

07

Регистрация селектограмм в толстослойном бихромированном желатине

© Н.М. Ганжерли, И.А. Маурер, Д.Ф. Черных

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург
E-mail: nina.holo@mail.ioffe.ru

Поступило в Редакцию 16 апреля 2006 г.

Приведены результаты экспериментов по регистрации изображений с помощью метода безопорных селектограмм в объемном светочувствительном материале на основе самопроявляющегося, содержащего глицерин бихромированного желатина. Приведена зависимость контраста восстановленного изображения от пространственной частоты.

PACS: 42.40.-i, 42.70.Ln

Ранее Ю.Н. Денисюком был предложен метод получения трехмерных голографических изображений объектов с помощью так называемых безопорных селектограмм [1]. В соответствии с методом объектная волна фильтруется горизонтальной щелью и затем расщепляется на две компоненты с помощью дифракционной решетки, установленной перед объемной светочувствительной средой, в которой регистрируется результат интерференции объектной волны с ее двойником. Восстановление изображения осуществляется с помощью равномерно освещенного диффузора, помещенного в том месте, в котором во время записи селектограммы располагался объект, а сам объект и дифракционная решетка удаляются.

Первоначально метод так называемых псевдоглубоких голограмм [2–4] был использован для проверки возможности записи трехмерных изображений объектов посредством расщепления объектной волны на две компоненты. Создание двойника объектной волны осуществлялось как с помощью одной дифракционной решетки, так и с помощью специального интерферометра, состоящего из двух последовательно установленных решеток. Имитация объемности регистрирующей среды достигалась тем, что запись осуществлялась на наклонно распо-

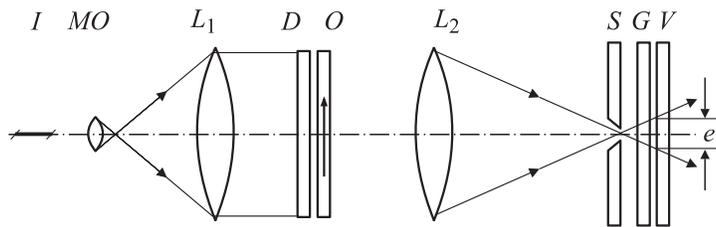


Рис. 1. Оптическая схема регистрации селектограмм в толстослойном бихромованном желатине.

ложенной стандартной голографической фотопластинке ПФГ-03М [5,6]. В объемных регистрирующих средах запись трехмерных изображений объектов с помощью безпорных селектограмм была проведена в материале реоксан [7,8] и в толстослойном гелеобразном бихромованном желатине [9]. Эти эксперименты подтвердили основные принципы метода селектограмм, однако детальный анализ качества изображения не проводился.

В настоящей работе приведены результаты экспериментов по регистрации безпорных селектограмм в объемных слоях самопроявляющегося, содержащего глицерин бихромованного желатина, который, в отличие от вышеупомянутого гелеобразного желатина, характеризуется более высокой чувствительностью и большим временем хранения записанной информации [10,11]. Последний факт дает возможность проводить последующий анализ свойств восстановленных селектограммой изображений.

Нами была использована оптическая схема регистрации селектограмм, которая позволила концентрировать энергию экспонирующего излучения I на малом участке e светочувствительного материала V (см. рис. 1). Плоскую монохроматическую волну, полученную с помощью микрообъектива MO и линзы L_1 , одномерный диффузор D рассеивает в горизонтальном направлении. Свет проходит объект-транспарант O и собирается с помощью линзы L_2 в узкую горизонтальную полосу, которая фильтруется щелью S для того, чтобы исправить искажения, внесенные неоднородностью структуры диффузора. Специальная дифракционная решетка G , расположенная непосредственно перед светочувствительным материалом V , расщепляет объектную волну только

на две компоненты, картина интерференции которых регистрируется в объеме светочувствительного материала. На стадии восстановления изображения объект-транспарант и дифракционная решетка удаляются. При освещении голограммы светом, рассеянным диффузором, мы наблюдаем изображение объекта в направлении дифракционного порядка решетки G .

Регистрация селектограмм осуществлялась излучением гелий-кадмиевого лазера на длине волны 442 nm мощностью 16 mW. В качестве объектов использовались транспаранты, представляющие собой систему регулярных прозрачных и непрозрачных полос различной пространственной частоты и отличающихся разным углом наклона полос относительно вертикали. Селектограммы представляли собой узкие полоски в толще светочувствительного материала размером приблизительно 1×10 mm по поверхности светочувствительного материала. Толщина слоя материала составила порядка 0.15 mm. Ширина щели при записи селектограммы была 0.5 mm. Восстановленные селектограммой изображения с помощью телевизионной камеры на основе ПЗС (прибор с зарядовой связью) матрицы (795×596 элементов) передавались на компьютер, где они обсчитывались. Предварительная обработка изображения с целью повышения контраста или уменьшения шума не производилась.

Введение в схему регистрации селектограммы фильтрующей щели S приводит к анизотропии разрешения в восстановленном изображении. В горизонтальном направлении разрешающая способность восстановленного изображения определяется значением угловой селективности глубокой голограммы, которая в кинематическом приближении при условии малости дифракционной эффективности голограммы определяется следующим выражением [3]:

$$\Delta\alpha = \lambda/2d \operatorname{tg} \alpha/2,$$

где λ — длина волны света, d — толщина слоя светочувствительного материала, α — угол между интерферирующими пучками. Для $\lambda = 442$ nm, $\alpha = 20^\circ$, $d = 0.150$ mm получим $\Delta\alpha$ порядка $30'$. В вертикальном направлении селектограмма работает как камера-обскура и ее угловая разрешающая способность определяется угловым размером ширины щели. При ширине щели 0.5 mm и фокусном расстоянии линзы L_2 , равном 200 mm, угловое разрешение по вертикали $\Delta\beta$ будет равно $40'$. В плоскости восстановленного изображения этим угловым

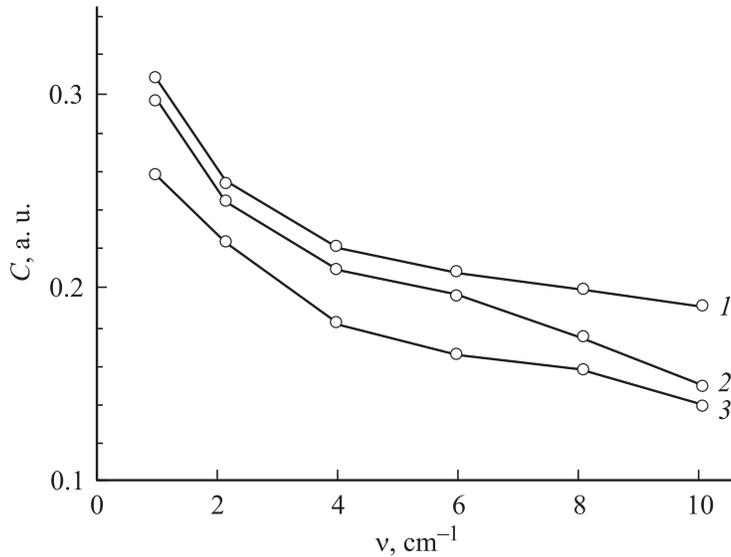


Рис. 2. Контраст C в восстановленном изображении в зависимости от пространственной частоты ν .

разрешениям $\Delta\alpha$ и $\Delta\beta$ будут соответствовать пространственные частоты $\nu_x = 0.6 \text{ mm}^{-1}$ и $\nu_y = 0.4 \text{ mm}^{-1}$.

Получена зависимость контраста в изображении (см. рис. 2) от пространственной частоты для различной ориентации штриха решетки относительно направления щели (кривая 1 — штрих перпендикулярен щели, кривая 2 — штрих ориентирован под углом 45° к направлению щели, кривая 3 — штрих параллелен щели). Фоновая засветка восстанавливающего диффузного излучения приводит к существенному снижению разрешения и падению контраста в восстановленном изображении с ростом пространственной частоты в объекте.

В экспериментах было показано влияние щели S на разрешающую способность восстановленного изображения. При удалении щели разрешение в восстановленном изображении резко ухудшается, что подтверждает фильтрующий эффект щели, являющийся особенностью метода селектограмм.

Таким образом, использование содержащего глицерин бихромированного желатина, характеризующегося большим временем хранения записанной информации и повторяемостью голографических свойств материала, позволило в отличие от однократных экспериментов на материалах реоксан и гелеобразном бихромированном желатине провести оценку качества восстановленного изображения. Подтверждена присутствующая методу селектограмм анизотропия разрешения в изображении.

Работа выполнена при финансовой поддержке Совета по грантам РФ по государственной поддержке ведущих научных школ (грант № НШ-98.2003.2) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 04-02-17593).

Список литературы

- [1] Денисюк Ю.Н. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 2. С. 51–57.
- [2] Денисюк Ю.Н. // Письма в ЖТФ. 1989. Т. 15. В. 8. С. 84–89.
- [3] Денисюк Ю.Н. // ЖТФ. 1990. Т. 60. № 6. С. 59–66.
- [4] Denisjuk Yu.N., Ganzherli N.M. // Opt. Engin. 1992. V. 31. N 4. P. 731–738.
- [5] Ганжерли Н.М. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 8. С. 45–50.
- [6] Ганжерли Н.М., Денисюк Ю.Н. // Опт. и спектр. 1995. Т. 79. № 4. С. 670–674.
- [7] Денисюк Ю.Н., Савостьяненко Н.А. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 7. С. 64–69.
- [8] Denisjuk Yu.N., Savostyanenko N.A. // Opt. Engin. 1996. V. 35. N 2. P. 564–569.
- [9] Денисюк Ю.Н., Ганжерли Н.М., Савостьяненко Н.А. // Опт. и спектр. 1996. Т. 81. № 4. С. 670–675.
- [10] Денисюк Ю.Н., Ганжерли Н.М., И.А. Маурер, Писаревская С.А. // Письма в ЖТФ. 1997. Т. 23. В. 7. С. 62–66.
- [11] Денисюк Ю.Н., Ганжерли Н.М., И.А. Маурер, Писаревская С.А. // Письма в ЖТФ. 1999. Т. 25. В. 5. С. 64–69.