

ФОРМФАКТОР ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ ГОЛОГРАММ

Сергей Александрович Шойдин

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры наносистем и оптоэлектроники, тел. (383)343-91-11, e-mail: shoydin@ssga.ru

Александр Владимирович Трифанов

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, аспирант кафедры метрологии и технологии оптического производства, тел. (383)361-07-45, e-mail: trifanov.alex@mail.ru

Для случая фазовых объемных голограмм обоснована применимость использования формфактора для голограмм реального изображения. Показано, что значения формфактора для сложных изображений, имеющих гауссову статистику распределения яркости, близки к величине формфактора для голограмм гауссовых пучков.

Ключевые слова: лазер, голография, дифракционная эффективность, формфактор, видимость, степень когерентности, гауссов пучок, портрет.

FORMFACTOR OF IMAGE HOLOGRAMS

Sergey A. Shoydin

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., Ph. D., associate Professor of the Department of Nanosystems and Optics Engineering, tel. (383)343-91-11, e-mail: shoydin@ssga.ru

Aleksandr V. Trifanov

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., graduate student of the Department of Metrology and Technology of Optical Production, tel. (383)361-07-45, e-mail: trifanov.alex@mail.ru

For the case of phase volumetric holograms, the applicability of the use of the formfactor for the hologram image is valid. It is shown that the values of the formfactor for complex images, the presence of a Gaussian distribution distribute the luminosities, close to the value of the formfactor for holograms of Gaussian beams.

Key words: laser, hologram, formfactor, diffraction efficiency, Gaussian beam, visibility, coherence degree, portrait.

Ранее показано [1–5], что учет фактора формы голограммы позволяет точнее определять ее оптимальную экспозицию и величину дифракционной эффективности неоднородной по полю голограммы. В настоящей работе исследованы основные свойства фактора формы при записи голограммы реального изображения, представленного портретом человека.

Как показано в [5], формфактор ψ у голограммы вычисляется как поправочный коэффициент в классическом выражении для величины дифракционной эффективности η (1).

$$\eta = \Omega \sin^2 \{ \Psi f(EV) \} \quad (1)$$

Здесь E – экспозиция голограммы, V – видность интерференционной картины при ее записи, Ω – максимальное значение средней дифракционной эффективности, а Ψ – формфактор голограммы. Аналогично [5] вычислялись значения $\eta_m(E_1, V)$ по (2), где η_m – средняя по полю голограммы дифракционная эффективность, s – ее площадь.

$$\eta_m = \left(\frac{1}{s} \right) \iint \sin^2 \{ \beta(E) E(x, y) V(x, y) \} dx dy \quad (2)$$

В дальнейших расчетах $f(E, V)$, бралась такой же, как в [5]:

$$f(E, V) = \beta(E) \cdot E \cdot V \quad (3)$$

Здесь $\beta(E)$ – голографическая чувствительность, хорошо аппроксимирующая [6] реальный фотоотклик голографического материала «Реоксан» при $E_0 = 1$ Дж/см² и $\beta_0 = 0,5$.

$$\beta(E) = \beta_0 / (1 + E / E_0) \quad (4)$$

По выражению (2) находится положение первого максимума $\eta_m(E)$ и по его положению определяется величина ψ так, чтобы аргумент в (1) в той же координате E_1 был равен $\pi/2$, т. е. η в (1) достигала первого максимума.

На рис. 1 приведено исходное изображение и его эквивалент в серых тонах, полученный стандартными операциями в Photoshop.

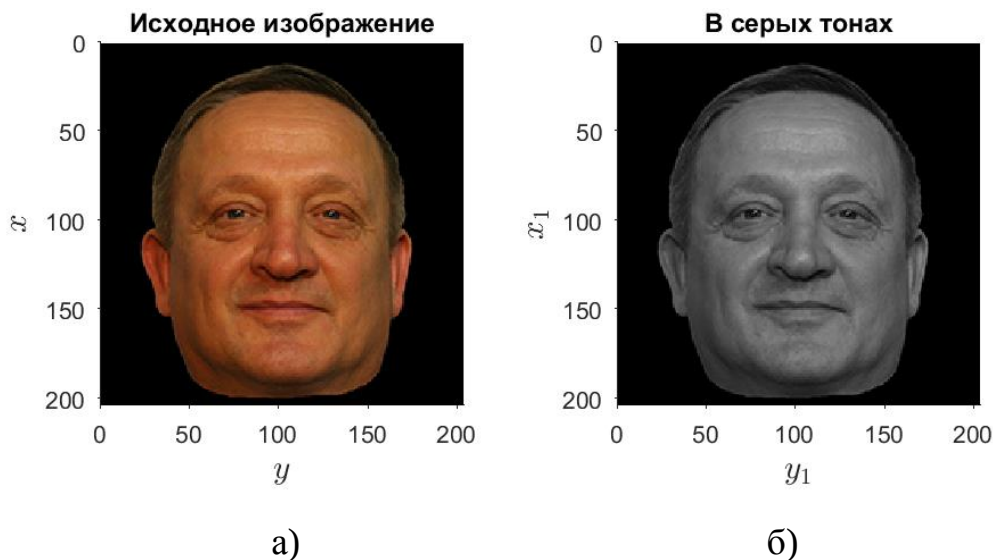


Рис. 1. Изображение, использованное для вычисления формфактора:

а) исходное; б) в серых тонах

Распределение амплитуды $E(x,y)$ для (1) вычислялось как корень от нормированной интенсивности $I(x,y)$ в изображении на рис. 1, б. Далее, по (1) были вычислены двумерные массивы зависимости $\eta_m(E, V)$ для реальных значений $\beta(E)$. На рис. 2 приведено их сечение плоскостью $V = 0,95$, что представляет зависимость средней дифракционной эффективности от экспозиции E , при заданной видности. На рис. 2, б – соответственно зависимость для идеальной голограммы (с равномерным по полю распределением яркости).

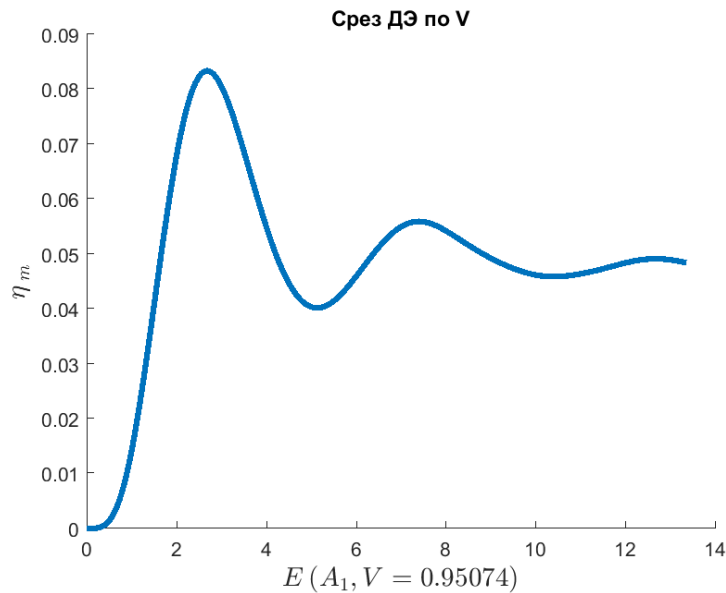


Рис. 2. График средней дифракционной эффективности для изображения, приведенного на рис. 1

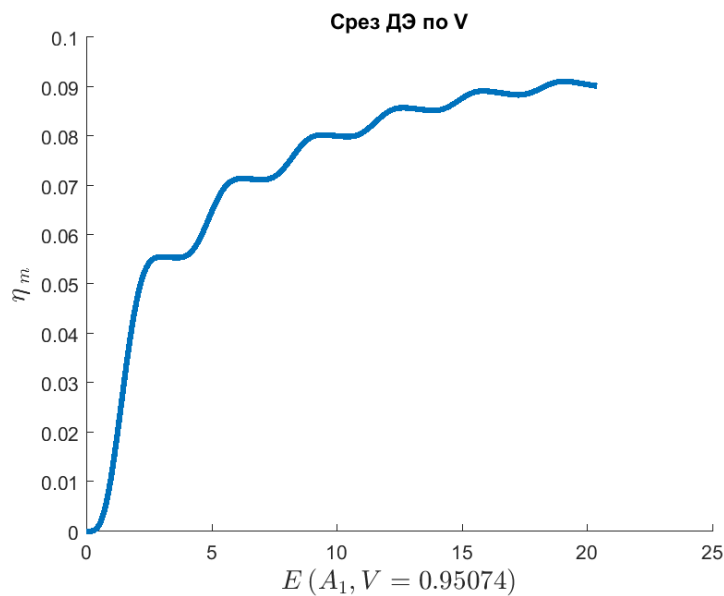


Рис. 3. График средней дифракционной эффективности для гауссова пучка

В обоих случаях дифракционная эффективность достигает первого максимума при E/E_0 примерно равном 2,7 при одинаковой видности интерференционной картины $V = 0,95$. Это, как показано в [5], соответствует отставанию от первого максимума, получаемого в (1) при $\psi = 1$ примерно в 1,6 раза, а обратная этому величина $\psi = (1/1,6) \approx 0,62$, что хорошо совпадает с полученной в [5] величиной формфактора $\psi \approx 0,6$ для гауссовых пучков.

Полученные результаты позволяют утверждать, что для голограмм реальных изображений, сформированных сложными по форме пучками, применима технология вычисления и практического использования формфактора. Записывающие голограмму пучки, имеющие сложное, многофакторное (хотя и не гауссово по полю) распределение яркости, в силу ЦПТ, также стремятся к гауссовой статистике распределения яркости. На примере реального изображения проиллюстрирован подход к определению формфактора для изобразительных голограмм. Обнаружено достаточно хорошее совпадение формфактора голограмм реальных портретных изображений с формфактором голограмм гауссовых пучков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шойдин С. А. Дифракционная эффективность голограмм, записанных гауссовыми пучками // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «СибОптика-2015»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. Т. 1. – С. 71–76.
2. Shoydin S. A. Requirements to Lasers and Form Factor of Holograms // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2014. – Vol. 23, № 4. – P. 287–294. Allerton Press, Inc., 2014.
3. Шойдин С. А. О требованиях к параметрам источника излучения для голографии // Сб. трудов Санкт-Петербургского государственного университета. – СПб., 2013. – С. 94–107.
4. Шойдин С. А. Требования к лазерному излучению и формфактор голограмм // Оптический журнал. – 2016. – Т. 83, № 5. – С. 65–75.
5. Метод достижения максимальной дифракционной эффективности голограмм на основе оптимизации формфактора // Компьютерная оптика. – 2016. – Т. 40, № 4. – С. 501–507.
6. Исследование голографической записи двоичной информации в объемной регистрирующей среде реоксан // Оптическая голография. – Л. : Наука, 1983. – С. 77–89.

© С. А. Шойдин, А. В. Трифанов, 2017