

# Голографический датчик волнового фронта на основе диффузных Фурье – голограмм

*В. Ю. Венедиктов, Е. А. Федоров, Д. В. Масыгин*

Санкт-Петербургский Государственный Электротехнический Университет «ЛЭТИ», Санкт-Петербург, Россия

В данной статье дано описание продвижения в настройке прототипа установки для создания чувствительного элемента голографического датчика волнового фронта. Внесенные изменения позволили записать aberrации волнового фронта в полиномах Цернике на голограммы и уверенно воспроизводить их опорным пучком.

*Ключевые слова:* Адаптивная оптика, Голограммы, Полиномы Цернике, Анализ волнового фронта.

*Цитирование:* **Венедиктов, В. Ю.** Голографический датчик волнового фронта на основе диффузных Фурье – голограмм / В. Ю. Венедиктов, Е. А. Федоров, Д. В. Масыгин // НОЛОЕХРО 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 130–133.

## Введение

Голографический датчик волнового фронта является перспективной прибором для определения aberrаций волнового фронта. Преимущество этого датчика заключается в том, что нет необходимости в каких-либо сложных и трудоемких вычислениях. По сути, датчик представляет собой полностью оптическую систему обнаружения и параллельной обработки. В результате полоса пропускания ограничена только скоростью, с которой позиции сфокусированных точек могут быть считаны.

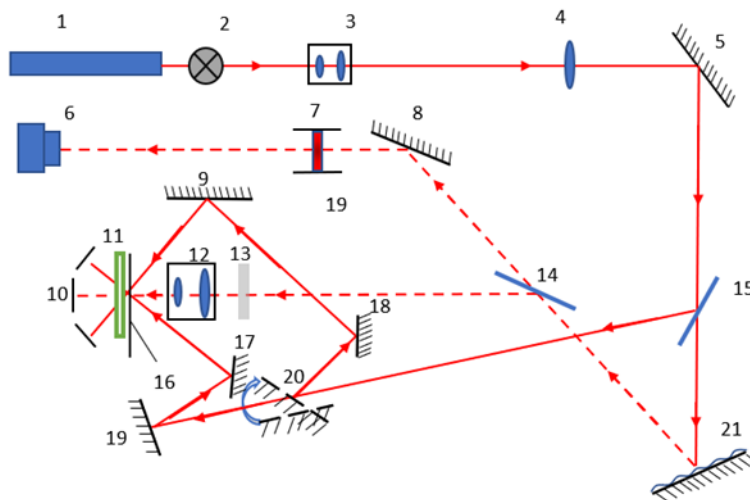
Принцип работы датчика основан на способности голограмм воспроизводить мнимое изображение объектной волны при освещении её опорной волной. Каждая голограмма записывается со своей aberrацией волнового фронта в объектном пучке, описываемой через полиномы Цернике. Таким образом датчик состоит из нескольких голограмм, каждая из которых реагирует на свою aberrацию и восстанавливает опорную волну. Ставится задача создания лабораторной установки для записи таких голограмм.

## 1. Экспериментальная установка

Лабораторная установка для записи голограмм использует схему Лейта-Упатниекса. На фотопластинку одновременно падают два луча при записи голограммы. Один луч объектный – падает перпендикулярно фотопластинке, объектом служит мембранное зеркало. Второй луч – опорный – падает под углом. С помощью откидного зеркала можно менять направление падения опорного пучка: слева или справа. Схема хода лучей и расположения элементов изображена на рисунке 1, а внешний вид прототипа на рисунке 2.

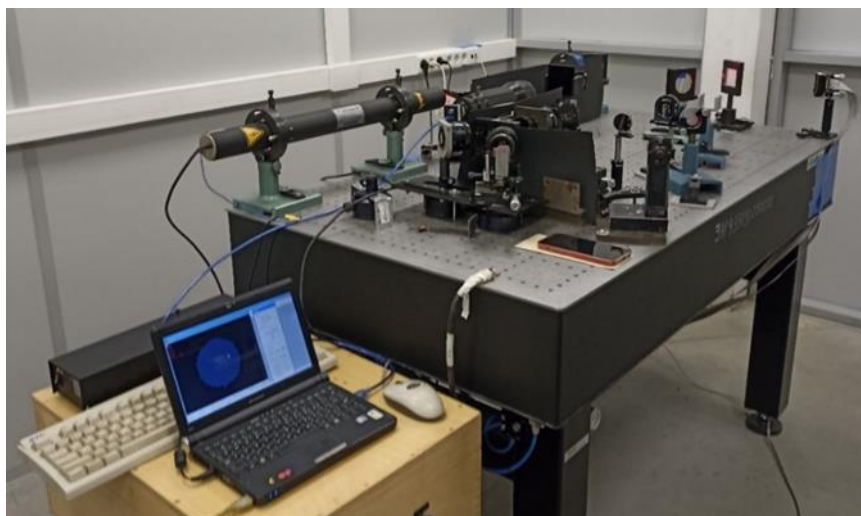
Голограммы записываются на фотопластинках ПФГ-01 в виде окружностей, диаметром 2 мм и с шагом между центрами в 3 мм. Проявляются и устанавливаются обратно в тоже место

установки, как при записи. Далее исследуются сигналы голограмм массива на освещение разными волновыми фронтами. Вычисляется дифракционная эффективность.



Прямая линия – опорная волна; линия с пунктиром – объектная волна. 1- He-Ne лазер; 2,- диафрагма; 3- микрообъектив; 4 – линза; 5, 8, 9,17, 18,19 – глухие зеркала; 6 – датчик Шака – Гартмана; 7 – светофильтр; 10 – экраны; 11 – фотопластинка; 12 – объектив Гелиос; 13– диффузор; 14, 15 – светоделители; 16 – подвижная диафрагма; 20 – откидное зеркало; 21– мембранное зеркало

**Рис. 1.** Схема хода лучей в лабораторной установке



**Рис. 2.** Экспериментальная установка для записи голограмм

За последнее время удалось решить некоторые проблемы с задаванием полиномов Цернике с помощью мембранного зеркала и их восприятию программой разложения волнового фронта ДШГ. Отключив для отображения полиномы наклонов и фокуса были получены фазовые изображения полиномов, совпадающие с их теоретическими изображениями.

## 2. Полученные результаты

Внесенные изменения позволили обнаружить сигнал от новых голограмм. Значит удалось воспроизвести условия записи после проявления голограмм. Эти голограммы записывались без aberrаций, для поиска опытным путем оптимального времени экспозиции. Наибольшие значения дифракционной эффективности наблюдались при 15 с. и 27 с. экспозиции и составили 1,27%. Чувствительности фотопластинки – нелинейная функция, поэтому нужно провести дополнительную запись на этих интервалах для выбора лучших условий.

В результате следующей записи удалось получить голограммы aberrаций волнового фронта. При освещении голограмм через диафрагму опорным пучком были зафиксированы мнимые изображения полиномов Цернике. Пример указан на рисунке 3.



**Рис. 3.** (а) Воспроизведенный полином. (б) Распределение волнового фронта на ДШГ при записи голограммы.



**Рис. 4.** Записанные голограммы с разных ракурсов

## Заключение

На экспериментальной установке удалось отработать процедуру записи голограмм, их дальнейшее проявление и испытания. На данный момент качество записи низкое, но работы по улучшению ведутся.

## Список источников

- [1] Венедиктов В. Ю. Основы адаптивной оптики: учеб. пособие // СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ». – 2014. – Т. 48.
- [2] Орлов В. В. Голографический модовый датчик волнового фронта с увеличенным числом измеряемых мод // Квантовая электроника. – 2017. – Т. 47. – №. 8. – С. 773-776.

- [3] Федоров Е.А. Голографический датчик волнового фронта на основе диффузных Фурье голограмм // ВКР.– 2018. – 87 стр.
- [4] Andersen G., Ghebremichael F., Gurley K. Holographic wavefront sensor: fast sensing, no computing // Practical Holography XXI: Materials and Applications. – SPIE, 2007. – Т. 6488. – С. 124-131.

## **Holographic wavefront sensor using diffuse Fourier holography**

*V. Y. Venediktov, E. A. Fedorov, D. V. Masygin*

Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», Saint Petersburg, Russia

The results of the implementation of the first multichannel holographic wavefront sensor based on non-overlapping Fourier holograms of the first five Zernike polynomials (excluding the piston shift and the slopes of the wavefront) are presented. It is shown that such a sensor circuit, unlike previously implemented ones, is free from cross-noise, and also allows optimal use of radiation energy in the measuring channel.

*Keywords:* Holographic wavefront sensor, Diffuse-scattered beam, Fourier holography.