

К. С. Мустафин, В. А. Селезнев, Методы повышения чувствительности голографической интерферометрии

Голографическая интерферометрия в последнее время находит все более широкое и успешное применение в различных исследованиях. Поэтому представляет интерес разработка методов повышения чувствительности голографической интерферометрии. Этому вопросу посвящен ряд работ¹⁻⁴. В докладе рассмотрены три способа повышения чувствительности интерферометрического исследования оптических неоднородностей прозрачных объектов методом голографии.

1. Трехцветная голографическая интерферометрия. Метод основан на некогерентном наложении друг на друга двух интерферограмм с длинами волн λ_1 и λ_2 для одной и той же неоднородности и наблюдении возникающей при этом муаровой картины. Для этого на голограмме регистрируют волновой фронт сравнения с использованием одной длины волны λ_0 . Затем эту голограмму освещают как объектным, так и опорным пучками с длинами волн λ_1 и λ_2 и за голограммой наблюдают муаровую картину. При этом возможны два случая:

а) Полосы интерференции конечной ширины благодаря наличию исследуемой неоднородности в интерферограммах с λ_1 и λ_2 имеют противоположные смещения. В этом случае муаровая картина идентична интерферограмме, полученной с длиной волны $\lambda_{эфф} = \lambda_1 \lambda_2 / (\lambda_1 + \lambda_2)$, т. е. при $\lambda_1 \approx \lambda_2$ чувствительность метода повышается приблизительно вдвое. При этом, если выполняется условие $\lambda_0 = 2\lambda_{эфф}$, то несовершенство оптики не сказывается на муарограмме.

б) Смещения полос в интерферограммах с λ_1 и λ_2 имеют одинаковые направления. В этом случае муаровая картина идентична интерферограмме, полученной с длиной волны $\lambda_{эфф} = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}$. Эта методика может быть полезной там, где требуется существенное уменьшение чувствительности интерференционного метода, в частности при интерферометрических исследованиях объектов, со скачком плотности для идентификации полос по обе стороны границы скачка. Данный метод позволяет получить интерферограмму или повышенной, или пониженной чувствительности в реальном масштабе времени.

2. Трехлучевая голографическая интерферометрия. Метод основан на получении картины интерференции объектной волны с двумя идентичными волнами сравнения. Для этого, например, на голограмме регистрируют объектную волну при угле голографирования α_0 и две волны сравнения при углах α_1 и α_2 так, чтобы $\alpha_1 < \alpha_0 < \alpha_2$ или $\alpha_2 < \alpha_0 < \alpha_1$. При этих условиях интерферограмма, полученная с помощью такой голограммы, обладает удвоенной чувствительностью. Несовершенства оптики исключаются. Этот метод также может быть применен при получении интерферограмм в реальном масштабе времени. Для получения четкого изображения исследуемого объекта целесообразно применять метод голографирования фокусированного изображения объекта.

3. Использование нелинейных эффектов в голографии. Метод основан на трансформации волнового фронта при восстановлении его с голограммы в более высоком порядке дифракции. На голограмме регистрируется фронт волны от исследуемого объекта при заведомо нелинейных условиях. Затем голограмму освещают двумя опорными волнами так, чтобы получить картину интерференции между волнами, восстановленными в n -м и $-m$ -м порядках дифракции. При этом достигается повышение чувствительности в $n + m$ раз. Показана возможность использования нелинейных эффектов также и в методе получения интерферограмм путем наложения двух голограмм, на которых раздельно фиксированы фронты волн сравнения и исследуемого объекта. Рассмотрено влияние аберраций голограмм на получаемые интерферограммы с использованием высших порядков дифракции. Показано, что при использовании слабых неоднородностей аберрациями можно пренебречь, если голографирование и восстановление производится плоскими волнами.

В качестве иллюстрации приводятся экспериментально полученные интерферограммы прозрачных неоднородностей повышенной чувствительности.

ЛИТЕРАТУРА

1. O. Bringdahl, A. W. Lohmann J. Opt. Soc. Amer. 58 (1), 141 (1968).
2. M. De, L. Sevigny, Appl. Opt. 6 (10), 1665 (1967).
3. O. Bringdahl, J. Opt. Soc. Amer. 59 (2), 142 (1969).
4. P. H. Langenbeck, Appl. Optics 3, 543 (1969).