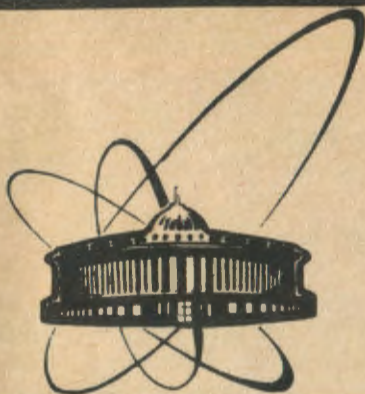


89-319



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

B507

P10-89-319

Ч.Ч.Винь, В.Г.Субботин, А.С.Фомичев,
К.Хайдель *

СХЕМА ВЫДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ E И ΔE
ДЛЯ СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫХ ТЕЛЕСКОПОВ

* ЦИЯИ АН ГДР, Россендорф

1989

ВВЕДЕНИЕ

Хорошим детектором высокоэнергетических легких заряженных частиц $/p, d, t, {}^3,4\text{He}, {}^6,7\text{Li}, \dots/$ в диапазоне энергий до 120 МэВ на нуклон и выше является сцинтилляционный ΔE - E -телескоп, называемый "фосфич"-детектором. Он состоит из тонкого (ΔE) и толстого (E) сцинтилляторов с сильно отличающимися временами высвечивания. Фотоны сцинтилляций обоих слоев (E и ΔE) регистрируются одним фотоэлектронным умножителем $/1/$.

Амплитуда быстрой и медленной составляющих токового сигнала анода ФЭУ такого детектора отличается в $10 \div 1000$ раз во всем диапазоне энергий регистрируемых частиц. Для разделения временных компонент и получения информации об ионизационных потерях в тонком сцинтилляторе, и о полной энергии частиц была разработана схема, описанная ниже.

Приводятся экспериментальные результаты разделения α -частиц от источников ${}^{227}\text{Ac}$, ThC'' и γ -квантов от $\text{Pu}(\text{Be})$ -источника фосфич-детектором, состоящим из $\text{CsI}(\text{Tl})$ с постоянной высвечивания 0,75 мкс, диаметром $\varnothing 50$ и толщиной 0,030 мм; пластика с временем высвечивания 10 нс и размером $\varnothing 50 \times 50$ мм²; ФЭУ АУР-150. Телескоп сконструирован для малоэнергетических частиц и γ -квантов. Полученные данные послужили основой для разработки системы сбора информации от фосфич-детекторов установки Ф0Б0С $/2/$, в которой 196 сцинтилляционных телескопов должны обеспечить геометрическую эффективность, близкую к 4π .

ПРИНЦИП РАБОТЫ СХЕМЫ

Предполагается, что фосфич-детекторы установки Ф0Б0С будут включать в себя сцинтиллятор $\text{CsI}(\text{Tl})$ толщиной 3 мм с постоянной времени высвечивания 0,75 мкс, пластик толщиной 100 мм и временем высвечивания 10 нс, ФЭУ-49Б. В поперечном сечении сцинтилляторы представляют собой шестигранники, вписанные в окружность диаметром 200 мм.

Ионизационные потери протонов с энергией $E_p = 120$ МэВ в тонком сцинтилляторе составляют $\Delta E_p \approx 20$ МэВ. Пробег протонов с остаточной энергией $E_p - \Delta E_p = 100$ МэВ будет не более 90 мм. Ожидается, что максимальное отношение амплитуды быст-

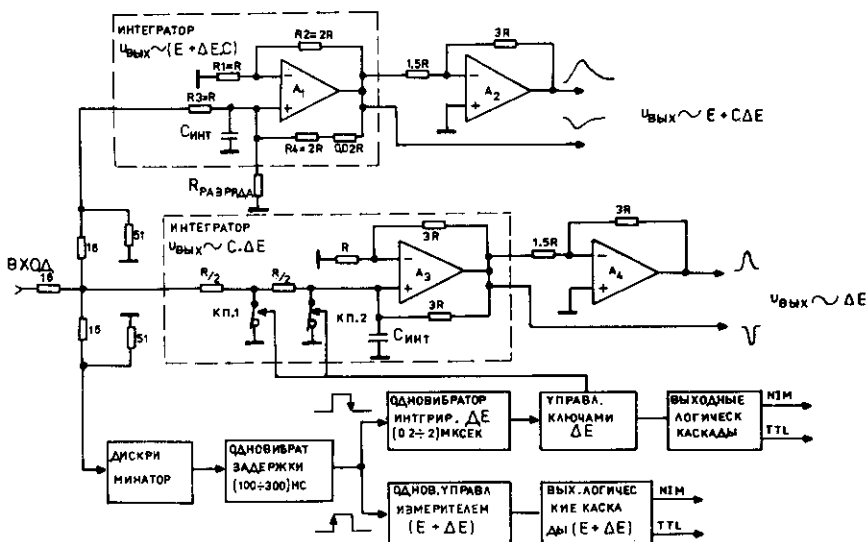


Рис. 1. Блок-схема аналогового разделения сигналов для сцинтилляционного фосфич-детектора.

рой составляющей к медленной A_6/A_M не превысит значения $5 \cdot 10^2$. Временное разрешение ФЭУ-49Б, доведенное до 30 нс специальным подбором делителя напряжения $^{1/3}$, дает незначительное временное искажение анодного сигнала ФЭУ.

Основная функция схемы - выделить по времени медленную составляющую тока фотоумножителя, соответствующую удельной ионизации, проинтегрировать ее, а также целиком проинтегрировать токовый сигнал, что даст полную энергию потерь частиц в обоих сцинтилляторах. Коэффициенты преобразования заряд - напряжение в ветвях E и ΔE должны обеспечить возможность измерения энергии и удельной ионизации частиц амплитудно-цифровым преобразователем во всем диапазоне регистрируемых частиц.

Блок-схема устройства разделения представлена на рис. 1. Сигнал тока с анода ФЭУ поступает на согласованный ветвитель. На операционном усилителе A_1 исполнен интегратор, обеспечивающий на выходе сигнал, максимальное значение которого пропорционально полной энергии: $U_{\text{вых}} \sim E + C \cdot \Delta E$. Коэффициент C учитывает больший световыход сцинтиллятора $CsI(Tl)$ по отношению к пластику, и поэтому $C > 1$. Подбором произведения $C_{\text{инт}} \cdot R_{\text{разр}}$ можно при калибровке подобрать значение $C \approx 1$. Коэффициент преобразования определяется значением $C_{\text{инт}}$, отношением $R_{\text{ос}}/R$ как в плече положительной, так и в плече отрицательной обратной связи, а также коэффициентом усиления выходного каскада.

На усилителе АЗ собран интегратор удельной ионизации. Линейные ключи КЛ1 и КЛ2 начинают пропускать сигнал после спада быстрой составляющей токового сигнала. Этот интегратор осуществляет линейное интегрирование только медленной компоненты токового импульса ФЭУ, соответствующей удельной ионизации; время интегрирования - время, в течение которого КЛ1 и КЛ2 пропускают сигнал. Это время определяется одновибратором интегрирования ΔE . После окончания импульса одновибратора интегрирующая емкость быстро разряжается.

Дискриминатор в ветви управления определяет момент начала токового импульса. Задним перепадом одновибратора задержки пускается одновибратор интегрирования сигнала ΔE , переключающий интегратор на АЗ в режим интегрирования.

ОСНОВНЫЕ УЗЛЫ СХЕМЫ

Основными узлами схемы являются линейный интегратор как таковой и ключевой линейный интегратор в ветви интегрирования медленной составляющей токового сигнала.

В качестве интегратора используется схема накачки тока /схема Хавленда/ [4,5]. Схема удовлетворительно работает как интегратор при точном выдерживании отношения $R_2/R_1 = R_4/R_3$ /рис. 1/, а устойчивость схемы достигается при $R_2/R_1 < R_4/R_3$. Для выполнения этих противоречивых условий используются точные /0,5%/ резисторы С2-29, а резистор, включенный последовательно с R_4 , обеспечивает преобладание отрицательной обратной связи. В интеграторах применяются операционные усилители К544УД2. Верхняя граничная частота операционного усилителя интегратора полной энергии составляет $6 \div 10$ МГц. Для импульса тока фотомножителя от его начала до $30 \div 60$ нс работает интегрирующая цепь с постоянной времени $\tau = R_3 * C_{\text{инт}}$. Далее с течением времени схема работает как схема Хавленда с током через интегрирующий конденсатор $\approx U_{\text{вх}}/R_3$.

Принципиальная схема переключаемого линейного интегратора удельной ионизации представлена на рис. 2. Применением спаренного линейного ключа достигается ослабление быстрой составляющей входного импульса в несколько тысяч раз. Второй ключ, выполненный на полевом транзисторе с двумя затворами, имеет собственную проходную емкость меньше 0,1 пФ, а интегрирующая емкость составляет несколько сотен пикофард. Малая проходная емкость второго ключа способствует сильному подавлению выбросов при переходных процессах переключения интегратора. Наличие замкнутого на землю КЛ2, подсоединенного параллельно интегрирующей емкости, не позволяет схеме интегри-

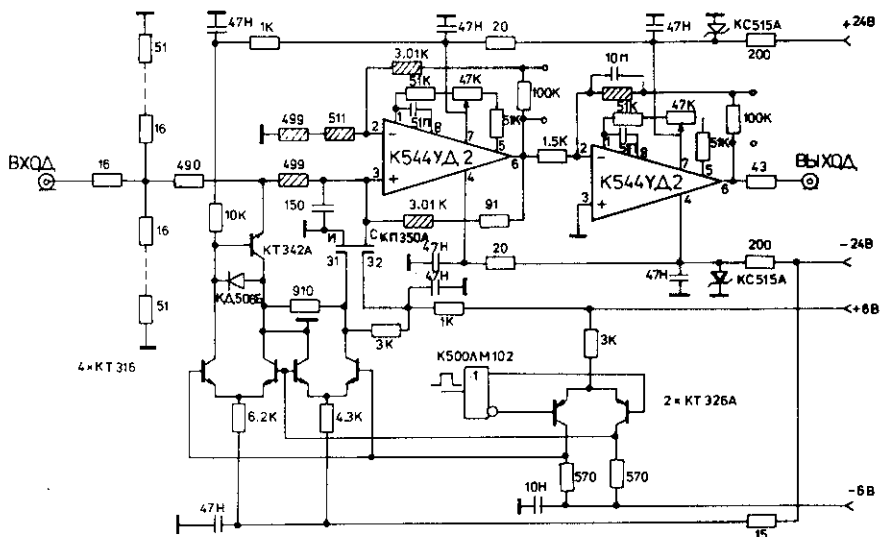


Рис. 2. Принципиальная схема работы устройства аналогового разделения сигналов.

ровать малый остаточный сигнал прямого прохождения быстрой компоненты токового импульса.

На время, определяемое одновибратором интегрирования ΔE , схема переключается в режим интегрирования, образуя сигнал удельной ионизации. После окончания импульса одновибратора исходное состояние восстанавливается за $0,1 \div 0,2$ мкс. Коэффициент преобразования интеграла тока удельной ионизации в напряжение на выходе схемы можно изменять так же, как и в интеграторе полной энергии.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ α -ЧАСТИЦ И γ -КВАНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СХЕМЫ

Схема аналогового разделения испытывалась при совместной работе с фосфич-детектором из $\text{CsI}(\text{Tl}) \text{ } \varnothing 50 \times 0,030 \text{ мм}^2$, пластика $\varnothing 50 \times 50 \text{ мм}^2$ и ФЭУ АУР-150. Источники ионизирующих излучения ^{227}Ac ($E_\alpha = 5,71; 6,62; 6,82; 7,38$ МэВ) и $\text{Pu}(\text{Be})$ ($E_\gamma = 2,22; 4,44$ МэВ) позволяли наблюдать сигналы с фосфича как при их совместном использовании, так и от каждого источника в отдельности. На рис. 3а приведены аналоговые сигналы с анода ФЭУ для данных источников, а также показаны установочные параметры схемы аналогового разделения t_3 и T . Временная задержка t_3 , опреде-

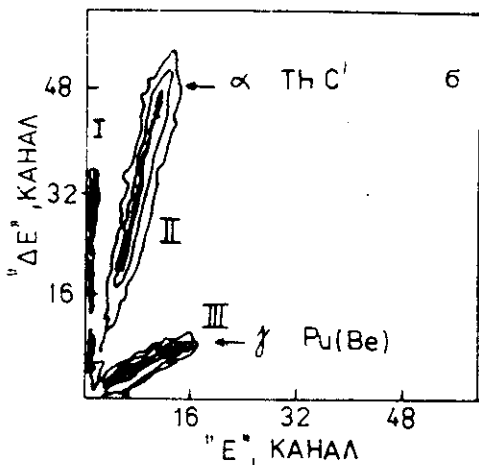
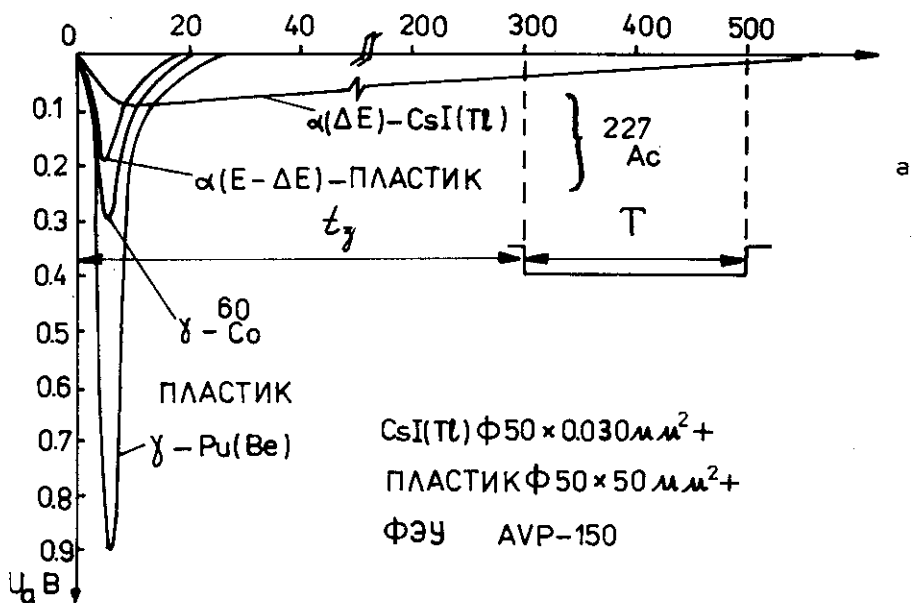


Рис.3. а. Временные сигналы с анода ФЭУ при регистрации сцинтилляционным фосфич-детектором α -частиц и γ -квантов от стандартных источников излучения. б. Двумерное изображение событий для трактов "E" и "DE" схемы аналогового разделения сигналов при регистрации α -частиц и γ -квантов сцинтилляционным фосфич-детектором.

ляющая начало интегрирования в тракте удельных потерь "DE", выставялась 300 нс, в время интегрирования T было 200 нс. Результаты по α - γ -разделению представлены на двумерной матрице событий /рис.3б/. Данные приведены для источников ThC' ($E_\alpha = 6,06; 8,78$ МэВ) и Pu(Be) ($E_\gamma = 2,22; 4,44$ МэВ). На рисунке выделяются три области: область I соответствует случаям полной остановки α -частиц в слое CsI(Tl) /в 30 мкм материала теряется энергия α -частиц 5,7 МэВ/,

для области II, когда α -частицы достигали пластика и полностью останавливались в нем, получены совпадения в обоих трактах E и ΔE , и наконец, область III характерна для γ -квантов, которые регистрируются только пластмассовым сцинтиллятором. Таким образом, были улучшены результаты по α - γ -разделению, полученные ранее без использования схемы аналогового разделения сигналов /6/.

Следующим шагом на пути к оптимизации работы фосфич-детектора и схемы аналогового разделения является их испытание в широком энергетическом диапазоне α -частиц и γ -квантов, а также выявление возможности идентификации других легких заряженных частиц.

В заключение авторы благодарят Ю.Э.Пенионжкевича и В.В.Каманина за поддержку и постоянный интерес к работе, Ж.Ортлеппа за полезные советы и замечания, Ю.Г.Соболева и К.Липперта за помощь в измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pastor C. et al. - NIM, 1971, 95, p.141.
2. А.Г.Ахперджян и др. - Препринт ОИЯИ Р13-87-760, Дубна, 1987.
3. Берестов А.В., Зязюля Ф.Е. - ПТЭ, 1983, №5, с.47.
4. Достол И. - Операционные усилители. М.: Мир, 1982, с.197.
5. Шило В.П. - Линейные интегральные схемы в радиоэлектронной аппаратуре. М.: Сов. радио, 1979, с.170.
6. Каманин В.В. и др. - Сообщение ОИЯИ Р15-89-98, Дубна, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел
1 июня 1989 года.