

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОВЕРКА ПОДЛИННОСТИ ЗАЩИТНЫХ ГОЛОГРАММ

Роман Телятников, Иван Шумский, Михаил Беляцкий, Юрий Карякин

**Аннотация:** В работе описывается оригинальное устройство для исследования и контроля подлинности отражательных голограмм. Принцип действия устройства основан на измерении параметров составляющих голограмму дифракционных решеток и получении оценки ее подлинности путем их сравнения с эталонными значениями. Измерение параметров дифракционных решеток основано на свойстве отражательных голограмм разлагать свет некогерентного источника на спектральные составляющие. Сканирование голограммы под разными углами по азимуту и углу места позволяет получить объем информации, достаточный для расчета внутренних параметров голограммы по всей ее площади.

**Ключевые слова:** голограмма, подлинность.

**ACM Classification Keywords:** CCS - Applied computing - Computer forensics - Investigation techniques.

---

### Введение

Рынок голографической продукции огромен. Причем художественная голография в виде объемных фотореалистичных копий различных ценностей и произведений искусства составляет весьма малую его часть. Основная доля производимых сегодня голограмм предназначена для защиты от подделки другой продукции. И если в начале развития голографической индустрии стоимость и сложность оборудования действительно обеспечивала решение этой задачи, то сейчас голограммы стали сами нуждаться в защите от подделки, а соответственно - в разработке способов и устройств контроля их подлинности. Наиболее распространенный способ защиты голограммы – внедрение в нее так называемых скрытых меток, которые могут быть визуализированы специальными портативными лазерными приборами. Однако наличие, местоположение и вид метки зачастую составляет коммерческую тайну. Задача создания устройства, способного проконтролировать соответствие параметров исследуемой голограммы заданным значениям остается актуальной. В подобном устройстве заинтересованы в первую очередь криминалистические органы как для выявления факта подделки, так и для классификации вида подделки с целью обнаружения новых производителей контрафакта. Кроме

---

того, прямую заинтересованность выказывают и сами производители голограмм для обеспечения контроля качества на различных стадиях производства.

---

### Описание прибора

---

Общий вид прибор под названием „Регула 2303” представлен на рисунке 1 [Патентная заявка РБ, 2013]. Прибор оснащен цифровой 5-ти мегапиксельной камерой и матричным осветителем. Осветитель представляет из себя матрицу NxM полупроводниковых источников света белого цвета. Во время проведения исследования можно включать любой источник света из матрицы, как индивидуально, так и одновременно с другими источниками из матрицы в любой комбинации. Это необходимо для формирования различных форм диаграмм направленности осветителя, обеспечивающих требуемое визуализируемое изображение голограммы (максимизация дифракционной эффективности, селективная визуализация отдельного плана голограммы и т.п.). Осветитель может вращаться вокруг объекта исследования на 360 градусов с дискретностью в 1 градус.



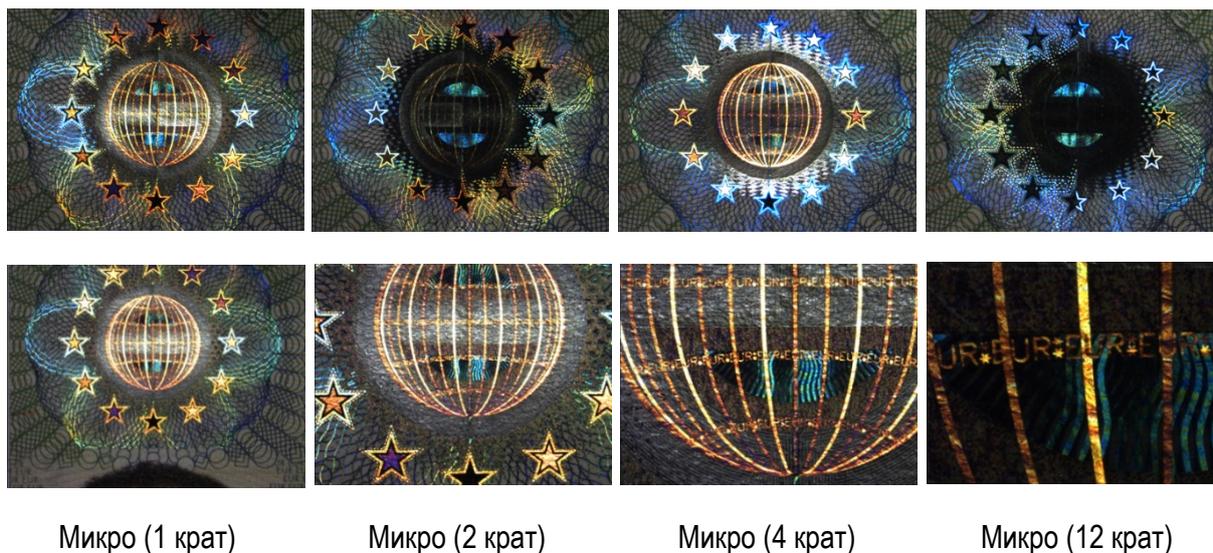
**Рис 1.** Внешний вид устройства „Регула 2303”

Для получения серии пригодных для проверки подлинности цифровых изображений защитных голограмм прибор "Регула 2303" содержит в своем составе две цифровые камеры с возможностью изменения фокусного расстояния. Характеристики разрешения прибора приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Разрешающая способность прибора „Регула 2303”

	Макросъемка	Микросъемка	
		Минимальное увеличение (1 крат)	Максимальное увеличение (12 крат)
Поле зрения, мм	92 x 69	29 x 22	2,4 x 1,8
Разрешение, dpi	710	2260	27 500
Размер пикселя, мкм	36	11	0,92

Программное обеспечение устройства позволяет настроить и сохранить сценарий проверки подлинности исследуемой голограммы: параметры цифровых камер, используемые диаграммы направленности осветителя в точках сканирования, последовательность переключения светодиодов для обеспечения возможности расчета параметров дифракционных решеток голограммы. Пример изображений голограммы, используемой для защиты шенгенской визы под различными углами освещения и при различном увеличении представлены на рисунке 2.



**Рис 2.** Фрагмент голограммы шенгенской визы под разными углами освещения (верхний ряд) и при разном увеличении (нижний ряд)

---

---

## Принцип работы прибора

---

В статье описывается дальнейшее развитие аппаратуры и обрабатывающих алгоритмов представленного на конференции „HoloExpo-2013” прибора "Регула 2303", предназначенного для исследования и контроля подлинности голограмм [Беляцкий и др., 2013].

Работа прибора "Регула 2303" основана на получении и анализе цифровых изображений голограммы, освещаемой некогерентными источниками белого света с различных углов по вертикали и по горизонтали.

В рамках улучшения функционала устройства были решены следующие задачи:

- 1) Получение информации о микроструктуре голограммы на основе анализа макроизмерений (совокупности изображений голограммы).
- 2) Разработка методов обеспечения инвариантности процедуры контроля подлинности голограммы к допустимым искажениям.

Необходимость решения данных задач обусловлена тем, что голограмма содержит элементы, размеры которых соизмеримы с длиной волны источника света, и при цифровом сканировании голограммы полученные изображения существенно меняются при незначительном сдвиге голограммы относительно объектива и источника света. Использование в качестве эталонов графических изображений голограммы приводит к нестабильности результатов анализа и сравнения тестируемой голограммы с эталонными образцами и делает процедуру контроля подлинности неэффективной. Поэтому, в новой версии прибора сравниваются между собой не голографические изображения, а полученные на их основе многомерные образы, инвариантные к взаимному расположению исследуемых голограмм, источника света и объектива.

В основу процедуры контроля положена идея сравнения с эталонными значениями таких характеристик голограммы как:

- период дифракционной решетки (ДР)  $d$ ;
- ориентация ДР  $\alpha$ ;
- угловая селективность ДР  $\Delta\theta$ ;
- дифракционная эффективность  $\eta$ .

При этом голограмма представляется как соответствующий отсканированному изображению растр  $F$ , в котором каждое значение пикселя  $f_{ij}$  представляется в виде многомерного вектора, содержащего информацию о характеристиках расположенной под ним дифракционной решетки  $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$ . Не принадлежащие голограмме пиксели растра не анализируются.

Существует связь между разрешающей способностью растра (размером пикселя  $L_F$ ) и размерами дифракционных решеток  $L_D$ , из которых составлена голограмма. Для однозначного определения параметров ДР необходимо обеспечить выполнение условия  $L_F \leq L_D$ . В противном

---

---

случае пиксель растра будет интегрировать характеристики попадающих в его область нескольких ДР с разными характеристиками. Устройство "Регула 2303" обеспечивает выполнение указанного условия для защитных голограмм, у которых размеры ДР больше 1 мкм.

На этапе исследования голограммы анализируются отсканированные под всеми возможными углами изображения. В результате анализа формируются:

- 1) эталонное описание (образ) голограммы в виде растра  $F\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$  и
- 2) сценарий контроля подлинности голограммы.

Этап автоматического контроля подлинности голограммы состоит из трех шагов.

На **первом шаге** выполняется оперативное сканирование голограммы с нескольких ракурсов. Этот шаг необходим для распознавания по имеющейся БД типа голограммы, а также детектирования расположения голограммы в кадре, оценки ее ориентации и предварительной оценки геометрических искажений.

Информация о расположении и ориентации голограммы учитывается в сценарии сканирования во время выполнения **второго шага**: получения заданного сценарием множества изображений для расчета параметров растра  $F$ .

На **третьем шаге** осуществляется сравнение параметров растра исследуемой голограммы  $F_{\text{иссл}}$  с параметрами эталонного растра  $F_{\text{эт}}$ . На этом шаге дополнительно учитывается информация о геометрических искажениях исследуемой голограммы с целью обеспечения инвариантности процедуры к технологическим и другим деформациям (сжатие/растяжение, изгибы/неприжатость и т.п.).

Виды рассогласований параметров классифицируются на допустимые и недопустимые. К допустимым относятся искажения, связанные с неплотным прилеганием голограммы к предметному столику устройства из-за деформации основы, на которую нанесена голограмма. Вследствие таких деформаций некоторые участки голограммы могут приподниматься и/или иметь наклоны по вертикали и горизонтали относительно плоскости столика. Приподнятость и наклон по вертикали приводят к ошибкам расчета шага ДР  $d$ , а наклоны по горизонтали приводят, в первую очередь, к ошибкам расчета ориентации ДР  $\alpha$  и в меньшей степени к рассогласованию параметров  $\Delta\theta$  и  $\eta$ .

Алгоритм сравнения учитывает допустимые значения всех видов деформаций при расчете интегральной оценки схожести исследуемой голограммы с эталонной. Для участков голограммы, которые имеют недопустимые отклонения алгоритм сравнения выдает диагнозы с величинами рассогласования по списку контролируемых параметров  $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$ . Учитывая огромную избыточность большинства голограмм, даже значительные допустимые искажения не приводят к ошибке при принятии решения о подлинности тестируемого образца.

В общем виде схема работы прибора представлена на рисунке 3.



Рис 3. Схема работы прибора при проверке подлинности голограммы

## Заключение

Разработанная технология контроля подлинности голограммы, примененная в устройстве "Регула 2303" обеспечивает:

- в отличие от существующих лазерных детекторов контроль всей площади защитной голограммы;
- устойчивость процедуры контроля в силу ее нечувствительности к технологическим искажениям и деформации самой голограммы;
- снижение требований к позиционированию голограммы в поле зрения камеры устройства.

В свою очередь, новая версия процедуры контроля подлинности голограммы, которая *вместо сравнения изображений* контролирует расхождение параметров, характеризующих микроструктуру голограмм  $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$  обеспечила:

- снижение требований к выравниванию голограммы в горизонтальной плоскости (прижатости к предметному столику прибора);
- выявление несоответствий на уровне параметров дифракционных решеток  $F\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$  исследуемой голограммы;
- возможность задания порогов детектирования факта подделки отдельно по каждому из критериев раstra  $\langle d, \alpha, \Delta\theta, \eta \rangle$ ;

---

## Благодарности

---

Статья публикуется при частичной поддержке проекта ITHEA XXI Международного научного общества ITHEA ([www.itheta.org](http://www.itheta.org)) и Ассоциации Создателей и Пользователей Интеллектуальных Систем ADUIS ([www.aduis.com.ua](http://www.aduis.com.ua)).

---

## Литература

---

- [Беляцкий и др., 2013] Беляцкий М.А., Карякин Ю.Д., Телятников Р.В., Чиканова М.Л., Шумский И.П. Устройство и алгоритм проверки подлинности защитных голограмм. Голография. Наука и практика: сб. тр. 10-й Междунар. конф. (Москва, 17–18 сентября 2013 г.), С. 58-60.
- [Патентная заявка РБ, 2013] Патентная заявка РБ а2013.0842 от 10.07.2013.

---

## Информация об авторах

---



**Телятников Роман** – к.т.н., научный руководитель разработки ПО, ООО „Регула”, 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Беларусь, e-mail: [raman.tsialiatnikau@regula.by](mailto:raman.tsialiatnikau@regula.by)

Основные направления деятельности: распознавание образов, обработка изображений, нейрофизиология



**Шумский Иван** – к.т.н., директор ООО „Регула”, 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: [ivan.shumsky@regula.by](mailto:ivan.shumsky@regula.by)

Основные направления деятельности: автоматизация анализа подлинности документов и банкнот: проектирование оборудования и программного обеспечения



**Беляцкий Михаил** – инженер-конструктор, ООО „Регула”, 220036 ул. Волоха 1-314, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: [mikhail.beliatzki@regula.by](mailto:mikhail.beliatzki@regula.by)

Основные направления деятельности: проектирование оборудования для проверки подлинности документов и банкнот



**Карякин Юрий** - к.т.н., профессор, директор ЧУП "Лайтсаунд Бразерс", 220100, Цнянская 13-89, г.Минск, Республика Беларусь, e-mail: [ykariakin@gmail.com](mailto:ykariakin@gmail.com)

Основные направления деятельности: цифровая обработка многомерных сигналов, распознавание образов, искусственный интеллект, теория кодирования, гидроакустическая локация и связь, криптографическая защита от подделки

### **Examination and Authenticity Control of Secure Holograms**

**Raman Tsialiatnikau, Ivan Shumsky, Mikhail Beliatski, Yuri Kariakin**

**Abstract:** *The paper describes the original device for the examination and control of authenticity of reflection holograms. The operating principle of the device is based on measuring the parameters of diffraction gratings constituting the hologram and obtains estimates of its authenticity by comparing them with the reference values. Measurement of diffraction gratings parameters is based on the ability of the reflection holograms to decompose the white light into its spectral components. Scanning the hologram at different angles allows obtaining sufficient information for calculating the internal parameters of the hologram throughout the area.*

**Keywords:** *hologram, authenticity*