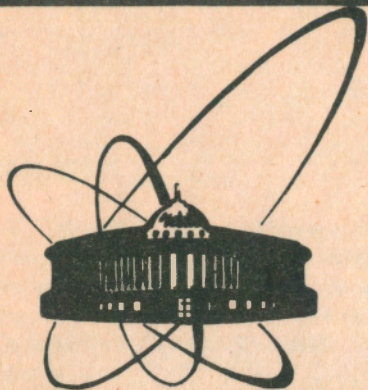


90-88

е
ф



сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

Б 24

P10-90-88

И.П.Барабаш, Г.Ф.Жиронкин, В.Е.Новожилов,
А.И.Островной, В.Д.Шibaев

АППАРАТУРА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ
В КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕДАХ
МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ НЕЙТРОНОВ

1990

ВВЕДЕНИЕ

В ЛНФ ОИЯИ разработана методика проведения дифракционных экспериментов в реальном масштабе времени на импульсном источнике нейтронов ИБР-2, с помощью которой возможно изучение переходных процессов с характерным временем от нескольких секунд до десятков минут. К таким процессам относятся, например, изменения структуры образцов под воздействием температуры - процессы "спекания", химические реакции и др.

В работе /1/ показана возможность исследования с достаточной статистической точностью быстротекущих процессов с временем экспозиции кадра двести миллисекунд. Использование нескольких детекторов в этом случае позволяет наблюдать переходные процессы с эффективным временным шагом слежения 300 микросекунд.

В ходе эксперимента информация о дифракционных спектрах исследуемых образцов накапливается в промежуточном запоминающем устройстве /ЗУ/. Весь объем ЗУ разбивается на области, называемые кадрами, в каждой из которых определенное время /время экспозиции кадра/ накапливаются спектры от исследуемого образца с одного или нескольких детекторов. Таким образом происходит последовательное заполнение всего ЗУ этими кадрами. Анализ дифракционных спектров последовательности кадров позволяет исследовать динамику изменений структуры образцов во времени.

В данной работе описаны организация накопления и некоторые электронные блоки системы, позволяющей проводить исследования динамики переходных процессов с использованием нескольких детекторов и с экспозицией кадра от 200 миллисекунд /частота нейтронных вспышек реактора ИБР-2/ и более.

ОПИСАНИЕ СИСТЕМЫ

Функциональная схема системы представлена на рис. 1. Она содержит до 32 нейтронных газовых детекторов типа СММ, сигналы с которых, усиленные предусилителями-формирователями и преобразованные блоком передачи в NIM-уровни, передаются на расстояние ~500 м в измерительный центр ЛНФ. В блоке приема с гальванической развязкой по входу сигналы преобразуются в сигналы TTL-уровня и поступают в кодировщик номера детектора /КНД/, прототипом которого является КНД, описанный в литера-

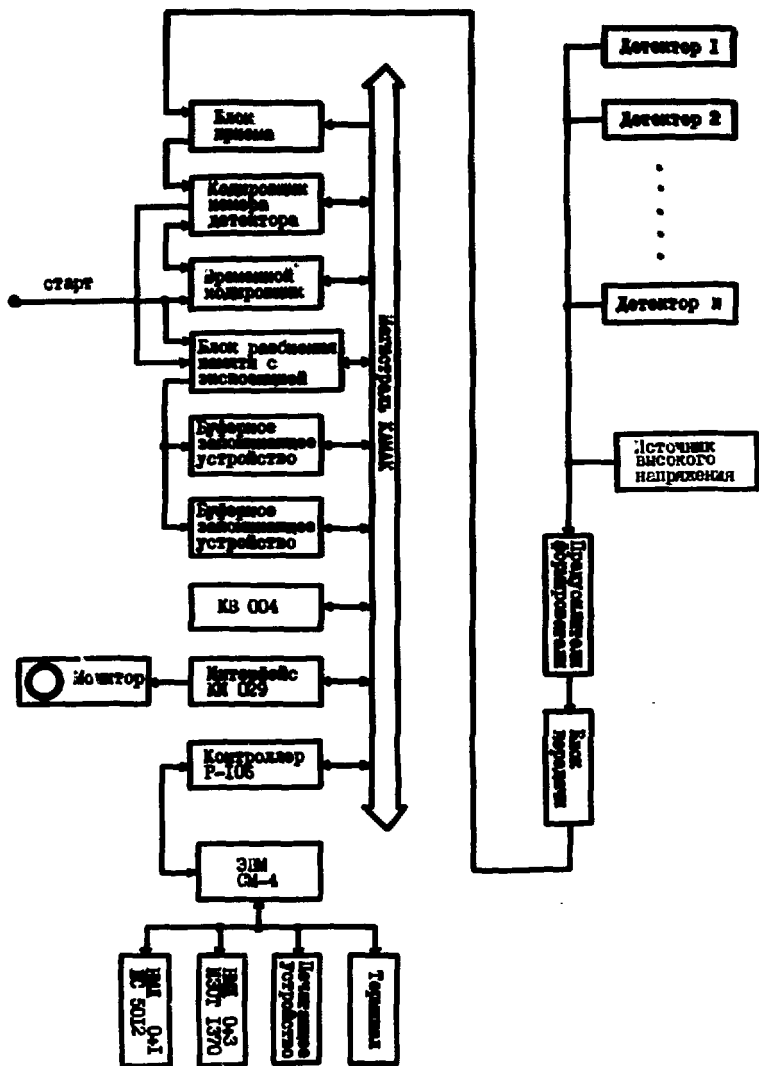


Рис. 1. Блок-схема аппаратуры для исследования переходных процессов.

туре^{/2/}. В КНД формируется детекторный сигнал, по которому регистрируется код во временном кодировщике^{/3/}, запускаемом синхронизованным со вспышкой нейтронного реактора стартовым сигналом. Временной код по внешней шине поступает в КНД, в котором формируется двухпараметровые коды номера детектора и времени.

Далее информация накапливается в последовательных областях /кадрах/ в буферном запоминающем устройстве /ЗУ/. Время накопления /экспозиция/ t_s , адресное поле Π задаются блоком разбиения памяти с экспозицией /БРПЗ/. Объем ЗУ может составлять до 256К слов^{/4,5/}.

Адресное поле кадра Π определяется числом используемых детекторов N_d и числом временных каналов N_t как

$$\Pi = N_d * N_t. \quad /1/$$

Максимальное число кадров K в ЗУ объема M слов равно

$$K = \frac{M}{N_d * N_t}, \quad /2/$$

Время T заполнения ЗУ равно

$$T = K * t_s = K * n * t, \quad /3/$$

где t - период тактируемых импульсов /импульсов старта реактора/, n - число тактируемых импульсов для одного кадра.

По заполнении буферного ЗУ устройство БРПЗ генерирует сигнал запроса $L_{устр.}$, в результате обработки которого программа считывает через магистраль КАМАК данные из ЗУ и сохраняет их в виде файлов на магнитном диске или ленте. Для исследования медленных процессов выход БРПЗ соединяется с входом ЗУ, и на время записи файлов накопление приостанавливается. Для исследования быстроизменяющихся процессов выход БРПЗ соединяется с входами двух ЗУ, и накопление информации производится попеременно в одно из двух ЗУ. Управление ЗУ осуществляется программным способом. Пока данные накапливаются в одном ЗУ, информация из другого записывается на магнитную ленту^{/6/}.

В качестве управляющей ЭВМ в течение ряда лет применялась СМ-4 с двумя дисками и двумя магнитофонами^{/6/}. С октября 1989 года установка работает с ЭВМ РС/АТ, расположенной непосредственно возле дифрактометра.

Основные параметры системы

- | | |
|---|----------------|
| 1. Число детекторов | до 32 |
| 2. Число временных каналов | от 128 до 4096 |
| 3. Максимальный объем ЗУ | 256К |
| 4. Число кадров | от 1 до 1024 |
| 5. Экспозиция одного кадра
/число периодов тактовых импульсов/ | от 1 до 65536 |
| 6. Объем адресного поля кадра ЗУ /слов/ | от 256 до 64К |
| 7. Частота регистрации событий /МГц/ | до 5 |

АППАРАТУРА

Функциональная схема усилителя-формирователя для нейтронных детекторов с умеренными требованиями к параметрам усилителя представлена на рис. 2. Усилитель собран на транзисторе Т1 и усилителе М1-1. С помощью R4, C4 устанавливаются коэффициент усиления по переменному току в диапазоне 100:200 и постоянная времени дифференцирования $\tau = 2$ мкс. Аналоговый сигнал с выхода эмиттерного повторителя Т2 используется для настройки и контроля спектрометрического канала. Спротивлением R13 устанавливается порог интегрального дискриминатора М2-1. Одновибратор М3-1 формирует сигнал длительностью $\sim 0,3$ мкс, который через буферный инвертор М4-1 поступает на выход устройства.

Функциональная схема кодировщика номера детектора /КНД/ представлена на рис. 3. Переключателем П2 осуществляется выбор режима управления КНД либо от ЭВМ, либо автономно. Устройство работает следующим образом.

Детекторные сигналы во временные интервалы измерения поступают на установочные входы регистра 1. При наличии детекторного сигнала $D_{вк}$ временной код с временного кодировщика совместно с сигналом запроса $L_{вк}$ поступает в КНД. Если значение адресного регистра, выполненного в виде счетчика, не максимумально, то формирователь управляющих импульсов устанавливается в режим записи информации. При этом в промежуточном запоминающем устройстве /ЗУ 1/ регистрируется позиционный код номеров сработавших детекторов, а в ЗУ 2 - код с временного кодировщика. Значение адресного регистра инкрементируется и снимается сигнал запроса $L_{вк}$.

Далее при отсутствии следующего сигнала запроса $L_{вк}$ осуществляется чтение последнего записанного слова из ЗУ в регистры 2, 3. Приоритетной схемой пропускания выделяется старший значащий разряд позиционного кода детектора и шифратором преобразуется в двоичный код. Совместный код номера детектора

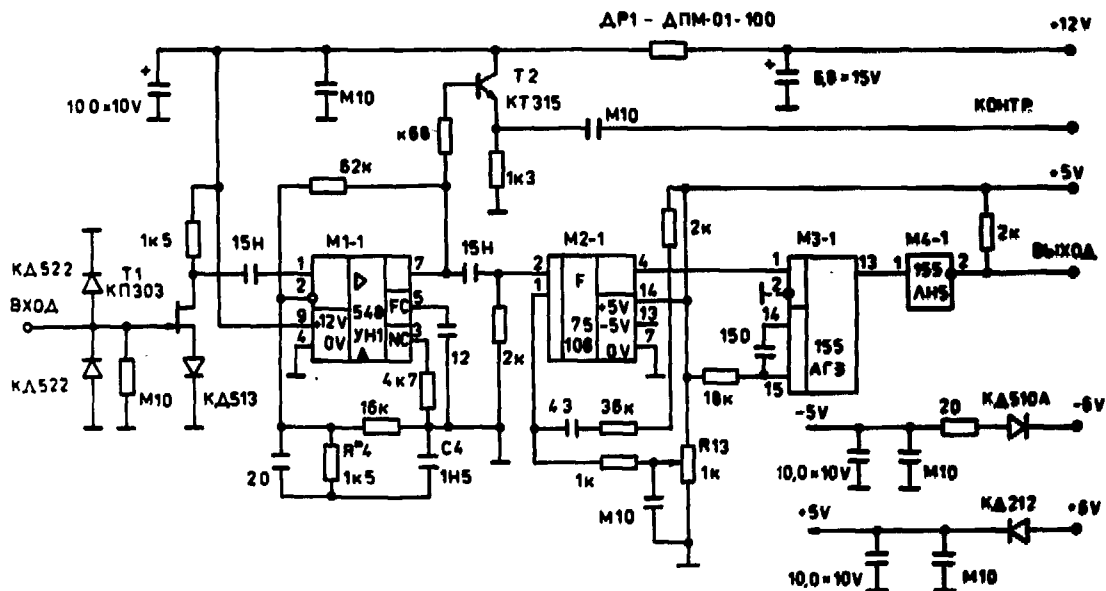


Рис. 2. Функциональная схема предусилителя-формирователя.

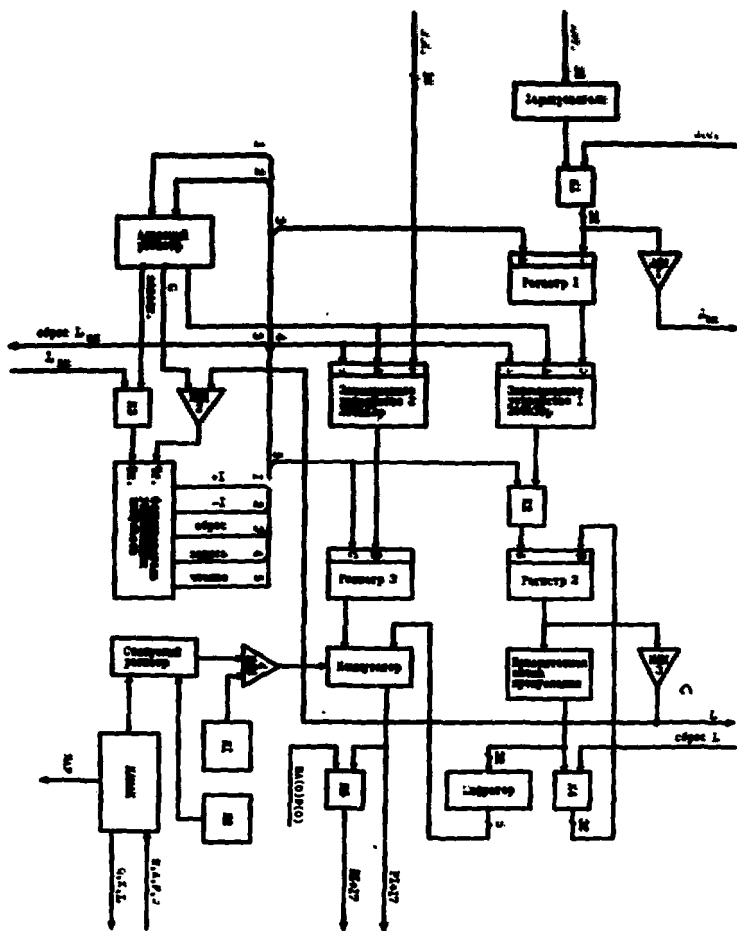


Рис. 3. Функциональная схема кодировщика номера детектора.

и времени через коммутатор поступает на внешнюю шину или шину КАМАК. При этом устанавливается сигнал запроса КНД L.

После записи во внешнее запоминающее устройство по сигналу сброс L обнуляется старший значащий разряд регистра 2. Приори-

тетной схемой пропускания выделяется следующий старший значащий разряд регистра 2, и процесс обработки при отсутствии сигнала запроса $L_{\text{ЗК}}$ продолжается.

При нулевом значении всех разрядов регистра 2 отключается сигнал запроса L и, при отсутствии сигнала $L_{\text{ЗК}}$, декремантируется значение адресного регистра и осуществляется чтение следующего слова $3U$. Процесс обработки повторяется до полного обнуления адресного регистра включительно. При нулевом значении всех разрядов регистра 2 и адресного регистра отключается сигнал запроса L , и блок ожидает сигнала $L_{\text{ЗК}}$.

Для формирователя управляющих импульсов приоритетным является запрос $L_{\text{ЗК}}$, и только при максимальном значении адресного регистра приоритетным становится запрос L .

Коммутатором, управляемым переключателем Π или соответствующими разрядами статусного регистра, пропускаются временные коды заданной разрядности и формируется двухпараметровый код времени и номера детектора.

Блок выполняет следующие команды с магистрали КАМАК:

- NA(0)F(0) - чтение выходной информации,
- NA(0)F(1) - чтение статусного регистра,
- NA(0)F(8) - проверка запроса LAM ($Q = L$),
- NA(0)F(9) - обнуление адресного регистра,
- NA(0)F(18) - запись в статусный регистр.

Значение разрядов статусного регистра:

- 1 разряд - 0/1 - запрет/разрешение запроса LAM: по шине КАМАК/ по внешней шине,
- 2 разряд - запрет/разрешение регистрации детекторных сигналов,
- 3 ÷ 5 разряды - выбор разрядности временных кодов /от 7 до 12 разрядов/.

КНД выполнен в виде блока КАМАК шириной 3 м на трех платах и содержит около 150 микросхем средней степени интеграции. Промежуточное запоминающее устройство выполнено на микросхемах 155PY5.

Функциональная схема блока разбиения памяти с экспозицией /БРПЭ/ представлена на рис. 4. Устройство работает следующим образом.

Переключателем Π 3 осуществляется выбор режима управления БРПЭ либо от ЭВМ, либо автономно. По команде NA(0)F(16) или с помощью переключателя Π 1 в регистр 1 записывается значение коэффициента пересчета счетчика 1 /время экспозиции кадра/.

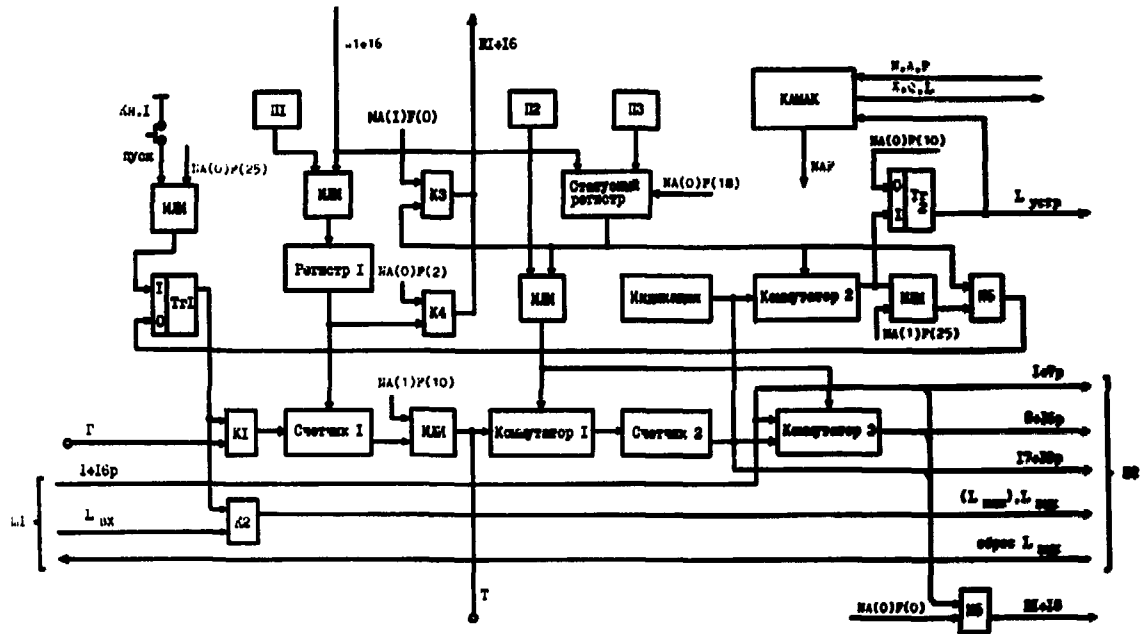


Рис. 4. Функциональная схема блока разбиения памяти с экспозицией.

После сигнала запуска по команде NA(0)F(25) или от кнопки Кн.1 разрешается прохождение через схемы пропускания K1 и K2 сигналов запроса на внешнее устройство и импульсов с внешнего генератора на вход счетчика 1. Импульсы переключения кадров с выхода счетчика 1 через коммутатор 1 поступают на вход соответствующего разряда счетчика кадров 2, значение которого индицируется на передней панели. Коммутатор 3 подключает на выходной разъем Ш2 /или шины КАМАК/ соответствующие разряды счетчика 2 или разряды кодов входной информации. Управление коммутаторами 1 и 3 осуществляется переключателем П2 или соответствующими разрядами статусного регистра. Последний управляет также коммутатором 2, задающим максимальное адресное поле ЗУ, что позволяет использовать память разных объемов.

Сигналы переключения кадров с выхода счетчика 1 поступают также на внешний разъем. Возможно переключение кадров по команде NA(1)F(10).

После заполнения ЗУ устанавливается сигнал запроса устройства Лустр. и блокируется запрос L_{вх} до появления следующего сигнала пуска БРПЭ. При накоплении информации поочередно в два ЗУ блокировки запроса L_{вх} может не происходить, а по сигналу Лустр осуществляется управление регистрацией событий соответствующим ЗУ.

Блок выполняет следующие команды с магистрали:

- NA(0)F(0) - чтение выходной информации,
- NA(1)F(0) - чтение статусного регистра,
- NA(0)F(2) - чтение регистра экспозиции кадра,
- NA(0)F(8) - проверка запроса LAM (Q = L),
- NA(0)F(10) - сброс LAM,
- NA(1)F(10) - инкрементация счетчика кадров,
- NA(0)F(16) - запись в регистр экспозиции кадра,
- NA(0)F(18) - запись в статусный регистр,
- NA(0)F(25) - пуск измерений,
- NA(1)F(25) - остановка измерений.

Значения разрядов статусного регистра:

- 1 разряд - 0/1 - запрет/разрешение запроса LAM: по шине КАМАК/по внешней шине,
- 2 ÷ 5 разряды - выбор числа разрядов кодов входной информации /от 8 до 16 разрядов/,
- 6 ÷ 7 разряды - выбор объема ЗУ от 32К до 256К,
- 8 разряд - режим измерений без/с остановкой по переполнении ЗУ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ

С помощью описанной системы в течение нескольких лет на реакторе ИБР-2 проводятся исследования переходных процессов

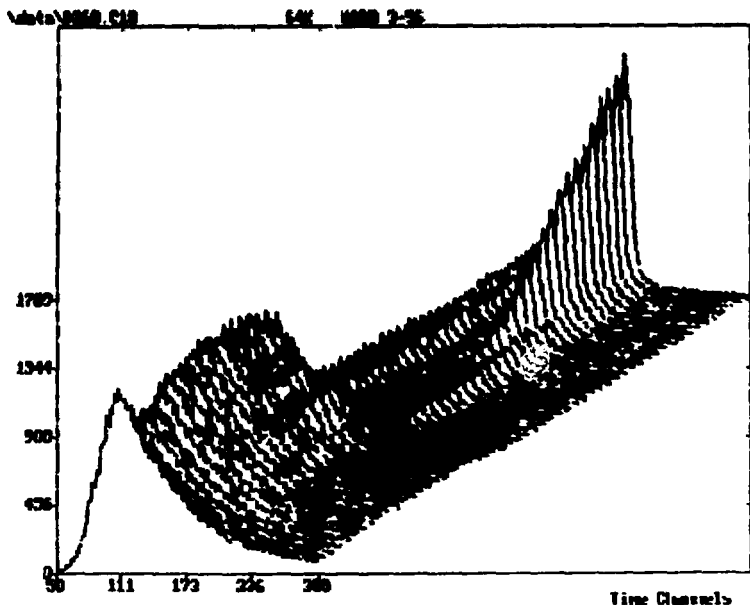


Рис. 5. Последовательность дифракционных спектров, измеренная с одного детектора в ходе синтеза $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$.

методом дифракции [7]. В частности, выполнены уникальные эксперименты в реальном масштабе времени по изучению процесса синтеза высокотемпературного сверхпроводника $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ [8] наблюдению нейтронограмм за одну вспышку мощности реактора и др. На рис. 5 приведена впервые полученная последовательность дифракционных спектров с одного детектора в процессе синтеза соединения $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_x$ в виде последовательности кадров с пятиминутной экспозицией каждого кадра. На рис. 6 приведен фрагмент последовательности четырех кадров от трех одновременно работающих нейтронных детекторов, расположенных на углах рассеивания 2θ , равных 160, 170 и 20 градусов.

Скорость передачи информации в системе определяется в основном скоростью записи на магнитную ленту. В таблице приведены данные, характеризующие время заполнения ЗУ различных объемов и время записи на магнитную ленту с использованием накопителя типа НМЛ-ЕС 5012. Накопление информации проводилось с экспозицией кадра 200 мс и объемом кадра 1К слов с использо-

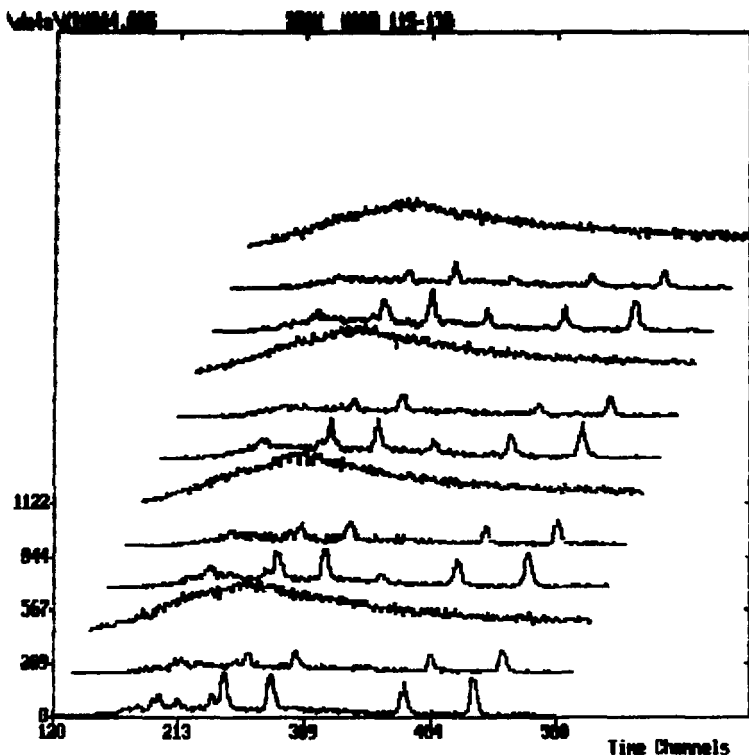


Рис. 6. Последовательность четырех дифракционных спектров с трех детекторов.

ванием двух попеременно работающих внешних накопителей и программного обеспечения, описанного в работе^{6/}.

По данным таблицы и формуле /1/ можно оценить максимально возможное количество детекторов и временных каналов для проведения экспериментов без потерь информации из-за ограниченной скорости ее передачи. Так, например, при экспозиции кадра 200 мс, использовании ЗУ объемом 256К слов и использовании одного детектора максимально возможное число временных каналов равно 2048, при использовании четырех детекторов - 512 каналов и т.д.

Таблица

Объем ЗУ	32К	64К	128К	256К
Время заполнения ЗУ T, с	6,4	12,8	25,6	51,2
Время записи на магнитную ленту, с	3,7	6,8	12	20
Время стирания ЗУ, с	-	-	-	2,5

Авторы благодарны А.М.Балагурову и Г.М.Мироновой за поддержку и внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г.М.Миронова - ОИЯИ, P13-326, Дубна, 1988.
2. И.П.Барабаш и др. - ОИЯИ, 10-9154, Дубна, 1975.
3. И.П.Барабаш и др. - ОИЯИ, 10-84-158, Дубна, 1984.
4. Ермаков В.А. и др. - ОИЯИ, P10-88-434, Дубна, 1988.
5. В.А.Вагов и др. - ОИЯИ, 13-89-131, Дубна, 1989.
6. А.М.Балагуров и др. - В сб.: XIII Международный симпозиум по ядерной электронике. ОИЯИ, D13-88-938, Дубна, 1989, с.264.
7. А.М.Балагуров и др. - ОИЯИ, P3-89-601, Дубна, 1989.
8. А.М.Балагуров и др. - ОИЯИ, P14-89-776, Дубна, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел
9 февраля 1990 года.