

## 17. Автоматизированный оптико-электронный комплекс для контроля подлинности и качества защитных голограмм, основанный на фотометрическом и дифракционном методах

*В. В. Колючкин, И. К. Цыганов, С. Б. Одинокоев, Н. В. Пирютин, В. Е. Талалаев, В. Д. Чебурканов*  
 Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

В настоящее время защитные голограммы широко применяются для защиты от подделки различных документов и удостоверений личности. При этом задача оперативного контроля подлинности и качества защитных голограмм остаётся актуальной. В работе представлен автоматизированный оптико-электронный прибор для контроля подлинности и качества защитных голограмм, реализующий комплексное решение. Прибор позволяет проводить как оперативный предварительный анализ голограмм на основе фотометрического метода анализа изображений, так и углублённую диагностику с измерением параметров микрорельефа на основе дифракционного метода.

*Ключевые слова:* Защитная голограмма, Дифракционные оптические элементы, Контроль подлинности, Контроль качества, Параметры микрорельефа.

*Цитирование:* Колючкин, В. В. Автоматизированный оптико-электронный комплекс для контроля подлинности и качества защитных голограмм, основанный на фотометрическом и дифракционном методах / В. В. Колючкин, И. К. Цыганов, С. Б. Одинокоев, Н. В. Пирютин, В. Е. Талалаев, В. Д. Чебурканов // HOLOEXPO 2018 : XV международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — С. 77–79.

### Введение

Одним из наиболее эффективных методов защиты банкнот, документов и различной продукции от подделки, является использование защитных голограмм. Тем не менее, на сегодняшний день одновременно с появлением новых защитных признаков и новых типов голограмм на фотополимерных носителях, массово тиражируемые радужные голограммы продолжают подделываться. Наличие данной проблемы диктует необходимость в использовании приборов для диагностики и аутентификации голографических защитных элементов. Кроме того, предприятия-изготовители защитных голограмм заинтересованы в поддержании стабильности высокого качества выпускаемой продукции. Контроль качества осуществляется на основе экспертных оценок. Поэтому разработка приборов неразрушающего контроля голографических защитных элементов остаётся актуальной на данный момент.

### 1. Известные методы диагностики защитных голограмм

Существуют визуализаторы-компараторы, предназначенные для диагностики защищённых документов и банкнот по широкому спектру визуальных признаков [1]. Данные приборы позволяют получать высококачественные изображения документов при их подсветке светодиодами в широком диапазоне длин волн. С помощью программного обеспечения приборов проводится сравнение полученных изображений или их отдельных частей с эталонными из имеющейся базы данных. Однако, озвученные устройства не позволяют получить объективной информации о параметрах микрорельефа голограммных и дифракционных оптических элементов (ДОЭ), являющихся составляющими элементами защитных голограмм. Такими параметрами являются угловая ориентация дифракционных

решёток, форма профиля, пространственный период и глубина микрорельефа.

Для определения параметров микрорельефа дифракционных решёток могут быть использованы методы, основанные на прямых или косвенных измерениях. Метод, основанный на прямых измерениях, заключается в регистрации микрорельефа с помощью, например, сканирующего атомно-силового микроскопа [2]. Такой метод позволяет точно измерить трехмерный микрорельеф, но является трудоемким и не позволяет оперативно производить диагностику защитных голограмм.

### 2. Описание разработанного оптико-электронного прибора для контроля подлинности и качества защитных голограмм

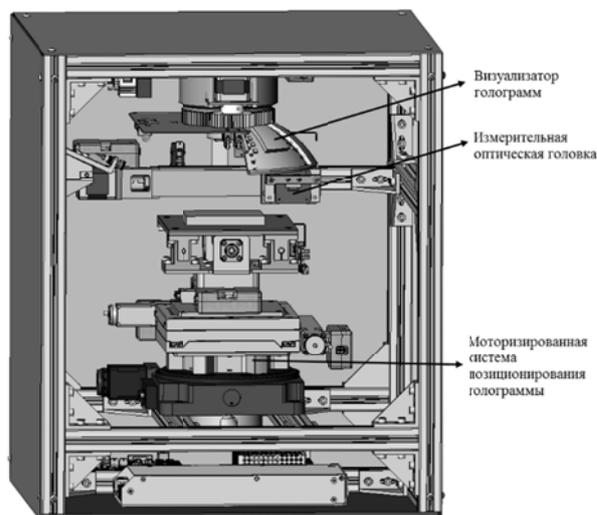
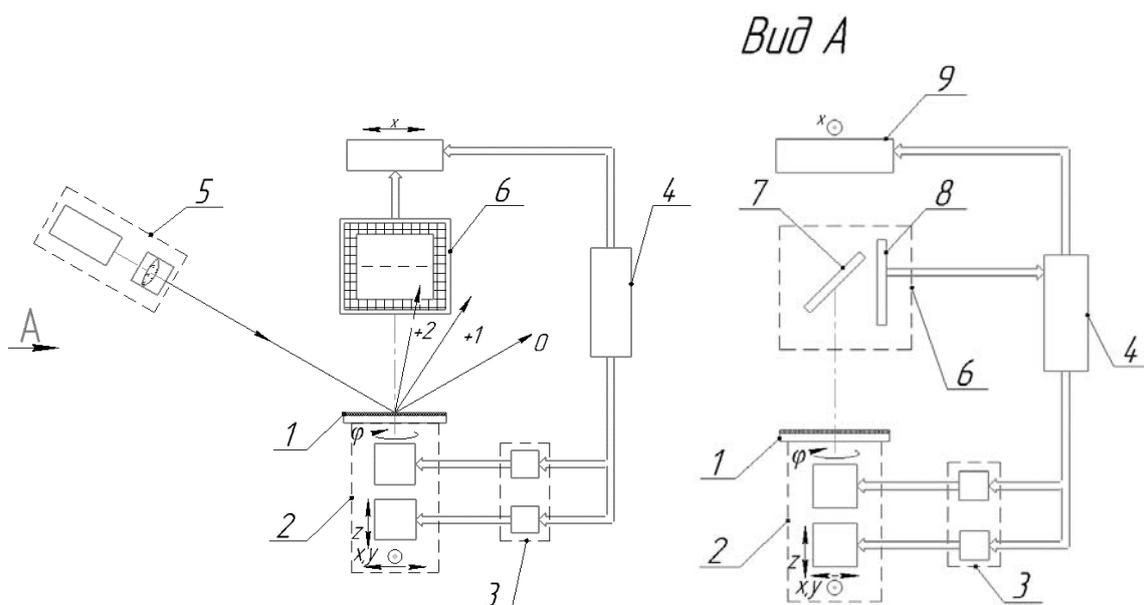


Рис. 1. ОЭП для контроля подлинности и качества защитных голограмм



1 — контролируемая голограмма, 2 — приводы моторизированной системы позиционирования образца голограммы, 3 — контроллеры приводов, 4 — компьютер, 5 — блок полупроводниковых лазеров, 6 — оптическая головка, 7 — плоское зеркало, 8 — КМОП-матрица, 9 — привод оптической головки

Рис. 2. Функциональная схема подсистемы для измерения параметров микрорельефа ДОО

Коллективом авторов публикации разработан макетный образец оптико-электронного прибора (ОЭП) для диагностики голографических защитных элементов, приняв во внимание основные достоинства и недостатки озвученных выше устройств. На рис. 1 приведена трёхмерная модель разработанного автоматизированного оптико-электронного прибора.

Разработанный прибор, сохраняя функционал голографического визуализатора-компаратора, имеет дополнительную оптическую подсистему, с помощью которой реализуется метод косвенного измерения пространственного периода и глубины микрорельефа голографических защитных элементов [3, 4]. Функциональная схема данной подсистемы представлена на рис. 2.

Подсистема работает следующим образом. Контролируемая голограмма 1 располагается на предметном столике, который снабжён четырёхкоординатной моторизированной системой позиционирования 2 с приводами 3. Отдельные выборочные зоны контролируемых защитных голограмм подсвечиваются когерентным оптическим излучением от лазеров 5 под углом к нормали. Излучение дифрагирует на элементарных дифракционных решётках, и дифракционные порядки регистрируются КМОП матрицей 8 оптической головки 6. Для охвата всего диапазона пространственного положения дифракционных порядков производится линейное сканирование КМОП матрицей с помощью специального привода 9. Зеркало 7 используется для удобства конструктивной компоновки прибора.

По зарегистрированным значениям координат и интенсивностей в компьютере 4 вычисляются пространственный период и глубина микрорельефа. Пространственный период вычисляется из геометрических

(тригонометрических) соотношений, используя расстояние между поверхностью голограммы и КМОП-матрицей, а также пространственные координаты дифракционных порядков. Глубина микрорельефа определяется по зарегистрированным значениям интенсивности дифракционных максимумов путём решения обратной задачи дифракции. Метод определения глубины микрорельефа основан на многовариантном анализе зависимости распределения интенсивности дифрагированного излучения от глубины рельефа при известном значении пространственного периода дифракционной структуры.

Работоспособность метода косвенных измерений глубины микрорельефа была апробирована на макетном образце оптико-электронного прибора путём измерений пространственного периода и глубины микрорельефа нескольких областей защитных голограмм. Измерения параметров проводились с использованием атомно-силового микроскопа и макетного образца ОЭП. Отличия результатов измерений глубины микрорельефа составили не более 5 нм, а пространственного периода — не более 3 нм.

### Заключение

Основная идеология разработанного автоматизированного оптико-электронного прибора заключается в том, что при диагностике защитных голограмм реализуется комплексный подход. Для оперативной предварительной оценки голограмм безопасности он может использоваться как визуализатор-компаратор. Для углубленной диагностики голограмм предлагается использовать метод, основанный на косвенных измерениях параметров микрорельефа. Однако следует отметить, что для правильной работы метода, основанного на косвенных измерениях, необходимо иметь априор-

ную информацию о форме профиля микрорельефа эталонного образца голограммы. Априорную информацию о форме профиля можно получить с помощью атомно-силового микроскопа.

#### Благодарности

Работа проведена в МГТУ им. Н. Э. Баумана при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по соглашению № 14.577.21.0223 (ID PRFMЕF157716X0223).

#### Список источников

- [1] **Телятников, Р.** Исследование и проверка подлинности защитных голограмм / Р. Телятников, И. Шумский, М. Беляцкий, Ю. Карякин // Information Technologies & Knowledge. — 2015. — Vol. 9. — № 1. — P. 72–79.
- [2] **Каминская, Т. П.** Исследование рельефа плёночных дифракционных оптических элементов / Т. П. Каминская, В. В. Попов, А. М. Салецкий // Компьютерная оптика. — 2016. — Том. 40. — № 2. — С. 215–224.
- [3] **Колочкин В. В.** Метод когерентного контроля глубины поверхностного микрорельефа голограммных и дифракционных оптических элементов / В. В. Колочкин, Е. Ю. Злоказов, С. Б. Одинокоев, В. Е. Талалаев, И. К. Цыганов // Компьютерная оптика. — 2015. — Том. 39. — № 4. — С. 515–520.
- [4] **Kolyuchkin, V. V.** Quality inspection of security holograms considering the influence of diffraction grating relief distortions / V. V. Kolyuchkin, S. B. Odinokov, I. K. Tsyganov // SPIE Conference Proceeding, 2017. — Vol. 10233. — P. 1023309.

### **Automated optical-electronic device for authentication and quality inspection of security holograms based on photometric and diffraction methods**

*V. V. Kolyuchkin, I. K. Tsyganov, S. B. Odinokov, N. V. Piryutin, V. E. Talalaev, V. D. Cheburkanov*  
Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

At present time, security holograms are widely used to protect against counterfeiting of various documents and identity cards. However an operational authentication and a quality inspection of security holograms remains an actual task. The paper presents an automated optoelectronic device for authentication and quality control of security holograms, which implements a complex solution. The device allows to carry out both an operative preliminary analysis of holograms based on the photometric method of image analysis, and in-depth diagnostics based on the diffraction method that allows measuring microrelief parameters.

*Keywords:* Security hologram, Diffraction optical elements, Authentication, Quality inspection, Microrelief parameters.