

C - 841

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

13-95-272

На правах рукописи

СТРЕКАЛОВСКИЙ
Олег Викторович

**ЭЛЕКТРОНИКА МНОГОДЕТЕКТОРНОЙ УСТАНОВКИ
В 4- π ГЕОМЕТРИИ «ФОБОС»
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ПУЧКАХ ТЯЖЕЛЫХ ИОНОВ**

Специальность: 01.04.01 — экспериментальная физика
(технические науки)

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Дубна 1995

Работа выполнена в Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова

Объединенного института ядерных исследований.

Научные руководители : кандидат технических наук, старший научный сотрудник ФЕФИЛОВ Б.Ф.,

кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ОРТЛЕПП Х.-Г.

Официальные оппоненты : доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник АКИМОВ Ю.К.,

кандидат технических наук, нач. лаборатории НТК

"Электроника" Российского научного центра

"Курчатовский институт" МЕЛЕШКО А.Е.

Ведущая организация: НИИ ядерной физики им Д.В.Скобелевича Московского государственного университета им М.В. Ломоносова

Защита диссертации состоится 19 сентября 1995 г. в "___" часов на заседании специализированного совета Д047.01.05 при Лаборатории нейтронной физики им.

И.М.Франка и Лаборатории ядерных реакций им. Г.Н.Флерова Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОИЯИ.

Автореферат разослан "___" _____ 1995 г.

Ученый секретарь специализированного совета

кандидат физико-математических наук

ПОПЕКО А.Г.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

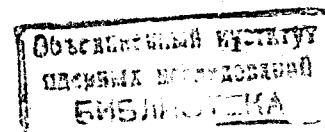
Актуальность проблемы

С вводом в эксплуатацию в Лаборатории ядерных реакций ускорителя тяжелых ионов МЦ400 с энергией ускоряемых частиц до 100 МэВ/нуклон и продолжением работ по созданию циклотронного комплекса МЦ400-У400 возникла необходимость в разработке адекватных исследовательских установок. С точки зрения постановки экспериментов характерно, что в процессе взаимодействия налетающего ядра с веществом мишени могут образовываться несколько тяжелых фрагментов и до 10-15 легких заряженных частиц. Информация о механизме взаимодействия извлекается из корреляционных экспериментов, позволяющих регистрировать хотя бы все заряженные продукты реакции. Спектрометрическая система для изучения множественных продуктов реакций должна обладать высокой эффективностью регистрации продуктов во всех направлениях, многочастичной чувствительностью, позволять определять энергию, массу, заряд и угол разлета продуктов реакции. Отвечающая вышеперечисленным требованиям многодетекторная установка "ФОБОС", которая предназначена для проведения экспериментов в 4-π геометрии при энергии бомбардирующих частиц 10-100 МэВ/нуклон, создана в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ в рамках международной коллаборации.

Анализ построения электронных систем для установок в 4π-геометрии на пучках тяжелых ионов, таких, как MSU Miniball и MSU 4π-ARRAY в США, AMPHORA, INDRA в Европе, ФАЗА в России показывает, что нет единого рецепта и во всех системах использованы собственные разработки и уникальные решения.

Наличие большого числа связанных логикой эксперимента измерительных каналов ведет к применению сложных электронных систем, а потоки данных в сотни килобайт в секунду требуют мощной вычислительной техники, объединенной в единый комплекс.

Целью работ, составивших диссертацию, была разработка и создание электронных систем для установки "ФОБОС", разработка концепции системы сбора, накопления, визуализации и обработки полученных экспериментальных данных и создание соответствующего аппаратного комплекса. При принятии решений необходимо было учитывать, что работы по созданию



установки ведутся в рамках широкой международной коллаборации, что дает как дополнительные возможности, так и требует использования согласованных стандартов, технологий, программного обеспечения, форматов данных и т.д.

Научная новизна работ, составивших диссертацию, заключается в следующем:

1. Для установки в 4π-геометрии "ФОБОС", предназначенной для изучения ядерных реакций при энергиях частиц пучка тяжелых ионов 10 - 100 МэВ/нуклон, состоящей из 30 позиционно-чувствительных лавинных счетчиков (ПЧЛС) и 30 брегговских ионизационных камер (БИК), которые окружены 210 сцинтилляционными детекторами, разработаны и изготовлены уникальные электронные системы, обеспечивающие полноценное проведение экспериментов.
2. Впервые в мировую практику физического эксперимента введен метод цифрового съема сигналов с брегговских ионизационных камер, основанный на быстрой оцифровке формы сигнала с помощью АЦП параллельного действия и обработке спецпроцессором по фиксированному алгоритму в режиме реального времени.
3. Предложена и реализована концепция сбора данных установки "ФОБОС", базирующаяся на аппаратуре стандартов КАМАК, VME, FASTBUS и многоуровневой компьютерной сети.
4. Разработан и создан триггер первого уровня установки, основанный на отборе по множественности, позволяющий уменьшить нагрузку системы сбора данных на три порядка.
5. Разработан и изготовлен ряд новых электронных блоков в стандарте КАМАК, предназначенный для работы в составе многодетекторных установок.

Практическая ценность.

В ходе данной работы были созданы уникальные электронные системы установки "ФОБОС", позволившие проводить корреляционные эксперименты в 4π-геометрии на ускорителе тяжелых ионов МЦ400.

Создан многокомпьютерный комплекс, состоящий из ЭВМ типа SUN, VAX и персональных компьютеров различной производительности, объединенных на основе сетевого оборудования стандарта Ethernet. Сегмент локальной сети, применяемый для работы с установкой "ФОБОС", входит в состав единой общелaborаторной сети ЛЯР.

Новые электронные блоки в стандарте КАМАК, такие, как 32-х канальные блоки "ИЛИ" КМ32К и КМ33К, 16-ти канальный входной регистр КР13К, 30-канальный преобразователь уровней ЭСЛ-NIM, а так же блоки для триггера первого уровня (блок логики инспекции

паложений, центральный селектор отбора событий, блок пересчета кратностей) могут с успехом быть применены для работы в составе самых разнообразных многодетекторных установок.

На созданной в ЛЯР ОИЯИ установке "ФОБОС" проведены первые эксперименты по изучению спонтанного деления ^{244}Cm и ^{252}Cf , исследованию деления в реакциях $^7\text{Li} + ^{232}\text{Th}$ и $^{14}\text{N} + ^{197}\text{Au}$.

Опыт создания установки в 4π-геометрии "ФОБОС" может быть использован при создании других многодетекторных установок.

Автор защищает:

1. Разработку и создание автоматизированного программно-управляемого комплекса, обеспечивающего сбор информации с газовых и сцинтилляционных CsI(Tl) детекторов установки "ФОБОС".
2. Разработку и создание триггера первого уровня установки "ФОБОС".
3. Разработку архитектуры многокомпьютерного комплекса для обеспечения различных систем установки ФОБОС (системы сбора и накопления данных, управление газовакуумными системами, системы высоковольтного питания детекторов).
4. Разработку и создание новых электронных блоков в стандарте КАМАК, предназначенных для создания многодетекторных установок (32-х входовые схемы ИЛИ КМ32К и КМ33К, 16-ти канальный входной регистр ЭСЛ КР13К, 32-х канальный преобразователь ЭСЛ-NIM) и для триггера первого уровня установки "ФОБОС" (блок логики блокировки и инспекции наложений, блок пересчета кратностей БПК11, центральный селектор отбора событий).

Апробация работы. Основные результаты диссертации представлялись и докладывались на Международных школах семинарах по физике тяжелых ионов (Дубна, Россия, 1986, 1989, 1993), Международной конференции по экзотическим ядрам в Форосе (Россия, 1991), Международной конференции по передовым технологиям в ядерной физике в Ирапетре, (Крит, Греция, 1991), X Международном симпозиуме по проблемам модульных информационных компьютерных сетей и систем ICS-NET в С.Петербурге (Россия), Международной конференции ESONE по системам реального времени RTD'94 (Дубна,

Россия, 1994), 16 международном симпозиуме по ядерной электронике в Варне (Болгария, 1994).

Публикации. По результатам исследований, составивших основу диссертации, опубликовано 13 работ. Эти результаты получены автором в период 1984 - 1995 г.г.

Структура и объем диссертации: Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения; изложена на 89 страницах машинописного текста, включая 44 рисунка, 2 таблицы и список литературы из 120 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обосновывается актуальность создания установки в 4 π -геометрии "ФОБОС" и дается краткий анализ особенностей построения электронных систем существующих установок для детектирования заряженных частиц в 4 π -геометрии для исследований с тяжелыми ионами, таких, как INDRA и AMPHORA во Франции, MSU MINIBALL и MSU 4 π -ARRAY в США, ФАЗА в Объединенном институте ядерных исследований в России.

Установка "ФОБОС" спроектирована с целью обеспечения экспериментов на циклотронном комплексе Лаборатории ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований У-400 + МЦ-400, позволяющем получать энергии 10 - 100 МэВ/нуклон. При таких энергиях

широкий ряд вопросов, касающихся передачи энергии, угловых моментов, а так же механизмов образования и распада горячей ядерной системы могут быть решены при проведении эксклюзивных корреляционных экспериментов в 4 π -геометрии. Регистрируемые установкой ФОБОС продукты ядерных реакций можно разделить на

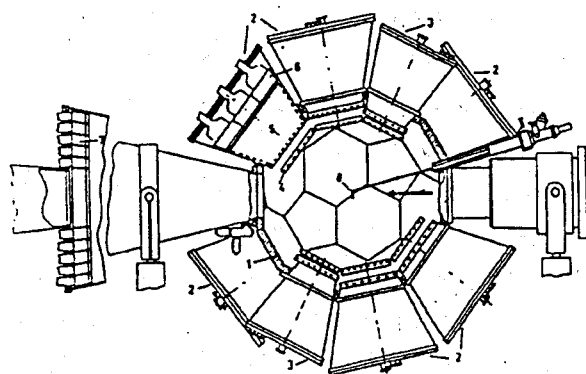


Рис. 1. Конструкция установки "ФОБОС".

три группы: легкие проникающие частицы и тяжелые фрагменты, разлетающиеся во всех

направлениях, и продукты реакций, летящие в прямом направлении и возникающие на ранней стадии реакций. Соответственно, установка ФОБОС [рис.1] состоит из трех подсистем: комбинации из 30 позиционно-чувствительных лавинных счетчиков и 30 брэгговских ионизационных камер, - сферы из 210 CsI(Tl) сцинтилляционных счетчиков и передней стены из фосвич детекторов.

В первой главе приводится описание входящих в состав установки "ФОБОС" детекторов. Особое внимание уделено конструктивным особенностям детекторов, определяющим как способы снятия сигналов, так и их параметры. Позиционно-чувствительные лавинные счетчики с диаметром входного окна 327 мм позволяют определять координату с точностью 2 мм, а временное разрешение, получаемое при обработке с использованием калибровочных кривых, достигает значения 200 пс. На установке "ФОБОС" используются ионизационные камеры, в которых собирающее электрическое поле направлено параллельно траектории регистрируемой частицы и информация о заряде извлекается из максимума распределения удельных потерь по длине трека. Конструкция камер обеспечивает плотную компоновку с минимальными потерями поверхности регистрации. Достигаемая величина разрешения по заряду Z/dZ достигает 65. Для регистрации высокоэнергетичных легких заряженных частиц используется система из CsI(Tl) сцинтилляционных детекторов. Легкие заряженные частицы до $Z=3$ хорошо разделяются по анализу формы импульса при интегрировании заряда с детектора в двух временных окнах длительностью 400 нс и 2000 нс.

Во второй главе описана система высоковольтного питания установки, реализованная на базе промышленных систем итальянской фирмы CAEN SY127 и SY403 и программно-управляемых блоков в стандарте KAMAK ESHN и КП-208. Разработанная система позволяет устанавливать и контролировать до 300 каналов высокого напряжения, необходимого для питания ПЧЛС, БИК и делителей фотоэлектронных умножителей сцинтилляционных детекторов. Установленные параметры сохраняются в конфигурационном файле вместе с данными. При аварии необходимые группы детекторов автоматически выключаются. Созданная программа позволяет проводить настройку различных групп каналов независимо, запуская программу с разных компьютеров, присоединенных к сети.

Во третьей главе подробно описываются электронные системы, необходимые для снятия сигналов с газовых детекторов установки ФОБОС. Используемые электронные схемы обеспечивают работоспособность детекторных модулей, не ухудшая их возможностей по

разрешению, динамическому диапазону и быстродействию. Использование стандартной промышленной электроники приводит к очень высокой стоимости, поскольку необходимо оплачивать дополнительные, не нужные для конкретной установки функциональные возможности блоков. Поэтому

были разработаны специализированные электронные модули в стандарте КАМАК. Все блоки программно управляемые.

На рис.2 приведена схема снятия информации с позиционно-чувствительных лавинных счетчиков. Сигналы для измерения координат попадания частицы в детектор и получения временной отметки после усиления и формирования предусилителями ПУ1 и ПУ2 подаются на три канала формирователя со следящим порогом Д1, Д2, Д3. Последующее преобразование в цифровой код обеспечивает субнаносекундный время-цифровой преобразователь КА251М.

На рис.3 показан новый метод обработки сигналов с брегговских ионизационных камер, впервые примененный на установке "ФОБОС". Метод основан на оцифровке формы сигнала с помощью быстродействующего параллельного АЦП и расчета энергии E и заряда Z регистрируемой частицы цифровым процессором по фиксированному алгоритму. Тракт состоит из зарядочувствительного предусилителя и двух блоков в стандарте КАМАК - блока оцифровки

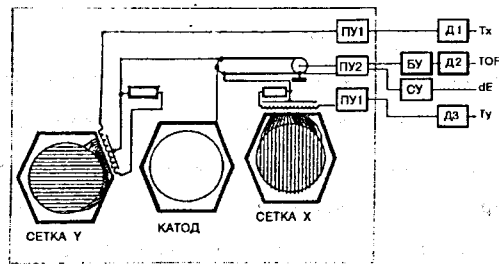


Рис.2. Схема съема сигналов с позиционно-чувствительного лавинного счетчика

обработки сигналов с брегговских ионизационных камер, впервые примененный на установке "ФОБОС". Метод основан на оцифровке формы сигнала с помощью быстродействующего параллельного АЦП и расчета энергии E и заряда Z регистрируемой частицы цифровым процессором по фиксированному алгоритму. Тракт состоит из зарядочувствительного предусилителя и двух блоков в стандарте КАМАК - блока оцифровки

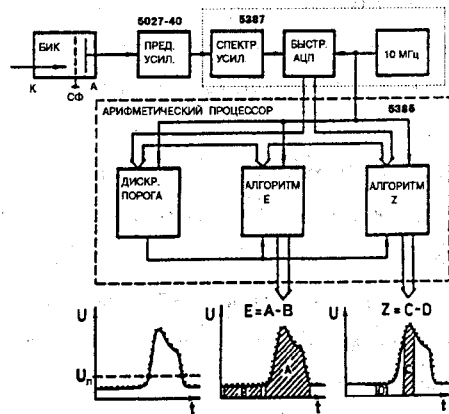


Рис.3. Метод снятия сигнала с брегговской ионизационной камеры.

сигнала 5387 и специализированного процессора 5385. Данный метод не только позволяет на порядок уменьшить мертвое время по сравнению с классическим методом формирования в двух каналах, но и уменьшить влияние баллистического дефицита и низкочастотных шумов, а также требует меньших затрат и прост и надежен в работе.

В четвертой главе описана электроника для работы со сцинтилляционными детекторами на основе кристаллов CsI(Tl). Система построена из промышленных блоков стандарта FASTBUS. Для оцифровки применены 96-ти каналные зарядочувствительные АЦП типа CIAFB, сигналы на которые подаются через специально разработанные блоки задержки и разветвления непосредственно с выходов ФЭУ. Для организации сигналов ворот, внутри которых происходит интегрирование сигналов, используется генератор, запуск которого связан с наличием на выходе сумматоров сигналов со сцинтилляционных детекторов и разрешением регистрации от газовой части установки. Оцифрованная информация считывается процессорным модулем STR330 и по параллельной дифференциальной шине передается на рабочую станцию E-6 в стандарте VME. Блок-схема электроники для обработки сигналов со сцинтилляционных детекторов приведена на рис.4. Снятие сигналов с фосвич-детекторов, расположенных под малыми углами к оси пучка, осуществляется по аналогичной схеме, но с более сложным активным блоком разделения сигналов с выхода детектора.

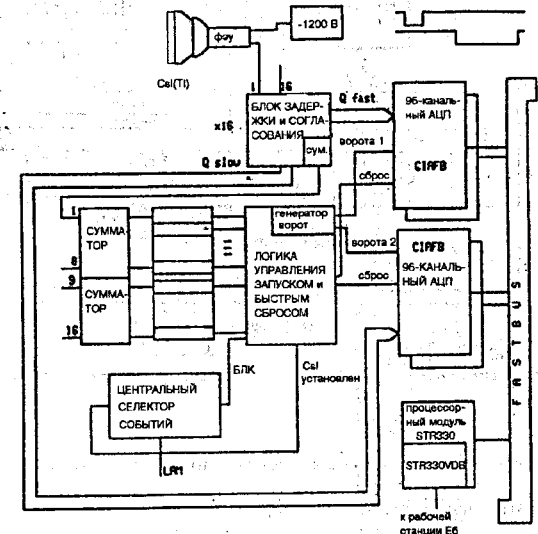


Рис.4. Блок-схема электроники для работы со сцинтилляционными детекторами.

с наличием на выходе сумматоров сигналов со сцинтилляционных детекторов и разрешением регистрации от газовой части установки. Оцифрованная информация считывается процессорным модулем STR330 и по параллельной дифференциальной шине передается на рабочую станцию E-6 в стандарте VME. Блок-схема электроники для обработки сигналов со сцинтилляционных детекторов приведена на рис.4. Снятие сигналов с фосвич-детекторов, расположенных под малыми углами к оси пучка, осуществляется по аналогичной схеме, но с более сложным активным блоком разделения сигналов с выхода детектора.

В пятой главе разобрана работа триггера первого уровня установки "ФОБОС", функциональная схема которого приведена на рис.5. Сигналы с позиционно-чувствительного

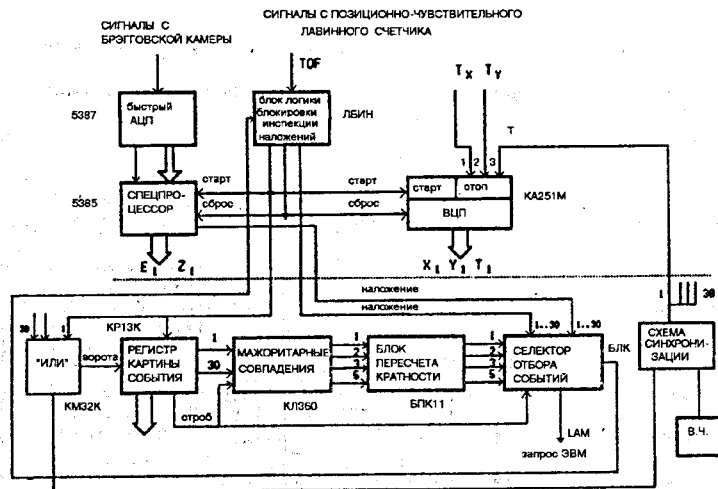


Рис.5. Логика работы триггера первого уровня установки "ФОБОС".

лавинного счетчика проходят через блок логики блокировки и инспекции наложений и запускают спецпроцессор для обработки сигналов с брегтовской камеры и время-цифровой преобразователь. Сигналы со всех лавинных счетчиков, пропущенные блоком блокировки и инспекции наложений, попадают на схему "ИЛИ", и первый из пришедших импульсов запускает сигнал "ворота". Сигналы всех сработавших во время заданного интервала "ворота" ПЧЛС будут отмечены в регистре, создавая полную картину события. Эта картина анализируется мажоритарной схемой совпадений, выходы которой соединены с центральным селектором отбора событий. Если множественность удовлетворяет заданной, и нет наложений, центральный селектор отбора событий устанавливает сигнал LAM, по которому ЭВМ считывает информацию с блоков. Сигнал блокировка "БЛК" устанавливается центральным селектором отбора событий в момент окончания интервала "ворота", и запрещает прохождение сигналов через блок инспекции наложений. Снимается блокировка по команде ЭВМ после чтения последних данных в память машины или центральным

селектором отбора событий при отказе от регистрации данного события. Одновременно вырабатываются сигналы быстрого сброса для триггеров регистра картины события, спецпроцессора и ВЦП.

Для реализации триггера были разработаны следующие блоки: 16-разрядный регистр ЭСЛ КР13К, 32-входные блоки ИЛИ КР32-К (уровни ЭСЛ) и КР33-К (уровни ТТЛ), блок пересчета кратностей БПК11, центральный селектор отбора событий. В качестве мажоритарной схемы совпадений применен блок КЛ360. Триггер первого уровня установки "ФОБОС" позволяет примерно на три порядка уменьшить поток регистрируемой информации.

В шестой главе обсуждаются методические аспекты создания многомашинного вычислительного комплекса и программного обеспечения систем установки "ФОБОС". Система сбора и накопления данных базируется на рабочей станции в стандарте VME ELTEC EUROCOM-6, блоках в стандарте KAMAK, компьютерах μ VAX-II, рабочих станциях SUN Sparcstation-10, SUN-IPX, SUN-SLC и сетевого оборудования стандарта Ethernet. Для системы сцинтилляционных детекторов применены блоки FASTBUS. Связь между измерительными модулями в стандарте FASTBUS и KAMAK и станцией VME осуществляется по шине VDB - дифференциальному расширению параллельной шины промышленного стандарта VSB (см. рис.6). Для

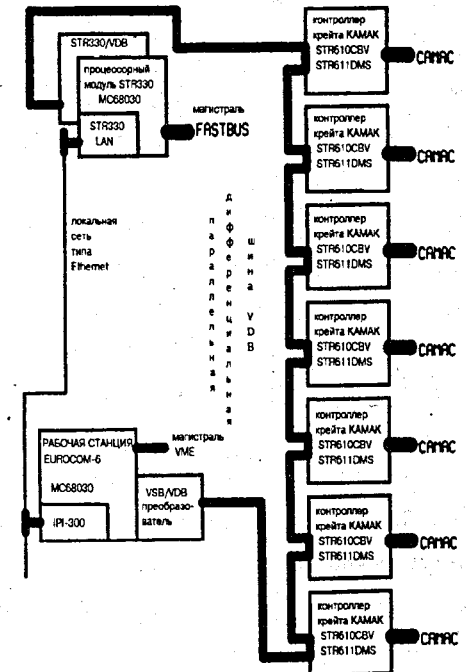


Рис.6. Система сбора данных установки "ФОБОС".

уменьшения загрузки подсети ФОБОС посторонними, не относящимися к проводимому эксперименту передачами используются развязки в виде локальных мостов и "рутера" на ЭВМ μ VAX-II. Для передачи данных между измерительным центром и экспериментальной кабиной применен волоконно-оптический кабель, что позволило решить проблему, связанную с необходимостью передачи информации в условиях сильных электромагнитных полей и различий в контурах заземления.

В седьмой главе описаны вспомогательные электронные системы, созданные для установки "ФОБОС". Система контроля пробоев в лавинных счетчиках и контроля правильности установки порогов дискриминаторов в каналах измерения времени и координат лавинных счетчиков позволяет обнаруживать отклонения от штатной работы во время эксперимента, не прерывая набора данных.

Для настройки сложных программно-управляемых электронных блоков созданы различные стенды, изготовление которых потребовало разработки как программного обеспечения, так и специальной аппаратуры.

Для проведения методических работ по отладке всех систем установки "ФОБОС" в условиях, максимально приближенных к окончательным, был создан стенд на отводе циклотрона У400 в ЛЯР ОИЯИ.

В заключении кратко сформулированы основные результаты работы, выполненные автором или при его непосредственном участии и вошедшие в диссертацию:

1. Создан автоматизированный программно-управляемый многокомпьютерный комплекс оборудования, позволяющий проводить эксперименты с детекторами установки "ФОБОС".

2. Разработаны и изготовлены новые электронные блоки для работы в составе многодетекторных установок. Среди них 16-канальный входной регистр ЭСЛ уровней КР13К, блоки для выполнения логических функций КЛ32К и КЛ33К, блок инспекции наложений ЛБИН, центральный селектор отбора событий.

3. На основе разработанных в группе ФОБОС электронных блоков реализована электроника оцифровки и съема сигналов с позиционно-чувствительных лавинных счетчиков и брэгговских ионизационных камер. Впервые в мировую практику введен метод цифрового съема сигналов с брэгговских ионизационных камер, основанный на быстрой оцифровке формы сигнала с помощью аналого-цифрового преобразователя параллельного действия и дальнейшей обработки с помощью спецпроцессора с фиксированными алгоритмами для

вычисления энергии и заряда регистрируемой частицы. Данный метод не только позволяет на порядок уменьшить мертвое время по сравнению с классическим методом формирования в двух каналах, но и уменьшить влияние баллистического дефицита и низкочастотных шумов, а так же требует меньше затрат и прост и надежен в работе.

4. Для обработки сигналов сцинтилляционных детекторов создана система из промышленных блоков в стандарте FASTBUS. Ее основу составляют 96-канальные зарядочувствительные преобразователи и система STR330 на базе микропроцессора MC68030. Для подачи сигналов используется пассивный блок разделения и задержки, в котором вместо кабельных линий задержки использованы интегральные элементы в корпусах DIP.

5. Создан быстрый триггер первого уровня установки ФОБОС, основанный на критерии отбора по множественности и отслеживающий наложения в лавинных счетчиках и брэгговских камерах. Применение триггера позволяет снизить нагрузку на три порядка и существенно уменьшить объем записываемой информации.

6. Создана система высоковольтного питания, позволяющая обслуживать до 400 каналов высокого напряжения. Система состоит из промышленных блоков фирмы CAEN SY403 и SY127, а так же модулей в стандарте КАМАК ESHN и КП208. Программное обеспечение позволяет с персонального компьютера управлять высоким напряжением и контролировать правильность функционирования всей системы.

7. Для установки ФОБОС создана система сбора данных, основанная на 32-разрядных микропроцессорных модулях в стандарте VME и FASTBUS. Для сбора данных используется параллельная дифференциальная магистраль VDB.

8. Для накопления и обработки данных во время и после проведения эксперимента, визуализации процессов накопления многомерных спектров, управления вспомогательным оборудованием и т.д. создан связанный локальной сетью многокомпьютерный комплекс, включающий ЭВМ типа μ VAXII, рабочие станции SUN и персональные компьютеры.

9. Начиная с 1993 года на установке ФОБОС поставлен ряд экспериментов, среди которых исследования по изучению спонтанного деления ^{244}Cm , изучение горячего деления в реакции $^7\text{Li} + ^{232}\text{Th}$, исследования механизма протекания реакции $^{14}\text{N} + ^{197}\text{Au}$.

Результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Стрекаловский О.В., Ренц Г. Восьмиканальный цифроаналоговый преобразователь с

управлением по волоконно-оптическому кабелю ПЦО-11К. Сообщение ОИЯИ (1988), Дубна, P10-88-856, с.1-8.

2. Стрекаловский О.В., Винь Ч.Ч. Входной регистр ЭСЛ КР13К. Сообщение ОИЯИ (1989), Дубна, P10-89-416, с.1-4.

3. Стрекаловский О.В., Челноков Л.П. Блоки для передачи информации по волоконно-оптическому кабелю, Сообщение ОИЯИ, P10-86-269, Дубна, 1986, с.1-10.

4. Стрекаловский О.В. Электронное обеспечение установки ФОБОС (газовые детекторы)/ Международное совещание по установке ФОБОС, София, 25-30 января 1990 г.// Дубна, Д7-90-539, 1990, с.32.

5. Ortlepp H.-G., Fromm W.D., Romaguera A., Strekalovsky O.V., Heidel K. Front-end Electronics of the 4 π -spectrometer PHOBOS Gas Detectors./ Совещание по корреляционным экспериментам на пучках тяжелых ионов, Дрезден, 1988 // ОИЯИ, Д7-88-299, Дубна, 1988, с.36.

6. Fromm W.D., Ortlepp H.-G., Strekalovsky O.V., Heidel K. Electronics of the FOBOS Gas-filled Detector Modules / JINR FLNR Scientific Report 1989-1990 // ОИЯИ, E7-91-75, Дубна, 1991, с.173.

7. May D., Ortlepp H.-G., Renz G., Strekalovsky O.V., Heidel K. Electronics and Data Acquisition at the FOBOS Detector Test Stand / JINR FLNR Scientific Report 1991-1992 // ОИЯИ, E7-93-57, Дубна, 1993, с.248.

8. Ortlepp H.-G., Andrassy M., Chubaryan G.G., Danziger M., Dietterle T., Fomichev A.S., Herbach C.-M., Ivanenko A.I., Kolesov I.V., May D., Oganessian Yu.Ts., Penionzhkevich Yu.E., Renz G., Vasko V.M., Fromm W.D., Heidel K., Sodan H., Strekalovsky O.V., Wagner W., Radnev S.V., Sandrev I.D. The FOBOS 4 π -detector of Charge Particles at Dubna / Proc. of the Int. Conf. on New Nuclear Physics with Advanced Techniques, Ierapetra, Greece, 1991 // World Scientific, Singapore, 1992, p.302.

9. W.Wagner, A.S.Fomichev, H.-G. Ortlepp, C.-M.Herbach, A.Matthies, G.Pausch, O.V.Strekalovskij, M.A.Milovidov, V.A.Vitenko A Large Area CsI(Tl) Detector for the Scintillator Shell of FOBOS. JINR Rapid Communications 4(61)-93, Dubna, 1993, p.49.

10. Aleksandrov A.A., Aleksandrova I.A., Andrassy M., Dietterle T., Doronin V.N., Gippner P., Herbach C.-M., Hilscher D., Ivanovsky S.I., Matthies A., May D., Ortlepp H.-G., Penionzhkevich Yu.E., Renz G., Schilling K.-D., Shishkin D.I., Shuchko V.E., Strekalovsky O.V., Trofimov V.V.,

Umlauf C., Vakatov D.V., Wagner W. First experiments with FOBOS./ Nuclear Physics 'A583 (1995) 465-468.

11. Мерзляков С.И., Стрекаловский О.В., Цурин И.П. 4-х канальный время-цифровой преобразователь субнаносекундного диапазона, Препринт ОИЯИ P13-95-86, Дубна, 1995, с.1-10

12. Strekalovsky O.V., Heidel K., Ivanovsky S.A., May D., Ortlepp H.-G., Pausch G., Renz G., Trofimov V.V., Tsurin I.P., Wagner W., Zhuchko V.E. The Front-end Electronics and the Data Acquisition System of the FOBOS 4 π -Array / Proc. of the 16 Internat. Symp. on Nuclear Electronics, Varna, September 12-18, 1994 // Д13-94-491, Дубна, 1995.

13. Andrassy M., Aleksandrov A.A., Aleksandrova I.A., Budzanowski A., Danziger M., Dietterle T., Doronin V.N., Dshemuchadse S., Fomichev A.S., Gippner P., Gebhart M., Heidel K., Herbach C.-M., Hilscher D., Holik J., Homeyer H., Ivanenko A.I., Ivanovsky S.I., Kamanin D.V., Kolesov I.V., Matthies A., May D., Merzlyakov S.I., W.von Oertzen, Oganessian Yu.Ts., Ortlepp H.-G., Penionzhkevich Yu.E., Pausch G., Pokrovsky V.N., Pyatkov Yu.V., Renz G., Schilling K.-D., Shishkin D.I., Sodan H., Strekalovsky O.V., Trofimov V.V., Tsurin I.P., Umlauf C., Vakatov D.V., Wagner W., Zhuchko V.E., Ziem P., Zrodowski L. The FOBOS 4 π -Detector of Charged Particles at the FLNR of the JINR Dubna / Сообщение ОИЯИ, E7-95-148, Дубна, 1995, с.1-38.

Рукопись поступила в издательский отдел
26 июня 1995 года.