

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР С ФОТОПРИЕМНИКОМ НА ОСНОВЕ МАТРИЦ ИЗ КРЕМНИЕВЫХ ФОТОУМНОЖИТЕЛЕЙ

И. М. Дзапарова^{1,2,*}, *В. И. Волченко*¹, *А. М. Ганганшев*¹,
*Е. А. Горбачева*¹, *А. Н. Куреня*¹, *В. Б. Петков*^{1,2},
А. В. Сергеев^{1,2}, *А. Ф. Янин*¹

¹ Институт ядерных исследований РАН, Москва

² Институт астрономии РАН, Москва

Представлены характеристики сцинтилляционного детектора с матрицами из кремниевых фотоумножителей (КФЭУ) в качестве многоканальных фотоприемников. Рассматривается детектор, в котором матрицы из КФЭУ, прикрепленные непосредственно к пластическому сцинтиллятору, используются для получения образа события в его объеме.

The results of characterization study of the scintillation detector with SiPMs matrices as multichannel photosensors are presented. The SiPMs matrices attached to a plastic scintillator give a snapshot of the glowing track of charged particle traversing the scintillator.

PACS: 29.40.Mc; 07.07.Df

ВВЕДЕНИЕ

Матрицы из КФЭУ, как фотонные координатные детекторы, позволяют получать снимки светящихся треков, проходящих через сцинтиллятор заряженных частиц при использовании их с соответствующим коллектором оптического излучения. Подобный метод съема информации дает возможность разделять и изучать различные типы событий (взаимодействия частиц) в сцинтилляционном детекторе. Ожидается, что предлагаемая методика регистрации частиц может оказаться полезной при создании новых больших детекторов для нейтринной астрофизики и геофизики [1]. В настоящее время в ИЯИ РАН разрабатывается прототип такого детектора, в котором в качестве фотоприемников используются матрицы ArrauC-60035-65P-PCB фирмы SensL,

*E-mail: dzaparova@ya.ru

состоящие из 64 индивидуальных КФЭУ серии С [2, 3]. Максимум чувствительности КФЭУ серии С совпадает с максимумом спектра испускания используемого нами пластического сцинтиллятора на основе полистирола с активатором РРО и сместителем спектра РОРОР [4]. Проведенные ранее измерения показали, что эти матрицы имеют достаточно низкий собственный гамма-фон и, в принципе, могут применяться в низкофоновых измерениях [5].

1. ОТКЛИК КФЭУ НА НАПРАВЛЕНИЕ ПРИХОДА ФОТОНОВ

В сцинтилляционных детекторах с матрицами, которые крепятся непосредственно к сцинтиллятору, фотоны могут приходиться на КФЭУ под различными углами. Поэтому при анализе данных с таких детекторов важно знать, как при одном и том же световом потоке заряд в импульсе на выходе КФЭУ зависит от угла θ между нормалью к поверхности КФЭУ и направлением прихода фотонов. Экспериментальная проверка возможного влияния направления прихода фотонов на квантовую эффективность кремниевых ФЭУ была проведена для трех значений длины волны света: 470, 430 и 400 нм. Матрица засвечивалась однородным слабым световым пучком от соответствующего светодиода, который работал в режиме, когда одновременно срабатывали не более 2% от полного числа микропикселей КФЭУ. Измерения проводились с помощью измерительной системы на основе ЗЦП V792 [6]. Заряд импульсов с КФЭУ измерялся для различных направлений прихода света при одинаковых световых потоках. В качестве примера на рис. 1 представлены результаты измерений для длины волны 430 нм. Экспериментальные данные

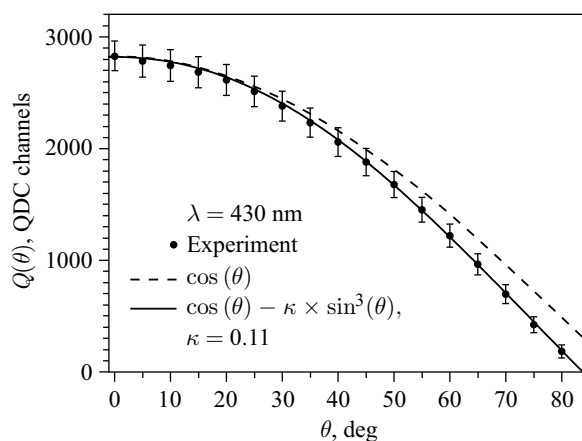


Рис. 1. Зависимость заряда в импульсе КФЭУ от направления прихода фотонов для длины волны 430 нм

для всех трех значений длины волны показывают отклонение от ожидаемого вследствие изменения площади фотокатода КФЭУ зависимости $\cos(\theta)$ и фитируются функцией $\cos(\theta) - \kappa \times \sin^3(\theta)$. Величина κ для 470, 430 и 400 нм равна, соответственно, 0,07, 0,11 и 0,11.

2. СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР С МАТРИЦАМИ ИЗ КФЭУ

Детектор представляет собой брусок пластического сцинтиллятора размером $59 \times 59 \times 50$ мм, просматриваемый двумя матрицами АгауС-60035-65Р-РСВ, которые крепятся непосредственно к сцинтиллятору сверху и сбоку. Для амплитудной калибровки КФЭУ были проведены расчеты спектра энергосигналов в детекторе от мюонов космических лучей и спектров по чи-

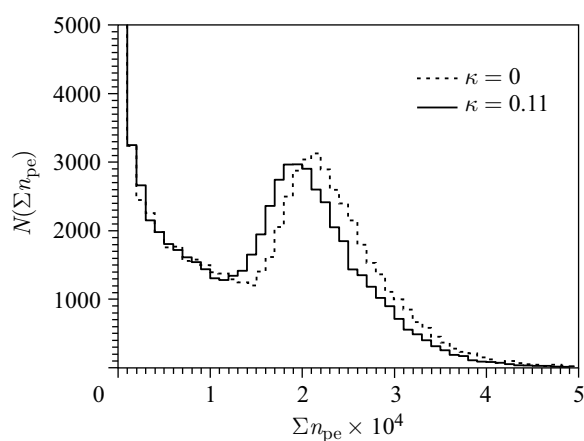


Рис. 2. Расчетные спектры по числу фотоэлектронов для матрицы, просматривающей сцинтиллятор сверху

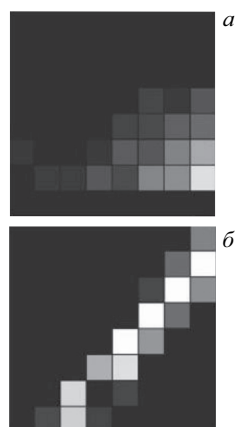


Рис. 3. Изображение траектории мюона, проходящего через брусок сцинтиллятора: а) на матрице, просматриваемой сцинтиллятор сверху; б) на матрице, просматриваемой сцинтиллятор сбоку

слу фотоэлектронов в каждом КФЭУ. Наиболее вероятное энерговыделение в бруске сцинтиллятора от мюонов космических лучей составляет 10,5 МэВ. На рис. 2 приведены расчетные спектры по числу фотоэлектронов для суммы всех КФЭУ матрицы, просматривающей сцинтиллятор сверху. Из рисунка видно, что при амплитудной калибровке детектора необходимо учитывать зависимость величины заряда на выходе КФЭУ от угла θ .

На рис. 3 приведено изображение траектории проходящего через брусок сцинтиллятора мюона на просматривающих объем сцинтиллятора матрицах. Здесь на рис. *a* — вид сверху (матрица прикреплена к верхней поверхности сцинтиллятора), на рис. *b* — вид сбоку (матрица прикреплена к боковой грани сцинтиллятора).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведены предварительные результаты изучения характеристик сцинтилляционного детектора с матрицами из КФЭУ в качестве многоканальных фотоприемников. В работе используются матрицы ArrayC-60035-64P-PCB, которые крепятся непосредственно к пластическому сцинтиллятору. Показана возможность получения изображения светящихся треков проходящих через сцинтиллятор заряженных частиц.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 14-22-03075).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Petkov V. B.* Prospects of the Search for Neutrino Bursts from Supernovae with Baksan Large Volume Scintillation Detector // *Phys. Part. Nucl.* 2016. V. 47, No. 6. P. 975; arXiv:1508.01389.
2. <http://sensl.com/estore/arrayc-60035-64p-pcb/>
3. <http://sensl.com/products/c-series/>
4. *Харжеев Ю. Н.* Сцинтилляционные счетчики в современных экспериментах по физике высоких энергий // *ЭЧАЯ.* 2015. Т. 46. С. 1226.
5. *Dzaparova I. M., Gangapshev A. M., Gavrilyuk Yu. M., Petkov V. B., Sergeev A. V., Volchenko V. I., Yakimenko S. P., Yanin A. F.* Study of the Characteristics of SiPMs Matrix as a Photosensor for the Scintillation Detectors // *PoS (PhotoDet2015).* 2015. P. 063.
6. *Янин А. Ф., Дзапарова И. М., Волченко В. И., Горбачева Е. А., Куреня А. Н., Петков В. Б.* Многоканальная измерительная система для сбора данных с матриц из кремниевых фотоумножителей // *Измерительная техника.* 2017. № 3. С. 8–11.