

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

1187 / 83

103-83

P13-82-892

О.Е.Горчаков*, А.В.Купцов, Л.Лучан

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ СЧЕТЧИК
РАЗМЕРОМ 500x500x20 мм³
НА ДВУХ ФОТОУМНОЖИТЕЛЯХ ФЭУ-49

Направлено в журнал "ПТЭ"

* филиал НИЯФ МГУ.

1. ВВЕДЕНИЕ

Сцинтилляционные счетчики большой площади, сцинтиллятор которых представляет собой тонкий прямоугольный параллелепипед, исследовались во многих работах^{/1/}. Свет в таких счетчиках собирается обычно с одной из малых граней сцинтиллятора при помощи световодов типа "рыбий хвост", световодов из витых полос или плоских световодов, являющихся продолжением сцинтиллятора. Удаленная от сцинтиллятора малая грань световода в последнем случае полностью перекрывается фотокатодами фотоумножителей.

В настоящей работе описан сцинтилляционный счетчик также с плоским световодом, но фотоумножители, в отличие от известных счетчиков^{/1/}, расположены на его большой грани. При такой конструкции световод, входное окно и тонкий полупрозрачный фотокатод ФЭУ образуют оптическую систему, в которой свет, распространяющийся под углом полного внутреннего отражения, может повторно возвращаться на фотокатод и приводить к увеличению его квантового выхода.

Три таких счетчика используются в установке по исследованию обратного электророждения пионов на протонах и ядрах^{/2/}.

2. КОНСТРУКЦИЯ СЧЕТЧИКА

Конструкция счетчика приведена на рис.1. Пластмассовый сцинтиллятор на основе полистирола с добавками терфенила и РОРОР имеет размеры 500x500x20 мм³. Сцинтиллятор приклеен к световоду из полированного плексигласа клеем МБК-1. Световод длиной 320 мм и толщиной 25 мм имеет форму равнобедренной трапеции. Сцинтиллятор и световод покрыты отражающей пленкой из алюминированного лавсана, черной бумагой и полихлорвиниловой лентой. В счетчике используются два фотоумножителя ФЭУ-49 с фотокатодами диаметром 150 мм. Фотоумножители расположены на большой грани световода. Оптический контакт фотоумножителей со световодом обеспечивается при помощи кремнийорганического вазелина КВ-3.

Показатели преломления сцинтиллятора, МБК-1, световода, КВ-3, входного окна и фотокатода ФЭУ равны 1,58; 1,48; 1,49; 1,42; 1,49 и ~3 соответственно.

Аноды фотоумножителей объединены. Для контроля за работой счетчика используется светодиод АЛ-102Б.

Магнитная защита состоит из двухслойной стальной коробки, выполняющей также роль светозащитного кожуха, и нескольких слоев отожженного пермаллоя, надетых на каждый фотоумножитель. Соеди-

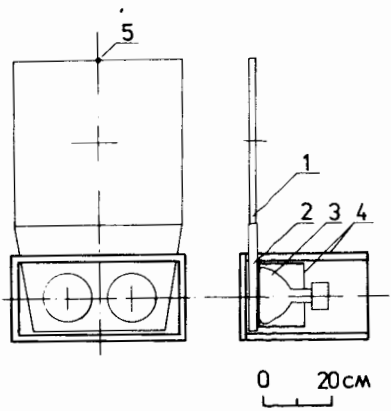


Рис.1. Конструкция сцинтилляционного счетчика: 1 - сцинтиллятор; 2 - световод; 3 - фотоумножитель; 4 - магнитная защита; 5 - светодиод.

нение световода с кожухом осуществляется винтами через отверстия в световоде. Включение магнитного поля напряженностью $\sim 5 \text{ Э}$ /рассеянное поле ускорителя/ приводит к уменьшению амплитуды импульсов на величину, не превышающую 2%.

3. АМПЛИТУДНОЕ И ВРЕМЕННОЕ РАЗРЕШЕНИЕ

Амплитудное разрешение счетчиков определялось на пучке электронов синхроциклотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Электроны получались при конверсии γ -квантов в свинцовом конвертере на (e^+e^-) -пары. Для одного из счетчиков амплитудное распределение импульсов, полученное на релятивистских электронах, приведено на рис.2. Амплитудное разрешение сцинтилляционного счетчика /ширина на полувысоте/ равно $\Delta_e = 31\%$. В основном оно определяется статистическими флуктуациями потерь энергии частиц в сцинтилляторе и статистическими флуктуациями числа фотоэлектронов. Флуктуации ионизационных потерь описываются распределением Ландау, ширина которого в нашем случае $\Delta_{л.} \approx 21\%$. Флуктуации числа фотоэлектронов тогда составляют $\Delta_{фэ.} \approx 23\%$.

Для сравнения величина статистической компоненты, возникающей из-за флуктуаций числа фотоэлектронов, определялась с помощью световых датчиков. Амплитуда импульсов, поступающих от

светодиодов, подбиралась равной амплитуде импульсов от электронов. Амплитудное разрешение получилось равным $\Delta_{д.} = 20\%$.

Счетчиком с амплитудным разрешением $\Delta_e = 31\%$ путем дискриминации импульсов с большой

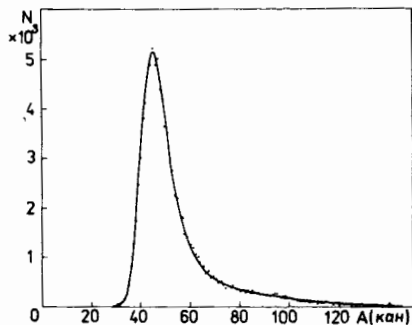


Рис.2. Амплитудное распределение импульсов сцинтилляционного счетчика, полученное на релятивистских электронах.

амплитудой хорошо выделяются одиночные релятивистские электроны на фоне двух частиц $/e^+e^-$ -пар/. Так, например, при эффективности регистрации электронов $\epsilon_1 = 90\%$ эффективность регистрации электронно-позитронных пар составляет $\epsilon_2 = 2,5\%$.

Временное разрешение счетчиков определялось при обработке статистического материала, полученного в эксперименте. Счетчики облучались образованными в мишени частицами с большой угловой расходимостью. Затем проводилась коррекция, при которой учитывалась зависимость времени срабатывания формирователей от амплитуды импульсов. После проведения такой коррекции временное разрешение улучшилось примерно в два раза и стало равным $\Delta_t \approx 4 \text{ нс}$.

4. ОДНОРОДНОСТЬ СЧЕТЧИКА

Зависимость средней амплитуды импульсов от точки попадания частиц в сцинтиллятор определялась на пучке π^- -мезонов с импульсом 275 МэВ/с и с угловой расходимостью $\leq 2^\circ$. Счетчик облучался почти равномерно по всей площади, так как находился на расстоянии $\sim 12 \text{ м}$ от коллиматора. Перед счетчиком была установлена двухкоординатная дрейфовая камера размером $500 \times 500 \text{ мм}^2 /3/$.

Амплитуды импульсов со счетчика и соответствующая координатная информация с дрейфовой камеры записывались на магнитную ленту. Затем определялись средние амплитуды импульсов в полосах сцинтиллятора шириной по 40 мм, параллельных выходной грани. Амплитуда импульсов в центре счетчика принималась равной единице. Результаты измерений приведены на рис.3 /точки/. Относительная неоднородность счетчика составляет $\pm 15\%$. На этом же рисунке приведены три кривые, полученные путем моделирования, иллюстрирующие поведение амплитуды импульсов в зависимости от расстояния

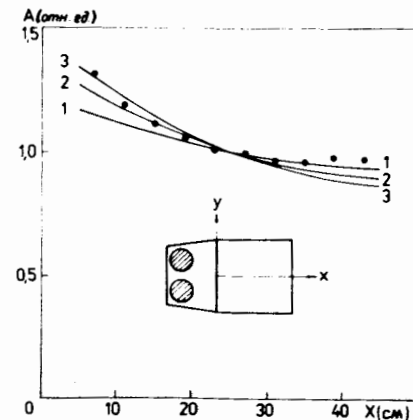


Рис.3. Зависимость средней амплитуды импульсов в сцинтилляционном счетчике от расстояния до световода: точки - экспериментальные данные; кривые 1, 2 и 3 получены моделированием при трех значениях коэффициента поглощения; $\lambda / \text{см}^{-1} = 0,010$; $0,013$ и $0,015$ соответственно.

до выходной грани сцинтиллятора для трех значений коэффициента поглощения света в сцинтилляторе: $\lambda / \text{см}^{-1} = 0,010; 0,013$ и $0,015$. Расчет проводился для точек с координатой $y=0$.

Основной причиной неоднородности является поглощение света в сцинтилляторе, а также небольшая длина световода. Счетчики в установке работают с дрейфовыми камерами, и в амплитуды импульсов вводятся поправки, зависящие от места прохождения частицы.

5. КОЭФФИЦИЕНТ СВЕТОСБОРА

Коэффициент светосбора /отношение числа фотонов, попавших на фотокатоды, к числу фотонов в люминесцентной вспышке/ определялся на основе амплитудного распределения импульсов, полученного на светодиодах, и моделирования.

Число фотоэлектронов, соответствующее ширине амплитудного распределения импульсов, полученного на светодиодах, с учетом статистических флуктуаций на первых диодах фотоумножителей равно ~ 185 . Средняя анодная чувствительность использованных фотоумножителей примерно равна 100 мкА/лм , что соответствует квантовому выходу фотокатода 12% . Поэтому число фотонов, попавших на фотокатоды, равно ~ 1540 .

С другой стороны, релятивистские электроны теряют в счетчике на ионизацию $\sim 4,6 \text{ МэВ}$. На образование одного фотона с учетом старения сцинтиллятора затрачивается $\sim 200 \text{ эВ}^{4,5}$. Таким образом, в сцинтилляторе возникает $\sim 2,3 \cdot 10^4$ фотонов, и коэффициент светосбора равен $\sim 7\%$.

Коэффициент светосбора был получен также путем моделирования, при котором учитывалось: поглощение в сцинтилляторе $/\lambda = 0,013 \text{ см}^{-1}/$ и в световоде $/\lambda = 0,0045 \text{ см}^{-1}/$, коэффициент пропускания клея МБК-1 $/0,85/$ и вазелина КВ-3 $/0,95/$, коэффициент отражения от алюминированного лавсана $/0,8/$. Результаты моделирования показали, что коэффициент светосбора равен 9% .

В счетчике приблизительно 50% света от люминесцентной вспышки выходит из сцинтиллятора через четыре конуса вылета^{8/}. Остальной свет, в принципе, может быть собран на фотокатоды ФЭУ. В действительности только $\sim 7\%$ от всего света попадает на фотокатоды. При моделировании было установлено, что $\sim 65\%$ света теряется в сцинтилляторе до попадания в световод и $\sim 50\%$ теряется в световоде до попадания на фотокатоды ФЭУ.

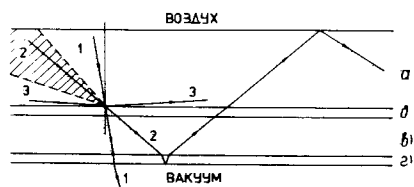


Рис.4. Прохождение света в оптической системе, состоящей из световода /а/, слоя КВ-3 /б/, входного окна ФЭУ /в/ и фотокатода /г/. Заштрихован интервал углов, в котором выполняется условие ПВО.

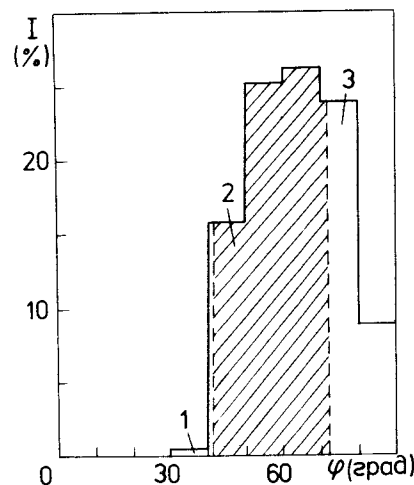


Рис.5. Распределение интенсивности света I по углам падения ϕ в месте расположения ФЭУ. В интервале углов 1 свет не испытывает ПВО, в интервале 2 - испытывает ПВО на границах световод - воздух и фотокатод - вакуум, в интервале 3 - отражается от границы световод - слой КВ-3. Распределение получено путем моделирования.

Коэффициент светосбора в счетчиках со сцинтилляторами сравнимых размеров $/\approx 0,25 \text{ м}^2/$, у которых свет собирается на один или два фотоумножителя с диаметром фотокатода небольших размеров $/\phi \approx 50 \text{ мм}/$, составляет $\sim 2\%^{1,7}$.

На рис.4 приведена схема, иллюстрирующая прохождение света в системе световод - фотоумножитель, а на рис.5 - распределение интенсивности света, полученное путем моделирования, по углам падения ϕ в месте расположения фотоумножителей. Углы падения ϕ разделены на три интервала, обозначенные одинаково на рис.4 и 5. В интервале 1 $/\phi < 42^\circ/$ свет не испытывает полного внутреннего отражения /ПВО/. В интервале 3 $/\phi > 72^\circ/$ свет отражается от границы световод - слой КВ-3. В интервале 2 он испытывает ПВО на границах световод - воздух и фотокатод - вакуум. Эта часть света может возвращаться на фотокатод и приводить, как показано в работе^{8/}, к увеличению его квантового выхода.

Авторы благодарны Л.Л.Неменову за содействие и интерес к работе, В.И.Ганичеву за изготовление чертежей, Г.В.Покидовой и В.А.Смирнову за помощь при сборке счетчиков, С.Г.Пластининой и В.Ф.Чуркиной за помощь при оформлении статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Говорков Б.Б., Чукин В.С. ЭЧАЯ, 1972, 2, вып.3, с. 763.
2. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, Р13-81-848, Дубна, 1981.
3. Алексеев Г.Д. и др. ОИЯИ, Р13-81-762, Дубна, 1981.
4. Медведев М.Н. Сцинтилляционные детекторы. Атомиздат, М., 1977.
5. Матвеева Е.Н., Столетова И.М., Шафранова М.Д. ПТЭ, 1970, №5, с. 76.
6. Brini D. et al. Nuovo Cimento Suppl., 1955, 11, No.4, p. 1048.

7. Crabb D.G. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1966, 45, p. 301.
 8. Кравченко Н.Г. и др. Ж. прикл. спектроскопии, 1973, т.19, с. 475.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

D3-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
D13-11807	Труды III Международного совещания по пропорциональным и дрейфовым камерам. Дубна, 1978.	6 р. 00 к.
	Труды VI Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1978 /2 тома/	7 р. 40 к.
D1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
D1,2-12450	Труды XII Международной школы молодых ученых по физике высоких энергий. Приморско, НРБ, 1978.	3 р. 00 к.
	Труды VII Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц, Дубна, 1980 /2 тома/	8 р. 00 к.
D11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
D4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
D4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
D2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
D10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
D1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
D17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
D1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
P18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
D2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
D9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
D3,4-82-704	Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.	5 р. 00 к.

Рукопись поступила в издательский отдел
 22 декабря 1982 года.

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
 Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Горчаков О.Е., Купцов А.В., Лучан Л. P13-82-892
Сцинтилляционный счетчик размером 500x500x20 мм³
на двух фотоумножителях ФЭУ-49

Описан сцинтилляционный счетчик со сцинтиллятором на основе полистирола размером 500x500x20 мм³ и с плоским световодом. Регистрация световой вспышки осуществляется двумя фотоумножителями ФЭУ-49, расположенными на большой грани световода. Амплитудное разрешение счетчика /ширина на полувысоте/ на пучке релятивистских электронов составляет 31%. Проводится сравнение экспериментально полученных коэффициентов светосбора и однородности с результатами моделирования.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Gorchakov O.B., Kuptsov A.V., Lúčan L. P13-82-892
500x500x20 mm³ Scintillation Counter with Two FEU-49
Photomultipliers

A 500x500x20 mm³ scintillation counter with a polystyrene-base scintillator and a flat light guide is described. Light is detected with two FEU-49 photomultipliers placed on the larger side of the light guide. The amplitude resolution of the counter (FWHM) on relativistic electrons is 31%. The experimentally obtained coefficient of light collection and homogeneity are compared with the theoretical results.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problem, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод О.С.Виноградовой.