

# Использование вертикально-излучающих диодов в двухдлинноволновой голографической интерферометрии для измерения формы поверхности

И. В. Алексеенко<sup>1</sup>, Д. Клаус<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград, Россия

<sup>2</sup>Институт лазерной техники для медицины и оптических измерений, Ульм, Германия

Предлагается метод двухдлинноволновой цифровой голографической интерферометрии с применением пары независимых вертикально-излучающих диодов (VCSEL). Диоды являются высокостабилизированными когерентными источниками излучения со слегка отличающимися длинами волн, что позволяет реализовать и использовать рассматриваемый метод для измерения формы объекта. Кроме того, такая система отличается своей устойчивостью к воздействиям окружающей среды, таким как турбулентность воздуха, тепловая нагрузка и/или механические вибрации.

*Ключевые слова:* Цифровая голографическая интерферометрия, Оптическая метрология.

*Цитирование:* Алексеенко, И. В. Использование вертикально-излучающих диодов в двухдлинноволновой голографической интерферометрии для измерения формы поверхности / И. В. Алексеенко, Д. Клаус // HOLOEXPO 2023: 20-я Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2023. — С. 254–256.

## Введение

Предложен метод использования вертикально-излучающих диодов для реализации техники двухдлинноволновой цифровой голографической интерферометрии. Результаты могут быть использованы в создании измерительных устройств, например, в автомобилестроении, где требуется встроенная измерительная система, позволяющая собирать топографические данные о форме элементов кузова автомобиля на протяжении всего производственного цикла. Таким образом, существует необходимость выполнять высокоскоростные топографические измерения на несогласованных поверхностях (зеркально отражающих и/или диффузно отражающих), что представляет собой серьезную проблему в оптической метрологии.

## 1. Метод

Определение формы поверхности может быть рассчитано на основе синтетической длины волны и разности фаз для соответствующих длин волн, на которых производится регистрация цифровых голограмм.

Так связь между формой поверхности (высотой профиля), разностью фаз и синтетической длиной волны определяется выражением (1)

$$T = \frac{\Delta\varphi}{4\pi} \lambda_{syn}. \quad (1)$$

где  $\lambda_{syn}$  определяется через разность длин волн, используемых при записи и реконструкции голограмм [1].

Расчет фаз, как правило, осуществляется с применением преобразования Фурье [2].

В качестве источников когерентного излучения использовались два независимых вертикально-излучающих диода (VCSEL) с длиной волны излучения 850 нм с возможностью перестроения по спектральному диапазону на уровне 2 нм.

## 2. Результаты

Чтобы показать универсальность использования двухдлинноволнового метода при измерении поверхности любого объекта с точки зрения качества его поверхности, был выбран диффузно рассеивающий объект. Образец имеет восемь ступеней с различной высотой 2 мм, 1 мм, 400 мкм, 200 мкм, 100 мкм, 40 мкм, 20 мкм и 10 мкм, как показано на Рисунке. 1. Время экспозиции камеры составляло 35 мс. Такое малое время регистрации голограмм позволяет уменьшить чувствительность системы регистрации к внешним воздействиям. На Рисунке 2 представлена разность фаз -а) и профиль поперечного сечения в 1 мм -б). Высота, измеренная с помощью нашей системы, составляет 0,96 мм для шага в 1 мм.

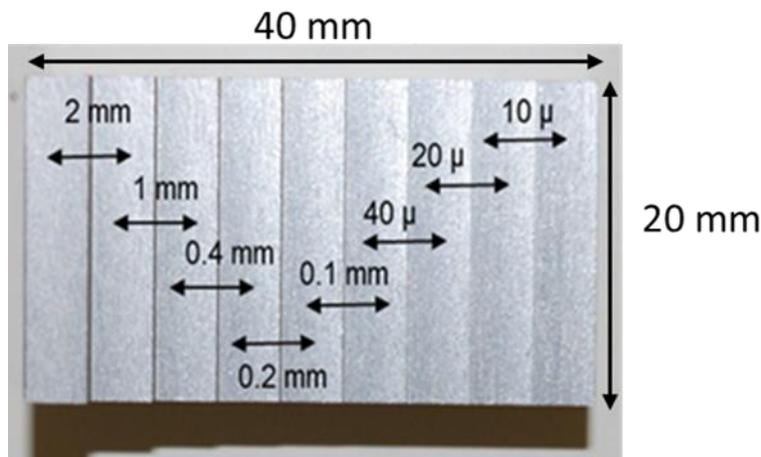
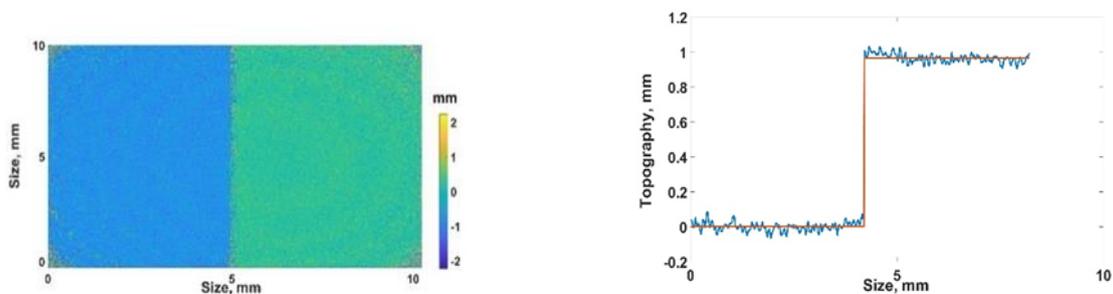


Рис. 1. Образец со ступенчатым профилем



а) Разность фаз

б) Профиль поперечного сечения

Рис. 2. Результат измерения диффузно-отражающего объекта

## Заключение

В нашем исследовании мы продемонстрировали метод двухдлинноволновой цифровой голографической интерферометрии, в котором использовался спектрально-стабилизированный источник когерентного излучения с двумя вертикально-излучающими диодами (VCSEL). Стабильность такого источника достигается за счет точной стабилизации температуры и тока. Таким образом, метод может применяться для измерений топографии с синтетической длиной волны в миллиметровом диапазоне, сохраняя при этом достаточно высокую погрешность измерений. Установка была реализована компактным, легким и надежным образом с использованием оптических волокон, которые были непосредственно подсоединены к активной зоне излучения каждого VCSEL.

## Благодарность

Доклад подготовлен в рамках гранта РФФИ 23-79-00023 «Оптический неразрушающий контроль и диагностика первой стенки ТОКАМАК-реакторов с использованием метода двухдлинноволновой цифровой голографической интерферометрии и системы лазерного сканирования».

## Список источников

- [1] **Friesem, A. A.** Fringe formation in two-wavelength contour holography/ Friesem, A. A. & Levy, U. // Applied Optics. — 1976. — Vol 15. — P. 3009–3020.
- [2] **Takeda, M.** Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry / Takeda, M., Ina, H. & Kobayashi, S. // Journal of the Optical Society of America. — 1982. — № 76. — P. 156–160.

## Implementation of VCSEL in dual wavelength holographic interferometry for topography measurement

*I. Alekseenko<sup>1</sup>, D. Claus<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad, Russia

<sup>2</sup> Institut fuer Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik, Ulm, Germany

We propose a dual-wavelength digital holographic interferometry method based on a compact dual vertical-cavity surface-emitting laser (VCSEL) source. The source simultaneously emits light from two highly stabilized coherent light sources with slightly different wavelengths. A highly stabilized and adjustable current source enables the application of digital holographic dual-wavelength techniques to measure the shape of an object with height steps of a few millimeters. In addition, the dual-wavelength digital holographic system distinguishes itself by its robustness to environmental disturbances such as air turbulence, heat load, and/or mechanical vibrations.

*Keywords:* Digital holographic interferometry, Optical metrology.