

07;10;12

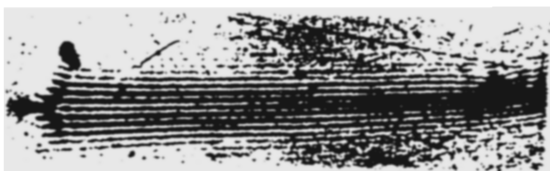
## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БЫСТРЫМИ ЭЛЕКТРОНАМИ В ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЙ БИПРИЗМЕ ФРЕНЕЛЯ

© А.Н.Агеев, Ю.М.Воронин, И.П.Деменчонок, Ю.В.Ченцов

Первые успешные эксперименты по использованию волновых свойств электронов для создания электронных интерферометров на основе электростатической бипризмы Френеля были осуществлены около сорока лет назад [1]. Электронные интерферометры использовались для обнаружения слабых взаимодействий электронов с электрическими и магнитными полями, измерения величины внутреннего потенциала вещества, контактной разности потенциалов, эффекта Ааронова-Бома и т. д. [2-4]. Однако экспериментальные работы по использованию электронных интерферометров для визуализации взаимодействия вектор-потенциала световой волны с быстрыми электронами нам неизвестны. Между тем экспериментальное обнаружение этого эффекта представляет значительный интерес и может привести к созданию принципиально новых приборов и методов в электронике и оптике.

Для проведения экспериментов по обнаружению влияния вектор-потенциала оптического излучения на фазу электронной волны нами на основе просвечивающего электронного микроскопа создан двухлучевой электронный микроинтерферометр с электростатическим когерентным расщеплением фронта электронной волны [1,2]. С помощью электронной пушки с ускоряющим напряжением 75 кВ и двух магнитных линз формировался источник электронов диаметром 100 нм на расстоянии 260 мм от бипризмы. При этом длина волны электрона была около  $0.04 \text{ \AA}$ , поперечная когерентная длина электронного пучка 10 мкм, а плотность тока в плоскости регистрации  $10^{-11} \text{ А/см}^2$ .

Получение качественной интерференционной картины возможно только в том случае, если диаметр центрального электрода бипризмы существенно меньше поперечной когерентной длины электронного пучка. Для облегчения выбора оптимального диаметра этого электрода, который обеспечил бы максимальную чувствительность интерферометра к полю световой волны, нами в качестве центрального электрода вместо обычно применяемой нити использова-



Картина электронной интерференции.  $W$  — игла, длина волны электронов  $0.04 \text{ \AA}$ , длина световой волны  $0.63 \text{ мкм}$ , увеличение  $12\,500\times$ .

лись вольфрамовые иглы и стеклянные микропипетки. Минимальный диаметр игл и микропипеток составлял  $1\text{--}2 \text{ мкм}$ , а угол при вершине  $10\text{--}15^\circ$ . Иглы изготавливались методом электрохимического травления, а микропипетки — путем локального нагрева и вытяжки стеклянных капилляров. Для создания электропроводности микропипетки покрывались слоем хрома посредством вакуумного напыления.

На центральный электрод бипризмы подавалось положительное напряжение  $5\text{--}7 \text{ В}$ . Интерференционная картина, возникающая при частичном прекращении электронных пучков на расстоянии  $50 \text{ мм}$  от бипризмы, отображалась в плоскость фоторегистрации короткофокусной магнитной линзой с увеличением  $500\times$ .

Излучение  $10\text{-мВт}$  He-Ne-лазера вводилось в зону разделения потока электронов через прозрачное окно в вакуумной камере и фокусировалось на кончике иглы с помощью микрообъектива  $9\times 0.2$ .

Картины электронной интерференции представляют собой систему полос, расстояние между которыми определяется диаметром центрального электрода бипризмы, напряжением на этом электроде и длиной волны электронов. Кроме того, на картинах обычно видны полосы френелевской дифракции, расположенные по периметру центрального электрода.

Регистрация картин интерференции проводилась путем внутривакуумной съемки на пленку "Микрат-орто". Время выдержки составляло около  $1 \text{ мин}$ , светооптическое увеличение негативов — не менее  $25\times$ .

Были получены картины интерференции как с лазерным облучением центрального электрода бипризмы, так и без него. Из-за конусности центрального электрода расстояние между полосами по длине игл было неодинаковым (см. рисунок). Неоднородность поля у вершины острия вызывала появление картины, напоминающей часть каустики, наблюдаемой в оптических системах.

При освещении светом лазера вольфрамовых игл наблюдалось заметное снижение контраста исходной интерференционной картины, полученной без освещения, что приводило к уменьшению числа различаемых полос. Картина полос, полученных при использовании микропипеток, была менее контрастной, чем при использовании вольфрамовых игл, по-видимому, из-за частичной прозрачности микропипеток для быстрых электронов. Однако в этом случае более интенсивно проявлялась френелевская дифракция по периметру острия. При освещении светом лазера интенсивность дифракционных полос заметно снижалась. Для выяснения природы наблюдаемого изменения контраста интерференционных полос требуются дальнейшие эксперименты с фиксированным распределением магнитной составляющей электромагнитной волны.

Проведенные эксперименты показали, что электронный интерферометр может быть использован для регистрации воздействия света на фазу электронных волн.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант РФФИ 95-02-04064а).

#### Список литературы

- [1] *Mollenstedt G., Ducker H.* // Zeitschr. Phys. 1956. Bd. 245. S. 377-397.
- [2] *Стоянова И.Г., Анашкин И.Ф.* // Физические основы методов просвечивающей электронной микроскопии. М.: Наука, 1972. 372 с.
- [3] *Aharonow Y., Bohm D.* // Phys. Rev. 1959. V. 115. P. 485.
- [4] *Tomomura A.* // Elektron Holography. Springer Series in Optical Science. V. 70. P. 136.

Физико-технический  
институт им. А.Ф. Иоффе РАН  
С.-Петербург

Поступило в Редакцию  
28 декабря 1995 г.