

## АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816222040280

### ОБЗОРЫ

**Иваницкий А.С., Кордо А.А., Бойко Л.И.** Дистанционное измерение импеданса с длинной соединительной линией (*обзор*). — 22 с., 4 рис.

С единых позиций проанализированы существующие решения задачи таких дистанционных измерений электрического импеданса, при которых соединение измеряемого объекта со средством измерений является длинной линией. Это, в частности, имеет место при экспериментальном изучении влияния на высокочастотные свойства диэлектрических и магнитных материалов и характеристики электрорадиоэлементов испытательных факторов, исключающих размещение указанного объекта вблизи средства измерений и оператора. Основным критерием была свобода выбора соотношения “измерительная частота—длина линии” с сохранением точности измерений. Анализ подвергнуты имеющиеся изобретения, сгруппированные по сходству способов учета параметров линий, два вида современных импедансметров и две модификации одного из них. Показано, что известные изобретения и импедансметры имеют, в целом, ограниченные возможности и что только упомянутые модификации могут служить основой средств измерений, способных достаточно кардинально решить названную задачу

**Кривошеев А.И., Барков Ф.Л., Константинов Ю.А., Белокрылов М.Е.** Современные методы определения частотного сдвига рассеяния Мандельштама—Бриллюэна в волоконно-оптической метрологии и сенсорике (*обзор*). — 39 с., 23 рис.

Дан обзор современных программных и аппаратных методов детектирования частотного сдвига спектра вынужденного и спонтанного рассеяния Мандельштама—Бриллюэна для нужд отрасли распределенных волоконно-оптических датчиков и волоконно-оптической метрологии. Представлены актуальные подходы зондирования оптических волокон и детектирования сигнала. Описаны методы цифровой фильтрации, обеспечивающие увеличение отношения сигнал/шум спектра. Проведен обзор методов аппроксимации спектра лоренцевой функцией (Lorentzian curve fitting), корреляционных методов, методов искусственного интеллекта и машинного обучения.

**Усенко Е.А.** Современные специализированные интегральные схемы для плоских резистивных счетчиков (*обзор*). — 17 с., 9 рис.

Рассмотрены специализированные интегральные схемы усилителей-дискриминаторов DIE8 (ATLAS, CERN), NINO (ALICE, CERN) и PADI (CBM, GSI), разработанных специально для применений с новым типом многоканальных детекторов плоскими резистивными камерами (RPC — Resistive Plate Chamber). Показаны основные тенденции развития, сформиро-

ванные в период создания новых больших экспериментов на Большом адронном коллайдере (LHC). Сравниваются их основные характеристики, мотивировка постановки задачи на проектирование, проблемы и особенности применения.

### ТЕХНИКА ЯДЕРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

**Gozde Tektas, Cuneyt Celiktas.** Разработка виртуального многоканального анализатора для использования в радиационной спектрометрии. — 9 р., 11 fig.

В настоящем исследовании был разработан виртуальный многоканальный анализатор (МСА), который можно использовать в составе спектрометра при детектировании излучений. Разработка заключалась в написании кода с помощью программных функций. Проведено сравнение виртуального с реальным МСА, что позволило проверить его функционирование. Спектры для разных расстояний от источника до детектора регистрировались реальным и виртуальным МСА. Проведено сравнение полученных обоими МСА параметров: общего числа сосчитанных сигналов, числа сигналов в фотопике, живого времени, доли мертвого времени и энергетического разрешения. Кроме того, полученные результаты и формы спектра, отображаемые в виртуальной МСА, сравнивались с реальными.

**Антонов Н.Н., Викторов В.А., Гапиенко В.А., Гапиенко Г.С., Гресь В.Н., Прудкогляд А.Ф., Романовский В.А., Семак А.А., Солодовников И.П., Терехов В.И., Уханов М.Н.** Установка СПИН на У-70. Описание аппаратуры. — 24 с., 12 рис.

Эксперимент СПИН изучает инклюзивное рождение заряженных частиц с большими поперечными импульсами в жестких протон-ядерных и ядро-ядерных взаимодействиях. Исследования выполняются с помощью одноплечевого узкоапертурного спектрометра. Уникальность эксперимента состоит в использовании высокоинтенсивных протонного (порядка  $10^{12}$ – $10^{13}$  протонов/с) и ионного (порядка  $5 \cdot 10^9$  ионов/с) пучков, введенных из ускорителя У-70, что позволяет измерять инклюзивные сечения, изменяющиеся на семь порядков. Установка СПИН обеспечивает регистрацию частиц как с импульсами, удовлетворяющими кинематике нуклон-нуклонных взаимодействий, так и с импульсами за ее пределами. В настоящей статье дано описание аппаратуры спектрометра и особенностей проведения измерений.

**Балакин В.В., Беркаев Д.Е., Еманов Ф.А.** Исследование коллективных эффектов пучка накопителя-охладителя инжекционного комплекса ВЭПП-5. — 9 с., 12 рис.

Представлены результаты исследования коллективных эффектов пучка накопителя-охладителя инжекционного комплекса ВЭПП-5. Созданные пучком заряженных частиц *wake*-поля искажают потенциальную яму ускоряющей высокочастотной системы, что приводит к удлинению пучка и искажению формы его продольного распределения. Приведены результаты измерений продольного профиля пучка диссектором и стрик-камерой и теоретически обоснован процесс искажения потенциальной ямы высокочастотной системы. Построена модель импеданса связи в виде эквивалентной *RLC*-цепи и оценены ее параметры путем сравнения данных моделирования с экспериментальными. Данная модель импеданса связи была использована для прогнозирования поведения пучка накопителя-охладителя при модификации вакуумной системы ускорителя.

**Варлачев В.А., Емец Е.Г., Му Ю., Бондаренко Е.А., Говорухин В.А. Контроль характеристик нейтронных полей реактора с помощью монокристаллического кремния.** — 8 с.

Для измерения плотности потока и флюенса тепловых нейтронов разработан метод, в котором предложено в качестве детектора тепловых нейтронов использовать монокристаллический кремний. Преимущество данного метода состоит в том, что он не требует специальной измерительной аппаратуры. Для измерения абсолютных значений флюенса тепловых нейтронов предлагается облучать кремний в кадмиевом экране и без него, как это делается в активационном методе. Результаты проделанной работы показали, что точность измерения потока тепловых нейтронов не уступает традиционным активационным методам, но, в отличие от них, информация на детекторе может сохраняться бесконечно долго, так как при облучении изменяются электрофизические параметры кремния, которые не зависят от наведенной активности и периода полураспада материала.

**Руднев П.И., Чешигин И.В. Измерение плотности потока моноэнергетических нейтронов спектрометром-дозиметром SDMF-1608SN в радиационных полях РТВ ионной ускорительной установки (PIAF), Германия.** — 12 с., 5 рис.

Приведены результаты измерений плотности потока медленных нейтронов и энергетических распределений плотности потока быстрых нейтронов с помощью цифрового спектрометра-дозиметра SDMF-1608SN в полях ионной ускорительной установки PIAF (PTB – Physikalisch-Technische Bundesanstalt Nationales Metrologieinstitut, Германия). Полученные результаты демонстрируют высокую точность измерения энергии и плотности потока нейтронов в широком энергетическом диапазоне (от 24 кэВ до 20 МэВ).

#### ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**Головизин А.А., Сошенко В.В., Трегубов Д.О., Яшев М.О., Агапов Е.М., Мишин Д.А., Проворченко Д.И., Колачевский Н.Н. Блок управления оптическими часами на атомах тулия.** — 13 с., 3 рис.

Приведены описание и характеристики разработанного электронного блока управления установкой лазерного охлаждения и оптических часов на атомах тулия. Блок выполнен в формфакторе оборудования

для 19" телекоммуникационной стойки и включает в себя модуль управления на основе одноплатного компьютера, модули цифровых и аналоговых выходов, генераторов радиочастоты, токовых выходов, входов подключения термисторов, а также модуль контроля обратной связи. Программа управления электронным блоком запущена на встроеном одноплатном компьютере и доступна для подключения в локальной сети с веб-интерфейсом. Разработанные модули и электронный блок могут использоваться в экспериментах по лазерному охлаждению нейтральных атомов и ионов, а также в квантовой метрологии и вычислениях.

#### ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

**Коротков С.В., Аристов Ю.В. Блок динисторов с ударной ионизацией с высоковольтным обострителем импульсов в цепи управления.** — 7 с., 4 рис.

Приведены результаты исследований высоковольтного блока динисторов с ударной ионизацией в режиме коммутации импульсов тока с амплитудой несколько килоампер и скоростью нарастания до 100 кА/мкс. Описана цепь управления этого блока с обострителем фронта импульсов запускающего напряжения, обеспечивающая существенное уменьшение потерь энергии в динисторах.

**Коротков С.В., Аристов Ю.В., Коротков Д.А. Коммутаторы мощных наносекундных импульсов тока на основе высоковольтных блоков динисторов с ударной ионизацией.** — 7 с., 6 рис.

Описаны моноблочный и модульный коммутаторы мощных импульсов тока с рабочим напряжением 12 кВ, выполненные на основе последовательно соединенных динисторов с ударной ионизацией. Исследованы процессы переключения этих коммутаторов. Определена зависимость коммутационных потерь энергии от мощности импульса управления. Показана возможность коммутации наносекундных импульсов тока с амплитудой несколько килоампер на частоте несколько сотен герц.

**Юркин А.А. Схема возбуждения однородного барьерного разряда с повышенным удельным энерговыделением.** — 7 с., 4 рис.

Представлена схема питания, способная возбуждать мощный однородный барьерный разряд в газах различного состава и давления. Схема содержит генератор высоковольтных импульсов напряжением ~10 кВ с крутым фронтом, работающий на согласованную нагрузку на частотах до ~10 кГц. Для согласования генератора с барьерным разрядом применены дополнительные элементы, позволившие зажигать однородный разряд на частотах до ~7 кГц.

**Song Li, Peng Fan, Jingming Gao, Hanwu Yang, Dongqun Chen, Baoliang Qian. A Compact Repetitive High-Power Pulse Generator based on Air-Cored Pulse Transformer.** — 5 p., 8 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

A compact repetitive high-power pulse generator, which could be used for high voltage applications including high power microwave and low temperature plasma, is described. Stray resistances which influence the performance of the generator were discussed and numerically optimized. Then, the high-power pulse generator was built in our laboratory. Experimental results show that pulses with peak power of 30 MW, peak voltage of 87.6 kV, and rise time of 60  $\mu$ s, approximately, were obtained on a capacitive load of 200 nF.

The repetitive rate was 10 Hz and the generator has successfully worked for over 10000 shots for high voltage applications.

#### ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Bhuvanewari C., Abitha Memala W. Comparative Analysis of Resonant Converters for X-ray Generator Tube.** — 8 p., 11 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

High voltages are the need of the hour as they have wide applications in testing, transmission, and Distribution. The industries are more using the high voltages for various Purposes. This work proposes a Resonant Converter for generation of high voltages for X-ray Generator tube. X-rays generator when used in industries for non-destructive testing gets heated up due to continuous usage. To reduce the heat, the losses developed in the X-ray generator tube are reviewed and the ways of reducing the losses are proposed. The various topologies of resonant converters are compared and LCC Resonant Converter has been selected based on the capability of High Voltage and High Efficiency generation. Various losses such as switching losses and conduction losses have been calculated for LLC, CLL, and LCC Resonant Converters. Based on the calculation of losses, LCC Converter has been simulated in open loop and closed loop with PID Controller and Fuzzy Logic Controller in MATLAB Simulink. The output voltages, efficiency, and time domain specifications have been studied and also compared with simulation of Fuzzy Logic Controller. The Fuzzy Logic controller serves as the best controller from the time domain specifications.

**Boughariou Aicha, Blaise G. Scanning electron microscopy study of charging phenomena on insulating materials.** — 7 p., 5 fig.

Charging phenomena of insulating materials were studied thanks to a scanning electron microscope SEM LEO 440 which allows the injection of electrons doses in a large domain of energies and the measurements of the secondary electron emission and the induced current created in the sample holder by the charges generated in the sample. The results show that the secondary electron emission yield is a very sensitive parameter to characterise the charging state of an insulator.

**Аракчеев П.В., Безделов В.Л., Бурый Е.В., Данилов А.И., Сапожников С.М., Семеренко Д.А., Ударов И.Ю., Шлеменков А.Л. Измеритель параметров полей излучения импульсных полупроводниковых лазеров в широком диапазоне температур.** — 9 с., 6 рис.

Сформулированы основные проблемы измерения пространственного распределения интенсивности излучения мощных импульсных полупроводниковых лазеров и представлены технические решения для проведения таких измерений в широком диапазоне температур. Продемонстрированы особенности визуализации полученных результатов, сделан вывод о том, что анализ параметров зарегистрированных распределений позволяет определять влияние температуры на развитие генерационных процессов в полупроводниковых лазерах и принимать решения о возможных областях применения исследуемых излучателей в оптико-электронных приборах.

**Костюкова Н.Ю., Ерушин Е.Ю., Бойко А.А., Колкер Д.Б. Узкополосный параметрический генератор света на основе периодически-поляризо-**

**ванной структуры ниобата лития с объемной брэгговской решеткой.** — 10 с., 8 рис.

Разработан узкополосный источник излучения на основе параметрического генератора света в вырожденном режиме с кристаллом MgO:PPLN и объемной брэгговской решеткой с длиной волны 2128 нм. Сигнальная волна разработанного генератора перестраивается в спектральном диапазоне 2041–2106 нм, а холостая волна — в диапазоне 2152–2224 нм с шириной линии порядка 0.5–0.89 нм. В качестве выходного зеркала использованы пять зеркал с разными коэффициентами отражения ( $R = 55, 60, 66.5, 79.5, 88.6\%$ ) для генерируемого излучения. Максимальный уровень мощности около 1 Вт (200 мкДж) достигнут на длине волны 2128 нм при использовании зеркала с коэффициентом отражения 55%. Измеренные показатели качества пучка генерируемого излучения составили 3.6 по вертикали и 4.2 по горизонтали.

**Мещеряков А.И., Гришина И.А., Вафин И.Ю. Квадрупольная антенна и диагностический комплекс для ионного циклотронного нагрева плазмы и генерации токов увлечения в стеллараторе Л-2М.** — 14 с., 8 рис.

На стеллараторе Л-2М сконструирована и изготовлена квадрупольная антенна для экспериментов по ионному циклотронному нагреву плазмы и генерации токов увлечения. С использованием измерителя мощности падающей и отраженной волн проведены первые измерения сопротивления излучения антенны в режиме омического нагрева. Получена зависимость сопротивления излучения антенны от средней плотности плазмы. Показано, что доля поглощенной мощности, приходящаяся на коаксиальные моды, составляет 25%. Созданная квадрупольная антенна может быть также использована для генерации токов увлечения. Предлагаемый метод основан на конверсии быстрых магнитозвуковых волн в медленные магнитозвуковые волны с их последующим поглощением электронами плазмы, сопровождаемым генерацией токов увлечения.

**Пономарев Р.С., Константинов Ю.А., Белокрылов М.Е., Шевцов Д.И., Карнаушкин П.В. Автоматизированный инструмент рефлектометрического исследования пирозлектрического эффекта в протонообменных канальных волноводах на основе ниобата лития.** — 16 с., 7 рис.

Разработана система исследования пирозлектрического эффекта в интегрально-оптических модуляторах (ИОМ) на основе протонообменных канальных волноводов на подложке из ниобата лития с возможностью контроля стыковки чипа ИОМ и оптического волокна. В систему интегрирован лабораторный сертифицированный оптический рефлектометр частотной области, который обеспечил достаточную точность определения пространственной координаты исследуемого образца и высокую чувствительность при регистрации обратного рассеяния и отражения. Применение аттестованного метрологического оборудования позволяет паспортизовать температурный дрейф показателя преломления в волноводах ИОМ и качественно наблюдать вариацию фазового состояния излучения в каждой точке волновода. Применение автоматизированной системы обработки сигнала, обеспечивающей возможность наблюдения пользователем всех искомых параметров исследуемого образца при вариации пространственной координаты по длине

ИОМ, позволило снизить количество рутинных следовательских процедур при анализе данных и сосредоточиться на их содержании. Проанализированы преимущества и недостатки использования коммерческой OFDR-системы (Optical Frequency Domain Reflectometry) вместо самостоятельно изготовленного макета на основе перестраиваемого лазера. Созданный и примененный фильтр на основе алгоритма динамического нелинейного усреднения в пространстве позволил увеличить отношение сигнал/шум данных на 6–10 дБ.

**Потанин Е.П. Устройство для разделения стабильных изотопов в плазме методом ионно-циклотронного резонанса.** — 14 с., 7 рис.

Описано устройство для разделения стабильных изотопов на основе ионно-циклотронного резонанса. Основное продольное магнитное поле создается с помощью сверхпроводящей магнитной системы. Источник плазмы, зона селективного нагрева и отборники ионов располагаются в вакуумной камере, размещенной в “теплом” отверстии криостата. Ионизация атомов испаренного вещества в источнике осуществляется с помощью нагрева электронов в поле сверхвысокочастотного излучения. Транспортировка микроволнового излучения в зону ионизации разряда электронно-циклотронного резонанса осуществляется с помощью волновода и зеркала. Селективный нагрев ионов целевого изотопа происходит с помощью высокочастотной антенны. Для нагрева и испарения рабочего вещества (гадолиния или других материалов) впервые предлагается использовать электронный пучок, распространяющийся со стороны, противоположной зоне источника. Испарение осуществляется в тигле из тугоплавкого материала, нагреваемом мощным потоком электронов. Оригинальность конструкции заключается в расположении коллектора нагретых частиц в зоне ослабленного магнитного поля установки. Выполнены оценки характеристик коллектора нагретых ионов, размещенного в зоне уменьшенного поля. Проведено сравнение результатов анализа с экспериментальными данными по разделению изотопов лития.

**Тарасиков В.П. Установка для количественного определения газообразных продуктов деления в облученных нейтронами материалах.** — 6 с., 4 рис.

Описана установка для определения количества газообразных продуктов деления, образовавшихся в процессе облучения в делящихся материалах. Для определения количества газообразных продуктов деления, вышедших под оболочку, используется метод прокола герметичной ампулы, а накопившихся в закрытых порах — метод дробления (керамик). Кроме того, установка позволяет определять диффузионную подвижность продуктов деления при нагревах и полное их количество в материале путем плавления пробы. Чувствительность определения, например, гелия составляет 0.3 мм<sup>3</sup> при нормальных условиях, погрешность — ±5% от измеряемой величины.

**Харламов В.А., Полякова И.В., Горбатов С.А., Меджидов И.М., Петрухина Д.И., Басырова Д.В., Глущенко Н.В., Иванов И.А., Тихонов В.Н., Тихонов А.В. Измерение окислительных свойств нетермальной аргоновой СВЧ-плазмы с помощью ферросульфатного дозиметра.** — 6 с., 4 рис.

Рассматриваются окислительные эффекты нетермальной плазмы атмосферного давления. Цель исследования — изучить применимость ферросульфатного

дозиметра (дозиметр Фрикке) для измерения окислительных свойств нетермальной плазмы. Показано, что под воздействием нетермальной плазмы в пробе ферросульфатного дозиметра образуются окислители, определяемые по переходу железа из двухвалентного в трехвалентное (пик поглощения при длине волны 304 нм). Сделан вывод, что ферросульфатный дозиметр может применяться для количественной оценки окислительного потенциала нетермальной плазмы.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ ДЛЯ ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЫ, БИОЛОГИИ

**Блинковский Н.К., Гулько В.Л., Мещеряков А.А. Исследование характеристик рассеяния радиооптических уголкового отражателя направленного действия в составе навигационных линейных створов.** — 11 с., 7 рис.

Описаны принцип действия и практическая конструкция радиооптического трехгранного уголкового отражателя направленного действия. Получена оценка радиолокационной заметности радиооптических трехгранных уголкового отражателей в составе линейных створов в рамках использования четырехлучевой модели распространения и отражения радиоволн над водной поверхностью. Приведены результаты натурных испытаний оптической видимости и радиолокационной заметности радиооптических трехгранных уголкового отражателей в составе линейных створов на реке Томь.

**Васильев М.В., Зимовский В.Ф., Мельников А.Е., Суркис И.Ф., Рахимов И.А., Олифирова В.Г., Дьяков А.А., Васченков А.Б., Яковлев Н.И. Наблюдения космических аппаратов методами радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами на комплексе “Квazar-КВО”.** — 15 с., 12 рис.

Традиционно для определения параметров орбиты космических аппаратов (КА) используются классические позиционные оптические измерения. Точность этих измерений ограничена многими факторами, поэтому для более точного эфемеридного сопровождения используются также радиотехнические доплеровские и дальномерные радиосигналы КА. В случае же, когда радиосигнал КА предназначен только для передачи информации и не содержит дальномерного кода, существует возможность наблюдений КА методами радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ). В статье описаны несколько программ наблюдений КА средствами РСДБ-комплекса “Квazar-КВО”, приведены результаты спектрального анализа принятого сигнала, а также оценена точность РСДБ-измерений на примере нескольких спутников, излучающих различные типы сигналов. На основе полученных результатов сделаны выводы о перспективности использования информационного радиоканала КА для проведения траекторных измерений. Приведены планы по проведению длинного ряда наблюдений для оперативного уточнения параметров орбиты КА.

**Гулько В.Л., Мещеряков А.А. Поляризационно-модуляционный метод формирования радиолокационного изображения земной поверхности.** — 10 с., 3 рис.

Для формирования радиолокационного изображения земной поверхности реализуется поляризационно-модуляционный метод, основанный на использовании зондирующих сигналов с линейной вращающейся плоскостью поляризации. Описан макет эксперименталь-

ной установки, реализующий этот метод. Приведены результаты экспериментальных исследований радиолокационных изображений земной поверхности, полученных с борта летательного аппарата АН-26 бортовой радиолокационной станции (РЛС) “Гроза-26”. Радиолокационные изображения получены в штатном режиме работы РЛС, с фиксированной вертикальной поляризацией излучения, и в режиме излучения, когда плоскость поляризации линейная и вращается с заданной частотой. Отмечается повышенный радиолокационный контраст протяженных объектов типа автомобильных и железных дорог на радиолокационном изображении земной поверхности при использовании поляризационно-модулированных зондирующих сигналов. Установлена связь характеристик принятых поляризационно-модулированных сигналов с поляризационными параметрами радиолокационных объектов, позволяющая обосновать полученные экспериментальные результаты.

**Завьялов П.С., Кравченко М.С., Савинов К.И., Савченко М.В., Белобородов А.В., Куклин В.А., Михалкин В.М., Чураков Д.В. Высокоточные измерения термодформаций рефлекторов космических аппаратов.** — 17 с., 12 рис.

Представлены результаты измерений термодформаций поверхностей, полученные при испытаниях рефлекторов при воздействии на них факторов космического пространства. Объекты имеют параболическую и гиперболическую формы, их диаметр от 600 до 1200 мм, термодформации измеряются на разных этапах термоциклирования. Оценка погрешности выполненных на базе термовакуумной камеры измерений составила менее 1 мкм.

**Калаев М.П., Родина А.В., Телегин А.М. Исследование изменения характеристик солнечных батарей при воздействии факторов космического пространства.** — 8 с., 10 рис.

Описана конструкция стенда для исследования воздействия высокоскоростных микрочастиц на энергетические характеристики солнечных батарей путем анализа их вольт-амперной характеристики. Приведены результаты экспериментальных исследований деградации солнечных батарей, проведенных на ускорителе микрочастиц.

**Филиппов М.В., Махмутов В.С., Максумов О.С., Квашнин А.Н., Стожков Ю.И., Соков С.В. Портативная установка для детектирования заряженной компоненты космических лучей.** — 6 с., 3 рис.

Представлены описание и технические характеристики портативной научной установки Galactic Cosmic Rays (GCR) для детектирования заряженной компоненты космических лучей, разработанной в 2022 г. на Долгопрудненской научной станции ФИАН. В качестве детектирующих элементов использованы газоразрядные счетчики СТС-6, расположенные в два слоя по пять счетчиков. Слои верхних и нижних счетчиков разделены алюминиевым фильтром толщиной 7 мм. Данная установка предназначена для участия в международном эксперименте TIGER (Technological Innovation Into Iodine and GV Environmental Research), направленном на изучение влияния оксидов йода на озоновый слой.

**Qunfeng Zeng, Hao Jiang, Qi Liu, Gaokai Li. A method for measuring interlayer vacuum degree of the LNG (Liquified Natural Gas) vacuum multi-layer insulation**

**pipe by temperatures.** — 9 p., 10 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

It is difficult to obtain the interlayer vacuum degree of the LNG (Liquified Natural Gas) vacuum multi-layer insulation pipe at any position, especially for pipes that are in service. Thus, this paper proposes a method for measuring interlayer vacuum degree of the vacuum multi-layer insulation pipe by temperatures. A vacuum multi-layer insulation pipe model was built to find the temperature parameters, and a field investigation and experiments with a test bench were carried out to verify the simulation results. The experimental results show that the simulation results have a good reference value for actual measurement. This method for measuring the interlayer vacuum degree will play an important role in the popularization of vacuum multilayer insulation pipes.

**Sinmaz E.K., Kocasecer M., Ayyildiz M. The Effect of Book Preconditioning on Page-Turning Success Rate during Automated Book Digitization.** — 18 p., 5 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

The growing popularity of e-books and the adoption of e-book reader devices have increased the need for book digitization. Traditional flatbed scanners are easily accessible and widely available; however, manual scanning of books is tiring, tedious, and time-consuming when the book has many pages. Developing automated book scanning instruments at a low cost can allow more people to efficiently access and execute the book digitization. In this study, we propose a cost-effective book scanner with an automated page-flipping function. Our prototype uses a motorized moving shuttle with a vacuum gripper to hold the page and a fan to ensure the turning of the page in the correct direction and number of times. A Raspberry Pi 4 takes pictures of the left and right sides of the book using two digital cameras. When the picture capturing process is completed, it combines pictures into text-based digital formats such as PDF using OCR technology. In our experiments, we scanned five different books having different page numbers (120–700) with various paper characteristics such as paper size (A4 and A5), paper type (coated vs. uncoated), and paperweight (60–250 g/m<sup>2</sup>). The results showed that we obtained less than 0.9% error in book scanning when the paperweight was between 60–120 g/m<sup>2</sup>. We achieved the most successful scanning with uncoated paper type, A4, A5 paper size, and 115–125 g/m<sup>2</sup> paperweight. We observed that the unsuccessful page scan rating decreased as the number of scanning repetitions increased. The results also showed that it was challenging to turn the pages of new books without encountering problems unless pages were preconditioned by turning. We concluded that three iterations of preconditioning are necessary for new books to reduce errors in the page-turning process.

#### ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

**Голубева А.В., Хвостов Р.П., Черкез Д.И., Бобырь Н.П., Шкурыгин Д.М., Спицын А.В. Стенд для исследования проницаемости мембран при взаимодействии с газообразным водородом.** — 15 с., 14 рис.

Создан экспериментальный стенд ГДП для исследования водородопроницаемости материалов, включая материалы с низким коэффициентом диффузии. Стенд позволяет осуществлять длительные измерения проникающих потоков изотопов водорода при давлении над входной поверхностью мембраны от 10<sup>2</sup> до 10<sup>5</sup> Па и температуре образца до 873 К. Проведены исследова-

ния проницаемости стали ЧС-68 в диапазоне давлений дейтерия  $10^2$ – $5 \cdot 10^4$  Па и температур образца 575–773 К. Получены коэффициенты диффузии и проницаемости дейтерия в стали ЧС-68 как функции температуры. Результаты работы согласуются с литературными данными, что говорит о корректно поставленном эксперименте и надежности результатов, получаемых на стенде ГДП.

**Кожевников В.С., Пономарёв Р.С., Шмырова А.И.** Технология производства линзованного оптического волокна с использованием оптического клея. — 16 с., 9 рис.

Описана технология создания оптических микролинз на торце волоконного световода с использованием оптического клея. Реализован метод дозирования и позиционирования клеевой микрокапли, позволяющий разместить объем клея около 0,2 пл с погрешностью не более 1 мкм на торце оптического волокна в области сердцевины. Проведен подбор оптического клея, максимально удовлетворяющего требованиям технологического процесса и физико-химическим свойствам микролинз. Показано, что использование микровибраций позволяет управлять формой капли, полимеризация которой дает возможность получать линзованное волокно с заданной формой и фокусным расстоянием. Проведены результаты измерения фокусного расстояния и диаметра поля моды получившейся линзы.

#### **ПРИБОРЫ И ТЕХНИКА ДЕМОНСТРАЦИОННОГО И УЧЕБНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

**Акимов Д.Ю., Болоздыня А.И., Архангельский Д.М., Пинчук А.В.** Установка для изуче-

**ния электролюминесценции в газообразном ксеноне.** — 11 с., 8 рис.

Описана лабораторная экспериментальная установка основе электролюминесцентной камеры с газообразным ксеноном при комнатной температуре и давлении 6 атм, которая используется в учебном процессе для изучения электролюминесценции, применяемой в качестве метода регистрации ионизационного сигнала. На примере  $\alpha$ -частиц исследованы формирование электролюминесцентного сигнала, образуемого при движении в сильном электрическом поле заряда, произведенного в процессе ионизации, и его зависимость от величины поля. Наглядно показано, что временные профили светового и электрического сигналов практически полностью совпадают друг с другом.

**Лелеков А.Т., Курешов В.А.** Удаленная лаборатория для проектирования систем ориентации малых космических аппаратов. — 10 с., 5 рис.

Описан простой и недорогой, легкий в повторении и работе стенд для удаленного обучения проектированию систем ориентации космических аппаратов. Стенд построен на микрокомпьютере Raspberry Pi, датчиковый состав стенда аналогичен аппарату формата CubeSat, динамические параметры могут в некоторых пределах варьироваться. Алгоритм управления выполняется удаленно на компьютере студента, в среде Python или SimInTech. Возможности стенда позволяют изучить и отладить базовые алгоритмы управления угловой скоростью и положением космического аппарата для одномерного случая.