

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

3543 / 82

2/vii-82

13-82-243

С.Б.Борзаков, Во Ван Тхуан,
Л.Б.Пикельнер, Э.И.Шарапов

НЕЙТРОННЫЙ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР
ДЛЯ СПЕКТРОМЕТРИИ
ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

1982

Для спектроскопии нейтронов по методу времени пролета в килоэлектронвольтовой области энергий в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ сконструирован сцинтилляционный детектор, обладающий следующими характеристиками:

- слабо зависящая от энергии эффективность регистрации нейтронов в области $1 \text{ кэВ} \div 1 \text{ МэВ}$;
- низкая чувствительность к γ -лучам;
- время жизни нейтрона в детекторе, не превосходящее длительности нейтронной вспышки;
- близкий к 4π телесный угол при регистрации рассеянных нейтронов.

В настоящем сообщении изложены основные характеристики детектора, прототипом которого является система, описанная в ^{1/1}. Наглядное представление о детекторе дает рис.1. Продольный разрез приведен на рис.2. Детектор состоит из 12 одинаковых сцинтилляционных блоков, окружающих поверхность цилиндрического канала. В качестве сцинтиллятора использован порошкообразный светосостав Т-2 ^{1/2}, содержащий ZnS(Ag) с ^{10}B . Светосостав помещен в виде слоев толщиной 1 мм между пластинами плексигласа толщиной 5 мм. 9 пластин плексигласа с 8 слоями светосостава образуют один блок трапецевидного сечения длиной 30 см. Каждый блок просматривается с обоих торцов фотоумножителями ФЭУ-13. Плексиглас служит одновременно замедлителем

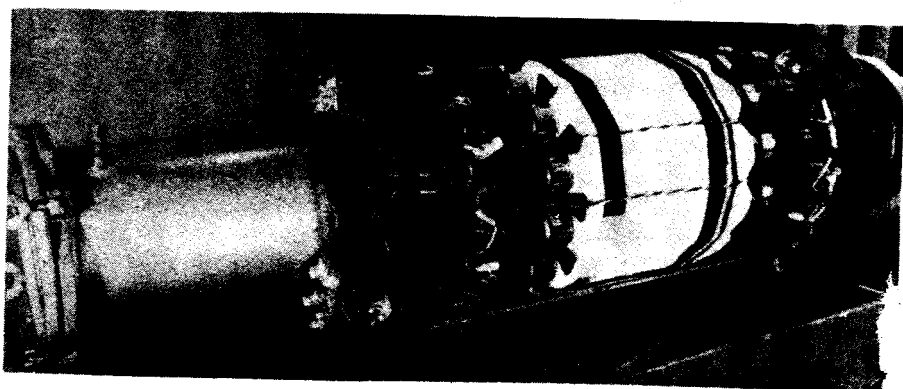


Рис.1. Детектор с открытым кожухом.

нейтронов и светопроводом, по которому сцинтилляционные вспышки направляются на фотокатод ФЭУ. Боковые поверхности блоков покрыты отражателем на основе двуокиси титана TiO_2 . Весь детектор заключен в светонепроницаемый дюралевый кожух. После уста-

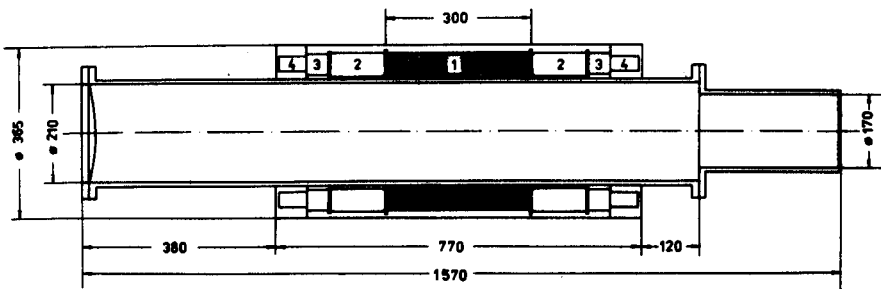


Рис.2. Продольный разрез детектора: 1/ сцинтилляционный блок; 2/ фотоумножители ФЭУ-13; 3/ делители напряжения для ФЭУ; 4/ предусилители.

новки образца в канал детектора последний закрывается алюминиевой крышкой-заглушкой и откачивается форвакуумным насосом. Откачка воздуха уменьшает фон, связанный с нейтронным пучком, рассеянным в детектор.

Импульсы от ФЭУ, проходя предусилители, собираются в сумматоре и потом поступают на вход основного усилителя. Усиленные импульсы пропускают через интегральный дискриминатор и посылаются на временной анализатор. Минимальная используемая амплитуда импульсов определяется уровнем шумов фотоумножителей.

Основным отличием описанного детектора от его прототипа является более короткое время жизни нейтрона в детекторе. Оно достигнуто в основном благодаря применению обогащенного В в светосоставе и увеличению числа сцинтилляционных слоев в блоке. Толщина каждого слоя по светосоставу равна $0,13 \text{ г/см}^2$. В сумме 96 слоев содержат 2440 грамм порошка Т-2. На изготовление этого количества светосостава употреблено 1200 грамм борной кислоты с обогащением 90% по ^{10}B .

Экспериментальная оценка времени жизни нейтронов в детекторе получена следующим образом: была измерена форма резонанса 154 эВ в образце Rh толщиной $n = 0,72 \times 10^{22}$ ядер/см² специально в условиях плохого разрешения, т.е. при $R \gg \Gamma$ /здесь $R = 4 \text{ эВ}$ - энергетическая ширина функции разрешения, $\Gamma = 0,32 \text{ эВ}$ - ширина резонанса/. В таких условиях форма линии близка к форме функции разрешения. Участок спектра, измеренный по методу времени пролета в области резонанса 154 эВ, показан на рис.3. Наблюдаемая ширина на половине высоты линии $\tau_{\text{наб}}$, зависит не только от длительности нейтронной вспышки $\tau_{\text{всп}}$, но и от времени жизни нейтронов в детекторе $\tau_{\text{дет}}$, согласно соотношению

$$\tau_{\text{наб}} = \sqrt{\tau_{\text{всп}}^2 + \tau_{\text{дет}}^2}$$

С использованием известного значения $\tau_{\text{всп}} = 4,0 \text{ мкс}$ для бустера ИБР-30^{1/3} и измеренного значения $\tau_{\text{наб}} = 7 \text{ мкс/см}$ рис.3/ была получена экспериментальная оценка $\tau_{\text{дет}} \approx 6,0 \text{ мкс}$. Таким образом, один из основных параметров данного детектора - неопределенность во времени регистрации нейтрона - улучшен в три раза по сравнению с его прототипом.

Эффективность регистрации нейтронов ϵ была определена в широком интервале энергий нейтронов посредством измерения с образцом-стандартом /свинцом/ на пролетной базе 1000 м. Значение ϵ определялось по формуле

$$\epsilon(E) = \frac{N(E)}{\Pi(E) \cdot (1 - e^{-\tau_{\text{дет}} \nu(E)})}$$

где $N(E)$ - число отсчетов детектора над фоном и $\Pi(E)$ - поток нейтронов, измерявшийся с помощью калибровочного борного счетчика.

График зависимости эффективности детектора от энергий нейтронов дан на рис.4. Предельное значение при энергии $\approx 4 \text{ МэВ}$ получено с помощью полоний-бериллиевого нейтронного источника. При том же значении рабочего порога электроники, для которого измерена эффективность при регистрации нейтронов, с помощью гамма-источников ^{60}Co и ^{24}Na была оценена чувствительность детектора к гамма-лучам: $\epsilon_{\gamma} = 0,7 \cdot 10^{-2} \% / 1,28 \text{ МэВ}$; $0,8 \cdot 10^{-1} \% / 1,4 + 2,8 \text{ МэВ}$; различие связано с механизмом регистрации через черенковское излучение ^{1/5}.

Поскольку детектор содержит большое количество фотоумножителей, нижняя граница рабочего диапазона амплитуд, обусловлен-

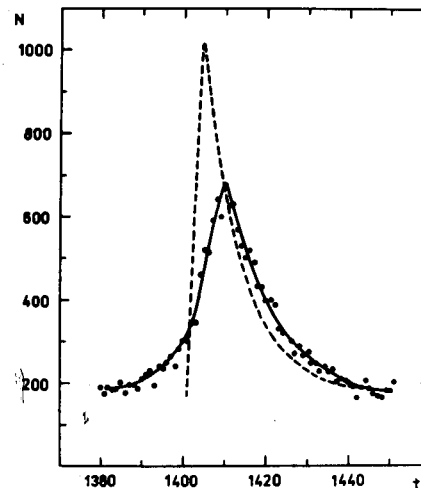
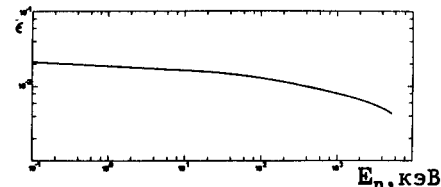


Рис.3. Участок спектра, измеренный по методу времени пролета вблизи резонанса родия 154 эВ. Ширина канала анализатора 0,5 мкс, пунктирная линия - форма вспышки бустера ИБР-30.

Рис.4. Энергетическая зависимость эффективности детектора.



ная заданной нами величиной постоянного фона детектора $N_{\text{фон}} \leq 15$ имп/с, не позволила осуществить полный светосбор с центральной части детектора. Это привело к неоднородной зависимости детектора при измерении расстояния нейтронов с низким постоянным собственным фоном.

Зависимость эффективности детектора от угла вылета рассеянных нейтронов измерялась на нейтронном пучке ИБР-30, сколлимированным в щель шириной 2,5 см и высотой 36,5 см. Детектор без образца помещался поперек пучка и перемещался после каждого замера с шагом 5 см. Расстояние засвечиваемого "обруча" от центра сцинтиллятора пересчитывалось к величине $\mu = \cos \theta$ /в стандартной геометрии рис.2, где θ - угол между осью детектора и направлением рассеяния из образца в центре детектора/. Полученная угловая зависимость эффективности детектора $\epsilon(\mu)$ показана на рис.5. Как отмечалось, она обусловлена плохим светосбором с центральной части детектора при использованном рабочем пороге для импульсов с фотоумножителей. В некоторых экспериментах, где учет угловой зависимости эффективности детектора является существенным, необходимо пользоваться графиком рис.5. Если допустим фон выше обычного, то зависимость $\epsilon(\mu)$ становится более однородной.

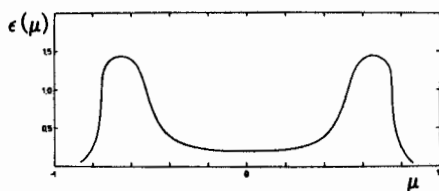


Рис.5. Угловая зависимость эффективности детектора. Кривая нормирована на эффективность детектора, равную единице.

Детектор был использован в ряде экспериментов по рассеянию нейтронов на импульсном реакторе ИБР-30 /см., например, ¹⁴/ /. При установке внутрь толстого рассеивающего образца, например графита, детектор можно использовать и в опытах по пропусканию нейтронов, если требуется низкая чувствительность к гамма-фону.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пикельнер Л.Б. и др. ПТЭ, 1963, №2, с.51.
2. Тимофеева Т.В., Хормушко С.П. Изв.АН СССР, серия физ., 1958, т. 22, с. 14.
3. Франк И.М. ЭЧАЯ, 1972, т.2, с. 805.
4. Алфименков В.П. и др. ЯФ, 1982, т.35, с. 542.
5. Ли Цзянь-пин, Попов Ю.П. ОИЯИ, 1594, Дубна, 1964.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 апреля 1982 года.