

Автоматизация управления фокусировкой лазерного излучения при помощи цифрового микрозеркального устройства

Герасимов К. А. (Университет ИТМО),

Научный руководитель: к.ф.-м.н. Черных А.В (Университет ИТМО)

Введение. Пространственно-временные модуляторы света (ПВМС) с программируемым точным управлением волновым фронтом применяются для множества задач, включая системы визуализации. Цифровые микрозеркальные устройства (ЦМУ) обеспечивают высокую эффективность при решении задач динамического управления волновым фронтом, таких как фокусировка излучения через рассеивающую среду, повышение контраста оптических изображений или формирование волновых фронтов произвольной формы. По сравнению с другими ПВМС, ЦМУ имеет высокую светоотдачу, большой коэффициент заполнения и низкую стоимость [1].

Динамическое управление волновым фронтом при помощи ЦМУ предполагает большой спектр возможностей для исследований и экспериментов в области фотоники и других наук. Оптимизация методов создания динамического волнового фронта при помощи ЦМУ предполагает возможность использования устройства в частных задачах. [2]. Одной из таких задач является динамическая фокусировка излучения в заданные точки пространства.

Основная часть. Автоматизация реализована через приложение с пользовательским интерфейсом, основанное на динамическом управлении ЦМУ, методе формирования бинарных паттернов голографии Ли и 4-f-системе [3].

В ходе работы было проведено исследование по поиску оптимальных параметров для задачи фокусировки. Для осуществления управляемой фокусировки излучения на образец рассчитывается бинарный голографический паттерн на основе метода голографии Ли. Паттерн формирует в задней главной плоскости 4-f-системы независимые распределения амплитуды и фазы. Сравнение полученных распределений амплитуды и фазы с целевыми распределениями позволяет вычислить оптимальные параметры голографии Ли для фокусировки излучения. Проведена оценка точности формируемых амплитудно-фазовых распределений с использованием коэффициента корреляции.

Оптимальные параметры и управление фокусировкой были проверены экспериментально: удалось подтвердить возможность динамического и статического управления фокусировкой, а также управления плотностью мощности излучения при помощи измерения мощности излучения в плоскости фокусировки.

Выводы. В результате работы были найдены оптимальные параметры формирования паттернов для задачи фокусировки по методу голографии Ли, проведены эксперименты, подтверждающие теоретические расчеты амплитудно-фазового распределения излучения модулированного при помощи ЦМУ, показана возможность статического и динамического управления фокусировкой лазерного излучения, ее положением и мощностью излучения.

Результаты данной работы могут быть применимы для оптимизации и развития новых методов голографии с комплексно-значной пробной функцией [4], в задачах

адаптивной коррекции волнового фронта [5], проведения экспериментов по фантомной визуализации [6] и др.

Список использованных источников:

1. Park M. et al. Properties of DMDs for holographic displays // J. Mod. Opt. Taylor & Francis, 2015. Vol. 62, № 19. P. 1600–1607.

2. Georgieva A., Belashov A. V., Petrov N. V. Optimization of DMD-based independent amplitude and phase modulation by analysis of target complex wavefront // Scientific reports. – 2022. – Т. 12. – №. 1. – С. 1-13

3. Lee W.H. Binary synthetic holograms. // Appl. Opt. Optical Society of America, 1974. Vol. 13, № 7. P. 1677–1682.

4. Shevkunov I. et al. Ptychography with DMD-based complex-valued probe // OSA Imaging and Applied Optics Congress 2021 (3D, COSI, DH, ISA, pcAOP). Washington, D.C.: OSA, 2021. P. DM6C.6

5. Horstmeyer, R., Ruan, H. & Yang, C. Guidestar-assisted wavefront-shaping methods for focusing light into biological tissue. Nat. Photon. 9, 563 (2015)

6. Ismagilov A. et al. Ghost imaging via spectral multiplexing in the broadband terahertz range // JOSA B. – 2022. – Т. 39. – №. 9. – С. 2335-2340