

# Современные визуальные элементы в защитной полиграфии: переход от рельефно-фазовой голограммы к инновационным комбинированным оптическим защитным элементам

Д. Б. Чекунин<sup>1</sup>, А. В. Смирнов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт - филиал АО «Гознак», Москва, Россия

<sup>2</sup> АО НПО «КРИПТЕН», Дубна, Россия

Общие мировые тенденции развития голографических защитных элементов Современный вектор развития оптических защитных элементов и их комбинаторика в новых защитных элементах от «голограммы» к сложным комбинированным оптическим защитным элементам Перспективы развития визуальных признаков защищенной полиграфии и программно-аппаратного обеспечения

*Ключевые слова:* Защитная голография, Комбинирование интерференционных и дифракционных элементов, Композитная голограмма.

*Цитирование:* Чекунин, Д. Б. Современные визуальные элементы в защитной полиграфии: переход от рельефно-фазовой голограммы к инновационным комбинированным оптическим защитным элементам / Д. Б. Чекунин, А. В. Смирнов // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 207–211.

Рельефно-фазовые или «плоские» голограммы были одним из первых оптическим визуальным элементом, который использовался для защиты от подделок и фальсификации. Они были созданы в конце 1960-х годов и представляли собой в основном простые изображения типа 2-D, которые были нанесены на поверхность продукта. Освоение массового тиражирования таких голограмм было начато в конце 70-х, начале 80-х годов. Также следует отметить, что развитие технологии рельефно-фазовой голограммы тесно связано с развитием технологий и оборудования для производства микроэлектронных компонентов.

Известно, что при изготовлении подделок пытаются обойти традиционные уровни защиты, используя компоненты, имитирующие только внешне элементы изделия, но не повторяющие их полностью. Для борьбы с этим производители используют различные методы, в том числе использование уникальные материалы и технологии производства. Это технологическая защита, смысл которой заключается в искусственном ограничении распространённости определённых технологий и/или высокой их стоимости при тиражировании либо повышенной сложности производства. Поэтому создание сложных микрооптических элементов и совмещение их с идентификационной информацией, воспроизводимой на устройствах считывания, обеспечивает подлинность продукта и надежную защиту от подделки.

Мировым экспертным сообществом признано, что из всего комплекса современных элементов защиты от подделки, основными для обеспечения высокого уровня защиты являются следующие элементы:

- субстрат изделия – его полимерная основа;
- включения в субстрат изделия (волокна и/или пигменты);
- локальные разнотолщинности субстрата, так называемый «водяной знак»;
- микрооптические защитные элементы, размещаемые как в теле субстрата (защитные нити), так и наносимые на поверхность изделия (патчи).

Так же, следуя результатам анализа специальных периодических изданий, таких как «Banknote Technology Report», становится очевидно, что все мировые производители решений для рынка защищённой продукции делают акцент на оптических защитных элементах. Тем самым подтверждается факт главенствующей роли микрооптических признаков в комплексе защитных элементов изделия от подделки, где рельефно-фазовые голограммы являются наиболее распространённым решением. Также следует отметить, что всё большее количество производителей внедряют микрооптические признаки, интегрированные с цифровыми решениями, где оптический элемент - это ключ к цифровой системе.

В настоящий момент в мире для получения визуальных защитных оптических элементов производителями используют не только дифракционные оптические схемы, но все известные оптические элементы в микроскопическом исполнении. Известны защитные решения, построенные на сферических линзах, линзулярных линзах, линзах Френеля, массивах микропризм (как регулярных, так и стохастических), зеркалах полного отражения, полупрозрачных зеркалах, рефлекторах, фильтрах, поляризаторах и волноводах. Все эти микроэлементы чаще всего получают методом эмбоссирования полимерных слоёв.

Как было упомянуто выше, ранее наиболее распространённым элементом для получения защитных признаков являлась эмбоссированная в полимере дифракционная решётка, так называемая «голограмма-дифрактограмма». Связано это с тем, что получение высококачественных периодических рельефов достаточно отработанная технология. Но в последнее время дифракционные элементы уступают своё лидерство призмам и микролинзам, а также их сочетаниям. Это связано с большей цветовой селекцией таких элементов, что позволяет получать цветоизменяемые элементы, невозможные к получению на дифракционных решётках. Т.е. чисто дифракционные элементы уступают место интерференционным признакам или иногда сочетанию явлений интерференции с дифракцией в одном элементе. Большинство современных оптических элементов сочетают различные технологии изготовления и представляют из себя составные комплексы, что делает их еще более сложными для подделки, обеспечивает более высокую степень защиты изделий от фальсификации.

С развитием технологий и повышением потребностей в более сложных и надежных системах защиты рынок требует новых признаков для борьбы с подделками. Это привело к

тому, что сейчас самым востребованным решением в новых исследованиях стало обязательное совмещение признаков интерференционных и дифракционных в одном элементе (графическом поле). Такие элементы меняют свой цвет или кажущуюся форму при изменении угла зрения, что делает их невоспроизводимыми в целом или частично. Условно такие элементы можно разделить на три группы:

1) Мультихромные элементы – изменяют цвет в зависимости от угла обзора и/или освещения. Сочетание различных цветов и хроматических эффектов делает его очень сложным для подделки.

2) Дифракционный гратин – использует интерференцию света для создания сложной трехмерной геометрии (квазиобъёма) и/или плоских изображений. Он может также содержать логотипы, буквы или цифры.

3) Фотоник-кристалл – это элемент, который использует собственную кристаллическую структуру для управления определенными свойствами света (например, флуоресценцию или цветосинтез).

Несмотря на смещение акцентов в сторону интерференционных признаков, в мире ведутся разработки оптических схем, направленные на совершенствование как процесса записи голограммы, так и процесса передачи рельефа на полимерную подложку.

Одним из путей развития традиционной рельефно-фазовой голограммы можно считать получение так называемых «композитных голограмм»: смешанных по длинам волн, по технологиям изготовления или расположенных на разных физических уровнях носителя.

Самыми передовыми разработками для защитной микрооптики, причём как для рельефно-фазовой, так и для объёмной голографии, является развитие направления записи голограмм не когерентными лазерными пучками, а пучками типа «винт архимеда» или «вилка».

Для получения перспективных голографических элементов объёмного типа разрабатываются новые светочувствительные материалы не только на основе принципов фотополимеризации, но и стабилизирующиеся иными способами фиксации полимерной структуры.

Повышение сложности расчёта голограммы является также одним из путей совершенствования голограммы как объекта защиты от подделки. Вычислительная сложность расчёта голограмм возрастает со сложностью 3D-объектов и разрешением голограммы, это позволяет увеличить основной визуальный параметр кажущегося восстановленного изображения – глубину сцены. Цифровая голография требует дифракционных расчетов для получения комплексной амплитуды света объекта, с последующей коррекцией aberrаций оптической системы и, при необходимости, разверткой фазы. Кроме того, может потребоваться автофокусировка с использованием прогнозирования положения объекта. Эти вычисления отнимают много машинного времени и требуют высокопроизводительного современного программно-аппаратного комплекса.

Современный уровень развития голографической индустрии позволяет производителю голографической продукции иметь три настольных (исключая сам эмбоссер) относительно недорогих устройства достаточных для производства высококачественных рельефно-фазовых голограмм промышленным способом.

В настоящее время для расчёта голограмм достаточно иметь профессиональную графическую станцию с соответствующим программным обеспечением. При этом нет необходимости в огромных вычислительных мощностях (суперкомпьютерах) и обученной высококвалифицированной команде для обслуживания такой системы.

Вывод на физический носитель рассчитанной цифровой голограммы обеспечивается на мастер-матрицу из металла или альтернативного материала (например, кремния) с помощью лазерного нанолитографа. Нет необходимости в литографе и всех сопутствующих расходах, связанных с ним.

Рекомбинация для выполнения эмбоссирования с вала выполняется по технологии УФ-рекомбинации. Используя такое оборудование и соответствующие материалы голографический рельеф для УФ-рекомбинации можно снимать прямо с мастера. А если используется УФ прокаточная машина, то гальванопластика вообще исчезает из технологической цепочки.

Данная технологическая схема в ближайшее время станет общедоступной для производителей упаковочной или иной полиграфической продукции. Это позволит интегрировать защитные голографические рельефы прямо в дизайн или использовать их как элементы дизайна упаковки, что приведёт к взрывному росту производителей имеющих доступ к данной технологии, а следовательно рельефно-фазовая голограмма престанет нести функцию самой распространённой защиты от подделки. Безусловно от неё не откажутся совсем, по-видимому, в ближайшей перспективе она будет выполнять роль второстепенного защитного элемента, например в виде (ФГТ) на изделиях, несущих на себе более продвинутые по технологии оптические защитные элементы.

Анализ исследований и патентов показывает, что все производители защищённой продукции вкладывают средства в разработку новых элементов именно не дифракционного характера. Но также существует мнение, что некоторые из производителей просто вынуждены работать на опережение в рамках острой конкурентной борьбы не только с поддельщиками, но и с коллегами по рынку защищённой продукции, в направлении комбинированных (композитных) элементов, так как в развитии дифракционных структур достигнут технологический предел.

Инновационные комбинированные визуальные элементы в защитной полиграфии становятся более высокоточными и наукоёмкими, а следовательно, надёжными. Это позволяет бороться с подделками и сохранять доверие к физическому носителю в виде документа или банкноты, которые, несмотря на повышенные темпы цифровизации, будут востребованы ещё долгое время.

# Modern visual elements in protective printing: transition from relief-phase hologram to innovative combined optical protective elements

*D. B. Chekunin<sup>1</sup>, A. V. Smirnov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Research institute - branch office of the Joint Stock Company "Goznak", Moscow, Russia

<sup>2</sup> JSC RPC KRYPTEN, Dubna, Russia

General global trends in the development of holographic protective elements Modern vector of development of optical protective elements and their combinatorics in new protective elements From a "hologram" to complex combined optical protective elements Perspectives for the development of visual signs of protected printing and hardware and software

*Keywords:* Protective holography, Combination of interference and diffraction elements, Composite hologram.