

77Э, 1967, №3, с. 70

Б-272

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

2684



С.Г. Базиладзе, И.Ф. Колпаков

ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

1966

2884

С.Г. Базиладзе, И.Ф. Колпаков

ВХОДНОЕ УСТРОЙСТВО
СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ДЕТЕКТОРОВ

Направлено в ПТЭ

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

4220/3

1. Описание системы, краткие характеристики

Разработанная система является входным блоком для телескопа полупроводниковых детекторов, предназначенного для регистрации сильноионизирующих частиц. При разработке системы требовалось обеспечить компактность устройства, удовлетворить повышенным требованиям по надежности и снижению потребляемой мощности. Поэтому особое внимание уделялось простоте схемных решений для уменьшения числа элементов в схеме.

Блок-схема устройства представлена на рис. 1. Телескоп состоит из четырех слоев полупроводниковых детекторов. Последний слой отделен от остальных медным экраном для исключения возможности регистрации короткопробежных частиц. Используемые детекторы предварительно отбираются по емкостям и калибруются. Исследуемые частицы создают в детекторах импульсы напряжения от 0,5 мв до 10 мв с передним фронтом порядка 0,25 мксек и спадом - 1 мксек. Импульсы от частиц с малой энергией (с амплитудой менее 0,5 мв) не регистрируются системой. Средняя частота поступления исследуемых импульсов - единицы герц, общая нагрузка детекторов - порядка 10^3 имп/сек.

Импульсы с детекторов поступают непосредственно на эмиттерные повторители, нагруженные на высокочастотные кабели, по которым исследуемые сигналы поступают на входы усилителей. Усилители являются линейными, так как требуется произвести амплитудный анализ. Прохождение частицы с соответствующей энергией через все детекторы (исследуемое событие) регистрируется схемой совпадений с разрешающим временем порядка 0,5 мксек. Стандартизация импульсов, запускающих схему совпадений, производится формирователями. Схема совпадений имеет счетный выход для регистрации полного числа прошедших частиц. Для амплитудного анализа требуются импульсы с плоской вершиной, формирование которой осуществляется удлинителями. С выходов удлинителей импульсы поступают на входы линейных схем пропускания, закрытых в нормальном состоянии. При срабатывании схемы совпадений сигнал с ее выхода проходит через нормально открытую схему пропускания на формирователь импульсов управления. С одного из выходов формирователя снимается сигнал с длительностью $1 \pm 0,1$ мксек, открывающий линейные схемы пропускания. В течение этого времени исследуемые импульсы подаются

на амплитудный анализатор. Прямоугольный импульс со второго выхода формирователя импульса управления с амплитудой порядка 2в используется для управления амплитудным анализатором. В течение амплитудного анализа схема пропускания закрывается импульсом блокировки.

Система имеет по всем каналам коэффициент передачи по напряжению порядка 600. Интегральная линейность и температурная стабильность коэффициента передачи по напряжению не хуже 2% в диапазоне температур $20^{\circ} + 20^{\circ}\text{C}$. Предусмотрена стойкость к стократным одиночным амплитудным перегрузкам. Потребляемая схемой мощность составляет - 1 вт от источников питания + 8 в, +16 в.

II. Описание отдельных узлов устройства

Принципиальная схема системы приведена на рис. 2.

Линейный усилитель. В работе используется усилитель (триоды $T_2 - T_7$), составленный из трех секций с последовательной обратной связью (с коллектора второго триода на эмиттер первого). Для предотвращения низкочастотной генерации эта связь выполнена по постоянному току. Коэффициент обратной связи в секции составляет 15. Внутри секции применена непосредственная связь между триодами по постоянному току, стабилизирующая режимные токи транзисторов (благодаря обратной связи с эмиттера второго триода на базу первого). Данная схема была выбрана на том основании, что она характеризуется относительно малым потреблением мощности и числом элементов.^{/1-7/} Из соображений экономичности режимные токи транзисторов снижены до 2 ма. Напряжения коллекторов триодов уменьшены до - 3в, что обеспечивает стойкость к большому перегрузкам. Указанные изменения режимных величин не приводят к существенному ухудшению усилительных свойств триодов. Диапазон рабочих выходных амплитуд находится в пределах 0,3 ÷ 6 в. Время нарастания переднего фронта усилителя составляет 0,15 мксек.

Удлинитель. Для формирования плоской вершины импульсов используется обычная схема запоминания амплитуды в виде уровня напряжения на конденсаторе с зарядкой его через диод^{/8/}. (Диод D_3 , емкость C_{13} , транзисторы T_8, T_{10} на рис. 2). Поскольку выходное сопротивление усилителя мало (десятки ом), схема работает непосредственно с его выхода. Для уменьшения влияния нелинейности вольтамперной характеристики диода он смещается в прямом направлении небольшим постоянным током через сопротивления R_{83}, R_{84} . После зарядки емкость C_{13} разряжается через входное сопротивление сложного эмиттерного повторителя. Сопротивление делителя в цепи базы транзистора T_9 взято равным 40 ком для обеспечения хорошей температурной стабильности повторителя. По переменному току вводится обратная связь через емкость C_{14} , равную

3000 пкф, что обеспечивает высокое входное сопротивление схемы. Время разряда запорной емкости $\sim 10^{-4}$ сек. Постоянная времени заряда $- 3 \cdot 10^{-8}$ сек.

Формирователь импульса запуска. Схема формирования импульса запуска демонстрируется на рис. 2 (транзистор T_8 , диод D_1 , Tr_1). Она обеспечивает формирование положительного импульса с длительностью порядка $0,4 \div 0,5$ мксек, определяемой требуемым разрешающим временем, с ограничением его по амплитуде на уровне 1,5 в. Импульс с выхода усилителя подается через эмиттерный повторитель (транзистор T_8) и диод D_1 на дифференцирующий автотрансформатор (Tr_1). Постоянная дифференцирования определяется индуктивностью трансформатора и сопротивлением диода. При небольших сигналах с амплитудой менее 0,4 в сопротивление диода мало, и импульс без искажения проходит на выход. При увеличении сигнала диод начинает закрываться, что приводит к ограничению выходной амплитуды, уменьшению постоянной времени дифференцирования и быстрому спаду напряжения на выходе. Диод D_2 ставится для ограничения возможных колебательных выбросов обратной полярности. Эмиттерный повторитель выполнен на триоде типа 6ар, который работает на открывание, что позволяет уменьшить режимный ток до 2 ма.

Схема совпадений. Схема совпадений является широко известной схемой на транзисторах с эмиттерной связью (транзисторы $T_{13} + T_{16}^{1/8/}$). В исходном состоянии транзисторы проводят и отсечка тока коллекторов происходит только при одновременном закрывании всех триодов. Порог срабатывания схемы по входному напряжению определяется режимным током и величиной общего эмиттерного сопротивления R_{47} и равен $0,3 \div 0,4$ в. Так как схема формирования импульса запуска в этом диапазоне без изменения передает амплитуду выходного сигнала усилителя, то такой порог соответствует сигналу на входе усилителя с амплитудой 0,5 мв. Поскольку в схеме триоды работают на закрывание, запускающие импульсы не превышают пробивного напряжения на эмиттерном переходе, равного +3в. Выходной импульс схемы совпадений снимается с сопротивления R_{48} , счетный импульс снимается отсюда же через диод D_6 для устранения сигнала несовпадений.

Схема пропускания. Импульс с выхода схемы совпадений подается на схему пропускания (транзистор T_{17} , диоды D_7 и D_8). В начальном состоянии триод T_{17} закрыт внешним током 1 ма, диоды открыты, и сигнал проходит на вход формирователя импульса управления. При блокировке ток 1 ма отсекается, триод T_{17} входит в режим насыщения и диоды закрываются.

Формирователь импульса управления. Формирователь импульса управления (транзисторы $T_{18} \div T_{21}$) представляет собой транзисторный вариант известного одновибратора^{1/9/} с времязадающей емкостью, включенной между эмиттерами транзисторов T_{18} и T_{20} . Прямоугольный импульс синхронизации с амплитудой 2в и длительностью

1 мксек снимается с эмиттерного повторителя T_{19} . Импульс управления треугольной формы с амплитудой 2в отрицательной полярности поступает с эмиттера транзистора T_{21} . Треугольная форма является предпочтительной, так как при такой форме импульса отсутствует пролезание заднего фронта импульса на выход линейной схемы пропускания.

Использовалась диодная схема пропускания^{/8/} (на рис. 2 диод D_4 , транзисторы T_{11} , T_{12}). В нормальном состоянии диод D_4 открыт током, протекающим через коллектор триода T_{11} , который находится в состоянии насыщения. Управляющий сигнал закрывает триод T_{11} , в результате чего диод D_4 закрывается и не препятствует прохождению исследуемого сигнала на эмиттерный повторитель T_{12} . Схема пропускания является линейной, начиная с амплитуды входных импульсов 0,4 в. Емкость C_{15} устраняет "пьедестал". Время нарастания переднего фронта выходного импульса зависит от его амплитуды и составляет $0,2 \div 0,4$ мксек.

III. Конструктивное исполнение прибора

Конструктивно схема выполнена в виде двух блоков. В одном размещаются детекторы с эмиттерными повторителями, во втором - остальная часть устройства. Эта часть, выполнена на 30 плоских модулях размером 30 x 30 мм, которые размещены в две линейки длиной 210 мм. Оба блока экранированы.

При расчете надежности системы в качестве критерия надежности было выбрано время работы до первого отказа^{/10/}. Рассчитанное время безотказной работы системы равно 700 часов.

Устройство совместно с амплитудным анализатором^{/11/} применялось для регистрации протонов с энергией около 150 Мэв на синхротроне ОИЯИ. Система может использоваться также, например, для идентификации заряженных частиц^{/12/}.

Л и т е р а т у р а

1. Н.А. Ухин. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, 1, 7, Москва, 1982.
2. В.А. Ганцев. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, 1, 13, Москва, 1982.
3. И.М. Бескровный. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике, 1, 22, Москва, 1982.
4. А.Д. Вережкин, Л.С. Горн, Е.Н. Хазанов. Труды пятой научно-технической конференции по ядерной радиоэлектронике. 1, 32, Москва, 1982.
5. T.L. Emmer. IRE Transactions NS-8, N1, 140 (1960).

6. Б.В. Федилов. Препринт ОИЯИ, 1074, Дубна, 1962.
7. А.А. Ризкин. Полупроводниковые усилители. Связьиздат, 1962.
8. Л.С. Горн, Б.Н. Хазанов. Транзисторы в радиометрической аппаратуре, Атомиздат, 1961.
9. А.М. Бонч-Бруевич. Применение электронных ламп в экспериментальной физике. 428, ГИТТЛ, 1956.
10. М.А. Сидина. Радиотехника, № 3, 58, 1960.
11. Ю.П. Прокофьев, Б.И. Семенов, А.Н. Синаев, Н.С. Фролов. Труды шестой конференции по ядерной радиоэлектронике, 3, 158, Москва, 1965.
12. Б.М. Головкин, Л.А. Кулюкина. Препринт ОИЯИ, 2187, Дубна, 1965.

Рукопись поступила в издательский отдел
7 апреля 1966 г.

1 МК.
МН С
Треть
статье

Т 12)
Троек
Троек
следу
ной, в
Время
состав

К
ры с
выполн
нейки
П
время
равно
у,
ради и
использ

1. Н.А.
К
2. В.А.
Н
3. И.М.
ле
4. А.Д.
ш
В. Т.Т.Е.

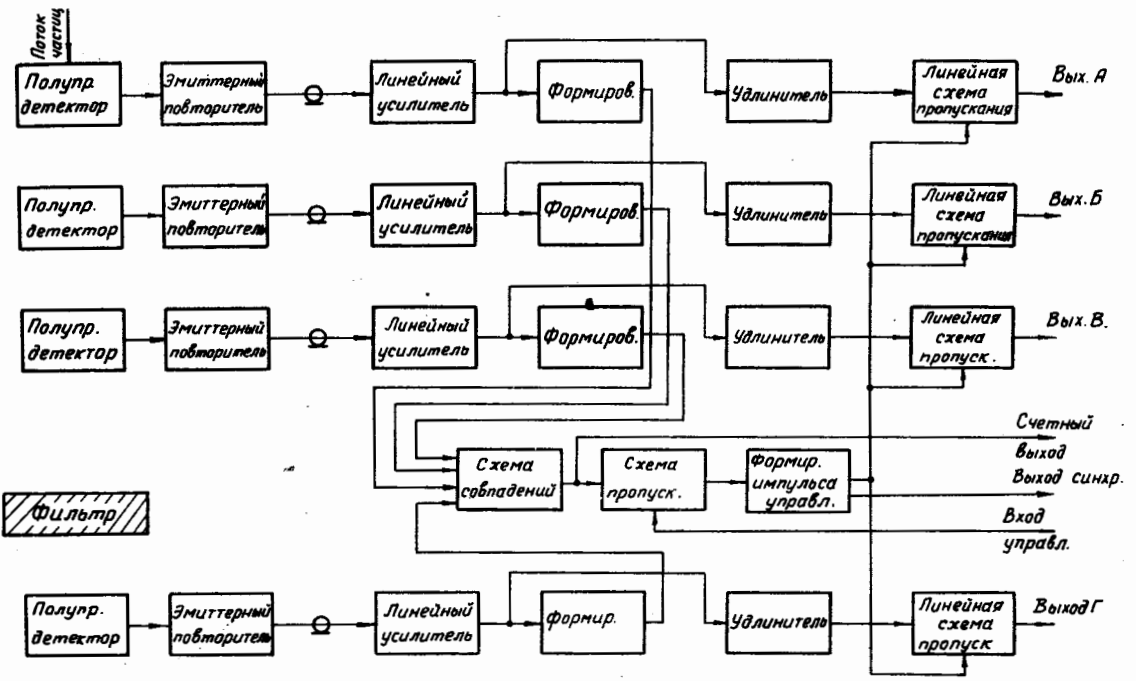


Рис. 1. Блок-схема входного устройства.

8

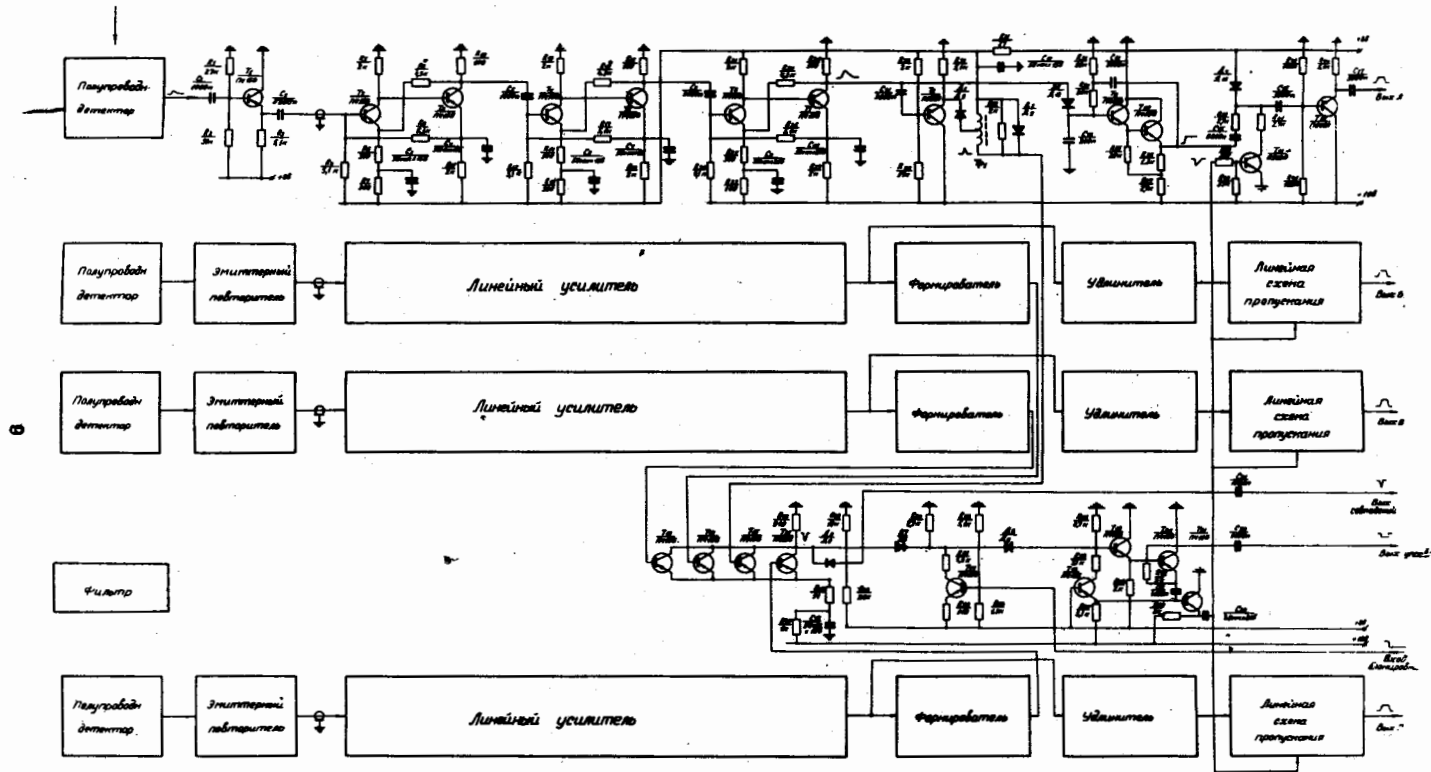


Рис. 2. Принципиальная схема входного устройства.