

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ЯДЕРНЫХ ПРОБЛЕМ

СЗ44.3а

Ц-73

13 - 5726

3. Цисек

**НАНОСЕКУНДНЫЕ СХЕМЫ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
НА УСКОРИТЕЛЯХ**

**Специальность 260 - приборы  
экспериментальной физики**

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

Дубна 1971

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований.

Научный руководитель  
кандидат физико-математических наук

В.И. Рыкалин

Официальные оппоненты:

доктор технических наук  
кандидат технических наук

А.П. Цитович  
И.Ф. Колпаков

Ведущее научно-исследовательское учреждение : Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе.

Автореферат разослан " " 1971 года.

Защита диссертации состоится " " 1971 года на заседании Ученого совета Лаборатории ядерных проблем Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской области.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Ученый секретарь Совета  
кандидат физико-математических наук

В.А. Батусов

13 - 5726

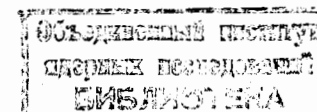
З. Цисек

НАНОСЕКУНДНЫЕ СХЕМЫ  
ДЛЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ  
НА УСКОРИТЕЛЯХ

Специальность 260 - приборы  
экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

4848 pp.



Для современной экспериментальной ядерной физики характерна регистрация быстротекущих, статистически распределенных во времени электрических сигналов, обусловленных потоками заряженных частиц. При этом в условиях больших средних нагрузок истинными и фоновыми событиями (до  $10^7 + 10^8 \text{ сек}^{-1}$ ) необходимо обеспечить измерения интервалов времени с точностью  $\sim 0,2 + 1,0 \text{ нсек}$ , необходимой для целого ряда экспериментов. Измерительная техника, позволяющая лучшим образом производить такие измерения, базируется на радиотехнических методах измерений и носит название ядерной электроники. Электрические сигналы, регистрируемые электронными схемами, поступают с детекторов излучения, а их параметры определяются свойствами применяемых детекторов. Так что в целом экспериментальные возможности и точность измерений определяются качеством детекторов и электронных схем. К числу наиболее эффективных экспериментальных методов, получивших в настоящее время широкое распространение, относится метод регистрации слабых световых вспышек, возникающих при прохождении заряженных частиц через сцинтилляторы или черенковские радиаторы с помощью ФЭУ и соответствующих электронных схем.

Данная диссертация посвящена вопросам изучения работы ФЭУ в условиях больших нагрузок, разработке быстродействующих электронных схем и их применению в экспериментах на ускорителях. В основу диссертации положены исследования и разработки, выполненные в 1966-1970 г.г. Основные результаты этих исследований опубликованы в работах:

ликованы в работах<sup>/1-4,7/</sup>, доложены на симпозиуме по наносекундной электронике<sup>/5/</sup> и на международных конференциях<sup>/6,8,9,10/</sup>. Диссертация состоит из трех глав.

В первой главе рассмотрены основные характеристики модулей наносекундной электроники, приведены результаты исследований загрузочных характеристик ФЭУ и рассмотрены способы повышения эффективности совпадений и антисовпадений. Особое внимание уделено влиянию амплитудного разброса выходных сигналов ФЭУ на временное разрешение регистрирующей аппаратуры. Описан принцип компенсации<sup>/I,II/</sup> влияния амплитудного разброса импульсов детектора на момент срабатывания пороговых устройств при помощи диода с накоплением заряда (ДНЗ). Этот способ позволяет увеличить в 2-3 раза крутизну спада кривой совпадений по сравнению с обычными способами формирования импульсов ФЭУ. Измерения загрузочной способности ФЭУ проводились на пучках заряженных частиц, что позволило учесть влияние формы высвечивания сцинтилляции на загрузочную способность ФЭУ.

Как следует из приведенных результатов измерений, применение сильноточной подпитки 3-4 диодов ФЭУ позволяет применять сцинтилляционные счетчики в пучках с интенсивностью более  $10^7 \text{ сек}^{-1}$  для измерения временных интервалов с точностью  $\pm 100$  псек. При этом изменение амплитуды выходных сигналов ФЭУ, вызванное большой импульсной загрузкой, не превышает  $\pm 8\%$ .

Рассмотрены вопросы, связанные с эффективностью антисовпадений в условиях больших загрузок, когда растет вероятность наложения выходных импульсов ФЭУ и указаны способы повышения эффективности.

Вторая глава посвящена описанию принципов работы и методов испытания модулей наносекундной электроники, разработанных автором. В этой главе приводится принципиальная схема формирователя с компенсацией влияния амплитудного разброса входных сигналов ФЭУ, выполненная на ДНЗ. Метод компенсации амплитудного разброса с применением ДНЗ отличается высоким быстродействием ( $\sim 70 \text{ Мгц}$ ) при заметном улучшении временного разрешения. Далее приводится схема формирователя<sup>/2/</sup>, предназначенного для работы в условиях больших загрузок. Формирователь имеет два выходных канала. Выходные импульсы канала "А" имеют постоянную длительность ( $\sim 5 \text{ нсек}$ ), а мертвое время по этому каналу составляет  $\sim 5 \text{ нсек}$ <sup>х/</sup>. Канал "Б" не имеет мертвого времени. Длительность выходных импульсов канала "Б" изменяется с помощью переключателя в интервале времени от 10 до 100 нсек. Для формирования длительности выходных сигналов канала "Б" применен ДНЗ. Приведены основные параметры формирователя и методика их измерений. Для регистрации совпадений импульсов, поступающих с формирователей, предназначена быстрая схема пятикратных совпадений<sup>/7/</sup>. Порог срабатывания схемы от входных импульсов  $0,4 \pm 0,8 \text{ в}$ . Разрешающее время схемы задается длительностью поступающих на ее входы импульсов с формирователей.

Эффективное использование быстродействующих модулей наносекундной электроники в условиях больших загрузок возможно при наличии быстродействующих пересчетных приборов. В главе II диссертации приводится схема декады<sup>/3/</sup>, работающей при частотах до 200 Мгц. Декада выполнена на германиевых туннельных диодах и высокочастотных транзисторах.

<sup>х/</sup> Мертвым временем будем называть интервал времени после окончания длительности выходного импульса формирователя, в течение которого формирователь не реагирует на входные импульсы.

При постановке большинства физических экспериментов возникает необходимость линейно разветвлять сигналы детекторов, блокировать мертвое время регистрирующей аппаратуры (многоканальных анализаторов амплитуды, кодировщиков), смешивать и разветвлять логические импульсы, управлять работой быстрой электроники от внешних сигналов и т.д. В диссертации приведены схемы модулей, выполняющих эти функции.

В третьей главе описаны электронные системы экспериментальных установок, созданные на основе наносекундных модулей, приведенных в главе II. С помощью этих электронных систем были осуществлены следующие эксперименты:

а) сравнение времен жизни заряженных пионов  $^{10}/$ . Экспериментально определена величина разности времен жизни  $\frac{\tau^+/\tau^- - 1}{\tau^-} = (-0,14 \pm 0,29)\%$ ;

б) исследование спектра быстрых дейтронов, испускаемых при взаимодействии протонов с ядрами углерода  $^{18}/$ . В этом эксперименте был обнаружен ранее не наблюдавшийся канал реакции:  $p + N \rightarrow d + \pi$  с сечением:

$$\frac{d\sigma}{d\omega} = (27,9 \pm 3,2) \cdot 10^{-27} \text{ см}^2/\text{стерад.}$$

в) исследование спектра масс тяжелых частиц с зарядом  $Z = -1$ , генерируемых протонами с энергией 70 Гэв  $^{19}/$ .

В измерениях было зарегистрировано  $2 \cdot 10^3$  антидейтронов. В области времен пролета, отвечающих массам,  $3M_p$  не наблюдалось ни одного события, что соответствует верхней границе сечения образования частиц с массой

$$3M_p \leq M_x \leq 17M_p - 10^{-35} \text{ см}^2/\text{стерад. Гэв/с}$$

на ядро алюминия.

В приложении I приводится анализ температурной нестабильности дифференциального усилителя.

Приложение II посвящено статическому расчету двоичной ячейки декады на 200 Мгц и оценке ее предельного быстродействия.

Основные результаты описанных в диссертации исследований и разработок сводятся к следующему:

1. Исследованы временные и амплитудные характеристики сцинтилляционных счетчиков, работающих в условиях больших нагрузок (до  $\sim 10^8$  имп./сек). Предложена методика исследования характеристик сцинтилляционных счетчиков в рабочих условиях. Исследованы причины, влияющие на эффективность регистрации заряженных частиц с помощью сцинтилляционных счетчиков, и указаны методы повышения эффективности совпадений и антисовпадений.

2. Разработан принцип компенсации влияния амплитудного разброса выходных импульсов ФЭУ на временное разрешение схем совпадений с помощью диодов с накоплением заряда (ДНЗ). Применение этого метода позволяет увеличить крутизну наклона кривых совпадений в 2-3 раза. Метод компенсации, основанный на применении ДНЗ, отличается от других методов высоким быстродействием, что позволяет применять его в условиях больших нагрузок.

3. Разработан универсальный формирователь импульсов ФЭУ, отличающийся высоким быстродействием, предназначенный для работы в условиях больших нагрузок. Формирователь имеет два канала формирования выходных сигналов. Канал "Б", где для формирования длительности выходных импульсов применен ДНЗ, не имеет мертвого времени. Предложена и реализована широкая программа исследования основных характеристик формирователя, таких как: мертвое время пороговых устройств, влияние нагрузок на длительность выходных импульсов, влияние амплитудного спектра выходных импульсов на задержку и длительность выходных сигналов формирователя.

4. Разработанная быстрая схема пятикратных совпадений предназначена для работы совместно с формирователями, имеющими выходные сигналы, отвечающие стандарту *NIM*. Схема характеризуется высоким быстродействием ( $\geq 100$  Мгц). Ее можно использовать в режиме работы нелинейных ворот. Любой из пяти выходов схемы может быть использован в качестве канала антисовпадений.

5. Разработана схема пересчетной декады, предназначенной для работы при больших нагрузках ( $\sim 200$  Мгц при поступлении на ее вход периодических сигналов и серий импульсов). Приведен статический расчет двоичной ячейки декады и дана оценка ее быстродействия.

6. Разработаны схемы: блокировки мертвого времени регистрирующей аппаратуры; разветвителя-смесителя логических сигналов, линейного разветвителя на три выхода, управления работой быстрой электроники синхронным импульсом ускорителя и разветвителя на десять выходов. Совместное применение этих схем со схемами совпадений, пересчетной декады и формирователя, который может быть использован как интегральный дискриминатор, позволяет реализовать логические электронные системы экспериментальных установок для решения многих задач экспериментальной ядерной физики. В целом было изготовлено и применялось в экспериментах на ускорителях около 180 модулей логической электроники, описанной в данной диссертации.

7. Разработанный комплекс аппаратуры был использован для проведения экспериментов: по сравнению времен жизни заряженных пионов, исследованию спектров быстрых дейтонов и поиску новых тяжелых частиц на ускорителе ИФВЗ.

#### Литература

- I. В.Г. Лапшин, В.И. Рыкалин, З. Цисек. Препринт ОИЯИ, I3-3530, Дубна, 1967.
2. В.И. Рыкалин, З. Цисек. Препринт ОИЯИ PI3-5689, Дубна, 1971.
3. Л. Дубик, З. Цисек. Препринт ОИЯИ, I3-5367, Дубна, 1970.
4. З.В. Крумштейн, А.И. Ронжин, З. Цисек. Сообщение ОИЯИ, I3-5368, Дубна, 1970.
5. В.Г. Лапшин, В.И. Петрухин, В.И. Рыкалин, Д.М. Хазинс, З. Цисек. Препринт ОИЯИ, PI3-3549, Дубна, 1967. Материалы симпозиума по наносекундной электронике ОИЯИ I3-3700, Дубна, 1957; ПТЗ, 6, 48 (1968).
6. Z. Cisec et al. (Dubna, Serpukhov). Int. Conf. on Instrumentation for High Energy Physics, Dubna, 1970.
7. З. Цисек. Сообщение ОИЯИ I3-5723, Дубна, 1971.
8. Л.С. Ахгирей и др. Препринт ОИЯИ PI-4985, Дубна, 1970.
9. В. Боткин и др. Доклад на XV Международной конференции по физике высоких энергий, Киев, 1970.
10. В.И. Петрухин, В.И. Рыкалин, Д.М. Хазинс, З. Цисек. Препринт ОИЯИ PI-3862, Дубна, 1968; ЯФ, т.9, вып. 3, 1969. I Международное совещание по нуклон-нуклонным и пион-нуклонным взаимодействиям. Дубна, июнь 1968 г; Препринт ОИЯИ P-3971, Дубна, 1968.
- II. В.Г. Лапшин, В.И. Рыкалин, З. Цисек. Препринт ИФВЗ, 69-44, Серпухов, 1969; ПТЗ, №6, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел  
31 марта 1971 года.