

Запись голограмм периодических структур в пространственно некогерентном свете с произвольной ориентацией полос структуры

Н. Т. Авласевич, А. М. Ляликов

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно, Беларусь;
e-mail: avlnt@grsu.by*

Рассмотрен способ записи голограммы пропускающей периодической структуры в некогерентном свете с возможностью регулирования ориентации полос голографической структуры в широком диапазоне. Проведено теоретическое обоснование способа записи голограмм периодических структур одним пучком некогерентного света с возможностью произвольного регулирования величины и направления вектора решетки формируемой голографической структуры, а также предложена оптическая схема устройства для реализации данного способа.

Ключевые слова: голограмма, динамическая периодическая структура, некогерентный источник света.

Введение

В настоящее время отмечается особый интерес не только к технологиям создания структурированных объектов на различных уровнях, но и к разработке методов измерительного контроля параметров такой структуры. К высокочувствительному методу изучения структурированных объектов относится голографическая интерферометрия периодических структур [1], заключающаяся в формировании голограммы периодической структуры с последующим восстановлением интерференционной картины. Запись голограммы структурированного объекта может быть осуществлена как в когерентном, так и некогерентном освещении [2]. Установлено, что при использовании пространственно некогерентного освещения качество голограмм значительно выше, чем при записи в когерентном свете. Недостатком применения некогерентного освещения при записи голограммы – это сложность регулирования вектора решетки записываемой голографической структуры.

В работе рассмотрен способ записи голограммы пропускающей периодической структуры в некогерентном свете с возможностью регулирования полос голографической структуры в широком диапазоне. Проведено теоретическое обоснование способа записи голограмм периодических структур одним пучком некогерентного света с возможностью произвольного регулирования величины и направления вектора решетки формируемой голографической структуры, а также предложена оптическая схема устройства для реализации данного способа.

1. Методика записи голограмм периодических структур

При применении источника света с низкой пространственно-временной когерентностью для формирования голограммы периодической структуры в качестве объектной и опорной волн используются световые пучки, дифрагированные на самой периодической структуре. В качестве таких волн, формирующих голограмму, возможно использование любой пары световых пучков как дифрагированных в комплексно-сопряженных порядках дифракции, так и любого светового пучка n -го порядка дифракции и прямопрошедшего исследуемую структуру [1]. В такой схеме записи голограмм используется только один световой пучок для освещения периодической структуры, при этом ориентация полос записываемой голографической структуры не зависит от выбора световых пучков, так как плоскость формирования голограммы периодической структуры обязательно оптически сопряжена с

исследуемой структурой. Для устранения такого недостатка в голографической интерферометрии ранее было предложено использовать в схемах дополнительно прозрачную решетку, согласованную по несущей частоте с перезаписываемой голограммой [3]. Дополнительная прозрачная решетка устанавливалась обычно перед перезаписываемой голограммой в оптически сопряженной плоскости. Такой простой прием при формировании голограмм в некогерентном свете был впервые предложен в системах перезаписи голограмм с целью повышения чувствительности фазовых измерений.

2. Оптическая схема экспериментальной установки

На рис. приведена оптическая схема устройства для реализации записи голограмм периодических структур одним пучком некогерентного света с возможностью произвольного регулирования величины и направления вектора решетки формируемой голографической структуры.

С помощью некогерентного 1 источника света и оптической системы, выполненной, например, в виде телескопа, образованного рассеивающей 2 и собирающей 3 линзами формируют коллимированный световой пучок и освещают им прозрачную дифракционную решетку 10, которая установлена в оптический держатель 11. На выходе прозрачной 10 дифракционной решетки формируется система дифрагированных световых пучков, расположенных в плоскости, перпендикулярной штрихам решетки. Разворот плоскости, в которой сформирована система дифрагированных пучков, осуществляется разворотом прозрачной 10 дифракционной решетки посредством оптического держателя 11.

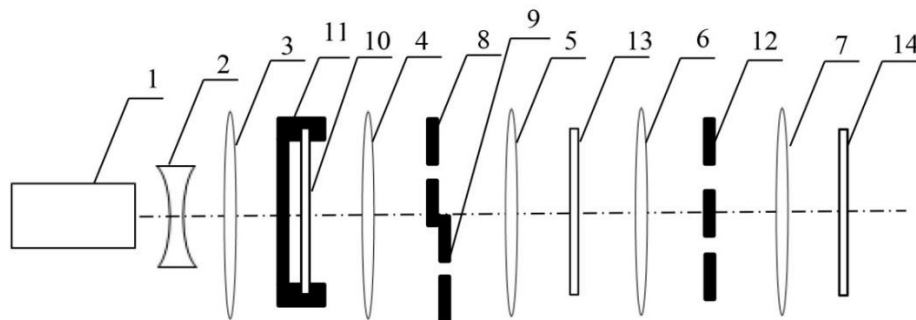


Рис. – Оптическая схема устройства записи голограмм.

Световые пучки первым 4 объективом фокусируются в плоскости первого 8 и второго 9 экранов первой оптической фильтрующей системы. Разворотом прозрачной 10 дифракционной решетки и отверстиями первого 8 и второго 9 экранов за счет их перемещения в плоскости, перпендикулярной оптической оси устройства, выбирается пара световых пучков, которые коллимируются вторым 5 объективом и освещают исследуемую 13 периодическую структуру.

3. Результат

Использование в схеме формирования голограмм периодических структур дополнительной пропускающей дифракционной решетки позволяет формировать пару взаимно когерентных световых пучков с возможностью произвольного регулирования направления их распространения. Посредством данной пары световых пучков освещают исследуемую 13 периодическую структуру. В задней фокальной плоскости третьего 6 объектива парой отверстий в экране 12 выделяют два световых пучка, дифрагированных на исследуемой структуре, например, в +1-й и -1-й порядки.

Выделенные световые пучки, коллимируют четвертым 7 объективом, и на регистраторе 14 записывают голограмму исследуемой 13 периодической структуры.

Установлено, что диапазон регулировки величины и направления вектора \mathbf{R} голографической структуры зависит от соотношения периода P прозрачной дифракционной решетки и периода T исследуемой периодической структуры. Определено, что оптимальным соотношением периодов является случай, когда $T \gg P$. В этом случае направление вектора \mathbf{R} голографической исследуемой структуры регулируется в пределах от 0 до 2π .

Было проведено экспериментальное опробование способа формирования голограмм периодических структур в вышеописанной схеме записи. В качестве прозрачной дифракционной решетки использовалась фазовая голограмма с частотой голографических полос 40 линий на мм и исследуемая периодическая структура с частотой следования структуры 8 линий на мм. Были записаны голограммы периодической структуры с изменением направление вектора \mathbf{R} голографической исследуемой структуры, который регулируется в пределах от 0 до 2π , при этом период полос голографической структуры изменялся в пределах от 21 до 30 мкм.

Заключение

Предложенная схема записи голограмм периодических структур в некогерентном свете позволяет использовать прозрачные дифракционные решетки с частотой полос структуры, изменяющейся в достаточно широком диапазоне от 5 до 60 линий на мм, что делает данную схему записи голограмм очень перспективной для реализации двухэкспозиционного способа голографической интерферометрии динамических периодических структур с возможностью восстановления интерференционных картин в полосах конечной ширины.

Литература

1. Ляликов А. М., Авласевич Н. Т. Регулирование чувствительности измерений в голографической интерферометрии динамических периодических структур. Оптический журнал. 2019. № 3. С. 56–60.
2. Ляликов А. М., Авласевич Н. Т. Особенности формирования голограмм периодических структур при пространственно некогерентном и когерентном освещении. Веснік ГрДУ імя Янкі Купалы. Сер 2. Матэматыка. 2020. Т. 10, № 1. С. 75–82.
3. Ляликов, А. М. Достижение высокой чувствительности измерений в оптических системах перезаписи голограмм некогерентным светом. Письма в Журнал технической физики. 1998. Т. 24, № 12. С. 72–75.

Recording of holograms of periodic structures in spatially incoherent light with an arbitrary orientation of the stripes of the structure

N.T. Avlasevich, A.M. Lialikov

Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus; e-mail: avlnt@grsu.by

A method for recording a hologram of a transmitting periodic structure in incoherent light with the possibility of adjusting the bands of the holographic structure in a wide range is considered. The theoretical substantiation of the method of recording holograms of periodic structures with a single beam of incoherent light with the possibility of arbitrary adjustment of the magnitude and direction of the lattice vector of the formed holographic structure is carried out. An optical scheme of the device for implementing this method is proposed.

Keywords: hologram, dynamic periodic structure, incoherent light source.