

Формирование вращающихся и произвольно трансформирующихся световых полей для повышения защитных свойств голограмм

А. А. Свинцов¹, Ч. Б. Кайтуков², С. И. Зайцев¹, А. В. Яновский², Д. С. Копёнкин²

¹ Институт проблем технологии микроэлектроники РАН, Черноголовка, Россия

² АО «Научно-технический центр «Атлас», Москва, Россия

Представлен новый оптический элемент для аппаратного контроля подлинности защитных знаков. Для наблюдения эффекта необходимо использовать специальный визуализатор скрытого изображения. При освещении оптического элемента лазерным источником, по мере удаления экрана наблюдения от поверхности вдоль оси отраженного пучка возникает непрерывно вращающееся изображение. Другим вариантом может быть высвечивание и погасание различных изображений при смещении экрана вдоль оси отражённого пучка. Изготовлен защитный элемент, демонстрирующий оба защитных признака одновременно. Рассчитанные рельефно-фазовые элементы могут быть синтезированы с помощью технологии имидж матрикс (дот матрикс) или электронно – лучевой технологии. Такие защитные элементы предназначены для использования при инструментальном контроле подлинности оптических защитных знаков.

Ключевые слова: Компьютерная голография, Дифракционные защитные элементы.

Цитирование: Свинцов, А. А. Формирование вращающихся и произвольно трансформирующихся световых полей для повышения защитных свойств голограмм / А. А. Свинцов, Ч. Б. Кайтуков, С. И. Зайцев, А. В. Яновский, Д. С. Копёнкин // HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 285–288.

Для усиления стойкости защитных оптических знаков необходимо, практически непрерывно, разрабатывать и вносить в продукцию новые элементы защиты. Такие элементы могут удовлетворять разным требованиям в зависимости от того, на какой способ идентификации подлинности они рассчитаны. Это может быть визуальный, инструментальный, или экспертный контроль. После появления научных работ, раскрывающих способы синтеза дифракционных оптических элементов (ДОЭ), формирующих спиральные пучки [1], возникла идея использовать этот эффект в защитных оптических элементах. Визуально спиральный пучок демонстрирует вращение исходного изображения при удалении экрана от ДОЭ вдоль оси распространения пучка при неизменном положении источника освещения. Предложенный в работе математический аппарат из-за его сложности и те ограничения, которые накладываются на исходные изображения не позволили напрямую использовать готовые решения в производственном процессе.

Для решения поставленной задачи был принят дискретный подход в расчёте ДОЭ для формирования спиральных пучков. Логически пучок рассматривается как совокупность лучей, распространяющихся от фазовой поверхности ДОЭ не коллинеарно вдоль выбранного направления. Сам ДОЭ так же представляет собой дискретные области, расчёт фазовой

поверхности каждой из которых осуществляется отдельно и последовательно одна за другой. Такой подход не ограничивает размер рассчитываемого ДОЭ. Так же отсутствуют ограничения на передаваемое изображение. Возможен расчёт ДОЭ для полутоновых (gray scale) изображений.

В той же логике расчёта можно заменить вращение пучка света и, как следствие, изображения, на плавную трансформацию между несколькими произвольно выбранными изображениями. Вторым вариантом рассчитанного ДОЭ может быть фокусировка и расфокусировка нескольких изображений, находящихся в одном и том же месте считывающего экрана при смещении экрана вдоль оси отражённого пучка. В описанном варианте смена изображений происходит не резко. На некотором расстоянии при подходе к оптимальной дистанции наблюдения и отходе от неё скрытое изображение может быть распознано и, в случае буквенной кодировки может быть прочитано. Вопрос глубины резкости скрытых изображений связан с площадью рассчитанного ДОЭ, точнее с его линейными размерами.

На Рис.1 представлен результат моделирования ДОЭ. Расчёт произведён для двух изображений «НОЛО» и «EXPO», восстанавливаемых на разных расстояниях.

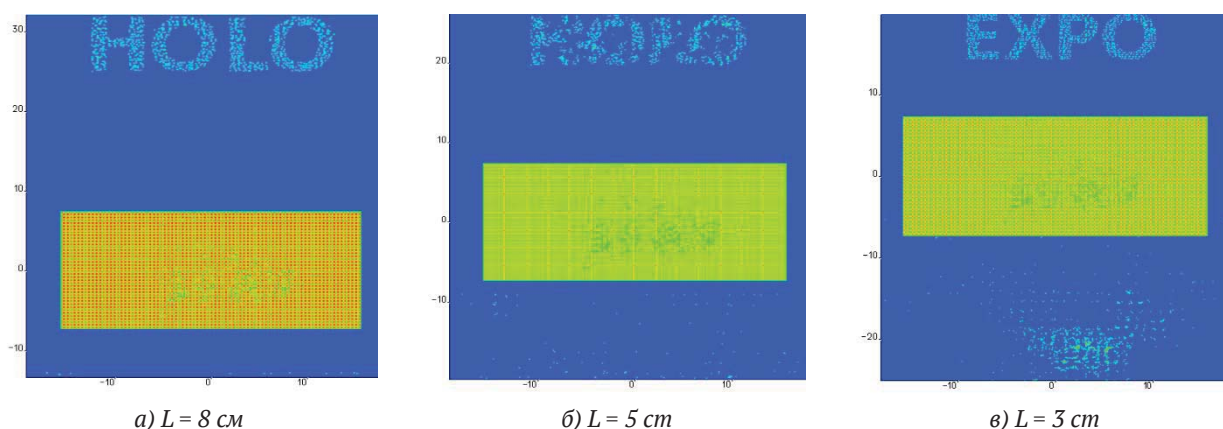


Рис. 1. Результат моделирования распределения интенсивности в пучке на различных расстояниях L от ДОЭ

Дискретный подход в расчёте позволяет соединить оба описанных выше оптических эффекта в одном оптическом защитном элементе. На Рис. 2 представлены результаты моделирования распределения интенсивности пучка света для рассчитанного ДОЭ на разных расстояниях вдоль оси распространения. Рассчитанный элемент содержит три изображения: два изображения поворачиваются в противоположных направлениях, это “половинки” «НОЛО» и «EXPO», которые на расстоянии 5 см дают слитную, ровную надпись “НОЛОEXPO” и еще одно изображение «2022», которое возникает (собирается, фокусируется) только на расстоянии 8 см и исчезает (размывается) на других расстояниях.

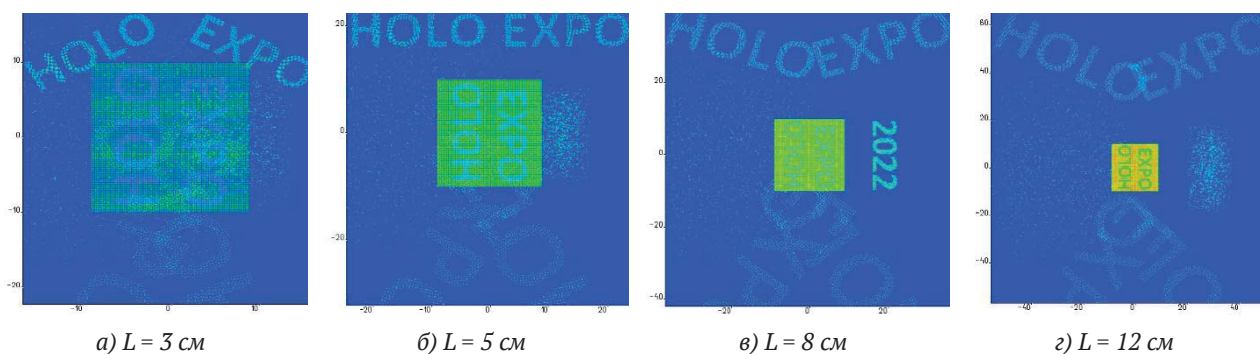


Рис. 2. Результат моделирования распределения интенсивности в спиральном пучке на различных расстояниях L от ДОЭ

На Рис. 3 представлена оптическая схема восстановления скрытых изображений комбинированного ДОЭ, расположение освещающего и восстановленного пучков.

Информационная ёмкость поверхности защитных оптических знаков позволяет размещать ДОЭ спирального пучка как на выделенном сплошном участке фазовой поверхности, так и распределять по всей поверхности защитного оптического знака, скрытно, вместе с визуальными элементами дизайна, практически без потери качества последних.

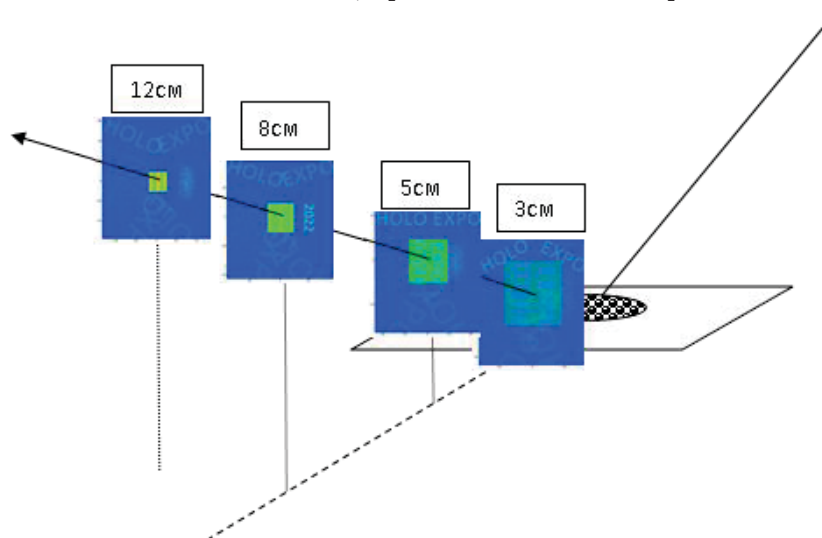


Рис. 3. Схема восстановления скрытых изображений ДОЭ

Таким образом представлен новый оптический защитный элемент для аппаратного контроля подлинности защитных знаков. Для наблюдения эффекта необходимо использовать специальный визуализатор скрытого изображения. При освещении оптического элемента лазерным источником излучения, по мере удаления экрана наблюдения от поверхности вдоль оси отраженного пучка, возникает непрерывно вращающееся либо трансформирующееся изображение. Рассчитанные рельефно-фазовые элементы могут быть синтезированы с помощью технологии имидж матрикс (дот матрикс) или электронно-лучевой технологии. Такие защитные элементы предназначены для использования при инструментальном контроле подлинности оптических защитных знаков.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- [1] Волостников В.Г. Методы анализа и синтеза когерентных волновых полей // М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014.

Forming of rotating and randomly transforming light fields to enhance the protective properties of holograms.

C. B. Kaytukov¹, S. I. Zaitsev², A. A. Svintsov², A. V. Yanovsky¹, D. S. Kopenkin¹

¹ JSC «Scientific & Technical Center «Atlas», Moscow, Russia

² Institute of microelectronics technologies RAS, Chernogolovka, Russia

A new optical element for hardware verification of the authenticity of optical security signs is presented. To observe the effect, it is necessary to use a special visualize for hidden images. When an optical element is illuminated by a laser source, as the observation screen moves away from the surface along the axis of the reflected beam, a continuously rotating image appears. Another option may be the flashing and fading of various images when the screen is shifted along the axis of the reflected beam. A secure optical element has been manufactured that demonstrates both protective features at the same time. The calculated relief-phase elements can be synthesized using image matrix technology (dot matrix) or electron beam technology. Such protective elements are intended for use in instrumental verification of the authenticity of optical protective signs.

Keywords: Digital holography, Diffractive security elements.