

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

*ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ  
СИГНАЛОВ, ДАННЫХ И ЗНАНИЙ:  
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА*

Сборник статей

II всероссийской научно-практической конференции

с международным участием

им.В.В. Губарева

*Новосибирск, 11 - 13 декабря, 2018*

Новосибирск 2018

УДК 535.4

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГОЛОГРАММ МЕТОДОМ PSI СО СЛУЧАЙНЫМИ ФАЗОВЫМИ СДВИГАМИ

Гужов В.И., Поздняков Г.А., Серебрякова Е.Е.

*Новосибирский государственный технический университет*

*В этой статье описывается процесс восстановления изображений из голограмм, полученных методом пошагового фазового сдвига (PSI). Показано, что при этом возникает эффект автофокусировки, который не требует точного задания фазовых сдвигов.*

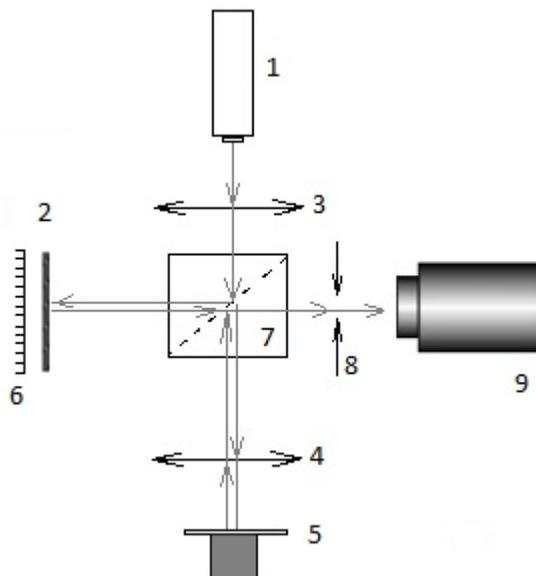
**Ключевые слова:** интерферометрия, цифровая голография, пошаговый фазовый сдвиг, голографические измерительные системы.

Метод пошагового фазового сдвига (phase sampling, phase shifting interferometry - PSI) один из наиболее широко используемых методов получения и расшифровки интерференционных картин. Он состоит в получении серии интерферограмм с заданными фазовыми сдвигами между опорным и объектным пучками [1-4]. Для расшифровки (получения вида объектного фронта) решается система уравнений [5-8]. В этом случае необходимо точное задание фазовых сдвигов. Разработка прецизионных устройств внесения фазовых сдвигов представляет достаточно сложную задачу и требует обеспечения стабилизации оптической установки во время измерений [9].

При восстановлении изображений из голограмм необходимо получить математическую голограмму (комплексный массив амплитуды и фазы) по серии интерференционных картин в плоскости получения голограмм [10]. Интерференция опорного и объектного пучков и формирование голограмм происходит на матрице фотокамеры (Рисунок 1).

Изображение получается применением преобразования Френеля, одним из параметров которого является расстояние, на котором фокусируется изображение [11].

Оказывается, что при использовании случайных фазовых сдвигов изображение фокусируется на этом расстоянии, а эффект задания неправильных сдвигов приводит к появлению артефактов, которые не сказываются на качестве изображений. Этот эффект показан на Рисунке 2.



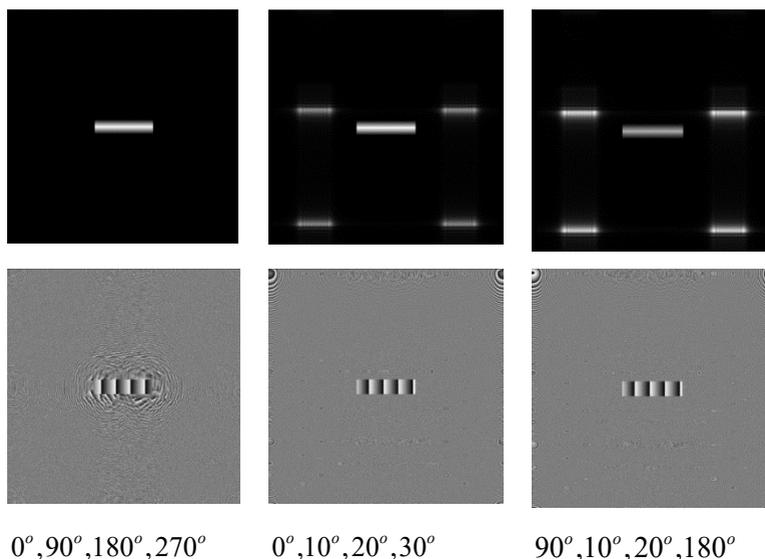
**Рисунок 2 - Схема записи цифровой голограммы (1 –лазер; 2 - объект, 3 -- расширитель пучка, 4 - светофильтр для выравнивания уровня интенсивности, 5 - опорное зеркало, закрепленное на пьезокерамике, 6 – зеркало для юстировки установки; 7 – делитель светового пучка; 8 – диафрагма; 9 – камера).**

При получении интерферограмм использовались фазовые сдвиги, показанные на Рисунке 2, а для расшифровки использовались сдвиги, которые предполагалось получить -  $0^{\circ}$ ,  $90^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$ .

В результате изображение объекта фокусировалось на заданном расстоянии, а задание неправильных сдвигов приводило к расфокусировке артефактов.

Этот эффект впервые был получен экспериментально. Для фиксации интерференционных картин использовалась зеркальная фотокамера Canon EOS 650. Конструктивным элементом зеркальных камер является зеркало, которое в момент фиксации изображения откидывается. При этом возникают случайные вибрации, которые передаются на оптическую схему. Фазовый сдвиг осуществлялся зеркалом, закрепленным на пьезокерамике. При проведении эксперимента питание, которое подавалось на схему перемещения зеркала было отключено. Однако результаты восстановления были не хуже. Оказалось, что случайные вибрации от удара зеркала о корпус фотокамеры задавали случайные сдвиги.

Было проведено компьютерное моделирование, которое подтвердило результаты эксперимента. В настоящее время ведется разработка математического подтверждения этого эффекта.



**Рисунок 2 - Распределение амплитуды и фазы после восстановления из голограммы в плоскости наблюдения при задании неправильных углов сдвига**

Использование случайных фазовых сдвигов позволяет отказаться от прецизионных устройств задания сдвигов, что намного удешевит и упростит схему получения цифровых голограмм.

#### **Литература:**

1. Wyant J.C., Creath K. Recent advances in interferometric optical testing// Laser Focus. - 1985.- V.21.- No.11.- P.118-132.
2. Wyant J.C. Interferometric optical metrology: basic system and principles// Laser Focus. - 1982.- P.65-67.
3. Гужов В.И., Ильиных С.П. Компьютерная интерферометрия: Учеб. пособие. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. - 252с.- (Серия "Учебники НГТУ")
4. Гужов В.И., Ильиных С.П. Оптические измерения. Компьютерная интерферометрия // М.: Изд-во Юрайт.- 2-издание. - 2018. (ISBN: 978-5-534-06855-9) - 258с.

5. Гужов В.И., Ильиных С.П., Хайдуков Д.С., Вагизов А.Р. / Универсальный алгоритм расшифровки. // Научный вестник НГТУ. - 2010. - №4(41) – С. 51-58.

6. Generic algorithm of phase reconstruction in phase-shifting interferometry / Guzhov V., Ilinykh S., Kuznetsov R., Haydukov D.// Optical Engineering, – 2013.-Vol.52(3) – pp. 030501-1 – 030501-2.

7. Ильиных С.П., Гужов В.И. Обобщенный алгоритм расшифровки интерферограмм с пошаговым сдвигом// Автометрия. -2002.- №3. -С.123-126.

8. Pyinykh S.P., Guzhov V.I. A generalized decoding algorithm for interferograms using phase stepping // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2002. No 3. pp. 103-106

9. Гужов В.И., Ильиных С.П., Хайдуков Д.С., Вагизов А.Р. / Устранение ошибок фазового сдвига в интерферометрии // Автометрия. - 2011. - Т. 47, №1. -С. 96-101.

10. Гужов В.И., Ильиных С.П., Хайбулин С.В. / Восстановление фазовой информации на основе методов пошагового фазового сдвига при малых углах между интерферирующими пучками // Автометрия. - 2017. - Т. 53, №3. - С. 101-106.

11. Гужов В.И. Математические методы цифровой голографии.: Учеб.пособие.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017.-80с.

## **RECOVERY OF HOLOGRAMS USING PSI METHOD WITH RANDOM PHASE SHIFTS**

**V.I. Guzhov, G.A. Pozdnjakov, E.E. Serebrjakova**

*Novosibirsk State Technical University*

*This article describes the process of restoring images from holograms obtained by the method of phase shifting interferometry (PSI). It is shown that in this case an effect of autofocusing occurs, which does not require precise setting of phase shifts.*

**Keywords: interferometry, digital holography, phase shifting interferometry, holographic measuring systems.**

УДК 57.087.1

**АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ БИОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ЗЛАКОВЫХ РАСТЕНИЙ ПРИ ОЦЕНКЕ ИХ УСТОЙЧИВОСТИ К ВНЕШНИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**