

## СИГНАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

### АННОТАЦИИ СТАТЕЙ, НАМЕЧАЕМЫХ К ПУБЛИКАЦИИ В ЖУРНАЛЕ ПТЭ

DOI: 10.31857/S0032816220030222

#### ОБЗОРЫ

**Краснов А.А., Леготин С.А. Достижения в области разработки бетавольтаических источников питания (обзор).** — 38 с., 5 рис.

Представлен детальный обзор литературы по бетавольтаическим источникам питания. Рассмотрены проблемы, существующие в рамках технологии их изготовления, результаты исследований и разработок, проводимых в настоящее время, обобщены конструкции и принципы работы бетавольтаических источников питания, а также приведены основные этапы их проектирования. Представленная в работе информация позволяет узнать и понять технологию и методы создания существующих конструкций, показать достигнутые параметры и имеющиеся ограничения, а также возможности по дальнейшему улучшению конструкций бетавольтаических источников питания.

#### ПРИМЕНЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ЭКСПЕРИМЕНТЕ

**Hong-Rui Cao, Hai-Xiang Wang, Ying-Ying Zheng, Shi-Xing Liu, Jin-Long Zhao, Ji-Zong Zhang, Shi-Yao Lin, Li-Qun Hu. Development of Digital Multi-channel and Time-division Pulse Height Analyzer Based on PXIe Bus for Hard X-ray Diagnostic in EAST.** — 13 p., 8 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

Pulse height analyzer (PHA) is an important component of hard X-ray diagnostic to measure energy spectrum in Experimental Advanced Superconducting Tokamak (EAST). In order to satisfy physics research of high parameters plasma, the energy resolution, time resolution and number of channels of PHA are required to be improved. A Multi-channel and Time-division PHA (MTPHA) based on PXIe bus is designed using 16 bit ADC and FPGA as core processing unit, and has a maximum number of channel addresses of 4096 and minimum time resolution of 2 ms. The function of energy spectrum analysis is realized in the FPGA. Moreover, the PXIe communication drive is realized by combination of hardware code in FPGA and LabVIEW software in host computer. The MTPHA performance has been tested in the lab with pulse generator,  $^{152}\text{Eu}$  isotope radiation source and tested in plasma discharge of EAST. It is found in the lab that the full width at half maxima (FWHM) of MTPHA is no more than 2 channels, and the linear correlation coefficient R of pulse height and channel address is 1. In EAST, the MTPHA can work well and produce experimental data consistent with other diagnostics.

#### ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА

**Бурцев В.А., Бурцев А.А., Бельский Д.Б., Большаков Е.П., Бронзов Т.П., Ваганов С.А., Гетман Д.В., Елисеев С.И., Калинин Н.В.,**

**Самохвалов А.А., Сергушичев К.А., Смирнов А.А., Тимшина М.В. Наносекундный генератор высоковольтных импульсов на основе искусственных двойных формирующих линий.** — 12 с., 8 рис.

Приведены результаты экспериментальных исследований компактного генератора высоковольтных импульсов. Генератор выполнен на основе двух искусственных двойных формирующих линий по свернутой схеме, коммутируемых газовыми разрядниками, и также содержит обостряющий газовый разрядник, передающие линии с жидким диэлектриком и эквивалент нагрузки. Исследованы характеристики такого генератора в диапазоне зарядного напряжения до 100 кВ. При длительности импульса напряжения с формирующей линии 100 нс на омической нагрузке получены импульсы тока амплитудой 18 кА с длительностью фронта порядка 18 нс.

**Носов Г.В., Носова М.Г. Коммутаторный индуктивно-конденсаторный генератор мощных импульсов тока.** — 9 с., 5 рис.

Исследован генератор, состоящий из маломощного источника с недостаточным для потребителя уровнем постоянного напряжения, полупроводникового ключа на IGBT-транзисторе, индуктивно-емкостного звена, тиристора, включаемого динисторами, и импульсного трансформатора. Генератор предназначен для электропитания различных потребителей мощными импульсами тока с частотой повторения до 100 Гц и более. Экспериментальные исследования опытной модели генератора показали, что по сравнению с маломощным источником (22 Вт, 13.8 В) импульсные значения мощности и напряжения у потребителя составили 2.47 кВт, 1122 В. При этом в сопротивлении потребителя (510 Ом) импульсы тока имели амплитуду 2.2 А, длительность 20 мкс и частоту повторения 50–167 Гц при напряжении источника 13.8–22.8 В. С увеличением постоянного напряжения источника питания число импульсов тока зарядки конденсатора снижалось, а частота импульсов тока в нагрузке возрастала. Максимальное напряжение на конденсаторе при его зарядке получено в 3–5 раз больше напряжения источника.

#### ОБЩАЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Aviv Farag, Ariel Nause. Automated, Convenient and Compact Auto-Correlation Measurement for an Ultra-Fast Laser Pulse.** — 6 p., 4 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

An ultrashort pulse laser is being used at the Schlesinger center for compact accelerators in Ariel University. The pulse duration ranges from 10 ps to 35 fs and can be varied using a grating, controlled by a remote control. However, there is no real-time indication of its duration while changing the grating position. This laser hits a copper cathode which results in ejection of electrons that serve as free electrons for a THz Free Electron Laser (FEL). Extracting elec-

trons from a copper cathode requires more energetic photons than IR, and therefore the laser's frequency is tripled (from 800 to 266 nm) using non-linear crystals. The conversion efficiency of the third harmonic generation setup is greater for pulses shorter than 50 fs.

In order to properly tune the pulse duration a method to measure the pulse duration in real-time is required. Generally, in order to measure an event, one should use a shorter event than the one being measured. For ultra-short laser pulses, using shorter events to measure the pulse is impossible. Hence, we use the method of auto-correlation which means we harness the pulse itself in order to measure its duration.

We used 3DOptix components to build an autocorrelator setup, resulting with a significantly more compact setup, and very easy to align. We controlled the measurement by a dedicated software we developed for this purpose. Methods and information of the elements in the autocorrelator system are presented, and the necessary requirements to simplify the alignment and measuring procedures are outlined in this paper.

**Барков Ф.Л., Константинов Ю.А., Бурдин В.В., Кривошеев А.И. Теоретическая и экспериментальная оценка точности одновременного распределенного измерения температур и деформаций в анизотропных волоконных световодах методом поляризационно-бриллюэновской рефлектометрии. — 11 с., 8 рис.**

Построена модель для определения зависимости точности метода разделения температуры и деформации с помощью поляризационно-бриллюэновской рефлектометрии, основанной на измерении бриллюэновского сдвига частоты в двух поляризационных осях волоконного световода, от инструментальных и калибровочных погрешностей. Показано, что погрешности, обусловленные невязкой калибровочных коэффициентов, пренебрежимо малы. Определены оптимальные аппаратные требования к рефлектометру. Экспериментальные данные, полученные на максимально доступном авторам разрешении спектрального сканирования, находятся в согласии с результатами компьютерного моделирования.

**Конин Ю.А., Булатов М.И., Щербакова В.А., Гаранин А.И., Токарева Я.Д., Мошева Е.В. Исследование свойств цельноволокonnого датчика температуры, созданного при помощи эффекта плавления. — 8 с., 8 рис.**

Исследуется температурная чувствительность цельноволокonnого датчика температуры, созданного при помощи эффекта плавления. С целью изучения зависимости был разработан и собран специальный макет для проверки чувствительности датчиков к изменению температуры. При проведении экспериментов получены температурные зависимости спектрального сдвига для датчика в диапазонах температур 30–90°C и 20–320°C. В ходе исследования был получен график зависимости спектра от температуры и построен калибровочный график. Таким образом, определена температурная чувствительность датчика, которая составила  $\approx 16 \text{ млн}^{-1}/^\circ\text{C}$ . Получены результаты прочности световода в акрилатном покрытии до и после испытаний с помощью метода осевого растяжения. Обнаружено, что предельная прочность световода ухудшается более чем в 2 раза при воздействии высокой температуры.

**Таранов М.А., Горшков Б.Г., Алексеев А.Э. Достижение 85-километровой дальности измерений деформации (температуры) с помощью низкокогерентной рэлеевской рефлектометрии. — 9 с., 6 рис.**

Продемонстрирована возможность измерения деформации (температуры) на дальностях до 85 км с доступом к оптическому волокну с одного конца при помощи технологии низкокогерентной рэлеевской рефлектометрии. Указанная дальность обеспечена использованием рамановского усиления излучения в комбинации с усилением с помощью встроенных в измеряемую линию коротких сегментов волокна, легированного эрбием.

Возможность перестройки низкокогерентного источника в широком интервале длин волн позволила проводить измерения деформации в диапазоне  $500 \text{ мкм} \cdot \text{м}^{-1}$ , что эквивалентно  $56^\circ\text{C}$  в единицах температуры. При времени единичного измерения 10 мин и пространственном разрешении 2.6 м стандартная неопределенность измерений деформации составила  $3.8 \text{ мкм} \cdot \text{м}^{-1}$ , температура —  $0.42^\circ\text{C}$ .

**Таранов М.А., Горшков Б.Г., Жуков К.М., Гринштейн М.Л. О минимальной неопределенности измерения коэффициента затухания в одномодовом оптическом волокне, достижимой с использованием рэлеевской рефлектометрии. — 10 с., 4 рис.**

Проведено исследование точности измерения коэффициента затухания в одномодовом оптическом волокне при помощи рэлеевской рефлектометрии. Теоретически установлено, что минимальная достижимая неопределенность таких измерений определяется только спектральными свойствами зондирующего излучения и убывает с возрастанием длины измеряемого волокна в степени 1.5. Статистический анализ результатов измерения коэффициента затухания в разных сегментах реального одномодового волокна по их рефлектограммам демонстрирует результаты, согласующиеся с теоретическими выводами. Полученные результаты устанавливают ограничения на минимальную длину волокна, коэффициент затухания в котором может быть измерен с требуемой точностью.

**Шаманин В.И., Ремнёв Г. Е., Тарбовков В.А. Ионный диод с магнитной самоизоляции для генерации пучков алюминия. — 7 с., 4 рис.**

Представлены результаты исследования генерации импульсных пучков, состоящих из ионов алюминия, углерода и протонов. Ионный пучок образуется при приложении к аноду вакуумного диода субмикросекундного импульса высокого напряжения в момент существования в ускоряющем промежутке плотной взрывоэмиссионной плазмы. Плазма в диоде создается дополнительным высоковольтным импульсом, предшествующим основному, за счет взрывной эмиссии на поверхности потенциального электрода. Амплитуда основного, ускоряющего импульса в экспериментах составляла 200 кВ, длительность 100 нс на полувывоте. Для диагностики состава пучка использовались времяпролетная методика на основе коллимированного цилиндра Фарадея и магнитный спектрометр.

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

**Haо Wu, Cheng Zhou, Haixia Yu, Dachao Li. Dynamics characterization of the acoustically driven single microbubble near the rigid and elastic wall. — 13 p., 9 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).**

The dynamic behaviors of single acoustic bubble are the key fundamental problem in exploring the mechanism of acoustic cavitation. In this paper, a synchronous high-speed

microscopic imaging method is proposed to clearly record the temporary evolution of single bubble in low-frequency ultrasonic field. In the experiment, the temporal evolution of the bubble with two different initial radii in an ultrasonic field are recorded by the high-speed camera at 300000 frames per second, and other important characteristics of the bubbles are calculated and analyzed. In these experiments, the single bubbles behave similar under the same relative distance from a rigid wall, but the dynamic behaviors of the bubble with different initial radii have obvious difference. In addition, the bubble dynamics of the bubble near an elastic wall are also investigated and compared to the bubble near the rigid wall. It is found that the elasticity would significantly influence the dynamic characteristics during bubble collapse and rebound. In this work, the synchronous high-speed microscopic imaging method demonstrates the abilities to experimentally investigate the rapidly dynamics of single bubble in ultrasonic field.

**Аврорин А.В., Аврорин А.Д., Айнутдинов В.М., Vannasch R., Vardáčová Z., Белоплатиков И.А., Бруданин В.Б., Буднев Н.М., Гафаров А.Р., Голубков К.В., Горшков Н.С., Гресь Т.И., Dvořníký R., Домогацкий Г.В., Дорошенко А.А., Джилкибаев Ж.-А.М., Dik V., Дьячок А.Н., Eckerlová E., Заборов Д.Н., Иванов Р.А., Катулин М.С., Кебквал К.Г., Кебквал О.Г., Кожин А.В., Колбин М.М., Конищев К.В., Коробченко А.В., Кошечкин А.П., Круглов М.В., Крюков М.К., Кулепов В.Ф., Миленин М.В., Миргазов Р.А., Nazari V., Наумов Д.В., Панфилов А.И., Петухов Д.П., Плисковский Е.Н., Розанов М.И., Рушай В.Д., Рябов Е.В., Сафроннов Г.Б., Šimković F., Скурихин А.В., Соловьев А.Г., Сорокинов М.Н., Štekl I., Суворова О.В., Сушенок Е.О., Таболенко В.А., Тарашанский Б.А., Fajt L., Фиалковский С.В., Храмов Е.В., Шайбонов Б.А., Шелепов М.Д., Яковлев С.А. Калибровка измерительных каналов нейтринного телескопа *Baikal-GVD*. — 16 с., 13 рис.**

Проект *Baikal-GVD* направлен на создание глубоководного нейтринного телескопа масштаба кубического километра в озере Байкал. Установка находится на этапе развертывания, и в настоящее время ее эффективный объем в задаче регистрации ливней от нейтрино высоких энергий астрофизической природы достиг  $0.25 \text{ км}^3$ . Набор экспериментальных данных на телескопе осуществляется с 2015 г. в режиме постоянной экспозиции одновременно с наращиванием детектора. Данная статья посвящена вопросу калибровки измерительной системы нейтринного телескопа. В ней представлена аппаратура калибровочной системы, описана методика калибровки и обсуждаются вопросы точности, надежности и эффективности разработанных калибровочных процедур.

**Гренков С.А., Кольцов Н.Е. Система регистрации космического радиоизлучения в спектральных линиях.** — 11 с., 6 рис.

Система регистрации космического радиоизлучения в спектральных линиях позволяет вычислять спектры мощности методом быстрого преобразования Фурье. Амплитуды спектральных компонентов калибруются по шумовым импульсам небольшой мощности, которые вводятся на вход приемного устройства от модулируемого генератора шума. Введен широкополосный радиометрический канал вычисления неравномерности мощно-

сти шумовых импульсов в рабочей полосе частот, позволивший повысить точность измерений амплитуд спектра исследуемого сигнала примерно в 4 раза. Обеспечена регистрация слабых нестационарностей излучения.

## ЛАБОРАТОРНАЯ ТЕХНИКА

**Xiaohua Zhou, Yunfei En, Jie Lu, Yang Liu, Kang Li, Zhifeng Lei, Zhijian Wang, Xiaoping Ouyang. Contrast experiments of PIG positive and negative hydrogen ion sources for neutron tubes.** — 9 p., 3 fig. (публикуется только в английской версии ПТЭ).

Recent studies reported that PIG negative hydrogen ions extraction for neutron tube is superiority to positive hydrogen ions extraction. Present maturing products of neutron tube on market almost use PIG ion source and extract positive hydrogen ions. If negative hydrogen ions extraction can be applied on present products, the combination property will be greatly improved. In this study, a contrast experiment of PIG positive and negative hydrogen ion source for D-T neutron tube is put into effect. The relationships between the current of ion source, the beam current and the voltage extraction are investigated. The experiment results demonstrate that the negative ion extraction has higher yield of neutron for unit target current. We also point out that the ratio of yield to target current is a considerable parameter to reflect the overall performance of neutron tube.

**Авдеев С.М., Бураченко А.Г., Панарин В.А., Скакун В.С., Соснин Э.А., Тарасенко В.Ф. Эксилампы барьерного разряда с выходным окном малого диаметра и их применение.** — 8 с., 3 рис.

Описан принцип действия и приведены технические параметры эксилампы с выходным окном малого диаметра из серии портативных источников узкополосного ультрафиолетового и вакуумного ультрафиолетового излучения. Дан пример использования  $\text{KrCl}$ -эксилампы для возбуждения фотолуминесценции кристаллических материалов.

**Кошелев О.Г. Устройство для бесконтактного определения распределения фоточувствительности по площади кремниевых  $n^+ - p(n) - p^+$ -структур.** — 15 с., 4 рис.

Описано устройство, позволяющее измерять неоднородность фоточувствительности по площади кремниевых  $n^+ - p(n) - p^+$ -структур без контактов. Структура размещается между обкладками конденсатора и локально освещается с одной стороны двумя лазерами, модулированными по интенсивности. Длины волн лазеров 1064 и 808 нм. Излучение первого лазера поглощается в объеме базовой области, а второго — только вблизи ее освещаемой поверхности. Локальная фоточувствительность определяется по отношению амплитуд модуляций, при которых суммарная переменная фото-э.д.с. обращается в 0. Такая компенсация позволяет избежать ошибки, связанной с шунтированием освещаемого участка структуры ее остальной частью из-за токов по  $n^+$ - и  $p^+$ -слоям. На  $n^+ - p - p^+$ -структурах из монокристаллического кремния проведено сравнение контрастов фоточувствительностей, измеренных предложенным компенсационным методом и стандартным по току короткого замыкания. Различие составило не более 6%, что согласуется с расчетами.