

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ И ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПРИ КОМПЛЕКСНОЙ МОДУЛЯЦИИ ВОЛНОВОГО ФРОНТА С ПОМОЩЬЮ УПРАВЛЯЕМОЙ МАТРИЦЫ МИКРОЗЕРКАЛ И ВНЕОСЕВОЙ ЦИФРОВОЙ ГОЛОГРАФИИ

Георгиева А.О. (Университет ИТМО), Белашов А.В. (Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе),  
Научный руководитель – к.ф.-м.н., доцент Петров Н.В.  
(Университет ИТМО)

В данной работе продемонстрирован метод независимой амплитудной и фазовой модуляции с помощью управляемой матрицы микрозеркал. Проведено исследование зависимости пространственного разрешения и степени дискретизации от параметров фильтрации первого дифракционного порядка при комплексной модуляции волнового фронта с помощью управляемой матрицы микрозеркал и внеосевой цифровой голографии.

**Введение.** Одним из подходов для модуляции волнового фронта может быть использование управляемой матрицы микрозеркал (DMD от англ. Digital Micromirror Device). Среди других модуляторов света DMD отличается высокой скоростью, возможностью статической и динамической модуляции, относительно низкой ценой, но в то же время он позволяет осуществлять только бинарную модуляцию. В данной работе для независимого управления амплитудными и фазовыми характеристиками был использован метод компьютерной голографии Ли. В бинарном паттерне кодируется амплитудное распределение в амплитудной голограмме методом Ли и фазовое распределение внеосевой опорной волной, образуя подобие интерференционной картины с определенной шириной полос.

**Основная часть.** В данной работе была показана возможность независимой фазовой и амплитудной модуляции с помощью голографии Ли и управляемой матрицы микрозеркал, производимой с помощью модуляции ширины полос или коэффициента заполнения пикселей (соотношение между числом «включенных» (микрозеркало повернуто на  $+12^\circ$ ) пикселей и числом пикселей, приходящимся на ширину полос), на бинарном паттерне, подаваемом на DMD (DMD-паттерне). Также численно исследовалась зависимость пространственного разрешения и степени дискретизации изображения от двух параметров: ширины полос на DMD-паттерне, а также размера апертуры для фильтрации первого дифракционного порядка в Фурье-плоскости. Было проведено экспериментальное исследование зависимости качества восстановленного изображения в зависимости от размера апертуры для фильтрации. Экспериментальная установка представляла собой интерферометр Маха-Цендера с DMD и телескопической системой в объектном плече для создания в плоскости регистрации внеосевой голограммы и, соответственно, прямого восстановления фазового распределения.

В случае, если в апертуру для фильтрации попадают высокие пространственные частоты или другие дифракционные порядки, могут появиться значительные дефекты изображения и паразитная интерференция. Малый размер апертуры приводит к устранению высоких пространственных частот, что приводит к размытию амплитудных и фазовых изображений. Изменение ширины полос влияет на выбор размера апертуры для фильтрации, что влечет за собой изменение пространственного разрешения, а также на степень дискретизации изображения (плавность амплитудных и фазовых изображений). Экспериментальные исследования подтвердили результаты численных экспериментов. При малых размерах апертуры пространственное разрешение фазового изображения уменьшается. Вариация размера апертуры осуществляется только в горизонтальном направлении. Все полученные

результаты хорошо согласуются с численным моделированием манипуляции волновым фронтом с помощью DMD.

**Выводы.** В методике манипулирования волновым фронтом с помощью DMD следует достичь компромисса между пространственным разрешением и дискретизацией амплитудных и фазовых значений. Соответственно, в практических применениях данной методики следует выбирать оптимальные значения размера апертуры и в то же время ширины бинарных полос на DMD-паттерне для тщательной фильтрации первого дифракционного порядка. Эту технику возможно применять в различных областях, к примеру, для модуляции ультракороткого лазерного излучения или для генерации профилированных пучков.

Георгиева А.О. (автор)

Петров Н.В. (научный руководитель)