

УДК 535.41:778.38

ЗАВИСИМОСТЬ МЕЖДУ ПАРАМЕТРАМИ ОБЪЕКТА И ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЕЕ ИНТЕРФЕРОГРАММЫ

МАРИПОВ А., ИСМАНОВ Ю. Х.
(КГТУ им. И. Раззакова, кафедра физики)
izvestiya@ktu.aknet.kg

В данной статье приведены аналитические соотношения, определяющие характер распределения светового поля в плоскости записи интерферограммы в зависимости от параметров исследуемой фазовой среды. Соотношения получены для канала Тальбота многоканального широкодиапазонного голографического интерферометра для простейших фазовых сред типа плоскопараллельная пластина, тонкий клин и тонкая линза.

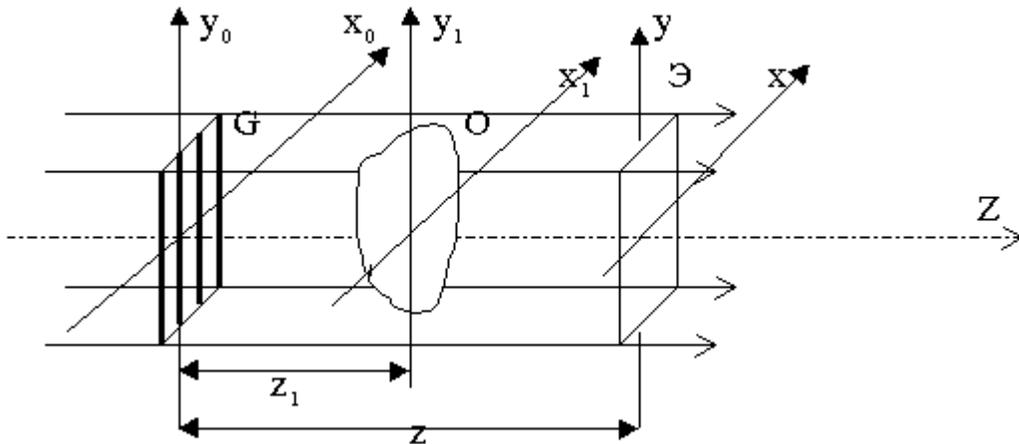
В общем виде обратная задача в оптике не имеет однозначного решения. Однако для частного случая простейших фазовых сред можно получить соотношения, связывающие характеристики интерферограммы и фазовой среды.

Аналитическое представление зависимости между параметрами исходного объекта и характеристиками ее интерферограммы было получено для канала IV (канал Тальбота) многоканального широкодиапазонного голографического интерферометра [1].

Рассмотрим в качестве исходного объекта одномерную линейную решетку, коэффициент пропускания которой равен:

$$t(x_0) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} c_n \exp(j2\pi x_0 n/d), \quad (1)$$

где d – период решетки. Решетка расположена в плоскости, перпендикулярной оси OZ . Координаты точек решетки в общем случае определяются переменными X_0 и Y_0 . Если же расположить решетку таким образом, чтобы ее линии были параллельны оси OY , то ее коэффициент пропускания является функцией одной переменной X_0 . Фазовый объект расположен в плоскости (X_1, Y_1) на



некотором расстоянии Z_1 от плоскости решетки (рис. 1).

Рис. 1. Схема получения интерферограммы Тальбота.

Освещаем решетку плоской волной, распространяющейся вдоль оси Z и имеющей единичную амплитуду $U(x_0, y_0, z_0^-) = \exp(jkz_0^-)$. Считая $z_0 = 0$, т.е. решетка помещена в начале координат, получаем $U(x_0, y_0, z_0^-) = 1$.

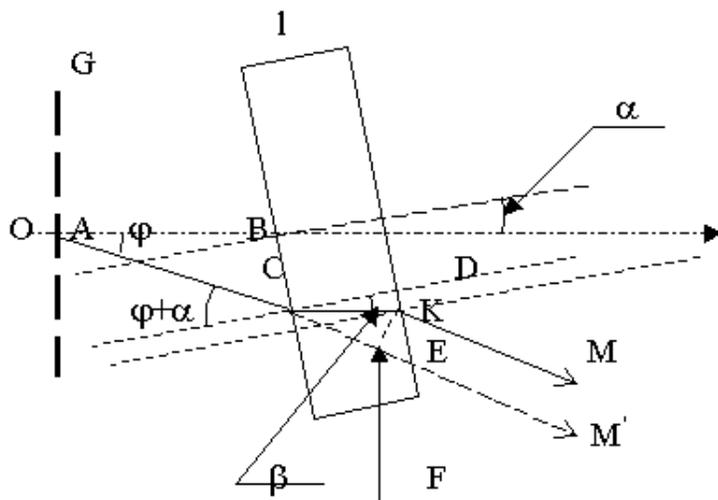
Для получения аналитической зависимости между параметрами исходной решетки канал Тальбота многоканального широкодиапазонного голографического интерферометра оказался наиболее удобным, так как здесь мы имеем дело только с одной волной, прошедшей сквозь решетку и исследуемый фазовый объект.

Измененное объектом распределение интенсивности, полученное согласно схеме на рис. 1, содержит информацию об искажениях волнового фронта в среде и, по существу, является многолучевой интерферограммой, в которой интерферируют пространственные гармоники, просвечивающие объект под разными углами. Измеряемой величиной в каждом случае является распределение поля освещающего излучения сразу после объекта. При этом если объект «тонкий» (оптиче-

ская толщина мала по сравнению с базой измерения – расстоянием между объектом и плоскостью регистрации), то от измеренных искажений волнового фронта на выходе из объекта можно перейти к искажениям среды, например к неровности поверхности пластин (зная показатель преломления).

В общем случае функция фазовых искажений $\Phi(x_1, y_1)$ может быть найдена путем решения обратной задачи о восстановлении распределения фаз по известному распределению интенсивности [2]. Однако рассматриваемую задачу можно упростить, если сложные оптические неоднородности в среде могут быть представлены совокупностью пространственно-распределенных элементарных фазовых искажений типа плоскопараллельной пластины,

Рис. 2. Схема возникновения оптических искажений при прохождении световой волны сквозь плоскопараллельную пластину.



оптического клина, линзы. Рассмотрим влияние таких неоднородностей в отдельности на распределение поля за решеткой.

Для тонкой плоскопараллельной пластины (рис. 2) расчет поля в плоскости, где установлена фотопластинка для записи интерферограммы, дает следующий результат:

$$U_p(x, y, z) = \frac{1}{2\lambda z} \exp\{jk[z + \ell[(n-1) + \frac{\alpha^2}{2}(1 - \frac{1}{n})]]\} \sum_{m=-M}^M c_m \exp\{2\pi j[\frac{m}{d}[x + \alpha \ell \times (1 - \frac{1}{n})] - \frac{m^2 \lambda}{2d^2}[z - \ell(1 - \frac{1}{n})]]\} \{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a - y)] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a - y)]\} \{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} \times$$

$$\times \left[a - x + \frac{m\lambda z}{d} + \frac{m}{d} \alpha \ell \left(1 - \frac{1}{n} \right) \right] - F \left[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} \left(-a - x + \frac{m\lambda z}{d} + \frac{m}{d} \alpha \ell \left(1 - \frac{1}{n} \right) \right) \right] \}, \quad (2)$$

где $F(x) = \int_0^x \exp(j \frac{\pi}{2} t^2) dt$ – интеграл Френеля.

Для тонкого клина (рис. 3)

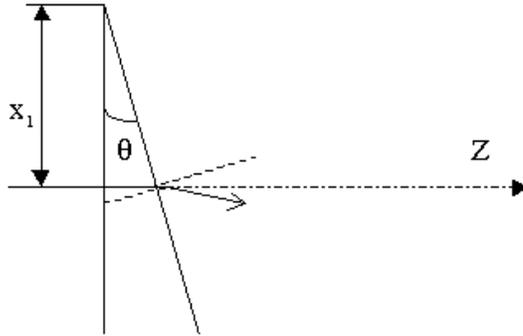


Рис. 3. Схема возникновения фазовых искажений при прохождении световой волны сквозь оптический клин.

для распределения поля получили следующее соотношение

$$U_c(x, y, z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp[j(kz - \frac{\pi}{4})] \exp(-2\pi j \beta^2 \frac{z - z_1}{2\lambda}) \sum_{m=-M}^M c_m \exp \{ 2\pi j [\frac{m}{d} \times$$

$$\times [x - \beta(z - z_1)] + \frac{\beta}{\lambda} x - \frac{m^2 \lambda z}{2d^2}] \} \{ F[\sqrt{\frac{k}{\pi z}} [a - x + (z - z_1)\beta + \frac{m\lambda z}{d}] -$$

$$- F[\sqrt{\frac{k}{\pi z}} [-a - x + (z - z_1)\beta + \frac{m\lambda z}{d}]] \} \{ F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} (a - y)] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}} (-a - y)] \}. \quad (3)$$

Подобное же соотношение для тонкой линзы имеет вид

$$\begin{aligned}
U_n(x, y, z) = & 1/4 \exp[jk(z + n\Delta l)] \sum_{-M}^M c_m \exp[j2\pi(\frac{m}{d}x - \frac{m^2\lambda}{2d^2}z')] \times \\
& \times \{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a - y)] - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a - y)]\} \{F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(a - (\frac{n_0\Delta l z}{x_m} + \frac{m\lambda z}{d} - x))] - \\
& - F[\sqrt{\frac{\pi}{\lambda z}}(-a - (\frac{n_0\Delta l z}{x_m} + \frac{m\lambda z}{d} - x))]\} \quad (4)
\end{aligned}$$

Полученные аналитические соотношения, описывающие распределения полей в интерферометре Тальбота, позволяют представить распределения полей для довольно сложных фазовых объектов, которые можно рассматривать как совокупность простейших оптических объектов, рассмотренных выше.

Литература

1. Марипов А., Ismanov J. Interferometer based on the Talbot Effect in holography. J. Optics(Paris), 1995, 26, #1, 25-28
2. Марипов А. Радужная голография.- Бишкек: Илим, 1988. С. 146

RELATIONSHIP BETWEEN OBJECT PARAMETERS AND CHARACTERISTICS OF ITS INTERFEROGRAM

Maripov A., Ismanov Y. H.,

(I. Razzakov's KTSU, Department "Physics")

Analytical relationships describing distribution of light field at an interferogram plane as the function of phase medium parameters are considered in the paper. Relationships were obtained in the Talbot channel of the multichannel widerange holographic interferometer for elementary phase objects such as a planar wafer, foxtail and thin lens.