

07;12

Толстослойный глицеринсодержащий бихромированный желатин для записи объемных голограмм

© Ю.Н. Денисюк, Н.М. Ганжерли, И.А. Маурер, С.А. Писаревская

Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, С.-Петербург

Поступило в Редакцию 17 декабря 1996 г.

В работе получен и исследован толстослойный светочувствительный материал на основе содержащего глицерин бихромированного желатина для записи в реальном времени объемных голограмм излучением гелий-кадмиевого лазера на длине волны 0.44 мкм. Слои имеют толщину 400–600 мкм. Голографическая чувствительность материала составляет 1 Дж · см². Максимально достигнутая дифракционная эффективность голограмм, записанных в попутных пучках по симметричной схеме, равна 32%.

Ранее нами был предложен и исследован толстослойный светочувствительный материал на основе гелеобразного бихромированного желатина, предназначенный для регистрации объемных голограмм [1,2]. Достоинством материала можно считать то, что восстановленное изображение возникает непосредственно в процессе записи голограммы, при этом в слоях толщиной порядка 2 мм дифракционная эффективность голограмм, зарегистрированных в попутных пучках по симметричной схеме, может достигать 17–18%. Однако недостаточно высокие значения дифракционной эффективности и ограниченное время хранения информации делают данный материал малоприменимым для ряда практических задач.

В литературе описан другой вид самопроявляющихся слоев бихромированного желатина с добавками глицерина до 93% от веса сухого желатина, имеющих толщину слоя после высыхания порядка 5–10 мкм [3]. Глицерин в таких слоях выполняет роль пластификатора, а также служит для сохранения какого-то количества молекул воды, которые в силу наличия водородных связей и осуществляют процесс проявления. Кроме того, благодаря хорошим электронно-донорным

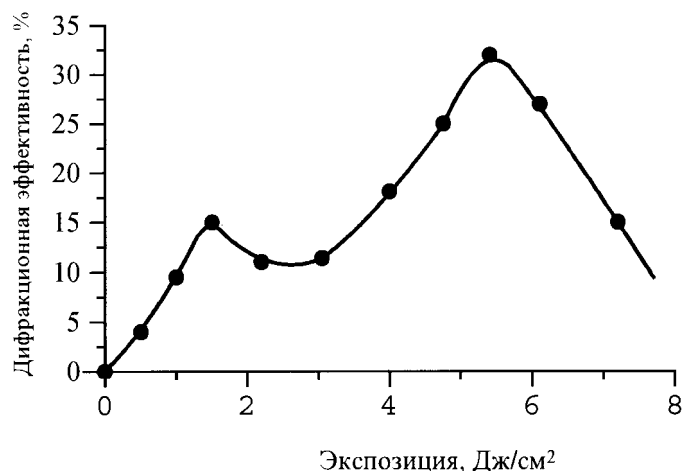


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности голограмм от экспозиции.

свойствам глицерина становится возможной более высокая скорость накопления фотогенерированных ионов Cr(V).

Нами были получены и исследованы самопроявляющиеся глицеринсодержащие слои бихромированного желатина, которые после высыхания имели толщину порядка 400–600 мкм. Технология изготовления слоев мало чем отличалась от технологии полива упомянутых выше тонких слоев. На стеклянную подложку заливался при температуре 40 градусов расплавленный раствор 6-процентного бихромированного желатина, в который добавлялся глицерин в количестве 93% и бихромат аммония в количестве 5% от веса сухого желатина. После студения в холодильнике в течение суток слои далее сохли при комнатной температуре в течение нескольких дней, уменьшаясь в толщине, например, для слоев с первоначальной толщиной 2 мм до 400 мкм.

Основные голографические характеристики слоев определялись посредством регистрации голограмм двух плоских волн, сформированных из излучения гелий-кадмиевого лазера длиной волны 0.44 мкм. Интерферирующие пучки распространялись симметрично относительно нормали к поверхности слоя, угол схождения пучков был равен 14 градусам. Диаметр экспонируемого пятна был 10 мм. Плотность мощности излуче-

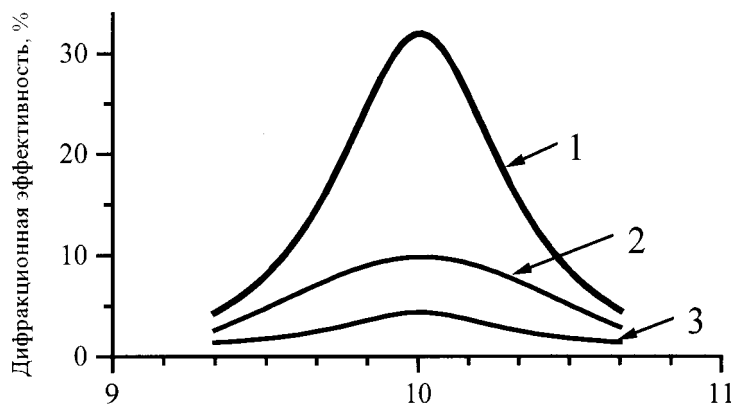


Рис. 2. Зависимость дифракционной эффективности голограмм от угла падения считывающего излучения для различных экспозиций: 1 — 5.4 Дж/см², 2 — 1 Дж/см², 3 — 0.5 Дж/см².

ния в плоскости голограммы была порядка 4 мВт/см². Восстановленная волна возникала в первые же секунды процесса регистрации голограммы. Типичная кривая зависимости дифракционной эффективности от экспозиции представлена на рис. 1. Как видно из рисунка, эта зависимость характеризуется двумя максимумами. Максимальное значение дифракционной эффективности приходится на второй максимум. Для слоев толщиной 0.5 мм значение дифракционной эффективности в этом максимуме достигает 32% при экспозиции 5.4 Дж/см². Учитывая параметры экспонирующего излучения, голографическую чувствительность данного материала можно оценить равной 1 Дж/см², что выше чувствительности описанных нами ранее слоев гелеобразного бихромированного желатина.

Увеличение угла схождения интерферирующих пучков при записи голограммы приводит к снижению величины максимально достигаемой дифракционной эффективности до 21% при угле схождения пучков 20 градусов (пространственная частота $\nu = 790 \text{ мм}^{-1}$), 6% при угле 30 градусов (1180 мм^{-1}) и 2% при угле 40 градусов (1330 мм^{-1}). Если считать значение дифракционной эффективности голограммы, равное 1%, достаточным, то разрешение самопроявляющихся слоев на основе

содержащего глицерин бихромированного желатина можно считать 1200 мм^{-1} .

Также измерялась угловая селективность голограмм, записанных при угле схождения 14 градусов, в зависимости от экспозиции голограмм. Считывание осуществлялось на длине волны $\lambda = 0.63 \text{ мкм}$. На рис. 2 представлена зависимость дифракционной эффективности от угла падения реконструирующего излучения для экспозиции 5.4 Дж/мм^2 (кривая 1), 1 Дж/мм^2 (кривая 2) и 0.5 Дж/мм^2 (кривая 3). Угловая селективность улучшается с увеличением экспозиции и составляет на полувисоте распределения 40 угловых минут для голограммы с максимальной дифракционной эффективностью (кривая 1). Толщина слоя бихромированного желатина, на котором записывались голограммы, составляла 400 мкм. Оценка эффективной толщины слоя, соответствующей угловой селективности 40 мин, по формуле, полученной в работе [4] в приближении, действительном для малых значений дифракционной эффективности, дает величину порядка 150 мкм. Учитывая приближенный характер полученной теоретическим путем оценки эффективной толщины слоя, соответствие теоретической оценки толщины ее реальному значению можно считать удовлетворительным.

Следует отметить, что предлагаемый толстослойный светочувствительный материал наряду со свойством самопроявления скрытого изображения за счет сохранения в высушенном слое желатина молекул воды в комплексах с глицерином также имеет достаточно большое время хранения зарегистрированной на нем голографической информации без заметного уменьшения дифракционной эффективности. В течение времени происходит лишь дальнейшее незначительное уменьшение толщины слоя в силу высыхания. Облучение зарегистрированных голограмм светом ртутной лампы в течение значительного времени также не приводит к каким-либо существенным изменениям голографических характеристик.

Рассматриваемый светочувствительный материал достаточно прост в производстве и дешев. Слои предлагается использовать для записи трехмерных изображений по методу безпорных селектограмм, а также для исследований в области оптической памяти.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 95-02-03887), а также Фонда CRDF (грант R E2-162).

Список литературы

- [1] Денисюк Ю.Н., Ганжерли Н.М., Маурер И.А. // Письма в ЖТФ. 1995. Т. 21. В. 17. С. 51–54.
- [2] Denisyuk Yu.N., Ganzherli N.M., Maurer I.A. // Proc. SPIE. 1995. V. 2688. P. 42–44.
- [3] Sherstyuk V.V., Malov A.N., Maloletov S.M., Kalinkin V.V. // Proc. SPIE. 1989. V. 1238. P. 218–223.
- [4] Денисюк Ю.Н. // ЖТФ. 1990. Т. 60. В. 6. С. 59–66.