

07;10;12

О ВЛИЯНИИ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ИНТЕРФЕРЕНЦИЮ ЭЛЕКТРОННЫХ ПУЧКОВ: ЭФФЕКТ ААРОНОВА-БОМА

© А.Н.Агеев, С.Ю.Давыдов

Со времени работы Ааронова и Бома [1] многочисленные исследования были посвящены изучению влияния на фазовые характеристики электронных волн постоянных во времени магнитных потоков в недоступной для электронов области пространства [2]. Что же касается эффекта Ааронова-Бома (ЭАБ) в переменных электромагнитных полях, то авторам известны лишь четыре публикации [3-6] по данному вопросу. Исследования в этой области представляются весьма актуальными.

В работе [4], в частности, был предложен эксперимент, позволяющий исследовать ЭАБ при наличии "вытекающей" световой волны, возникающей на поверхности кристалла при полном внутреннем отражении (см. например, [7]). По-видимому, более удобно использовать стекло с как можно меньшим показателем преломления, если вообще стоит сохранять данную геометрию эксперимента из-за трудностей создания нескомпенсированного магнитного потока. Более удобная модификация этого эксперимента предложена в [8].

В работах [4,8] было получено выражение, связывающее уширение центрального интерференционного максимума (по сравнению со случаем отсутствия переменного магнитного потока) с частотой света ω , амплитудой создаваемого им векторного потенциала A_0 и скоростью электронов v . Оценки этого эффекта показали реальность наблюдения такого уширения при разумных величинах интенсивности лазерного излучения и энергии электронов, что дает надежду на возможность использования ЭАБ для создания оптического детектора без поглощения фотонов.

В настоящей работе, в рамках той же экспериментальной ситуации, предлагается другой способ анализа ЭАБ, который во многих случаях может быть более надежен, а именно исследование контрастности ("видности") интерференционной картины (K), определяемой как [7]:

$$K = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}, \quad (1)$$

где I_{\max} и I_{\min} — максимальная и минимальная интенсивности электронной интерференционной картины.

Как показано в [4], интерференция двух электронных пучков, дифрагировавших от двух щелей, разделенных расстоянием d , определяется вероятностью P вида

$$P = \frac{1}{2} \left[1 + \cos(R \sin \omega \tau - \beta \omega_e \tau) \right], \quad (2)$$

$$\text{где } R = \frac{2e\nu A_0}{\hbar c \omega} \quad (3)$$

и β , с учетом малости τ [4,8], есть

$$\beta = 1 - \frac{\omega R}{2\omega_e}. \quad (4)$$

Здесь ω_e — угловая частота электронной волны, \hbar — приведенная постоянная Планка, e — заряд электрона, c — скорость света, τ — разность времени попадания на экран электронов, дифрагировавших от первой и второй щелей. Выражение (2) может быть переписано в виде

$$P = \frac{1}{2} \left\{ 1 + \cos(\beta \omega_e \tau) \left[J_0(R) + 2 \sum_{n=1}^{\infty} J_{2n}(R) \cos(2n\omega t) \right] + \right. \\ \left. + 2 \sin(\beta \omega_e \tau) \sum_{n=0}^{\infty} J_{2n+1}(R) \sin \left[(2n+1)\omega t \right] \right\}, \quad (5)$$

где J_p — функция Бесселя p -го порядка. Уширение интерференционных полос, связанное с зависящими от времени членами в выражении (5), исследовалось в работах [4,8]. Рассмотрим постоянную составляющую (5):

$$P_{d,c} = \frac{1}{2} \left[1 + \cos(\beta \omega_e \tau) J_0(R) \right]. \quad (6)$$

Величина видности K , соответствующей этому распределению вероятности, определяется выражением

$$K = |J_0(R)|. \quad (7)$$

Изменяя отношение $\nu A_0/\omega$, можно наблюдать изменение контрастности интерференционной картины. Например, можно варьировать скорость электронов, изменяя ускоряющее напряжение электронной пушки.

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

Список литературы

- [1] *Aharonov Y., Bohm D.* // Phys. Rev. 1959. V. 115. N 3. P. 485–491.
- [2] *Peshkin M., Tonomura A.* // Lecture Notes in Physics. 1989. V. 340. P. 152.
- [3] *Roy S.M., Singh V.* // Nuovo Cimento. 1984. V. 79a. N 4. P. 391–409.
- [4] *Lee B., Yin E., Gustafson T.K., Chiao R.* // Phys. Rev. A. 1992. V. 45. N 7. P. 4319–4325.
- [5] *Van Kampen N.G.* // Phys. Lett. 1984. V. 106 A. N 1. P. 5.
- [6] *Troudet R.* // Phys. Lett. 1985. P. 274.
- [7] *Борн М., Вольф Э.* Основы оптики. М.: Наука, 1970. 856 с.
- [8] *Агеев А.Н., Давыдов С.Ю.* // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 23. С. 71–73.

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

Поступило в Редакцию
28 сентября 1995 г.