

28/100

0-572

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

3 - 5183



А.А. Омеляненко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖИМА
ДВУХМЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ
НЕЙТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ ПО ФОРМЕ
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ

ЛАБОРАТОРИЯ НЕЙТРОННОЙ ФИЗИКИ

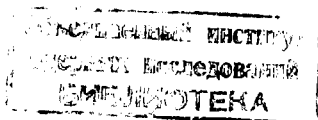
1970

3 - 5183

А.А. Омеляненко

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЖИМА
ДВУХМЕРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ
НЕЙТРОНОВ И ГАММА-КВАНТОВ ПО ФОРМЕ
СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ИМПУЛЬСОВ**

Направлено в ПТЭ



Как известно, для органических сцинтилляторов отношение заряда, содержащегося в быстрой (или медленной) компоненте токового импульса с ФЭУ, к его общему заряду постоянно для частиц одного типа и меняется для частиц с различной ионизирующей способностью. На этом основана дискриминация нейтронов и гамма-квантов по форме сцинтилляционного импульса в органических сцинтилляторах (ДФИ).

В большинстве случаев для $n - \gamma$ разделения используется специальный элемент разделения, сигнал с которого несет признак типа частицы. Это либо схема сложения или вычитания в методе сравнения компонент, либо пороговое устройство, фиксирующее момент пересечения импульсом нулевой временной оси в методе с дифференцированием импульсов, либо ФЭУ в нелинейном режиме. Логический сигнал с элемента разделения может управлять линейной схемой пропускания, и в зависимости от типа сигнала управления будут регистрироваться либо нейтроны, либо гамма-кванты^{/1/}. Сигнал может также служить одним из параметров при использовании режима двухмерного анализа в многоканальном анализаторе (другим параметром является амплитуда исследуемого импульса)^{/2/}. В последнем случае обеспечивается ряд преи-

муществ: наглядность, возможность контроля элемента разделения, одновременная регистрация нейтронов и гамма-квантов. Общим же недостатком этих способов является наличие специального элемента разделения, так как именно элемент разделения является наиболее сложным, очень чувствительным к настройке и обладающим собственным порогом устройством, от качества выполнения которого и зависит качество ДФИ.

Ниже описана аппаратура для двухмерного анализа, которая позволяет исключить элемент разделения.

Функция разделения выполняется многоканальным анализатором, который работает в режиме двухмерного амплитудного анализа. Одним параметром служит амплитуда импульса, пропорциональная части заряда, содержащейся в быстрой компоненте сцинтилляции (б.к.), другим параметром – амплитуда импульса, пропорциональная общему заряду сцинтилляции (о.з.). Выделение б.к. и о.з. происходит на блоке выделения компонент БВК (рис. 1), который с помощью интегрирования формирует о.з., а с помощью дифференцирования – б.к. Усиление и затягивание б.к. выполняется линейно усилителем с контуром ударного возбуждения на транзисторе Т1.

С выхода БВК (рис. 2) о.з. подается на Y-вход многоканального анализатора АИ-4096-2^{/3/}, а б.к. – на X-вход. За исключением специально разработанной выходной части БВК и малозумящих усилителей 5,7 (рис. 2) использованы те же эмиттерные повторители, инвертор и входная часть БВК, что и ранее^{/4,5/}. В данном случае память анализатора разбивается на 64 группы (старшие разряды, у) по 64 канала в каждой (младшие разряды, x). Поскольку отношение о.з. к б.к. есть величина постоянная для данной формы импульса, то импульсы от каждого типа частиц с данной ионизирующей способностью регистрируются в ячейках памяти, лежащих на прямой линии в плоскости YX под углом, тангенс которого пропорционален этому отношению. Применение

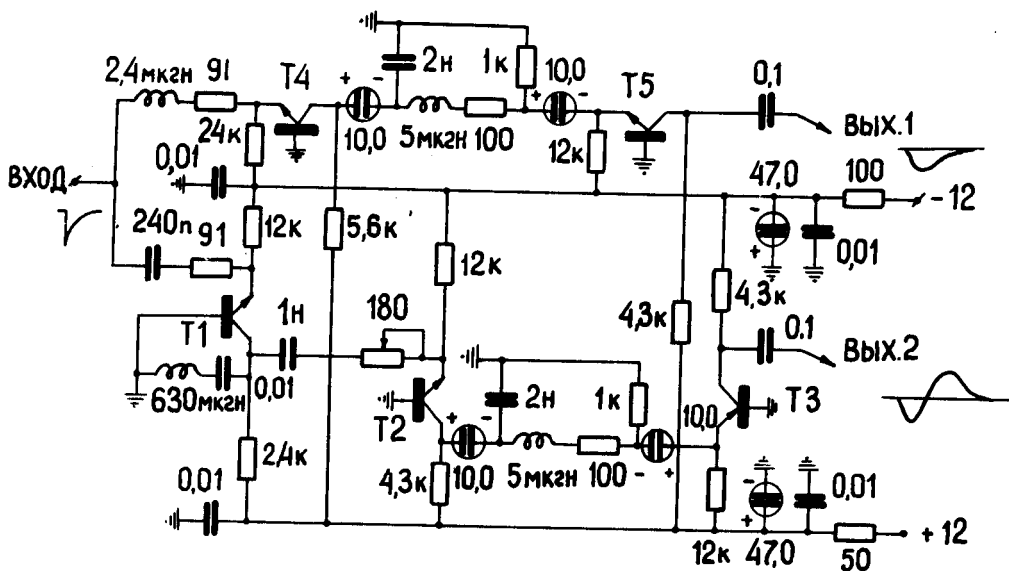


Рис. 1. Принципиальная схема блока выделения компонент БВК (транзистор Т3 типа ГТ313, остальные - ГТ311).

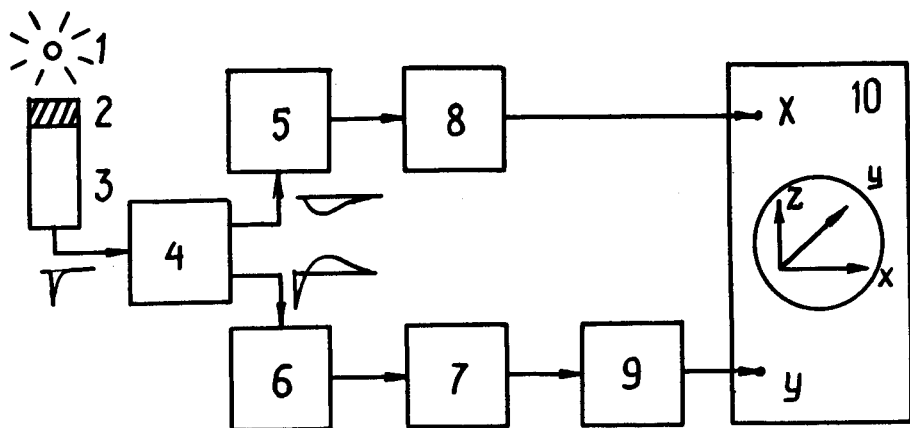


Рис. 2. Блок-схема установки для двухмерного анализа (1 - источник излучения; 2 - сцинтиллятор; 3 - ФЭУ; 4 - БВК; 5,7 - токовые усилители; 6 - инвертор; 8,9 - эмиттерные повторители ЭП-2; 10 - многоканальный анализатор АИ-4096-2).

двухмерного анализа для n -у разделения вытекает логически из метода, где функции разделения выполняет осциллограф. Но осциллограф дает лишь грубую оценку качества разделения и в практическом использовании требует применения метода масок, что усложняет аппаратуру^{/6/}. Калибровка выполнена с точностью 15% при помощи радиоактивных источников $Po - Be$, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{57}Co и генератора точной амплитуды.

В качестве примера на рис. 3 приводится двухмерный спектр нейтронов и гамма-квантов источника $Po - Be$. Спектр получен на кристалле стильбена диаметром $d = 70$ мм и высотой $h = 30$ мм с ФЭУ жалюзного типа ФЭУ-82 ($d = 80$ мм). Приводится часть энергетического спектра в области низких энергий частиц (30-180 кэВ по энергии гамма-квантов), которая характеризует энергетический порог разделения нейтронов и гамма-квантов данным кристаллом стильбена. Полученные двухмерные спектры, состоящие из отдельных одномерных спектров, могут быть проанализированы различными методами. Так, например, для построения характеристики разделяющих свойств данного кристалла стильбена (рис. 3) проведен порог по минимуму перекрытия одномерных спектров быстрых компонент для протонов отдачи и электронов, и для нескольких значений энергий гамма-квантов определено соотношение числа протонов отдачи и электронов (рис. 4). Таким образом построены кривые, аналогичные кривым в работе^{/7/}, которые характеризуют эффективность регистрации нейтронов (кривая 1) и неэффективность подавления гамма-квантов (кривая 2) в зависимости от энергий протонов отдачи E_p (МэВ) и электронов E_e (кэВ) при выбранном пороге для данного кристалла стильбена.

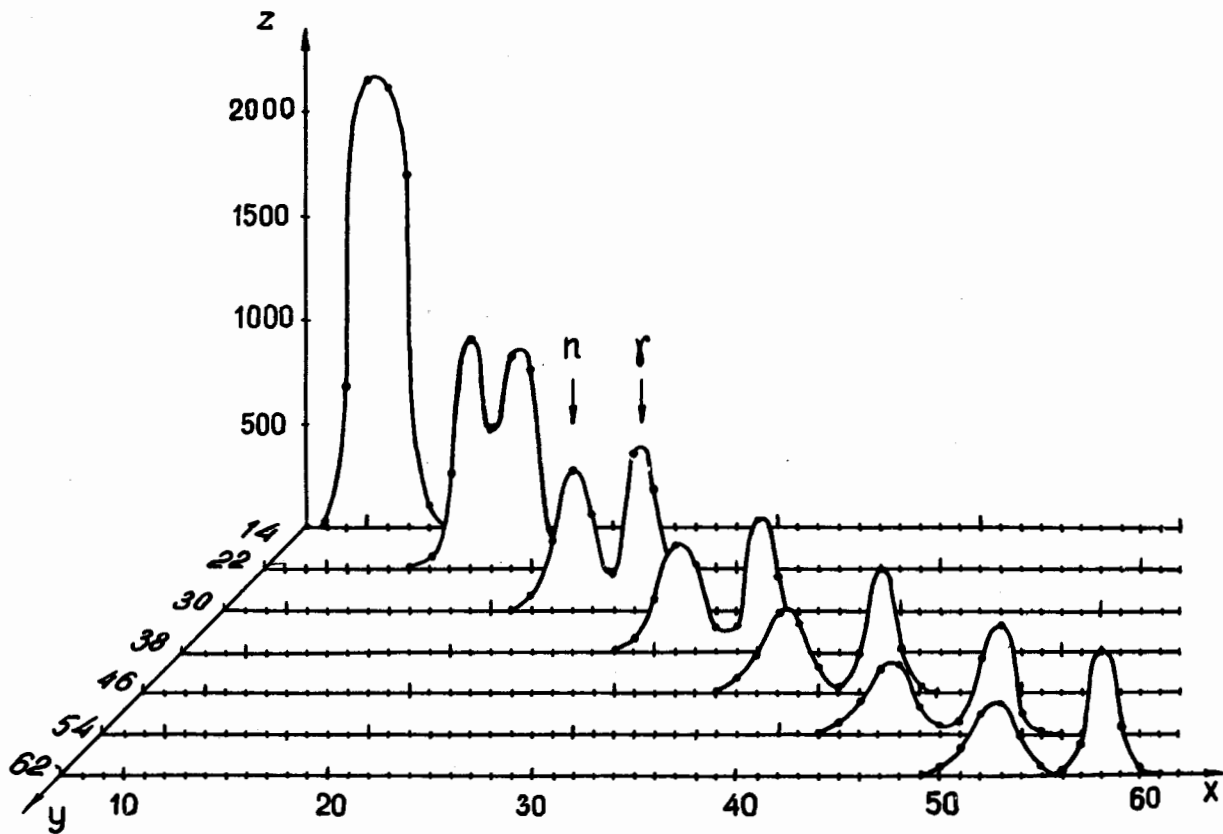


Рис. 3. Двухмерный спектр с n - γ -разделением, полученный от источника $Po - Be$ на кристалле стильбена с $d = 70$ мм (по оси x - номера каналов, по оси y - номера групп разбиения, по оси z - счёт в импульсах за время наблюдения $t_{наб.} = 40$ мин.)

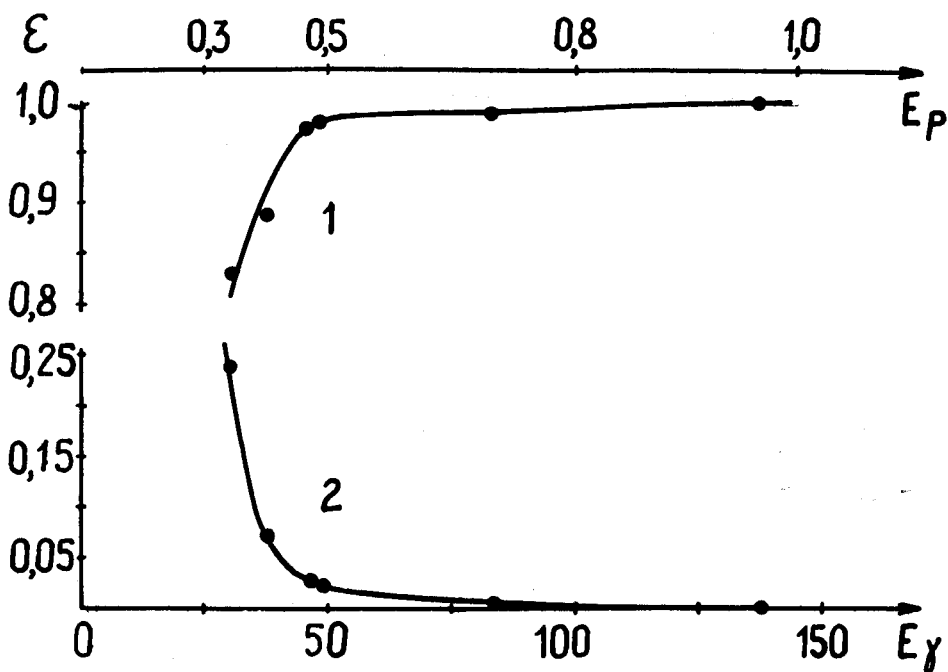


Рис. 4. Кривые, характеризующие ϵ -эффективность регистрации нейтронов при разделении (1) и неэффективность подавления гамма-квантов (2) в зависимости от энергии протонов E_p и электронов E_e при выбранном порогое для кристалла стильбена с $d = 70$ мм.

Степень относительного разделения нейтронов и гамма-квантов принято оценивать коэффициентом $M = \Delta / \delta_1 + \delta_2$, где Δ - расстояние между пиками, δ_1 и δ_2 - соответственно полные ширины пиков на их полувысоте ^{/2/}. Это позволяет численно характеризовать и сравнивать разделяющие свойства сцинтилляторов. Так, на рис. 5 приведены одномерные спектры б.к. протонов отдачи и электронов (источник Po - Be), полученные на разных сцинтилляторах для энергий гамма-квантов, соответствующие комптоновскому краю источника ¹³⁷Cs, а также значения M : $M = 1,45$ для кристалла стибьбена с $d = 30$ мм и $h = 15$ мм (1, рис. 5); $M = 1,2$ для кристалла стибьбена с $d = 70$ мм и $h = 30$ мм (2, рис. 5), $M = 1,6$ для образцового жидкого сцинтиллятора NE 321 в контейнере с $d = 70$ мм и $h = 40$ мм (жидкий сцинтиллятор фирмы Nuclear Enterprises (G, B.) Ltd.)

В ы в о д ы

1. Режим двумерного анализа на анализаторе АИ-4096-2 успешно применен непосредственно для разделения частиц по форме их сцинтилляционного импульса.

2. Подобный метод обладает простотой, наглядностью, значительно сокращает количество нестандартной аппаратуры и в то же время позволяет производить все необходимые оценки качества п-у разделения.

3. Аппаратура обладает низкими порогами из-за отсутствия пороговых устройств и может быть широко использована как непосредственно для п-у разделения, так и для исследования разделяющих свойств сцинтилляторов, проверки и контроля всевозможных схем разделения по форме импульса.

Особого внимания эта методика заслуживает при исследовании разделения медленных нейтронов и гамма-квантов на жидких сцинтилляторах

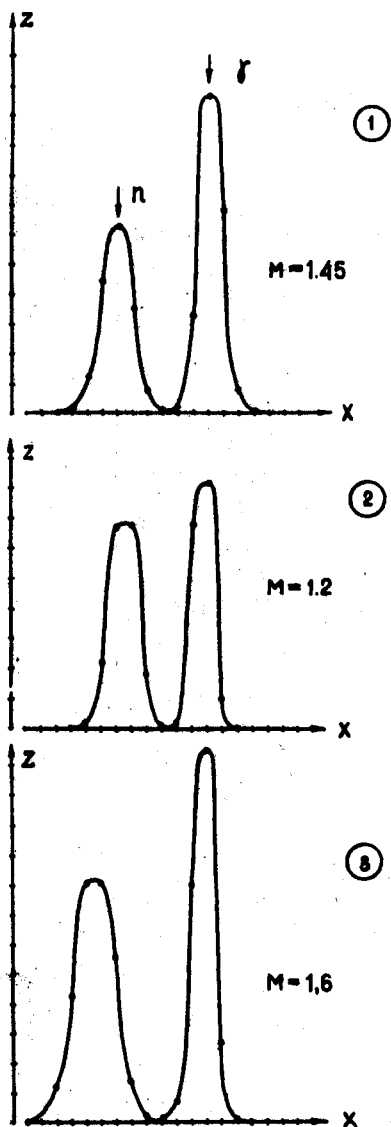


Рис. 5. Одномерные спектры, полученные от источника $Po-Be$ для энергий гамма-квантов, соответствующих комptonовскому краю источника ^{187}Cs . (1 - кристалл стильбена с $d = 30$ мм, 2 - кристалл стильбена с $d = 70$ мм, 3 - сцинтиллятор NE 321 в контейнере с $d = 70$ мм).

с бором, у которых мал световыход, а также при составлении рецептов и исследовании влияния технологии на жидкие сцинтилляторы для целей n - u разделения.

4. Качество n - u разделения и динамический диапазон энергий разделяемых частиц могут ограничиваться объемом памяти многомерного устройства. Для обработки результатов от устройств с большим объемом памяти целесообразно использовать современные математические методы, так как связь этих устройств с ЭВМ достаточно хорошо разработана.

В заключение автор считает своим долгом выразить искреннюю признательность И.М. Столетовой за приготовление жидких сцинтилляторов и ценные консультации, а также сотрудникам измерительного центра ЛНФ за подготовку анализатора.

Л и т е р а т у р а

1. H.E. Jackson and G.E. Thomas. RSJ, 36, 419 (1965).
2. R.N. St. Onge and J.A. Lockwood. NJM, 69, 29 (1969).
3. С.С. Курочкин. "Многомерные статистические анализаторы", Москва, Атомиздат, 1968.
4. А.А. Омеляненко, К.Г. Родионов, Хен Еен Гынь, Препринт ОИЯИ 2280, Дубна 1965.
5. А.А. Омеляненко. Препринт ОИЯИ 3876, Дубна 1968.
6. Ю.В. Дукаревич, Л.Н. Дюмин. ПТЭ, №3, 48 (1960).
7. T. Hiramoto and H. Nohara. NJM, 58, 169 (1968).

Рукопись поступила в издательский отдел
16 июня 1970 года.