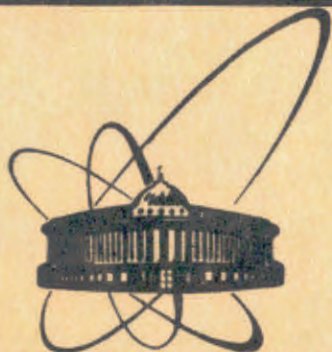


85-378



сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

P13-85-378

А.Я.Астахов, Д.Бенце, А.Кишваради,
Т.П.Нидермайер, Г.Нитраи, Л.М.Сороко

ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИЕ
ИЗМЕРЕНИЯ СЛЕДОВ ЧАСТИЦ
ПРИ ПОМОЩИ МЕЗООПТИЧЕСКОГО
ФУРЬЕ-МИКРОСКОПА
ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ

1985

ВВЕДЕНИЕ

Мезооптический фурье-микроскоп /МФМ/ для ядерной фотоэмульсии описан в^{1/} В^{2-10/} рассмотрены теоретические основы и технические аспекты МФМ, а также изложены экспериментальные исследования, выполненные на прототипе этого прибора. В^{6/} даны результаты измерений с тест-объектом, в^{7/} приведены улучшенные метрические характеристики МФМ и описаны эксперименты по наблюдению мезооптических сигналов от прямых следов частиц в ядерной фотоэмульсии.

В данной работе приведены результаты полуавтоматических измерений прямых следов частиц в ядерной фотоэмульсии при помощи МФМ. Эти результаты сравниваются с данными, полученными при помощи традиционного оптического микроскопа.

1. УСЛОВИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Прототип МФМ, описанный в^{5-7/}, был дополнен традиционным оптическим микроскопом для проведения прямых визуальных и фотографических измерений, а также микрометрическим приводом для перемещения ядерной фотоэмульсии вдоль оси z и для измерения z -координат прямых следов частиц, находящихся в поле зрения, с погрешностью ± 5 мкм.

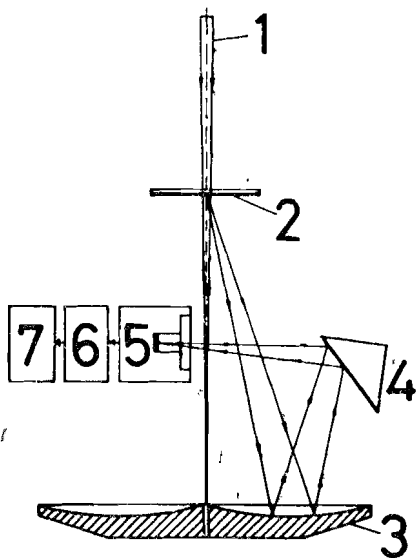


Рис.1. Поперечный разрез экспериментальной установки и блок-схема электроники: 1 - сходящийся пучок света, 2 - слой ядерной фотоэмульсии, 3 - мезооптическое зеркало, 4 - плоское зеркало, 5 - ПЗС-матрица, 6 - интерфейс, 7 - ЭВМ.

Институт
Физики

семь следов частиц находились на различной глубине. Сначала измеряли радиальную координату данного следа частицы по одному из двух выходных мезооптических сигналов. Затем вносилась поправка на z-координату прямого следа частицы, которая измерялась при помощи традиционного оптического микроскопа.

2. ОЦЕНКА ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

В [7-10] рассмотрена взаимно-однозначная связь между мезооптическими сигналами на выходе МФМ и геометрическими характеристиками прямых следов частиц, попавших в поле зрения. Показано, что погрешность в оценке радиальной координаты прямого следа частицы, которая по определению равна расстоянию от центра поля зрения до прямого следа частицы, задается апертурой МФМ при идеальном качестве мезооптического зеркала и других оптических деталей. Погрешность в реальных условиях оказывается хуже предсказанной из-за недостаточно высокого качества мезооптического зеркала, а также из-за конечных размеров элемента матрицы фотоэлектрического считывающего устройства:

На рис.6 приведены гистограммы распределения интенсивности фотоэлектрического сигнала на выходе МФМ вдоль радиальной координаты /1/ и вдоль угловой координаты /2/. Размеры элемента ПЗС-матрицы равнялись 21 мкм вдоль радиальной координаты и 27 мкм - вдоль угловой координаты. Ширина фотоэлектрических сигналов изменялась с уровнем дискриминации этих сигналов. Разброс оценок центра тяжести сигнала при семи различных уровнях дискриминации составлял ± 10 мкм при полуширине на полувысоте, равной 60 мкм. Соответствующая погрешность в оценке угла ориентации прямого следа частицы равна $\pm 7'$ /угловых минут/.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ ПРЯМЫХ СЛЕДОВ ЧАСТИЦ

Результаты измерений приведены в таблице. Нумерация прямых следов в первом столбце соответствует нумерации, приведенной на рис.4. В остальных столбцах приведены: во втором - z-координата следа частицы, измеренная при помощи оптического микроскопа, в третьем столбце - данные $x_{\text{отн}}^{(1)}/\text{МФМ}/$, отнесенные к медианной плоскости ядерной фотоэмulsии, в четвертом - радиальные координаты после коррекции, $x_{\text{отн}}^{(2)}/\text{МФМ}/$, в пятом столбце - те же данные, измеренные при помощи оптического микроскопа, $x_{\text{отн}}^{(3)}/\text{МИКР}/$.

Чтобы сопоставить две серии измерений, приведенные в столбцах 4 и 5, необходимо учесть, что абсолютная погрешность измерений будет зависеть от метода их сопоставления. Если принять критерий метода наименьших квадратов, то можно показать, что данные $x_{\text{отн}}^{(2)}/\text{МФМ}/$ должны быть исправлены на величину "b" = 30 мкм.

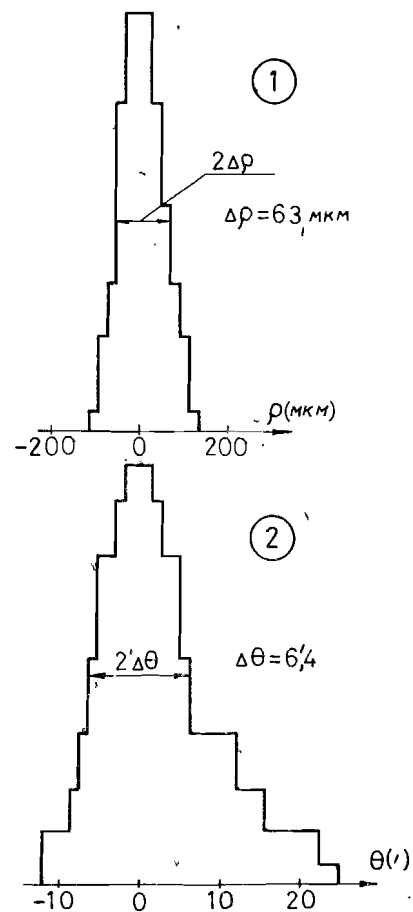


Рис.6. Распределение интенсивности фотоэлектрического сигнала на выходе МФМ: 1 - вдоль радиальной координаты, 2 - вдоль угловой координаты.

Величина "b" имеет смысл поправки на смещенность. В шестом столбце таблицы приведены значения $x_{\text{отн}}^{(4)} = x_{\text{отн}}^{(2)}/\text{МФМ}/ - "b"$. В седьмом дана абсолютная погрешность измерений, выполненных на МФМ. Среднеквадратичная ошибка измерений равна ± 50 мкм, что согласуется с оценкой погрешности, произведенной по распределению интенсивности фотоэлектрических сигналов на выходе МФМ вдоль радиальной координаты /рис.6/. Погрешность в измерении угла ориентации следа частицы составляет $\pm 8'$ /угловых минут/, что соответствует характеристике МФМ, полученной из распределения интенсивности фотоэлектрического сигнала вдоль угловой координаты /рис.6/.

Таблица

№	Δz	$x_{\text{отн}}^{(1)}/\text{МФМ}/$	$x_{\text{отн}}^{(2)}/\text{МФМ}/$	$x_{\text{отн}}^{(3)}/\text{МИКР}/$	$x_{\text{отн}}^{(4)}$	$\Delta x_{\text{отн}}$
1	-56 ± 5	0	0	$0 \pm 2,5$	-30	-30
2	-28 ± 5	354	349	$357 \pm 2,5$	319	-38
3	80 ± 5	606	582	$467 \pm 2,5$	552	+85
4	-46 ± 5	1011	1009	$972 \pm 2,5$	979	+7
5	-62 ± 5	1058	1059	$1095 \pm 2,5$	1029	-66
6	56 ± 5	2289	2269	$2197 \pm 2,5$	2237	+40
7	0 ± 5	4668	4658	$4630 \pm 2,5$	4626	-4

Все значения приведены в микрометрах.

ВЫВОДЫ

На основе проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы:

1/ При помощи МФМ обнаружены и обмерены все прямые следы частиц высокой ионизации, которые находились на заданном участке ядерной фотоэмульсии и которые попадали в заданный интервал углов ориентации указанных следов частиц.

2/ Положение прямых следов частиц в пространстве зафиксировано при помощи МФМ в пределах ожидаемой погрешности как по радиальной, так и по угловой координатам. При этом первичные данные на выходе МФМ подвергались только простой математической обработке, связанной с оценкой координат центра тяжести мезооптических сигналов.

3/ Измерения на МФМ проводились только в одной части фокального кольца без привлечения данных, которые формируются на противоположной части фокального кольца. Поэтому необходимо было вводить поправку, связанную с тем, что обмеренные следы частиц находились на различной глубине.

4/ Сам факт проведения данных экспериментов свидетельствует о том, что МФМ имеет большую глубину резкости, а выходные сигналы формируются в условиях высокого отношения сигнала к шуму. Несмотря на то, что разрешение МФМ вдоль радиальной координаты равнялось $+50$ мкм, мы смогли четко видеть мезооптические сигналы от следов частиц, ширина которых равна всего $1,5$ мкм. Указанная погрешность по радиальной координате в МФМ соответствует угловой апертуре традиционного оптического микроскопа, равной $1 : 100$. Увидеть следы частиц шириной $1,5$ мкм таким оптическим микроскопом невозможно.

Авторы выражают признательность С.А.Бунятову за постоянный интерес к работе и поддержку, а также Ю.А.Батусову за полезные замечания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сороко Л.М., ОИЯИ, Б1-13-81-229, Дубна, 1981.
2. Люков В.В., Сороко Л.М. ОИЯИ, Б1-13-81-312, Дубна, 1981.
3. Сороко Л.М. ОИЯИ, Б1-10-82-808, Дубна, 1982.
4. Сороко Л.М. ОИЯИ, Б1-10-82-809, Дубна, 1982.
5. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, Р13-83-119, Дубна, 1983.
6. Астахов А.Я., Сороко Л.М. ОИЯИ, Р13-83-120, Дубна, 1983.
7. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, Р13-84-277, Дубна, 1984.
8. Бенце Д., Сороко Л.М. ОИЯИ, Р13-85-136, Дубна, 1985.

9. Бенце Д., Сороко Л.М. ОИЯИ, Р13-85-137, Дубна, 1985.
10. Бенце Д., Сороко Л.М. ОИЯИ, Р13-85-138, Дубна, 1985.

Рукопись поступила в издательский отдел
22 мая 1985 года

Принимается подписка на препринты и сообщения Объединенного института ядерных исследований.

Установлена следующая стоимость подписки на 12 месяцев на издания ОИЯИ, включая пересылку, по отдельным тематическим категориям:

ИНДЕКС	ТЕМАТИКА	Цена подписки на год
1.	Экспериментальная физика высоких энергий	10 р. 80 коп.
2.	Теоретическая физика высоких энергий	17 р. 80 коп.
3.	Экспериментальная нейтронная физика	4 р. 80 коп.
4.	Теоретическая физика низких энергий	8 р. 80 коп.
5.	Математика	4 р. 80 коп.
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия	4 р. 80 коп.
7.	Физика тяжелых ионов	2 р. 85 коп.
8.	Криогеника	2 р. 85 коп.
9.	Ускорители	7 р. 80 коп.
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных	7 р. 80 коп.
11.	Вычислительная математика и техника	6 р. 80 коп.
12.	Химия	1 р. 70 коп.
13.	Техника физического эксперимента	8 р. 80 коп.
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами	1 р. 70 коп.
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях	1 р. 50 коп.
16.	Дозиметрия и физика защиты	1 р. 90 коп.
17.	Теория конденсированного состояния	6 р. 80 коп.
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники	2 р. 35 коп.
19.	Биофизика	1 р. 20 коп.

Подписка может быть оформлена с любого месяца текущего года.

По всем вопросам оформления подписки следует обращаться в издательский отдел ОИЯИ по адресу: 101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79.

Астахов А.Я. и др.
Полуавтоматические измерения следов частиц при помощи мезооптического фурье-микроскопа для ядерной фотозмульсии

P13-85-378

Описаны экспериментальные условия полуавтоматических измерений прямых следов частиц при помощи мезооптического фурье-микроскопа /МФМ/ для ядерной фотозмульсии. При помощи МФМ обнаружены и обмерены все прямые следы частиц высокой ионизации, которые находились на заданном участке ядерной фотозмульсии и которые попадали в заданный интервал углов ориентации указанных следов частиц. Положение прямых следов частиц в пространстве было зафиксировано при помощи МФМ в пределах ожидаемой погрешности как по радиальной, так и по угловой координатам. При этом первичные данные на выходе МФМ подвергались только простой математической обработке. Полученные данные свидетельствуют о том, что МФМ имеет большую глубину резкости, а выходные сигналы формируются в условиях высокого отношения сигнала к шуму, что позволяет видеть следы частиц шириной 1,5 мкм.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1985

Перевод М.И.Потапова

Astakhov A.Ya. et al.
Semiautomatic Measurements of Particle Tracks by the Mesooptical Fourier-Transform Microscope for Nuclear Research Emulsion

P13-85-378

The experimental conditions of semiautomatic measurements of straight line tracks by the Mesooptical Fourier-Transform Microscope (MFTM) for nuclear research emulsion are described. All straight line particle tracks of high ionization which are in the given region and which fall in the prescribed interval of angular orientation have been detected and measured by MFTM. The position of the straight line tracks in space has been fixed by MFTM within the expected instrumental error both along radial and also along the angular coordinates. The primary data at the output of the MFTM have been subjected only to elementary mathematical treatment. The results obtained suggest that the MFTM has indeed large depth of field, and the output signals are displayed at high signal to noise ratio permitting the observation of particle tracks with the width of 1.5 μm .

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1985