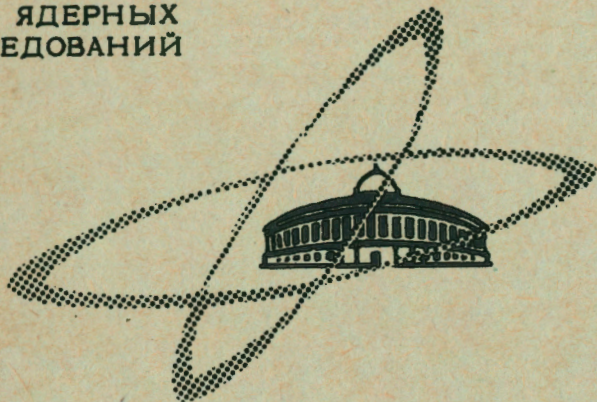


ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна



13 - 4025

Т. Вальчак, Е. Киселевски, Я. Стычень, М. Шавловски,
А. З. Хрынкевич

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО
С Ge(Li) ДЕТЕКТОРАМИ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ УГЛОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ
 γ -КАСКАДОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ

1968

13 - 4025

Т.Вальчак, Е.Киселевски, Я.Стычень, М.Шавловски,
А.З.Хрынкевич

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УСТРОЙСТВО
С Ge(Li) ДЕТЕКТОРАМИ
ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ УГЛОВЫХ КОРРЕЛЯЦИЙ
 γ -КАСКАДОВ

Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ

В в е д е н и е

Развитие в последние годы технологии дрейфа лития в германии позволяет изготавливать полупроводниковые Ge(Li) детекторы с большим объемом. Хорошая энергетическая разрешающая способность этих детекторов по сравнению со сцинтилляционными NaI(Tl) счётчиками и повышение эффективности за счёт увеличения объема гарантируют их широкое распространение.

Однако имеется ряд трудностей при использовании Ge(Li) детекторов для целей ядерной спектроскопии. При измерении совпадений важную роль играет система, вырабатывающая "временной" импульс от германиевого детектора с большим объемом. Хорошее временное разрешение трудно получить, одновременно сохраняя достаточно высокую эффективность регистрации совпадений γ -квантов низких энергий. Необходимость непрерывного хранения детектора при температуре жидкого азота усложняет конструкцию установки для измерения угловых корреляций. Описываемая установка является попыткой преодоления этих трудностей.

Блок-схема установки

На рис. 1 приведена блок-схема установки для измерения γ - γ -совпадений и угловых корреляций с помощью $\text{Ge(Li)}-\text{NaI(Tl)}$ или $\text{Ge(Li)}-\text{Ge(Li)}$ -детекторов.

Импульсы с первого счётчика усиливаются спектрометрическим трактом и анализируются дифференциальным дискриминатором (ДД1). Одновременно с этого счётчика на вход время-амплитудного преобразователя поступает "временной" импульс. На второй вход поступает импульс со второго счётчика. Импульсы с преобразователя, работающего с базой 20,50 или 100 нсек, отбираются дифференциальным дискриминатором (ДД2). Таким образом определяется временной диапазон, в котором происходит регистрация действительных совпадений. Импульсы с дифференциального дискриминатора (ДД2) поступают через линию задержки (ЛЗ) на один из входов схемы медленных совпадений (МС) с разрешающей способностью 1 мксек. На второй вход этой схемы поступают одновременно импульсы с дифференциального дискриминатора (ДД1). Выходной импульс этой схемы открывает ворота (В) многоканального анализатора, на вход которого поступают импульсы спектрометрического тракта Ge(Li) или NaI(Tl) детектора.

Измерения угловой корреляции γ - γ полностью автоматизированы. Таймер управляет электродвигателем (ЭД), который сдвигает счётчики, регистрирующие γ -кванты для выбранных углов. Спектр измеряется в течение небольшого отрезка времени (порядка нескольких минут). Импульс с таймера сдвигает счётчик, устанавливая его под вторым углом. Во время сдвига счётчика измерение прекращается при помощи ключа (К). Импульс, управляющий двигателем, включает другую часть памяти многоканального анализатора и переключает пересчётки (П). Таким образом, после одного цикла измерений память анализатора содержит два

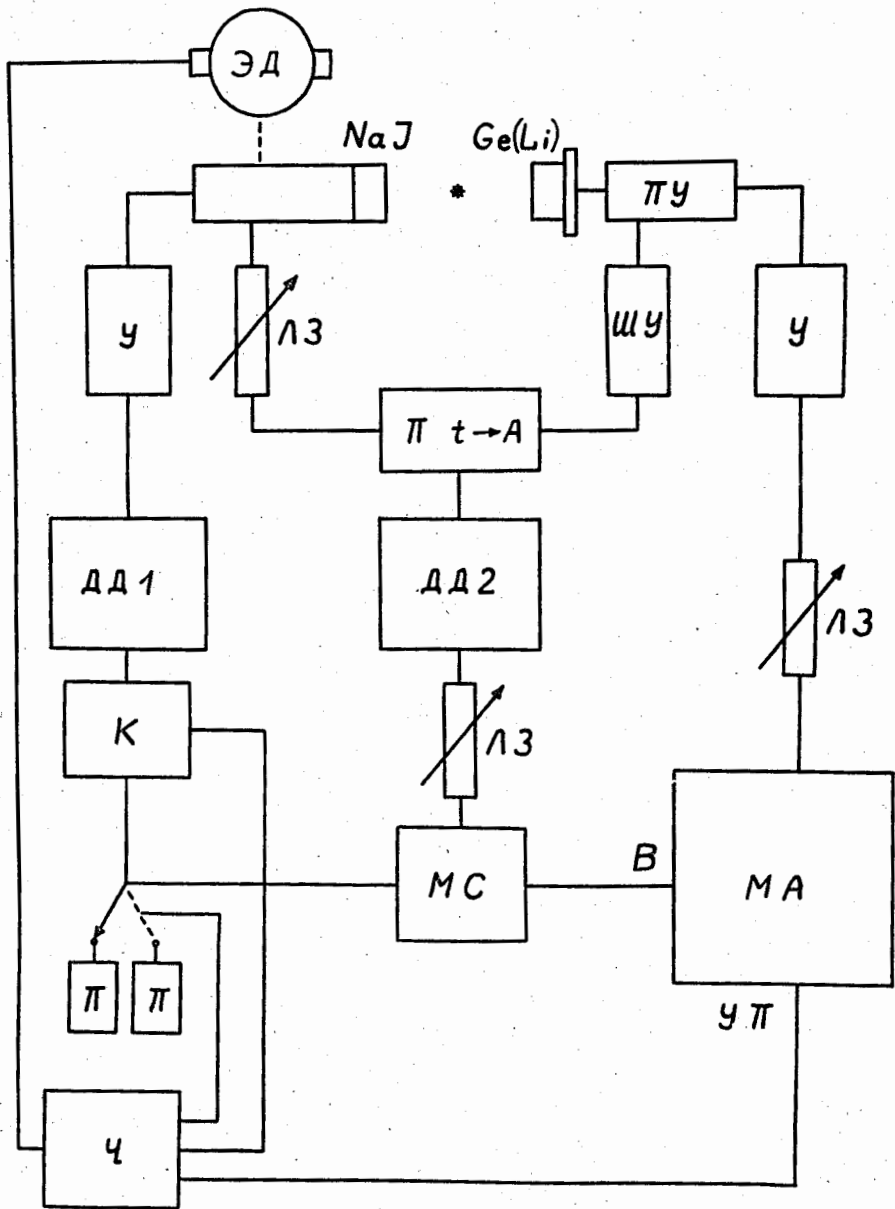


Рис. 1.

спектра для выбранных углов между счётчиками. Тем же способом можно набирать спектры для любой пары углов.

Следует подчеркнуть, что почти одновременное измерение спектров для двух положений счётчиков гарантирует, что разница между ними не является аппаратным эффектом. Самым опасным эффектом в этом случае является изменение усиления спектрометрического тракта во время длительных измерений (сутки и более). Метод одновременного измерения спектров необходим при работе с короткоживущими источниками.

Такая же установка используется при измерении магнитных моментов возбужденных состояний ядер методом вращения угловой корреляции в магнитном поле. В этом случае детектор остается неподвижным, происходит периодическое изменение направления магнитного поля.

Особенности применения германиевых детекторов

Особенностью описанной аппаратуры является возможность применения одного или даже двух полупроводниковых Ge(Li) детекторов для регистрации γ -квантов. В связи с этим большое внимание уделено разработке спектрометрического и временного тракта для германиевых детекторов.

Как показывают измерения многих авторов, разброс по времени срабатывания дискриминатора, запускаемого импульсом от Ge(Li) дрейфового детектора, зависит не только от амплитуды импульса. Из-за большого объема детектора на форму фронта импульса ^{/1,2,3,4/} влияет место регистрации γ -кванта. Эта зависимость для плоских детекторов проявляется в чисто геометрических эффектах, связанных с длиной пути собирания заряда. Экспериментальный анализ формы импульса в этом случае был проведен Струссом и др. ^{/1/}. Для цилиндрических и

коаксиальных детекторов зависимость формы фронта от места регистрации значительно усложняется из-за добавочной зависимости от неоднородности электрического поля. Подробный теоретический расчёт этой зависимости для цилиндрических Ge(Li) детекторов проведен в работе ^{/2/}.

Анализ имеющихся в литературе данных по форме импульса и проведенные нами измерения показали, что метод пересечения нуля нельзя использовать для определения времени регистрации γ -кванта в германиевом детекторе.

Основываясь на этих результатах, мы решили в нашей системе применить самый простой и, как оказалось, позволяющий получать хорошее временное разрешение, метод. Используя большое усиление временного импульса и понижая порог срабатывания дискриминатора широкополосного усилителя до уровня шумов, можно устранить влияние формы фронта импульса на разброс по времени. При этом обеспечение широкополосности временного тракта является необходимым. Описанный ниже метод вывода быстрого импульса не ухудшает энергетического разрешения.

Предусилитель

Схема примененного зарядочувствительного предусилителя приведена на рис.2. Предусилитель состоит из входного каскада, охваченного отрицательной обратной связью по заряду, и двух усилительных трактов с низкоомными выходами. Входная ступень выполнена в виде каскадной пары и составного повторителя с положительной обратной связью типа "bootstrap". Такое решение обеспечивает большое усиление по мощности при сохранении широкой полосы пропускания.

Входной каскад собран на низкошумящем широкополосном полевом транзисторе типа 2N3823. Переменным сопротивлением $2k$ устанавливается оптимальная рабочая точка полевого транзистора. Критерием подбора

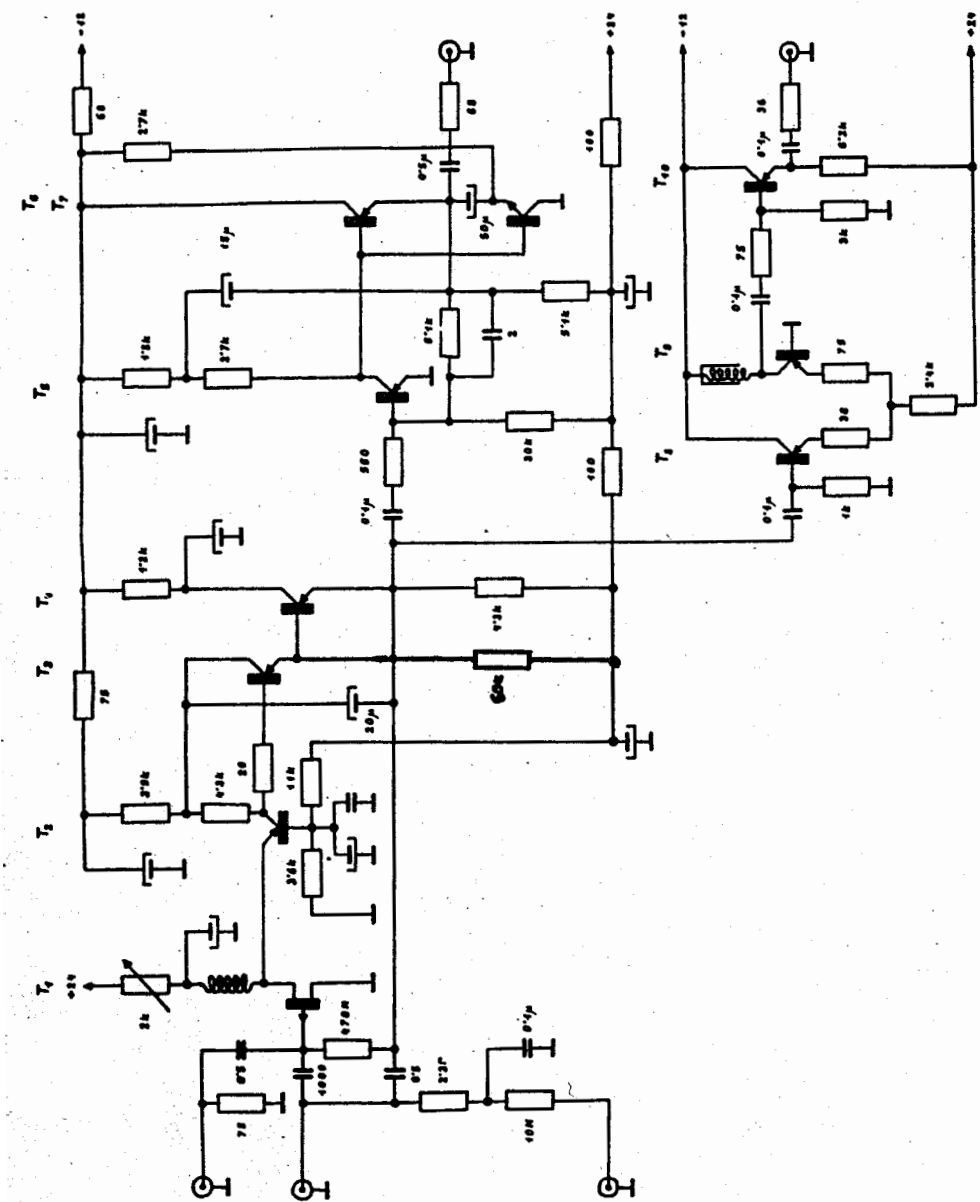


Рис. 2.

оптимальной рабочей точки транзистора 2N3823 служит отношение сигнал-шум системы детектор - входной каскад.

Выходы предусилителя используются: один - для спектрометрического, второй - для временного анализа. Спектрометрический тракт состоит из усилителя напряжения и комплементарного эмиттерного повторителя, который обеспечивает низкое выходное сопротивление для положительных и отрицательных импульсов. Общая комплексная обратная связь по напряжению и связь типа "bootstrap" сохраняют хорошую линейность во всем диапазоне выходных импульсов. Быстрый "временной" тракт предусилителя содержит дифференциальный каскад и эмиттерный повторитель. Длительность выходного импульса временного тракта определяется короткозамкнутым кабелем в коллекторе транзистора T_9 . Усиление зарядочувствительной секции с отключенной обратной связью больше 1000. Время нарастания фронта импульса на выходе быстрого тракта (по уровням 0,1 - 0,9):

$$t = 10 \text{ нсек} + 0,7 \frac{\text{нсек}}{\text{пф}} \text{ С.}$$

Разрешение составляет

$$E_{(G_0)} = 1,5 + 0,06 \frac{\text{кЭВ}}{\text{пф}} \text{ С.}$$

Широкополосный усилитель

Усилитель (рис.3) состоит из трех одинаковых по схеме двухкаскадных секций^{17/}. В каждой секции введена общая комплексная обратная связь по напряжению. Шунтированием сопротивления обратной связи небольшой емкостью существенно уменьшено время нарастания фронта. На входе усилителя - фазоинвертор. Выход усилителя подключен к амплитудному дискриминатору на туннельном диоде.

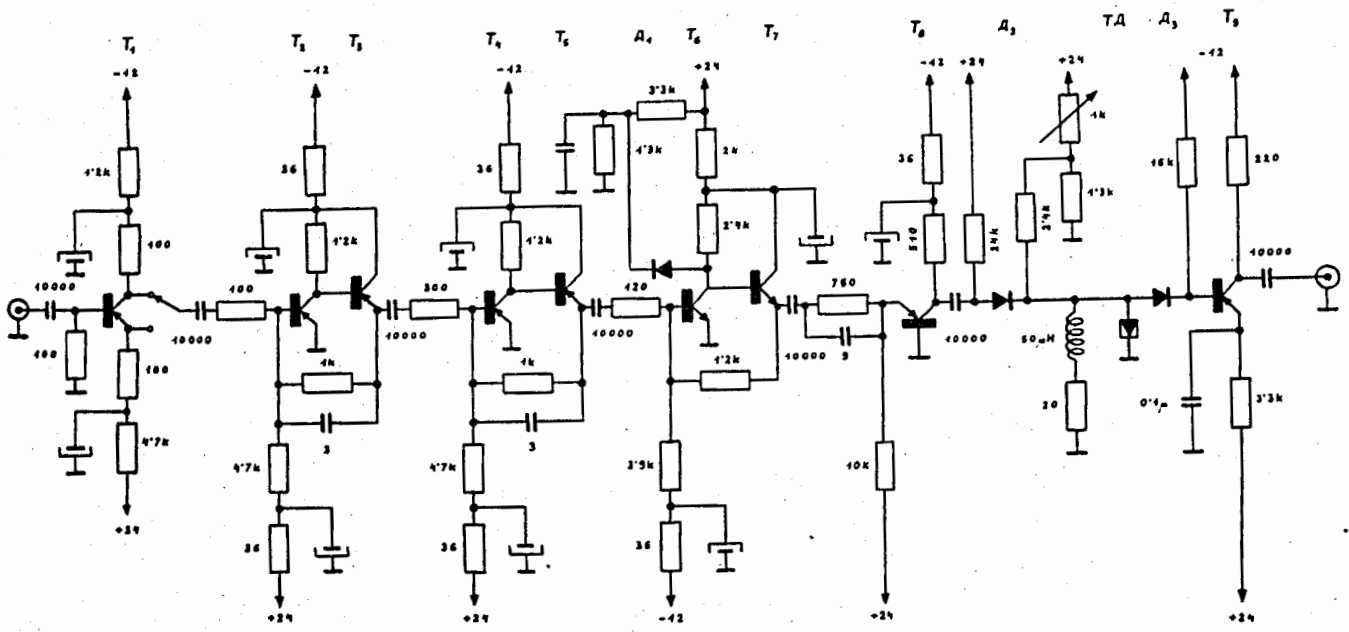


Рис. 3.

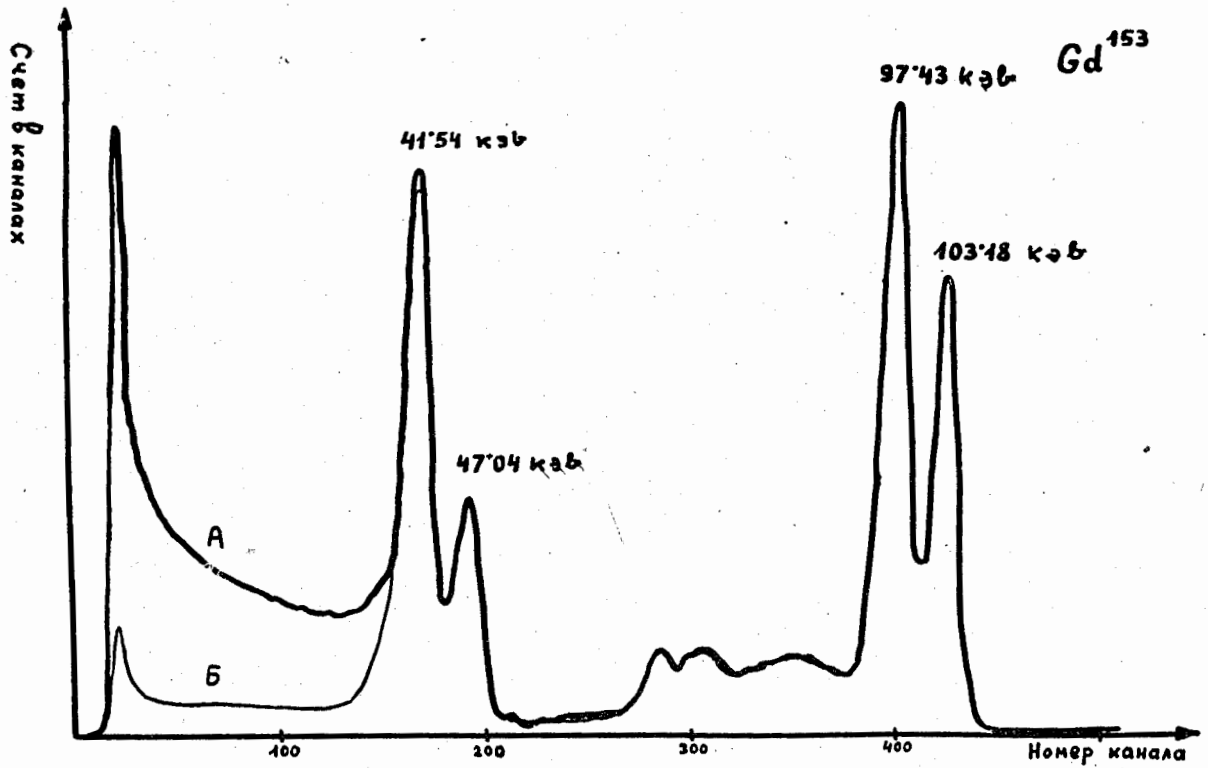


Рис. 4.

Параметры усилителя:

коэффициент усиления $K_u = 350$;

время нарастания фронта импульса (по уровням 0,1 - 0,9);

$t_{\phi} = 5$ нсек (без выброса).

На рис. 4 приведены два спектра.

Кривая А представляет спектр ^{158}Gd , кривая Б измерена при управлении многоканального анализатора импульсами широкополосного усилителя.

Как видно из этого рисунка, временной тракт работает с полной эффективностью от уровня, не меньшего 40 кэв.

Измерения разрешающего времени

С помощью преобразователя была измерена кривая временного разрешения при регистрации сцинтиляционным и полупроводниковым или двумя полупроводниковыми Ge(Li) детекторами γ -квантов аннигиляционного излучения. В измерениях использовался германиевый коаксиальный детектор с объемом 13 см^3 , работающий при напряжении 1300 в, и плоско-параллельный, объемом $1,5 \text{ см}^3$ и рабочим напряжением 300 в и сцинтиляционный счётчик с кристаллом NaI(Tl) размером $5 \times 5 \text{ см}$.

Блок-схема измерительной установки представлена на рис.5.

На рис. 6 представлены кривые быстрых совпадений 511 - 511 кэв для коаксиального (верхняя кривая) и плоского (нижняя кривая) германиевого детектора с NaI(Tl) . На этом рисунке показана в наносекундах ширина кривых на половине их высоты. Кроме того, отмечены ширины на одной десятой полной высоты кривых совпадений, которые являются даже лучшей характеристикой при измерениях совпадений, так как в эти времена происходит свыше 90% совпадений. Как видно из рисунка, в случае коаксиального детектора большой вклад по сравнению с плоским вносят импульсы с плохим фронтом. Это связано с неоднородностью электрического поля в детекторах коаксиального типа.

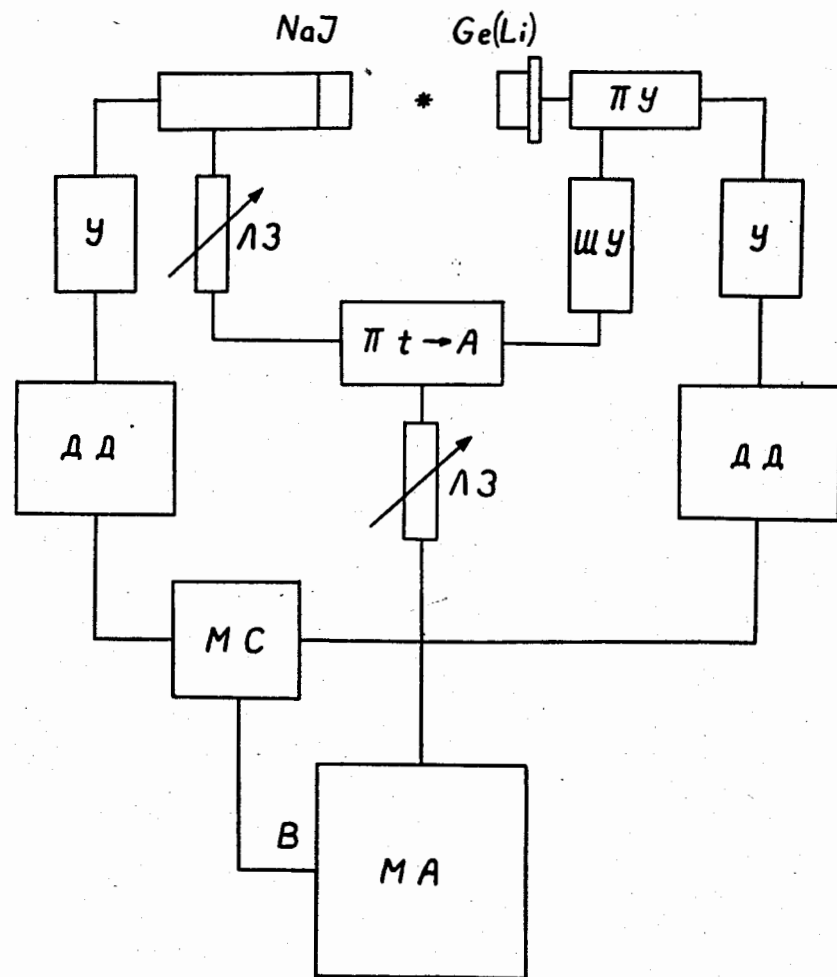


Рис. 5.

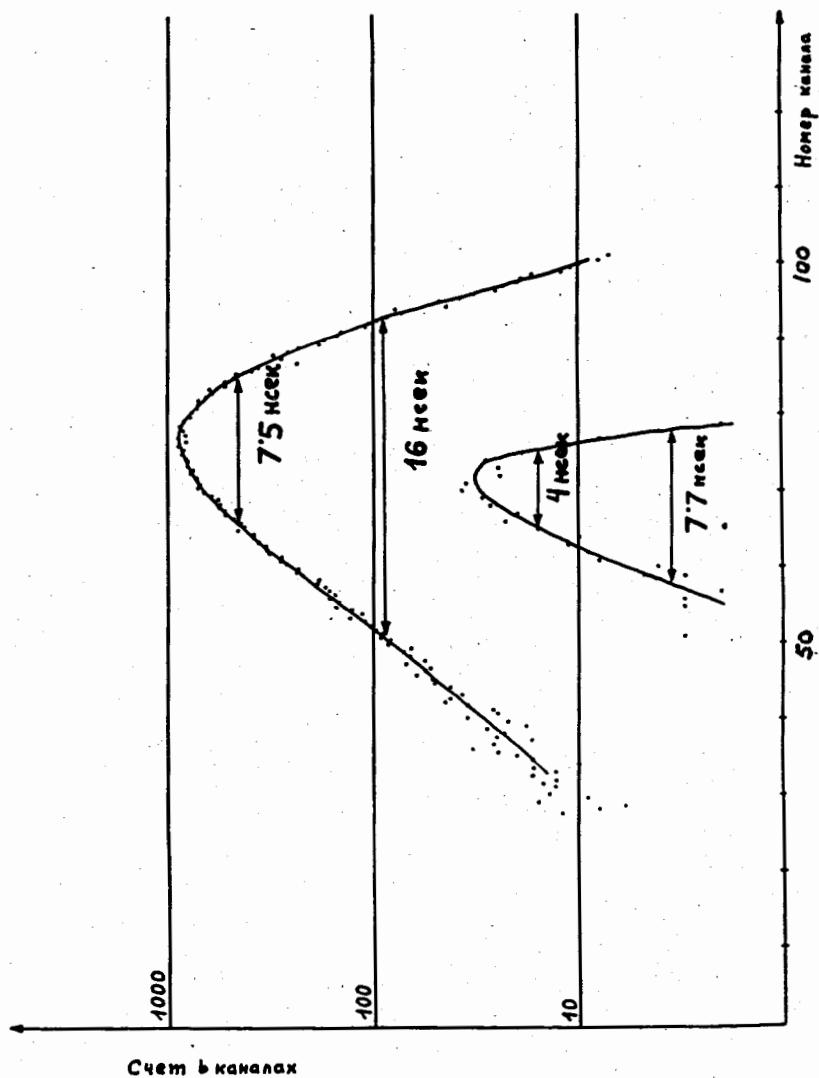


Рис. 6.

Сравнивая рис. 6 и 7, видим, что при замене сцинтиляционного зонда плоско-параллельным тонким детектором ширина на полувысоте немного ухудшается, а на одной десятой меняется значительно.

Кривая, которая приведена на рис. 8, иллюстрирует один из случаев измерения. На одном из детекторов подбирается определенная энергия γ -перехода, а другой детектор регистрирует почти весь спектр. На рис. 8 кривая время-амплитудного преобразователя соответствует такому случаю, когда на NaI(Tl) детекторе подобрана энергия 511 кэв, в то время, как коаксиальный детектор Ge(Li) регистрировал почти полный диапазон энергии (> 50 кэв).

Описанная выше аппаратура была использована при измерениях угловых корреляций и спектров совпадений^{/8,9/}.

Пример спектра совпадений NaI(Tl) - Ge(Li) для изотопа ^{160}Tl показан на рис. 9, где подтверждается существование γ -перехода с энергией 872 кэв, который введен предположительно Врзалом и др.^{/10/}

Авторы благодарят профессора Г.Н.Флерова за проявленный им интерес к настоящей работе.

Л и т е р а т у р а

1. M.G.Strauss et al, Nucl. Instr. Meth., 46, 45 (1968).
2. D.N.Poenoru. IEEE Trans. Nucl. Sci., NS2-14, 5 (1967).
3. I.C.Balland et al. Nucl. Instr. Meth., 52 (1967).
4. R.L.Graham et al. IEEE Trans. Nucl. NS-13, 1 (1966).
5. S.Gorni et al. Nucl. Instr. Meth., 53, 2, 349 (1967).
6. W.Michaelis. Nucl. Instr. Meth., 61, 1, 109 (1968).
7. P.F.Manfredi et al., Nucl. Instr. Meth., 49, 1, 74 (1967).
8. А.З.Хрынкевич и др. Материалы XVIII Ежегодного заседания по ядерной спектроскопии и структуре ядра, Рига, 1968. Препринт ОИЯИ Е6 -3906, Дубна 1968.

9. А.З.Хрынкевич и др. Препринт ОИЯИ Е6-3905, Дубна, 1968.

10. И.Врзал и др. Препринт ОИЯИ Р6-3312, Дубна 1967.

Рукопись поступила в издательский отдел

8 августа 1968 г.

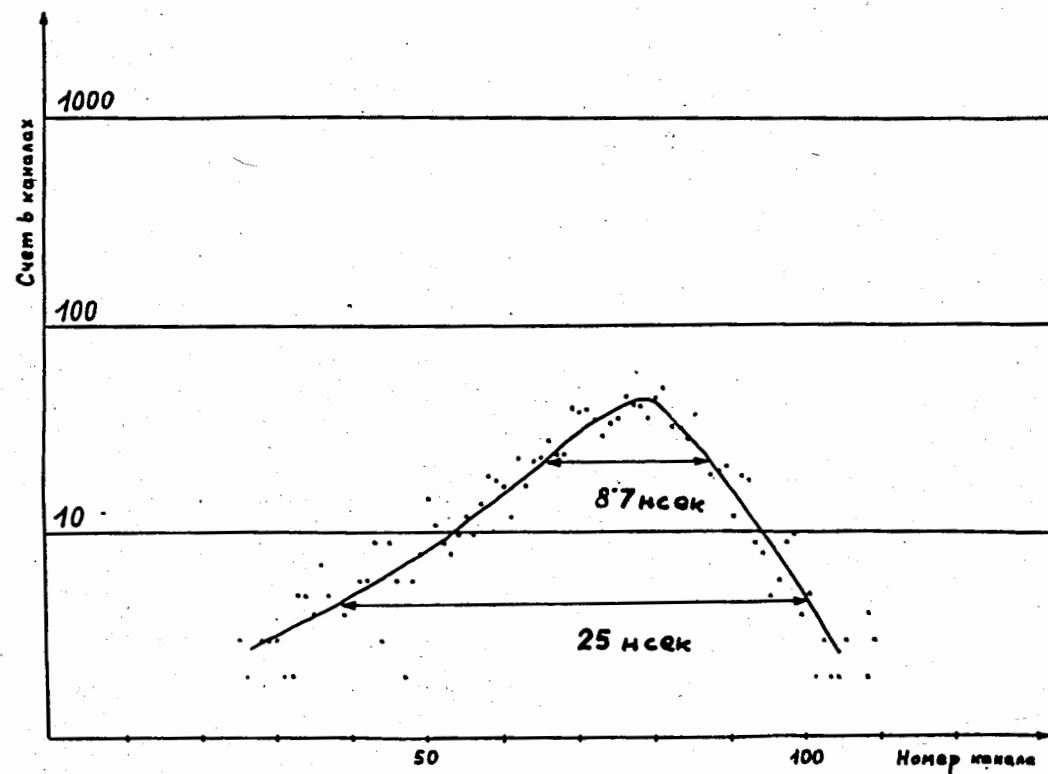


Рис.7.

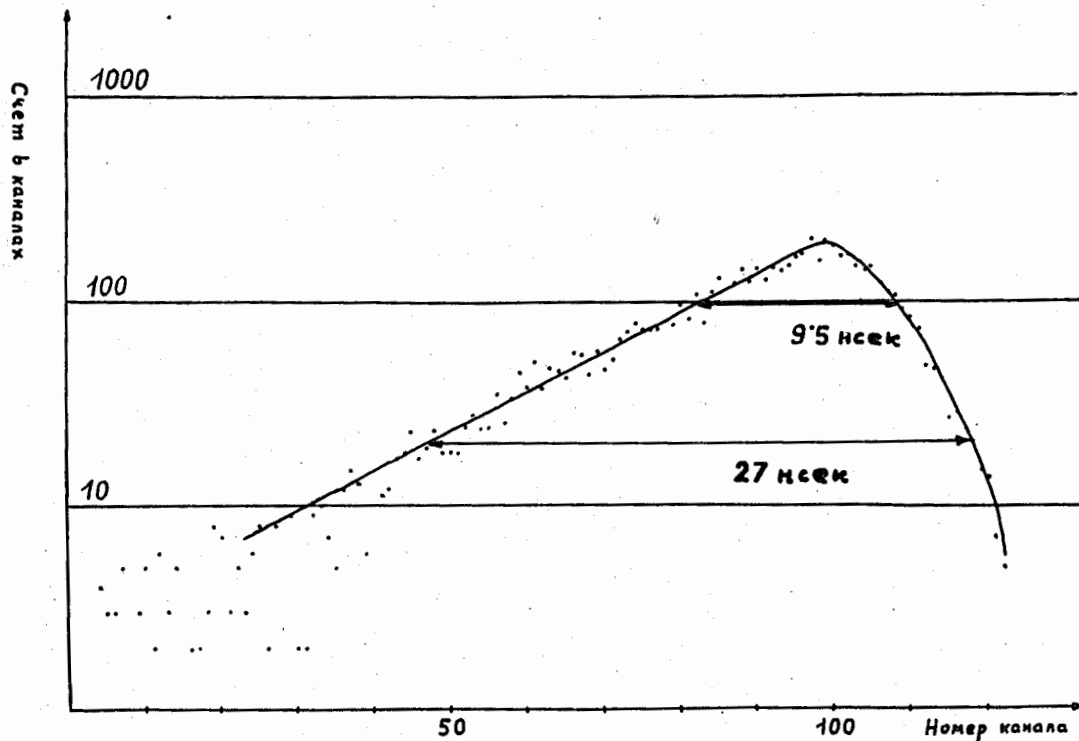


Рис. 8.

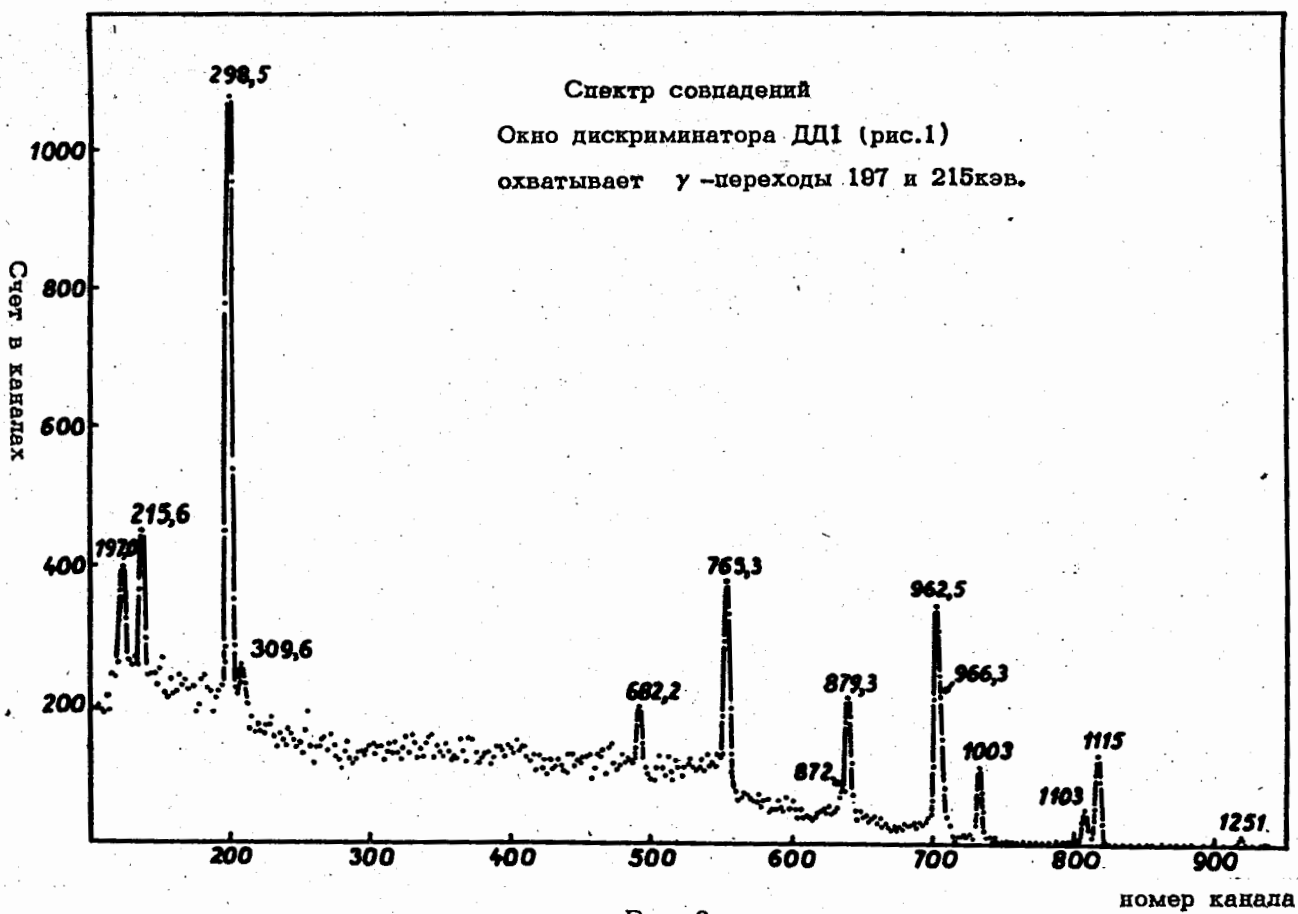


Рис. 9.