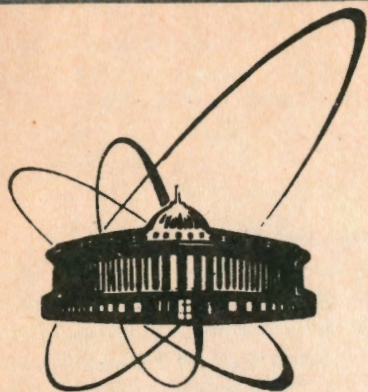


92-57



ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P13-92-57

С.П.Авдеев, В.А.Карнаухов, В.Карч,  
В.Д.Кузнецов, Ю.Т.Выдай<sup>1</sup>, Л.А.Петров,  
О.В.Бочкарев<sup>2</sup>, Е.А.Кузьмин<sup>2</sup>, И.Г.Муха<sup>2</sup>,  
Л.В.Чулков<sup>2</sup>, Г.Б.Яньков<sup>2</sup>

ПЛЕНОЧНЫЕ СЦИНТИЛЛЯТОРЫ CsJ(Tl)  
БОЛЬШОЙ ПЛОЩАДИ

Направлено в журнал "Приборы и техника эксперимента"

<sup>1</sup>Институт монокристаллов, Харьков

<sup>2</sup>Институт атомной энергии им. И.В.Курчатова, Москва

Пленочные сцинтилляторы CsJ(Tl)  
большой площади

Описывается технология изготовления тонкослойных (20–25 мг/см<sup>2</sup>) сцинтилляторов CsJ(Tl) большой площади ( $\cong 150$  см<sup>2</sup>) и исследование их характеристик. Сделана оценка толщины полупоглощения  $\lambda_{1/2}$  собственного света в сцинтилляторе:  $\lambda_{1/2} = 16$ –20 мг/см<sup>2</sup>. Проведены измерения световыхода пленочных сцинтилляторов на пучках <sup>4</sup>He, <sup>6</sup>Li, <sup>14</sup>N. Результаты сравниваются с расчетами по формуле Биркса.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Avdeyev S.P. et al.

P13-92-57

Thin-Layer CsJ(Tl) Scintillators of Large Area

Production procedures and techniques for thin-layer (20–25 mg/cm<sup>2</sup>) CsJ(Tl) scintillators of large area ( $\cong 150$  cm<sup>2</sup>) and investigation of their characteristics are described. Thickness of half-absorption of intrinsic light in the scintillator,  $\lambda_{1/2}$ , is estimated. The value  $\lambda_{1/2} = 16$ –20 mg/cm<sup>2</sup> was obtained. The light output of film scintillators was measured in beams of <sup>4</sup>He, <sup>6</sup>Li, <sup>14</sup>N. The results are compared with the calculations by the Birx formula.

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

В настоящей работе описываются технология изготовления тонкослойных (20–25 мг/см<sup>2</sup>) сцинтилляторов CsJ(Tl) большой площади (~ 150 см<sup>2</sup>) и исследование их характеристик. Детекторы созданы для 4П-установки ФАЗА, предназначенной для изучения множественной эмиссии фрагментов промежуточной массы в ядро-ядерных соударениях<sup>11</sup>. Число сцинтилляционных детекторов в этой установке 64, 10 из них имеют форму правильных пятиугольников, остальные — шестиугольники. Посредством конических световодов из органического стекла сцинтилляторы стыкуются с ФЭУ-110. На рис.1 показаны формы подложек сцинтилляторов и световодов.

### ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСЛОЙНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ

Тонкие поликристаллические слои CsJ(Tl) изготавливались путем термического вакуумного напыления по методике, разработанной в Институте монокристаллов<sup>12</sup>. В качестве подложки использовались пластинки из плексигласа толщиной 2 мм. Для получения необходимой однородности пленки по толщине ( $\leq 15\%$ ) напыление производилось из двух лодочек, находящихся на расстояниях 80 мм друг от друга и 180 мм — от подложки. Кроме того, напыление делалось в два приема, с поворотом подложки на 90° вокруг нормали к плоскости. Лодочки изготавливались из молибденовой фольги толщиной 0,02 мм и имели размер 18X100 мм. В качестве сырья использовался дробленый монокристалл CsJ(Tl) с концентрацией активатора 0,8–1,2% по весу. Давление остаточного газа в установке ~0,01 Па, температура испарителей 600–620°С.

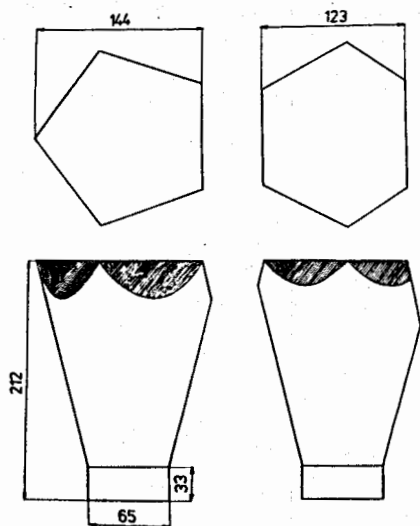


Рис.1. Формы подложек для сцинтилляторов и световодов.

Для улучшения адгезии пленок поверхность подложек предварительно обрабатывалась тонкой шлифовальной шкуркой до матового состояния. В процессе напыления подложка подогревалась до 40–50 °С. Это — оптимальная температура, которой отвечает достаточно большой размер кристаллов в пленке и при которой еще незначительно испарение Тl с подложки. Одновременно с рабочим образцом напылялся контрольный на подложку размером 20X20 мм, которая размещалась рядом с основной. Контрольный образец использовался для определения толщины пленки путем взвешивания и для некоторых измерений сцинтилляционных характеристик.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК СЦИНТИЛЛЯТОРОВ С ПОМОЩЬЮ $\alpha$ -ЧАСТИЦ

В качестве источника  $\alpha$ -частиц использовались  $^{238}\text{Pu}$  (5,5 МэВ) и  $\text{ThC}'$  (6,05 и 8,78 МэВ). Измерения проводились с коллимацией  $\alpha$ -частиц и без коллимации. В первом случае облучалась пятно площадью 1 см<sup>2</sup> в центре сцинтиллятора, во втором — весь образец с расстояния 30 см. Пример спектра амплитуд показан на рис.2. Остановимся пока на данных для коллимированного источника, где все определяется сцинтилляционными характеристиками слоя.

Сравнение с монокристаллами CsJ(Tl) показывает, что световой выход для поликристаллических пленок практически такой же. Амплитудное разрешение для монокристалла  $\approx 10\%$ , для пленочных образцов в среднем в 1,5 раза хуже.

Нами была проведена оценка толщины полупоглощения  $\lambda_{1/2}$  собственно го света в сцинтилляторе. Для этого сравнивались амплитуды сигнала при нормальном вхождении  $\alpha$ -частиц в пленку и под большим углом. Это было сделано с источником  $^{238}\text{Pu}$ ,  $\alpha$ -частицы которого полностью тормозятся в пленочном сцинтилляторе. Было получено  $\lambda_{1/2} \approx 16\text{--}20 \text{ мг/см}^2$ . Это означает, что толщина пленочных сцинтилляторов CsJ(Tl) не должна существенно превышать 20 мг/см<sup>2</sup>.

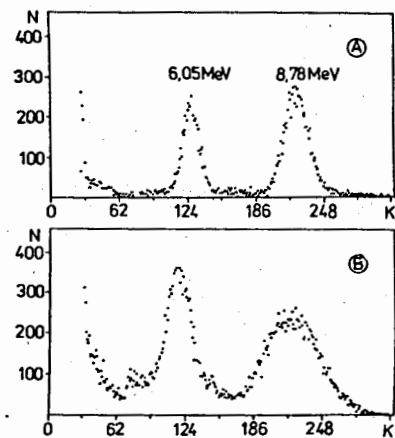


Рис.2. Спектры импульсов для одного из сцинтилляторов, измеренные с  $\alpha$ -источником  $\text{ThC}'$ : А — при облучении  $\alpha$ -частицами площадки в 1 см<sup>2</sup> в центре сцинтиллятора; Б — при облучении всего сцинтиллятора с расстояния 30 см.

Описываемые здесь детекторы предназначены для регистрации относительно короткопробежных ядерных фрагментов. Важным условием в этом случае является отсутствие значительного мертвого слоя на поверхности сцинтиллятора. Знание толщины мертвого слоя необходимо также для интерпретации данных по измерению  $\lambda_{1/2}$ . Из литературы известно (см., например, <sup>13/1</sup>), что для монокристаллов CsJ(Tl) иногда находят мертвый слой в 3–5 мг/см<sup>2</sup>. Это вынудило нас провести специальные измерения с одним из пленочных сцинтилляторов. Для этого  $\alpha$ -источник  $^{238}\text{Pu}$  размещался в вакуумной камере на расстоянии 25 см от слоя CsJ(Tl), который был закрыт диафрагмой с диаметром отверстия 20 мм. Измерялись амплитудные спектры для  $\alpha$ -частиц с различной энергией, измерение которой осуществлялось подпуском воздуха в камеру. Наличие мертвого слоя должно привести к появлению отсечки в зависимости амплитуды вспышки L от  $E_\alpha$ . Результаты представлены на рис.3. Величина  $L/E_\alpha$  слабо меняется при уменьшении  $E_\alpha$  вплоть до 0,3 МэВ. Отсюда следует, что толщина мертвого слоя  $\leq 1 \text{ мг/см}^2$ , что вполне удовлетворительно.

## СВЕТОВОД

Световоды, показанные на рис.1, изготавливались из плексигласовых блоков, скленных из пластин толщиной 50 мм. Световоды выполнены в виде конуса, переходящего в цилиндр. Широкая часть конуса огранена до шестиугольника либо до пятиугольника таким образом, чтобы пятиугольник стыковался с пятью шестиугольниками и при этом описывалась сфера с радиусом 290 мм. Такая сборка сцинтилляционных счетчиков составляет модуль (1/12 часть) 4II-установки ФАЗА. Вся поверхность световода полировалась, за исключением срезов на конической части. Об этой особенности световодов — см. ниже.

При оптимизации коэффициента трансмиссии световодов было исследовано влияние на прохождение света оптического контакта на границах: световод —

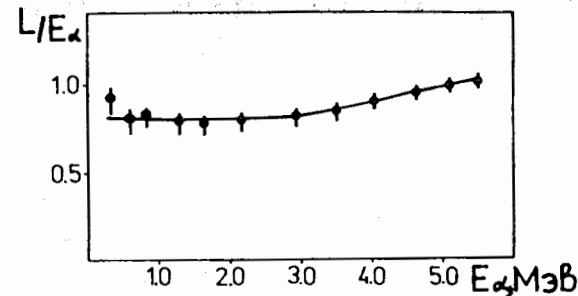


Рис.3. Зависимость удельного световыхода от энергии  $\alpha$ -частиц.

ФЭУ и подложка сцинтиллятора – световод. Использовалась жидкость Baysilon-OI M–1000.000. Было установлено, что наличие оптического контакта на первой границе весьма существенно, он улучшает коэффициент передачи света в  $\approx 3$  раза. Введение оптического контакта между сцинтиллятором и световодом не увеличивает амплитуды сигнала. Это является следствием того, что нет оптического контакта между поликристаллическим слоем CsJ(Tl) и плексигласовой подложкой. Поэтому световой поток, падающий на световод, не изменяется при введении оптического контакта. Отражение света от входной поверхности световода также не существенно, так как по оценке до фотокатода доходят только лучи с углом падения не более  $50^\circ$ . Коэффициент передачи света при наличии оптического контакта только на границе световод – ФЭУ около 30%.

Была исследована зависимость амплитуды сигнала от места сцинтилляционной вспышки. Для этого использовались удаленный  $\alpha$ -источник и кольцевые маски на поверхности сцинтиллятора. Для полностью полированного световода было найдено, что при перемещении вспышки от центра к периферии амплитуда сигнала возрастает, а разрешение ухудшается. Это связано с наличием плоских срезов на конической части световодов, которые увеличивают эффективный угол захвата для лучей, исходящих из периферических участков сцинтиллятора. (Этот вывод подтверждается аналогичными измерениями для конических световодов (без срезов), которые показали падение коэффициента трансмиссии при перемещении вспышки от центра к краю сцинтиллятора.) Для компенсации “эффекта края” срезы были зачернены. Аналогичный результат достигается, если срезы не полируются после механической обработки.

Спектр “Б” на рис.2 получен со световодом, у которого зачернены скосы. Амплитудное разрешение при облучении всего сцинтиллятора, в среднем, в 2 раза хуже, чем для случая коллимации  $\alpha$ -частиц на центральную часть. На рис.4 показано распределение образцов (83 шт.) – по разрешению, полу-

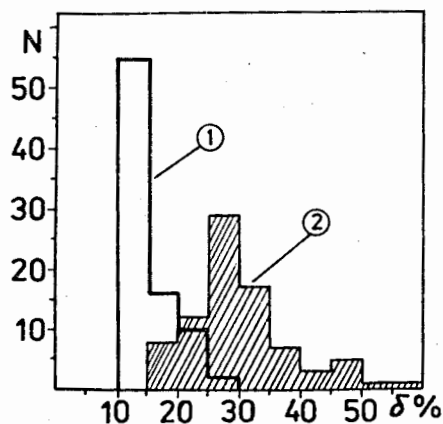


Рис.4. Распределение образцов по амплитудному разрешению для  $\alpha$ -частиц с энергией 8,78 МэВ: 1 – облучение центральной части сцинтиллятора, 2 – облучение всего сцинтиллятора.

ченное для  $\alpha$ -частиц с  $E_\alpha = 8,78$  МэВ. При облучении всего сцинтиллятора разброс величин амплитудного разрешения значительно больше, чем для коллимированного источника. Это может быть вызвано неоднородностями по толщине слоя CsJ(Tl), который слегка меньше, чем пробег  $\alpha$ -частиц, и флуктуациями по световому выходу.

### СВЕТОВОЙ ВЫХОД ПЛЕНОЧНЫХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ ДЛЯ ЧАСТИЦ С РАЗЛИЧНЫМИ Z И E

Сцинтилляторы были изготовлены для регистрации фрагментов, возникающих в ядро-ядерных взаимодействиях. Из данных, полученных с калибровочными  $\alpha$ -частицами, нельзя надежно рассчитать световой выход для других частиц и энергий, так как сцинтилляционная эффективность зависит от удельной ионизации. Эта зависимость может меняться с изменением структуры сцинтиллятора. Поэтому априори нельзя сказать, что данные, полученные для монокристаллов<sup>[4]</sup>, справедливы для поликристаллических слоев, изготовленных методом вакуумного напыления.

Нами были проведены измерения световых выходов пленочных сцинтилляторов на пучках  $^4\text{He}$ ,  $^6\text{Li}$  и  $^{14}\text{N}$ , ускоренных на циклотроне ИАЭ им. И.В.Курчатова. Частицы рассеивались на углеродной пленке ( $0,5 \text{ мг/см}^2$ ) и регистрировались под углом  $30^\circ$  сцинтилляционным счетчиком с контрольным образцом CsJ(Tl) толщиной  $25 \text{ мг/см}^2$ . Выделялся канал упругого рассеяния. Для этого использовались совпадения с ядром отдачи (углерод), которое регистрировалось телескопом из двух детекторов, установленным под углом, отвечающим кинематике упругого взаимодействия. Энергия частиц изменялась поглотителями перед сцинтиллятором.

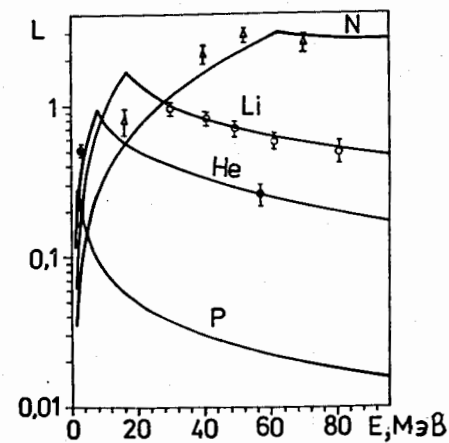


Рис.5. Зависимость амплитуды световой вспышки для слоя CsJ(Tl) толщиной  $25 \text{ мг/см}^2$  от энергии различных частиц. За единицу по шкале ординат взята амплитуда вспышки от  $\alpha$ -частиц с энергией 8,78 МэВ при полном поглощении. Кривые – расчет, точки – экспериментальные данные настоящей работы.

Результаты представлены на рис.5. Кривые были рассчитаны по формуле Биркса<sup>15</sup>, которая связывает удельный световыход с удельной ионизацией и учитывает эффект тушения на радиационных повреждениях. В формулу входят три параметра, которые были найдены из экспериментальных данных о световыходе монокристалла CsJ(Tl) для  $^4\text{He}$ ,  $^{12}\text{C}$  и  $^{16}\text{C}^{1/4}$ . Наши данные нормированы к световыходу для  $^4\text{He}$  при энергии 60 МэВ. Видно, что изменение световыходов с изменением Z и E частицы происходит примерно так же, как и для монокристалла CsJ(Tl).

Авторы благодарны С.Т.Беляеву и Ц.Д.Вылову за поддержку работы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Авдеев С.П. и др. — ОИЯИ, P7-89-29, Дубна, 1989.
2. Выдай Ю.Т., Цирлин Ю.А., Чайковский Э.Ф. — Известия АН СССР, 1974, с.1307.
3. Дорчоман Д. и др. — ОИЯИ, P1-10910, Дубна, 1977.
4. Quinton A. et al. — Phys. Rev., 1959, 115, p.886.
5. Биркс Д. — Сцинтилляционные счетчики. М.; ИЛ, 1955.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 февраля 1992 года.