

СР44.3

М-244

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

Й. Манца

3284

**БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ
ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ**

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Научный руководитель -
кандидат физико-математических наук

В.С. СТАВИНСКИЙ

Дубна 1967

И. Манца

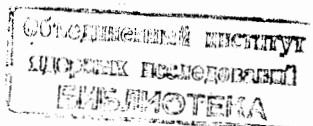
3284

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ УСТРОЙСТВА
НА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРАХ
ДЛЯ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НА СИНХРОФАЗОТРОНЕ ОИЯИ

Автореферат диссертации на соискание ученой
степени кандидата технических наук

Научный руководитель -
кандидат физико-математических наук

В.С. СТАВИНСКИЙ



В настоящее время в современной ядерной физике широко применяется электронная аппаратура для исследования свойств частиц. При помощи такой аппаратуры на ускорителях проводятся разные физические эксперименты, в которых необходимо выделить вторичные частицы исследуемой реакции в условиях большого фона.

Для регистрации элементарных частиц высоких энергий применяются сцинтилляционные и черенковские счётчики. Вспышки света, образующиеся в этих детекторах от релятивистских частиц, передаются на катод фотоэлектронного множителя (ФЭУ). Под действием этого света с фотослоя катода ФЭУ выбиваются фотоэлектроны, которые умножаются диодной системой ФЭУ, образуя на выходе ФЭУ электрический импульс. Амплитуда импульса зависит от интенсивности света, попадающего на фотокатод. Интенсивность света зависит от энергии частиц и качества сцинтилляционного или черенковского счётчиков. Таким образом на выходе ФЭУ появляются импульсы разных амплитуд.

ФЭУ, которые применяются в настоящее время в физических экспериментах, обладают большим коэффициентом усиления. Но, несмотря на это, амплитуда выходных импульсов иногда имеет лишь несколько десятков милливольт. Поэтому требуются каскады, усиливающие эти небольшие амплитуды. Кроме того, в экспериментах на ускорителе требуется детектировать элементарные частицы в широком диапазоне энергий. Это значит, что на выходе ФЭУ будет появляться широкий спектр электрических импульсов напряжения, достигая нескольких единиц вольт. Это вызывает потребность ограничения больших импульсов.

С целью выбора истинных событий нужно применять в аппаратуре многоканальные схемы совпадений-антисовпадений. Для правильной работы этих схем требуется, чтобы импульсы, поступающие на их входы, были стандартными по амплитуде и длительности.

Из сказанного выше вытекает, что после ФЭУ нужно иметь блоки, усиливающие слабые импульсы, ограничивающие большие и стандартизирующие их по амплитуде и длительности.

Структура пучка синхрофазотрона ОИЯИ в общих чертах такая, что частицы попадают на мишень в "пачках" длительностью около 250 нсек. Расстояние между пачками составляет около 400 нсек, они следуют одна за другой в течение приблизительно 100 миллисекунд, после чего наступает пауза около 10 сек.

Импульсы на выходе ФЭУ до какой-то степени повторяют структуру пучка. В пачке импульсов находится до 10 рабочих импульсов, шириной каждый 10 нсек. Надо отметить, что между рабочими импульсами имеются и шумовые.

Входной блок должен передать все импульсы, поступающие на его вход. Простой расчёт показывает, что при длительности пачки импульсов 250 нсек и максимально возможном количестве рабочих импульсов в пачке 10 и шумовых 6 мертвое время входного блока должно быть порядка 15 нсек, при длительности импульсов с ФЭУ 10 нсек.

Такие же временные параметры должны быть и у схем совпадений. Разрешающее время наносекундных схем совпадений определяется, кроме других параметров, временем нарастания переднего фронта, а также временным разбросом импульсов, поступающих на их входы. На выходах современных временных ФЭУ появляются импульсы с крутыми передними фронтами (2 нсек) и с небольшим разбросом импульсов по времени (1,5 + 2 нсек). Следовательно, дополнительными требованиями, предъявляемыми ко входному блоку, являются передача импульсов без искажений (нужна достаточно широкая полоса пропускания) и независимость задержки входных импульсов от их амплитуды.

В физических экспериментах необходимо иметь возможность осуществлять разнообразные логические включения, а также делать переключения в процессе эксперимента. Такую возможность обеспечивают многократные схемы совпадений - антисовпадений совместно с размножителями импульсов после ограничителя.

На выходе схем совпадений - антисовпадений появляются импульсы с разными амплитудами в зависимости от степени совпадений и коэффициента отбора схемы. Это делает необходимым включение амплитудного дискриминатора, основными параметрами которого являются величина диапазона амплитуд входных импульсов и мертвое время. Диапазон амплитуд входных импульсов определен разбросом амплитуд выходных импульсов со схемы совпадений. Мертвое вре-

мя дискриминатора приходится делать больше мертвого времени пересчётного устройства, на которое поступают импульсы со схемы дискриминатора. В экспериментах на ускорителях желательнее иметь пересчётные устройства с минимальным разрешающим временем. (В описанной аппаратуре использовались пересчётные устройства с разрешающим временем ≈ 100 нсек, но кроме того, разработана схема пересчётного устройства с разрешающим временем ≈ 10 нсек)

Аппаратура, описанная в диссертационной работе, была спроектирована в течение 1963–1964 гг. на полупроводниковых приборах. К этому времени в советских и зарубежных работах были опубликованы лишь отдельные схемы или элементы схем. В ЛВЭ ОИЯИ до этого времени использовалась аппаратура на электронных лампах.

После введения во 2-ой части диссертации проанализированы отдельные элементы схем. Сделаны расчёты усилителей, рассмотрена схема одновибратора на туннельном диоде и приведены формулы для времени переключения и восстановления туннельного диода. Далее рассмотрена работа быстрого диода при его переключении из прямого в обратное направление и написана формула для коэффициента отбора многократных схем совпадений.

В третьей части описана, быстродействующая аппаратура, разработанная для исследования упругого рассеяния π^+ -мезонов на протонах на большие углы θ . Такая аппаратура должна обладать достаточным быстродействием и высокой стабильностью. Первое требование обусловлено необходимостью регистрации большого потока частиц, падающего на мишень; второе – тем, что истинных событий очень мало (до одной частицы в час). В эксперименте применяются сцинтилляционные и черенковские счётчики, что обуславливает высокую чувствительность аппаратуры. В связи с тем, что аппаратура разрабатывалась для работы совместно с искровыми камерами, задержка между входом и выходом ее должна быть минимальной.

В экспериментах с малой интенсивностью рассеянного пучка требуется высокая точность регистрации событий. Для этого нужно иметь возможность включать отдельные блоки во вторичные совпадения. С целью удовлетворить эти требования были разработаны схемы пропускания. Включение во вторичные совпадения устраняет различные нестабильности в каналах и повышает достоверность регистрации истинных событий. Контролем работы включений во вторичные совпадения служит одинаковость первичного и вторичного счёта. При

этом необходимо соблюдать следующие временные соотношения в аппаратуре:

$$а) \tau_d > \tau_{сп} > \tau_m,$$

где τ_d - мертвое время мониторного (первичного) дискриминатора,

$\tau_{сп}$ - мертвое время схемы пропускания,

τ_m - мертвое время пересчётного устройства;

$$б) t_k > t_m,$$

где t_k - разрешающее время схем совпадений в канале,

t_m - разрешающее время схем совпадений в мониторе;

$$в) \text{ разрешающее время входных устройств } t_B < 10 \text{ нсек.}$$

Были выбраны следующие параметры аппаратуры: чувствительность входных устройств аппаратуры - около 0,1 в, диапазон амплитуд входных сигналов - 1 : 50, мертвое время $\tau_m \approx 10$ нсек. У шестикратных схем совпадений разрешающее время $\tau_p \approx 6$ нсек и мертвое время - около 30 нсек. Разрешающее время антисовпадений составляет 9 нсек при 100%-ной эффективности подавления. Мертвое время дискриминатора - порядка 200 нсек.

Приведены результаты испытаний аппаратуры на пучке π^+ -мезонов. Кроме кривых задержанных совпадений, из которых определялось разрешающее время, снималась кривая зависимости счёта от изменения порога дискриминатора, которая показала, что импульсы, поступающие на вход схемы совпадений, хорошо сформированы. Точность аппаратуры составляет 1 просчёт на 10^6 импульсов, зарегистрированных в двух параллельных каналах.

Аппаратура по своим параметрам является универсальной, что позволяет её использовать для выполнения целого ряда экспериментов. Так, при помощи этой аппаратуры исследовалось упругое рассеяние π^+ -мезонов на протонах на большие углы при высоких энергиях^{/2,3/}. Были измерены ионизационные потери по порогу излучения Вавилова-Черенкова^{/4/} и исследована структура в упругом π^+p -рассеянии назад^{/5/}. Практика показала, что возможность быстрого изменения кратности схем совпадений в процессе эксперимента при помощи множителей делает их универсальными и работа с ними экономит время на ускорителе.

Аппаратура надёжно действует в разных экспериментах на синхрофазотроне в течение нескольких лет.

В четвертой части диссертации описана также аппаратура, в которой некоторые параметры были усовершенствованы^{/6/}. В этой аппаратуре чувствительность входных устройств повысилась до 50 милливольт. Мертвое время шестикратных схем совпадений составляет ≈ 18 нсек и разрешающее время \approx около 5 нсек (рис. 1). Разрешающее время пятикратных схем антисовпадений составляет 5,8 нсек. Мертвое время дискриминатора было снижено до 70 нсек. Общий вид аппаратуры приведен на рис. 2.

Для достижения более коротких времен разрешения схем совпадений и увеличения быстродействия выходных устройств аппаратуры были разработаны отдельные схемы усилителя - ограничителя наносекундных импульсов, которые описываются в пятой части диссертации. С входным усилителем-ограничителем^{/7/}, в котором для формирования импульсов применяются туннельные диоды, было получено разрешающее время схем совпадений 3,9 нсек. Из рассмотрения кривой зависимости счёта от изменения порога дискриминатора видно, что наклон плато $< 1\%$, что свидетельствует о том, что импульсы на выходе усилителя хорошо сформированы. Усилители-ограничители применялись совместно с вышеописанными схемами совпадений в эксперименте для измерения эффективной массы в распадах $x \rightarrow y + z$. результаты которого описаны в^{/8/}.

Кроме того, была разработана пересчётная декада на туннельных диодах с разрешающим временем ≈ 10 нсек с индикацией^{/9/}. На рис. 3 приведены выходные импульсы с декады при частоте повторения входных импульсов 96 Мгц. Применены были туннельные диоды с пиковым током 5 ма и емкостью перехода $C_p < 10$ пф и высокочастотные транзисторы типа $p - n - p$ и $n - p - n$. Индикация была осуществлена на лампах накаливания.

Л и т е р а т у р а

1. Б.А.Зеленов, Л.К.Лебедева, Й.Манца, Н.С.Мороз. ПТЭ, № 4, 71-78 (1966).
2. I.A. Savin et al. Physics Letters, 17, N 1, 68 - 69 (1966).
3. А.С.Вовенко и др. Препринт ОИЯИ, Р-2327, Дубна, 1965.
4. М.Ф.Лихачев, В.С.Ставицкий. Препринт ОИЯИ, Р-2423, Дубна, 1965.
5. А.С.Вовенко и др. Препринт ОИЯИ, Р1-3008, Дубна, 1966.
6. Б.А.Зеленов, Л.К.Лебедева, Й.Манца. III симпозиум по быстрой электронике и анализаторной технике, Россендорф, 1965.

7. Й.Манца, Б.А.Зеленов, Л.К.Лебедева, М.А.Плышевский. III симпозиум по быстрой электронике и анализаторной технике, Россендорф, 1965.
8. М.А.Азимов и др. Препринт ОИЯИ, Е13-2971, Дубна, 1966.
9. Й.Манца, М.А.Плышевский, Л.К.Лебедева, Б.А.Зеленов. Препринт ОИЯИ, 13-3042, Дубна, 1966.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 апреля 1967 года.

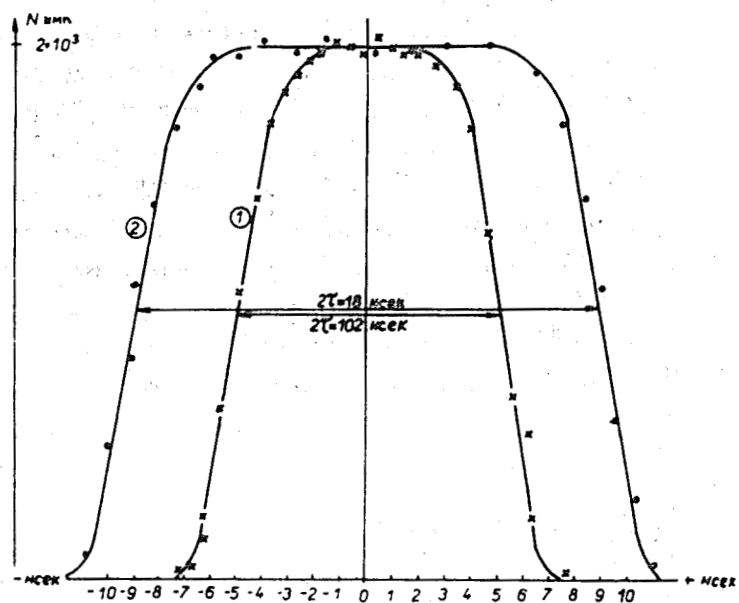


Рис. 1

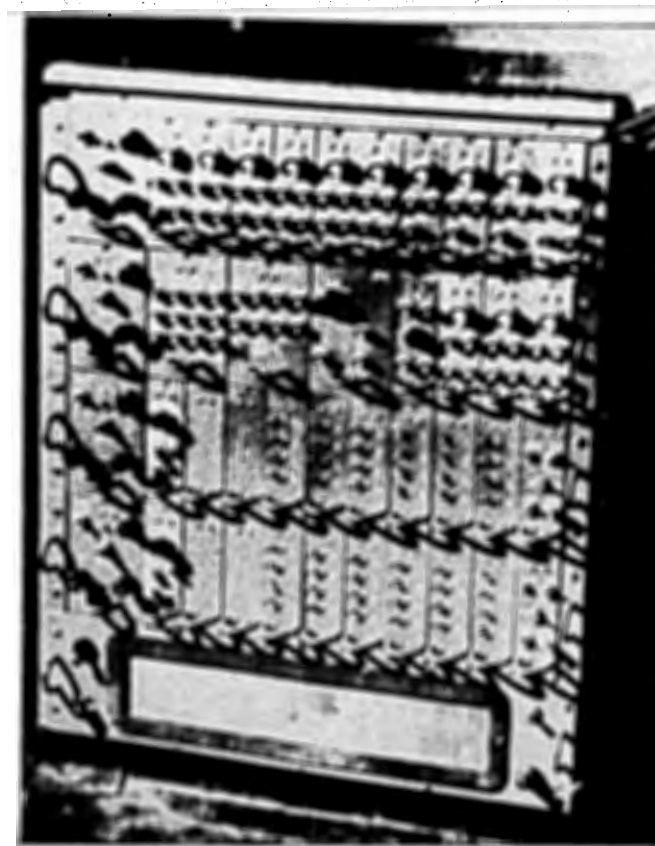


Рис. 2

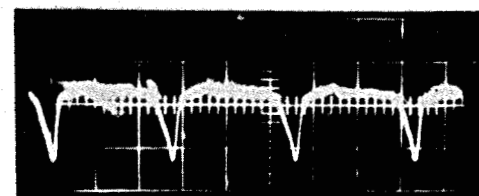


Рис. 3