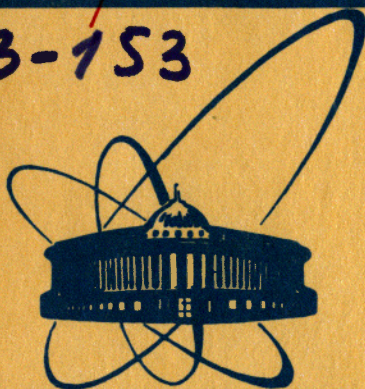


2969/83

83-153



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

9/6-83

13-83-153

А.М.Блик,¹ Ю.А.Будагов, В.Б.Виноградов,
Н.С.Галкина,² А.Б.Йорданов, Н.А.Русакович,
А.С.Соловьев,¹ Б.Е.Спасов,³ А.А.Трофимова,²
Р.В.Ценов

ГАЗОВЫЙ ПОРОГОВЫЙ ЧЕРЕНКОВСКИЙ СЧЕТЧИК
С ЗЕРКАЛОМ ИЗ МЕТАЛЛИЗИРОВАННОЙ
ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТНОЙ ПЛЕНКИ
С ОПТИМИЗИРОВАННОЙ ТОЛЩИНОЙ ПОКРЫТИЯ

¹ Институт физики высоких энергий, Серпухов.

² Научно-производственное объединение "Пластик",
Москва.

³ Софийский университет, НРБ.

1983

ВВЕДЕНИЕ

В работе описан газовый пороговый черенковский счетчик, входящий в систему идентификации частиц / π^{\pm} -мезонов, K^{\pm} -мезонов, протонов/ с импульсами 7-15 ГэВ/с на спектрометре "Гиперон" /1/.

Требуемое значение эффективности регистрации счетчика $\epsilon > 99,9\%$ было достигнуто благодаря использованию кварцевой оптики и улучшению отражающих свойств фокусирующего зеркала, изготовленного на основе эпоксидной смолы и металлизированной полиэтилентерефталатной /ПЭТФ/ пленки.

Проведены специальные исследования с целью изготовления металлизированной ПЭТФ пленки с оптимальной толщиной алюминиевого покрытия. Условия металлизации и зависимость коэффициента отражения от толщины покрытия пленки также приведены в работе.

1. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ И КОНСТРУКЦИЯ СЧЕТЧИКА

Эффективность регистрации частиц счетчиком определяется средним числом фотоэлектронов N_{γ} , выбитых с фотокатода ФЭУ:

$$\epsilon = 1 - \exp(-N_{\gamma}). \quad /1/$$

При высоких энергиях частиц, когда их скорость $\beta > 1-10^{-3}$ и угол черенковского излучения θ мал ($\sin \theta = \theta$), среднее число фотоэлектронов N_{γ} зависит от параметров счетчика следующим образом:

$$N_{\gamma} = AL\theta^2, \quad /2/$$

где L - длина газового радиатора, A - константа, характеризующая ФЭУ и оптическую систему счетчика. Величина A определяется как интеграл

$$A = \int_{\lambda_{\min}}^{\lambda_{\max}} \Phi(\lambda) K(\lambda) \Gamma(\lambda) R(\lambda) \frac{d\lambda}{\lambda^2}, \quad /3/$$

где λ - длина волны черенковского излучения, $\Phi(\lambda)$ - квантовый выход ФЭУ, $K(\lambda)$ - коэффициент пропускания стекла, отделяющего ФЭУ от рабочего объема, $\Gamma(\lambda)$ - прозрачность газового радиатора, $R(\lambda)$ - коэффициент отражения фокусирующего зеркала.

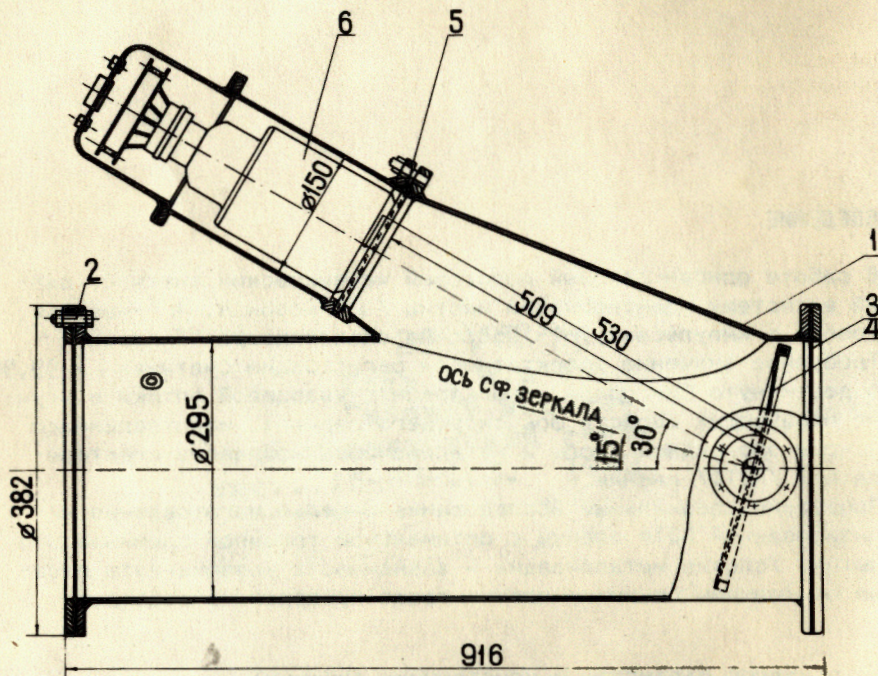


Рис.1. Схематическое изображение счетчика.

Величина угла θ черенковского излучения проходящей через счетчик частицы связана с давлением D и показателем преломления газа-радиатора n в счетчике следующим образом:

$$\theta^2 = 2(n-1)D - \frac{M^2}{P^2}, \quad /4/$$

где M и P - масса и импульс частицы.

Минимальное значение константы A , необходимое для разделения частиц с массами M_1 и M_2 ($M_2 > M_1$), получаем, когда давление газа в счетчике выбрано соответствующим порогу регистрации более тяжелой частицы ($\theta^2 = 0$).

Тогда

$$N_3 = A \cdot L \frac{M_2^2 - M_1^2}{P^2}. \quad /5/$$

Задавая из условия эксперимента и геометрии установки максимальную длину счетчика и эффективность его регистрации $L \leq 95$ см, $\epsilon \geq 0,999$, $P_{\max} = 15$ ГэВ/с/ по формуле /5/, получаем нужную границу константы $A \geq 90$ см⁻¹.

В наших конкретных условиях первые три множителя подынтегральной функции /3/, определяющей величину A , достигли максимальных значений /3/. Дальнейшее увеличение константы A можно получить лишь за счет улучшения коэффициента отражения зеркала $R(\lambda)$.

Общий вид счетчика показан на рис.1. Герметичный корпус 1 изготовлен из алюминия с толщиной стенки 6 мм и рассчитан для работы в интервале давлений 0 ± 2 атм. Фланцевые соединения 2 дают возможность использовать для входного и выходного окон мембраны 3 различной толщины из разных материалов и наращивать длину радиатора. Окно 5 выполнено из кварцевого стекла марки КУ-1/3/ толщиной 20 мм. Черенковское излучение фокусируется на фотокатод ФЭУ 6 при помощи сферического зеркала 4 диаметром 300 мм и радиусом кривизны 520 мм. Механизм юстировки зеркала вынесен за объем радиатора, что дает возможность, не вскрывая счетчик, изменять угол наклона зеркала и двигать его вдоль оси счетчика.

Для регистрации черенковского излучения используется ФЭУ ХР 2041/Q с кварцевым окном и диаметром фотокатода 110 мм. Общий вес счетчика не превышает 35 кг.

2. ФОКУСИРУЮЩЕЕ ЗЕРКАЛО

Для данного счетчика по технологии, описанной в работе /4/, было изготовлено несколько зеркал на основе эпоксидной смолы с отражающим слоем из алюминизированной ПЭТФ пленки. Коэффициент отражения пленки определяется технологией ее металлизации /5,6/: скоростью испарения алюминия, давлением в вакуумной установке в процессе напыления, толщиной напыленного слоя алюминия, температурой подложки, чистотой алюминия и т.д.

С помощью установки УВН-2М2/7/ были изготовлены образцы металлизированной ПЭТФ пленки с различной толщиной алюминиевого покрытия /от 0,01 до 0,2 мкм/. Использовался алюминий марки А995Д/5/. Вакуум в установке был равен 5×10^{-5} мм рт.ст. Толщина покрытия измерялась с помощью прибора ИТЭ-3/7/ электроконтактным методом.

На рис.2 приведены коэффициенты отражения этих образцов в диапазоне длин волн 364-750 нм. Эти величины были измерены фотометром ФМШ-56М/5/ с абсолютной /+10%/ и относительной /±1%/ точностью и отнормированы с помощью спектрофотометра СФ-16/5/ с приставкой зеркального отражения ПЗ0-2/5/ при погрешности измерения +1%.

На рис.3 для трех значений длин волн приведены зависимости коэффициента отражения от толщины покрытия. Как видно из этих рисунков, оптимальная толщина покрытия, при которой коэффициент отражения максимален, составляет 0,1 мкм. Именно с такой толщиной покрытия на установке УВ-26М/8/ был изготовлен рулон пленки

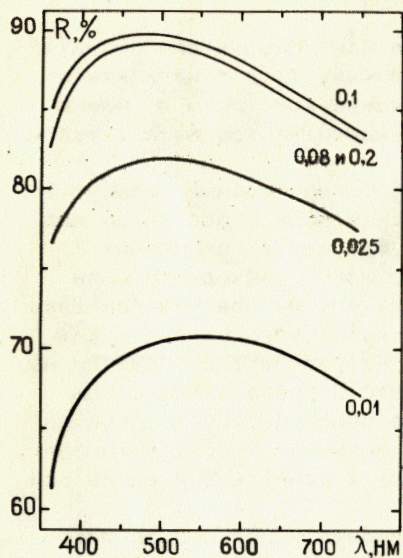


Рис.2. Коэффициенты отражения пленок в зависимости от длины волны λ для различных толщин алюминиевого покрытия. Цифры около кривых указывают толщину в мкм.

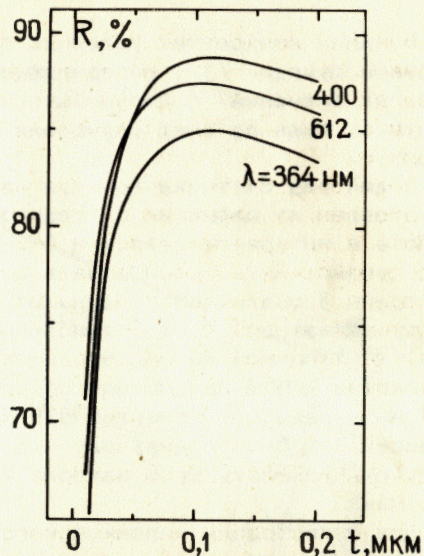


Рис.3. Зависимость коэффициента отражения образцов от толщины покрытия для трех значений длины волны.

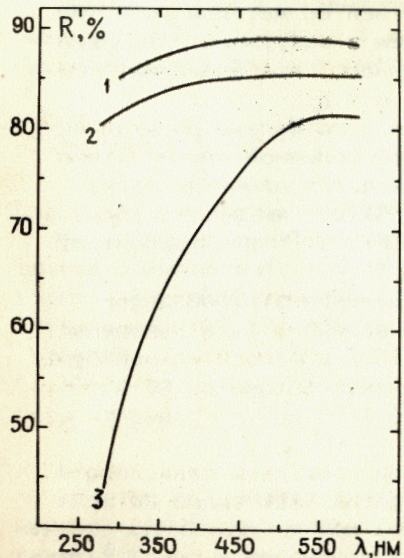


Рис.4. Отражательные способности образцов пленок: 1 - наша работа; 2 - полученные из НПО "Пластик" /1976 г./; 3 - полученные из ЦЕРНа.

шириной 600 мм. На рис.4 приведена измеренная с помощью спектрофотометра СФ-16 зависимость коэффициента отражения от длины волны для образца, вырезанного из этого рулона, а также коэффициенты отражения образцов, вырезанных из рулонов пленки, полученных из НПО "Пластик"* в 1976 г., а также из ЦЕРНа. Как видно из этого рисунка, пленка с оптимизированной толщиной покрытия обладает наилучшим коэффициентом отражения.

Из полученной нами пленки было изготовлено сферическое зеркало диаметром 300 мм и радиусом кривизны 1060 мм /зеркало № 1/. Зеркало такой же формы было изготовлено из пленки НПО "Пластик", выпущенной в 1976 г. /зеркало № 2/. Это дало возможность провести сравнительные измерения характеристик счетчика с разными зеркалами.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ СЧЕТЧИКА

Характеристики счетчика были исследованы на 18 канале серпуховского ускорителя^{9/} при импульсе пучка 9 ГэВ/с и интенсивности $10^4 - 10^5$ частиц/с.

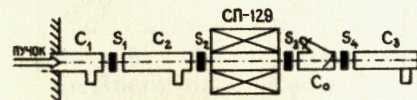


Рис.5. Схема расположения детекторов для измерений характеристик исследуемого счетчика C_0 . СП-129 - отклоняющий электромагнит^{1/}.

Схема расположения детекторов показана на рис.5. Сцинтилляционные счетчики $S_1 + S_4$ фиксировали прохождение заряженной частицы через радиатор исследуемого счетчика C_0 . Газовые пороговые черенковские счетчики C_1, C_2, C_3 выделяли π -мезон. Набор электронных логических блоков, преобразователь "Заряд-код", ЭВМ ЕС-1010, соединенная с аппарату-

рой, давали возможность измерять амплитудные распределения сигналов от ФЭУ, триггерные отношения MC_0/M (M = совпадение $S_1 S_2 S_3 S_4 C_1 C_2 C_3$), эффективность регистрации счетчика в зависимости от давления газа в нем /пороговую кривую/.

При измерении характеристик счетчик заполнялся газом фреон-12 /показатель преломления 1,00115 при 0°C и 1 атм. давления/. Режим питания фотоумножителя подбирался из условия получения максимального усиления при сохранении линейности световой характеристики^{11/}. Было выбрано рабочее напряжение 2,55 кВ, что соответ-

*Для пленки, изготовленной в НПО "Пластик" в 1976 г., были произведены измерения коэффициентов отражения в 1977, 1981, 1982 гг. Измерения показали, что уменьшение коэффициента отражения за счет старения отражающего слоя при нормальных условиях хранения^{10/} не превышает 1-2%.

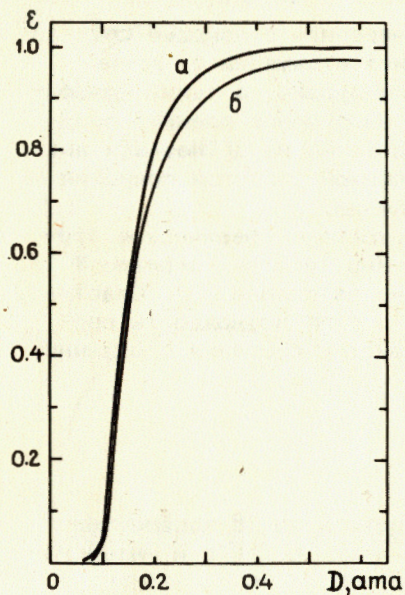


Рис.6. Зависимость эффективности регистрации π -мезонов счетчиком от давления D газа в нем: а/ с зеркалом № 1, б/ с зеркалом № 2.

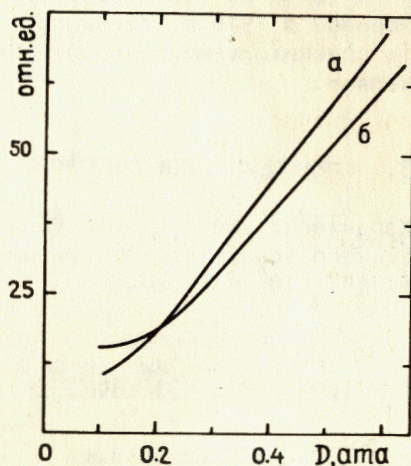


Рис.7. Средние значения распределений зарядов импульсов ФЭУ в зависимости от давления газа D в счетчике: а/ с зеркалом № 1, б/ с зеркалом № 2.

ствует коэффициенту усиления ФЭУ $2,4 \times 10^8$. При таком усилении схема делителя напряжения обеспечивает линейность световой характеристики при $N_0 \leq 15$.

Счетчик испытывался в двух вариантах - с зеркалами № 1 и № 2. При этом состав и расположение детекторов /рис.5/, а также условия испытаний не изменялись. В обоих случаях измерялись зарядовые распределения импульсов ФЭУ и эффективность регистрации счетчика при разных давлениях газа-радиатора.

Константа A для каждого варианта счетчика определялась путем аппроксимации экспериментальной погоровой кривой /см. рис.6/ функцией /1/. Были получены следующие значения:

$$A = 95 \pm 1 \text{ см}^{-1} \text{ для счетчика с зеркалом № 1,}$$

$$A = 82 \pm 2 \text{ см}^{-1} \text{ для счетчика с зеркалом № 2.}$$

Увеличение константы A за счет использования зеркала с отражающим слоем с оптимизированной толщиной составляет $\approx 16\%$.

Такая же разница для двух зеркал получается и из сравнения пропорциональных константе A /формулы /2/ и /4// наклонов прямых линий / $D > 0,3$ атм./ на рис.7, где показаны зависимости сред-

них значений зарядовых распределений импульсов ФЭУ от давления газа в счетчике.

Описанный счетчик был включен в состав установки "Гиперон" и использовался в эксперименте по исследованию гиперзарядово-обменных процессов на 18 канале ускорителя ИФВЭ /Серпухов/.

Авторы благодарны В.Б.Флягину и В.М.Кутьину за интерес к работе и постоянную поддержку, Е.Н.Матвеевой и Л.Я.Жильцовой за помощь в измерениях коэффициента отражения пленок, С.П.Жунину за большую работу по изготовлению корпуса счетчика, Н.П.Мошкову и П.В.Симонову - за помощь в сборке и испытаниях счетчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Акименко С.А. и др. ОИЯИ, 1-8948, Дубна, 1975.
2. Venot M. et al. Nucl. Instr. and Meth., 1975, 105, p.431.
3. Бицадзе Г.С. и др. ОИЯИ, P1-81-30, Дубна, 1981.
4. Йорданов А.Б. и др. ОИЯИ, 13-12752, Дубна, 1979.
5. Кнелъц К.Ф. и др. Металлизированные полимерные пленки, условия их изготовления и промышленное назначение. Изд-во НПО "Пластик", М., 1975.
6. Nass G. Mirror Coatings. In: Applied Optics and Optical Engineering. Academic Press, New York, 1965, vol.III.
7. Слодская В.В. Тонкие пленки в технике СВЧ. "Сов.радио", М., 1967.
8. Катц Н.В. Металлизация тканей. "Легкая индустрия", М., 1972.
9. Белоусов В.И. и др. Препринт ИФВЭ, 73-90, Серпухов, 1973.
10. Рудик Т.А. и др. Известия АН ЛатвССР, сер.хим., 1977, № 5, с.558.
11. Анисимова И.И., Глуховской Б.М. Фотозлектронные умножители. "Сов. радио", М., 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел
11 марта 1983 года.

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.

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

Блик А.М. и др. 13-83-153
Газовый пороговый черенковский счетчик с зеркалом из металлизированной полиэтилентерефталатной пленки с оптимизированной толщиной покрытия

Описан газовый пороговый черенковский счетчик с длиной радиатора 90 см. Требуемое значение эффективности регистрации счетчика $\epsilon > 0,999$ достигнуто благодаря использованию кварцевой оптики и улучшению отражающих свойств фокусирующего зеркала, изготовленного на основе эпоксидной смолы и металлизированной полиэтилентерефталатной /ПТЭФ/ пленки. Приводятся измеренные характеристики счетчика, условия металлизации пленки и зависимость ее коэффициента отражения от толщины алюминиевого покрытия и длины волны.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Rlik A.M. et al. 13-83-153
Gas Threshold Cherenkov Counter with Focusing Mirror Made of Epoxy Compound and Aluminized Mylar Foil with Optimized Thickness of Reflecting Layer

A 90 cm long threshold gas Cherenkov counter is described. Quartz optics and focusing mirror made of epoxy compound and aluminized mylar foil with optimized reflecting layer thickness were used to reach $\epsilon > 0.999$ counting efficiency. Conditions under which mylar was aluminized and dependence of reflecting power upon Al layer thickness are given. The measured counter characteristics are discussed.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1983

Перевод О.С.Виноградовой.