

22. Высокопроизводительный оптико-электронный сканер для оперативного контроля подлинности защитных голограмм на документах

И. К. Цыганов¹, В. В. Колючкин¹, В. Е. Талалаев¹, Н. В. Пирютин¹, В. Д. Чебурканов¹, С. Б. Одинокоев¹, Л. А. Найденов¹, Е. Ю. Злоказов²

¹ Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, Москва, Россия

² Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

В статье предлагается новый высокопроизводительный оптико-электронный сканер для аутентификации защитных голограмм на документах. Скорость сканирования увеличивается благодаря применению в конструкции сканера современных сканирующих систем, высокоскоростных регистрирующих устройств, специально разработанных и изготовленных компонентов оптической системы. Использование корреляционных фильтров в алгоритме распознавания информации, полученной с голограммы, значительно сокращает время и повышает надежность процесса проверки подлинности защитных голограмм.

Ключевые слова: Защитные голограммы, Дифракционные защитные элементы, Голограммные защитные элементы, Контроль подлинности, Автоматический контроль.

Цитирование: Цыганов, И. К. Высокопроизводительный оптико-электронный сканер для оперативного контроля подлинности защитных голограмм на документах / И. К. Цыганов, В. В. Колючкин, В. Е. Талалаев, Н. В. Пирютин, В. Д. Чебурканов, С. Б. Одинокоев, Л. А. Найденов, Е. Ю. Злоказов // HOLOEXPO 2018 : XV международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. — С. 97–101.

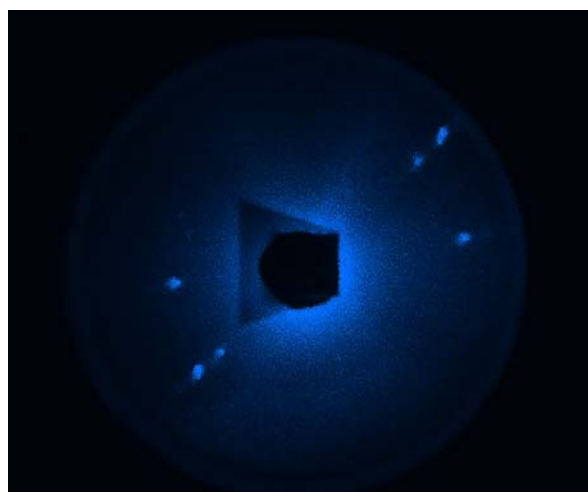
Введение

В настоящее время голограммы широко используются в качестве одного из элементов защиты для различных документов: паспортов, водительских прав, различных сертификатов и других продуктов защитной печати [1]. В то же время, индустрия поддельных голограмм развивается высокими темпами, а качество поддельных голограмм достигло такого уровня, что некачественный потребитель часто не может отличить оригинальную голограмму от поддельной. В связи с этим возникла необходимость в устройствах контроля подлинности голограмм. В настоящее время существуют устройства, которые реализуют эту функцию и работают по разным принципам [2]. Тем не менее, у них есть ряд недостатков, таких как: аутентификация только одного признака, необходимость высококвалифицированного специалиста для управления и обработки результатов проверки, значительное время, не-

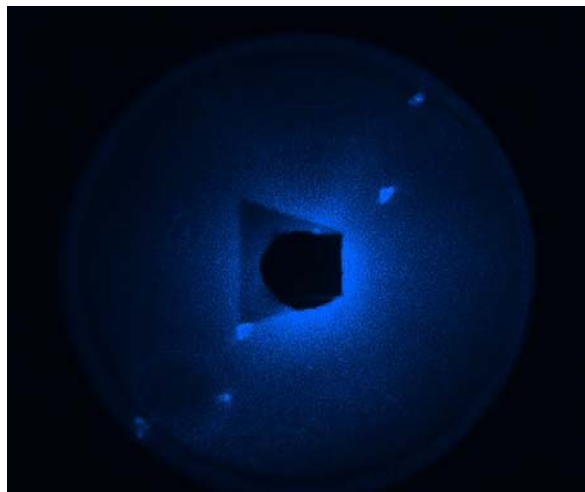
обходимое для проверки с высокой степенью надежности, наличия субъективного человеческого фактора, влияющего на результат проверки. В этой статье предлагается автоматический высокопроизводительный оптико-электронный сканер для оперативного контроля подлинности защитных голограмм на документах, который лишен недостатков, представленных выше.

1. Анализ когерентных изображений голограмм

Защитные голограммы (ЗГ), дифракционные и голографические оптические защитные элементы (ДЗЭ-ГЗЭ) представляют собой сложные структуры с элементами разрешения размером до десятых долей микронметра. В общем случае ЗГ содержат области с дифракционными решетками, параметры которых (период и пространственная ориентация) различны. Если когерентное излучение освещает голограмму, то оно дифрагирует на элементах ЗГ, в результате чего можно



а) зона 1 (истинное)



б) зона 2 (ложное)

Рис. 1. Примеры типичных изображений картины дифракции для различных зон защитной голограммы

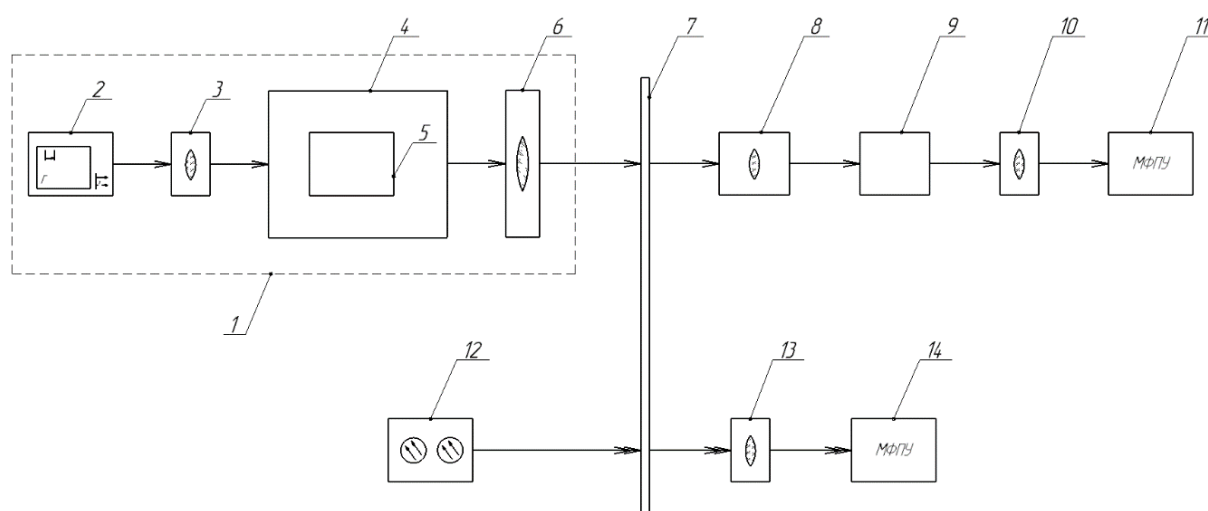


Рис. 2. Функциональная схема опико-электронного сканера защитных голограмм

наблюдать дифракционную картину или, другими словами, когерентное изображение защитной голограммы.

Метод анализа когерентных изображений защитных голограмм заключается в корреляционном распознавании изображений пространственного распределения интенсивности лазерного излучения, дифрагированного в областях ЗГ. Если когерентно освещенный элемент голограммы содержит дифракционные решетки с различной частотой и ориентацией, то в дифракционной картине будут наблюдаться нулевой порядок, а также пары дифракционных порядков, симметрично расположенных на некотором расстоянии от него. Направление и расстояние между этими максимумами и нулевым порядком соответствуют ориентации и пространственной частоте решеток, присутствующих на освещенном элементе. Примеры тестовых сигналов показаны на рис. 1.

Расчеты авто- и кросс-корреляций представленных изображений показали, что наличие нулевого порядка делает такие сигналы корреляционно подобными друг другу, несмотря на различное расположение дифракционных пиков первого порядка. Чтобы устранить эту проблему, необходимо исключить нулевой порядок после обработки входных изображений.

Суть метода корреляционного распознавания заключается в расчете двумерной корреляционной функции между изображениями от входных и контрольных объектов. В соответствии с характеристиками результирующего корреляционного распределения и, в частности, наличия или отсутствия пика корреляции, его локализации, интенсивности и ширины, делается вывод, что входной объект принадлежит эталонному классу. Важной проблемой метода корреляции является его неустойчивость к шуму и помехе входного изображения. Для адекватного распознавания необходимо, чтобы корреляционный пик имел характеристики, достаточные для того, чтобы отличать его от фона выходного распределения, которое может включать ложные корреляционные пики и различные шумы.

Ложные корреляционные пики могут появляться в результате корреляции эталона с ложными объектами. Наличие шума во входной плоскости может привести к уменьшению точности локализации интересующего объекта в плоскости входного изображения. Наряду с этим метод распознавания корреляции не устойчив к возможным искажениям изображения эталонного объекта. Использование математически синтезированных инвариантных корреляционных фильтров (далее называемых КФ), которые содержат информацию об эталонном объекте, а также о его возможных искажениях, позволяет в некоторой степени избавиться от перечисленных недостатков [3,4].

2. Функциональная схема опико-электронного сканера защитных голограмм

На рис. 2 приведена функциональная схема опико-электронного сканера. Оптическая система сканера состоит из двух каналов, канала контроля (измерительного канала) и канала наведения. Измерительный канал выполняет формирование и регистрацию Фурье-спектра проверяемой голограммы при освещении монохроматическим когерентным излучением. Канал наведения представляет собой оптическую систему для формирования изображения проверяемого объекта в видимом спектральном диапазоне для определения положения голограммы относительно базовой точки сканера.

Канал контроля состоит из двухкоординатной сканирующей системы подсветки 1, содержащей лазерный диод 2, коллимирующий объектив 3, зеркальную систему сканирования 4, включающую в себя в том числе 2 гальванометрических сканатора 5, и дополнительной линзовой системы переноса зрачка 6, контролируемого объекта 7, Фурье-преобразующей системы 8, визуализатора 9, репродукционного объектива 10 и многоплощадочного фотоприемного устройства (устройства регистрации) 11.

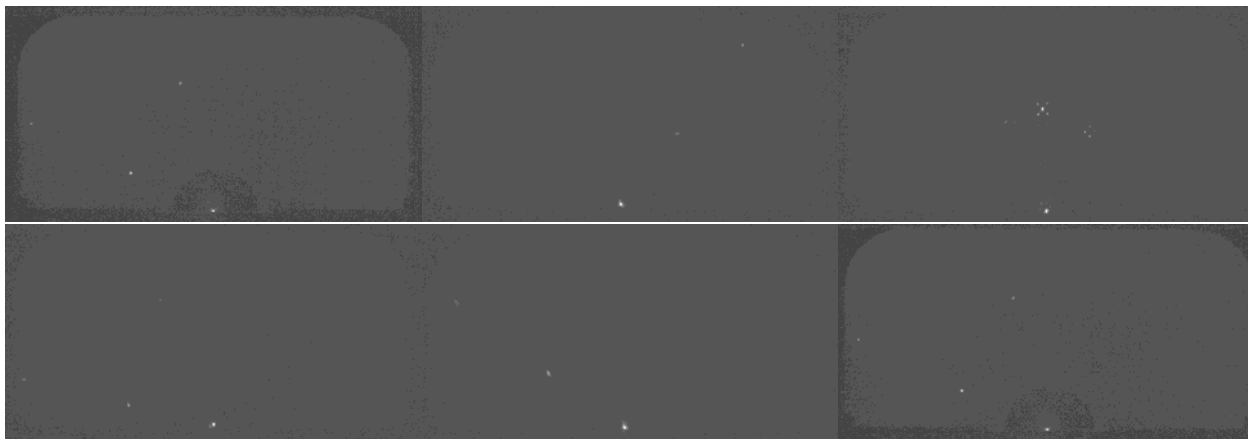


Рис. 3. Фотографии дифракционных распределений от различных зон голограммы

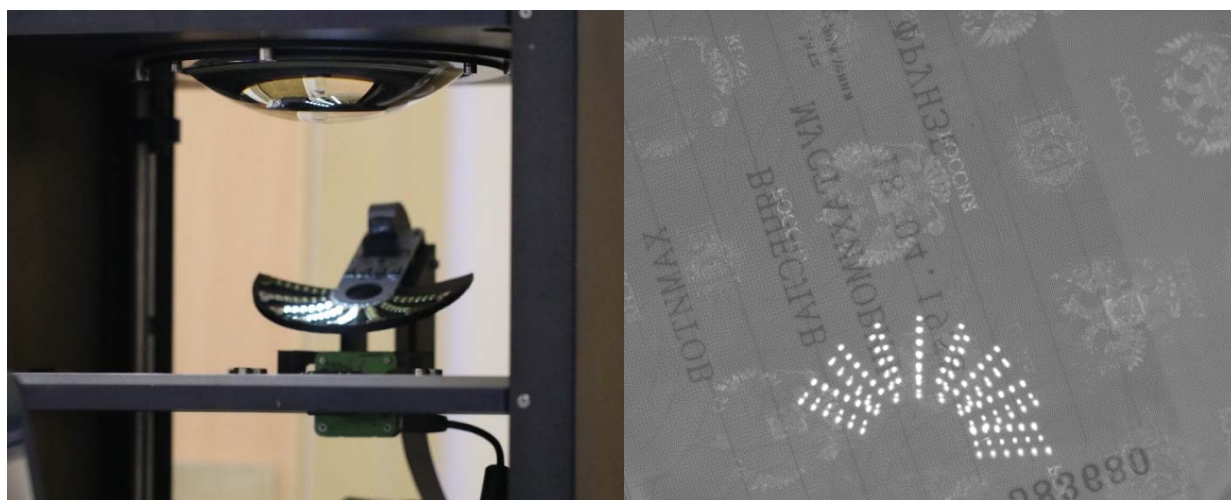


Рис. 4. Элементы канала наведения и изображения голограммы, полученные с его помощью

Канал наведения состоит из матрицы светодиодов *12* для подсветки контролируемого объекта *7*, проекционного объектива *13* и многоплощадочного фотоприемного устройства (устройства регистрации) *14*.

В канале контроля лазерный диод с коллимирующим объективом формируют параллельный лазерный пучок света, который проходя через зеркальную систему, во входном и выходном зрачках которой устанавливаются сканирующие зеркала, дополнительную систему переноса зрачка и Фурье-преобразующую систему падает на контролируемый объект, дифрагируя на его поверхности. Зеркала, закрепленные на гальванометрических сканаторах позволяют разворачивать зондирующий лазерный луч по контролируемому объекту с большой скоростью. Дифрагированный свет, проходя через Фурье-преобразующую систему, формирует на матовой поверхности диффузора Фурье-спектр исследуемой на объекте точки (области малого размера) (рис. 3). Далее Фурье-спектр перепроецируется с помощью репродукционного объектива в плоскость многоплощадочного фотоприемного устройства, регистрируется и передается на обработку в компьютер.

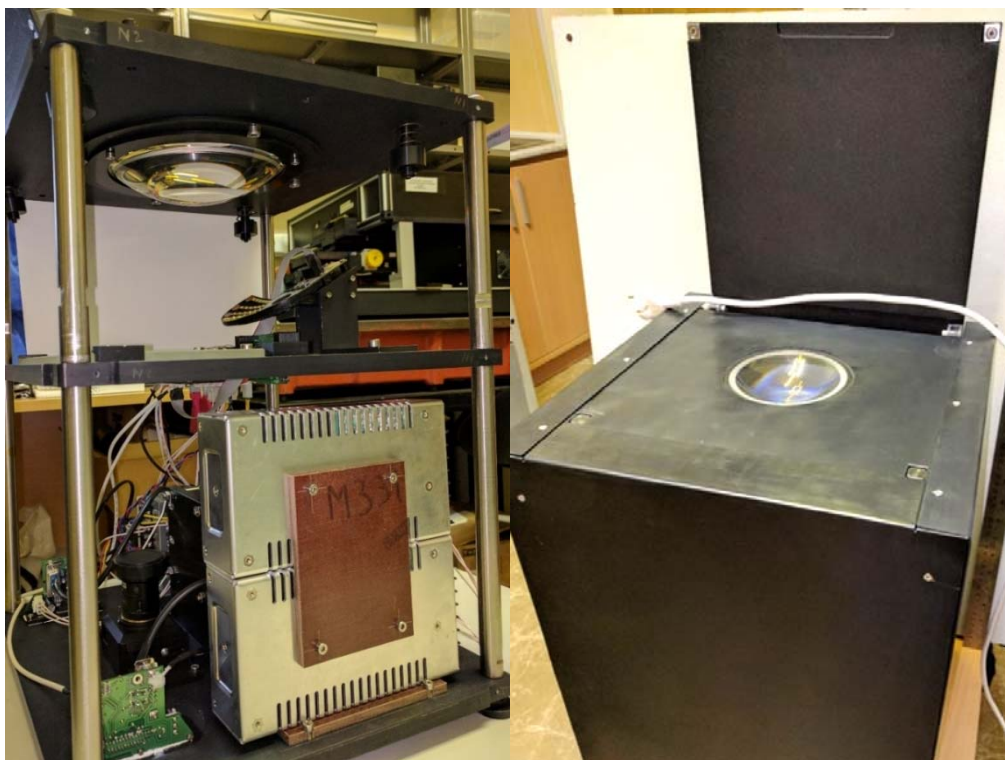
В канале наведения регистрируется изображение исследуемой голограммы целиком (рис. 4). По полу-

ченному изображению производится привязка голограммы к системе координат сканера. На этом этапе происходит первичное сравнение изображения исследуемой голограммы с эталонной и в случае полного несовпадения она признается фальсифицированной. В случае обнаружения опорных объектов, совпадающих с эталонными, в результате привязки из базы данных загружается информация об эталонных Фурье-спектрах в предполагаемых точках контроля. В дальнейшем эта информация используется при корреляционном сравнении с изображениями Фурье-спектра, полученными в канале контроля.

3. Экспериментальный образец опτικο-электронного сканера защитных голограмм

Созданная функциональная схема легла в основу разработки принципиальной оптической и электрической схем опτικο-электронного сканера защитных голограмм. На основе оптической схемы была разработана и выпущена конструкторская документация (КД) на опτικο-электронный сканер защитных голограмм.

Для создания экспериментального образца опτικο-электронного сканера защитных голограмм в соответствии с разработанной КД были изготовлены и закуплены оптические, опτικο-электронные, элек-



а) фотография сканера ЗГ без декоративных стенок б) фотография сканера ЗГ в сборе (открытая крышка)



б) фотография сканера ЗГ в сборе (открытая крышка)

Рис. 5. Фотография экспериментального образца опико-электронного сканера защитных

тронные, механические детали, узлы и блоки, входящие в его состав. Большинство оптических и механических компонентов изготовлены в России и Белоруссии. Опико-электронные и электронные узлы также разработаны и изготовлены российскими фирмами-разработчиками, но с преимущественным использованием зарубежных комплектующих.

Далее были проведены сборка, настройка и юстировка экспериментального образца опико-электронного сканера защитных голограмм, фотографии которого приведены на рис. 5.

В ходе проведения работы были проведены испытания сканера по следующим параметрам:

- вероятность идентификации ЗГ;
- время идентификации ЗГ и

— размер ложементов для документов сканера.

Испытание времени и вероятности идентификации документов проводилось на четырех типах документов:

- паспорт РФ;
- загранпаспорт старого образца (ЗПСО);
- загранпаспорт нового образца (ЗПНО);
- водительское удостоверение (ВУ).

Время и вероятность идентификации определялись по всем четырем типам документов отдельно. При этом по каждому типу документов было выполнено по 20 испытаний, на основе которых рассчитывались вероятность идентификации и максимальное время идентификации.

Результаты предварительных испытаний основных характеристик оптико-электронного сканера ЗГ приведены в табл. 1.

Измеренные значения укладываются в желаемых диапазонах. Время идентификации всех документов составляет менее 1 мин. и вероятность идентификации составляет более 90 %.

Заключение

В заключении хочется выделить следующие основные конструкторские и программные решения, реализованные в автоматическом оптико-электронном сканере для оперативного контроля подлинности защитных голограмм на документах. В конструкции сканера использованы гальванометрические сканаторы. Их применение позволило значительно снизить время, необходимое для контроля защитной голограммы с размерами паспортной страницы. Использование высокоскоростного устройства регистрации также привело к снижению времени контроля. Специально рассчитанные и изготовленные компоненты оптической системы повысили качество регистрируемых картин дифракционного распределения, что снизило ошибки при проведении контроля подлинности. Отсутствие подвижных элементов в сканере, кроме сканирующих зеркал повысило точность позиционирования зондирующего пучка на исследуемом образце, что в свою очередь повысило вероятность правильной идентификации защитной голограммы, а также механическую

Табл. 1. Основные параметры оптико-электронного сканера ЗГ

№	Наименование параметра	Номинальное значение	Измеренное значение
1	Проверка времени идентификации паспорта РФ	60 сек.	56 сек.
2	Проверка вероятности идентификации паспорта РФ	90 %	95 %
3	Проверка времени идентификации ЗПНО	60 сек.	58 сек.
4	Проверка вероятности идентификации ЗПНО	90 %	100 %
5	Проверка времени идентификации ЗПСО	60 сек.	33 сек.
6	Проверка вероятности идентификации ЗПСО	90 %	95 %
7	Проверка времени идентификации ВУ	60 сек.	46 сек.
8	Проверка вероятности идентификации ВУ	90 %	95 %

надежность прибора в целом. Применение корреляционных фильтров в алгоритме распознавания полученной с голограммы информации также повысило надежность процесса контроля подлинности.

Благодарность

Работа проведена в МГТУ им. Н. Э. Баумана при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по соглашению № 14.577.21.0223 (ID PRFMFI57716X0223).

Список источников

- [1] **Одинокоев, С. Б.** Методы и оптико-электронные приборы для автоматического контроля подлинности защитных голограмм Москва: Техносфера, 2013. -176 с.
- [2] **Цыганов, И. К.** Оптико-электронный сканер для оперативного контроля подлинности защитных голограмм на паспортных документах / И. К. Цыганов, В. В. Колючкин, Н. В. Пирютин, С. Б. Одинокоев, В. Е. Талалаев, Е. Ю. Злоказов // Голография. Наука и практика: Сборник трудов XI международной конференции HOLOEXPO 2014. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — С. 151.
- [3] **Evtikhiev, N. N.** Variants of minimum correlation energy filters: comparative study / N. N. Evtikhiev, D. V. Shaulskiy, E. Yu. Zlokazov, R. S. Starikov // Defense, Security, and Sensing: Optical Pattern Recognition XXIII: SPIE Proceedings. — 2012. — Vol. 8398. — P. 83980G.
- [4] **Kumar, B. V.** Recent advances in correlation filter theory and application / B. V. Kumar, J. A. Fernandez, A. Rodriguez, V. N. Boddeti // Defense + Security: Optical Pattern Recognition XXV: SPIE Proceedings. — 2014. — Vol. 9094. — P. 909404.

New high performance optico-electronical scanner for autentication of security holograms on documents

I. K. Tsyganov¹, V. V. Kolyuchkin¹, V. E. Talalaev¹, N. V. Piryutin¹, V. D. Cheburkanov¹, S. B. Odiokov¹, L. A. Naiden¹, E. Y. Zlokazov²

¹ Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

² National Research Nuclear University "MEPhI", Moscow, Russia

New high performance optico-electronical scanner for autentication of security holograms on documents is proposed in this paper. The speed of scanning is increased due to using modern scanning systems, high-speed recording devices, specially designed and manufactured components of the optical system in construction of scanner. Usage of correlation filters in the algorithm for recognizing the information received from the hologram, significantly reduce the time and raise the reliability of the security holograms authenticity control process.

Keywords: Security holograms, Diffraction security elements, Holographic security elements, Authenticity control, Automatic control.