

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



11/2-76

1 - 9933

Д-699

3969/2-76

Д.Дорчоман, М.Константин, Д.Лазарович,
И.Мунтяну, К.О.Оганесян, С.Ю.Пороховой

СВЕТОВЫХОД КРИСТАЛЛА CsI(Tl)
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ
С ЭНЕРГИЯМИ ОТ 3 ДО 15 МЭВ

1976

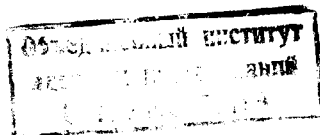
1 - 9933

Д.Дорчоман, * М.Константин,* Д.Лазарович,*
И.Мунтяну,* К.О.Оганесян, С.Ю.Пороховой

СВЕТОВЫХОД КРИСТАЛЛА CsI(Tl)
ПРИ ОБЛУЧЕНИИ ПРОТОНАМИ
С ЭНЕРГИЯМИ ОТ 3 ДО 15 МЭВ

Направлено в ПТЭ

* ИАФ, Бухарест.



1. Введение

Кристаллы иодистого цезия, наряду с применением для задач ядерной спектроскопии, могут быть эффективно использованы при исследованиях разнообразных процессов с участием низкоэнергетичных заряженных частиц. Возможность изготовления кристаллов больших размеров и использования без герметизации позволяет применять их для спектрометрирования заряженных частиц с энергиями до нескольких десятков $MэВ$. В этой связи важное значение имеют точные измерения спектрометрических характеристик кристаллов иодистого цезия.

Световой выход кристаллов $CsI(Tl)$ при облучении протонами исследовался в основном до энергий протонов в несколько $MэВ$ ^{/1-4/}. В интервале энергий 15-100 $MэВ$ зависимость световых выхода измерялась в единственной работе^{/5/}. В области энергий от 5 до 20 $MэВ$, особенно интересной с точки зрения применения кристаллов иодистого цезия для измерений низкоэнергичного пион-нуклонного и пион-ядерного рассеяния, имеющиеся данные^{/3/} неточны и противоречивы.

В настоящей работе были проведены измерения световых выхода в кристаллах $CsI(Tl)$ для протонов с энергиями от 3 до 15 $MэВ$.

2. Эксперимент

Измерения проводились на пучке протонов тандем-генератора Института атомной физики в Бухаресте. Высокая монохроматичность выведенного пучка протонов на уровне $1 \div 2$ $кэВ$ /при энергии протонов 10 $MэВ$ /,

возможность плавного изменения энергии и формирования пучка небольших поперечных размеров диаметром $3 \div 4$ мм позволили провести измерение в идентичных условиях во всем измеряемом диапазоне энергий и минимизировать возможные источники систематических погрешностей.

Схема опыта представлена на рис. 1. Первичный пучок протонов от тандем-генератора рассеивался под углом 90° на мишени /1/, изготовленной из золотой фольги толщиной $0,5 \text{ мкг/см}^2$ и попадал на сцинтилляционный детектор, располагающийся в общем вакуумном кожухе с мишенью. Поперечные размеры рассеянного пучка ограничивались диаметром переходной трубки-коллиматора /2/. В качестве образцов сцинтиллятора CsI(Tl) использовались пластины размерами $100 \times 100 \times 2 \text{ мм}^3$ /3/. Пластины CsI(Tl) через сцинтиллирующую пластмассу * толщиной 25 мм /4/ и плексигласовый световод /5/ просматривались фотоумножителем /6/ ФЭУ-49 /диаметр фотокатода 150 мм /. Детектор мог перемещаться в кожухе без нарушения герметизации в плоскости, перпендикулярной пучку рассеянных протонов, так, чтобы можно было измерять спектрометрические характеристики по всей его площади.

Большая площадь детектора позволила, вместе с измерениями зависимости световыхода, определить практические возможности использования кристаллов иодистого цезия в широкоугольной геометрии.

Импульсы с ФЭУ поступали на усилитель (У) и далее на амплитудный анализатор (АА). Величина усилителя спектрометрического тракта была выбрана таким образом, чтобы перекрыть весь диапазон энергий исследуемых частиц без изменения параметров электроники в процессе измерений.

* Двухслойная конфигурация сцинтиллятора определялась конкретной конструкцией мишени для исследования упругого рассеяния пионов, один из детекторов которой был использован в настоящей работе.

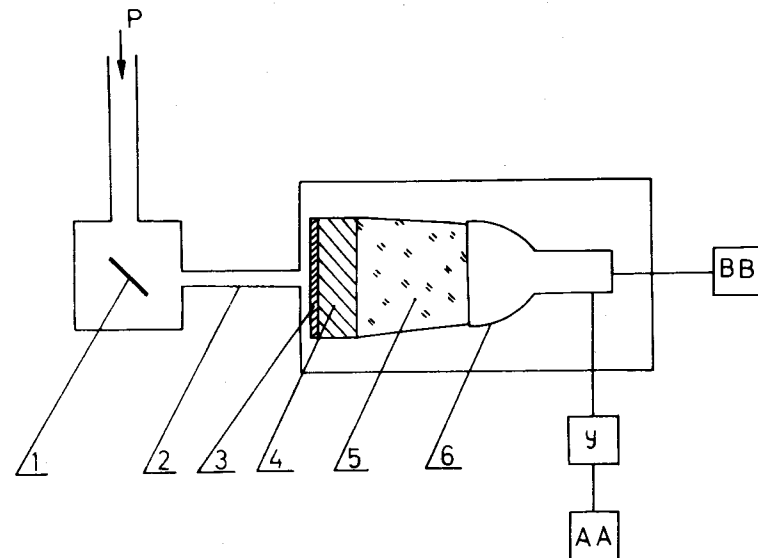


Рис. 1. 1 - мишень из золотой фольги; 2 - коллиматор; 3 - сцинтиллятор CsI(Tl); 4 - пластический сцинтиллятор; 5 - световод; 6 - ФЭУ-49; ВВ - высоковольтный выпрямитель HV-ORTEC; У - усилитель ORTEC-450; АА - амплитудный анализатор CANBERRA 8100.

Были проведены две серии измерений с несколькими различающимися усилениями. Обе серии дали совпадающие в пределах ошибок результаты. Ширина канала в первой серии измерений составляла $18,5 \text{ кэВ}$, во второй - $23,5 \text{ кэВ}$. Статистическая погрешность при определении положения максимума распределения световыхода для всех значений измеренных энергий равнялась $\approx 0,3$ канала, то есть не превышала $\pm 0,1\%$. Интегральная нелинейность усилителя была $\leq 0,05\%$, интегральная нелинейность амплитудного анализатора $\leq 0,025\%$. На приведенном уровне статистической точности определяющий вклад в точность полученных результатов вносят систематические аппаратные погрешности. Нами были проанализированы несколько возможных источников систематических ошибок. Основными из них являлись: 1/ временная нестабильность всего спектрометрического трак-

та; 2/ зависимость формы и положения максимума световыхода от интенсивности пучка; 3/ неточность воспроизведения геометрических условий при изменении значений энергии. Анализ перечисленных факторов позволил оценить суммарную систематическую ошибку при определении величины световыхода в $\sim 0,5\%$.

3. Результаты измерений и их обсуждение

Измерения световыхода были проведены при шести значениях энергии протонов. Амплитудные спектры для каждого значения энергии аппроксимировались гауссовскими распределениями. Результаты приведены в таблице.

Статистическая ошибка в определении световыхода не превышает $\sim 0,1\%$. Однако, как говорилось выше, при определении энергетической зависимости световыхода нужно считать, что из-за систематических погрешностей точность приведенных в таблице данных по световыходу /средние значения распределений/ не превышает $0,5\%$. Полученные значения световыхода были

Таблица

Энергия протона, МэВ	Среднее значение распределения, номер канала	Ширина распреде- ления на полувы- соте	
		в %	в каналах
2,94	158,5	8,5	13
4,90	260,5	8,4	21
7,35	389	8,2	32
9,80	529	6,6	35
12,25	650	6,2	40
14,70	784	5,7	45

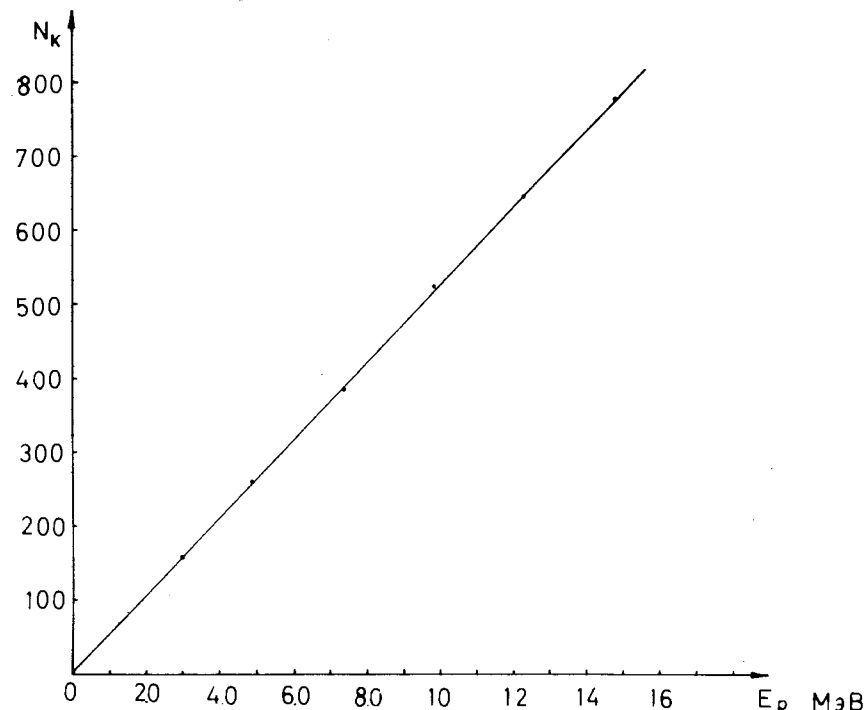


Рис. 2

аппроксимированы методом наименьших квадратов прямой линейной зависимостью от энергии в виде $a + bE$. На рис. 2 представлены экспериментальные точки с полученной прямой. В пределах указанной полупроцентной точности экспериментальные значения описываются линейной зависимостью /с 90% достоверностью по критерию χ^2 /. Значение энергии, при которой прямая пересекает ось абсцисс, равно $E_0 = -0,031 \pm 0,027$ /МэВ/. Таким образом, с точностью в несколько десятков кэВ зависимость световыхода описывается прямой, проходящей через начало координат.

Для энергий протонов от 0,9 до 4,3 МэВ данные о световыходе с $1,5 \div 3\%$ точностью были получены в работе^{1/}, где в пределах ошибок не наблюдалось отклонений от нелинейности, а для точки пересечения прямой

с осью абсцисс найдена также малая величина: $E_0 = 0,07 \pm 0,02$ МэВ. В то же время в работе^{/2/} в интервале $0,24 \pm 2,55$ МэВ найдены отступления от линейности.

В работе^{/3/} по измерениям в трех точках в интервале энергий 5 ± 9 МэВ была получена линейная зависимость, но для четвертого значения энергии $17,5$ МэВ найдено значительное отклонение от прямой, составляющее $1,9 \pm 0,12$ МэВ. В более подробной работе^{/4/} в интервале 4 ± 9 МэВ наблюдались отклонения от линейной зависимости на уровне $5 \pm 10\%$.

Результаты настоящей работы вместе с данными^{/1,5/} позволяют сделать вывод о том, что, начиная с энергии ~ 1 МэВ и до 100 МэВ^{/5/}, зависимость световыхода кристаллов CsI(Tl) от энергии протонов описывается в виде прямой, проходящей через начало координат.

Авторы выражают благодарность дирекции ИАФ в Бухаресте в лице М.Петрашку за предоставленную возможность провести измерения и содействие в них, а также С.Н.Филиппову, М.М.Кузнецову и Ш.Г.Шамсутдинову за помощь в работе.

Литература

1. A. Galonsky, C.H. Johnson, C.D. Moak; *Rev. Sci. Instr.*, 27, 58 (1956).
2. S. Bashkin, R.R. Carlson, R.A. Douglas, J.A. Jacobs; *Phys. Rev.*, 109, 434 (1958).
3. R. Peck, H. Fubank. *Rev. Sci. Instr.*, 30, 703 (1959).
4. R. Keszthelyi-Londori, G. Hrehuss. *Nucl. Instr. Meth.*, 68, 1 (1969).
5. Ю.Г. Будяшов, В.Г. Зинов, А.Д. Конин, А.И. Мухин, А.М. Чатрчян. ОИЯИ, Р1-5682, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел
2 июля 1976 года.

Условия обмена

Препринты и сообщения ОИЯИ рассылаются бесплатно, на основе взаимного обмена, университетам, институтам, лабораториям, библиотекам и научным группам более 50 стран.

Помимо регулярной рассылки в порядке обмена, издательский отдел ежегодно выполняет около 4000 отдельных запросов на высылку препринтов и сообщений ОИЯИ. В таких запросах следует обязательно указывать индекс запрашиваемого издания.

Адреса

Письма по всем вопросам обмена публикациями, а также запросы на отдельные издания следует направлять по адресу:

101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79,
Издательский отдел
Объединенного института
ядерных исследований.

Адрес для посылки всех публикаций в порядке обмена, а также для бесплатной подписки на научные журналы:

101000 Москва,
Главный почтамт, п/я 79.
Научно-техническая библиотека
Объединенного института
ядерных исследований.