

сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна

P13-81-858

А.М.Балагуров, В.И.Горделий, Г.Ф.Жиронкин,  
Г.П.Жуков, Г.Н.Зимин, В.Е.Новожилов,  
А.И.Островной, И.М.Саламатин, В.Г.Тишин,  
В.Д.Шибает

ДВУХКООРДИНАТНЫЙ ДЕТЕКТОР  
ДЛЯ НЕЙТРОННОГО ДИФРАКТОМЕТРА  
ПО ВРЕМЕНИ ПРОЛЕТА

2. Электроника и система накопления информации

1981

Для проведения структурных экспериментов на монокристаллах в ЛНФ ОИАИ создан двухкоординатный позиционно-чувствительный нейтронный детектор. Описание конструкции детектора, физических основ работы и результатов испытаний приведено в части 1 этой работы. В настоящей работе описана электроника детектора и система накопления экспериментальной информации.

## 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ДЕТЕКТОРЕ

Двухкоординатный нейтронный детектор /ДНД/ является газовой пропорциональной многонитевой камерой матричного типа. В рабочем объеме детектора находятся три параллельные плоскости натянутых нитей: две катодные, нити в которых идут во взаимно перпендикулярных направлениях, и анодная, расположенная между ними. Анодная нить натянута зигзагообразно с шагом 1 см, катодных нитей по 32 в каждой плоскости, они натянуты с шагом 0,5 см и через многоштырьковые разъемы выведены на 64 усилительных тракта. При взаимодействии нейтрона с  $^3\text{He}$ , которым вместе с  $\text{Ar}$  заполнен объем детектора до давления 6 атм, заряженные продукты ядерной реакции производят ионизацию газа. После газового усиления образовавшийся заряд собирается в некотором месте анодного электрода, а на катодных нитях происходит скачкообразное изменение потенциала обратного знака. В первом приближении можно считать, что величина заряда, введенного на катодных нитях, пропорциональна телесному углу, под которым видна данная нить из точки сбора заряда на аноде. Производя дискриминацию снизу сигналов с катодов, можно выделить группу нитей в каждой плоскости, ближайших к месту захвата нейтрона, и далее определить координаты  $x$  и  $y$  события.

## 2. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОНИКИ ДЕТЕКТОРА И СИСТЕМЫ НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

Детектор используется на дифрактометре по времени пролета на импульсном источнике нейтронов. При этом осуществляется регистрация трехмерных дифракционных спектров, имеющих две позиционные  $x$  и  $y$  и временную  $t$  координаты. Полное число элементов накапливаемой гистограммы экспериментальных данных равно произведению числа каналов по каждой из координат и может составлять величину порядка  $10^6$ . Существенного уменьшения /в  $10 \div 50$  раз/ этой величины можно достичь, если использовать предложенный в работе /1/ способ перекодирования экспериментальных  $(x, y, t)$ -координат в координаты пространства векторов рассеяния и последующим накоплением гистограммы в ячейках этого пространства. Тем не менее полный поток информации остается большим, и требуется принятие специальных мер для ре-

шения проблемы передачи, организации накопления, хранения и оперативной обработки экспериментальных данных. Еще одной специфической особенностью установки является импульсный характер загрузки детектора /временная ширина импульса мощности источника нейтронов составляет  $150 \div 200$  мкс, при интервалах между ними  $200 \div 250$  мс/. Импульсность загрузки, большая рабочая поверхность детектора  $/256 \text{ см}^2/$  и сравнительно высокий средний поток нейтронов на образце  $/\sim 10^7 \text{ н/см}^2/\text{с}/$  предъявляют повышенные требования к быстродействию всех узлов как электроники детектора, так и системы накопления.

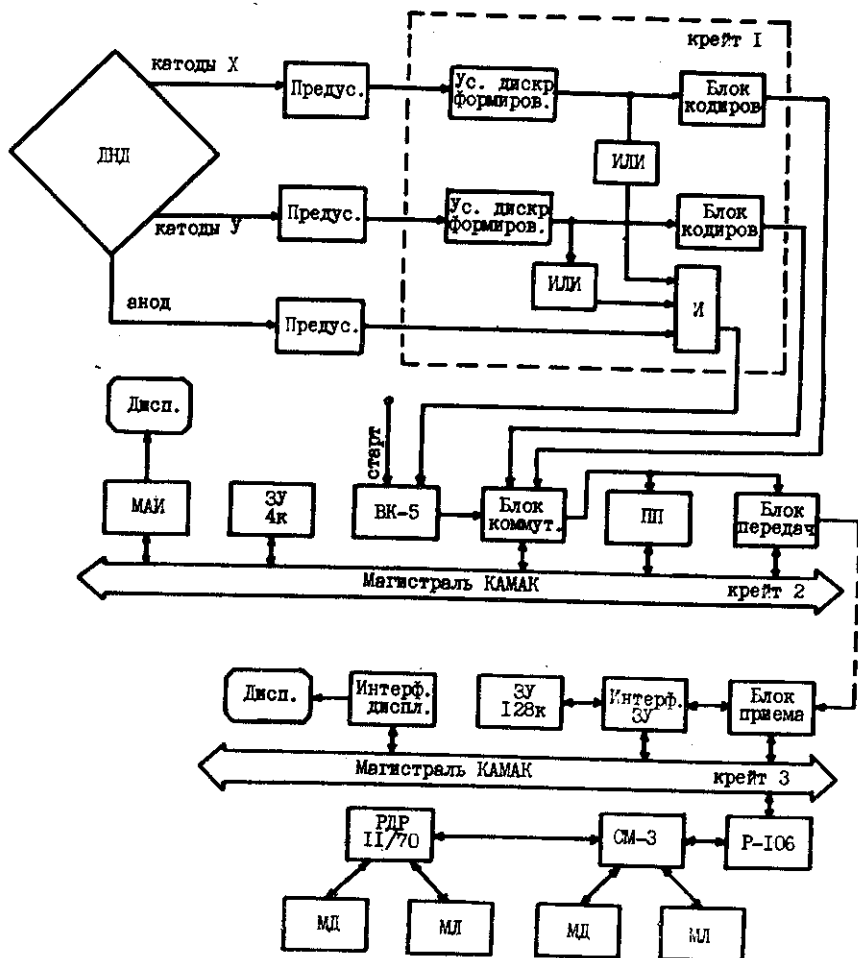


Рис.1. Функциональная схема аппаратуры для регистрации трехмерных дифракционных спектров.

Функциональная схема аппаратуры, применяемой при работе с ДНД, представлена на рис.1. Сигналы с нитей катодных электродов, пройдя через предварительные и основные усилители, дискриминаторы и формирователи, поступают на входы 2 блоков кодирования, функцией которых является определение номеров  $N_x$  и  $N_y$  катодных нитей, ближайших к месту регистрации нейтрона в детекторе. Параллельно сигналы с катодов через схемы "ИЛИ" поступают на схему "И", которая в случае совпадения во времени сигналов с анода и катодов запускает устройство управления, разрешающее работу блоков кодирования и выдающее сигнал для снятия временного кода. Для выработки временного кода используется кодировщик ВК-5/2/, запускаемый сигналом "Старт" синхронно с импульсом мощности реактора. В блоке коммутации из цифровых кодов  $x, y$  и  $t$  - координат образуется 17-разрядное слово, являющееся адресом ячейки магнитного запоминающего устройства /ЗУ/. Передача адреса производится последовательным кодом на расстояние  $\sim 1$  км по двухпроводной линии связи. Для уменьшения мертвого времени системы применено буферное запоминающее устройство /БЗУ/ разравнивающего типа. В блоке приема последовательный код переводится в параллельный, и по каналу непосредственного доступа осуществляется добавление единицы в соответствующую ячейку запоминающего устройства емкостью 128 К. По команде ЭВМ информация из ЗУ может быть просмотрена на графическом дисплее, записана на магнитную ленту или диск и передана на центральную ЭВМ PDP-11/70 для хранения и обработки.

Максимально возможное число позиционных элементов детектора составляет  $2^{10}$  и таким образом при емкости ЗУ 128 К число каналов по времени не может превышать 128. В обычном режиме работы /без перекодирования координат/ этой величины зачастую недостаточно для регистрации данных в требуемом временном интервале. Блок коммутации позволяет выбрать  $2^n$ ,  $n = 1, 2, 3, \dots, 10$  позиционных элементов, и за счет этого увеличить наблюдаемый интервал времени.

### 3. ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА ДЕТЕКТОРА

#### 3.1. Аналоговые тракты

Предварительные каскады усиления сигналов с катодных нитей и анода детектора укреплены непосредственно на задней стенке детектора /8 плат размером 20x9 см, по 8 предусилителей на плате/. Модули, включающие основной усилитель, дискриминатор и формирователь, выполнены в виде блоков в стандарте КАМАК /8 блоков/ и расположены в крейте. Входная часть предусилителей сделана по зарядо-чувствительной схеме на полевом транзисторе КП 303Г /рис.2/. С выхода зарядо-чувствительной секции сигнал подается через дифференцирующую цепочку на усили-

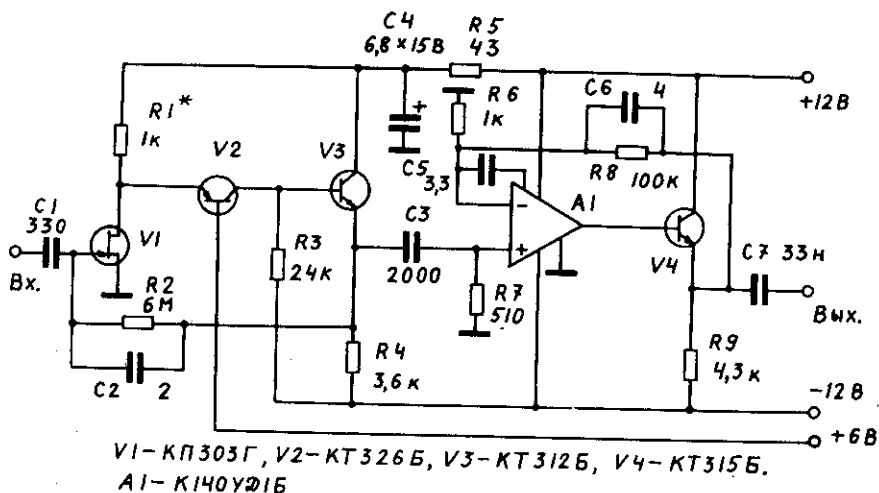


Рис. 2. Принципиальная схема предусилителя.

тельный каскад А1 /операционный усилитель К140 УД1Б/, V4 /КТ 315Б/. На выходе предусилителя напряжение шумов составляет около 50 мВ, величина полезного сигнала зависит от места регистрации нейтрона в детекторе и для ближайших к нему катодов составляет  $0,5 \div 1,2$  В. Длительность сигнала на выходе предусилителя не превышает 3 мкс на уровне 0,1, при фронте нарастания 0,5 мкс. Сигналы с предусилителей передаются на модули усилителей-формирователей по плоскому многожильному кабелю длиной

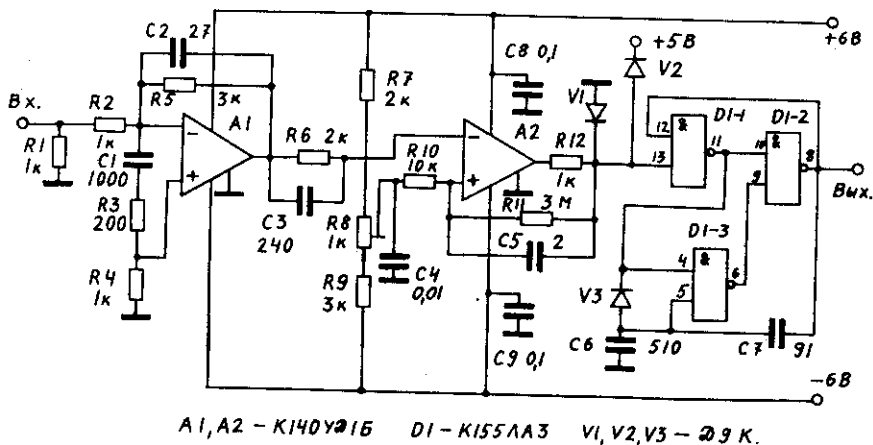


Рис. 3. Принципиальная схема модуля усилителя-дискриминатора-формирователя.

2,5 м. Каждый модуль /рис.3/ состоит из усилителя А1, интегрального дискриминатора А2 и формирователя Д1 /К155ЛА3/. Длительность выходного сигнала составляет 2 мкс. Сигналы с усилителей-формирователей /2 группы по 32/ подаются на входы двух блоков кодирования х и у координат.

### 3.2. Блоки кодирования и коммутации

Функциональная схема блока кодирования представлена на рис.4. Сигналы с нитей записываются во входном регистре и с помощью блока выбора левой границы в группе одновременно сработавших нитей выбирается крайняя левая нить, двоичный код номера которой записывается в регистр результата. В блоке выбора правой границы выбирается крайняя правая нить в этой же группе, и двоичный код ее номера суммируется с предыдущим. При этом, если число одновременно сработавших нитей четно, то к результату суммирования случайным образом прибавляется единица, если нечетно, то добавления единицы не происходит. Результат делится на два путем отбрасывания младшего разряда и является номером средней нити в группе одновременно сработавших. При появлении сигналов от двух или более групп нитей дальнейшее прохождение сигнала блокируется. Таким образом на выходах блоков кодирования образуются два пятиразрядных кода координат точки регистрации нейтрона в детекторе. Эти коды поступают на вход блока коммутации /рис.5/, состоящего из двух одинаковых формирователей I, II и выходного формирователя III, с помощью кото-

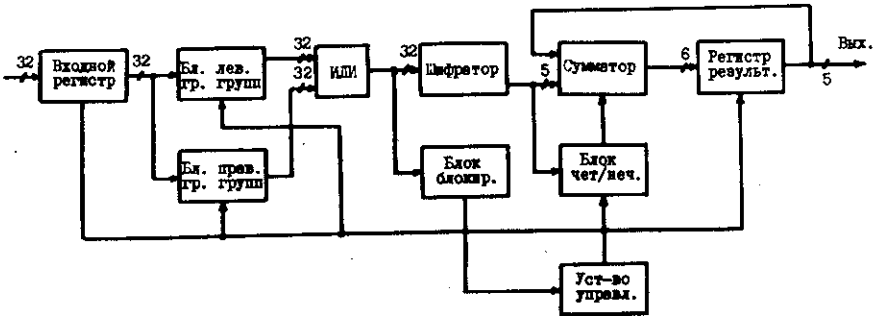


Рис.4. Функциональная схема блока кодирования.

рых задается число разрядов по х и у координатам и формируется слово, являющееся адресом ячейки запоминающего устройства. Посредством переключателей на регистр нижней границы заносится номер начальной нити, а на регистр числового интервала - количество нитей в группе. Информация с детектора регистрируется, если она поступает с нитей, номера которых находятся в заданном интервале. Номер начальной нити может быть любым, от 1

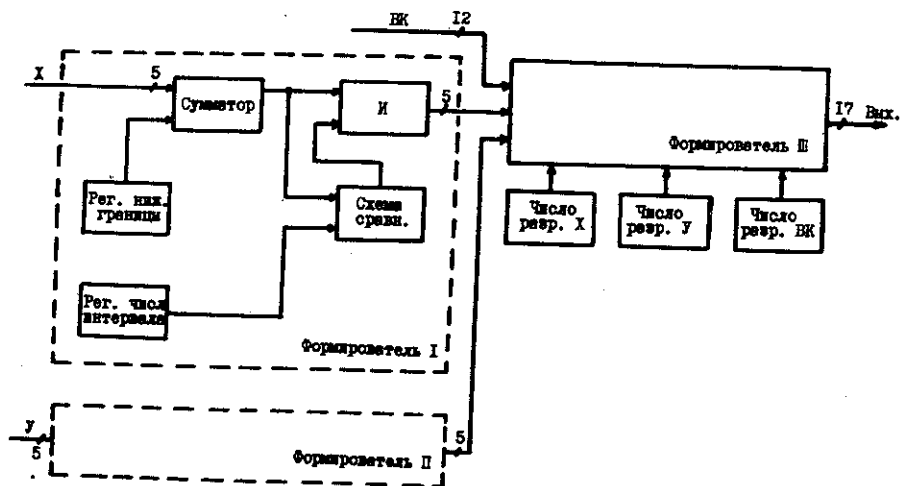


Рис. 5. Функциональная схема блока коммутации.

до 32, а количество нитей в группе составлять  $2^m$ ,  $m = 1, 2, \dots, 5$ . В выходной формирователь III поступают позиционные коды  $N_x$  и  $N_y$  и код  $N_t$  от временного кодировщика, из которых формируется 17-разрядное слово. При фиксированной общей длине слова разрядность отдельных частей может быть  $1 \div 5$  для  $N_x$  и  $N_y$  и  $7 \div 12$  для  $N_t$ . Старшие разряды слова соответствуют коду  $N_y$  и определяют вертикальную координату на детекторе.

Уменьшая число разрядов по  $x$  и  $y$  координатам и выбирая таким образом какую-то часть рабочей площади детектора, можно увеличить  $N_t$ , т.е. расширить интервал времени, в течение которого идет регистрация информации.

#### 4. СИСТЕМА НАКОПЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

При работе детектора на дифрактометре по времени пролета для регистрации трехмерных нейтрограмм основной поток информации регистрировался системой, состоящей из малой ЭВМ и внешней памяти объемом 128 К. Во многом аналогичная система накопления использовалась нами ранее для регистрации двумерных нейтрограмм при работе с однокоординатным детектором /3,4/. Основной особенностью системы является организация непосредственной связи между спектрометрической аппаратурой и запоминающим устройством, не связанным с оперативной памятью ЭВМ. Очевидным преимуществом такой организации является освобождение ЭВМ от рутинных операций процесса накопления и, соответственно, более производительное ее использование для управления экспериментом, просмотра и предварительной обработки информации.

Передача данных от детектора в Измерительный центр ЛНФ, в котором находится ЭВМ СМ-3 с внешней памятью, осуществляется блоками передачи и приема. Параллельный 17-разрядный код с блока коммутации поступает на промежуточную память или, минуя ее, непосредственно на блок передачи, в котором происходит преобразование кода в последовательный. Одновременно с преобразованием информационного кода вырабатываются синхронизирующие импульсы. Оба кода - информационный и синхронизирующий, - по двум коаксиальным кабелям поступают на блок приема, где происходит расшифровка информационного кода и преобразование его в параллельный. Время преобразования параллельного кода в последовательный составляет 36 мкс. В цепи последовательно соединенных блоков мертвое время блока преобразования является наибольшим и именно оно будет определять при отсутствии БЗУ потери информации. Простые подсчеты<sup>/5/</sup> показывают, что в этом случае 3%-ные потери возникают уже при загрузках, не превышающих  $10^3$  имп/с.

Использование БЗУ разравнивающего типа емкостью в 16 слов позволяет довести загрузки по его входу до  $2,5 \cdot 10^4$  имп/с<sup>/6/</sup> /предполагая, что потери происходят только за счет конечной емкости промежуточной памяти и не учитывая мертвого времени входных блоков/.

Емкость БЗУ /16 слов/ выбрана из конструктивных соображений и является избыточной, т.к. мертвое время входных устройств и самого детектора, равное 3 мкс, заставляет снижать загрузки по входу /для получения 3%-ных потерь/ до  $10^4$  имп/с.

Для организации быстродействующего канала связи разработан интерфейс запоминающего устройства<sup>/7/</sup>, обеспечивающий доступ к ЗУ как со стороны спектротрической аппаратуры, так и со стороны ЭВМ через магистраль КАМАК. Интерфейс позволяет подключать к нему до 4 блоков ЗУ СМ 3101 /емкость 32 К 16-разрядных слов, время обращения 1,2 мкс/, применяемых в ЭВМ СМ-3 и СМ-4 в качестве оперативного запоминающего устройства. Доступ ЭВМ к ЗУ, а также к графическому дисплею осуществляется через контроллер крейта типа 106 фирмы POLON посредством стандартной логики процессорного обмена. Программное обеспечение системы осуществляет запуск и остановку процесса накопления информации в ЗУ, запись данных на накопители, визуальный контроль данных, перекачку информации на основную ЭВМ Измерительного центра ЛНФ PDP-11/70 и тестирование оборудования. Для генерации системы программ использованы средства комплекса САНПО<sup>/8/</sup>. Основные функции система выполняет по соответствующим приказам оператора /экспериментатора/. Для сокращения числа приказов некоторые процессы выполняются автоматически, а необходимые приказы лишь иницируют их работу. Визуализация спектров на графическом дисплее осуществляется сегментами по  $1024$  точки. Возможен выбор определенного сегмента или их



просмотр в цикле с задержкой 3с после высвечивания очередного сегмента. При этом цикл по всей емкости ЗУ осуществляется неявно средствами комплекса САНПО<sup>/9/</sup>. Печать информации производится в виде таблиц, представляющих двумерные сечения ( $N_x, N_t$ ) или ( $N_y, N_t$ ) наблюдаемого объема. Перед печатью в режиме диалога задаются границы интервалов по координатам. Обработка дифракционных спектров, т.е. определение положений и интенсивностей дифракционных пиков, осуществляется на ЭВМ PDP-11/70. В настоящее время возможна обработка одномерных и двумерных сечений по программам UPEAK<sup>/10/</sup> и DOMUS<sup>/11/</sup> соответственно. В стадии создания находится программа обработки трехмерных спектров.

## 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные всесторонние испытания показали работоспособность как детектора, так и электронных систем. Матричный принцип определения координат места регистрации нейтрона позволил использовать электронику, отличающуюся простотой, быстродействием и сравнительно небольшим объемом. Организация регистрации информации во внешней памяти по каналу непосредственного доступа увеличила скорость накопления и освободила ЭВМ от рутинных операций. Описанный комплекс оборудования позволяет накапливать экспериментальные данные в виде трехмерных спектров в ЗУ емкостью 128 К слов при средней скорости счета  $\sim 10^4$  н/с. В стадии завершения находится создание устройства перекодирования информации, которое без потерь в скорости накопления позволит существенно расширить возможности применения двухкоординатного детектора для исследования дифракции нейтронов на монокристаллах.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, P14-12840, Дубна, 1979.
2. Барабаш И.П. и др. ОИЯИ, 11-8522, Дубна, 1975.
3. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, P10-80-824, Дубна, 1980.
4. Балагуров А.М. и др. ОИЯИ, P13-80-440, Дубна, 1980.
5. Гольданский В.И., Куценко А.В., Подгорецкий М.И. Статистика отсчетов при регистрации ядерных частиц М., "Физматгиз", 1959.
6. Alexander T.K. et al. CREL-779, Chalk-River, Ontario, 1959
7. Ермаков В.А., Зимин Г.Н., Коберидзе Е.А. ОИЯИ, P13-80-591, Дубна, 1980.
8. Балука Г. и др. ОИЯИ, P10-12960, Дубна, 1980.
9. Островной А.И., Саламатин И.М. ОИЯИ, P10-80-490, Дубна, 1980.
10. Zloказov V.V. Comp.Phys.Comm., 1978, 13, p. 389.
11. Zloказov V.V. Comp.Phys.Comm., 1979, 18, p. 281.

Рукопись поступила в издательский отдел  
30 декабря 1981 года.