

Цифровая голография для современных промышленных применений

В. М. Петров¹, В. В. Сементин², Д. В. Венедиктов¹, А. П. Погода²

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Современные промышленные применения как, например, 3-D аддитивная печать накладывает жёсткие требования на производительность систем цифрового голографического контроля. В докладе обсуждаются различные варианты цифровой голографии, с учётом требований к вычислительным мощностям.

Ключевые слова: цифровая голография, двухдлинноволновая голография, динамическая голография.

Цитирование: **Петров, В. М.** Цифровая голография для современных промышленных применений / В. М. Петров, В. В. Сементин, Д. В. Венедиктов, А. П. Погода // HOLOEXPO 2021 : XVIII Международная конференция по голографии и прикладным оптическим технологиям : Тезисы докладов. — М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2021. — С. 294–295.

Введение

Голографические системы контроля обеспечивают высокоточное измерение вариаций поверхности различных объектов, в том числе и осциллирующих во времени, что делает их востребованными во многих практических применениях. Современные голографические интерферометры позволяют надёжно измерять пространственные вариации отражающей поверхности вплоть до долей нм [1]. Ситуация существенно меняется, когда необходимо измерить вариации поверхности, заметно превышающие одну длину волны используемого излучения. В этом случае число возникающих интерференционных полос заметно возрастает, что затрудняет цифровую расшифровку интерферограммы. Тем не менее, задачи голографического контроля именно таких поверхностей становятся всё более актуальными. Такие задачи, например, возникают при разработке системы контроля качества поверхности, создаваемой в процессе 3-D аддитивной печати изделий из металлического порошка.

Оценка требований и эксперимент

Использование цифровых голографических систем контроля качества поверхности, создаваемой при периодической послойной аддитивной печати 3-D объекта выдвигает достаточно жёсткие требования. Как правило, площадь исследуемой плоскости может составлять до 10 см², при этом на ней необходимо обнаружить дефект поверхности площадью не более 5 × 10² мкм и глубиной до 25 мкм. Учитывая цикличность работы 3-D принтера, на обработку изображения, поиск дефекта и принятие решения, может отводиться не более единиц секунд, что накладывает очень серьёзные требования к вычислительным мощностям и организации самой процедуры получения цифровой голограммы.

В настоящее время хорошо развиты технологии как голографии, использующей одну длину волны, так и т. н. «двухдлинноволновая голография», использующая две, относительно

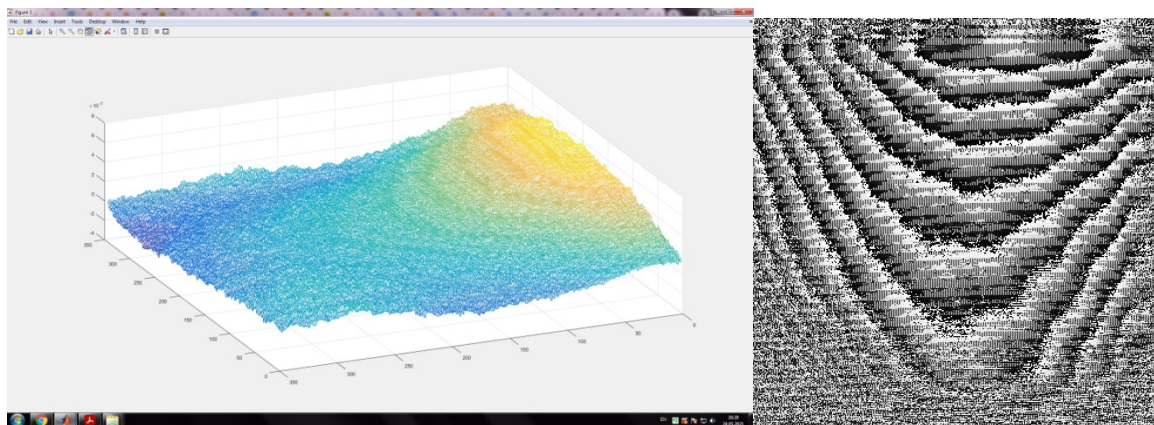


Рис. 1. Пример цифрового восстановления голограммы поверхности с большим перепадом профиля

близко расположенные длины волны. Возможность получения интерференционной картины, с периодом Λ , созданным двумя длинами волн λ_1 и λ_2 , существенно расширяет возможности голографического контроля [2].

$$\Lambda = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1}. \quad (1)$$

Такая методика особенно успешно реализуется при помощи импульсного лазера на основе $\text{LiSrAlF}_6:\text{Cr}$, одновременно обеспечивающего генерацию на двух, близко расположенных длинах волн, например, — на длине волны 828 нм и на длинах волн в диапазоне 830–850 нм.

Другой технологией, которая также существенно повышает качество регистрируемой голограммы, является создание периодической фазовой модуляции в одном из плеч интерферометра [3]. Периодическая фазовая модуляция одного из падающих лучей обеспечивает периодическое перемещение интерференционной картины на частоте модуляции, что позволяет существенно снизить уровень шумов и влияние вибрации, однако, это существенно увеличивает требования к вычислительной мощности используемого компьютера.

Заключение

Нами были проанализированы различные технологии цифровой голографии, которые могут быть использованы для оперативного, т. е. в реальном времени голографического контроля качества поверхности в процессе 3-D аддитивной печати.

Список источников

- [1] Петров, В. М. Адаптивные голографические интерферометры для наномеханики / В. М. Петров. — СПб. : Лань, 2018. — 192 с.
- [2] Wagner, C. [Direct shape measurements by digital wavefront reconstruction and multiwavelength contouring](#) / C. Wagner, W. Osten, S. Seebacher // Optical Engineering. — 2000. — Vol. 39. — № 1. — P. 79–85.
- [3] Petrov, V. M. [Optical detection of the Casimir Force between the macroscopic objects](#) / V. M. Petrov, M. P. Petrov, V. V. Bryksin, J. Petter, T. Tschudi // Optics Letters. — 2006. — Vol. 31. — № 21. — P. 3167–3169.