

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

Р 493

13-88-176

Н.В.Виноградова, Р.С.Гальперина, Ю.П.Горин*,
В.Г.Лапшин*, А.А.Ноздрин, А.И.Петрухин*,
В.И.Рыкалин*

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПОЛИСТИРОЛЬНЫХ
ПЛАСТИЧЕСКИХ СЦИНТИЛЛЯТОРОВ
И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДЕТЕКТОРАХ
УСТАНОВКИ СИГМА-АЯКС

Направлено в журнал "ПТЭ"

* Институт физики высоких энергий, Серпухов

установки. Длительность процесса полимеризации - 5 суток. Наибольшая масса изготавливаемого блока сцинтиллятора составляла 100 кг.

Приведенные в данной статье результаты исследований указывают на высокое качество получаемого сцинтиллятора, которое достигается, в том числе, соблюдением следующих технологических условий его изготовления:

- 1) применяется промышленный стирол без добавления ингибитора;
- 2) после обезвоживания стирол подвергается двойной последовательной вакуумной перегонке в среде азота;
- 3) исходный и очищенный стирол хранится при пониженной температуре;
- 4) для изготовления сцинтилляторов используется только свежочищенный стирол.

Общепринятая процедура изготовления рабочих сцинтилляторов для детекторов заключается в разрезании полученных больших блоков на элементы требуемых размеров с последующей обработкой на станках и полировкой. В частности, в 1980-83 годах таким образом были изготовлены сцинтилляционные блоки общей массой 1200 кг (масса отдельного блока ≈ 10 кг) для широкоапертурных спектрометров полного поглощения установки СИГМА-АЯКС/З/.

Экструдированные сцинтилляторы

Технология изготовления блоков сцинтиллятора массой ≈ 10 кг для спектрометров типа /З/ путем механической переработки крупногабаритного блочного сцинтиллятора является вполне приемлемой. Однако эта технология слишком трудоемка и практически неприемлема для изготовления требуемого количества (несколько тысяч и более штук) сцинтилляционных пластин для калориметров, а также для протяженных сцинтилляционных счетчиков длиной более 1 м.

С 1984 г. изготавливаемые блоки сцинтиллятора размером 30×50 см используются для получения сцинтилляционных полос длиной до 3,5 м экструзионным методом /И/ на установке, разработанной в ИФВЭ. При экструдировании нагретого до расплавления блочного сцинтиллятора формирование профиля полосы происходит на выходе фильеры соответствующего сечения. Для улучшения качества поверхности экструдированной полосы сцинтиллятора формующие и тянущие валки в экструдере не используются. Механическая обработка полос сводится к разрезанию полосы на пластины (той же ширины) и полировке (если требуется) только торцов пластин.

Введение

В физических экспериментах широко применяются пластические сцинтилляторы, и потребность в них постоянно возрастает. Это объясняется тенденцией к созданию все более универсальных и сложных экспериментальных установок, в которых широко используются крупногабаритные сцинтилляционные счетчики, но главным образом - широким использованием в экспериментах широкоапертурных электромагнитных и адронных калориметров типа сэндвич металл-сцинтиллятор. В работе /1/ рассмотрены различные способы изготовления сцинтилляторов, приведены характеристики различных их типов.

В настоящей работе описывается опыт изготовления и применения полистирольных пластических сцинтилляторов /2/ для детекторов частиц установки СИГМА-АЯКС, работающей на Серпуховском ускорителе. Сцинтилляционные элементы изготавливались из блочного полистирольного сцинтиллятора, производимого в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и экструдированного на установке ИФВЭ.

Блочные сцинтилляторы

На протяжении нескольких десятилетий в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ осуществляется производство блоков стандартного пластического сцинтиллятора на основе полистирола (в настоящее время производительностью свыше тонны в год). В качестве первичной сцинтилляционной добавки используется PPO (концентрация - 1,5%) или p-терфенил (2%), в качестве вторичной - POPOP (0,01 + 0,05%). Сцинтиллятор изготавливается общепринятым методом полимеризации мономера в форме из листового алюминия, помещаемого в подогреваемую ванну (размером $80 \times 60 \times 60$ см³) с полиэтилсилаксановой жидкостью. Температурно-временной режим полимеризации задается и контролируется с помощью специальной автоматизированной

За период 1984-87 гг. на экструдере было произведено:

а) 1500 м полос с размерами сечения $200 \times 5 \text{ мм}^2$, из которых были изготовлены сцинтилляционные годоскопы (НВ_1 и НВ_2), счетчики активной защиты (АМ_1) длиной 1 м, работающие в эксперименте /4/ на установке СИГМА-АЯКС и 4000 элементов размером $194 \times 200 \times 5 \text{ мм}$ для адронного калориметра установки;

б) 200 м полос с размерами сечения $200 \times 10 \text{ мм}^2$, предназначенных для годоскопических систем установки.

Характеристики сцинтилляторов

Исследования блоков сцинтиллятора, изготовленных для широкоапертурных спектрометров /3/, показали стабильность их характеристик - световых выходов и прозрачности в пределах $\pm 10\%$ (для изготовления рабочих сцинтилляторов было использовано 30 больших блоков массой $\approx 75 \text{ кг}$). Энергетическое разрешение спектрометров составляло 6% для протонов с энергией 200 МэВ, неоднородность светособирания не превышала $\pm 5\%$.

Мы провели выборочное изучение образцов сцинтилляционных полос, полученных методом экструзии, образцов, вырезанных из блока и механически отполированных, а также сцинтилляторов СПД-31 производства ЧССР, NE110 фирмы Nuclear Enterprises (на основе поливинилтолуола) и производства НПО Монокристаллреактив, Харьков. В измерениях использовались фотоумножители ФЭУ-85, ФЭУ-110, ФЭУ-125 и ЕМ19954К и соответствующие размерам сечения пластин переходные световоды из оргстекла. ФЭУ соединялись со световодами без оптического контакта. Сцинтилляторы и световоды оборачивались алюминизированным майларом. Для определения прозрачности образцов (длины ослабления собственного излучения в в раз) противоположный от ФЭУ торец пластины закрывался с оптическим контактом черной лентой. Измерения проводились как в токовом режиме работы ФЭУ при облучении сцинтиллятора от радиоактивного источника, так и на пучке частиц ускорителя ИФВЭ.

На рис.1 приведены типичные зависимости амплитуды импульса от места облучения по длине экструдированной пластины сцинтиллятора, полученные при измерениях на пучке ускорителя. Для фотоумножителя ЕМ19954К (диаметр фотокатода - 46 мм, квантовая эффективность при $\lambda = 420 \text{ нм}$ - 28%) амплитуда импульса, соответствующая дальнему от ФЭУ краю пластины, эквивалентна 50 фотоэлектронам, выбиваемым из фотокатода.* Данные по типу

*Количество фотоэлектронов определялось с помощью импульсного светодиода.

сцинтиллятора, размерам пластины, способу изготовления и полученной величине прозрачности λ приведены в таблице.

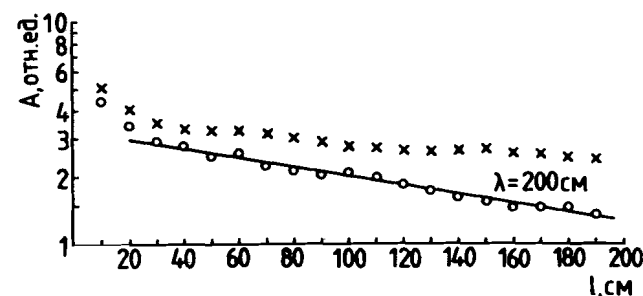


Рис. Зависимость амплитуды импульса А от места облучения по длине экструдированной пластины сцинтиллятора размером $1 \times 20 \times 200 \text{ см}^3$; о - торец закрыт черной лентой, x - торец закрыт алюминизированным майларом.

Таблица

N п/п	Тип сцинтиллятора	Размеры, см	Прозрачность λ , см	Способ изготовления
1.	Блочные ЛЯП ОИЯИ	2x6x65 1x10x65 2x10x65 1x5x65 5x5x43	80 + 90 90 + 100 90 + 100 70 + 80 100 + 110	Вырезание из блока и механическая полировка всех граней.
2.	СПД-31 (ЧССР)	2x6x80	100 + 110	
3.	NE110	1,5x10x150	150 + 180	Полимеризация между стеклами, полируются четыре боковые грани.
4.	Экструдированный	0,5x20x200 1x20x200	150 + 200 200 + 250	

Высокая прозрачность экструдированных пластин ($\lambda \approx 2 \text{ м}$) по сравнению с пластинами, вырезанными из блока и отполированными механически ($\lambda \approx 1 \text{ м}$), очевидно, объясняется лучшим качеством

поверхности, получающимся при отвердевании расплава сцинтиллятора, а также ориентированием молекул полимера в направлении экструдирования.

Результаты измерения величин световыходов, полученные на стандартных образцах сцинтилляторов небольших размеров ($\varnothing 25 \times 5$ мм), показали, что с точностью $\pm 5\%$ они одинаковы для блочного (производства ЛЯП ОИЯИ и НПО Монокристаллреактив, Харьков) и экструдированного сцинтилляторов, а для NE110 и СПД-3I световыход больше на $15 \pm 30\%$. Время высвечивания для всех изученных сцинтилляторов составляет $3 \pm 0,5$ нс.

Заключение

Опыт изготовления и применения на установке СИГМА-АЯКС сцинтилляционных детекторов на основе блочных полистирольных пластических сцинтилляторов, производимых в ЛЯП ОИЯИ, и приведенные в настоящей работе данные указывают на высокое качество изготавливаемых сцинтилляторов. По совокупности параметров - световыходу и прозрачности они близки к лучшим зарубежным образцам. Экструзионный метод получения сцинтилляционных пластин большой длины представляет особый интерес как для создания годоскопических систем большой площади, так и для технологичного изготовления пластин малого размера для калориметров.

Авторы выражают благодарность Д.М. Антипову и Г.В. Мицельмахеру за поддержку работы, С.Л. Смирновой, под руководством которой было организовано и в течение многих лет проводилось изготовление сцинтилляторов в ЛЯП ОИЯИ, Э.Г. Зайцевой за работу по их изготовлению, В.Б. Рахматовой за помощь в измерениях, всему коллективу сотрудничества СИГМА-АЯКС за помощь в работе.

Литература

1. Алимova Т.В. и др. Препринт ИФВЭ 86-35, Серпухов, 1986.
2. Виноградова Н.В., Гальперина Р.С., Ноздрин А.А. В сб.: Тезисы докладов IX Всесоюзной конференции по сцинтилляторам. Изд. НПО "Монокристаллреактив", Харьков, 1986, с. 84; Алимova Т.В. и др. Там же, с. 86.
3. Антипов Д.М. и др. Препринт ОИЯИ I3-87-344, Дубна, 1987.
4. Антипов Д.М. и др. Препринт ИФВЭ 87-153, Серпухов, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 марта 1988 года.

Виноградова Н.В. и др.
Изготовление полистирольных пластических сцинтилляторов
и их применение в детекторах установки СИГМА-АЯКС

13-88-176

Описывается опыт изготовления и применения полистирольных пластических сцинтилляторов для детекторов частиц установки СИГМА-АЯКС. Сцинтилляционные элементы изготавливались из блочного сцинтиллятора, производимого в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и экструдированного на установке ИФВЭ. Приводятся характеристики блочного сцинтиллятора и экструдированных из блоков протяженных сцинтилляционных полос в сравнении с промышленными образцами. Полученные данные указывают на высокое качество изготавливаемого сцинтиллятора. Прозрачность экструдированных пластин составляет ≈ 2 м при световыходе, соответствующем стандартному пластическому сцинтиллятору на основе полистирола.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ и в ИФВЭ, Серпухов.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1988

Перевод О.С. Виноградовой.

Vinogradova N.V. et al.
Fabrication of Polystyrene Plastic Scintillators
and Their Application in SIGMA-AYAKS Facility

13-88-176

Fabrication and application of polystyrene plastic scintillators for particle detectors of SIGMA-AYAKS facility are described. Scintillation elements are prepared in the JINR Laboratory of Nuclear Problems and extruded on the IHEP set up. Characteristics of block scintillators and long scintillation strips extruded of blocks as compared to industrial samples are given. The data obtained point to a high quality of the scintillator being prepared. The transparency of extruded strips is ≈ 2 m for the light output corresponding to a standard plastic scintillator on the basis of polystyrene.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems and IHEP, Serpuchov.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1988