

# Метод измерения фазовых искажений когерентной оптической системы на основе пространственно-временного модулятора света

*Т. Р. Миниханов, Е. Ю. Злоказов, П. А. Черёмхин*

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

В работе исследуется проблема измерения и компенсации фазовых искажений в когерентных оптических системах на основе пространственно-временных модуляторов света. В качестве наиболее перспективного метода, не требующего усложнения системы и обладающего высокой степенью универсальности, выбран метод на основе случайных масок и численного восстановления фазовой поверхности с использованием алгоритма Герчберга-Секстона. Приведены результаты численного исследования данного метода.

**Ключевые слова:** Восстановление фазы, Фазовая модуляция, Пространственно-временные модуляторы света.

*Цитирование:* Миниханов, Т. Р. Метод измерения фазовых искажений когерентной оптической системы на основе пространственно-временного модулятора света / Т. Р. Миниханов, Е. Ю. Злоказов, П. А. Черёмхин // НОЛОЕХРО 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 395–397.

## Введение

Как известно, в скалярной теории дифракции для описания электромагнитной волны необходимо знать как амплитуду, так и фазу, образующих в совокупности комплексную амплитуду. В современной науке не теряет актуальности задача точного измерения комплексной амплитуды, или волнового фронта. С одной стороны, современные датчики регистрации на основе КМОП или ПЗС технологий полностью теряют информацию о фазовой поверхности электромагнитного поля – с другой, широко распространенные датчики волнового фронта на основе геометрической оптики [1] или интерференционных методов [2] имеют ряд серьёзных недостатков. Одним из таких недостатков является внесение изменений в оптическую схему. Представленные в работе метод позволяет без изменения оптической схемы измерить фазовые искажения системы для последующей компенсации.

## 1. Основная часть

Как уже обсуждалось, датчики волнового фронта на основе геометрической оптики и интерференционных методов имеют ряд недостатков. Так, например, датчик Шака-Гартмана способен измерять лишь плавные волновые поверхности, что является следствием невысокого разрешения из-за микролинзового раstra, а интерференционные датчики неустойчивы к вибрациям, а также требуют модернизации имеющейся оптической схемы. Предложенный метод, в основе которого лежит использование пространственно-временного модулятора света и компьютерные алгоритмы, лишен этих недостатков [3]. Более того,

пространственно-временные модуляторы света сами вносят искажения в оптическую схему, поэтому метод способен детектировать и эти искажения.

## 2. Численное моделирование

В алгоритмической базе метода измерения фазовых искажений когерентных оптических систем был положен итерационный метод Герчберга-Секстона [4]. Блок – схема метода реконструкции волнового фронта представлена на рисунке 1. Для моделирования процесса в качестве фазовых искажений в плоскости камеры была выбрана оптическая мира для определения качества оптической системы.

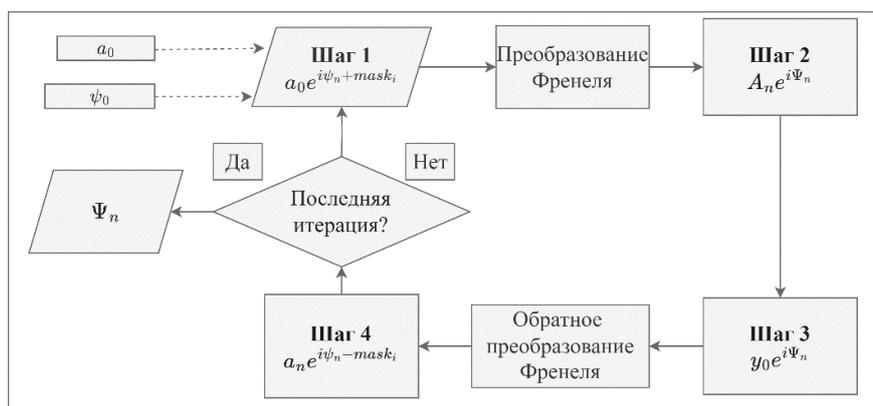


Рис. 1. Блок-схема алгоритма

Для каждой итерации алгоритма, используя численную модель дискретного преобразования Френеля, были получены изображения фазового искажения  $y_0^2$  с наложенными случайными масками  $mask$ . После замены коэффициента  $A_n$  в комплексной амплитуде поля на  $y_0$ . Выполнялось обратное преобразование Френеля. Затем наложенная случайная маска убиралась из расчёта на данной итерации. Результат работы алгоритма моделирования метода измерения фазовых искажений приведен на рис. 2.

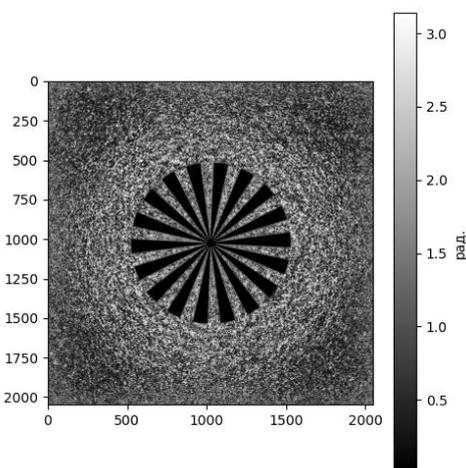


Рис. 2. Восстановленные фазовые искажения

Исходя из результата можно заметить, что описанный выше метод позволяет получать фазовую поверхность с высоким разрешением.

### **Выводы**

В работе был продемонстрирован метод измерения фазовых искажений оптической системы. Продемонстрирован результат численного моделирования процесса восстановления волнового фронта.

### **Благодарность**

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (РНФ), грант № 22-79-10340.

### **Список источников**

- [1] **Platt B.** History and principles of shack-hartmann wavefront sensing / B. Platt, R. Shack // Journal of Refractive Surgery. — 2001. — Vol 17. — № 1. — P.573–577.
- [2] **Medecki H.** Phase-shifting point diffraction interferometer / H. Medecki, E. Tejnil, K. Goldberg, // Optics Letters. — 1996. — Vol 21. — № 19. — P. 1526–1528.
- [3] **Yicheng W.** WISH: wavefront imaging sensor with high resolution/ W. Yicheng, M. Sharma, A.Veeraraghavan// Light: Science and Applications. — 2019. — Vol.8. — P.44— DOI:10.1038/s41377-019-0154-x
- [4] **Gerchberg W.** A Practical Algorithm for the Determination of Phase from Image and Diffraction Plane Pictures / W. Gerchberg, R. Saxton//Optic. — 1972. — Vol.35. — № 19 — P.1–6

## **Measurement phase distortions of a coherent optical system method based on spatial light modulator**

*T. Z. Minikhanov, E. Y. Zlokazov, P. A. Cheremkhin*

National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, Russia

The problem of measuring and compensating phase distortions in coherent optical systems based on spatial light modulators was investigated. The method based on random masks and numerical reconstruction of the phase surface using the Gerchberg-Sexton algorithm was used. This method was chosen as the most promising method that does not require complication of the system and has a high degree of versatility. The results of numerical investigation of the method are presented.

*Keywords:* Phase retrieval, Phase modulation, Spatial light modulators.