

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

A 91

P10-87-275

**А.Я.Астахов, Д.Бенце, Я.Вег, А.Кишварди,
Г.Нитрай, Л.М.Сороко**

**ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА
И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МЕЗООПТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ-МИКРОСКОПА
ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ**

1987

1. ВВЕДЕНИЕ

Конструкция и принцип действия мезооптического Фурье-микроскопа /МФМ/ для ядерной фотоэмульсии описаны в /1/. Связь между расположением прямых следов частиц в пространстве и мезооптическими сигналами на выходе МФМ дана в /2/. В работе /3/ приведены результаты полуавтоматических измерений прямых следов частиц при помощи МФМ с разрешением по радиальной координате около 60 мкм. В /4/ было показано, что высококачественное мезооптическое зеркало, изготовленное из металла методом прецизионного алмазного точения, образует мезооптическое кольцо шириной 1,5 мкм. Расчеты геометрических aberrаций в меридиональном сечении мезооптического зеркала МФМ, проведенные в /5/, подтвердили, что каустическое размытие мезооптического изображения прямого следа частицы в МФМ составляет не более 1 мкм в пределах рабочего участка в виде квадрата в меридиональном сечении размером 0,4x0,4 мм.

В настоящей работе описаны электронная аппаратура и программное обеспечение, которые были использованы в экспериментах на МФМ с автоматической записью сигналов от прямых следов частиц с минимальной ионизацией. Рассмотрены структура информации на выходе МФМ о положении прямого следа частицы в пространстве и алгоритм съема указанной информации. Описаны устройства для перемещения кареток МФМ и для поворота платформы оптического интерфейса МФМ. Приведены дополнения к библиотеке стандартных программ языка Фокал-71, которые использовались в экспериментах, а также программа обработки мезооптических изображений прямых следов частиц.

2. СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИИ НА ВЫХОДЕ МФМ

Информация о положении прямого следа частицы в пространстве состоит из следующих данных: а/ декартовых координат центров тяжести двух мезооптических изображений /левого и правого/ в системе координат, привязанной к матрице прибора с зарядовой связью /ПЗС/; б/ декартовых координат X и Y положения кареток МФМ; в/ угла ориентации платформы оптического интерфейса МФМ относительно отсчетного значения. В описываемых экспериментах использовался одноплечный оптический интерфейс. Поэтому изме-

режиме двух мезооптических изображений прямого следа ведут последовательно. Сначала обмеряют левое, а затем, после поворота платформы оптического интерфейса на угол 180° , правое мезооптическое изображение. Кроме указанной выше координатной информации, мы фиксировали также площадь светлого пятна и длину мезооптического изображения вдоль угловой координаты, которые выражались в числе ячеек матрицы ПЗС. Положение центра светлого пятна, его длина и площадь определялись программным путем. Процесс перемещения кареток МФМ с выводом заданной точки ядерной фотоэмульсии на оптическую ось МФМ проводился также программным путем. Электронное устройство для перемещения кареток обеспечивало точность выведения $\pm 2,5$ мкм.

3. ЭЛЕКТРОННАЯ АППАРАТУРА

На рис. 1 приведена блок-схема электронной аппаратуры МФМ. В описываемой серии экспериментов была использована ЭВМ ТРА-1/6/ с памятью 16К 12-разрядных слов, дисплей VT-340 и устройство ввода программ с перфоленты. В крейте КАМАК, подключенном к ЭВМ при помощи контроллера КК типа САМ 1.02.77, располагалась электронная аппаратура управления перемещением кареток, схема и накопления данных с выхода МФМ. Каждая из двух измерительных кареток X, Y оснащена датчиком положения $ДП_{X, Y}$ с ценой отсчета 2,5 мкм, приводным двигателем постоянного тока $Д_{X, Y}$, блоком регистрации координат $БРК_{X, Y}$, блоком привода $БП_{X, Y}$ и выносным пультом $ВП_{X, Y}$. Платформа оптического интерфейса, на которой расположена матрица ПЗС, оснащена датчиком угла поворота платформы $ДП_\theta$ с ценой отсчета $5,4^\circ$, приводным двигателем постоянного тока $Д_\theta$, блоком регистрации угла поворота $БРК_\theta$, блоком привода $БП_\theta$ и выносным пультом $ВП_\theta$.

Изображение с матрицы ПЗС, содержащей 232 ячейки в каждой из 144 строк, передают в ЭВМ в закодированном виде с использованием двух уровней квантования. В память ЭВМ поступают координаты тех ячеек строк, где происходит переход с одно-

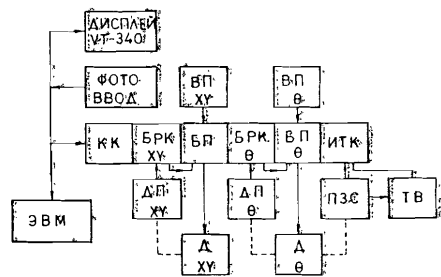


Рис. 1. Блок-схема электронной аппаратуры мезооптического микроскопа /МФМ/ для ядерной фотоэмульсии.

го уровня квантования на другой. Предусмотрены два режима передачи данных в ЭВМ в зависимости от положения переключателя на передней панели электронного интерфейса телевизионной камеры /ИТК/. В первом режиме запись ведут непосредственно в память ЭВМ по программному каналу в формате:

$N_{стр}, N_1, K_1, N_2, \dots, K_5, N_{стр}, \dots, МК,$ /1/

где $N_{стр}$ - код номера строки, N, K - координаты начала и конца изображения в строке. МК - код признака конца массива. Работа блока ИТК в этом режиме описана в [9]. Во втором режиме используется промежуточный блок памяти объемом 2К байт в ИТК.

Для реализации второго режима работы в блок ИТК введены дополнительно следующие команды:

- F(2).N.A(0) - чтение байта из промежуточной памяти в ЭВМ;
- F(8).N.A(0) - проверка запроса L, который вырабатывается при записи информации в промежуточную память и удерживается до тех пор, пока не будут считаны все данные, $Q = L$;
- F(10).N.A(0) - сброс запроса L;
- F(16).N.A(0) - запись байта в промежуточную память с магистралей КАМАК /шины W1-W8/;
- F(17).N.A(0) - имитация сигнала "конец кадра";
- F(24).N.A(0) - запрет записи в промежуточную память;
- F(25).N.A(0) - установка запроса L;
- F(26).N.A(0) - разрешение записи в промежуточную память.

Массив данных записывается в промежуточной памяти в следующем формате:

$ПС_{тр}, N_{стр}, N_1, K_1, \dots, K_5, PS_{тр}, \dots, ПК,$ /2/

где $ПС_{тр}$ - признаки строки, $N_{стр}$ - код номера строки, N_i, K_i - координаты начала и конца изображений в строке, $i = 1, \dots, 5$; ПК - признак конца кадра.

4. УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ КАРЕТОК И ПОВОРОТА ПЛАТФОРМЫ ОПТИЧЕСКОГО ИНТЕРФЕЙСА МФМ

Для поступательного перемещения кареток X, Y вместе с ядерной фотоэмульсией и для поворота платформы оптического интерфейса МФМ было разработано специальное электронное устройство, блок-схема которого приведена на рис. 2. Оно содержит следующие элементы: датчик 1, ПЗУ 2, одновибратор 3, реверсивные счетчики 4 и 14, счетчик 5, триггер 6, элемент "И" 7, блок импульсов интервала 8, группа элементов "И" 9, элемент задержки 10, исполнительный элемент 11, датчик положения 12, элементы "ИЛИ" 13, схема сравнения 15, элемент "И" 16.

ческого интерфейса позволяет выводить каретки в заданную точку ядерной фотоэмульсии с точностью $\pm 2,5$ мкм.

5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программное обеспечение МФМ позволяет вести диалоговый режим работы, обладает достаточной универсальностью и дает высокое быстроедействие. Оно построено на стандартном для ЭВМ ТРА-1 диалоговом языке Фокал-71^{10/}. Программы, которые дополняют библиотеку стандартных функций Фокал-71, написаны на ассемблере. Операции управления узлами МФМ и первичную обработку данных осуществляют с помощью следующих команд Фокала:

5.1. FXTB(DX), FYTB(DY), и FFI(D0) - перемещение кареток X и Y, а также поворот платформы оптического интерфейса на заданное число единиц отсчета углового датчика.

5.2. FRTV(N) - запись в память ЭВМ содержимого промежуточной памяти интерфейса телевизионной камеры, где N - адрес, с которого начинается запись изображения. Эта команда также подсчитывает число переписанных машинных слов.

5.3. FCNV(N, NA) - преобразование данных, считанных с телевизионной камеры, содержащей матрицу ПЗС, в форму с плавающей запятой. Эта команда выполняет последовательное, начиная с адреса N, преобразование кодов и запись их в память ЭВМ, начиная с адреса NA. Количество указанных преобразований определяется командой FRTV.

5.4. FCMC - выполнение стандартных операций КАМАК. Команда FCMC(C, N, A, F) выполняет операцию F в блоке КАМАК, который задается кодом CNA. Если F - команда записи, то исходная команда задается в виде FCMC(C, N, A, F, AC), где AC - записываемый код. Если CNA заданы ранее, то до изменения этих кодов достаточно задать только F и AC.

5.5. FDSP - вывод графических изображений на черно-белый монитор, который подключен к ЭВМ ТРА-1 через интерфейс PE10-F^{10/}. Изображение на мониторе состоит из 240x180 элементов. Для хранения изображения в памяти ЭВМ выделено 3600 слов. Приведем некоторые примеры использования команды FDSP:

FDSP(-1) - стирание изображения путем записи нулей во всех ячейках памяти ЭВМ, выделенной для хранения изображения на мониторе;

FDSP(-2) - инверсия изображения путем замены 0 на 1 или 1 на 0 во всех ячейках памяти изображения;

FDSP(X,Y,1) - подсветка элемента с координатами X, Y;

FDSP(X,Y,0) - гашение элемента с координатами X, Y;

FDSP(X,Y,-1) - инверсия элемента с координатами X, Y.

5.6. FCHK - проверка или изменение содержимого любой ячейки памяти ЭВМ. Например, команда FCHK(AD, C) выполняет запись кода C в ячейку AD.

5.7. FUSR(AD, []) - выполнение подпрограмм, написанных на автокоде, с последующим возвращением в Фокал. AD - адрес начала подпрограммы, а при необходимости дополнительные параметры должны быть заданы в поле []. Так, например, изображение, считанное с интерфейса телевизионной камеры, для визуального контроля может быть выведено на монитор при помощи подпрограммы TVDSP, которая написана на ассемблере. Активизацию подпрограммы производят командой FUSR.

Поиск прямых следов частиц на заданном участке ядерной фотоэмульсии в заданном интервале углов ориентаций и анализ мезооптических изображений состоит из следующих операций:

а/ вывод X и Y кареток в заданную область ядерной фотоэмульсии при помощи команд FXTB и FYTB;

б/ установка считывающей матрицы ПЗС в заданный угол ориентации при помощи команды FFI;

в/ ввод в память ЭВМ телевизионного изображения мезооптических сигналов при помощи команды FRTV и отображения его на мониторе;

г/ оценка числа следов частиц в изображении, вычисление центра тяжести, площади и длины мезооптического сигнала;

д/ запись данных о прямых следах частиц в виде сводной таблицы с указанием номера следа частицы, координат кареток и угла ориентации оптического интерфейса, координат центра тяжести мезооптического сигнала, его площади, а также его длины вдоль угловой координаты.

Рассмотрим более подробно процесс анализа телевизионного изображения /операция "г"/. Из массива данных /1/ или /2/, состоящего из элементов строки матрицы мезооптических изображений прямых следов частиц, выделяют те элементы, которые имеют общие точки на двух соседних строках. Таким образом находят связанные объекты, каждый из которых указывает на существование следа частицы.

Анализ данных из массива производят последовательно. Сначала обрабатывают элементы двух соседних строк, для выявленных связанных объектов вычисляют их площади, центры тяжести и другие характеристики, которые выражают числом элементов матрицы. Затем переходят к элементам следующей строки и т.д. После того, как проанализирован последний элемент последней строки, все выходные характеристики прямых следов частиц, находящихся в данном кадре, находятся в памяти ЭВМ.

6. ВЫВОДЫ

Описанные выше электронное оборудование и программное обеспечение мезооптического фурье-микроскопа /МФМ/ для ядерной фотоэмульсии позволяют выделять следы частиц, идти вдоль заданного следа частицы, фиксировать конец /или начало/ прямого следа частицы и сопоставлять мезооптические сигналы с различной степенью почернения. Оценивая первый опыт работы автоматизированной системы МФМ + ЭВМ, следует подчеркнуть, что формирование выходной информации о прямых следах частиц в МФМ идет одновременно с процессом распознавания следов частиц в ядерной фотоэмульсии и процессом сжатия полезной информации. Благодаря этим фундаментальным свойствам МФМ и диалоговому режиму работы всей системы в целом нам удалось проверить функционирование системы при помощи весьма скромной по возможностям ЭВМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, P13-83-119; Дубна, 1983.
2. Бенце Д., Сороко Л.М. ОИЯИ, P13-85-137, Дубна, 1985.
3. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, P13-85-378, Дубна, 1985.
4. Бенце Д. и др. ОИЯИ, P13-86-630, Дубна, 1986.
5. Бенце Д., Сороко Л.М. ОИЯИ, P13-86-659, Дубна, 1986.
6. Малая электронная вычислительная машина ТРА-1 1001, KFKI, 72-7322, Budapest, 1972.
7. 1001 TPA-i/SAMAC crate controller SAM 1.02, KFKI, 73-8219, Budapest, 1973.
8. Астахов А.Я. ОИЯИ, 10-10135, Дубна, 1976.
9. Астахов А.Я., Комов Г.М., ОИЯИ, P10-80-227, Дубна, 1980.
10. FOKAL USER MANUAL TPA-1Y-10-MA, KFKI, 1974.
11. PE 10-F raster display and PE 10-K optional unit, KFKI, Budapest, 1975.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 апреля 1987 года.

Астахов А.Я. и др.
Электронная аппаратура и программное обеспечение
мезооптического фурье-микроскопа для ядерной фотоэмульсии

P10-87-275

Описаны электронная аппаратура и программное обеспечение, которые были использованы в экспериментах на мезооптическом фурье-микроскопе /МФМ/ для ядерной фотоэмульсии с автоматической записью сигналов от прямых следов частиц с минимальной ионизацией. Рассмотрены структура информации на выходе МФМ о геометрическом положении прямого следа частицы и алгоритм съема указанной информации. Описаны устройства для перемещения кареток МФМ для поворота платформы оптического интерфейса МФМ. Приведены дополнения к библиотеке стандартных программ языка Фокал-71, которые использовались в экспериментах, а также программа обработки мезооптических изображений, прямых следов частиц.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем и Лаборатории
вычислительной техники и автоматизации ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований, Дубна 1987.

Перевод О. С. Виноградовой

Astakhov A. Ya. et al.
Electronic Part and Software of the Mesooptical
Fourier-Transform Microscope for Nuclear Emulsion

P10-87-275

The electronic part of the Mesooptical Fourier-Transform Microscope (MFTM) and the software for the automatic recording of the straight line particle tracks of minimum ionization in nuclear emulsion are described. The features of the data at the output of the MFTM depending on the geometrical position of a straight line particle track and the algorithm of the read-out of this data are given. The units moving the carriages and rotating the platform of the optical interface of the MFTM are described. The programming supplements to the standard subroutines of the language FOKAL 71, used in these experiments as well as the routine programme used for the evaluation of the mesooptical images of straight line particle tracks are presented.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, and Laboratory of Computing Techniques and Automation, INR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1987