

## 69. Разработка метода получения 2D компьютерно-синтезированных голограмм Фурье для формирования скрытых изображений в защитных голограммах

П. А. Ханевич<sup>1</sup>, С. Б. Одинок<sup>1</sup>, А. В. Смирнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана, Москва, Россия

<sup>2</sup> АО «НПО «Криптен», Дубна, Россия

Проведен анализ основных типов скрытых кодированных изображений, восстанавливаемых с защитных голограмм Фурье. Разработан метод кодирования информации для скрытых кодированных изображений, восстанавливаемых с защитных голограмм Фурье. Предложен метод компьютерного синтеза защитных голограмм Фурье, формирующих скрытые изображения. Приведены результаты экспериментальных исследований параметров синтеза на дифракционную эффективность защитных голограмм Фурье.

*Ключевые слова:* Скрытое изображение, Защитная голограмма, Фурье голограмма.

*Цитирование:* Ханевич, П. А. Разработка метода получения 2D компьютерно-синтезированных голограмм Фурье для формирования скрытых изображений в защитных голограммах / П. А. Ханевич, С. Б. Одинок, А. В. Смирнов // HOLOEXPO 2019 : XVI международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2019. — С. 380–384.

### Введение

В качестве защитных элементов от подделки продукции предложено использование ЗГ (защитных голограмм). Массовый выпуск и значимость ЗГ приводит к тому, что среди них тоже появляются подделки. Для повышения степени защищенности информации на ЗГ предлагается использовать дополнительные субголограммы, в которых записаны скрытые кодированные изображения [1, 2].

#### 1. Метод кодирования цифровой информации для скрытых кодированных изображений

Для кодирования цифровой информации для скрытых кодированных изображений был рассмотрен стандарт компании InPhase, показанный на рисунке 1 [3, 4].

В соответствии с этим стандартом цифровая информация делится на блоки по 8 бит (1 байт), которым в соответствие ставится 16-битный блок. Байты кодируются положением 3 пикселей on-pixel (пиксели on-pixel имеют максимальную яркость, пиксели off-pixel — нулевую яркость) внутри квадратной площадки размером 4 на 4 пикселя. Кодировка битов в нем осуществляется так, чтобы символы on-pixel не сливались в сплошные линии по горизонтали, вертикали и диагонали. При численном восстановлении голограммы Фурье, дифракционная

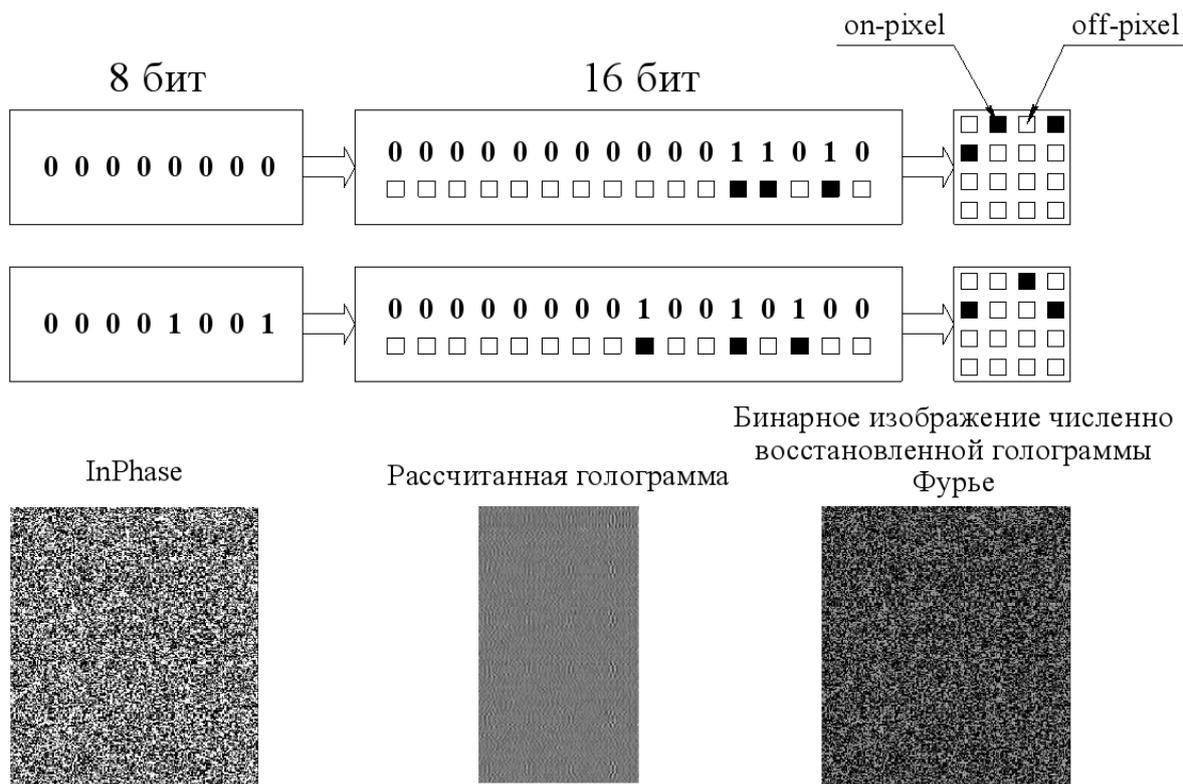


Рис. 1. Стандарт кодирования цифровой информации для скрытых кодированных изображений компании InPhase

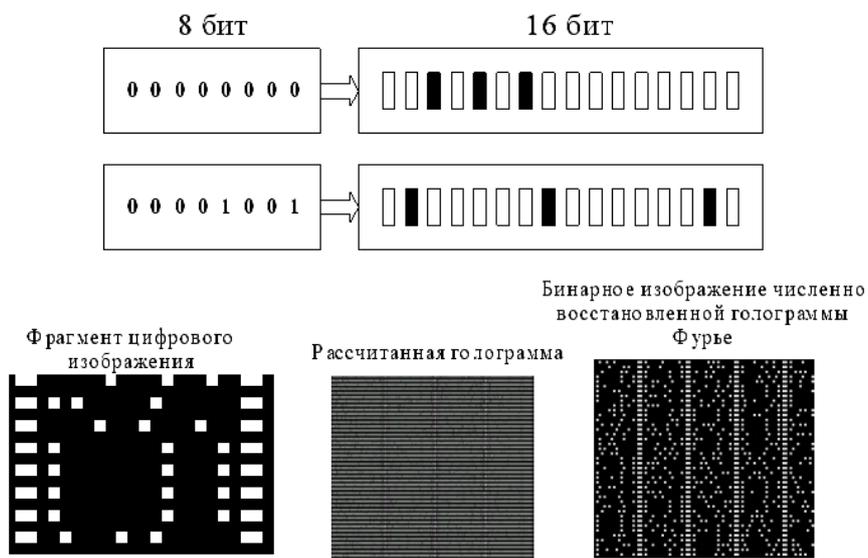


Рис. 2. Специальный стандарт кодирования цифровой информации для скрытых кодированных изображений

эффективность голограммы низкая, что приводит к уменьшению яркости, а соответственно к затруднению процесса декодирования цифровой информации.

В аналог этому стандарту, был разработан специальный стандарт кодирования, представленный на рисунке 2.

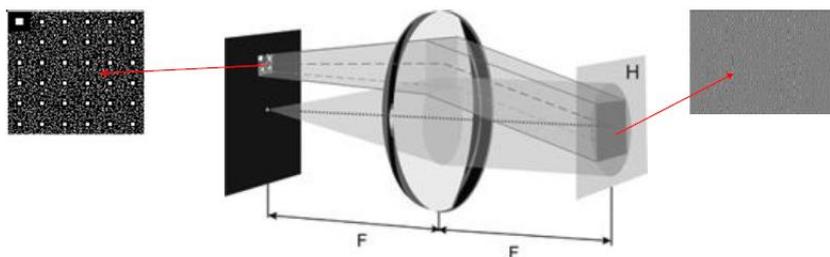


Рис. 3. Оптическая схема синтеза защитной голограммы Фурье

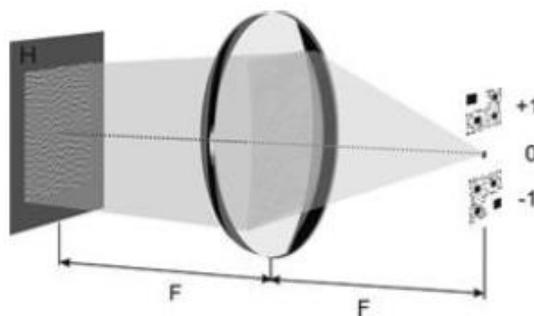


Рис. 4. Оптическая схема восстановления защитной голограммы Фурье

В предложенном специальном стандарте, цифровая информация представлена в виде одного блока из 16 бит, представляющий 1 байт информации. Каждый байт кодируется положением 3 пикселей «1» таким образом, что «1» разделены минимум одним «0», а также «1» не могут занимать крайнее левое и правое положение блока символов. При таком кодировании дифракционная эффективность защитной голограммы возрастает до 20 %.

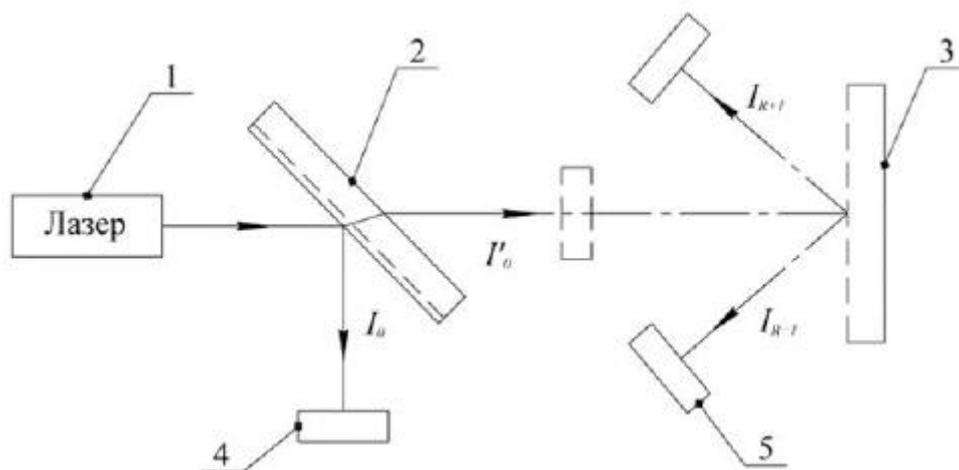
## 2. Метод компьютерного синтеза защитной голограммы Фурье

На рисунке 3 представлена эквивалентная оптическая схема синтеза защитной голограммы Фурье.

В представленной схеме опорный и предметный лучи формируются в одной плоскости являющейся передней фокальной плоскостью Фурье преобразующего объектива с фокусным расстоянием  $F$  при помощи транспаранта. Пусть транспарант освещается плоской световой волной единичной амплитуды и длиной волны  $\lambda$ . Тогда излучение от точечного источника преобразуется в плоскую волну — опорный пучок, распространяющийся вдоль оптической оси системы, а часть падающей волны, рассеянной транспарантом страницы данных, после прохождения линзы падает на плоскость  $H$  под углом, формируя предметный луч.

Для восстановления компьютерно-синтезированной защитной голограммы Фурье предлагается эквивалентная оптическая схема, представленная на рисунке 4.

На представленной оптической схеме голограмма  $H$  располагается в передней фокальной плоскости Фурье преобразующего объектива и освещается плоской когерентной волной. Затем Фурье преобразующий объектив в плоскости матричного фотоприемника восстанавливает изображение цифровой информации в виде сопряженных «1» и «-1» и «0» порядков.



1 — источник излучения; 2 — полупрозрачная пластина;

3 — исследуемый образец защитной голограммы; 4, 5 — фотоприёмные головки

Рис. 5. Методика измерения дифракционной эффективности защитной голограммы Фурье

### 3. Измерение дифракционной эффективности защитной голограммы Фурье

Для измерения дифракционной эффективности защитной голограммы Фурье, была использована методика, представленная на рисунке 5.

Излучение источника 1, пройдя через полупрозрачную пластину 2, освещает защитную голограмму 3, дифрагирует на ней и попадает на матрицу фотоприёмной головки 5. Фотоприёмная головка 4 измеряет начальную интенсивность излучения, а фотоприёмная головка 5 измеряет продиффродированное излучение.

Дифракционная эффективность определялась по формуле:

$$\eta_{R+1i} = \frac{I_{R+1i}}{kI_0}, \quad (1)$$

где  $\eta_{R+1i}$  — дифракционная эффективность,  $k$  — коэффициент пропускания полупрозрачной пластины, и  $I_{R+1i}$  — интенсивность излучения продиффродированного от защитной голограммы,  $I_0$  — начальная интенсивность излучения.

### Заключение

Экспериментальные исследования показали, что предложенный стандарт кодирования цифровой информации скрытых кодированных изображений, при численном восстановлении защитной голограммы Фурье обеспечивает дифракционную эффективность до 20 %, что значительно упрощает процесс декодирования цифровой информации защитной голограммы.

### Список источников

- [1] Lancaster, I. M. Holography: Past, present and future / I. M. Lancaster // Holography News. — 2009. — Vol. 23. — № 6. — P. 1–10.
- [2] Павлов, И. В. Контроль подлинности документов, ценных бумаг и денежных знаков / И. В. Павлов, А. И. Потапов. — М.: Техносфера, 2006. — 472 с.

- [3] **Donchenko, S. S.** / S. S. Donchenko, S. B. Odinkov, V. I. Bobrinev, A. Y. Betin, E. Y. Zlokazov // Proc. of SPIE. — 2015. — Vol. 9508. — P. 95080A.
- [4] **Betin, A. Y.** / A. Y. Betin, V. I. Bobrinev, S. B. Odinkov, N. N. Evtikhiev, R. S. Starikov, S. N. Starikov, E. Y. Zlokazov // Applied optics. — 2013. — Vol. 52. — № 33. — P. 8142–8145.