

## 6. Гиперспектральная голография. Техника и принципы

С. Г. Каленков<sup>1</sup>, Г. С. Каленков<sup>2</sup>, А. Е. Штанько<sup>3</sup>

<sup>1</sup> НТЦ «Оптоэлектроника» Московского политехнического университета, Москва, Россия

<sup>2</sup> ООО «Микрохоло», Москва, Россия

<sup>3</sup> Московский государственный технологический университет «Станкин», Москва, Россия

Рассматриваются и обсуждаются принципы записи гиперспектральных голограмм в некогерентном свете. Показано, что комплексная амплитуда гиперспектрального объекта на заданной спектральной частоте определяется Фурье-преобразованием функции взаимной корреляции объектной и опорной волн. Рассмотрена взаимосвязь между принципами записи числовых гиперспектральных голограмм, полученных на 2D Фурье-спектрометрах и голограммами, полученными во встречных пучках по схеме Денисюка.

*Ключевые слова:* Оптика, Гиперспектральная голография, Голограммы во встречных пучках.

*Цитирование:* Каленков, С. Г. Гиперспектральная голография. Техника и принципы / С. Г. Каленков, Г. С. Каленков, А. Е. Штанько // HOLOEXPO 2018 : XV международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — С. 25–26.

Настоящая работа посвящена дальнейшему развитию техники и принципов цифровой гиперспектральной голографии в некогерентном свете, предложенной в серии наших работ [1–4]. В этих работах мы впервые показали, что оптическая схема Фурье-спектрометра с двумерной матрицей регистрации (2D Фурье-спектрометр) может быть с успехом применена для регистрации цифровых гиперспектральных голограмм. Мы также получили голографические изображения ряда микрообъектов в различных спектральных диапазонах (в различных цветах), используя для записи голограмм источники некогерентного белого света, например, светодиод или лампу накаливания. Мы показали, что комплексная амплитуда многоцветного (гиперспектрального) объекта вычисляется путем Фурье-преобразования интерферограммы в каждом пикселе 2D матрицы по переменной равной величине смещения зеркала интерферометра.

В настоящей работе мы приводим еще одну, впрочем, эквивалентную интерпретацию вычисления голографических изображений объектов. Мы рассмотрели световое поле некогерентного источника, как случайную функцию, случайный во времени сигнал. При этом, объектное поле  $f(\xi, t)$  представляет собой случайный по времени сигнал в пикселе с координатой  $\xi$  2D приемной матрицы. Объектное поле, где  $g(\xi, t)$  — опорная волна,  $t(\sigma, \xi)$  — комплексная функция пропускания объекта — транспаранта на спектральной

частоте  $\sigma$ . Мы показали, что Фурье-преобразование функции взаимной корреляции двух случайных функций

$$K_{fg}(\tau) = \int f(t)g^*(t - \tau)dt$$

объектного и опорного полей дает комплексную амплитуду объекта на заданной спектральной частоте  $\sigma$  ( $\sigma = 1/\lambda$ ,  $\lambda$  — длина волны). Отметим, что сама функция взаимной корреляции, по существу, и представляет собой интерферограмму, которая регистрируется на 2D Фурье-спектрометре.

### Заключение

В настоящей работе мы показали тесную взаимосвязь между принципами записи числовых гиперспектральных голограмм, полученных на 2D Фурье-спектрометре и голограммами, полученными во встречных пучках по схеме Денисюка. Мы показали, что выражение, описывающее структуру почернения объемного фотослоя при записи голограммы по схеме Денисюка (аналоговая голограмма) совпадает по виду с выражением для интерферограммы, полученной на 2D матрице Фурье спектрометра.

В работе приводятся также ряд новых экспериментальных результатов по записи и реконструкции гиперспектральных голографических изображений в белом свете.

### Список источников

- [1] Каленков, Г. С. Гиперспектральная голографическая Фурье-микроскопия / С. Г. Каленков, А. Е. Штанько // Квантовая электроника. — 2015. — Том 45. — № 4. — С. 333–338.
- [2] Kalenkov, S. G. Spectrally-spatial Fourier-holography / G. S. Kalenkov, A. E. Shtanko // Optics Express. — 2017. — Vol. 21. — № 21. — P. 24985–24990.
- [3] Kalenkov, G. S. Hyperspectral Holographic Fourier-Microscopy / S. Kalenkov, A. Shtanko // Imaging and Applied Optics. — 2014. — P. DTh3B.7.
- [4] Kalenkov, S. G. Hyperspectral digital holography of microobjects / G. S. Kalenkov, A. E. Shtanko // Proc. SPIE 9386, Practical Holography XXIX: Materials and Applications. — 2015. — P. 938604.

## **Hyperspectral holography. Principles and techniques**

*S. G. Kalenkov<sup>1</sup>, G. S. Kalenkov<sup>2</sup>, A. E. Shtanko<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> Moscow Polytechnic University, Moscow, Russia

<sup>2</sup> Microholo Ltd., Moscow, Russia

<sup>3</sup> Moscow Technical University "Stankin", Moscow, Russia

Principles of hyperspectral recording of holograms in non-coherent light are considered and discussed. It is shown that the complex amplitude of a hyperspectral object at a given spectral frequency is determined by the Fourier transform of the mutual correlation function of the object and reference waves. The interrelation between the principles of recording numerical hyperspectral holograms obtained on 2D Fourier spectrometers and holograms obtained in the oncoming beams by Denisyuk is considered.

*Keywords:* Optics, Hyperspectral holography, Holograms in oncoming beams.