

P13-2006-168

Ю. В. Заневский, О. В. Фатеев, В. А. Беляков, А. Н. Зубарев,
Ю. И. Краснов, А. Е. Московский, С. В. Разин,
С. П. Черненко, В. Ф. Чепурнов, Н. Н. Щербаков

СОЗДАНИЕ И ТЕСТИРОВАНИЕ КАМЕР ДЛЯ
ДЕТЕКТОРА **TRD ALICE** В ЛВЭ ОИЯИ

Направлено в журнал «Письма в ЭЧАЯ»

Заневский Ю. В. и др.

P13-2006-168

Создание и тестирование камер для детектора TRD ALICE в ЛВЭ ОИЯИ

Представлен статус работ по созданию и тестированию камер в ЛВЭ ОИЯИ для крупнейшего в мире детектора переходного излучения ALICE TRD. Главной задачей детектора (TRD) является идентификация электронов среди большого фона пионов. TRD состоит из 540 камер с общей чувствительной площадью $\sim 750 \text{ м}^2$. Каждая камера включает в себя дрейфовый и усилительный промежутки, а также радиатор. 100 TRD-камер будет изготовлено в ЛВЭ ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий им. В. И. Векслера и А. М. Балдина ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2006

Zanevsky Yu. V. et al.

P13-2006-168

Construction and Testing of the ALICE TRD Chambers at LHE JINR

The current status of construction and testing of Transition Radiation Detectors for ALICE at LHE JINR is presented. The main purpose of this detector (TRD) is electron identification at intensive pion background. The whole ALICE TRD system is comprised of 540 wire chambers of total sensitive area $\sim 750 \text{ м}^2$. Each chamber consists of drift and amplifying gaps and a radiator. 100 such TRD chambers will be constructed at LHE JINR.

The investigation has been performed at the Veksler and Baldin Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2006

Эксперимент ALICE посвящен изучению сильновзаимодействующей материи и кварк-глюонной плазмы в нуклон-нуклонных взаимодействиях на новом адронном коллайдере LHC в ЦЕРН [1]. Детектор переходного излучения (TRD) существенно расширяет возможности установки ALICE. Главной задачей TRD является идентификация электронов с высокой эффективностью и выработка триггерного сигнала для электронов с большим поперечным импульсом [2]. TRD-детектор состоит из 540 индивидуальных проволочных камер (12 типов размеров). Полная активная площадь TRD-детектора составляет 736 м². Суммарное количество электронных каналов регистрации около 1,2 млн [3].

Каждая камера является детектором переходного излучения. Поперечное сечение камеры представлено на рис. 1. Камера имеет радиатор толщиной 48 мм, дрейфовый промежуток длиной 30 мм и 7-мм промежуток газового усиления. Для анодной плоскости используется золоченая вольфрамовая проволока диаметром 20 мкм. Шаг анодных проволок составляет 5 мм. Катодная про-

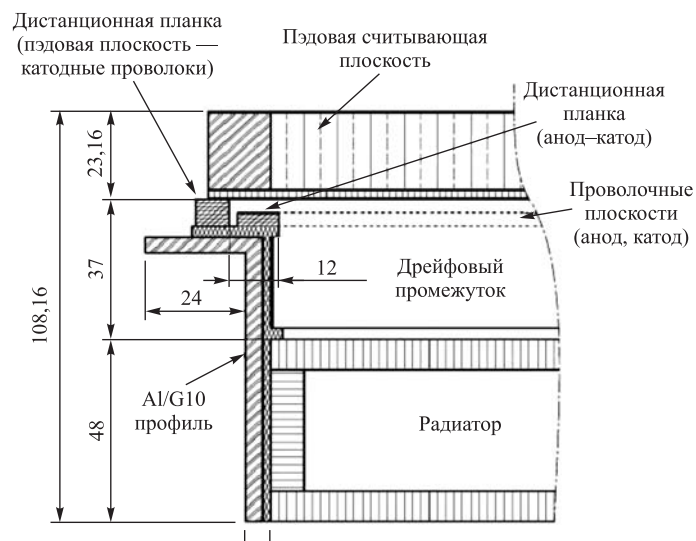


Рис. 1. Схематичный вид TRD-камеры

волоочная плоскость, разделяющая область дрейфа и зону газового усиления, намотана Cu-Be проволокой диаметром 75 мкм с шагом 2,5 мм. Наведенный заряд считывается с пэдовой катодной плоскости, которая находится под нулевым потенциалом так же, как и проволочная катодная плоскость. Пэды имеют прямоугольную форму со средними размерами 7,25×87,5 мм.

Изготовление камер началось в 2005 г. в ОИЯИ, университетах Гейдельберга и Франкфурта, GSI (Дармштадт) и NIPNE (Бухарест). Для создания и тестирования TRD-камер в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ подготовлены и оснащены современным технологическим оборудованием новые помещения, включая «чистые» комнаты общей площадью 120 м², в которых ведутся работы по изготовлению и тестированию камер шести типов размеров с чувствительной площадью около 1 м² (всего 103 камеры). Для сокращения времени изготовления камер работа разделена на три параллельных этапа:

- а) склейка каркаса камеры (с радиатором) и склейка пэдовой панели;
- б) намотка и перенос катодных и анодных проволок;
- в) сборка камеры и тестирование.

Склейка каркасов камер производится на двух прецизионных сборочных столах с плоскостностью лучше 30 мкм. Набор точных отверстий на этих столах позволяет собрать и склеить каркас для камеры любого типа размера. Склейка пэдовой панели делается на вакуумном столе, который также обеспечивает плоскостность лучше 30 мкм.

Перенос проволочных плоскостей на каркас камеры проводится в «чистых» помещениях, которые оборудованы климатической системой, позволяющей поддерживать постоянную температуру ~ 24°C и влажность не более 35 %. Для каждой камеры готовятся две проволочные плоскости (анодная и катодная) на управляемом компьютером намоточном станке, который позволяет делать намотку проволоки с разным натяжением и шагом. Над каждым рабочим местом, где проволочные плоскости переносятся на каркас камеры, установлены фильтры тонкой очистки воздуха, обеспечивающие класс чистоты не хуже 10000. Положение проволочных анодной и катодной плоскостей относительно каркаса камеры и друг друга контролируется при помощи микроскопов с точностью 20 мкм (рис. 2).

TRD-камеры сконструированы как полностью склеенные (неразборные) модули. Это предъявляет дополнительные жесткие требования к технологии изготовления и тестирования. В процессе изготовления каждая камера тестируется четыре раза. Первый раз измеряется темновой ток на воздухе при напряжении 1800 В на аноде камеры непосредственно после переноса катодных и анодных проволок, чтобы устранить (при необходимости) плохо обрезанные концы проволок. Второй раз эта процедура повторяется после заливки эпоксидной смолой технологических зазоров (для проверки изоляционных свойств смолы). После этого еще не склеенная камера (пэдовая панель приклеена липкой лентой) тестируется на автоматизированном стенде



Рис. 2. Перенос проволочных плоскостей на каркасы камер (в чистых помещениях)

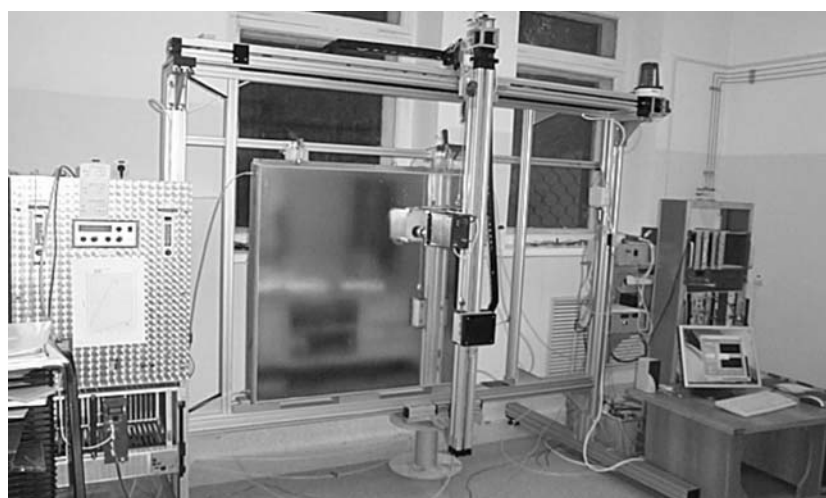


Рис. 3. Автоматизированный стенд с рентгеновской трубкой для тестирования камер

(рис. 3). Стенд оборудован рентгеновской трубкой ($E \approx 10$ кэВ), которая может перемещаться с высокой точностью в x, y -плоскости и позволяет просканировать камеру по всей площади. Определение разброса коэффициента газового усиления в процессе сканирования позволяет выбрать необходимый вариант окончательной склейки камеры, чтобы достичь неоднородности усиления по площади не более $\pm 15\%$. Дополнительное сканирование (перпендикулярно проволокам анодной плоскости) коллимированным рентгеновским пучком с шагом 1 мм позволяет выявить «плохо» пропаянные анодные проволоки. При этом локальное изменение амплитуды сигнала с анодной плоскости (более 10%) указывает на наличие такой проволоки, что дает возможность исправить этот дефект на данной стадии. Однако подобное изменение сигнала может быть вызвано также дефектом радиатора. Двукратное сканирование под углом ($\pm 15^\circ$) к проволокам позволяет определить причину изменения сигнала. Если никаких дефектов не обнаружено, камера может быть полностью склеена.

Склеенная камера тестируется еще раз. На рис. 4 приведены зависимости измеренного анодного тока от координаты при линейном сканировании камеры перпендикулярно анодным проволокам. Сканирование при разных

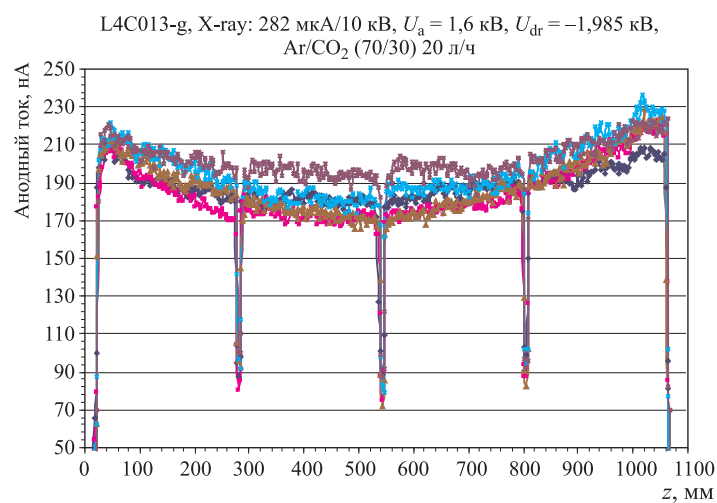


Рис. 4. Зависимости, характеризующие однородность коэффициента усиления по площади камеры

значениях координат вдоль анодных проволок характеризует однородность коэффициента газового усиления по площади камеры. Провалы величины анодного тока до ~ 80 нА обусловлены конструктивными особенностями радиатора, который имеет дополнительные внутренние перегородки для увели-

чения его жесткости. Поскольку площадь камеры более 1 м^2 , недостаточная жесткость пэдовой панели приводит к ее деформации за счет избыточного давления газовой смеси внутри камеры и уменьшению газового усиления в центральной части камеры. Дополнительно измеряется зависимость газового усиления от анодного напряжения. Величина коэффициента газового усиления составляет 10000 при напряжении на аноде 1600 В и дрейфовом напряжении 1985 В для смеси $\text{Ar} + 30\% \text{ CO}_2$. Важным параметром является герметичность камеры. Величина газовой течи определяется путем измерения содержания кислорода в рабочем газе и должна быть менее 1 мбар·л/ч.

Готовые и оттестированные TRD-камеры отправляются в GSI (Дармштадт), где они должны быть укомплектованы электроникой считывания. После транспортировки камеры вновь проверяются на герметичность и целостность проволок.

В настоящее время в ЛВЭ ОИЯИ изготовлено 90 камер, из которых 65 отправлено в Германию для дополнительного тестирования, монтажа в «супермодули» (по 30 камер) и интеграции в установку ALICE [4].

В заключение авторы выражают глубокую благодарность Г. А. Черемухиной и И. А. Шмыреву за создание матобеспечения для намоточного станка и автоматизированного испытательного стенда, С. Г. Сазонову за помощь в работах по созданию чистых помещений, а также В. Н. Зрюеву за разработку прибора для измерения шага намотки проволок.

Авторы также выражают признательность дирекции ОИЯИ и ЛВЭ за помощь в создании и оборудовании технологических помещений для изготовления камер.

ЛИТЕРАТУРА

1. ALICE Physics Performance Report. // J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 2005. V. 30. P. 1517–1763.
2. ALICE TRD, Technical Design Report. CERN/LHCC 2001-021.
3. *Lippmann C. et al.* The ALICE Transition Radiation Detector. Proceedings of the SNIC Conference, SLAC, April 3–6, 2006.
4. ALICE Forges Ahead with Detector Installation. CERN Courier. 2006. V. 46, No. 10. P.6.

Получено 12 декабря 2006 г.

Редактор *М. И. Зарубина*

Подписано в печать 19.07.2006.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,68. Уч.-изд. л. 0,96. Тираж 290 экз. Заказ № 55413.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/