

**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P13-87-170

Л.М.Сороко

**МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ
МАЛЫХ УГЛОВ РАССЕЯНИЯ
И РАСПАДНОЙ ДЛИНЫ
НА МЕЗООПТИЧЕСКОМ ФУРЬЕ-МИКРОСКОПЕ**

1987

1. ВВЕДЕНИЕ

Известно, что при наложении двух регулярных сеток из прямых линий возникает эффект муара. Он состоит из разностных и суммарных полос, ориентированных, соответственно, перпендикулярно или параллельно биссектрисе угла между регулярными сетками из прямых линий. Если указанный угол мал, например, составляет 1° , то период суммарного муара практически равен периоду регулярной сетки из прямых линий. Его трудно наблюдать на фоне разностного муара, который хорошо виден невооруженным глазом, так как период разностного муара во много раз больше периода регулярной сетки из прямых линий. На рис. 1 показан эффект муара, возникающий при наложении двух систем полос с периодом $a = 0,3$ мм с углом между полосами $\alpha = 1/20,7$ рад. Эффект муара, который используют в датчиках перемещений при измерении относительного сдвига двух элементов конструкции ^{1/1} и при анализе деформаций ^{2,3/}, обладает следующими тремя свойствами:

1) при перемещении двух систем полос друг относительно друга в направлении, перпендикулярном ориентации полос, полосы разностного муара передвигаются в направлении, перпендикулярном реальному движению;

2) шаг разностного муара $\Lambda =$

$\frac{a}{\alpha}$ в $1/\alpha$ раз больше периода

системы полос a ;

3) линейная скорость перемещения полос разностного муара в $1/\alpha$ раз больше скорости реального движения одной системы полос относительно второй.

В настоящей работе показано, что в мезооптическом фурье-микроскопе (МФМ) для ядерной фото-

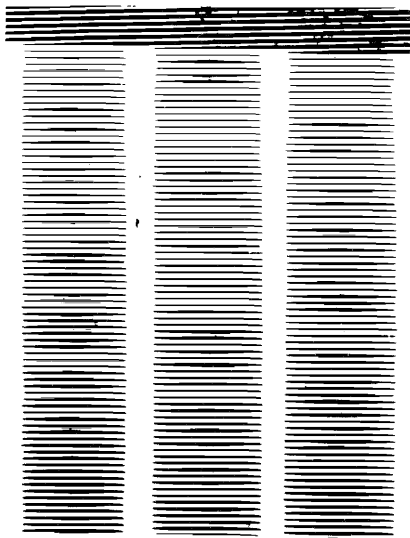


Рис. 1. Эффект муара, наблюдаемый при наложении двух решеток с периодом $a = 0,3$ мм и углом между полосами решеток $\alpha = 1/20,7$ рад. Период разностного муара равен $\Lambda = 15$ мм.

эмульсии ⁴⁻⁸ / наблюдается своеобразный аналог эффекта муара, который состоит из совокупности трех свойств:

1) при вращательном движении конца прямого следа частицы в поле зрения МФМ в направлении, перпендикулярном ориентации этого следа частицы, мезооптическое изображение рассматриваемого следа частицы перемещается как целое в направлении, перпендикулярном движению конца прямого следа частицы в поле зрения МФМ;

2) величина указанного перемещения мезооптического изображения прямого следа частицы в R/D раз больше реального перемещения конца прямого следа частицы;

3) линейная скорость перемещения мезооптического изображения прямого следа частицы в R/D раз больше линейной скорости перемещения конца прямого следа в поле зрения МФМ, где R — радиус фокальной окружности, формируемой мезооптическим зеркалом МФМ, а D — диаметр поля зрения МФМ. Затем предложен новый метод измерения на МФМ малых углов рассеяния и распадной длины, основанный на мезооптическом аналоге эффекта муара. Показано, что процедура измерения угла рассеяния сводится к оценке только одной линейной величины — взаимного смещения мезооптических изображений двух следов частиц, образующих излом или вилку, на выходе МФМ. Полностью исключены процедуры "провешивания" направлений двух прямых следов частиц, а также какие-либо вычислительные операции над промежуточными результатами измерений, характерные для традиционного метода измерений угла рассеяния. Отмечено, что минимальный угол рассеяния, который может быть измерен новым методом, предложенным в данной работе, составляет около одной угловой минуты.

2. МЕЗООПТИЧЕСКИЙ ФУРЬЕ-МИКРОСКОП (МФМ) ДЛЯ ЯДЕРНОЙ ФОТОЭМУЛЬСИИ

На рис. 2. дана схема МФМ, который состоит из блока формирования сходящегося пучка света, мезооптического зеркала с кольцевым откликом и системы наблюдения мезооптических изображений. Сходящийся пучок света формирует в области расположения мезооптического зеркала с кольцевым откликом фурье-образ прямого следа частицы в виде узкой полоски света, ширина которой равна диаметру кроссовера сходящегося пучка света. Мезооптическое зеркало с кольцевым откликом создает два мезооптических изображения, левое и правое (рис. 3), которые расположены на противоположных концах фокального кольца и которые касательны к соответствующей фокальной окружности данного прямого следа частицы ¹⁷/. Когда исходный прямой след частицы изменяет в поле зрения МФМ свою ориентацию, оба мезооптических изображения перемещаются в одну и ту же сторону, например по часовой стрелке, вдоль фокальной окружности и остаются всегда параллельными исходному прямому следу частицы.

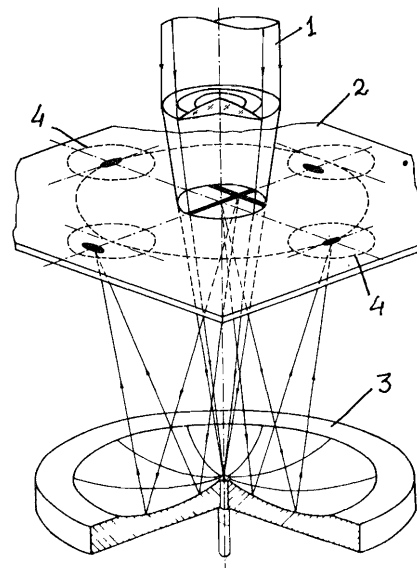


Рис. 2. Схема мезооптического фурье-микроскопа: 1 — блок формирования сходящегося пучка света, 2 — ядерная фотоэмульсия, 3 — мезооптическое зеркало с кольцевым откликом, 4 — система наблюдения мезооптических изображений.

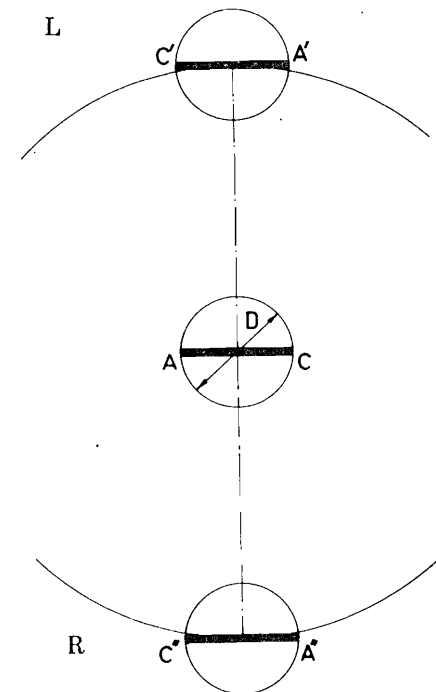


Рис. 3. Расположение левого (C'A') и правого (C''A'') мезооптических изображений прямого следа AC, имеющего заданную ориентацию.

На рис. 4. показан разрез слоя ядерной фотоэмульсии в плоскости, перпендикулярной прямому следу частицы. Каждый прямой след частицы характеризуется углом ориентации ϕ , расстоянием ρ_0 до оптической оси МФМ, а также z-координатой, отсчитываемой от медианной плоскости ядерной фотоэмульсии ¹⁷/.

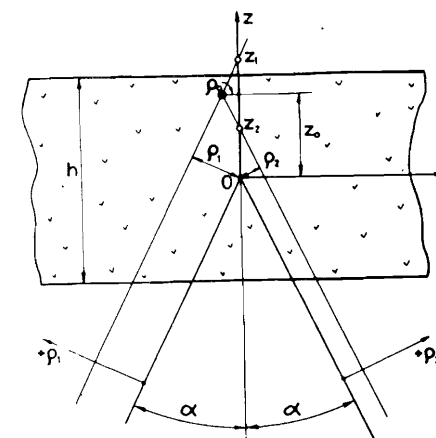


Рис. 4. Разрез слоя ядерной фотоэмульсии в плоскости, перпендикулярной прямому следу частицы: ρ_0 — расстояние от прямого следа частицы до оптической оси, α — угол между центральным лучом дифрагированного света и оптической осью МФМ.

$$z_1 = \rho_1 (\sin \alpha)^{-1}; \quad z_2 = \rho_2 (\sin \alpha)^{-1};$$

$$z_0 = \frac{1}{2} (z_1 + z_2) = (\rho_1 \rho_2) (2 \sin \alpha)^{-1};$$

$$\rho_0 = \frac{1}{2} (\rho_1 - \rho_2) (2 \cos \alpha)^{-1}.$$

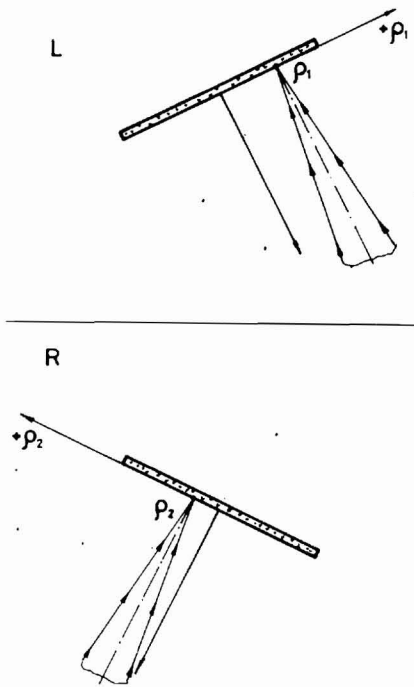
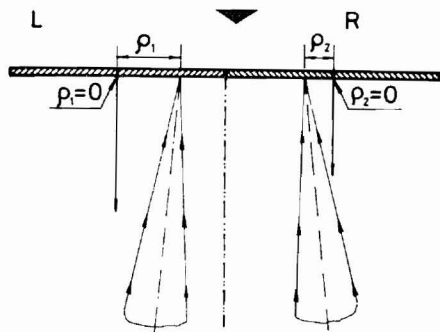


Рис. 5. Положение мезооптических изображений, левого и правого, на двух фотоприемниках МФМ.

Рис. 6. Схема наблюдения двух мезооптических изображений прямого следа частицы, приведенных на рис. 4, при помощи одной матрицы прибора с зарядовой связью (ПЗС).



$$\xi = \rho_1 + \rho_2 = z_0 2 \sin \alpha$$

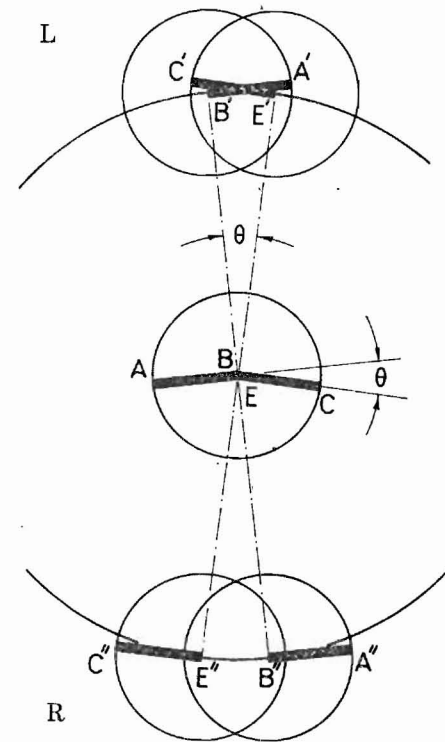
При этом центральный угол дифрагированного света, попадающего на каждую половину мезооптического зеркала с кольцевым откликом, образует угол α с оптической осью МФМ. Вблизи слоя ядерной фотоэмульсии все центральные лучи идут практически параллельно друг другу.

Видимое расстояние от центра поля зрения равно ρ_1 для левого (L) и ρ_2 для правого (R) мезооптических изображений одного и того же прямого следа частицы. На рис. 5 приведено сечение фотоприемников вдоль радиальной координаты ρ . Эти фотоприемники регистрируют левое (L) и правое (R) мезооптические изображения. В реальной конструкции МФМ оба мезооптических изображения проецируются на одну матрицу прибора с зарядовой связью (ПЗС) (рис. 6).

3. МЕЗООПТИЧЕСКИЙ АНАЛОГ ЭФФЕКТА МУАРА

Для объяснения мезооптического аналога эффекта муара в МФМ рассмотрим событие типа "излом" (рис. 7). Первичная частица, оставив след АВ, рассеивается в центре поля зрения МФМ на малый угол θ и создает второй след ЕС. Левое (L) и правое (R) мезооптические изображения такого события существенным образом отличаются друг от друга. Чтобы объяснить причину указанного различия, заметим, что, во-первых,

Рис. 7. Событие типа "излом", состоящее из двух следов частиц АВ и ЕС, и два мезооптических изображения данного события: левое (С'Е' и В'А') и правое (С''Е'' и В''А'').



оба мезооптических изображения МФМ являются зеркальными относительно исходного следа частицы, так что след АВ, расположенный слева от центра поля зрения МФМ, переходит в два мезооптических изображения В'А' и В''А'', которые лежат справа от центров соответствующих воображаемых полей зрения вблизи фокальной окружности. Это есть результат того, что МФМ в сагитальном сечении представляет собой одномерную камеру обскура со щелью, ширина которой равна диаметру кроссовера сходящегося пучка света в месте расположения мезооптического зеркала. Во-вторых, мезооптические изображения всегда параллельны исходному прямому следу частицы, в результате чего каждое мезооптическое изображение имеет "свое" виртуальное поле зрения вблизи фокальной окружности. В-третьих, наблюдатель левого ракурса видит событие ABC в виде выпуклого двуугольника ($> 180^\circ$), в то время как наблюдатель правого ракурса увидит то же самое событие ABC в виде вогнутого двуугольника ($< 180^\circ$). Ясно, что в силу указанных причин левая и правая мезооптические конфигурации события ABC на фотоприемнике МФМ отличаются друг от друга.

На левом кадре (L) два мезооптических изображения прямых следов С'Е' и В'А' накладываются друг на друга. При этом по мере возрастания угла рассеяния θ от исходного нулевого значения точка В перемещается вдоль мезооптического изображения С'Е', так что на участке В'Е' происходит наложение двух мезооптических изображений, а интенсивность фотоэлектрического сигнала в два раза больше исходной. Это — результат первого свойства мезооптического эффекта муара: при вращательном движении конца прямого следа частицы в поле зрения МФМ в направлении, перпендикулярном ориентации исходного прямого следа частицы, мезооптическое изображение прямого следа частицы перемещается в направлении, перпендикулярном перемещению конца прямого следа частицы в поле зрения МФМ. Согласно второму

свойству мезооптического аналога эффекта муара величина перемещения мезооптического изображения следа частицы по мере возрастания угла рассеяния θ в R/D раз больше реального перемещения конца прямого следа частицы на краю поля зрения МФМ.

На правом кадре (R) наблюдается отход мезооптических изображений $C''E''$ и $B''A''$ друг от друга. При этом длина возникающего просвета с нулевой интенсивностью фотозлектрического сигнала между двумя мезооптическими изображениями на правом кадре (R) равна длине отрезка, на котором перекрываются мезооптические изображения $C'E'$ и $B'A'$ на левом кадре (L), и фотозлектрический сигнал имеет удвоенную интенсивность.

4. МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ НА МФМ МАЛЫХ УГЛОВ РАССЕЯНИЯ И РАСПАДНОЙ ДЛИНЫ

Традиционная процедура измерения малого угла между двумя следами частиц, стыкующимися в центре поля зрения, заменена в МФМ на существенно более простую процедуру измерения длины одного линейного отрезка. Здесь полностью отсутствует процедура "провешивания" двух прямых следов частиц и какие-либо вычислительные операции. На рис. 8 показаны исходное событие типа излома с малым углом рассеяния частицы θ , а также левое (L) и правое (R) мезооптические изображения такого события. Длина отрезка, на который переместился левый конец следа частицы "2" в результате рассеяния частицы на угол θ , равна $\theta \cdot R$. На этом примере будет изложен алгоритм измерения малого угла рассеяния на МФМ. Рассмотрим графики распределения интенсивностей света вдоль центральной линии мезооптических изображений, приведенных на рис. 8.

Чтобы изменить угол рассеяния θ , достаточно оценить длину участка на графике $\Delta(\theta)$, вдоль которого интенсивность света отлична от нуля, $\Delta > 0$, или, что эквивалентно, длину участка на графике I_R , где интенсивность света $I_R = 0,5 I_R^{\max}$.

Аналогичным образом измеряют углы между следами частиц "1", "2" и "3" на рис. 10 по графикам I_L , I_R , Δ и Σ , приведенным на рис. 11.

Несколько сложнее решается проблема измерения перпендикулярной ρ_{\perp} и продольной ρ_{\parallel} компонент распада длины для события, показанного на рис. 12. Здесь второй след частицы начинается на расстоянии ρ_{\parallel} от конца первого следа частицы, совмещенного с центром поля зрения МФМ, идет под углом θ к первому следу и характеризуется видимыми расстояниями от центра поля зрения МФМ ρ_1 и ρ_2 для левого и пра-

вого (R) мезооптические изображения данного события.

Рис. 9. Распределение интенсивности света I_L и I_R вдоль координаты θ на левом и правом мезооптических изображениях, а также функции $\Delta(\theta)$ и $\Sigma(\theta)$.

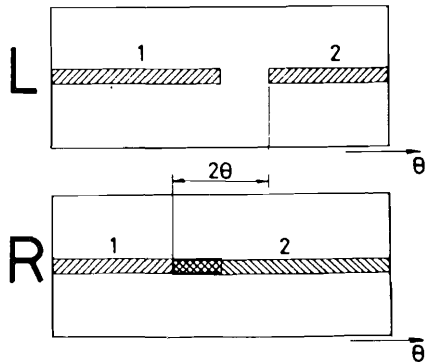
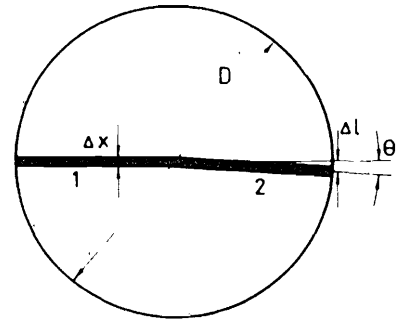
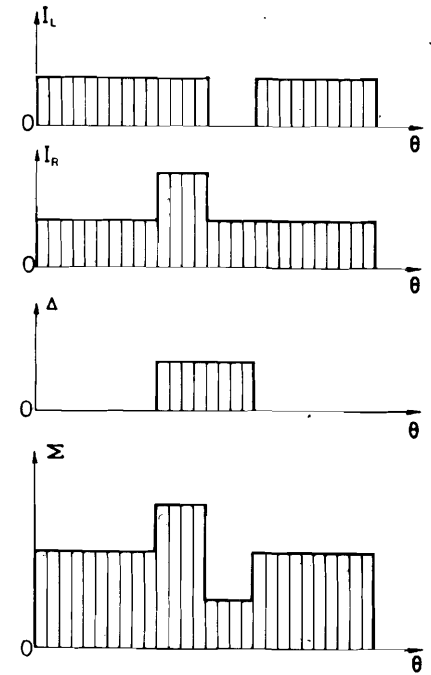
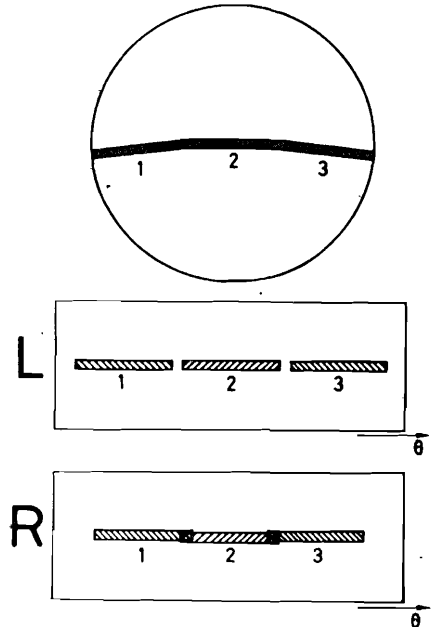


Рис. 8. Событие типа "излом" с малым углом рассеяния θ , а также структура левого (L) и правого (R) мезооптических изображений данного события.

Рис. 10. Событие типа "двойной излом", состоящее из трех следов частиц "1", "2" и "3", а также левое (L) и правое (R) мезооптические изображения данного события.



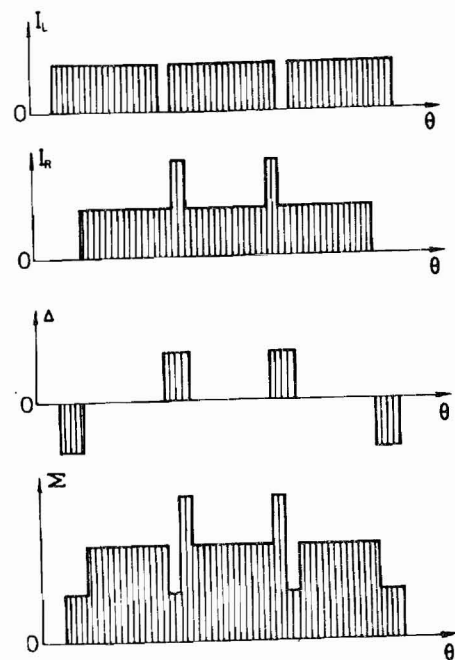
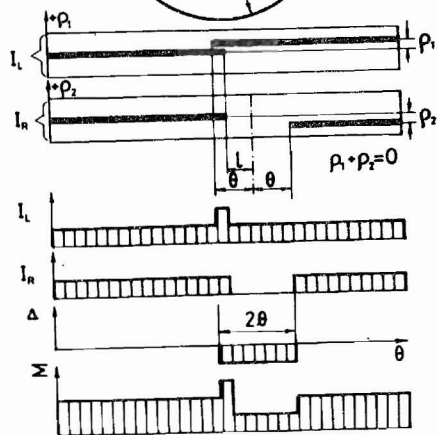


Рис. 11. Графики функций $I_L, I_R, \Delta(\theta)$ и $\Sigma(\theta)$ для события, приведенного на рис. 11.

вого мезооптических изображений, не равными нулю. В результате мезооптические изображения не являются продолжением друг друга и расположены друг относительно друга иначе, чем в случае события на рис. 8. Так же, как и на рис. 8, указанные мезооптические изображения на левом и правом кадрах переместились в противоположных направлениях.

С другой стороны, сдвиг левого мезооптического изображения второго следа частицы не равен сдвигу соответствующего правого мезооптического изображения. Чтобы построить традиционные графики I_L и I_R , необходимо спроектировать мезооптические изображения на ось θ . С этими оговорками ширина выступа на графике $I_L(\theta)$ не равна ширине провала на графике $I_R(\theta)$. Видно, что угол рассеяния θ однозначно определяется шириной выступа на графике $\Delta(\theta)$, а продольная составляющая распадной длины l_{II} определяется, например, шириной провала на графике $I_R(\theta)$, которая равна $(\theta R + l_{II})$, а угол θ найден из графика $\Delta(\theta)$. Перпендикулярная составляющая распадной длины l_{\perp} для события, приведенного на рис. 12, равна

Рис. 12. Метод измерения распадной длины для события, приведенного в верхней части рисунка. Внизу — распределения проекций мезооптических изображений на ось θ : $I_L, I_R, \Delta(\theta)$ и $\Sigma(\theta)$.



$$l_{\perp} = \rho_0 = \frac{|\rho_2 - \rho_1|}{2 \cos \alpha_{1/2}}, \quad z = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2 \sin \alpha_{1/2}} = 0,$$

где $2\alpha_{1/2}$ — полная угловая апертура мезооптического зеркала МФМ. В отличие от традиционного оптического микроскопа в МФМ измеряется истинное значение l_{\perp} , а не проекция l_{\perp} на плоскость, перпендикулярную оптической оси микроскопа. Это происходит потому, что в МФМ регистрируют трехмерную информацию о прямых следах частиц.

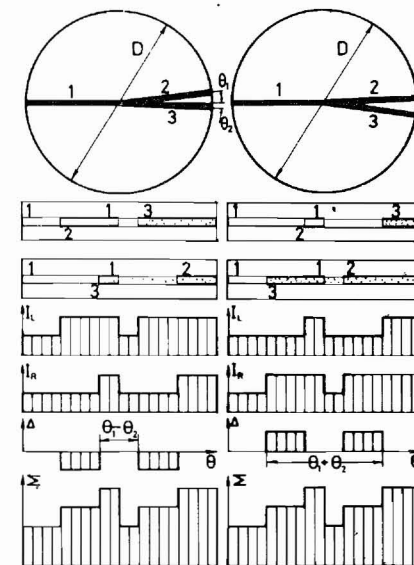
В мезооптическом фурье-микроскопе ^{4,5} радиус фокальной окружности $R = 80$ мм, диаметр поля зрения равен $D = 2$ мм, расстояние от ядерной фотоэмульсии до мезооптического зеркала $H = 145$ мм, а диаметр кроссовера пучка света в месте расположения мезооптического

зеркала $\delta = \frac{\lambda H}{D} = 45$ мкм. Коэффициент увеличения линейного перемещения в мезооптическом аналоге эффекта муара $k = \frac{R}{D} = 40$.

Это означает, что когда первый конец второго следа частицы C на рис. 7 смещается на 1 мкм, концы мезооптических изображений сдвигаются на 40 мкм, при этом длина выступа на графике $\Delta(\theta) = I_R(\theta) - I_L(\theta)$ составит 80 мкм. Поэтому фактический коэффициент увеличения линейного перемещения в МФМ равен 80, а размытие концов мезооптических изображений следов частиц, обусловленное конечным размером кроссовера пучка в месте расположения мезооптического зеркала, составит $\delta = 45$ мкм и будет меньше измеряемой длины выступа на графике $\Delta(\theta)$. Можно показать, что если уровень дискриминации фотоэлектрических сигналов при регистрации функции $\Delta(\theta)$ взять близким к нулевому значению, то предельный угол рассеяния, который можно измерить при помощи метода, основанного на мезооптическом аналоге эффекта муара, составит одну угловую минуту и будет соответствовать пороговой длине выступа на графике $\Delta(\theta)$, равной 10 мкм.

В заключение покажем, как выглядят два взаимно зеркальных события типа "вилки" (рис. 13) на

Рис. 13. Два симметричных события типа "вилка". Мезооптические изображения этих событий и графики функций I_L, I_R, Δ и Σ .



выходе МФМ. Здесь первичный след частиц переходит в два вторичных следа частицы, которые образуют малые углы рассеяния с первичным следом частицы. На графиках $\Delta(\theta)$ непосредственно измеряют сумму $\theta_1 + \theta_2$ и разность $\theta_1 - \theta_2$ искомым углов рассеяния θ_1 и θ_2 .

5. ВЫВОДЫ

Показано, что мезооптический аналог эффекта муара, наблюдаемый в мезооптическом фурье-микроскопе (МФМ) для ядерной фотоэмulsии, может быть использован для измерения малых углов рассеяния частиц в ядерных взаимодействиях типа "излом", "вилка" и т.д. При этом искомые углы рассеяния находят путем измерения только одной линейной величины - взаимного смещения соответствующих мезооптических изображений на выходе МФМ. В реальной конструкции МФМ таким методом можно измерять углы рассеяния порядка одной угловой минуты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Weller R., Shepard B.M. Proc. SI:SA, 1948, v.6, p.1.
2. Theocaris P. - Appl. Mech. Rev., 1962, v.15, p.333.
3. Дюрелли А., Парке В. Анализ деформаций с использованием муара. М.: Мир, 1974.
4. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, P13-83-119, Дубна, 1983.
5. Астахов А.Я. и др. ОИЯИ, P13-85-378, Дубна, 1985.
6. Bencze Gy.L., Soroko L.M. JINR Preprint E13-84-310, Dubna, 1984.
7. Бенце Д., Сороко Л.М. ОИЯИ, P13-85-137, Дубна, 1985.
8. Бенце Д. и др. ОИЯИ, P13-86-630, Дубна, 1986.

Рукопись поступила в издательский отдел
19 марта 1987 года.

НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги, если они не были заказаны ранее.

| | | |
|----------------|--|-------------|
| D9-82-664 | Труды совещания по коллективным методам ускорения. Дубна, 1982. | 3 р. 30 к. |
| D3,4-82-704 | Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982. | 5 р. 00 к. |
| D11-83-511 | Труды совещания по системам и методам аналитических вычислений на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1982. | 2 р. 50 к. |
| D7-83-644 | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983. | 6 р. 55 к. |
| D2,13-83-689 | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983. | 2 р. 00 к. |
| D13-84-63 | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983. | 4 р. 50 к. |
| D2-84-366 | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984. | 4 р. 30 к. |
| D1,2-84-599 | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984. | 5 р. 50 к. |
| D17-84-850 | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/ | 7 р. 75 к. |
| D10,11-84-818 | Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программированию и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983 | 3 р. 50 к. |
| D4-85-851 | Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984 /2 тома/ | 13 р. 50 к. |
| D11-85-791 | Труды Международной школы по структуре ядра, Алушта, 1985. | 3 р. 75 к. |
| D13-85-793 | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985. | 4 р. |
| D13-85-793 | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985. | 4 р. 80 к. |
| D3,4,17-86-747 | Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986. | 4 р. 50 к. |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79
Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ**

| Индекс | Тематика |
|--------|--|
| 1. | Экспериментальная физика высоких энергий |
| 2. | Теоретическая физика высоких энергий |
| 3. | Экспериментальная нейтронная физика |
| 4. | Теоретическая физика низких энергий |
| 5. | Математика |
| 6. | Ядерная спектроскопия и радиохимия |
| 7. | Физика тяжелых ионов |
| 8. | Криогеника |
| 9. | Ускорители |
| 10. | Автоматизация обработки экспериментальных данных |
| 11. | Вычислительная математика и техника |
| 12. | Химия |
| 13. | Техника физического эксперимента |
| 14. | Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами |
| 15. | Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях |
| 16. | Дозиметрия и физика защиты |
| 17. | Теория конденсированного состояния |
| 18. | Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники |
| 19. | Биофизика |

Сороко Л.М.

P13-87-170

Метод измерения малых углов рассеяния и распадной длины на мезооптическом фурье-микроскопе

Описан мезооптический аналог эффекта муара, наблюдаемый в мезооптическом фурье-микроскопе (МФМ) для ядерной фотоэмульсии, и приведены характеристики этого эффекта. Рассмотрены свойства левого и правого мезооптических изображений прямых следов частиц, находящихся в поле зрения МФМ. Предложен новый метод измерения на МФМ малых углов рассеяния и распадной длины, основанный на мезооптическом аналоге эффекта муара. Показано, что процедура измерения угла рассеяния сводится к оценке только одной линейной величины — взаимного смещения мезооптических изображений двух следов частиц, образующих излом или вилку, на выходе МФМ. Полностью исключены процедуры "провешивания" направлений двух прямых следов частиц, а также какие-либо вычислительные операции над промежуточными результатами измерений, характерные для традиционного метода измерения угла рассеяния. Отмечено, что минимальный угол рассеяния, который может быть измерен новым методом, предложенным в данной работе, составляет около одной угловой минуты.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1987

Перевод О.С.Виноградовой

Soroko L.M.

P13-87-170

Measuring Technique of Small Scattering Angles and Decay Length in the Mesooptical Fourier-Transform Microscope

The mesooptical analogue of the moire effect observed in the Mesooptical Fourier-Transform Microscope (MFTM) for nuclear emulsion is described and its features are presented. The properties of the left as well as the right mesooptical images of the straight line particle tracks which fall in the field of view of the MFTM are dealt. The new measuring technique of small scattering angles and of decay length which is based on the mesooptical analogue of the moire effect is suggested. It is shown that the measuring process of small scattering angles is reduced to the evaluation at the output of the MFTM of only one quantity — the relative displacement of the mesooptical images of two particle tracks which form "kink" or "fork" events. The aligning processes of two straight particle tracks as well as computer processing of the intermediate results of measurements inherent to the traditional measuring technique of small scattering angles are completely eliminated in the suggested technique. It is noted that the minimal scattering angle which can be measured with new technique presented in this work amounts to about one angular minute.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1987