

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

3686/83

18/7-83

13-83-247

А.Б.Лазарев, А.В.Огибин

СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ СЧЕТЧИК
С ПОЛИСТИРОЛЬНЫМ СЦИНТИЛЛЯТОРОМ
В ХОЛОДНОЙ ЗОНЕ КРИСТАТА

1983

1. ВВЕДЕНИЕ

В последние годы широко развивается метод изучения конденсированного состояния вещества с помощью положительных мюонов, останавливающихся в веществе / μ SR-метод/.

При использовании этого метода многие исследования проводятся в условиях низких температур. С этой целью исследуемые образцы помещаются в криостаты, конструкции которых описаны, например, в работе ^{/1/}. Основными требованиями, предъявляемыми к конструкции таких криостатов, являются обеспечение максимально возможного телесного угла, определяемого расположением счетчиков относительно мишени, и снижение фона от остановок мюонов в стенках криостатов. В этой связи заслуживает внимания размещение регистрирующих счетчиков в холодной зоне, в непосредственной близости от исследуемого μ SR-методом образца.

Известно несколько режимов работы счетчика с охлаждаемым сцинтиллятором:

- 1/ совместное охлаждение сцинтиллятора и фотоумножителя ^{/2,3/};
- 2/ поддержание температурного градиента на световоде между охлажденным сцинтиллятором и фотокатодом неохлаждаемого ФЭУ ^{/4/};
- 3/ использование полых световодов ^{/5/};
- 4/ введение вакуумного зазора между охлаждаемым сцинтиллятором и фотоумножителем, находящимся при комнатной температуре ^{/6/}.

На наш взгляд, наиболее простым и приемлемым способом для исследований по μ SR-методу является разрыв плексигласового световода, выводящего свет с охлажденного сцинтиллятора на фотокатод неохлаждаемого ФЭУ. Однако в этом случае возникает трудность, связанная с относительной малостью световых вспышек, попадающих на фотокатод, так как:

- 1/ регистрируемые частицы /позитроны от μ^+ -распада/ являются релятивистскими;
- 2/ сцинтилляторы имеют малую толщину /чтобы обеспечить низкий уровень фона от остановок мюонов в сцинтилляторе/;
- 3/ ФЭУ удален от мишени и сцинтиллятора, т.к. исследуемые образцы помещаются в магнитные поля.

Более того, разрыв световода также снижает амплитуду сигнала. Роль зазора между частями сцинтиллятора счетчика рассматривалась в работе ^{/7/}. Однако трудно оценить, насколько упадет амплитуда сигнала при разрыве световода в условиях работы счетчика в холодной зоне криостата.

Необходимо отметить, что в литературе отсутствуют результаты систематических исследований температурной зависимости эффек-

тивности высвечивания сцинтилляторов. Имеющиеся данные^{/8/} указывают как на повышение, так и на снижение световыхода полистирольного сцинтиллятора при переходе от комнатной температуры к температуре жидкого азота /в зависимости от типа и концентрации добавок/.

В связи со сказанным возникает вопрос: можно ли обеспечить необходимую эффективность регистрации позитронов?

Настоящая работа посвящена изучению данного вопроса на макете, удовлетворяющем требованиям, предъявляемым к сцинтилляционному счетчику для μ SR-исследований.

2. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Измерения проводились на счетчике; сцинтиллятор и световод которого по своим размерам соответствовали обычно используемым в μ SR-экспериментах. В счетчике детектировались частицы с ионизационными потерями, близкими к минимальным. В качестве таких частиц использовались релятивистские мюоны космического излучения. Мюоны, проходившие через сцинтиллятор изучаемого счетчика, выделялись телескопом счетчиков. Схема телескопа и блок-схема электроники показаны на рис.1.

Размеры сцинтиллятора счетчиков: 1С - $100 \times 100 \times 8$ мм³, 3С - $150 \times 150 \times 10$ мм³. Исследуемый детектор 2С имел световод, состоящий из двух частей /№ 1 и № 2/, разделенных зазором L. Световод № 1 длиной ℓ_1 выполнен в форме "ласточки хвоста", переходящего в цилиндр диаметром d и длиной ℓ_2 . Размеры световода № 2: $\phi 42 \times 600$ мм. Измерения проводились на двух образцах /сцинтиллятор со световодом № 1/, размеры которых указаны в таблице. В качестве сцинтиллятора использовался "стандартный" сцинтиллятор на основе полистирола с добавкой 2% паратерфенила и 0,02% РОРОР.

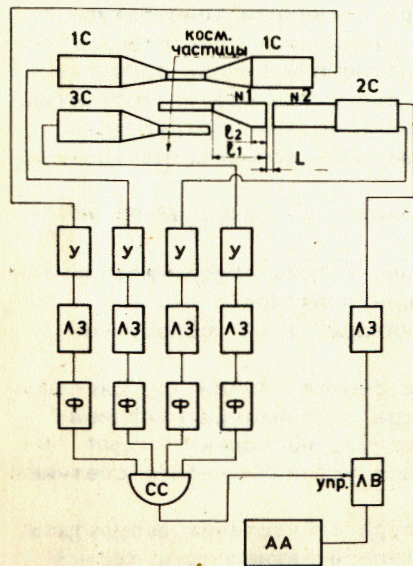


Рис.1. Схема эксперимента. 1С÷3С - сцинтилляционные счетчики; У - усилитель; Ф - формирователь; ЛЗ - линия задержки; СС - схема совпадений; АВ - линейные ворота; АА - амплитудный анализатор.

Таблица

Образец	Размеры	Сцинтиллятор /мм/	Световод № 1		
			ℓ_1 /мм/	ℓ_2 /мм/	d /мм/
А		150x150x10	250	100	40
Б		100x45x12	170	50	35

Во всех счетчиках применялись фотоумножители типа ФЭУ-30. Электронная схема собрана из блоков наносекундной электроники в стандарте "Вишня", разработанных в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ^{/9/}.

Амплитудным анализатором /АИ-128/ измерялся спектр сигналов в счётчике 2С, вызываемых частицами космического излучения. Сигналы пропускались линейными воротами /длительность ворот - 300 нс/, управляемыми сигналами совпадений телескопа. Анализируемые сигналы снимались с анода ФЭУ счетчика 2С, а сигналы, идущие на схему совпадений телескопа, - с последнего динода того же ФЭУ через инвертирующий трансформатор.

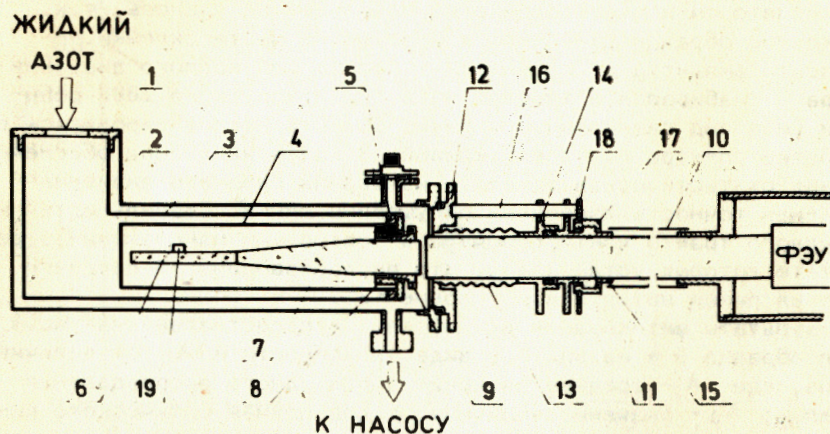


Рис.2. Общий вид криостата и счетчика 2С.

Измерения с образцом Б проводились с изготовленным для этой цели криостатом. Общий вид детектора в этом случае показан на рис.2. Охлаждение осуществлялось жидким азотом, который заливался через горловину /1/ вакуумного кожуха /2/. Световод № 1 /7/ со сцинтиллятором /6/ закреплен разрезной втулкой /9/ в держателе /8/. В конструкции применен сильфонный узел /12÷18/, который позволял регулировать зазор между образцом Б и световодом

№ 2 /11/. Кожух /10/ осуществлял светозащиту световода в промежутке между криостатом и корпусом фотоумножителя. Предусмотрена возможность размещения на сцинтилляторе термодатчика /19/. Внутренний объем криостата откачивался до давления 10^{-2} Тор. Вся конструкция выполнена из нержавеющей стали, кроме деталей /8,9/, которые изготовлены из латуни.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерения с образцом А проводились при комнатной температуре сцинтиллятора. Сцинтиллятор был обернут белой бумагой, а контакт между ним и световодом № 1 осуществлялся с помощью оптического клея. Исследования образца Б проводились при разных условиях:

1/ при комнатной температуре сцинтиллятора, без отражающей упаковки и с контактом между сцинтиллятором и световодом № 1 с помощью оптического клея МБК-3;

2/ при комнатной температуре сцинтиллятора, окруженного алюминизированным майларом, с сухим контактом между сцинтиллятором и световодом;

3/ то же, что и 2/, но сцинтиллятор охлажден жидким азотом.

В последнем случае использовать оптический контакт между сцинтиллятором и световодом с помощью клея не удалось, т.к. охлаждение образца приводило к разрушению места склейки.

Спектр амплитуд от космических мюонов для каждого значения зазора набирался в течение часа, содержал около 2000 событий и имел вид симметричного пика. Область пика фитировалась при обработке спектра гауссовой кривой. В измерениях была обеспечена ~2%-ная статистическая точность измерения среднего значения и ~3%-ная точность измерения полуширины линии. Стабильность амплитудного тракта контролировалась повторными измерениями, в результате которых установлено, что воспроизводимость среднего значения пиков находится на уровне ~2%.

Результаты фитирования для образца А представлены на рис.3 и для образца Б - на рис.4 в виде зависимости A/A_0 от величины зазора, где A - среднее значение амплитудного распределения сигналов; A_0 - значение величины A для случая оптического контакта между световодами № 1 и № 2 с помощью силиконового компаунда. Прямые на тех же рисунках представляют собой линейную аппроксимацию экспериментальной зависимости. Заметим, что скорость убывания амплитуды с увеличением зазора в области $L < 10$ мм слабо зависит от "геометрии" сцинтилляторов в счетчиках с длинным световодом: для образца А относительное убывание амплитуды при увеличении зазора на 1 мм составляет ~2%, для образца Б - $1,7 \pm 2,3\%$ и для счетчика, описанного в работе /7/, - 2%. Следует обратить внимание на то, что отсутствие оптического контакта в разрыве световода незначительно /~10%/ уменьшает амплитуду сигнала.

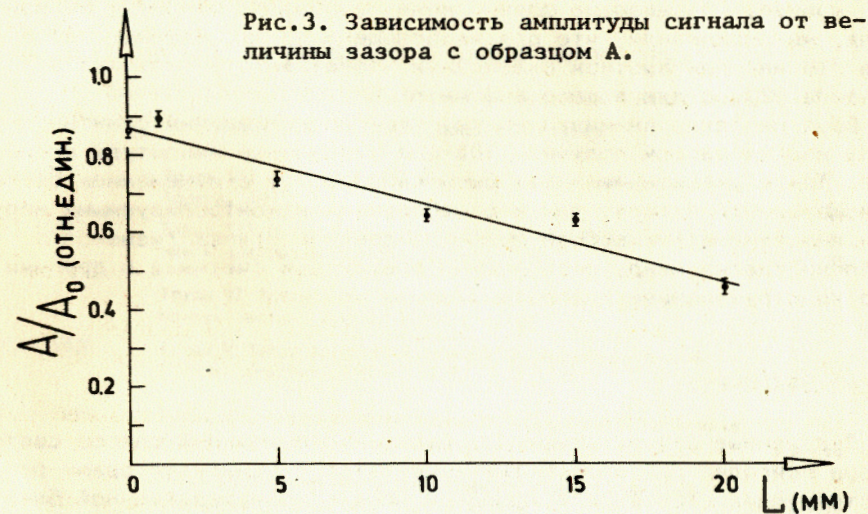


Рис.3. Зависимость амплитуды сигнала от величины зазора с образцом А.

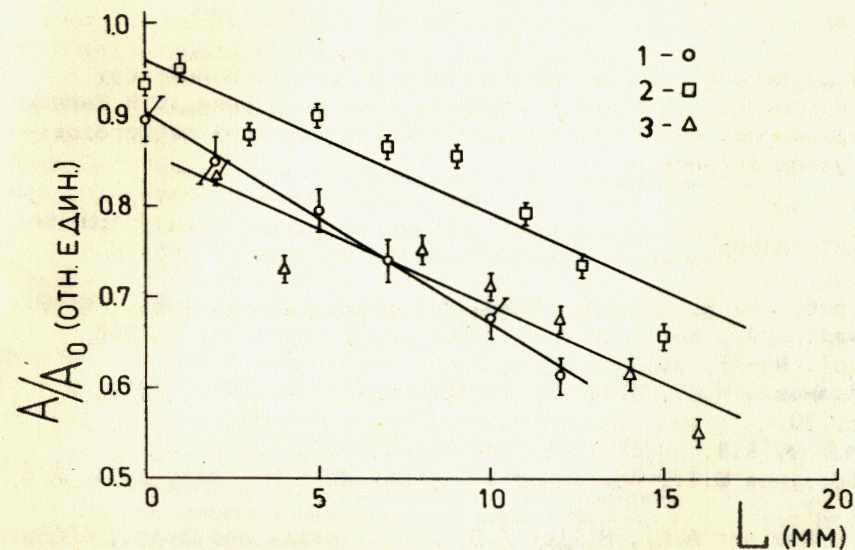


Рис.4. Зависимость амплитуды сигнала от величины зазора с образцом Б. /Цифры 1,2,3 на рисунке соответствуют условиям измерений, описанным в пункте 3 текста/.

Достоинством примененного нами метода измерения амплитудных характеристик по сравнению с "токовым" методом, использованным в работе /7/, является возможность прямо оценить эффективность счетчика при изменении условий светосбора. Экстраполируя гауссо-

вые кривые, описывающие форму линии, в область амплитуд вблизи нуля, мы определили, что для наибольшего из исследуемых зазоров /16 мм/ при азотном охлаждении эффективность счетчика составила 92%, а для зазора в 2 мм - 99%.

Обратим также внимание на то, что при охлаждении сцинтиллятора жидким азотом получено 10%-ное уменьшение амплитуды сигналов. Такое уменьшение может быть связано как с изменением световых выходов сцинтиллятора, так и с небольшими неконтролируемыми нарушениями режима светосбора при охлаждении счетчика /изменение степени сжатия между оптическими элементами счетчика и другими его конструктивными элементами/.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты показывают, что описанный способ светосбора пригоден при разработке криостатов с сцинтилляторами регистрирующих счетчиков в холодной зоне в непосредственной близости от образца, исследуемого μSR -методом при низких температурах.

В заключение авторы выражают благодарность В.А.Жукову и В.И.Комарову за интерес к работе и ее поддержке, С.Н.Шилову за помощь при испытании криостата и М.А.Сергееву за изготовление узлов установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гребинник В.Г. и др. ОИЯИ, P13-83-20, Дубна, 1983.
2. Wall W.R., Roulston K.I. IEEE Trans. Nucl.Sci., 1968, vol. NS-15, p.153.
3. Адамович Н.И., Зуев В.И., Павловская Т.Ф. ПТЭ, 1970, № 1, с.230.
4. Murray R.V. Nucl.Instr.and Meth., 1958, 2, p.237.
5. Борзунов Ю.Т., Голованов Л.Б., Цвинев А.П. ПТЭ, 1974, № 4, с.32.
6. Werkheiser A.H., Miller T.G. Nucl.Instr. and Meth., 1969, 75, p.167.
7. Шелков Г.А., Шпиринг К. ОИЯИ, P13-80-84, Дубна, 1980.
8. Розман И.М. Изв. АН СССР, 1958, т. XXII, № 1, с.50.
9. Борейко В.Ф. и др. ОИЯИ, 13-6396, Дубна, 1972.

Рукопись поступила в издательский отдел
15 апреля 1983 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

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

ДЗ-11787	Труды III Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1978.	3 р. 00 к.
Д13-11807	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.
Д1,2-12036	Труды V Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1978	5 р. 00 к.
Д1,2-12450	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.
Д11-80-13	Труды рабочего совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике, Дубна, 1979	3 р. 50 к.
Д4-80-271	Труды Международной конференции по проблемам нескольких тел в ядерной физике. Дубна, 1979.	3 р. 00 к.
Д4-80-385	Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1980.	5 р. 00 к.
Д2-81-543	Труды VI Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1981	2 р. 50 к.
Д10,11-81-622	Труды Международного совещания по проблемам математического моделирования в ядерно-физических исследованиях. Дубна, 1980	2 р. 50 к.
Д1,2-81-728	Труды VI Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 60 к.
Д17-81-758	Труды II Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1981.	5 р. 40 к.
Д1,2-82-27	Труды Международного симпозиума по поляризационным явлениям в физике высоких энергий. Дубна, 1981.	3 р. 20 к.
Р18-82-117	Труды IV совещания по использованию новых ядерно-физических методов для решения научно-технических и народнохозяйственных задач. Дубна, 1981.	3 р. 80 к.
Д2-82-568	Труды совещания по исследованиям в области релятивистской ядерной физики. Дубна, 1982.	1 р. 75 к.
Д9-82-664	Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982.	3 р. 30 к.
ДЗ,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

**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

Лазарев А.Б., Огибин А.В.

13-83-247

Сцинтилляционный счетчик с полистирольным сцинтиллятором в холодной зоне криостата

Предложена конструкция счетчика с полистирольным сцинтиллятором в холодной зоне криостата. Рассмотрен способ светосбора со сцинтиллятора, охлажденного жидким азотом, с помощью длинного световода, имеющего вакуумный разрыв. Описываемый счетчик удовлетворяет требованиям, предъявляемым к детекторам при исследованиях, проводимых μ SR-методом в магнитных полях при низких температурах. Изучены спектры сигналов от релятивистских мюонов при различных условиях светосбора. Показано, что при длине 0,8 м плексиглазового световода, имеющего вакуумный разрыв, счетчик может обеспечить эффективную регистрацию релятивистских частиц при толщине охлаждаемого сцинтиллятора 5 ± 10 мм. Описанный способ светосбора пригоден при разработке криостатов для образцов, исследуемых μ SR-методом при низких температурах, с размещением сцинтилляторов регистрирующих счетчиков в холодной зоне в непосредственной близости от образца.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1983

Lazarev A.B., Ogibin A.V.

13-83-247

Scintillation Counter with Polystyrene Scintillator in a Cold Zone of a Cryostat

A counter with polystyrene scintillator in the cold zone of a cryostat is described. A method of light collection from a cooled scintillator by means of the long light guide is considered. The counter construction meets the requirements imposed for μ SR-experiments in the magnetic field at low temperatures. Spectra of signals from cosmic rays at different conditions of light collection have been studied. It is shown that for the 0.8 m light guide with vacuum gap the counter can ensure the efficient registration of relativistic particles with 5-10 mm thick cooled scintillator. This method of light collection is suitable for designing cryostats for the targets investigated by μ SR-method at low temperatures with counter scintillators in the cold zone of cryostat in the direct vicinity of the target.

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.