

5708

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛА

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

P13 - 5708



Ю.К. Акимов, К. Андерт, А.И. Калинин,
И.Н. Чурин, В.Н. Шуравин

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
С ГЕРМАНИЕВЫМ ДЕТЕКТОРОМ

1971

P 13 - 5708

Ю.К. Акимов, К. Андерт, А.И. Калинин,
И.Н. Чурин, В.Н. Шуравин

**ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ
С ГЕРМАНИЕВЫМ ДЕТЕКТОРОМ**

Направлено в ПТЭ

**Научно-техническая
библиотека
ОИЯИ**

Основными факторами, определяющими временное разрешение полупроводниковых детекторов, являются:

1. Возникновение временных флюктуаций в результате наложения сигналов на шумы от детектора и усилителя.

2. Смещение момента срабатывания схемы при изменении амплитуды сигнала.

3. Зависимость момента срабатывания от изменений во времени собирания освобожденных носителей заряда в детекторе.

С учётом этих факторов была выполнена аппаратура для временных измерений, описываемая ниже.

Оптимальное быстродействие усилителя

Разрешающее время прямо пропорционально величине шумов и обратно пропорционально крутизне фронта сигнала в точке срабатывания дискриминатора. Если время собирания заряда в детекторе мало, то с уменьшением постоянной интегрирования усилителя крутизна сигнала растёт быстрее, чем шумы, т.е. усилитель следует делать по возможности быстрым ^{/1/}. Более того, и в тех случаях, когда время собирания заряда не мало, преимущество остается за быстрым усилителем. Согласно ^{/2/} оптимальная постоянная интегрирования непрерывно уменьшается с ростом энергии регистрируемых излучений и для германиевого детектора

с временем собирания заряда около 40 нсек составляет 20 нсек при $E = 100$ кэв и 3 нсек для $E = 1000$ кэв. Оптимальный порог дискриминации находится на уровне 10% амплитуды сигнала. При большем пороге быстродействие усилителя можно несколько снизить. Однако повышение порога приводит к увеличению влияния разброса амплитуд и формы сигналов.

Величина постоянной дифференцирования усилителя временного канала менее критична, чем спектрометрического.

Быстрый малошумящий предусилитель

При измерениях с германиевым детектором обычно используют общий для спектрометрического и временного каналов зарядочувствительный предусилитель. Однако время нарастания такого предусилителя даже с глубокой обратной связью трудно сделать меньше 15+30 нсек. Ограничение вызывает каскад, имеющий большое сопротивление нагрузки

R_H , необходимое для высокого коэффициента усиления без обратной связи. Сопротивление R_H вместе с параллельной ему паразитной емкостью C создают низкочастотное инерционное звено. Постоянная времени интегрирования предусилителя с обратной связью равняется

$$\tau_0 = \frac{R_H C_{\Pi}}{I + K \beta} \approx \frac{R_H C_{\Pi}}{S R_H C_0 / C_{ВХ}} = \frac{C_{\Pi}}{S} \frac{C_{ВХ}}{C_0},$$

где S - крутизна полевого транзистора, $C_{ВХ}$ - входная емкость и C_0 - емкость обратной связи. Для характерных значений $S = 5$ ма/в, $C = 5$ пф и $C / C_0 = 10$ имеем $\tau_0 = 22$ нсек.

В устройствах, где для временного канала имеется свой предусилитель, трудно избежать шумового влияния на спектрометрический канал при подключении двух предусилителей к одному и тому же детектору.

Удачное решение проблемы предложено в работе ^{/3/}, где для временного канала сделан промежуточный вывод из зарядочувствительной секции. До частот 100 + 200 Мгц полевой транзистор практически безынерционен. Включив после него в зарядочувствительную секцию усилительную "двойку" с временем нарастания (1,5 + 2) нсек, можно получить быстрый выход, а после инерционного каскада с большим R_n - спектрометрический. При этом устойчивость всей зарядочувствительной секции в целом не нарушится, т.к. быстрый усилитель с полосой до 200 Мгц почти не внесет фазовых сдвигов на частотах спектрометрического канала, лежащих в области (0,5+ 1) Мгц.

Схема предусилителя, построенного нами по такому принципу, приведена на рис. 1.

Второй каскад выполнен на двух транзисторах, T_2 и T_3 , включенных параллельно, чтобы при помощи емкостей C_4 , C_9 уменьшить шумовой вклад базового тока быстрого транзистора ($f_T = 1,5$ Ггц) в спектрометрический канал.

Время нарастания всего быстрого канала предусилителя составляет 5 нсек.

Временной сигнал после предусилителя подавался на быстрый усилитель с временем нарастания 3,5 нсек и коэффициентом усиления 10 + 100. В усилителе предусмотрено включение и выбор постоянных интегрирования от 5 до 20 нсек.

Формирователь с компенсацией влияния амплитудного разброса и изменений во фронте импульсов

При разработке формирователя были использованы и развиты идеи и устройства, описанные ранее в работах ^{/4+6/}. Принцип действия и схему формирователя поясняют рис. 2 и 3.

Входные импульсы отрицательной полярности (1) инвертируются (2) трансформатором, обрезаются (3) снизу на некотором уровне температурно-компенсированным диодом и через эмиттерный повторитель T_1 подаются на делитель (R_1 и R_2). На другую сторону делителя импульсы приходят через задерживающий отрезок кабеля.

В результате сложения импульсов противоположной полярности в точке связи R_1 с R_2 получается биполярный импульс (5), причем импульсы с разной амплитудой или отличающиеся временем нарастания пересекаются примерно в одной и той же точке А, которой и соответствует порог дискриминатора на туннельном диоде ТД. Диоды $D_3 - D_6$ используются против перегрузки. Длительность выходного импульса задается RC цепочкой, определяющей скорость нарастания потенциала на базе транзистора T_4 . Как только последний начинает проводить ток, открывается транзистор T_3 , что приводит ТД в исходное состояние. Амплитуда выходных импульсов 18 ма, время нарастания - 2 нсек, длительность 100 нсек.

Экспериментальные результаты

Регистрировались совпадения от ^{60}Co между импульсами германиевого детектора и сцинтилляционного счётчика, составленного из ФЭУ-36 и пластического сцинтиллятора. Германиевый детектор (изготовленный в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ) имел объем 3 см^3 , толщину 11 мм. На него подавалось напряжение 2000 в. Использовался время-амплитудный конвертор, подключенный к одному из входов двухмерного амплитудного анализатора.

На второй вход поступали импульсы со спектрометрического канала. В результате весь энергетический диапазон был разбит на 16 интервалов, примерно по 90 кэв каждый, и можно было наблюдать временные

спектры в любом из них. Эксперимент показал, что для каждого интервала существует свой оптимальный порог дискриминатора на туннельном диоде. В оптимальном варианте для интервала энергий (1,1+1,3) Мэв полная ширина кривой совпадений (по форме, близкой к гауссовской) составила 0,9 нсек. При этом на анализаторе в одномерном режиме наблюдался временной спектр, изображенный на рис. 4, соответствующий диапазону энергий гамма-квантов 0,07+1,33 Мэв. Ширина кривой на полувысоте - 2,2 нсек, на уровне 0,1 высоты - 12,5 нсек. Кривую в основании можно было сузить путем подбора оптимального режима для более низких энергий, но ширина кривой на полувысоте при этом возрастала.

Увеличение постоянной интегрирования во временном канале с 5 до 10 нсек ухудшило временное разрешение на 25 + 30%.

В заключение авторы пользуются случаем поблагодарить В. Нойберта, Ф. Стары и В. Шульце за помощь при проведении эксперимента.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.К. Акимов и др. Полупроводниковые детекторы ядерных частиц и их применение. Атомиздат, Москва, 1967.
2. J.C. Balland et al. Proc. Int. Symposium on Nucl. Electronics, Versailles, v. I, p. 26-1, 1968.
3. I.S. Sherman, R.G. Roddick. IEEE Trans. NS-17, No. 1, p. 252 (1970).
4. D.A. Gedcke, W.J. McDonald. Nucl. Instr. Meth., 55(2), 337 (1967).
5. R.L. Chase. Rev. Sci. Instr., 9, 1317 (1968).
6. М. Дражев, С. Паржицкий. Сообщение ОИЯИ, 13-4604, Дубна, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел

24 марта 1971 года.

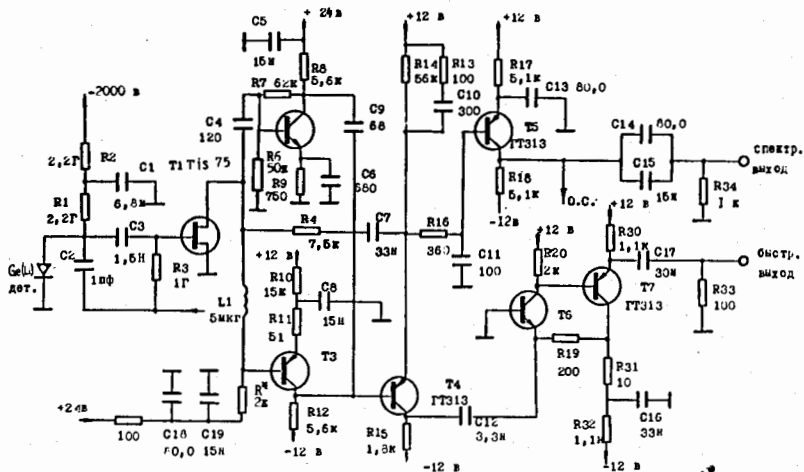


Рис. 1. Принципиальная схема зарядочувствительного предусилителя с быстрым выходом.

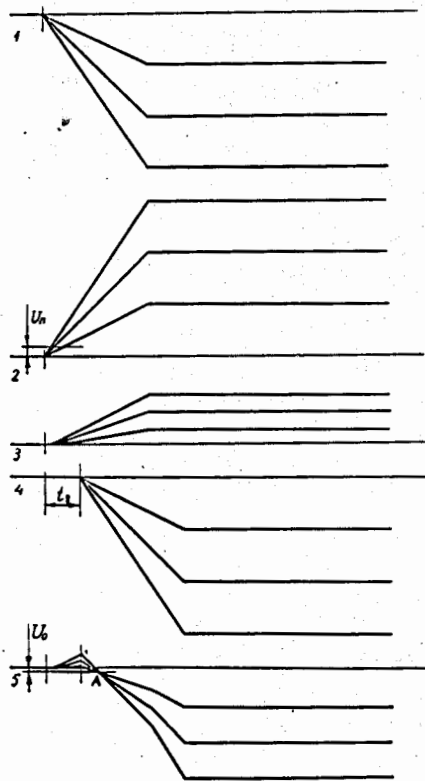


Рис. 2. Временные диаграммы получения компенсированных сигналов.

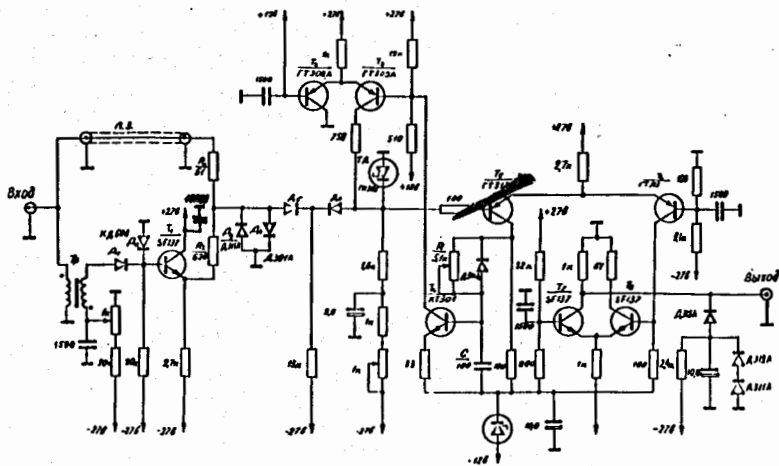


Рис. 3. Принципиальная схема формирователя.

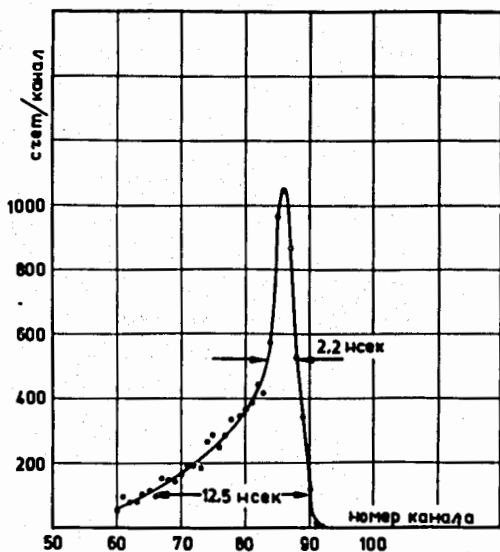


Рис. 4. Кривая совпадений для диапазона энергий $(0,070 \pm 1,33)$ Мэв.