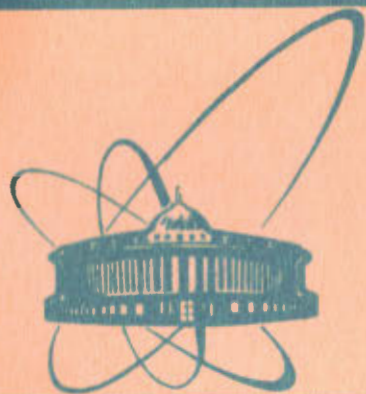


277-84

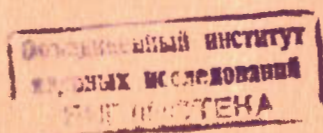


**сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна**

P13-84-277

**А.Я.Астахов, Д.Бенце, Т.П.Нидермайер,
Л.М.Сороко**

**ИССЛЕДОВАНИЕ
МЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
МЕЗООПТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ-МИКРОСКОПА
ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ**



1984

1. ВВЕДЕНИЕ

Идея мезооптического фурье-микроскопа /МФМ/ для просмотра ядерной фотоэмульсии изложена в ^{1/}. В ^{1-4/} описаны принцип действия МФМ, а также моделирующие эксперименты и расчеты, подтверждающие его преимущества по сравнению с традиционным микроскопом. На основе этих исследований была создана экспериментальная установка ^{5/} в виде действующего прототипа МФМ, состоящего из оптической части, фотоэлектрической части считывания оптической информации и электромеханического привода для перемещения ядерной фотоэмульсии. В ^{6/} приведены результаты измерений тест-объекта и метрические характеристики МФМ прототипа.

В настоящей работе дан анализ оптической системы, приведены результаты экспериментов по улучшению метрических характеристик МФМ и по наблюдению следов частиц в реальных ядерных фотоэмульсиях. Описана электронная часть установки, приведен алгоритм программ управления МФМ и считывания выходной информации.

2. ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ОПТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

На рис.1 дана принципиальная схема оптической части МФМ. Пучок света от лазера 1 проходит через линзу-объектив 2, выполняющую преобразование Фурье исходного изображения прямого следа частицы ^{7/}. В линзе пучок света превращается в сходящийся. Перетяжка гауссового одномодового пучка света /кроссовер/ находится вблизи мезооптического объектива 3, выполненного в виде сферической линзы с удаленным конусом, ось которого совпадает с осью сферической линзы. В приближении геометрической оптики мезооптический объектив преобразует точку, находящуюся в предметном пространстве, в кольцо, которое находится в пространстве изображений. Термин мезооптика был предложен ^{8/} для класса оптических элементов и систем, преобразующих объект в изображение более высокой размерности.

Область слоя ядерной фотоэмульсии 4, просматриваемая за один шаг, освещается сходящимся пучком света, эффективный диаметр которого задает поле зрения МФМ. Прямой, недифрагированный пучок света блокируется в области мезооптического объектива 3 на его оптической оси. Свет, дифрагированный на цепочке зерен серебра, образующих прямой след частицы в слое ядерной фотоэмульсии 4, падает на мезооптический объектив, который превращает этот след в два локализованных луча, падающих на выходной плоско-

Объединенный институт
ядерных исследований
БИБЛИОТЕКА

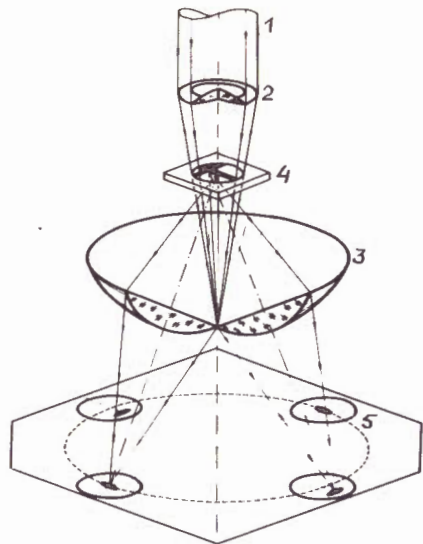


Рис.1. Принципиальная схема мезооптического фурье-микроскопа на примере мезооптического объектива.

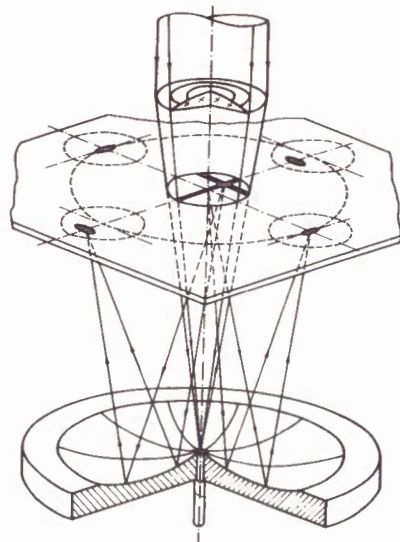


Рис.2. Принципиальная схема мезооптического фурье-микроскопа с использованием мезооптического зеркала.

сти. Световые пятна несут полную информацию об ориентации проекции следа на плоскость, перпендикулярную оптической оси МФМ, о расстоянии между центром поля зрения и указанной проекцией следа, а также о глубине, на которой лежит участок прямого следа частицы в поле зрения МФМ.

Как показано на рис.1, оба пятна лежат на прямой, проходящей через центр мезооптического кольца 5 и перпендикулярной проекции прямого следа частицы на плоскость, перпендикулярную оптической оси МФМ. Смещение пятен относительно мезооптического кольца пропорционально расстоянию проекции прямого следа частицы от центра поля зрения. Знаки смещения пятен указывают, в какую сторону смещена проекция прямого следа частицы относительно центра поля зрения.

На рис.2 показан вариант мезооптического фурье-микроскопа, где функцию мезооптического элемента выполняет аксиально-симметрическое зеркало, образующая которого является дугой эллипса. Первый фокус указанной дуги эллипса совпадает с центром поля зрения, а второй фокус, благодаря аксиальной симметрии мезооптического зеркала, образует фокальное или мезооптическое кольцо в выходной плоскости МФМ^{/1/}.

3. АНАЛИЗ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕЗООПТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ-МИКРОСКОПА

Анализ оптической системы, показанной на рис.1, был проведен в терминах фурье-оптики, широко используемой для описания когерентно-оптических систем обработки информации^{/7/}. Слой ядерной фотоэмульсии освещается сходящимся гауссовым пучком света от лазера. Вектор $\vec{x}_1(x_1, y_1)$ задает координаты точки в плоскости ядерной фотоэмульсии, вектор $\vec{x}_2(x_2, y_2)$ - в плоскости вблизи мезооптического объектива, а вектор $\vec{x}_3(x_3, y_3)$ - в плоскости формирования оптического сигнала /рис.1/. Амплитуда электрического поля световой волны непосредственно перед слоем ядерной фотоэмульсии равна

$$E^-(x_1, y_1) = \text{const}_1 \cdot \exp\left(-\frac{x_1^2 + y_1^2}{2\rho_1^2}\right) \exp\left[-i\frac{\pi}{\lambda} \frac{(x_1^2 + y_1^2)}{(f - d_{01})}\right], \quad /1/$$

где ρ_1 - эффективный радиус пучка света, на котором интенсивность света падает в "e" раз; λ - длина волны света; f_1 - фокусное расстояние фурье-объектива; d_{01} - расстояние между фурье-объективом и слоем ядерной фотоэмульсии; const_1 - постоянная величина, в дальнейшем опускаемая.

Пусть в поле зрения МФМ попал один прямой след частицы, параллельный оси y_1 и находящийся от центра поля зрения $x_1 = 0$, $y_1 = 0$ на расстоянии ρ . След частицы состоит из непрозрачных зерен серебра на фоне практически прозрачного слоя желатины. Воспользовавшись принципом Бабинне^{/9/}, заменим черные зерна серебра на прозрачные вырезы на темном фоне. Это не повлияет на дифрагированную часть света и уберет недифрагированную, которая, как отмечено в п.1, не регистрируется. Моделирование процесса дифракции света на зернах серебра, образующих прямой след частицы с просветами, показало^{/2/}, что если число зерен серебра в поле зрения достаточно велико, например, > 30 , то отличие от модели сплошного следа частицы незначительно, ~5%, вплоть до относительной величины просветов $\leq 60\%$. Так как размер зерен серебра равен $w \sim 1$ мкм, $\rho_1 \sim 0,2 \div 0,5$ мм, а величина $(f_1 - d_{01})$ - несколькими сантиметрами или больше, то x -составляющую амплитуды и фазы пучка света можно считать постоянной на следе частицы. Тогда амплитуда электрического поля световой волны непосредственно перед мезооптическим объективом будет равна:

$$E^-(x_2, y_2) = \int_{\rho-w/2}^{\rho+w/2} \exp\left(-\frac{x_1^2}{2\rho_1^2}\right) \exp\left[-\frac{i\pi}{\lambda} \frac{x_1^2}{(f_1 - d_{01})}\right] \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda} \frac{(x_2 - x_1)^2}{d_{12}}\right] dx_1$$

$$\times \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{y_1^2}{2\rho_1^2}\right) \exp\left[-\frac{i\pi}{\lambda} \frac{y_1^2}{(f_1 - d_{01})}\right] \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda d_{12}}(y_2 - y_1)^2\right] dy_1 =$$

$$= w \frac{\sin\left(\frac{\pi w x_2}{\lambda d_{12}}\right)}{\left(\frac{\pi w x_2}{\lambda d_{12}}\right)} \exp\left(-\frac{\rho^2}{2\rho_1^2}\right) \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda} \left(\frac{1}{d_{12}} - \frac{1}{f_1 - d_{01}}\right) \rho^2\right] \times$$

/2/

$$\times \exp\left(\frac{i\pi}{\lambda d_{12}} x_2^2\right) \exp\left(\frac{2\pi i}{\lambda d_{12}} \rho x_2\right) \times$$

$$\times \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\frac{y_1^2}{2\rho_1^2}\right) \exp\left[-\frac{i\pi}{\lambda} \frac{y_1^2}{(f_1 - d_{01})}\right] \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda d_{12}}(y_2 - y_1)^2\right] dy_1 .$$

Найдем передаточную функцию мезооптического объектива. Будем считать, что он состоит из обычной линзы с фокусным расстоянием f_2 и конической призмы. Если эту призму считать тонкой, то после прохождения через нее свет приобретет сдвиг фазы

$$\Delta\phi(x_2, y_2) = \frac{2\pi}{\lambda} (n-1) \sqrt{x_2^2 + y_2^2} \operatorname{tg} \theta, \quad /3/$$

где n - показатель преломления света внутри конической призмы; $(90^\circ - \theta)$ - угол между образующей конусной поверхностью призмы и оптической осью мезооптического объектива.

Объединив действие линзовой части мезооптического объектива и конической призмы, найдем амплитуду электрического поля световой волны непосредственно на выходе мезооптического объектива:

$$E^+(x_2, y_2) = \exp[i\Delta\phi(x_2, y_2)] \exp\left[-\frac{i\pi}{\lambda f_2}(x_2^2 + y_2^2)\right] \cdot E^-(x_2, y_2). \quad /4/$$

Тогда поле в выходной оптической плоскости (x_3, y_3) будет равно

$$E(x_3, y_3) = \iint_{-\infty}^{\infty} E^+(x_2, y_2) \exp\left\{\frac{i\pi}{\lambda d_{23}}[(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2]\right\} dx_2 dy_2. \quad /5/$$

Выражение /5/ можно упростить. Для этого оценим порядок величин, входящих в /3/. Имеем: $n \approx 1,5$; $\operatorname{tg} \theta \approx 0,5$; $\lambda = 6,328 \cdot 10^{-4}$ м. Как было отмечено выше, центральная часть пучка света не исполь-

зуется, поэтому $x_2 \geq x_{\min}$. Структура поля световой волны вдоль координаты y - гауссова, с эффективным диаметром, определяемым выражением /2/, а пучок света - сходящийся. Поэтому при $|y| > \rho_1$ вкладом интеграла в /2/ можно пренебречь. Приняв $x_{\min} \geq 0,1 \frac{\lambda d_{12}}{w}$, что соответствует 10% интенсивности нулевого порядка света, дифрагированного вдоль x -координаты, /см. /2//, и $\rho_1 \approx 0,2$ мм, запишем /3/ в виде

$$\Delta\phi(x_2, y_2) = \frac{2\pi}{\lambda} (n-1) \operatorname{tg} \theta \cdot |x_2| \cdot \left\{1 + \frac{y^2}{2x^2} - \dots\right\}. \quad /6/$$

Второй член разложения при $x > x_{\min}$ дает пренебрежимо малую поправку к фазе, которая изменяется как $-|x_2|$. Подставив /6/ в /4/, а /2/ и /4/ в /5/, получим для интересующего нас случая фокусировки света в плоскости фокального кольца

$$\frac{1}{d_{12}} + \frac{1}{d_{23}} = \frac{1}{f_2}, \quad /7/$$

т.е. когда линзовая часть мезооптического объектива отображает плоскость (x_1, y_1) на плоскость (x_3, y_3) , выражение для амплитуды электрического поля световой волны в плоскости фокального кольца примет вид

$$E(x_3, y_3) = \operatorname{const}_2 \cdot \exp\left(-\frac{\rho^2}{2\rho_1^2}\right) [X_1(x_3) + X_2(x_3)] Y(y_3), \quad /8/$$

где

$$X_1(x_3) = \int_{x_{\min}}^{\infty} w \frac{\sin\left(\frac{\pi w}{\lambda d_{12}} x_2\right)}{\frac{\pi w}{\lambda d_{12}} x_2} \cdot \exp\left\{-\frac{2\pi i}{\lambda d_{23}} x_2 [x_3 - d_{23}(n-1)\operatorname{tg} \theta - \rho \frac{d_{23}}{d_{12}}]\right\} dx_2, \quad /9/$$

$$X_2(x_3) = \int_{-\infty}^{-x_{\min}} w \frac{\sin\left(\frac{\pi w}{\lambda d_{12}} x_2\right)}{\frac{\pi w}{\lambda d_{12}} x_2} \cdot \exp\left\{-\frac{2\pi i}{\lambda d_{23}} x_2 [x_3 + d_{23}(n-1)\operatorname{tg} \theta - \rho \frac{d_{23}}{d_{12}}]\right\} dx_2,$$

$$Y(y_3) = \int_{-\infty}^{\infty} \exp(-\frac{y_1^2}{2\rho_1^2}) \exp[-i\frac{\pi y_1^2}{\lambda(f_1 - d_{01})}] \exp[\frac{i\pi}{\lambda} \frac{(y_3 - y_1)^2}{(d_{12} + d_{23})}] dy_1, \quad /11/$$

а const₂ - несущественная константа.

Функции $X_1(x_3)$, $X_2(x_3)$ и $Y(y_3)$, входящие в выражение /8/, имеют следующий физический смысл. Функция $Y(y_3)$ описывает свободно распространяющийся одномерный гауссовый пучок света с центром в точке $y_3 = 0$. Функции $X_1(x_3)$ и $X_2(x_3)$ описывают одновременное действие одномерного одностороннего ножа Фуко /10/ и фильтра высоких частот на изображение одномерной щели шириной w . В результате возникают два разделенных в плоскости

(x_3, y_3) выходных изображения с центрами в точках: $R - \rho \frac{d_{23}}{d_{12}}$ для части изображения, описываемой функцией X_1 , и $-R - \rho \frac{d_{23}}{d_{12}}$ - для части изображения, описываемой функцией X_2 . Здесь

$$R = d_{23} (n - 1) \operatorname{tg} \theta \quad /12/$$

- радиус мезооптического кольца в плоскости (x_3, y_3) .

Нож Фуко и фильтр высоких частот оказывают квазидифференцирующее действие на входное изображение. В результате возникает эффект "оконтуривания" изображения щели /7, 10/. Для узкой щели два пика по ее краям сливаются в один, ширина которого равна дифракционному пределу разрешения каждой половины мезооптического объектива. При повороте следа частицы относительно оси y_1 выходные сигналы синхронно поворачиваются на соответствующий угол. Поэтому формат представления оптических сигналов на выходе МФМ имеет вид кольца, ширина которого равна эффективному диаметру поля зрения $2\rho_1$, а радиус центральной окружности - радиусу мезооптического кольца. Каждый прямой след частицы дает два сигнала, центры которых лежат на прямой, перпендикулярной проекции следа частицы на плоскость фотоэмульсии.

Интенсивность оптического сигнала на выходе МФМ в зависимости от ρ убывает по формуле $\exp(-\rho^2/2\rho_1^2)$. Если прямой след частицы лежит выше или ниже медианной плоскости слоя ядерной фотоэмульсии, то абсолютные значения радиальных координат левого и правого оптических сигналов прямого следа частицы не совпадают между собой. Разность между радиальными координатами оптических сигналов определяет z -координату центра прямого следа частицы, а знак этой разности показывает - лежит ли часть следа частицы, попавшая в поле зрения МФМ, выше или ниже медианной плоскости слоя ядерной фотоэмульсии.

4. МИКРОСТРУКТУРА ОПТИЧЕСКОГО СИГНАЛА

В /5, 6/ описан мезооптический фурье-микроскоп с мезооптическим зеркалом /рис.2/ и представлены результаты первых эксперимен-

тов с тест-объектами. Эффективный диаметр пучка света от гелий-неонового лазера Карл Цейсс Йена HNA-188 равен $2\rho_0 \approx 2,0$ мм. Фокусное расстояние фурье-объектива $f_1 = 300$ мм, диаметр поля зрения $2\rho_1 \approx 0,8$ мм. Расстояние между ядерной фотоэмульсией и мезооптическим зеркалом $d_{12} = 150$ мм, а между ним и фурье-объективом $d_{01} + d_{12} = 300$ мм, диаметр мезооптического зеркала $D_a = 160$ мм, радиус фокального кольца $R = 80$ мм. Относительная апертура системы, формирующей один из двух оптических сигналов на выходе МФМ, равна $D_a/2d_{12} = 1/1,8$. При такой относительной апертуре радиальная ширина оптического сигнала на выходе фурье-микроскопа равна $2 \div 3$ мкм и лишь немного превышает эффективную ширину следа частицы ≈ 1 мкм.

В экспериментах /8/ радиальная ширина оптического сигнала на выходе МФМ составляла ~ 400 мкм и была достаточной для фиксирования радиальной координаты тест-объекта шириной 2 мкм с точностью ± 50 мкм. Мезооптическое зеркало в описываемой конструкции МФМ изготовлено из дюралюминия на обычном токарном станке по шаблону, который в процессе обработки резцом корректировался при помощи индикатора с ценой деления 10 мкм. Недостаточное оптическое качество мезооптического зеркала было главной причиной большой радиальной ширины оптического сигнала на выходе МФМ и создавало очень низкое отношение сигнала к шуму при больших нагрузках ядерной фотоэмульсии.

При помощи схемы, показанной на рис.2, была исследована микроструктура оптических сигналов, возникающих на выходе МФМ, в условиях, когда оптический сигнал формировался не всей поверхностью мезооптического зеркала, а отдельными кольцевыми зонами /рис.3/. На рис.4 дано увеличенное изображение фокального кольца, которое формируется мезооптическим зеркалом при освещении его сильно расходящимся пучком света, выходящим из точечной области размером $1 \div 2$ мкм. Для формирования кольца был использован иммерсионный объектив биологического микроскопа с числовой апертурой 1,3 и увеличением $\times 90$. Широкая полоса на рис.4а формируется всем мезооптическим зеркалом, а узкая на рис.4б - второй кольцевой зоной /см. рис.3/. Видно, что ширина полосы уменьшается с 1000 до 40 мкм, и что следует ожидать повышения отношения сигнала к шуму в ~ 20 раз.

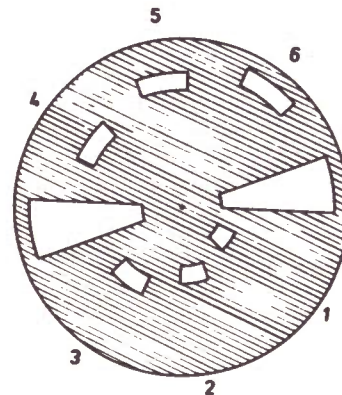


Рис.3. Поглощающая маска, установленная вблизи мезооптического зеркала, с секторами кольцевых зон, и нумерация этих зон.

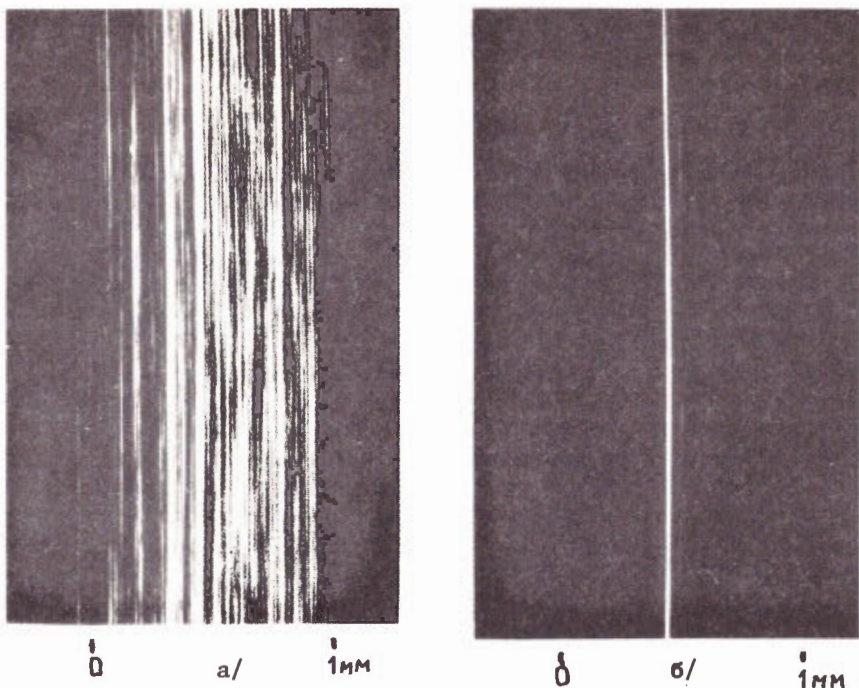


Рис.4. Микрофотография фокального кольца, формируемого: а - всей площадью мезооптического зеркала, б - второй кольцевой зоной.

В последующих экспериментах на МФМ считывание оптических сигналов на его выходе производилось при помощи светочувствительной ПЗС-матрицы телевизионной камеры /5/, так что плоскость самой ПЗС-матрицы находилась непосредственно в выходной плоскости оптической системы МФМ. Фотоэлектрические сигналы на выходе телевизионной камеры обрабатывались при помощи электронной системы, описанной в п.5 данной работы. На рис.5 показана фотография оптических сигналов двух следов ускоренных на синхрофазотроне ЛВЭ ОИЯИ релятивистских ядер неона. Эти сигналы отображены на мониторе ЭВМ. Вторая пара оптических сигналов этих же следов не показана. На рис.6 приведена система координат, в которой ведется отсчет оптических сигналов на выходе МФМ. Ширина пятна вдоль угла θ равна 320 мкм и соответствует ширине гауссового пучка света, указанной в п.2 данной работы. Заметим, что каждый элемент ПЗС-матрицы имеет размер 21x27 мкм. Точность определения угла ориентации следа частицы, равная

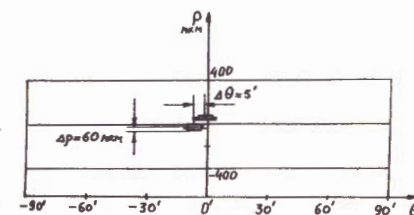
$$\pm \Delta\theta = \frac{0,16}{80} \cdot \frac{180^\circ}{\pi} = \pm 7',$$

/13/



Рис.5. Фотография оптических сигналов двух следов ускоренных релятивистских ядер неона. Сигналы выведены на монитор ЭВМ.

Рис.6. Те же сигналы, что и на рис.5, но в системе координат $/\rho, \theta/$. Точность определения угла ориентации следа частицы зависит от уровня дискриминации и составляет $\pm 5 \div 9'$.



является достаточной для поставленной задачи быстрого просмотра ядерной фотоэмульсии, однако может быть улучшена.

Эксперименты по исследованию микроструктуры оптического сигнала на выходе МФМ показали, что для получения разрешения вдоль радиальной координаты, близкого к теоретически ожидаемому, необходимо улучшить качество мезооптического зеркала, используя для этого специальные прецизионные токарные станки /11/.

Кроме мезооптического зеркала, которое используется в существующей конструкции МФМ для просмотра ядерной фотоэмульсии с образующей в форме дуги эллипса, был исследован зеркальный конденсор. Его образующая является дугой окружности, а ось симметрии дуги проходит через точку, лежащую на оптической оси фурье-микроскопа и одновременно в медианной плоскости слоя ядерной фотоэмульсии /рис.7/. Сферические aberrации в такой конструкции мезооптического зеркала минимальны, а коэффициент геометрического увеличения равен 2:1. Последнее свойство упрощает операцию считывания данных при помощи ПЗС-матрицы.

На рис.8 показана микрофотография участка фокального мезооптического кольца, формируемого описанной выше конструкцией мезооптического зеркала, при освещении его сильно расходящимся пучком света, выходящего из точечной области размером $1 \div 2$ мкм. Кольцо имеет ширину 0,4 или 0,2 мм по объекту с учетом геометрического увеличения 2:1. На микрофотографии кольца видна сплеснутая структура, элементы которой имеют вид дуговых черточек шириной

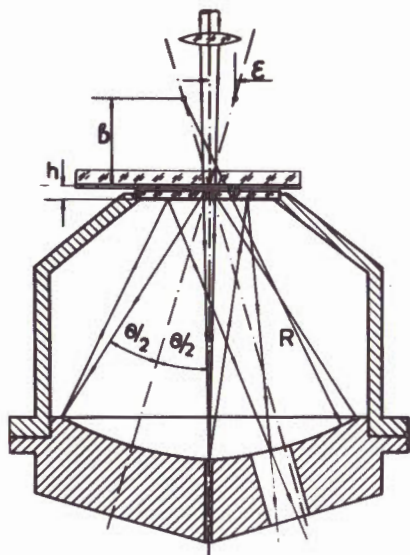
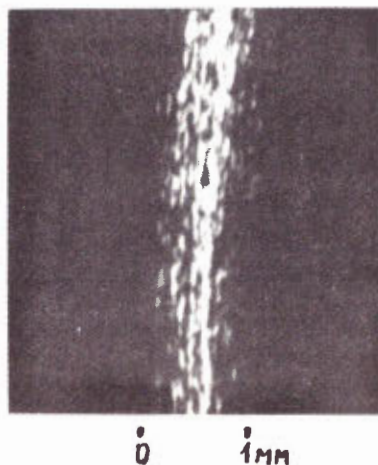


Рис.7. Принципиальная схема фурье-микроскопа, мезооптический элемент которого дает геометрическое увеличение 2:1.

Рис.8. Микрофотография участка фокального мезооптического кольца, полученная с использованием схемы на рис.7 для точечного источника света.



3 ÷ 5 мкм. Эта спекл-структура содержит в закодированном виде информацию о неровностях поверхности зеркала, которое так же, как и первое, было изготовлено на обычном токарном станке при помощи несложного приспособления. Уникальность узора спекл-структуры может быть использована для повышения разрешения по радиальной координате до ~5 мкм. Статистические свойства спекл-структуры являются псевдослучайными¹², и ее автосвертка в радиальном направлении имеет вид дельта-функции на треугольном пьедестале той же амплитуды, что и дельта-функция. Процесс кросс-корреляции реальной спекл-структуры со спекл-структурой оптического сигнала от прямого следа частицы шириной ~1 мкм был промоделирован на ЭВМ.

5. ЭЛЕКТРОНИКА МЕЗООПТИЧЕСКОГО ФУРЬЕ-МИКРОСКОПА

Управление движением измерительных кареток, съем и накопление информации на выходе мезооптического фурье-микроскопа производились от ЭВМ ТРА-1¹³. Блок-схема электроники изображена на /рис.9/. Она выполнена в стандарте КАМАК и работает на линии с ЭВМ. К ЭВМ подключен крейт КАМАК, состоящий из контроллера КК,

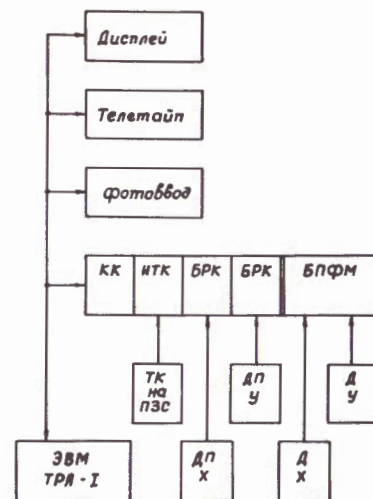


Рис.9. Блок-схема электроники, используемой в мезооптическом фурье-микроскопе.

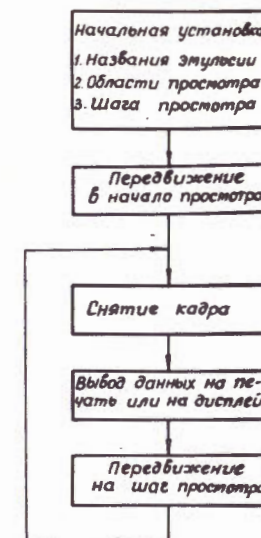


Рис.10. Блок-схема программ управления операциями на мезооптическом фурье-микроскопе.

электронного блока БПФМ управления двигателями Д системы перемещения измерительных кареток, интерфейса телевизионной камеры ИТК¹⁴, электронных блоков отсчета координат положения измерительных кареток БРК, а также из вспомогательных электронных блоков¹⁵. Положение измерительных кареток задается реверсивными счетчиками импульсов, поступающих с датчиков перемещения ДП.

Процесс автоматизированного просмотра ядерной фотозульсии при помощи МФМ сводится к операции перемещения измерительных кареток в заднюю точку на фотопластинке, к регистрации координат положения центра поля зрения и к записи радиальных и угловых координат положения оптических сигналов на выходе МФМ. Блок-схема программы управления этими операциями, составленная для ЭВМ ТРА-1, приведена на рис.10.

Для устранения влияния различных механических и электрических факторов на процесс перемещения измерительных кареток при скоростях порядка 0,1 мм/с была разработана и построена цифровая следящая система, которая корректирует длительность рабочего цикла движения измерительных кареток, сравнивая заданное и реально измеренное перемещение за некоторый интервал времени.

Процесс перемещения измерительных кареток в заданную точку на фотопластинке контролируется программой, которая производит сравнение текущих координат с заданными, определяет направление перемещения и формирует управляющие коды, поступающие в блок

привода кареток. Управляющее воздействие на двигатели системы перемещения измерительных кареток снимается, если текущие координаты совпадают с заданными. Точность выхода в заданную точку составляет $\pm 2,5$ мкм.

Задача определения ориентации прямого следа частицы в конструкции /5/ сводится к нахождению номера оптического световода, через который идет полезный сигнал. Световая картина кодируется на выходных торцах световодов /6/ и в память ЭВМ записывается массив данных в формате

N, N1, K1, N2, K2, ..., N5, K5, ..., N, ..., MK,

где N - номер строки, N - номер столбца начала изображения на строке, K - координата конца изображения, а MK - марка конца массива. Изображения, формируемые телевизионной камерой, выводились на телетайп или на телевизионный дисплей.

Авторы выражают признательность С.А.Бунятову и Ю.А.Батусову за внимание и постоянную помощь в работе, И.И.Скрылю за содействие в расширении вычислительного оборудования для МФМ, В.И.Сидоровой и Н.С.Толстому за разработку приспособления, В.И.Третьяку - за участие в начальной стадии разработок программ управления.

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. Сороко Л.М. Основы голографии и когерентной оптики. "Наука", М., 1971.
8. Сороко Л.М. ОИЯИ, Д1-82-642, Дубна, 1982.
9. Борн М., Вольф Э. Основы оптики. "Наука", М., 1970.
10. Сороко Л.М. Гильберт-оптика. "Наука", М., 1981.
11. Цеснек Л.С. и др. Металлические зеркала. "Машиностроение", М., 1983.
12. Франсон М. Оптика спеклов. "Мир", М., 1980.
13. 1001-TPA-1, Interface Manual, KFKI, Budapest, 1972.
14. Астахов А.Я., Комов Г.М. ПТЭ, 1982, № 3, с.64-68.
15. Астахов А.Я. ОИЯИ, 10-10135, Дубна, 1976.

Рукопись поступила в издательский отдел
24 апреля 1984 года.

Астахов А.Я. и др.

Р13-84-277

Исследование метрических характеристик мезооптического фурье-микроскопа для ядерной фотоэмульсии

Дан анализ оптической системы мезооптического фурье-микроскопа /МФМ/ для просмотра ядерной фотоэмульсии. Найдена пространственная структура оптических сигналов, формируемых на выходе МФМ. Описаны результаты экспериментов по исследованию микроструктуры оптических сигналов на выходе МФМ для двух конструкций мезооптических элементов. Приведены изображения оптических сигналов от следов ускоренных релятивистских ядер неона и указаны разрешающие способности по радиальной и угловой координатам в данном прототипе МФМ. Описана электронная часть МФМ и приведены алгоритмы программ управления МФМ и считывания выходной информации.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1984

Перевод О.С.Виноградовой.

Astakhov A.Ya. et al.

Р13-84-277

Investigation of Metric Characteristics of the Meso-optical Fourier-Transform Microscope for Nuclear Research Emulsion

The analysis of the optical part of the Meso-optical Fourier-Transform Microscope (MFTM) for observation of nuclear research emulsion is presented. The spatial structure of the optical signals produced at the output of the MFTM is found. Some results of the experiments on the microstructure of the optical signals produced at the output of the MFTM in the case of two different designs of the meso-optical elements are given. The images of the optical signals of the particle tracks in the nuclear research emulsion produced by the accelerated relativistic nuclei neons are demonstrated. The radial and the angular resolution powers achieved by the MFTM prototype are given. The electronic part of the MFTM prototype is described and the algorithms and subroutines for the control of the MFTM and for the read-out the output information are given.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1984