



ПОЛУТОНОВЫЕ ЗАЩИТНЫЕ ПЕЧАТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ МАРКИРОВКИ ПРОДУКЦИИ

А.Ю.Бетин¹, М.С.Ковалев^{1,2}, Г.К.Красин¹,
С.Б.Одиноков¹, П.А.Ручка², Н.Г.Сцепуро¹

¹Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э.Баумана, Москва;

²ООО "МНГС", Москва

Оборотная сторона техники обратной инженерии – быстрый вывод на рынок подделок популярной у потребителя продукции. Представленный метод защиты имеет ряд преимуществ. В нем использованы полутоноевые защитные печатные элементы, полученные в результате цифрового синтеза. Они обеспечивают высокий уровень защищенности и устойчивости к механическим повреждениям. Кроме высокого пространственного разрешения защитные элементы, полученные на недорогом настольном печатном оборудовании, привлекательны для заказчиков с финансовой точки зрения.

Весь процесс производства промышленного товара от начала и до его реализации потребителю связан с необходимостью маркировки продукции на каждом этапе. Это вызвано операциями идентификации и распознавания при логистическом управлении движением изделия от момента его создания до момента его продажи и дальнейшего ремонта. Параллельно с этим движением изделия идет поток контрафактной продукции. Государства и производители справляются с проблемой подделки по-разному (торговые марки, законы об авторском праве и т.д.), но на сегодняшний день таких проблем становится все больше из-за более доступных технологий выхода изделий на современный рынок.

Например, технологическое развитие методов промышленного производства предоставляет широкие возможности для обратной инженерии. Поэтому идентичные копии продуктов, пользующихся спросом у потребителей, появляются на рынке практически сразу после выхода оригинальных изделий без особых финансовых

PRINTED GRAYSCALE SECURITY ELEMENTS FOR PRODUCT LABELING

A.Y.Betin¹, M.S.Kovalev^{1,2}, G.K.Krasin¹,
S.B.Odinokov¹, P.A.Ruchka², N.G.Stsepuro¹

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow;

²"Micro and nanoholographic systems" Company, Ltd., Moscow

The other side of reverse engineering is fast entry of popular production to counterfeit market. The presented security method has several advantages. It uses printed grayscale security elements obtained through digital synthesis. They provide high level of security and resistance to mechanical damage. In addition to high spatial resolution, security elements produced on inexpensive desktop printing equipment are attractive to customers from a financial point of view.

The entire process of manufacturing of industrial product, from the beginning to its selling to the consumer, is associated with the need to label products at each stage. This is caused by the operations of identification and recognition in the logistic control of the products movement from its creation to its sale and further repairs. Simultaneously with this movement, there is a flow of counterfeit products. States and producers are coping with the problem of counterfeiting in different ways (trademarks, copyrights etc.), but today there are more of these problems because of the more affordable technologies for products to enter the modern market. For example, the technological development of industrial production methods provides ample opportunities for reverse engineering. Therefore, identical copies of products that are in demand by consumers appear on the market almost immediately after going abroad without extra financial expense from the intruders for design and production. As the progress of technology is rapid, everyday work is also rapidly proceeding to create more complex security methods. For example, new label

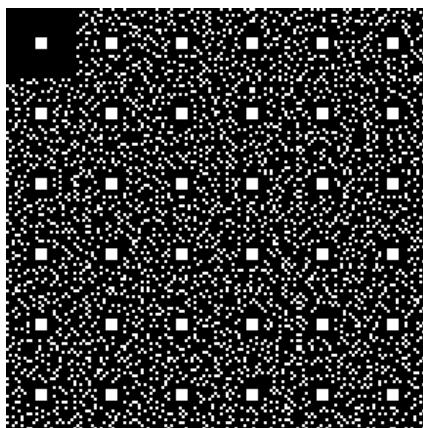


Рис.1. Страница данных, предназначенная для кодирования
Fig. 1. Data pages designed to encode

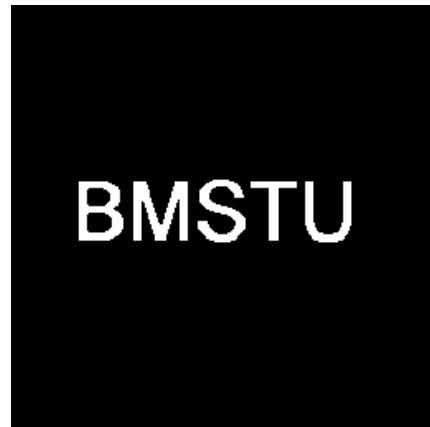


Рис.2. Объект кодирования
Fig. 2. Encoding object

затрат со стороны злоумышленников на проектирование и производство. И как стремителен прогресс технологий, также стремительно идет каждодневная работа по созданию более сложных методов защиты. Например, на основе методов компьютерного синтеза цифровых голограмм создаются новые маркировочные метки.

Анализ современных достижений и тенденций развития лазерно-оптических и компьютерных технологий показывает [1], что методы компьютерного синтеза цифровых голограмм обладают следующими преимуществами:

- обеспечение высокого уровня устойчивости к повреждениям структуры и защищенности за счет избыточности цифровых голограмм и использования множества секретных двумерных ключей на основе амплитудных и фазовых кодирующих матриц;
- возможность оперативного синтеза и изменения кодируемой информации цифровых голограмм;
- массовое распространение компьютерной тех-

marks are created based on methods of computer synthesis of digital holograms. Analysis of modern achievements and trends in the development of laser-optical and computer technologies shows [1] that the methods of computer synthesis of digital holograms have the following advantages:



Рис.3. Цифровое изображение с наложенным полутонаовым защитным элементом заданного объекта кодирования
Fig. 3. Digital image with superimposed grayscale security element

ники, цифровых сканеров и цифровых принтеров дает возможность получать высококачественное воспроизведение изображений с помощью таких голограмм [2] на основе компактного и весьма недорогого настольного оборудования.

Обычно цифровая голограмма в компьютерном виде представляет собой полутоновой транспарант, как правило, состоящий из 256 оттенков серого цвета [3] и более [4]. Для отображения такой голограммы на физическом носителе обычно используются специальные лазерные генераторы изображений [5], которые на сегодняшний день могут обеспечить точную передачу только двух градаций коэффициента пропускания по амплитуде.

В основе расчета таких защитных элементов (без опорного пучка) лежит сопряжение симметричного расширения амплитудно-фазового представления изображения, вычисление дискретного преобразования Фурье (ДПФ) и формирование полутонового изображения. Благодаря такому методу каждый пиксель элемента содержит всю информацию об исходном изображении, что обеспечивает устойчивость такого элемента к механическим или иным повреждениям. В связи с этим рассмотрено получение таких элементов в виде полутонового транспаранта, состоящего из 256 оттенков серого цвета и полученного с помощью цифрового принтера. Восстановление изображения осуществлялось с помощью камеры смартфона и специального программного обеспечения.

В связи с этим создание полутоновых защитных элементов на любых объектах (металлических и неметаллических) будет включать в себя следующие технологические этапы:

- **Выбор объекта кодирования.**

Выберем, например, такие объекты, как изображены на рис.1 или на рис.2. Страница данных представляет собой изображение

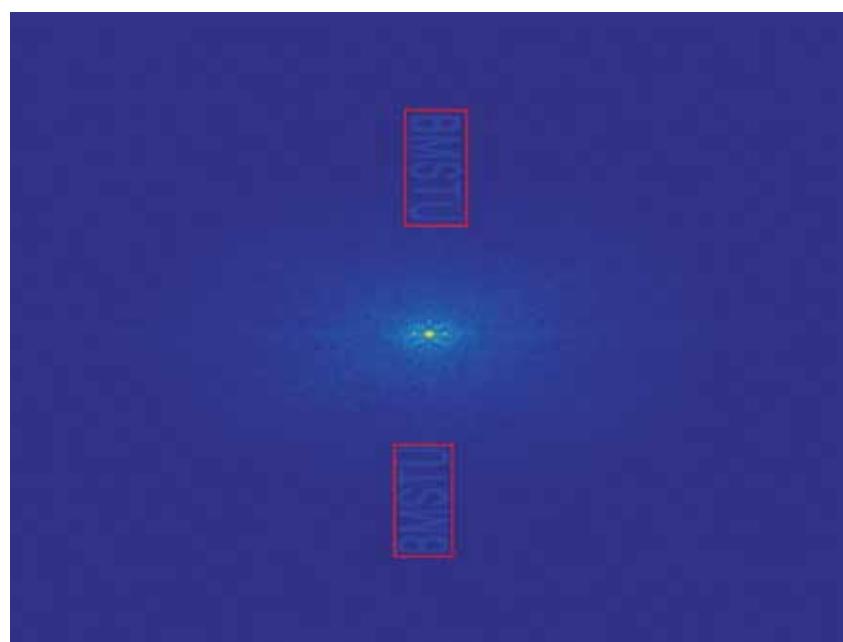


Рис.4. Восстановленное изображение с полутонового защитного элемента, напечатанного на обычной бумаге, с применением цифрового сканера и специального ПО

Fig. 4. Reconstructed image from a grayscale security element printed on plain paper, using a digital scanner and special software

- providing a high level resistance to structure damage and security due to redundancy of digital holograms and using of many secret two-dimensional keys based on amplitude and phase coding matrices;
- ability to quickly synthesize and change the encoded information of digital holograms; mass distribution of computer equipment, digital scanners and digital printers made it possible to obtain high-quality reproduction of images with such holograms [2] based on compact and cheap desktop equipment.

Typically, a digital hologram is a grayscale transparency, usually consisting of 256 shades of gray [3] and more [4]. To display such a hologram on a physical medium, special laser image generators [5] are usually used, which today can provide an accurate transmission of only two gradations of the amplitude transmission coefficient.

The calculation of such security elements (without a reference beam) is based on the conjugation of the symmetric expansion of the amplitude-phase representation of the image, the calculation of the discrete Fourier transform (DFT) and the formation of a grayscale image. Thanks to

(см. рис.1), закодированное согласно стандартам ECMA - 377. Такой вид страницы данных используется в оптико-голографической памяти [6].

- **Компьютерное преобразование объекта кодирования** в структуру полутоновой картины.

Чтобы сохранить плавность тональных переходов при кодировании изображения в цифровой форме, необходимо обеспечить должное количество уровней сигнала на каждый аппаратный канал (либо RGB-трихроматический, либо яркостный и цветоразностные, либо CMY, либо CMYK). Для обеспечения перспективной равномерности тональных переходов в рамках динамического диапазона системы достаточно 90 уровней яркости

и, следовательно, 90 уровней дискретизации яркостной информации.

- В зависимости от требуемого разрешения, объектов кодирования, условий эксплуатации **выбирается** свой метод печати (лазерная, офсетная, струйная и т.д.) и соответственно **распечатывается** на любом физическом носителе (бумага, лазерная пленка, пластик).
- **Восстановление объектов кодирования** возможно с помощью цифрового сканера или камеры мобильного телефона и специального программного обеспечения. Примеры восстановленных изображений представлены ниже (рис.4, рис.6-7).

Как видно из рис.3, наличие полутонового защитного элемента никак не сказалось на общем восприятии заданного цифрового изображения.

Для оценки стабильности восстановления закодированной информации было принято два вида повреждения таких структур: механическое воздействие (мятая бумага) и прямое воздействие шариковой ручкой по бумаге.

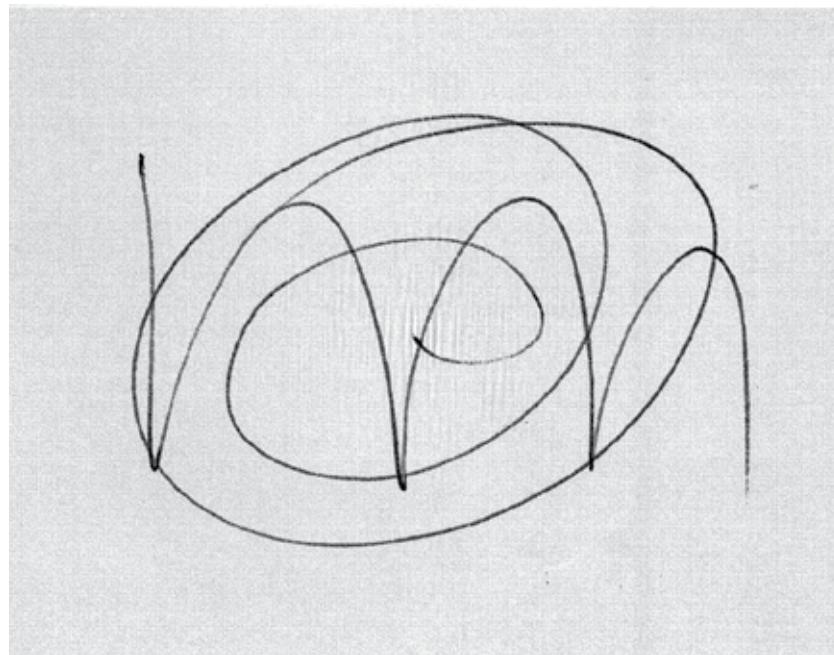


Рис.5. Пример полутонового защитного элемента с наложенным объектом (см. рис.2), распечатанного на цифровом принтере, с повреждением

Fig. 5. An example of a grayscale security element with a superimposed object (see Fig. 2), printed on a digital printer, with damage

this method, each pixel of the element contains all the information about the original image, which provides stability of such an element to mechanical or other damage. In connection with this, we considered the production of such elements in the form of a grayscale transparency consisting of 256 shades of gray and obtained with a digital printer. Reconstruction of the image was done using smartphone camera and special software.

In this regard, the creation of grayscale security elements on any objects (metal and non-metallic) will include the following technological stages:

- **Selecting an encoding object**
For example, such objects as shown in Fig. 1 or Fig. 2. The data page is an image (see Fig. 1), coded according to standard ECMA-377. This kind of data page is used in holographic optical memory [6].
- **Computer transformation of the object of coding** into the structure of the grayscale picture.

To maintain the smoothness of tonal transitions when encoding images in digital form, it is necessary to ensure the proper number of signal levels for each hardware channel (either RGB-trichromatic, or luminance

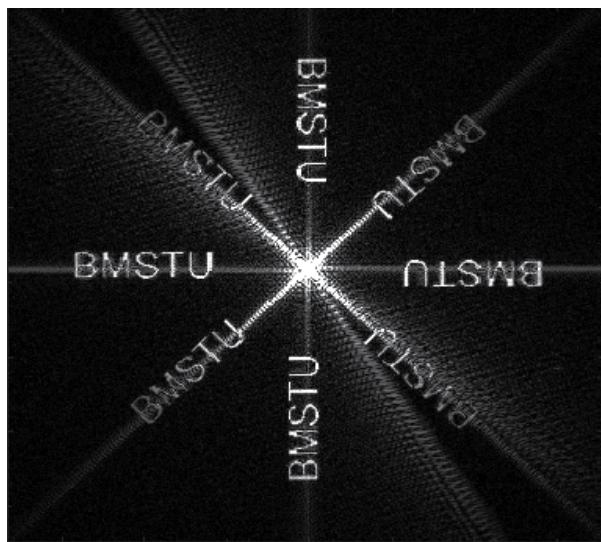


Рис.6. Восстановленное изображение с полутонового защитного элемента, напечатанного на обычной бумаге, с применением цифрового сканера и специального ПО после механической деформации

Fig. 6. Reconstructed image from a grayscale security element printed on plain paper, using a digital scanner and special software after mechanical deformation

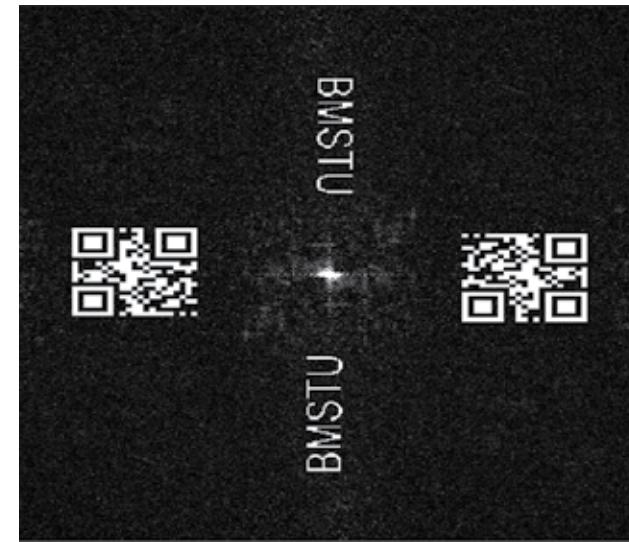


Рис.7. Восстановленное изображение с полутонового защитного элемента, напечатанного на пластике, с применением цифрового сканера и специального ПО

Fig. 7 Reconstructed image from a grayscale security element printed on plastic, using a digital scanner and special software.

Работа выполнена в МГТУ им. Н. Э. Баумана при поддержке Минобрнауки России в рамках выполнения проектной части государственного задания (проект № 3.2236.2017/ПЧ).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Одиноков С.Б.** Методы и оптико-электронные приборы для автоматического контроля подлинности защитных голограмм. – М.: Техносфера, 2013.
2. **Betin A. Y., Dontchenko S. S., Kovalev M. S., Odinokov S. B., Solomashenko A. B., Zlokazov E. Y.** A combination of computer-generated Fourier holograms and light guide substrate with diffractive optical elements for optical display and sighting system. – Digital Holography and Three-Dimensional Imaging, 2015.
3. **Корешев С. Н., Смородинов Д. С., Никаноров О. В.** Влияние дискретности синтезированных и цифровых голограмм на их изображающие свойства. – Компьютерная оптика, 2016, т. 40, № 6, с. 793–801. DOI: 10.18287/2412-6179-2016-40-6-793-801.
4. **Johnson S.** Stephen Johnson on Digital Photography. – O'Reilly Media, Incorporated, 2003. ISBN: 978-0-596-52370-1.
5. **Полещук А. Г.** Изготовление высокоеффективных элементов дифракционной оптики с помощью полутоновой и фоторастровой технологий. – Автометрия, 1991, № 6, с. 54–61.
6. **Odinokov S. B., Betin A. Y., Bobrinev V. I., Evtikhiev N. N., Zherdev A. Y., Zlokazov E. Y., Lushnikov D. S., Markin V. V., Starikov R. S., Starikov S. N.** Method of computer generation and projection recording of microholograms for holographic memory systems: mathematical modelling and experimental implementation. – Quantum Electronics, 2013, v.43(1), p. 87–89.

and color differential, or CMY, or CMYK). To ensure the perceptual uniformity of tonal transitions within the dynamic range of the system 90 levels of brightness are enough and, therefore, 90 levels of sampling of the brightness information.

Depending on the required resolution, coding objects, operating conditions, the method of printing (laser, offset, inkjet, etc.) is selected and printed on any physical media (paper, laser film, plastic).

Reconstruction of encoding objects is possible using a digital scanner or smartphone camera and special software. Examples of reconstructed images are shown below (Fig. 3, Fig. 6–7).

As seen from Fig. 3 the presence of a grayscale security element did not affect the overall perception of the given digital image.

For evaluation the stability of the recovery of encoded information, two types of damage to such structures were accepted: mechanical impact (crumpled paper) and direct impact by a ballpoint pen on paper.

The study was provided as a part of state assignments of The Ministry of education and science of Russian Federation № 3.2236.2017.



**Expo
Coating**
MOSCOW

ExpoCoating Moscow

**15-я Международная выставка
технологий, оборудования
и материалов для обработки
поверхности и нанесения покрытий**

**24–26
октября
2017**

**Москва,
Крокус Экспо**



Организаторы:



+7 (812) 380 6002/00
coating@primexpo.ru

Получите электронный билет
expocoating-moscow.ru

12+