

## Получение спектральных голографических изображений прозрачных объектов на основе акустооптической фильтрации излучения в интерферометре Маха–Цендера

А. С. Мачихин,<sup>\*</sup> В. Э. Пожар,<sup>†</sup> О. В. Польщикова,<sup>‡</sup> А. Г. Рамазанова<sup>§</sup>  
*Научно-технологический центр уникального приборостроения РАН*  
*Россия, 117342, Москва, ул. Бутлерова, д. 15*

Рассмотрена проблема получения цифровых голографических изображений оптически прозрачных объектов в произвольных спектральных интервалах. Представлена оптическая схема на основе интерферометра Маха–Цендера с акустооптической спектральной фильтрацией широкополосного излучения.

PACS: 42.40.Kw      УДК: 681.787

Ключевые слова: цифровая голографическая микроскопия, многоволновая голография, акустооптическая фильтрация, интерферометр Маха–Цендера.

В настоящее время в биомедицине, научных исследованиях и неразрушающем контроле находит широкое применение цифровая голография (ЦГ) [1]. Ее используют для восстановления микрорельефа, анализа фазовой структуры, выявления внутренних напряжений и решения многих других задач. Цифровая голограмма содержит полную информацию о трехмерном распределении оптического поля объектной волны в виде интерференционных полос, образующихся при ее суперпозиции с известной опорной волной. Поэтому из зарегистрированного цифрового изображения численными методами возможно восстановить информацию об амплитуде и фазе объектной волны.

Многоволновая ЦГ, позволяющая получать набор цифровых голограмм на нескольких длинах волн, дает возможность получать дополнительную информацию об исследуемом объекте за счет спектрального контраста его элементов, обладающих различными физико–химическими свойствами. При этом наибольший интерес представляют методы регистрации спектральных голографических изображений, где перестройка по спектру могла бы осуществляться почти непрерывно в некотором диапазоне длин волн. В настоящей работе представлена схема для получения спектральных цифровых голограмм «на пропускание», которая может быть использована для анализа оптически прозрачных объектов в произвольных узких спектральных интервалах.

В основе реализованной схемы лежит схема интерферометра Маха–Цендера (ИМЦ) (рис. 1). В осветительном канале расположены широкополосный источник света 1, оптическая система для формирования коллимированного светового пучка нужного диаметра 2 и акустооптический (АО) монохроматор изображений, состоящий из двух скрещенных поляризаторов 3, 5 и установленной между ними неколлинеарной АО

ячейки 4. В АО ячейке одна спектральная компонента входящего линейно поляризованного светового пучка, длина волны которой определяется частотой ультразвука, дифрагирует с изменением направления поляризации на ортогональную и отклонением направления распространения, а остальное, недифрагированное излучение задерживается выходным поляризатором 5 монохроматора. После АО монохроматора узкополосное излучение подается на вход ИМЦ, где делится светоделителем 6 на два пучка и направляется в объектное и опорное плечи. В объектном плече ИМЦ, кроме исследуемого объекта 10, располагается система четырех зеркал 7–9, 11, позволяющая менять длину оптического пути излучения в значительных пределах. В опорном плече помимо двух зеркал 12, 13 установлен микрообъектив 14 с точечной диафрагмой (пинхол) 15 в фокальной плоскости, формирующий опорную волну со сферическим волновым фронтом. Волновые фронты двух каналов пространственно совмещаются светоделителем 16, создавая интерференционную картину, регистрируемую матричным приемником излучения 17. Длины оптического пути излучения в объектном и опорном плечах выравниваются посредством прецизионного перемещения двух пар зеркал 8, 9 и 12, 13. Регистрация цифровых голограмм проводится на произвольных длинах волн в диапазоне перестройки АО фильтра, составляющем в собранном макете 740–900 нм. Пространственное разделение информативных 1-го и –1-го и фонового 0-го порядков дифракции осуществляется за счет изменения наклона полупрозрачного зеркала 16.

При вычислении поля объекта в этой схеме обработка зарегистрированного спектрального голографического изображения сводится к обратному преобразованию Фурье зарегистрированной голограммы [2]. На рис. 2 показаны зарегистрированная на длине волны 750 нм цифровая голограмма штриховой миры (рис. 2а) и амплитуда ее преобразования Фурье (рис. 2б). Полученное изображение достаточно точно отображает амплитудную структуру объекта.

<sup>\*</sup>E-mail: aalexanderr@mail.ru

<sup>†</sup>E-mail: v\_pozhar@rambler.ru

<sup>‡</sup>E-mail: polschikova@gmail.com

<sup>§</sup>E-mail: alina.r333@mail.ru

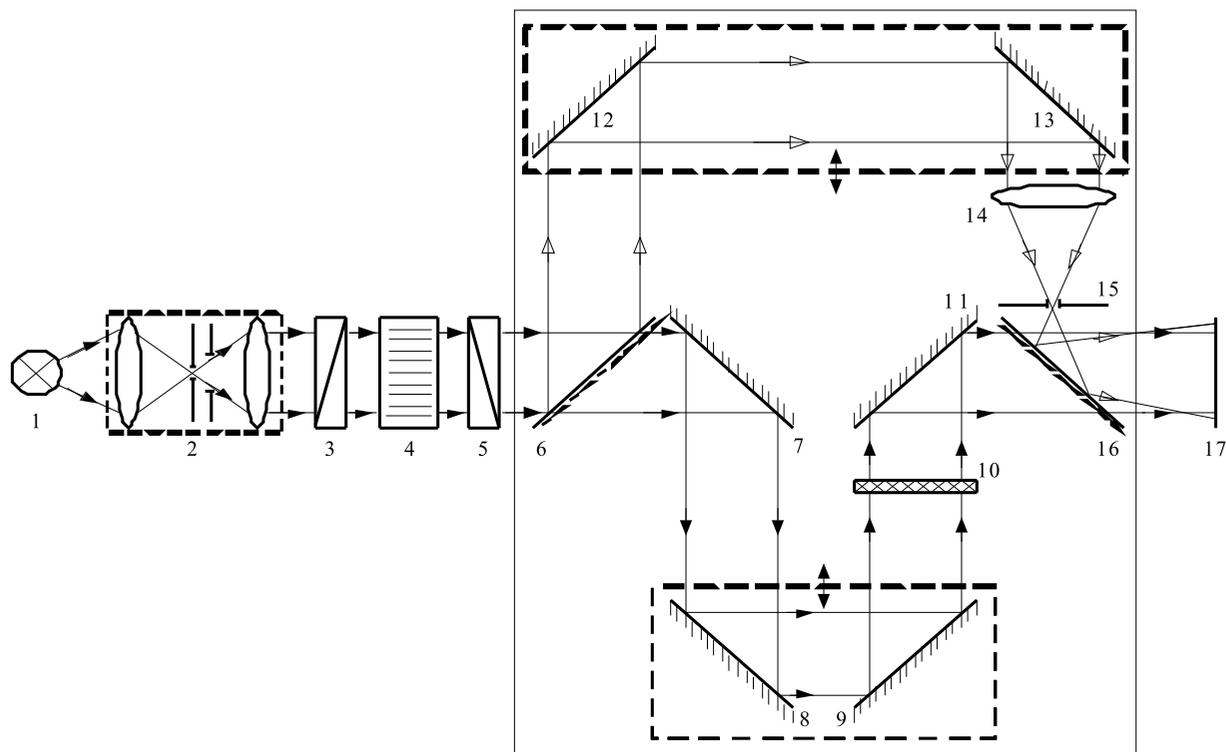


Рис. 1: Оптическая схема макета установки для многоволновой ЦГ. 1 — широкополосный источник света, 2 — коллимирующая система, 3, 5 — скрещенные поляризаторы, 4 — АО ячейка, 6, 16 — полупрозрачные зеркала, 7–9, 11–13 — зеркала, 10 — исследуемый объект, 14 — микрообъектив, 15 — точечная диафрагма, 17 — матричный приемник излучения.

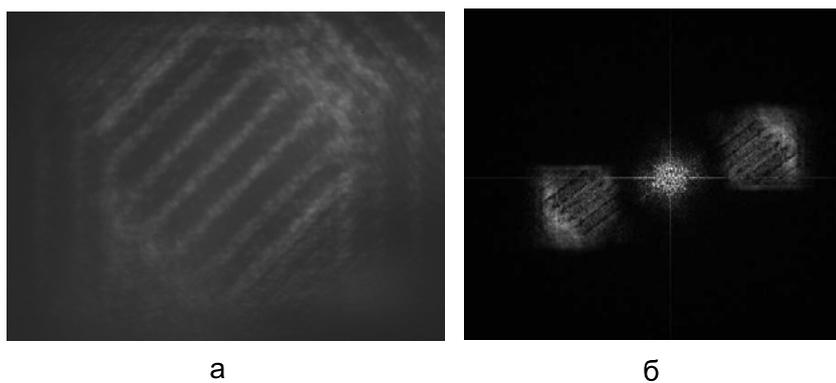


Рис. 2: Зарегистрированное спектральное (750 нм) голографическое изображение штриховой миры (а) и амплитуда восстановленного изображения объекта (б).

Работа выполнена при поддержке грантов Президента МК-4296.2015.8 и РФФИ (13-02-12210, 15-08-08696, 14-00-10420\_Ир).

- [1] *Kim M.K.* Digital holographic microscopy. Principles, techniques and applications. (Springer, 2011).  
 [2] *Picart P., Li J.* Digital holography. (Wiley, 2012).

## Spectral holographic imaging of transparent objects in Mach-Zehnder interferometer with use of acousto-optical tunable filter

A. S. Machikhin<sup>a</sup>, O. V. Pozhar<sup>b</sup>, O. V. Polschikova<sup>c</sup>, A. G. Ramazanova<sup>d</sup>

*Scientific and Technological Center of Unique Instrumentation RAS, Moscow 117342, Russia*  
E-mail: <sup>a</sup>aalexanderr@mail.ru, <sup>b</sup>v\_pozhar@rambler.ru, <sup>c</sup>polschikova@gmail.com, <sup>d</sup>alina.r333@mail.ru

The problem of digital holographic imaging in arbitrary spectral intervals is discussed. Optical scheme based on Mach-Zehnder interferometer with use of acousto-optic filtration of broadband light is presented.

PACS: 42.40.Kw

Keywords: digital holographic microscopy, multiwavelength holography, acousto-optic filtration, Mach-Zehnder interferometer.

Received 27.07.2015.

### Сведения об авторах

1. Мачихин Александр Сергеевич — канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник, тел.: (495) 333-24-31, e-mail: aalexanderr@mail.ru.
2. Пожар Витольд Эдуардович — докт. физ.-мат. наук, заведующий отделом; тел.: (495) 333-24-31, e-mail: v\_pozhar@rambler.ru.
3. Польщикова Ольга Валерьевна — аспирант; тел.: (917) 501-71-37, e-mail: polschikova@gmail.com.
4. Рамазанова Алина Гамзатовна — стажер-исследователь, тел.: (919) 720-64-45, e-mail: alina.r333@mail.ru.