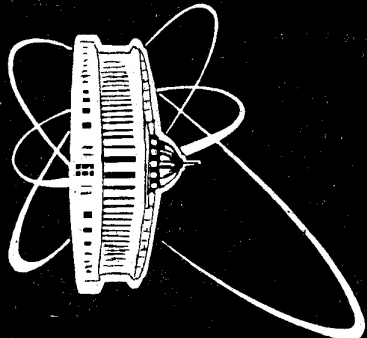
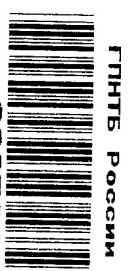


297-190
69
P13-97-2
чр
1997
2509



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Дубна

134
H
2509
P13-97-238

Ю.А.Лазарев, В.Г.Субботин, А.М.Сухов, С.Н.Илиев,
Ю.С.Цыганов, А.Н.Поляков, А.Н.Мезенцев, В.И.Томин,
А.М.Зубарева

**СИСТЕМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ, ИЗМЕРЕНИЯ
И НАКОПЛЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
ДАНЫХ ДЛЯ ГАЗОНАПОЛНЕННОГО
СЕПАРАТОРА ДЯР ОИЯИ**

Направлено в журнал «Приборы и техника эксперимента»

Редактор Е.Ю.Шатагова. Макет Н.А.Киселевой

Подписано в печать 29.08.97
Формат 60 x 90/16. Офсетная печать. Уч.-изд.листов 1,09
Тираж 345. Заказ 50130. Цена 2280 р.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
Дубна Московской области

1997

Введение

Дубненский газонаполненный сепаратор [1], работающий на пучке тяжелых ионов циклотрона У - 400 ДЯР, является в настоящее время одной из наиболее эффективных систем, применяющихся для синтеза и исследования свойств сверхтяжелых ядер. Именно с вводом в эксплуатацию данной установки стало возможным проведение экспериментов по синтезу тяжелых изотопов элементов с $Z = 104, 106, 108, 110$ и открытию области повышенной стабильности ядер в окрестности $Z = 108$ и $N = 162$ [2,3,4]. Достигнутый в последнее время в мире успех в области синтеза сверхтяжелых ядер может быть сведен к трем составляющим, а именно :

- наличие эффективных (эффективность сбора исследуемых ядер в фокальной плоскости до десятков процентов) электромагнитных сепараторов;
- наличие высокоочувствительных ускорителей тяжелых ионов, обеспечивающих интенсивность пучка тяжелых ионов на мишени вплоть до нескольких единиц на дециметр в тринаталитой степени частиц в секунду;
- наличие систем регистрации, обеспечивающих надежную идентификацию исследуемых нуклидов даже в случае единичных / единственных событий.

Описанию подобной системы регистрации, применяющейся на установке дубненский газонаполненный сепаратор, и посвящена эта работа.

1. Детектирующий модуль

Схема детектирующего модуля представлена на рис. 2. Модуль включает сборку позиционно - чувствительных детекторов для измерения энергии и локализации места прилета ядер отдачи, внедрившихся в детектор, а также для измерения энергии и места эмиссии α - частиц и осколков деления последующих событий распада, внедрившихся в детектор ядер, и две пропорциональные многопроходочные газовые камеры низкого давления для измерения времени пролета ядер отдачи [5].

Детектирующий модуль отделен от объема сепаратора майларовым экраном толщиной 0,5 мм. Весь объем детектирующего модуля заполняется пеноматериалом при давлении 0,5 - 2,5 Торр. Анодные и катодные плоскости камер сделаны из золоченой фольгированной проволоочки диаметром 20 мм с проме-

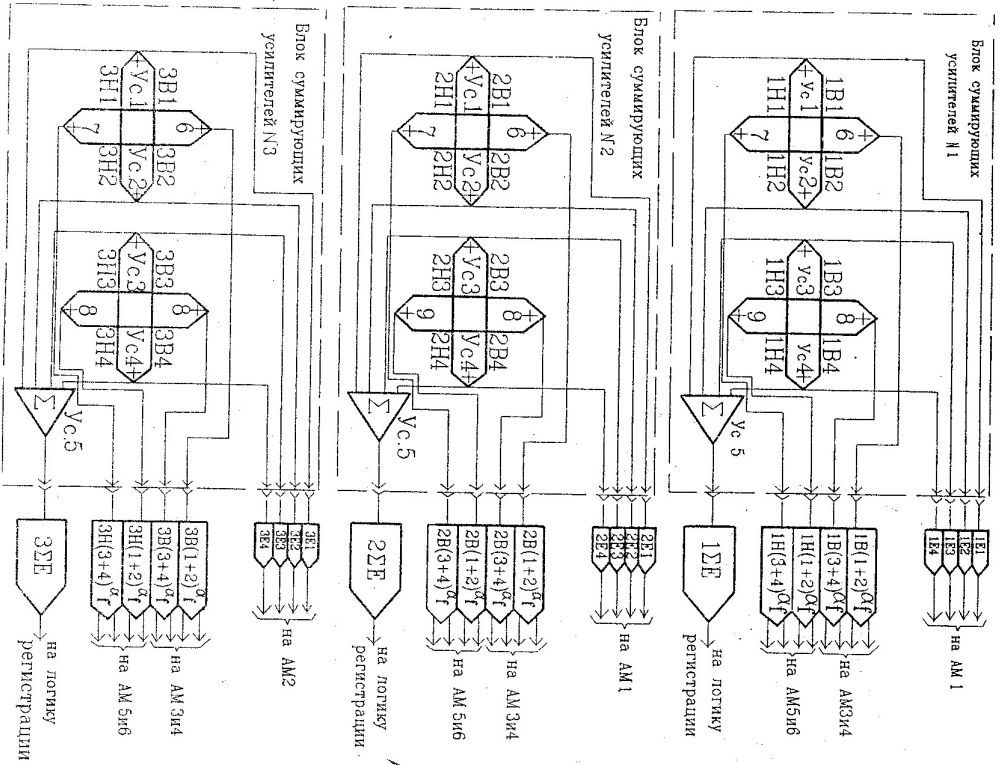


Рис.4

Детекторы изготовлены по нашему заказу фирмой **CANBERRA SEMICONDUCTOR N. V. (Бельгия)**.

Каждый кристалл, содержащий четыре позиционно-чувствительных детектора, имеет восемь сигнальных выводов, по два на каждую полосу (рис.2 и 4). 24 гибридных зарядочувствительных преусилителя размещены на фланце детектирующего модуля в трех коробках. Коэффициент преобразования преусилителя 14 мВ/МэВ.

2. Усиление и оцифровка

Сигналы с преусилителей поступают на три блока суммирующих усилителей (рис.4). Каждый блок преобразует сигналы одного кристалла и состоит из девяти усилителей. Четыре из них (ус.1.....ус.4) образуют сигналы энергии диапазона α -частиц для каждой полосы суммированием позиционных сигналов каждой полосы. Пятый усилитель образует обобщенный сигнал энергии одного кристалла для дальнейшего образования логических сигналов запуска оцифраторов и других логических операций. Усилители 6 и 7 объединяют позиционные сигналы верхних выводов двух соседних полосок кристалла (рис.4), а усилители 8 и 9 объединяют позиционные сигналы нижних выводов полосок 1, 2 и 3, 4. Усилители 1 ÷ 5 выполнены на транзисторах, а усилители 6 ÷ 9 на операционных усилителях. Коэффициенты передачи усилителей приблизительно равны 1.

На выходах трех блоков суммирующих усилителей имеем:

- 12 сигналов энергии с каждого из двенадцати детекторов сборки (1E1, 1E2, 1E3, , 3E3, 3E4);
- 3 сигнала энергии с каждого из кристаллов сборки (1ZE, 2ZE, 3ZE);
- 6 позиционных сигналов, каждый из которых соответствует верхним выводам резистивных делителей двух соседних детекторов;
- 6 позиционных сигналов, каждый из них соответствует нижним выводам резистивных делителей соседних детекторов.

Двенадцать усилителей **ОРТЕС 575** формируют и усиливают сигналы энергии диапазона энергии α -частиц 12-20 МэВ.

Восемь сигналов энергии поступают на мультиплексор 1 и далее на кодировщик амплитуд [7], а остальные четыре — на мультиплексор 2 и на второй кодировщик (рис.5).

Восемьканальный мультиплексор [6] подключает первый по времени прихода входной импульс на выход, оставляя также подключенные на время срабатывания этого импульса. После окончания входного импульса мультиплексор будет заблокирован сигналом мертвого времени кодировщика (рис.5). Кодировщик имеет десять двончных разрядов. Когда контроллер

Крейта обрабатывается к кодировщику с командой чтения, тогда на десяти пинках чтения матрицы образуется код амплитуды, а на пинки 11, 12 и 13 мультиплексором выставляется двоичный код номера детектора.

Для усиления и формирования позиционных сигналов используются усилители СУ-4К, разработанные в ЛЯР [8]. Усилитель имеет два спектрометрических выхода. Выход, соответствующий большому коэффициенту усиления, используется для сигналов диапазона энергии α -частиц. Для второго выхода усиление в 12 раз меньше. Он используется для позиционных сигналов диапазона осколков деления.

После шести усилителей верхних выводов резистивных полосок сигналы позиций подаются на мультиплексор 3, обслуживающий диапазон, соответствующий энергиям α -частиц, и на мультиплексор 4 для диапазона осколков деления. Каждый мультиплексор взаимодействует со своим кодировщиком амплитуд уже оговоренным способом. Такая же процедура измерения соответствует сигналам с нижних выводов резистивных полосок детекторов: 6 усилителей, мультиплексоры 5, 6 и соответствующие кодировщики амплитуды (рис. 5).

Вертикальная координата определяется программным способом во время обработки данных.

Энергия осколков деления определяется во время обработки данных суммированием кодов, соответствующих позиционным сигналам диапазона энергии осколков деления от каждой резистивной полоски (суммируются коды кодировщиков, работающих с мультиплексорами 4 и 6).

Три СУ-4К усиливают сигналы обобщенной энергии с каждого из кристаллов 1ЭЕ, 2ЭЕ, 3ЭЕ. СУ-4К имеет быстрый логический выход, отвечающий началу спектрометрического импульса, формируемого усилителем. Логические импульсы быстрых выходов усилителей, объединенные схемой ИЛИ (рис. 6), снимают блокировку со всех амплитудных кодировщиков на время, определяемое формирователем длительности выходного импульса. Начало этого импульса фиксирует время возникновения регистрируемого события (рис. 6). Для определения времени возникновения событий используются счетчики из мерители времени КС 011 [9]. Один из счетчиков имеет разрешающую способность 1 мкс и сбрасывается в ноль началом каждого импульса "высокой частоты" ускорителя, то есть началом цикла ускорения ионов. Два другие счетчика КС 011 соединены последовательно и образуют один счетчик на 32 разряда. Разрешающая способность второго измерителя времени составляет 100 мкс. Сигнал "перенос", фиксирующий измеренное время, поступает на счетчики со схемы КЛ-202 (рис. 6).

Биты регистра условий [10] КР 005 фиксируют дополнительные признаки регистрируемого события: произошло событие во время существования пучка ускоренных ионов или вне пучка, наличие или отсутствие мажоритарных совпадений ≥ 2 из 3 от кристаллов детектирующего модуля и т. д.

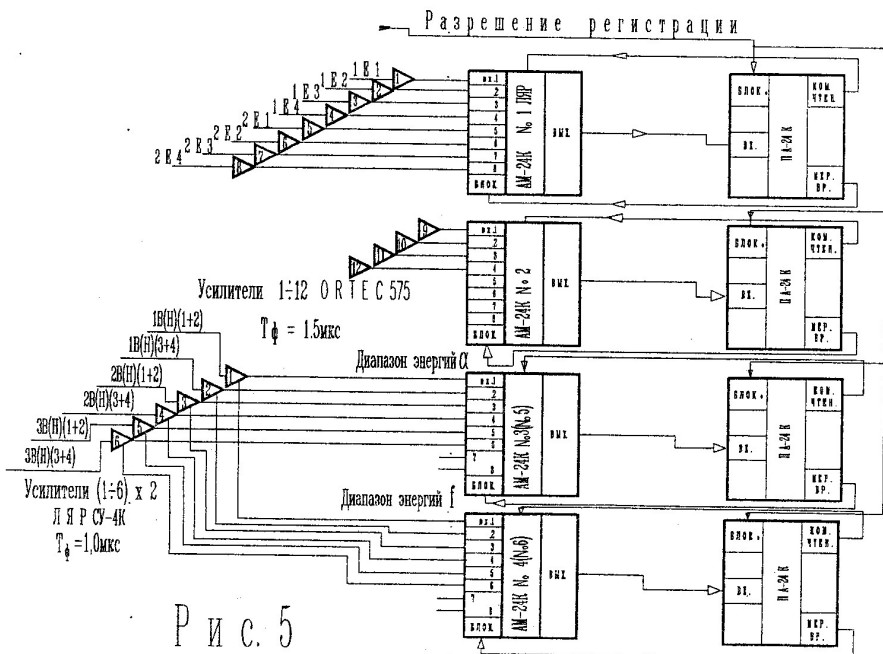


Рис. 5

3. Считывание и накопление данных эксперимента

Размещение блоков в основном крейте оцифраторов представлено на рис. 6. Нижний ряд индр на модулях крейта обозначает номера мультиплекторов, а сверху на модулях обозначены номера (адреса) модулей, к которым обращается контроллер с командами чтения.

Контроллер крейта **КК 202** [11] имеет перепрограммируемую постоянную память с ультрафиолетовым стиранием **Р13У УФ (ЕПРОМ)**. В интегральную микросхему памяти предварительно записываются адреса и суб-адреса станций крейта, подлежащих чтению. Контроллер генерирует только команды чтения и может работать с модулями, имеющими не более четырех субадресов. Каждое слово данных, считанное контроллером, передается им в буферную память, которая размещается в отдельном крейте. На чтение и передачу одного **16** - разрядного слова затрачивается не более **1,5 мкс.**

При каждом запуске контроллера данные, считанные с запрограммированных для чтения модулей, представляют информацию об одном событии. Буферная память накапливает массив заранее определенного числа событий. После накопления этого пакета данных он передается контроллером **КК 012** [12] в память **РС АТ/486**. В качестве буферной памяти используется блок **КЛ 033**, содержащий **4К 16** - разрядных слов [13]. На запись **16** слов одного события в буферную память требуется не более **24 мкс.** Это время сравнимо с временем преобразования аналоговых сигналов. Полное время регистрации одного события не превышает **50 мкс.** Время заполнения всей буферной памяти определяется загрузкой спектрометровских трактов и составляет в наших опытах в среднем несколько секунд, а время передачи пакета данных из буферной памяти в **РС** - около **12 мс.** Комплекс программ для сбора, оперативного анализа и передачи - темной обработки экспериментальных данных представлен в работе [14, 15].

4. Уменьшение времени регистрации событий

Дара отдачи вбиваются в полупроводниковые детекторы, которыми измеряются энергия и координаты ядер отдачи. Далее регистрируются носительные события α - распада или события спонтанного деления этих ядер. События распада прешествуют событиям, в котором регистрируется притет искомого, исследуемого ядра. Мертвое время - время регистрации одного события определяет, прежде всего, возможность системы идентифицировать исходные, несложимые ядра с короткими временами жизни по событиям их распада. Для уменьшения мертвого времени системы регистрации в псе были введен еще один крейт с оцифраторами и контроллером **КК 202**, а в крейт с контроллером **КК 012** введена еще одна буферная память

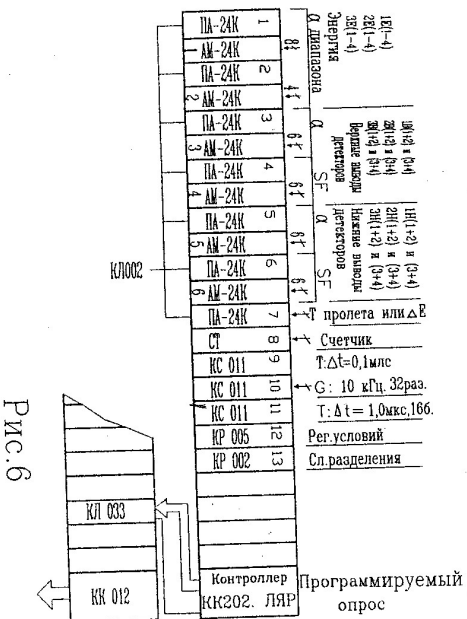
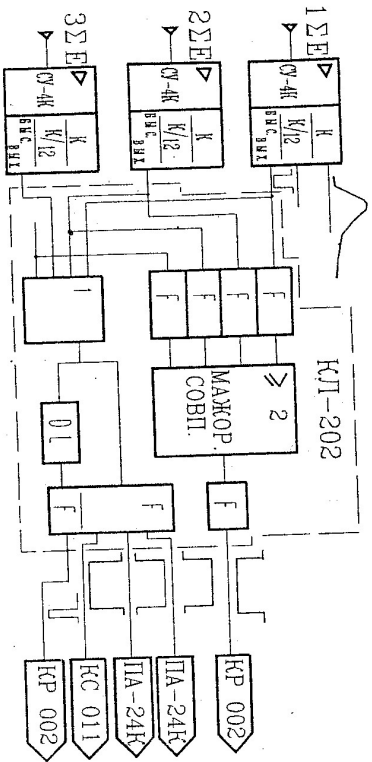


Рис. 6

КП 033. Модулям опифраторов дополнительного крестца разрешена работа только в течение мертвого времени основного крестца. Дополнительный крестец имеет только один счетчик - измеритель времени, который работает с разрывом в основном времени в 1 мкс. Двоичный счетчик СТ в основном крестце (рис. 6) и такой же счетчик в дополнительном крестце регистрируют число срабатываний дополнительного крестца за время набора пакета данных в буферные памяти. По изменению числа в счетчике СТ основного крестца можно определить после какого именно события, зарегистрированного в основном крестце, следует событие, зафиксированное дополнительными крестцами. Буферная память дополнительного крестца переводится в режим чтения сразу после прочтения буферной памяти основного крестца. Счетчики СТ сбрасываются во время чтения буферной памяти дополнительного крестца.

В итоге первый, распад исходного ядра может быть зарегистрирован уже через 7 мкс после начала измерения события прилета этого ядра. Это мертвое время определяется формой спектрометрического импульса в усилителях энергии α - диапазона.

5. Подсистема контроля основных параметров эксперимента

Измерительная система эксперимента содержит модули для автоматического, периодического тестирования основного электронного оборудования системы. Измерительная система включает также автономную контрольно-диагностическую подсистему, которая постоянно оповещает экспериментатора о состоянии основных параметров детектирующего модуля. Контролируются: давление пентана; шум сборки полупроводниковых детекторов; интенсивность срабатывания времяпродолжительного устройства; интенсивность регистрации событий сборкой полупроводниковых детекторов. Подсистема дает возможность экспериментатору постоянно контролировать также ток пучка ионов, интеграл тока, а также измерять периодически энергию ускоренных ионов. Эта же подсистема предоставляет экспериментатору спектр α - частиц с детектора, контролирующего возможное осыпание мишени во время опыта.

6. Развитие измерительно-детектирующей системы

В этой публикации приведен вариант измерительной системы, который использовался в опытах по синтезу и исследованию свойств тяжелых изотопов 108-го и 110-го элементов в 1994 - 1996 годах. К настоящему времени система существенно изменилась.

В детектирующий модуль устанавливаются детекторы, которые уже

начинают эффективность регистрации частиц распада, измеряя энергию α - частиц, вылетающих из детекторов в фокальной плоскости сепаратора. (Дополнительные детекторы обозначены пунктиром на рис. 2). В систему введены и опробованы электронные блоки, обеспечивающие регистрацию часов от восьми дополнительных детекторов, каждый из которых имеет площадь 40 x 40 мм². Изменяется также способ определения вертикальной координаты. Позиционные сигналы будут регистрироваться от каждой из 12-ти резистивных полосок, но число усилителей и опифраторов остается прежним. Это изменение и уменьшение постоянных времени формирования в усилителях сигналов позиции улучшает разрешение по вертикали приблизительно в 2 раза. Изменение способа определения вертикальной координаты потребовало увеличить число входов каждого из амплитудных мультиплексоров до 12, вместо 8. Первый 12-ти входовой мультиплексор опробован в эксперименте. Вводные изменения привели к значительному повышению предельной чувствительности обнаружения событий последовательного распада исследуемых ядер. Введена также возможность спектрометрии с восьми дополнительных трактов, предназначенных для измерения редких событий α - распада после химического выделения активности [16]. Для этой цели предназначен дополнительный восьмиканальный мультиплексор в основном крестце. Последнее изменение связано с потребностью экспериментаторов проводить одновременно с сеансом на *on-line* - сепараторе измерений интересующих активностей, выделяемых химическими методами из специализированных сборников.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yu. A. Lazarev et al., In: Neauy Ion Physics, Scientific Report 1991 - 1992, JINR E7 - 93 - 57, DUBNA, 1993, p. 203.
2. Yu. A. Lazarev et al., Phys. Rev. Lett. v 73, 1994, p. 624.
3. Yu. A. Lazarev et al., Phys. Rev. Lett. v 75, 1995, p. 1903.
4. Yu. A. Lazarev et al., Phys. Rev. Lett. C 54, 1996, p. 620.
5. A. N. Mezentsev et al., In: Neauy Ion Physics, Scientific Report 1991 - 1992, JINR, E7 - 93 - 57, DUBNA, 1993, p. 208.
6. A. N. Кузнецов. Сообщение ОИЯИ Р 13 - 87 - 188 Дубна, 1987.
7. A. N. Кузнецов, В. Г. Субботин. Сообщение ОИЯИ 13-83-67, Дубна, 1983.
8. A. Н. Кузнецов, В. Г. Субботин. Сообщение ОИЯИ 13 - 12953, Дубна, 1979.
9. Н. И. Журавлев и др. Сообщение ОИЯИ 10 - 8754 (Выпуск III), Дубна, 1975, с. 18.
10. Н. И. Журавлев и др. Сообщение ОИЯИ 10 - 8114 (Выпуск II), Дубна, 1974, с. 14

11. А. М. Сухов и др. Сообщение ОИЯИ Р 13 - 96 - 371, Дубна, 1996.
12. В. А. Антохов и др. Сообщение ОИЯИ Р 10 - 90 - 589, Дубна, 1990, с. 20.
13. Н. И. Журавлев и др. Сообщение ОИЯИ Р 10 - 88 - 937, Дубна, 1988, с. 14.
14. А. Ю. Бонюшккина и др. Препринт ОИЯИ Р 10 - 95 - 284, Дубна, 1995.
15. Yu. S. Tsvaganov and A. N. Polujakov, Appl. Radiat. Isot. 47, N 4, p.451 - 454, 1996.
16. А. Н. Кузнецов и др. ПТЭ N 1, с. 36, 1987.

Лазарев Ю.А.] и др.
Система детектирования, измерения
и накопления экспериментальных данных
газонаполненного сепаратора ЛЯР ОИЯИ

P13-97-238

Описаны основные характеристики и особенности детектирующей системы; организация системы усиления, измерения, считывания и накопления данных; подсистема контроля основных технологических параметров экспериментального оборудования опыта. Обсуждается развитие измерительно-детектирующей системы.)

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

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1997

Перевод авторов

Лазарев Ю.А.] et al.
A System for Detection, Measurement and Storage
of the Experimental Data at the Dubna Gas Filled Recoil Separator

P13-97-238

The basic characteristics and features of the detection system; the organization of the amplifying system, measurement, readout and data storage; control subsystem of the basic technology parameters of the experimental equipment are described. The development of the measurement — detection system is discussed.)

The investigation has been performed at the Plovdiv Laboratory of Nuclear Reactions, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, 1997