

Конструктивная геометрия системы записи image-matrix голограмм

В. В. Ткаченко, С. Л. Канделинский

Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Рассматриваются структурные варианты сканирующих систем формирования image-matrix голограмм. Дается сопоставление параметров оптических систем и их элементов для выбора рациональных конструкций.

Ключевые слова: Image-matrix голограмма, Оптическая схема, Сканирующая запись.

Цитирование: **Ткаченко, В. В.** Конструктивная геометрия системы записи image-matrix голограмм / В. В. Ткаченко, С. Л. Канделинский // HOLOEXPO 2022: XIX Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — Барнаул: ИП Колмогоров И. А., 2022. — С. 216–218.

Технология image-matrix позволяет применять современные алгоритмы компьютерной графики в процессе синтеза голографического растра или пост-обработки, создавать различные, в том числе и недоступные для аналоговой оптической голографии, локализованные и распределенные защитные элементы, изображения которых могут быть восстановлены (визуализированы) при особых условиях освещения или с использованием специальных приспособлений и оптических приборов (идентификаторов) [1]. Быстрое наращивание в последние годы вычислительных возможностей компьютерной техники при сохранении их ценовой доступности с использованием сетевых технологий изменило стоимостной баланс между soft-ware и hard-ware в сторону увеличения последней компоненты, так как дальнейшее улучшение изобразительных и повышение защитных свойств image-matrix голограмм зависит только от технических характеристик оптико-механических развертывающих систем и компонентов конструкции голографического принтера.

В докладе рассматриваются варианты конструктивных решений развертывающих и проекционных подсистем голографического принтера с использованием транспарантов на базе LCD и DLP матриц, лазерных и светодиодных источников света для записи голографического растра (далее – пиксельграммы), каждая точка которого в плоскости голограммы рассчитывается как результат интерференции волновых фронтов опорной и объектной волн. Для достижения требуемого качества фазовой или амплитудной голограммы важным обстоятельством является сохранение параметров сканирующего пучка – размеров и падения по нормали в плоскости записи во всем диапазоне сканирования.

С этой целью сформулированы условия и получено решение геометрической задачи для моделирования развертывающей оптической системы с расширенной полосой сканирования за счёт сочетания квадратичных форм, выявленные оптические свойства которого обеспечивает увеличение длины растровой строки. Плоскость развертки, в которой

сохраняется параллельный перенос оси сканирующего пучка является решением системы уравнений специального вида.

Рассмотрены модификации способа построчной растровой записи, использующие многострочную развертку, в которой в отличие от image-matrix фрагменты изображения определяются не размерами матрицы транспаранта, а представляют собой полосы, непрерывно сканируемые линейкой индивидуально управляемых излучателей или веером световых пучком. Для формирования последнего могут быть использованы как пассивные модуляторы света, типа LCD-транспаранта, так и матрицы (линейки) активных излучателей, например полупроводниковых лазеров или светодиодов.

По результатам проведенного энергетического расчета оптической системы записи показаны перспективы использования для записи голограмм матричных светодиодных структур и разработанных электронных средств их скоростной коммутации. Так, светодиоды на основе структур GaN имеют светимость $1\sim 2$ Вт/см² при плотности тока 1 кА/см², которая почти на порядок меньше, чем предельно допустимая. Размеры излучающих площадок светодиодов или лазерных диодов могут составлять единицы и десятки микрон. К общим (как для LCD-транспарантов, так и для светодиодных матриц) достоинствам и недостаткам можно отнести то, что с их помощью может быть реализован полутоновой режим записи, а основные потери света в обоих случаях связаны с большой расходимостью пучка на выходе и необходимостью ограничиваться малой входной апертурой оптической системы.

Показаны преимущества image-matrix по сравнению с dot-matrix голограммами, связанные с возможностью получения не только решеток прямых линий, но и произвольных рисунков дифракционных. При этом производительность (время записи) image-matrix-голограмм не зависит от линиатуры. Потенциально оно выше за счет исключения задержек на позиционирование компонентов оптической схемы dot-matrix и записи в пределах каждого экспонируемого фрагмента одновременно нескольких дотов с одновременным сокращением числа шагов, совершаемых при позиционировании 2D-стола. Дополнительное преимущество image-matrix определяется возможностью использования для записи источников некогерентного излучения без высоких требований к монохроматичности, например светодиодов.

Полученные оценки энергетических характеристик:

- указывают на сопоставимость производительности лазерной и светодиодно-матричной технологий при заданной точности и при условии, что используется лазер непрерывного излучения мощностью до 20~30 мВт;

- показывают, что производительность вариантов схем с LCD и DLP транспарантами имеет общий порядок, ограничена в связи с использованием поточечной записи, требующей стартстопного перемещения носителя записи;

- могут служить основой для уточнения стоимости, материальных и временных затрат на реализацию какого-либо из вариантов.

Результаты сравнительного анализа с оптимизацией конструктивной геометрии голографического принтера позволяют сделать вывод о том, что благодаря универсальности

цифрового синтеза с использованием image-matrix и большого значения точечного разрешения (линиатуры) арсенал методов локализованной и распределенной защиты этой технологии частично перекрывает, а частично и дополняет dot-matrix. Голограммы dot-matrix дают больше возможностей для реализации тех же методов защиты с использованием диапазона ультрафиолетовых длин волн, а image-matrix голограммы дают лучшее качество и более широкие возможности для введения защитных элементов в видимом спектре.

Список источников

- [1] Борискевич, А.А. Голографическая защита информации / А. А. Борискевич, В.К. Ероховец, В.В. Ткаченко. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – 280 с.

Constructive geometry of image-matrix hologram recording system

V. V. Tkachenko, S. L. Kandelinsky

United Institute for Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

Structural variants of scanning systems for the formation of image-matrix holograms are considered. A comparison of optical systems, their parameters and elements for the selection of rational design is given.

Keywords: Image-matrix hologram, Optical circuit, Scanning recording.