

- [7] Warnock J. and Awschalom D. - Appl. Phys. Lett., 1986, v. 48(6), p. 425-427.
- [8] Olbright G.R., Peughambrian N. Appl. Phys. Lett., 1986, v. 48(18), p. 1184-1186.
- [9] Альтшулер Г.Б., Белашенков Н.Р., Галгарский С.В., Иночкин М.В., Красев В.Б. - Тез. докл. 13 Всесоюзн. конф. „Высокоскоростная фотография, фотоника и метрология быстропротекающих процессов“, Москва, ноябрь 1987, с. 87.
- [10] Альтшулер Г.Б., Иночкин М.В. - Оптика и спектроскопия, 1987, т. 63, в. 5, с. 1163-1165.

Поступило в Редакцию  
23 февраля 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 15

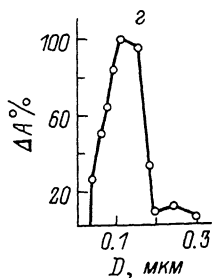
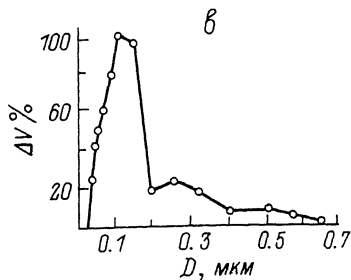
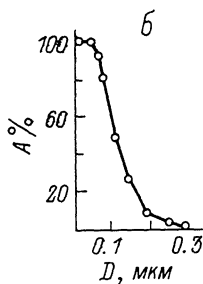
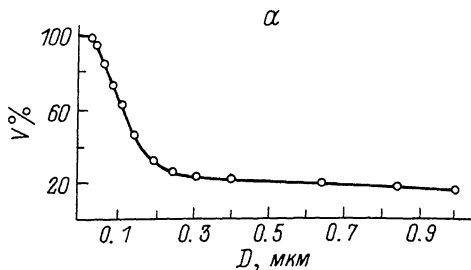
12 августа 1988 г.

## ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

Г.А. С о б о л е в

В работе [1] была экспериментально показана возможность записи голограмм в геле бихромированной желатины и визуализации образующейся при этом структуры на основе регистрации слабого сигнала скрытого голографического изображения. Известно, что гель желатины, образующий остов фотоматериалов, поглощая воду, изменяет свою толщину в несколько раз (до 15 и более) в зависимости от жесткости структуры, pH и присутствия солей. Поскольку сформированные на подложке гелеобразные матрицы могут изменять свою толщину только по оси  $Z$ , практически не изменяя размер в плоскости слоя  $x, y$ , то при набухании и усадке слоя происходит изменение наклона интерференционных полос. При этом голограмма, записанная на встречных пучках, может при разбухании слоя перейти в пропускающую голограмму, и, наоборот, голограмма, снятая на сходящихся пучках, при усадке геля может перейти в отражательную [2]. Очевидно, что таким образом могут быть изготовлены голографические элементы, работающие в инфракрасном или ультрафиолетовом диапазоне, при записи голограмм в видимом диапазоне длин волн на регистрирующие среды, изменяющие свою толщину при обработке [3]. Подобным методом автором были изготовлены псевдоцветные голограммы, а также голографические экраны при записи голограмм одноцветным лазером на регистрирующей среде с разбуханием (например, [4]).

Однако желатина и вода, остающаяся в желатине, имеют значительное затухание вне видимого диапазона длин волн (ниже 300 нм и выше 2000 нм) и на таких слоях нельзя изготовить эффективные



$\alpha$  — зависимость суммарного объема пор  $V\%$  от их диаметра (в мкм); 100% ордината соответствует общему объему пор, в которые проникла ртуть при максимальном приложенном давлении.

$\beta$  — зависимость суммарной поверхности пор от их диаметра; 100% ордината соответствует общей поверхности пор, полученной при максимальном приложенном давлении.

узкополосные фазовые голограммы для инфракрасного и ультрафиолетового диапазона.

Несмотря на большой интерес, который вызывают чисто фазовые отражательные решетки в инфракрасном или ультрафиолетовом диапазоне длин волн, в настоящее время отсутствуют голографические регистрирующие среды и удобные прямые методы записи таких голограмм. Поэтому рассмотрим в развитие работ [1-3] некоторые пути решения этой задачи.

Известно, что набухший в воде гель желатины имеет сильно разреженную пористую структуру, состоящую из каркаса линейного полимера, в ячейках которого находится жидкая фаза. Ксерогель желатины, т.е. высушенный гель, имеет деформированную пористую структуру. Пористую структуру имеют также голограммы, изготовленные на слоях бихромированной желатины. Физическими методами: прецизионной денситометрии, релеевского рассеяния света с использованием лазерного излучения, малоугловой рентгеновской дифракции была изучена микроструктура голографического изображения в слоях бихромированной желатины и показано, что изображение формируется за счет микропустот, возникающих в результате локального задубливания слоя, при этом после технологической обработки голограммы плотность уменьшается на 5-7% [5].

В настоящей работе с помощью метода ртутной порометрии была изучена пористая структура голограммы, записанной на слое бихромированной желатины БХЖ-ВП, изготовленной методом формирования [6]. Голограмма плоской волны была заэкспонирована излучением  $He-Cd$  лазера ( $\lambda = 4416 \text{ \AA}$ ), проявлена и высушена с учетом рекомендации работы [7]. Для усиления пористой структуры при обработке допускалось появление помутнения слоя. Распределение пор исследовалось в диапазоне 0.01-100 мкм.

Методом ртутной порометрии получены следующие параметры:

- общий пенетрационный объем  $V_{\Pi} = 0.3978 \frac{\text{см}^3}{\text{г}}$ ;
- общая поверхность пор  $A_o = 10.7998 \frac{\text{м}^2}{\text{г}}$ ;
- медианное значение диаметра пор (по объему)  $D_M^V = 0.1412 \text{ мкм}$ ;
- медианное значение диаметра (по поверхности)  $D_M^A = 0.1137 \text{ мкм}$ ;
- средний диаметр (цилиндрических) пор  $D_{\gamma} = 4 \frac{V_o}{A_o} = 0.1473 \text{ мкм}$ ;
- капиллярность 7.1227%.

Рисунок (продолжение).

в - зависимость дифференциального объема пор  $\Delta V$  % от их диаметра; 100% ордината соответствует максимальному приращению дифференциального объема пор.

Г - зависимость дифференциальной поверхности пор от их диаметра; 100% ордината соответствует максимальному приращению дифференциальной поверхности пор.

Интересно отметить, что в исследованных образцах голограмм диаметр пор имеет значение порядка  $\frac{\lambda}{2n}$  ( $\lambda = 4416 \text{ \AA}$ ,  $n = 1.5$ ).

На рисунке, а-г приведены экспериментальные кривые для объема и поверхности пор.

Очевидно, что обнаруженная пористая структура будет еще более разрежена в разбухшем геле, когда происходит значительное расширение слоя по толщине. Учитывая, что наиболее адекватной моделью разреженного геля является фрактальный кластер [8], можно предполагать наличие значительного свободного объема (занятого растворителем, а не веществом геля, например желатиной) в такой структуре. Введя в эту разреженную структуру полимер со сравнительно небольшим размером молекул или мономер, а затем проведя сшивку введенного полимера или полимеризацию мономера, можно создать две взаимопроникающие полимерные структуры. Если в желатиновой матрице была уже записана голограмма, то вновь сформированная структура будет нести информацию о голографической записи.

Подобное армирование голограмм может быть осуществлено гелеобразующими неорганическими веществами  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MoO_2$  и другими [8] или иными неорганическими соединениями. Исходная желатиновая голограмма может быть сохранена или удалена, учитывая отличие физико-химических свойств обеих структур. Голографическая информация при этом будет сохранена в новой структуре. Указанные принципы применимы при армировании галогенидосеребряных голограмм за счет наращивания вещества на зернах проявленного изображения. Армированные голограммы могут иметь отличные от исходных голограмм физические и физико-химические свойства (комплексный показатель преломления, оптическую анизотропию, отношение к температуре и влажности и т.п.). Если полученная структура имеет низкие потери в инфракрасном или ультрафиолетовом диапазоне, а изменение толщины в процессе обработки проведено рассмотренным ранее способом [1-4], то можно надеяться на создание фазовых голограмм для этих диапазонов.

Были выполнены модельные эксперименты по синтезу в матрице проявленной голограммы на бихромированной желатине нерастворимой соли  $CaF_2$ , имеющей высокое пропускание в диапазоне 0.2-8 мкм, а также полимерной  $SiO_2$ . При введении армирующего наполнителя иногда наблюдалось формирование поверхностного рельефа голограммы. Особые трудности при создании армированных голограмм связаны с промывкой слоя, удалением первоначальной голограммы, а также высушиванием слоя без нарушения сформированного скелета голограммы. Последнее возможно при сушке слоя при сверхкритических условиях температуры и давления [8].

Приведенные принципы направленной модификации голограмм могут быть полезны при оптимизации ряда их свойств.

- [1] С о б о л е в Г.А. - Письма в ЖТФ, 1987, т. 13, в. 12, с. 723-726.
- [2] С о б о л е в Г.А., С е р о в О.Б., С м о л о в и ч А.М. - Письма в ЖТФ, 1976, т. 2, в. 15, с. 708-710.
- [3] С е р о в О.Б., С м о л о в и ч А.М., С о б о л е в Г.А. - ЖТФ, 1977, т. 47, в. 11, с. 2405-2409.
- [4] К о м а р В.Г., С о б о л е в Г.А. В кн.: Современное состояние и перспективы развития голографии, Л.: Наука, 1974, с. 120-141.
- [5] С о б о л е в Г.А., Б е т е х т и н В.И., Д е м и р - ч а н К.К., К а д о м ц е в А.Г., П е т р о в А.И., Ш е в ч е н к о С.Б. - В кн.: Тезисы докладов У Всесоюзной конференции по голографии, Рига, 1985, 360 с.
- [6] Д е н и с ю к Ю.Н., З а г о р с к а я З.А., Н и ж и н А.М., Ш е в ч е н к о С.Б. - Оптико-механическая промышленность, 1983, № 9, с. 58-59.
- [7] И з м а й л о в а В.Н., С о б о л е в Г.А., С о б о л е в а С.Б., Я м п о л ь с к а я Г.П., Т у л о в с к а я З.Д. - В сб.: Материалы и устройства для регистрации голограмм, Л.: ЛФТИ, 1986, с. 47-67.
- [8] A e r o g e l s Ed., F r i c k e J. Berlin; Heidelberg; New York: Springer Verlag, 1986.

Поступило в Редакцию  
18 марта 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 15

12 августа 1988 г.

РАСТВОРЕНИЕ ЛИНИЙ ВОДОРОДА  
В ХОЛОДНОЙ НЕРАВНОВЕСНОЙ ПЛАЗМЕ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОГО РАЗРЯДА

Е.Т. П р о т а с е в и ч

Известно, что при добавлении в ВЧ-разряд паров воды существует область параметров разряда и среды, при реализации которых получается холодная неравновесная плазма [1-3]. Время распада такой плазмы  $\tau$  в  $\sim 10^4$ - $10^6$  раз повышает время распада плазмы в сухом воздухе [4, 5]. В настоящее время этот экспериментальный результат находится в противоречии с известным фактом, что при добавлении в разряд молекул воды резко возрастает процесс трехтельного прилипания электронов к молекулам кислорода, что инициирует более быстрый распад плазмы [6]. Однако замедление скорости рекомбинации плазмы можно объяснить с помощью