

индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЕФИ-656(46)-83

Г.В.БАДАЛЯН, В.С.ПОГОСОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{NaI}(\text{Tl})$
В КАЧЕСТВЕ E - ДЕТЕКТОРА В $(dE/dx, E)$ -
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ НА ВНУТРЕННЕМ
ПУЧКЕ ЭЛЕКТРОННОГО СИНХРОТРОНА

ԵՐԵՎԱՆ 1983 ԵՐԵՎԱՆ

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

БФИ-656(46)-63

Г.В.БАДАЛЯН, В.С.ПОГОСОВ

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕТЕКТОРА НА ОСНОВЕ КРИСТАЛЛА $\text{NaI}(\text{Tl})$
В КАЧЕСТВЕ E - ДЕТЕКТОРА В $(dE/dx, E)$ -
ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ НА ВНУТРЕННЕМ
ПУЧКЕ ЭЛЕКТРОННОГО СИНХРОТРОНА

Ереванский Физический
ИНСТИТУТ
Зал приемов

Ереван 1963

На внутреннем пучке Ереванского синхротрона с помощью экспериментальной установки "е - А" [1] проводилось исследование инклюзивного образования легких ядерных фрагментов электронами с энергией до 4,5 ГэВ на различных ядрах. Регистрация и идентификация частиц проводилась ($dE/dx, E$) - телескопом полупроводниковых кремниевых детекторов. Максимальная толщина современных полупроводниковых кремниевых детекторов составляет несколько миллиметров, что делает весьма затруднительным их применение в качестве E - детекторов, когда энергия регистрируемых протонов выше ~ 30 МэВ.

В данной работе с целью существенного увеличения толщины E - детектора рассматривается возможность применения сцинтилляционного детектора на основе кристалла $NaI(Tl)$. Сцинтилляционный детектор на основе кристалла $NaI(Tl)$ в ($dE/dx, E$) - телескопе применялся и ранее [2]. Однако вопрос применения подобного детектора в условиях высокого уровня γ -фона рассматривается впервые.

Нами использовался кристалл $NaI(Tl)$ (см.рис.1) цилиндричес.

кой формы диаметром 20 мм и длиной 40 мм. В качестве фотоумножителя использовался ФЭУ-36. Световод изготовлен из органического стекла и имеет длину 30 мм. Оптический контакт осуществлялся с помощью силиконовой смазки.

Как известно, энергетическое разрешение сцинтилляционного детектора складывается из статистических эффектов, связанных с конечным числом собранных фотоэлектронов и нестатистических эффектов, которые возникают из-за неоднородности кристалла по объему, неоднородности поверхности фотокатода и т.д. В первом приближении можно считать, что от энергии регистрируемых частиц зависит лишь вклад статистических эффектов в энергетическое разрешение. Поэтому сопротивление нагрузки на ФЭУ при больших энергоделяниях в сцинтилляторе можно выбрать малым, что важно с точки зрения наложения сигналов в условиях высокой загрузки. Мы анализировали сигналы с анода ФЭУ и сопротивление нагрузки выбрали равным 50 Ом.

В таком режиме форма импульсов с анода ФЭУ практически (с точностью порядка длительности фронта, составляющей несколько наносекунд) повторяла временную картину высвечивания сцинтиллятора.

Время высвечивания кристалла $NaI(Tl)$ составляет, как известно, $\sim 0,25$ мкс.

Для подбора режима работы делителя ФЭУ производился амплитудный анализ сигналов с использованием радиоактивных γ -источников ^{22}NaI и ^{60}Co . Сигналы с ФЭУ усиливались спектрометрическим усилителем и подавались на вход многоканального амплитудного анализатора ДДАС-4000.

На рис.2 представлены полученные спектры. Как видно из рис.2, энергетическое разрешение детектора уже при малых энергиях (~ 1 МэВ) не хуже 10%. При энергиях же частиц выше 50МэВ, для идентификации которых и предполагается применить данный детектор, энергетическое разрешение должно быть существенно лучше, что даст возможность надежно идентифицировать частицы.

Далее проверялась работа детектора в условиях реальных измерений. Детектор располагался в камере детектирования установки "е - А" на расстоянии 1 м от мишени под углом $\sim 78^\circ$ к направлению электронного пучка и был окружен свинцовой защитой (см. рис.1).

В качестве мишени использовалась полиэтиленовая $(CH_2)_n$ пленка толщиной ~ 200 мкм. Это позволило одновременно с регистрацией заряженных частиц, вылетающих из мишени в результате взаимодействия электронов с ядрами углерода, производить калибровку детектора по положению пика от упругого $e - p$ рассеяния. Для этого перед сцинтиллятором устанавливался коллиматор (см.рис.1), вырезающий для регистрации частиц область в детекторе шириной 7 мм по направлению первичного электронного пучка.

Амплитудный анализатор открывался на время, равное длительности ворот формирователя, синхронизованных с выводом электронного пучка на мишень.

Измерения проводились отдельно при двух положениях мишени, смещенных по направлению электронного пучка на 1 см. для того, чтобы иметь две энергетические метки, соответствующие разным положениям пика от упругого $e - p$ рассеяния.

На рис.3 представлен энергетический спектр частиц, регистрируемых детектором при одном из положений мишени. Как видно из

рис.3, в районе 165-го канала заметен пик от упругого $e-p$ рассеяния. Кроме того, выделяются два резких спада в области 380-го и 530-го каналов. Указанные спады возникают из-за ограниченной толщины кристалла и соответствуют граничным значениям энергии соответственно протонов и дейтронов, при которых они уже не останавливаются в кристалле, и следовательно, выделяют в нем лишь часть своей энергии. Для кристалла NaI толщиной 40 мм это соответствует энергии протонов ~ 105 МэВ и дейтронов ~ 142 МэВ.

Это обстоятельство можно, в частности, использовать для калибровки детектора. В предположении линейности амплитуды сигнала от энергии, выделяемой в кристалле, а также независимости ее от типа частицы легко получить цену деления канала анализатора. Для этого разницу в энерговыделении (~ 37 МэВ) нужно поделить на соответствующую разницу в каналах (~ 150 каналов). Далее можно восстановить энергию, соответствующую положению пика от упругого $e-p$ рассеяния (165-й канал) с учетом известной толщины вещества (эквивалентной $0,8 \text{ г/см}^2 A Z$), проходимого частицей до попадания в кристалл. Мы провели эту процедуру и получили среднее значение энергии упругого пика равное ~ 55 МэВ.

Аналогичная процедура была проведена и для спектра, полученного при смещенном положении мишени. При этом мы получили среднее значение энергии протонов от упругого $e-p$ рассеяния, равное ~ 61 МэВ.

Далее мы восстановили углы χ вылета упруго рассеянных протонов по отношению к направлению электронного пучка для полученных значений энергий (55 МэВ и 61 МэВ) по известному кинематическому соотношению:

$$\cos \chi = \left(1 + \frac{M}{E}\right) \sqrt{\frac{T}{2M+T}}, \quad \text{где}$$

M – масса протона, E – энергия налетающего электрона $E=4,5$ ГэВ, T – кинематическая энергия упруго рассеянного протона.

Полученные для угла рассеяния значения $78^{\circ},2$ и $77^{\circ},6$ в пределах точности определения совпадают с геометрией установки. Это, с одной стороны, подтверждает справедливость предположения о линейной зависимости амплитуды сигнала от энерговыделений в кристалле, что, в свою очередь, позволяет утверждать, что искажений спектра не наблюдается и, следовательно, данный детектор может быть применен в качестве E – детектора в условиях фоновой загрузки на внутреннем пучке нашего ускорителя.

Авторы благодарят Нерсисяна Я.Д. и Элбакяна Г.М. за помощь в работе.

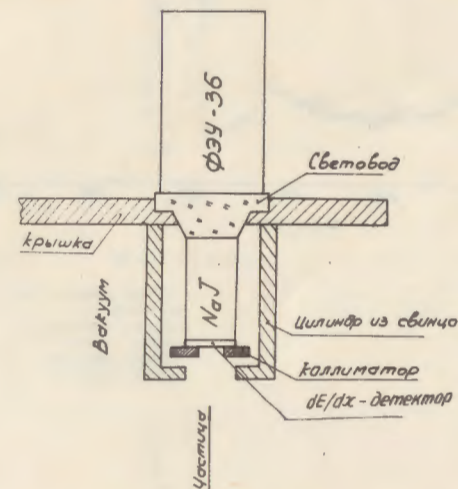


Рис. I

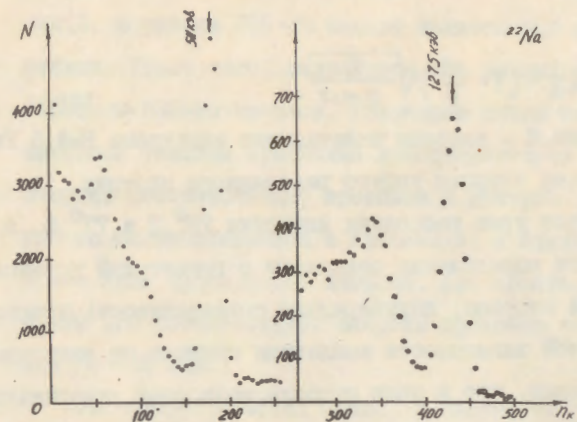


Рис.2а

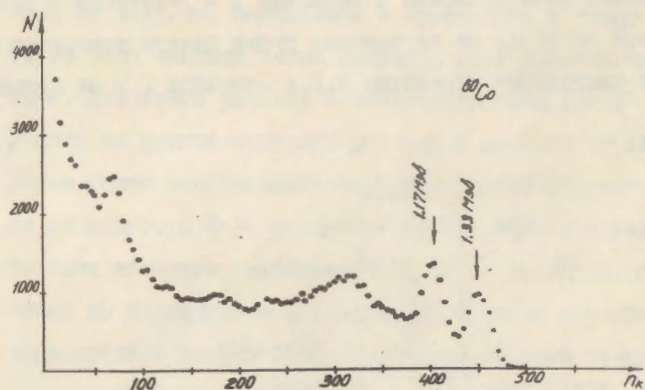


Рис.2б

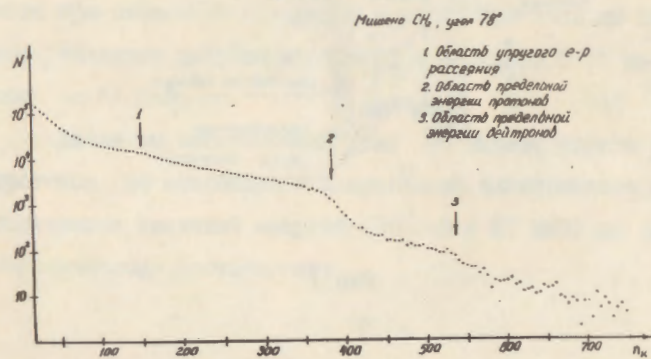


Рис.3

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Схема расположения $(dE/dx, E)$ - телескопа при измерениях на пучке.

Рис.2 Спектры от γ -источников а) ^{22}Na и б) ^{60}Co , зарегистрированные детектором $\text{NaI}(\text{Tl})$.

Рис.3 Энергетический спектр частиц от взаимодействия электронов с энергией 4,5 ГэВ с полиэтиленовой $(\text{CH}_2)_n$ мишенью, зарегистрированный детектором $\text{NaI}(\text{Tl})$.
Угол регистрации $\sim 78^\circ$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арутюнян В.Н., Бадалян Г.В., Бегларян Д.М. и др. Регистрация образования тяжелых частиц на ядрах электронами с энергией 4,5 ГэВ. Известия АН Арм ССР, серия Физика, т.14, вып.3, с.172, 1979.
2. Zucchiatti A., Sanzone M. and Durante E. E-dE/dx Scintillator Spectrometer for Protons up to 120 MeV. Nucl.Instr. and Meth., 1975, vol.129, p.467.

Рукопись поступила 6 мая 1983 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех.редактор А.С.Абрамян

Заказ 259

ВФ-04472

Тираж 270

Препринт ВФИ

Формат издания 60x84/16

Подписано к печати 25/УШ-83г. 0,5 уч.-изд.л.Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации
Ереванского физического института, Ереван 36, Маркаряна 2