

УДК 535.417, 535.317, 778.38

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕТОДА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТНОЙ ВОЛНЫ НА ГЛУБИНУ РЕЗКОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ВОССТАНАВЛИВАЕМОГО С ПОМОЩЬЮ СИНТЕЗИРОВАННОЙ ГОЛОГРАММЫ-ПРОЕКТОРА ФРЕНЕЛЯ

Фролова М.А. (Университет ИТМО),

Научный руководитель – д.т.н., профессор Коршев С.Н.

(Университет ИТМО)

Исследовано влияние структуры пучка, освещающего объектный транспарант при синтезе голограммы-проектора, на глубину резкости восстановленного с ее помощью изображения. Работа выполнена в интересах разработки оптических систем с увеличенной глубиной резкости. Особое внимание уделено случаю синтеза голограмм-проекторов двумерных бинарных объектов, предназначенных для использования в фотолитографическом процессе.

Введение. Настоящая работа была выполнена с целью сравнения качества и глубины резкости восстановленного изображения, формируемого с помощью голограмм-проекторов, синтезированных при двух различных структурах пучка, освещающего объектный транспарант. Методика работы включала в себя синтез голограмм-проекторов Френеля двух типов. Первый тип голограмм синтезировался в условиях, имитирующих подсветку объектного транспаранта нормально падающим на него параллельным пучком лучей, т.е. в условиях постоянной принимаемой за ноль фазы всех точек объекта. Этот тип голограмм соответствовал голограммам с телецентрическим ходом лучей объектного пучка. Второй тип голограмм синтезировался при задании в плоскости объекта распределения фаз, соответствующего освещению объектного транспаранта нормально падающим на него гомоцентрическим пучком, сходящимся в центр голограммы.

Основная часть. Эффект увеличения глубины резкости восстановленного изображения, наблюдаемый при использовании в процессе синтеза голограммы сходящегося пучка, был проиллюстрирован с помощью результатов нескольких численных экспериментов. В первом из них была синтезирована традиционная голограмма тестового объекта «уголки» в телецентрическом ходе лучей. При проведении второго эксперимента в процессе синтеза голограммы объектная волна представлялась в виде суперпозиции волн, сформированных двумя аналогичными по структуре фотошаблонами, расположенными на расстоянии 199 нм друг от друга. Третий и четвертый эксперименты отличались от первых двух тем, что при синтезе использовался пучок, сходящийся в центр голограммы. Все численные эксперименты проводились с помощью специализированного программного комплекса при следующих значениях параметров синтеза и восстановления голограмм: длина волны используемого излучения 13,5 нм, размер пикселя голограммы 80×80 , расстояние между плоскостями объекта и голограммы 20,3 мкм, угол падения опорной волны $14,7^\circ$. Размер синтезируемых голограмм для случая телецентрического хода лучей объектного пучка был равен 442×442 пикселям, а для случая сходящегося пучка он был равен 344×344 пикселям. Критерий качества восстановленного изображения выражался через число градаций при пороговой обработке этого изображения, при котором распределение интенсивности в восстановленном изображении было бы идентично распределению интенсивности в исходном объекте. На основании проведенных экспериментов было выявлено, что использование второго фотошаблона совместно со сходящимся пучком позволяет получить наиболее большое значение глубины резкости восстановленного изображения.

Выводы. В рамках работы описан способ синтеза голограмм-проекторов для фотолитографии с использованием объектного пучка, сходящегося в центре голограммы. Предложено использовать для регистрации подобных голограмм модификацию стандартной схемы записи с использованием вносимого в ход лучей фазового сдвига.

Продемонстрировано наиболее эффективное увеличение глубины резкости изображения, восстанавливаемого с помощью голограмм, синтезированных с использованием сходящегося пучка лучей по сравнению с голограммами, синтезированными в условиях телецентрического хода лучей объектного пучка.