бекешев В.Г., Кевдина И.Б., Иким М. И., Трахтенберг Л.И. Влияние морфологии импрегнированных композитов на их проводящие свойства и аннигиляцию позитронов. — 14 с., 5 рис.

Методом импрегнирования наночастиц оксида индия солью нитрата никеля синтезированы композиты $\text{NiO}-\text{In}_2\text{O}_3$. Исследованы их фазовый состав и микроструктура, а также проводимость в широком интервале температур. Введение оксида никеля в композит приводит к увеличению его сопротивления. В полученных композитах изучены распределения по времени аннигиляционного излучения позитронов.

Результаты согласуются с данными исследований свободного объема в образцах методом низкотемпературной сорбции азота. Продемонстрирована возможность наблюдения точечных заряженных дефектов или их кластеров в металлооксидных композитах позитронным методом. Наблюдается корреляция изменения сопротивления импрегнированных образцов оксида индия и интенсивности позитронной компоненты, связанной с аннигиляцией в точечных заряженных дефектах.

Шелковников Е.Ю., Гуляев П.В., Ермолин К.С. Устройство микромаркировки образцов на основе гравировального станка. — 13 с., 6 рис.

Работа относится к области контактной силовой нано- и микролитографии, применяемой для маркировки образцов и разметки участков поверхности, исследуемых с помощью микроскопов высокого разрешения. Описано устройство маркиратора, построенного на базе серийного гравировального станка Generic-CNC2418 с числовым программным управлением в G-кодах и использующего вольфрамовую иглу в качестве рабочего инструмента. Описан процесс управления приводами станка для формирования маркировки, основанный на контроле контактирования иглы с поверхностью посредством оптического микроскопа. Маркировка, получаемая с помощью таких игл, представляет собой рисунок отдельных отпечатков (паттерн) иглы. Приводы маркиратора обеспечивают точность позиционирования 10 мкм. Поперечный размер получаемых отпечатков маркировки при этом составляет 10–15 мкм. Маркиратор рекомендуется использовать для поверхностей с шероховатостью Ra не более 0.1 мкм и твердостью по Моосу не более 7.5.