

Наблюдение высоких порядков дробного эффекта Тальбота в оптическом диапазоне

А. Н. Морозов, Л. Р. Салбиева, Б. Г. Скуйбин, Е. В. Смирнов¹⁾

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 105005 Москва, Россия

Поступила в редакцию 5 февраля 2018 г.

Выполнено экспериментальное исследование эффекта Тальбота при дифракции света на амплитудной дифракционной решетке. Обнаружен и исследован дробный эффект Тальбота высоких порядков вплоть до $d/102$, где d – период решетки. Отмечаются возможности практического использования этого явления.

DOI: 10.7868/S0370274X1806005X

Явление самоизображения периодической системы когерентных источников излучения в ближнеполюсной дифракции – эффект Тальбота – в последнее время является объектом пристального внимания исследователей (см. [1–3] и приведенные там ссылки). Связано это как с глубоким физическим содержанием самого явления, так и с очень широкой областью его применения, охватывающей практически все волновые процессы – оптику, акустику, рентгеновские лучи, волны в волноводах и т.д.

К настоящему моменту наиболее детальные исследования эффекта Тальбота выполнены для случая электромагнитных волн [4–9] и волн материи де Бройля микрочастиц, в том числе электронов [10, 11], атомов гелия [12, 13] и крупных молекул [14, 15].

Важной особенностью ближнеполюсной дифракции является возможность получения изображения решетки не только с ее периодом d , но и с дробным периодом d/m , где m – целое число, так называемый дробный эффект Тальбота. Возможность наблюдения дробных изображений была отмечена еще Релеем [16], однако до сих пор экспериментальное исследование таких изображений было выполнено лишь для небольших значений $m < 8$ [12, 17, 18].

В настоящей работе изучен дробный эффект Тальбота высоких порядков (вплоть до значений $m = 102$) в оптическом диапазоне и отмечаются возможности его практического применения.

Для исследования высоких порядков дробного эффекта Тальбота была создана экспериментальная установка, схема которой приведена на рис. 1. Излучение 1 от лазера проходит через телескоп, состоящий из двух софокусных линз 2–3. Короткофокусная линза 2 имеет фокусное расстояние $f_1 = 5$ мм,

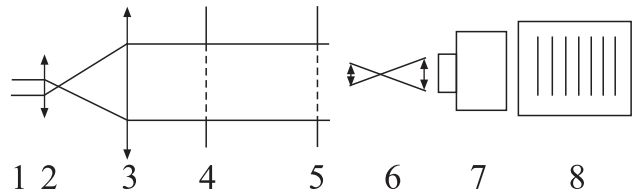


Рис. 1. Экспериментальная схема наблюдения эффекта Тальбота

а длиннофокусная линза $3 - f_2 = 200$ мм. Использование телескопа позволяет равномерно освещать дифракционную решетку 4.

Дифрагировавшее на решетке излучение 5 попадает через микроскоп 6 на светочувствительную матрицу фотокамеры Moticam1SP 7 с физическим размером 8×8 мм и количеством активных пикселей 14 Мпикс. Микрометрический винт юстировочного устройства, на котором расположены микроскоп и камера, позволяет перемещать его с точностью до 10 мкм в пределах 40 мм, что дает возможность детального изучения структуры дробных изображений Тальбота. С фотокамеры изображение передается на монитор 8 компьютера.

Длина волны излучения используемого в эксперименте лазера $\lambda = 0.53$ мкм, период одномерной дифракционной решетки составляет $d = 0.18$ мм. В этом случае длина Тальбота $L_T = 2d^2/\lambda$, на которой происходит самоизображение дифракционной решетки, имеет значение $L_T = 122.3$ мм.

На рис. 2 приведены наблюдаемые в эксперименте тальботовские изображения дифракционной решетки с периодом d . Рис. 2а представляет изображение решетки, полученное на расстоянии z за решеткой, равном длине Тальбота L_T , т.е. изображение исходной решетки. Результаты представлены в масштабе, равном одному периоду решетки на полный размер

¹⁾e-mail: seva09@rambler.ru