

УДК 535.417, 535.317, 778.38

## **ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТЕЙ ОПОРНОЙ И ОБЪЕКТНОЙ ВОЛН НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ В ПЛОСКОСТИ РЕГИСТРАЦИИ ГОЛОГРАММЫ**

**Старовойтов С. О. (Университет ИТМО)**

**Научный руководитель – д.т.н., профессор Корешев С. Н.**

**(Филиал АО «Корпорация «Комета» – «Научно-проектный центр оптоэлектронных комплексов наблюдения»)**

Исследовано влияние соотношения интенсивностей опорной и объектной волн на распределение интенсивности формируемого с их помощью голографического поля. Показано, что синтезированные голограммы, если они не были бинаризованы, всегда отображаются и восстанавливаются как квантованные голограммы с интервалом квантования, зависящим от параметров схемы синтеза. Установлено, что влияние режима «перемодуляции» на качество восстановленного изображения при использовании синтезированных голограмм будет значительно меньшим, чем в случае использования аналоговых голограмм, но также будет определяться динамическим диапазоном интенсивности объектного пучка в плоскости синтеза голограммы. Показано, что его влияние минимально в случае синтеза голограммы со сходящимся объектным пучком.

**Введение.** Синтезированные голограммы в настоящее время применяются во многих областях оптики, однако особенно перспективным представляется их использование в фотолитографии, поскольку это позволяет обойтись без применения высокоразрешающих литографических объективов, конструкция которых непрерывно усложняется в связи с постоянным уменьшением проектных норм. Процесс получения синтезированных голограмм состоит из двух этапов. Вначале проводится синтез голограммной структуры, то есть расчет распределения комплексной амплитуды в плоскости голограммы. Далее рассчитанная структура голограммы отображается на физическом носителе в виде отражательной рельефно-фазовой голографической решетки с помощью установок электронно-лучевой литографии. На обоих этапах процесса изготовления синтезированной голограммы существует ряд факторов, способных оказать существенное влияние на качество восстанавливаемого изображения. На первом этапе это в основном использованные параметры синтеза. Среди них одним из наиболее важных является соотношение интенсивностей между опорным и объектным пучком. Задачей работы являлось исследование влияния соотношения интенсивностей опорной и объектной волн на распределение интенсивности формируемого с их помощью голографического поля.

**Основная часть.** Исследование проводилось путем анализа влияния соотношения интенсивностей опорной и объектной волн на распределение интенсивности в плоскости регистрации голограммы для случая аналоговых и синтезированных голограмм. В результате установлено, что режим «перемодуляции» - случай, когда при записи голограммы интенсивность объектной волны превышает интенсивность опорной – оказывает сильное негативное влияние на качество получаемого изображения. Установлено, что основная опасность режима «перемодуляции» при записи аналоговых голограмм заключена не столько в уменьшении дифракционной эффективности голограммы, сколько в отсутствии возможности выбора единого для всей апертуры голограммы оптимального времени ее экспонирования, что приводит к значительной нелинейности регистрируемой голограммы. Далее показано, что ситуация для синтезированных голограмм иная: синтезированные голограммы, если они не были бинаризованы, всегда отображаются и восстанавливаются как квантованные голограммы с интервалом квантования, зависящим от параметров схемы синтеза. Таким образом, влияние режима «перемодуляции» на качество восстановленного изображения при использовании синтезированных голограмм должно быть меньше, чем в

случае аналоговых голограмм, но также определяется динамическим диапазоном интенсивности объектного пучка в плоскости синтеза голограммы. Исходя из этого было выдвинуто предположение, что влияние режима «перемодуляции» на качество восстановленного с помощью синтезированных голограмм изображения будет меньшим в случае использования опорной волны, сходящейся в центр голограммы, по сравнению с влиянием, оказываемом при гомоцентрическом ходе лучей.

Проверка данной гипотезы осуществлялась методом математического моделирования синтеза и восстановления голограмм тестового объекта в специализированном программном комплексе. Синтез голограмм тестового объекта проводился с использованием двух описанных выше схем хода лучей в объектном пучке, при различных величинах отношения интенсивности опорного пучка к интенсивности объектного: 1:1 (стандартная ситуация в цифровой голографии), 1:2, 1:4, 1:6 и 1:8.

Оценка качества полученных изображений осуществлялась с использованием критерия, численно выражаемого через количество допустимых уровней (градаций) пороговой обработки полученного изображения, при котором оно по распределению интенсивности полностью идентично исходному объекту. По итогам оценки заметно, что синтез голограмм в режиме «перемодуляции» приводит к значительному снижению качества восстанавливаемого изображения, тем большему, чем ниже интенсивность опорного пучка относительно объектного. При этом, качество изображений, восстановленных с помощью голограмм, полученных с использованием сходящегося на голограмме объектного пучка, при совпадении прочих условий синтеза оказывается выше, чем качество изображений, восстановленных при условии использования телецентрического хода объектного пучка.

Таким образом, величина динамического диапазона оказывает значительное влияние на качество изображений, полученных с помощью голограмм проекторов, синтезированных в режиме «перемодуляции». Следует отметить, что в случае физически восстанавливаемых синтезированных голограмм влияние режима «перемодуляции» на качество восстановленного изображения значительно увеличится за счет нелинейности процесса отображения структуры голограммы в материале носителя.

**Выводы.** В работе проведено исследование влияния соотношения интенсивностей опорной и объектной волн на распределение интенсивности формируемого с их помощью голографического поля для случая аналоговых, а также синтезированных голограмм. Показано, что не подвергнутые бинаризации синтезированные голограммы отображаются и восстанавливаются не как полутоновые, а как квантованные голограммы. Интервал квантования определяется интенсивностями объектного и опорного пучков, а также числом отображаемых градаций на голограмме. Установлено, что влияние режима «перемодуляции» в процессе записи голограмм на качество получаемого изображения при использовании синтезированных голограмм меньше, чем при использовании аналоговых голограмм. Методом математического моделирования показано, что для синтезированных голограмм это влияние будет минимальным при условии использования при синтезе голограммы объектного пучка, сходящегося в ее центре.

Старовойтов С.О. (автор)

Корешев С.Н. (научный руководитель)