

Исманов Юсупжан Хакимжанович

### **РАДУЖНАЯ ГОЛОГРАФИЯ В ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ**

В статье рассмотрена возможность использования метода бесщелевой радужной голографии для целей голографической интерферометрии. Показано, что при восстановлении радужной голограммы, записанной по бесщелевому методу когерентным излучением, возникает ряд эффектов, которые можно использовать как в голографической интерферометрии реального времени, так и в интерферометрии двойной экспозиции.

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2016/2/10.html](http://www.gramota.net/materials/1/2016/2/10.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

### **Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2016. № 2 (104). С. 57-59. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2016/2/](http://www.gramota.net/materials/1/2016/2/)

### **© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

УДК 535.41:778.38

**Физико-математические науки**

*В статье рассмотрена возможность использования метода бесщелевой радужной голографии для целей голографической интерферометрии. Показано, что при восстановлении радужной голограммы, записанной по бесщелевому методу когерентным излучением, возникает ряд эффектов, которые можно использовать как в голографической интерферометрии реального времени, так и в интерферометрии двойной экспозиции.*

*Ключевые слова и фразы:* бесщелевая радужная голография; внеосевая запись; голограмма; интерферометрия реального времени; интерферометрия двойной экспозиции; фазовый объект.

**Исманов Юсупжан Хакимжанович**, к. физ.-мат. н., доцент  
Кыргызский государственный университет строительства,  
транспорта и архитектуры имени Н. Исанова, г. Бишкек  
i\_yusupjan@mail.ru

**РАДУЖНАЯ ГОЛОГРАФИЯ В ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ**

Появление радужной голографии расширило возможности голографической интерферометрии. Однако при этом имеются следующие недостатки, присущие радужной голографии:

1. используется незначительная часть апертуры предметной волны;
2. использование сложных оптических систем, включающих набор линз и щелей;
3. относительно высокий уровень спекл-шума;
4. неравномерность контраста восстановленного изображения по всему полю.

Преимуществом является то, что интерферограмма наблюдается в белом свете и изображения локализованы вблизи голограммы. Тем не менее, специфика радужной голографии с синтезированной щелью не позволяет применять ее в интерферометрии.

Рассмотрим ряд особенностей голографической интерферометрии прозрачных объектов, которые возникают при использовании голограмм, записанных по бесщелевому методу.

Проанализируем процесс записи методом двух экспозиций голографической интерферограммы прозрачных объектов с показателем преломления [1; 2]:

$$n_j = n_{0j} + n_j^1(x_0, y_0), \quad (1)$$

где  $i = 1, 2$  – последовательность экспозиций,  $n_{0j}$  и  $n_j^1$  характеризуют, соответственно, постоянную и изменяющуюся части показателя преломления среды. Для простоты сначала рассмотрим запись голограммы с помощью плоской предметной волны  $\vec{a}$ , падающей под углом  $\theta$  к оси, и плоской опорной волны  $\vec{A}$ . Тогда, согласно методу Габора, предметную волну, прошедшую через объект, можно представить как

$$\vec{a}_j(x, y) = a_{0j} \exp(i\phi_{0j}) + a_j^1 \exp(i\phi_j), \quad (2)$$

где  $a_{0j}$ ,  $\phi_{0j}$  – амплитуда и фаза когерентного фона (прошедшая волна с нулевой пространственной частотой), величины постоянные по всему сечению пучка;  $a_j^1$ ,  $\phi_j$  – амплитуда и фаза волны с ненулевой пространственной частотой. Для фазового объекта, при изменении его состояния за время между двумя экспозициями, амплитуды составляющих предметной волны не будут изменяться ( $a_{02} = a_{01} = a_0$ ),  $a_1^2 = a_1^1$ , а изменяются лишь их фазы ( $\phi_2 = \phi_1 + \Delta\phi$ ,  $\phi_{02} = \phi_{01} + \Delta\phi_0$ ). Для простоты предположим, что изменение состояния фазового объекта не приводит к изменению его продольного размера, т.е.  $\Delta\phi_0 = 0$ .

При выполнении этих условий суммарная интенсивность света в результате двух экспозиций на фотопластинке:

$$I(x, y) = I_1(x, y) + I_2(x, y) = 2(A^2 + a_0^2 + a_1^2) + 4a_0a_1 \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \cos[\phi_{01} - (\phi_1 + \frac{\Delta\phi}{2})] + 4Aa_1 \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \cos[(\gamma + (\phi_1 + \frac{\Delta\phi}{2}))] + 4Aa_0 \cos(\gamma + \phi_{01}), \quad (3)$$

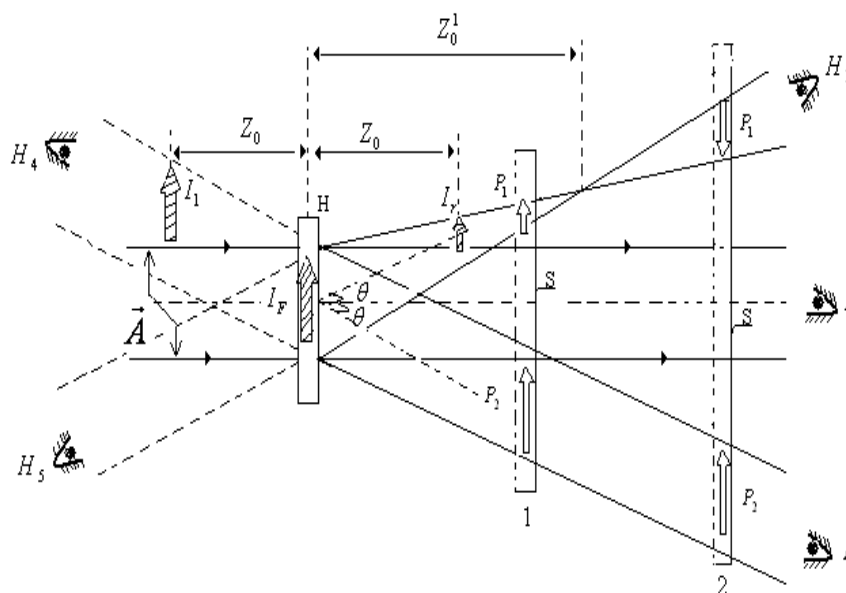
где  $\gamma = 2\pi\alpha x$  – пространственная частота ( $\alpha = \sin \theta / \lambda$ ),  $\lambda$  – длина записывающей волны,  $A^2$  – фоновая засветка,  $a_0^2$  – когерентный фон,  $a_1^2$  – размазанное негативное изображение объекта. В этом выражении присутствуют три интерференционных члена.

Первый член  $4a_0a_1 \cos\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) \cos[\phi_{01} - (\phi_1 + \frac{\Delta\phi}{2})]$  характеризует изменение состояния объекта между двумя экспозициями, и он представляет собой голограмму Габора.

Второй член  $4Aa_1 \cos(\frac{\Delta\phi}{2}) \cos[(\gamma + (\phi_1 + \frac{\Delta\phi}{2}))]$  описывает интерферограмму с пространственной частотой  $\alpha$ , которая соответствует голограмме Френеля.

Третий член  $Aa_0 \cos(\gamma + \phi_{01})$  представляет собой голографическую линзу. Для записи голограммы Габора, а также получения голографической линзы достаточной эффективности требуется, чтобы  $a_{01} \geq a_1$ , что всегда выполняется для фазовых объектов.

При освещении такой голограммы исходным опорным пучком волна за голограммой будет распределяться по трем направлениям: перпендикулярно плоскости голограммы и под углами  $\pm\theta$ . При освещении этой голограммы интерферограммы, соответствующие мнимому  $I_I$ , действительному  $I_r$  и «сфокусированному»  $I_f$  изображениям, наблюдаются под углами  $\pm\theta$  (Рис. 1).



**Рис. 1.** Схема освещения голограммы плоской волной  $\vec{A}$ :  $H$  – голограмма;  
 $I_r, I_I$  и  $I_f$  – соответственно действительное, мнимое и сфокусированное изображения объекта;  
 $P_1$  и  $P_2$  – проекционные изображения объекта;  $S$  – экран; 1, 2 – пространственные положения экрана  $S$

Кроме них, в прямом направлении наблюдается интерферограмма, соответствующая изображению Габора. Здесь также голографическая линза обуславливает перенос интерферограммы, которая является результатом наложения проекционных изображений  $P_1$  и  $P_2$  объекта. Подобные интерферограммы, соответствующие изображениям, которые восстанавливаются в направлениях  $\theta$  и  $-\theta$ , можно наблюдать на экране  $S$ , помещенном на произвольном расстоянии от голограммы на пути распространения волн в направлениях  $\theta$  и  $-\theta$ .

Запись голографических интерферограмм прозрачных объектов методом двух экспозиций проводилась по обычной внеосевой схеме. В качестве фазовых объектов использовали куски оргстекла толщиной 5 мм прямоугольной формы, размером  $6 \times 6$  см. Изменение состояния объекта производилось путем сжатия объекта с помощью гидравлического пресса школьного типа. Расстояние от объекта до голограммы составляло 0,6 м. После соответствующей фотохимической обработки голограмма отбеливалась. При освещении голограммы источником белого света на самой голограмме восстанавливается яркая «сфокусированная» интерферограмма объекта в радужном цвете, которая видна как в отраженном, так и в проходящем свете. Возникновение проекционных изображений  $P_1$  и  $P_2$  при восстановлении голограммы пропускающих объектов может существенно упростить технику регистрации и обработки интерферограмм в голографической интерферометрии прозрачных объектов реального времени. Если одновременно освещать записанную и обработанную на месте голограмму начального состояния объекта исходной опорной волной  $\vec{A}$  и предметной волной  $\vec{a}$  от измененного объекта  $O$ , то за голограммой возникнут четыре волны, распространяющиеся по направлениям 1, 2, 3, 4 (Рис. 2). В направлениях 1 и 4 предметной  $\vec{a}_2$  и опорной  $\vec{A}$  волнами восстанавливаются, соответственно, исходное состояние объекта в плоскостях действительного и мнимого изображений Френеля и проекционные изображения. При необходимости можно использовать также и эту информацию. В направлениях 2 и 3, кроме интерференционных картин, образуемых в плоскостях действительного и мнимого изображений Френеля и Габора, переносятся непрерывно проекции интерференционных картин на всем пути лучей 2 и 3. Эти интерферограммы можно наблюдать на диффузном экране или регистрировать на фотопластинках, помещенных на пути волн 2 и 3.

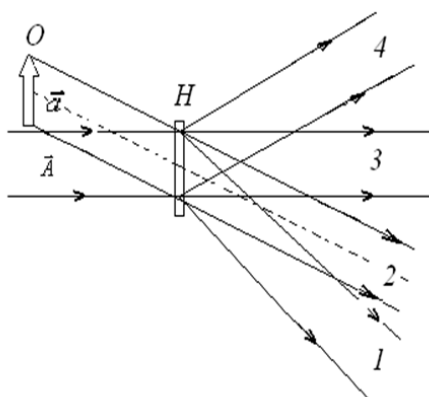


Рис. 2. Схема восстановления интерферограммы прозрачного объекта в реальном времени

В голографической интерферометрии реального времени наиболее целесообразным является использование интерферограмм, соответствующих проекционным изображениям, формируемым волнами 2 и 3, так как отпадает необходимость локализации полос на поверхности объекта и использования специальной оптики для наблюдения и регистрации интерферограмм. Эти особенности позволяют упростить и уменьшить габариты системы записи, съема и обработки интерферограмм прозрачных объектов в реальном времени.

#### Список литературы

1. Исманов Ю. Х., Маринов А. Алгоритм восстановления предметного поля из СВЧ-голограммы // Первая всесоюзная конференция по радиооптике: тезисы докладов. Фрунзе, 1981. С. 40-41.
2. Maripov A., Ismanov Y. The Talbot Effect (a Self-Imaging Phenomenon) in Holography // Journal of Optics. Paris, 1994. Vol. 25. № 1. P. 3-8.

#### RAINBOW HOLOGRAPHY IN INTERFEROMETRY

**Ismanov Yusupzhan Khakimzhanovich**, Ph. D. in Physical-Mathematical Sciences, Associate Professor  
Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov in Bishkek  
i\_yusupjan@mail.ru

The article discusses the possibility of using the method of slitless rainbow holography for the purposes of holographic interferometry. The author shows that the reconstruction of the rainbow hologram recorded by the slitless method with coherent radiation leads to the appearance of a number of effects that can be used both in real-time holographic interferometry and in double-exposure interferometry.

**Key words and phrases:** slitless rainbow holography; off-axis record; hologram; real-time interferometry; double exposure interferometry; phase object.

УДК 517.968

#### Физико-математические науки

*Целью статьи являются нахождение достаточных условий единственности решения и построение регуляризирующего оператора по М. М. Лаврентьеву для линейных интегральных уравнений Вольтерра первого рода на оси. Линейные интегральные уравнения Вольтерра первого рода применяются в различных прикладных задачах, в частности, в задачах сейсмологии. Чтобы достичь поставленной цели, автор сначала построил регуляризирующие операторы по М. М. Лаврентьеву для решения данного интегрального уравнения первого рода, а затем доказал теорему единственности, применив метод, предложенный И. Иманалиевым и А. Асановым.*

**Ключевые слова и фразы:** линейные интегральные уравнения Вольтерра первого рода; регуляризация по М. М. Лаврентьеву; единственность; достаточные условия; задачи сейсмологии.

**Камбарова Айсалкын Даминовна**

Ошский государственный университет, Кыргызстан  
Aisalkyn.Kambarova@mail.ru

#### КЛАСС ЛИНЕЙНЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВОЛЬТЕРРА ПЕРВОГО РОДА НА ОСИ

Рассмотрим уравнение

$$\int_{-\infty}^t K(t,s)u(s)ds = f(t), t \in (-\infty, +\infty), \quad (1)$$

где  $K(t,s)$  и  $f(t)$  — заданные функции,  $u(t)$  — неизвестная функция.