

0.7;12

Настройка на муаровые полосы конечной ширины при оптической обработке изображений амплитудной периодической решетки, искаженных восстановленным волновым фронтом

© А.И. Буть, А.М. Ляликов

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы,
230023 Гродно, Белоруссия

(Поступило в Редакцию 24 сентября 1997 г. В окончательной редакции 3 февраля 1998 г.)

Описан способ настройки на муаровые полосы конечной ширины при визуализации углов отклонения лучей восстановленных голограммой фазового объекта. Предложено результирующую муаровую картину получать при наложении двух искаженных изображений амплитудных решеток различного периода. Приведен результат экспериментальной апробации метода.

Для повышения чувствительности количественного метода исследования фазовых неоднородностей, основанного на получении искаженного изображения расфокусированной амплитудой решетки при восстановлении волнового фронта голограммой [1], было предложено использовать муаровый эффект при наложении изображений расфокусированных решеток [2]. Изображения искаженных решеток формировались волнами, восстановленными в комплексно-сопряженных порядках дифракции. В плоскости наложения изображений решетки наблюдалась муаровая картина, настроенная на бесконечно широкую полосу. Однако настройка картины муаровых или интерференционных полос на полосу бесконечной ширины обладает существенным недостатком, заключающимся в неоднозначности определения знака номера полосы [3].

В муаровой или голографической интерферометрии настройка на полосы конечной ширины производится при развороте интерферограмм или голограмм, а также за счет их регистрации с различными периодами [4]. Прямой перенос таких способов настройки в метод визуализации фазовых объектов с помощью амплитудной решетки [2] приведет к ряду погрешностей в визуализируемой муаровой картине, связанных со сдвигом или неодинаковыми чувствительностями накладываемых изображений решеток.

В данной работе рассмотрена модификация муарового метода визуализации углов отклонения световых лучей восстановленных голограммой фазового объекта [2]. Для настройки на полосы конечной ширины предлагается результирующую муаровую картину получать при наложении двух искаженных изображений амплитудных решеток различного периода.

На рис. 1 приведена схема устройства оптической обработки голограмм фазового объекта, позволяющего регулировать ширину полос в результирующей муаровой картине. Устройство содержит два канала формирования изображений амплитудных решеток I и 5 в плоскостях 8 и 9 , расположенных вблизи голограммы 10 . Штрихи амплитудных решеток I и 5 с отличающимися периодами ориентируют вертикально при визуализации проекции

углов отклонения восстановленных лучей на ось OX и горизонтально на ось OY . Амплитудные решетки освещаются колиммированными пучками света одновременно в двух каналах осветительной части устройства, а телескопическими системами с увеличением 1 крат изображения решеток I и 5 формируются на различных расстояниях L_1 и L_2 от голограммы 10 . Так как чувствительность данного метода определяется отношением L_1/T_1 и L_2/T_2 , где T_1 и T_2 — периоды амплитудных решеток I и 5 соответственно, то для случая $T_1 \neq T_2$ при одинаковой чувствительности в обоих каналах должно соблюдаться равенство $L_1/T_1 = L_2/T_2 = C$. На рис. 1 положение плоскостей 8 и 9 изображения амплитудных решеток приведены для случая когда $T_1 < T_2$. Светоделительным кубиком 4 голограмма 10 освещается так, чтобы дифрагированные на ней волны в \pm первые порядки распространялись в одном направлении. Эти волны, промодулированные по амплитуде решетками I и 5 , в задней фокальной плоскости объектива 11 выделяются фильтрующей диафрагмой 12 . Очевидно, что необходимым условием такой пространственной фильтрации является выполнение требования $(T_1, T_2) \gg P$, где P — период полос голограммы [2].

Пусть амплитудное пропускание голограммы фазового объекта описывается выражением [3]

$$\tau(x, y) \sim 1 + \cos \left[\frac{2\pi x}{P} + \Phi(x, y) \right], \quad (1)$$

где x, y — координаты в плоскости голограммы, причем ось OY параллельна голографическим полосам; $\Phi(x, y)$ — искажения фазы, вызванные исследуемым объектом.

Например, при вертикальной ориентации штрихов амплитудных решеток I и 5 можно показать [2], что в плоскости 14 , оптически сопряженной объективом 13 с голограммой 10 , распределение освещенностей, создаваемых каждым каналом осветительной части устройства в отдельности,

$$I_{+1}(x, y) \sim 1 + \cos \left[\frac{2\pi x}{T_1} + 2C\pi\epsilon_x \right], \quad (2)$$

$$I_{-1}(x, y) \sim 1 + \cos \left[\frac{2\pi x}{T_2} - 2C\pi\epsilon_x \right]. \quad (3)$$

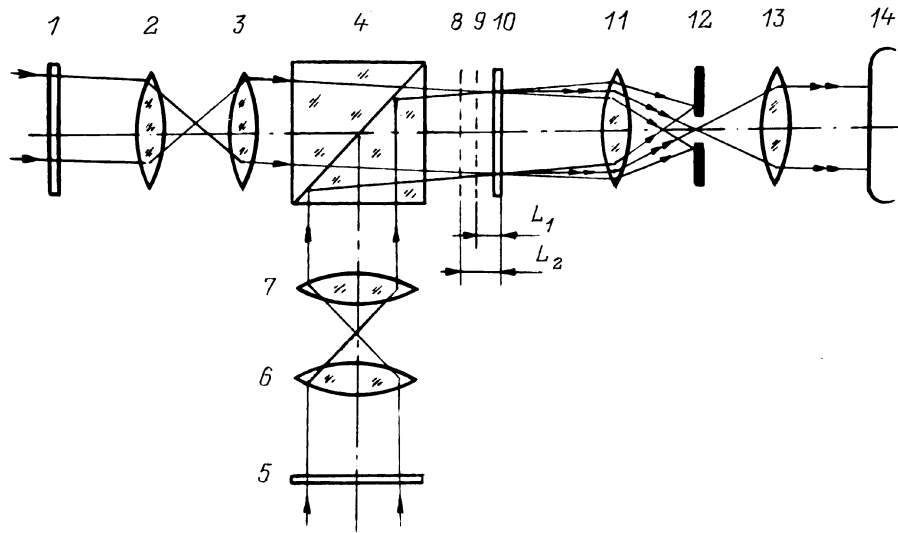


Рис. 1. Схема устройства оптической обработки голограммы фазового объекта: 1, 5 — амплитудные решетки; 2, 3 и 6, 7 — телескопические системы; 4 — светоделительный кубик; 8, 9 — плоскости изображений амплитудной решетки; 10 — голограмма фазового объекта; 11, 13 — объекты; 12 — фильтрующая диафрагма; 14 — плоскость наблюдения муаровой картины.

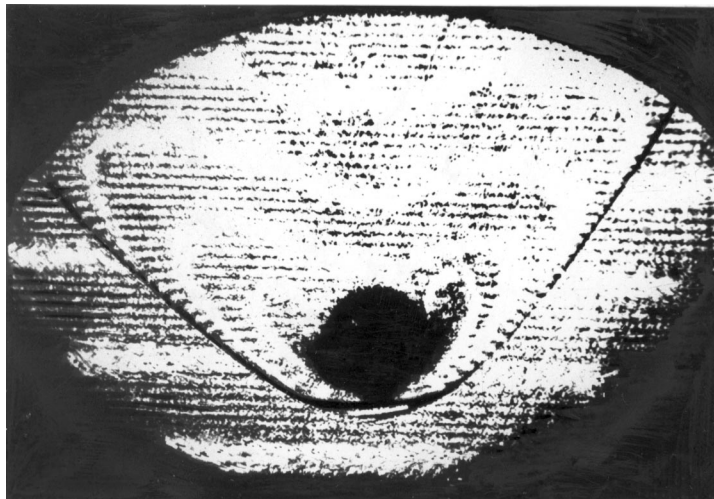


Рис. 2. Муаровая картина с настройкой на конечные полосы.

Периодичности изображений решеток искажены x -оставляющей углов отклонения от прямолинейного распределения световых лучей, восстановленных голограммой, т.е. ε_x . При некогерентном наложении искаженных изображений решеток (2), (3) результирующее распределение освещенности в плоскости 14 будет описываться суммой $I_{+1}(x, y) + I_{-1}(x, y)$. В этом случае распределение освещенности в результирующей картине, описывающее низкочастотную модуляцию освещенности, определится членом

$$\cos \left[\frac{\pi x(T_2 + T_1)}{T_2 T_1} \right] \cos \left[\frac{\pi x(T_2 - T_1)}{T_2 T_1} + 2C\pi\varepsilon_x \right]. \quad (4)$$

Области низкой видности изображений наложенных амплитудных решеток будут наблюдаться при обраще-

нии в нуль второго косинуса. Уравнение семейства муаровых полос в этом случае

$$\frac{x(T_2 - T_1)}{T_2 T_1} + 2C\varepsilon_x = N + 1/2, \quad N = 0, 1, 2, \dots \quad (5)$$

Таким образом, при наложении двух изображений амплитудных решеток различного периода, искаженных восстановленными голограммой волновыми фронтами, будет наблюдаться муаровая картина с настройкой на конечные полосы, ориентированные параллельно изображениям полос решеток. Период полос настройки определяется из (4), как $T_1 T_2 / (T_2 - T_1)$.

Следует подчеркнуть важное достоинство данного способа оптической обработки изображений амплитудных решеток в сравнении с ранее предложенным [2]. В схеме

оптической обработки [2] восстановленные голограммой волновые фронты проходят объективы приемной части схемы под различными углами и по различным путям, что может привести к различным искажениям изображений решеток, не связанным с исследуемым фазовым объектом, т. е. к аберрациям. В схеме, приведенной на рис. 1, за счет настройки светоделительного кубика 4 можно восстановленные в комплексно-сопряженных порядках волновые фронты направлять через объективы 11,13 по одному пути и тем самым устранять аберрации, присущие методике [2].

На рис. 2 приведена муаровая картина с настройкой на вертикальные полосы конечной ширины, визуализирующая x -составляющую углов отклонения световых лучей, восстановленных голограммой шара на баллистической трассе.

Таким образом, предложенный способ настройки на полосы конечной ширины позволяет устранить ошибки в визуализируемой муаровой картине, связанные со сдвигом и неодинаковыми чувствительностями накладываемых изображений амплитудных решеток. Следует отметить, что в данной работе использовалась одна и та же голограмма шара на баллистической трассе, что и в [1] и [2], предоставленная И.С. Зейликовичем.

Список литературы

- [1] Буть А.И., Ляликов А.М. // ЖТФ. 1997. Т. 63. Вып. 3. С. 39–42.
- [2] Буть А.И., Ляликов А.М. // ЖТФ. 1997. Т. 63. Вып. 7. С. 134–136.
- [3] Вест Ч. Голографическая интерферометрия. М.: Мир. 1982. 504 с.
- [4] Бекетова А.К., Белозеров А.Ф., Березкин А.Н. и др. Голографическая интерферометрия фазовых объектов. Л.: Наука, 1979. 232 с.