

точки находятся за голограммой (по ходу света), и отрицательны, если они располагаются до неё.

Поперечное M_{\perp} и продольное M_{\parallel} увеличения голограммной линзы:

$$M_{\perp} = \frac{dx_U}{dx_B} = \left| \frac{R_U}{R_B} \right|; \quad M_{\parallel} = \frac{dR_U}{dR_B} = \frac{R_U^2}{R_B^2}. \quad (4)$$

Угловые увеличения M_{α} и M_{β} в плоскостях xy и xz имеют вид:

$$M_{\alpha} = \frac{\Delta\alpha_U}{\Delta\alpha_B} = \frac{\sin \alpha_B}{\sin \alpha_U}; \quad (5)$$

$$M_{\beta} = \frac{\Delta\beta_U}{\Delta\beta_B} = \frac{\sin \beta_B}{\sin \beta_U},$$

где $\frac{x_i}{R_i} = \cos \alpha_i$; $\frac{y_i}{R_i} = \cos \beta_i$ ($i = U, B$). В случае осевых голограмм $x_c = x_0 = y_c = y_0 = 0$, и из (2) и (3) следует, что $\alpha_U = \alpha_B$, $\beta_U = \beta_B$, т. е. $M_{\alpha} = M_{\beta}$. Для внеосевых голограмм $M_{\alpha} \neq M_{\beta}$, и такие линзы обладают свойством анаморфотности (см. *Анаморфирование*).

Козф. сферической aberrации голограммной линзы определяется ф-лой:

$$S = \frac{1}{R_B^3} - \frac{1}{R_U^3} + \mu \left(\frac{1}{R_C^3} - \frac{1}{R_0^3} \right). \quad (6)$$

При $\mu = 1$ и $R_B = R_0 S$ и все остальные оптические aberrации равны 0. Следовательно, всегда можно найти в пространстве объекта точку O , изображение к-рой в монохроматич. свете может быть получено без искажений в сопряжённой точке C пространства изображений. Сферич. aberrация осевой голограммы, вызванная тем, что $\mu \neq 1$ или $R_B \neq R_0$, может быть компенсирована с помощью плоскопараллельной пластинки или подбором геометрии освещающего и интерферирующих пучков [7, 8].

Астигматич. разность ΔR_U осевой голограммы определяется ф-лой:

$$\Delta R_U = \frac{R_U^m R_U^c}{f} \cdot \text{ctg}^2 \alpha_U, \quad (7)$$

где α_U — угол между оптич. осью и гл. лучом наклонных пучков, R_U^c и R_U^m — расстояния от голограммы до меридиальной и сагиттальной фокальных линий (см. *Астигматизм*). Из (7) следует, что знак ΔR_U определяется знаком f и, следовательно, в оптич. системе, состоящей из голографич. линз, комбинацией положит. и отрицат. линз возможна компенсация астигматизма. При этом удаётся уменьшить и кому.

Из (1) видно, что голограммные линзы обладают продольной *хроматической aberrацией*. Поэтому их целесообразно применять для монохроматич. излучения. Голографич. и классич. линзы одного знака обладают хроматич. aberrацией противоположных знаков, и их комбинация может использоваться для ахроматизации оптич. систем. В системе из плоских голограмм возможна ахроматизация только для мнимого изображения объекта.

Отражат. голограммные линзы могут одновременно выполнять ф-ции светоделителя, *светофильтра* и формирователя изображений. Такие многофункциональные Г. о. э. применяются, напр., для отображения перед оператором дополнит. информации при одноврем. возможности наблюдения пространства за голограммой.

На одной и той же фотопластинке могут быть получены путём одноврем. или последоват. экспонирования N голограмм. Такие голограммы расщепляют падающую на них волну по амплитуде на N частей и применяются для размножения изображений.

Фильтры. Фильтрующие свойства Г. о. э. основаны на угловой и спектральной селективности трёхмерных голограмм. Спектральная полуширина $\Delta\lambda_{1/2}$ отфильтрованного излучения для отражательных и пропускаю-

щих симметричных голограмм определяется выражениями:

$$\Delta\lambda_{1/2}^{\text{отр}} \approx 2\lambda/\pi T \bar{n} \cos \vartheta; \quad (8)$$

$$\Delta\lambda_{1/2}^{\text{проп}} \approx 1,3\lambda/\pi T \bar{n} \sin \vartheta \text{tg} \vartheta.$$

Здесь T — толщина голограммы, ϑ — угол Брэгга, \bar{n} — ср. значение показателя преломления среды. При большой амплитуде модуляции η отражат. голограммы приобретают свойства диэлектрич. зеркала, что является следствием уменьшения её эффективной толщины. Фильтрующие свойства пропускающей голограммы при неколлимированном освещении описываются выражением:

$$\Delta\lambda = \Delta\lambda_{\text{проп}} + v^{-1} \cos \vartheta \Delta\theta, \quad (9)$$

где $\Delta\theta$ — угловая расходимость освещающего пучка, v — пространств. частота голограммы.

Поляризаторы. Поляризующее действие голограмм основано на разных значениях η трёхмерных голограмм для TE - и TM -волн (см. *Поляризация волн, Волновод*). В обычных условиях $\eta_{TE} > \eta_{TM}$. Случай $\eta_{TM} = 0$ реализуется, когда угол между освещающим и дифрагированным пучками достигает 90° , что выполняется лишь для сред с $n < \sqrt{2}$. При $n > \sqrt{2}$ предельная степень поляризации:

$$P = 2 [n^2 - 1 + (n^2 - 1)^{-1}]^{-1}. \quad (10)$$

Френелевские потери устраняются иммерсированием (см. *Иммерсионный метод*). Спектральная зависимость степени поляризации при этом описывается выражением:

$$P(\lambda) = 1 - 8(\lambda/\lambda_p - 1)^2/\eta_{TE}, \quad (11)$$

где λ_p — длина волны, на которую рассчитан поляризатор.

Синтезированные Г. о. э. применяют в качестве компенсаторов при контроле оптич. поверхностей сложной формы, коррегирующих элементов в оптич. системах, образцовых и вспомогательных оптич. элементов в контрольно-измерит. приборах. При их использовании в качестве компенсаторов для контроля асферич. поверхностей на одной подложке изготавливают коррегирующую голограмму и ряд вспомогательных (юстировочных) голограмм, к-рые обеспечивают высокую точность юстировки элементов установки и оперативность контроля. Коррегирующая голограмма преобразует сферич. (плоскую) волну и асферическую с заданной формой волновой поверхности. На высокой точности воспроизведения заданной волновой поверхности основана возможность образцовых оптич. элементов.

Высокую дифракц. эффективность синтезированных Г. о. э. можно получить управляя формой профиля стрихов. Макс. дифракц. эффективностью обладают *киноформы* [8].

Лит.: 1) Ландсберг Г. С., *Оптика*, 5 изд., М., 1976; 2) *Оптическая голография*, под ред. Г. Колфида, пер. с англ., т. 2, М., 1982; 3) Власов Н. Г., Мосякин Ю. С., Скродный Г. В., Фокусирующие свойства голограмм сходящихся пучков, «Квантовая электроника», 1972, № 7, с. 14; 4) Кольер Р., Беркхарт К., Лин Л., *Оптическая голография*, пер. с англ., М., 1973; 5) Meier R. W., Magnification and third-order aberrations in holography, «J. Opt. Soc. Amer.», 1963, v. 53, p. 987; 6) Шаплагне Е. В., Nonparaxial imaging, magnification and aberration properties in holography, «J. Opt. Soc. Amer.», 1967, v. 57, p. 51; 7) Буинков Г. Н., Мустафин К. С., Компенсация сферической aberrации голограммных линз при коротковолновом свдиге восстанавливающего излучения, «Оптика и спектроскопия», 1976, т. 41, с. 157; 8) *Киноформы оптич. элементы*, Новосибир., 1981. К. С. Мустафин.

ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ — получение и интерпретация интерференционных картин, образованных волнами, из к-рых, по крайней мере, одна записана и восстановлена голографически. Взаимодействие восстанавливающей волны со структурой, записанной на голограмме, приводит к восстановлению объектной волны. Если восстанавливающая волна — точная копия опорной, то точно восстанавливаются и