

# ГОЛОГРАФИЯ

УДК 778.38.02: 771.534.13/2

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ГАЛОГЕНИДОСЕРЕБРЯНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ В СИНЕЙ ОБЛАСТИ СПЕКТРА

© 2010 г. Н. Д. Ворзובה\*, канд. техн. наук; Р. В. Рябова\*\*, канд. техн. наук; Е. В. Соколова\*; Н. М. Калинина\*; А. Н. Пономарев\*\*; канд. физ.-мат. наук

\* Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, Санкт-Петербург

\*\* Российский научный центр “Курчатовский институт”, Москва

E-mail: vorzobova@mail.ifmo.ru, rose\_ryabova@mail.ru, kontessa@yandex.ru

Исследованы голографические характеристики промышленных и новых галогенидосеребряных материалов при записи отражательных голограмм в синей области спектра. Определены условия получения дифракционной эффективности выше 50% в промышленных материалах, не сенсibilизированных в синей области, а также условия синтеза эмульсий и оптической сенсibilизации, позволившие увеличить чувствительность до 8 раз относительно промышленных материалов.

*Ключевые слова:* голографические характеристики, галогенидосеребряный материал, оптическая сенсibilизация, дифракционная эффективность, чувствительность.

Коды OCIS: 090.0090, 090.2900

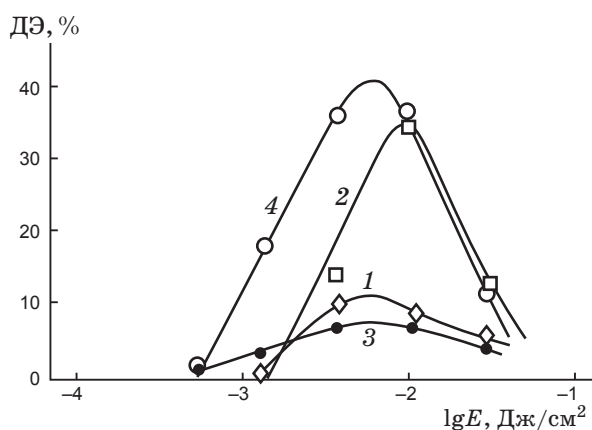
Поступила в редакцию 08.02.2010

Развитие классических направлений голографии (изобразительная техника, голографическая интерферометрия, голографические оптические элементы), а также появление новых направлений (голографическая литография, защитные элементы) определяет необходимость получения высоких голографических параметров при записи в синей области спектра. Регистрирующие среды, применяемые для голографической записи в синей области (слои на основе бихромированного желатина, фоторезисты), не удовлетворяют требованиям к чувствительности, выдвигаемым рядом новых задач. В связи с этим целесообразной является ориентация на галогенидосеребряные материалы, по чувствительности существенно превосходящие несеребряные. Голографические материалы на основе галогенида серебра широко используются для записи в красной и зеленой областях спектра, что в значительной степени связано с наличием промышленно выпускаемых материалов (ОАО “Славич”, г. Переславль-Залесский), сенсibilизированных к этим областям. Целью данной работы являлось исследование характеристик промышленных материалов при голографической записи в синей области спектра, а также разработка

новых материалов с сенсibilизацией к синей области спектра.

Исследование голографических характеристик материалов проводилось при записи отражательных голограмм плоских волн на длине волны 442 нм излучением гелий-кадмиевого лазера ГКЛ-40(И). Для обработки экспонированных материалов использовались процессы, обеспечивающие формирование коллоидного серебра (проявители типа ГП при изменении концентрации роданистого аммония и едкого калия), и процессы с отбеливанием, обеспечивающие перевод галогенида серебра в прозрачные соли [1]. Дифракционная эффективность измерялась на длине волны 633 нм при расширении эмульсионного слоя для обеспечения условия Брэгга.

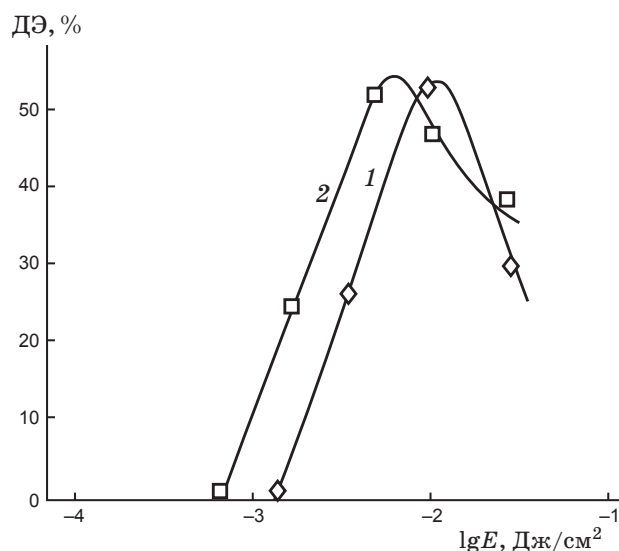
На рис. 1 представлены экспозиционные кривые дифракционной эффективности для материалов ПФГ-03м, сенсibilизированных к красной области спектра, и ПФГ-03ц, сенсibilизированных к красной и зеленой областям, полученные при обработке в проявителе ГП-2 классического состава и оптимизированного состава, в котором концентрации роданистого аммония и едкого калия увеличены в два раза. При обработке в опти-



**Рис. 1.** Экспозиционные кривые дифракционной эффективности (ДЭ) материалов ПФГ-03м (1, 2) и ПФГ-03ц (3, 4). Обработка в проявителе ГП-2 – 20 мин (1, 3), ГП<sub>опт</sub> – 6 мин (2, 4).

мизированном по составу проявителе получены значения дифракционной эффективности более 40%, что достаточно для решения ряда практических задач. Использование проявителей типа ГП имеет преимущество, связанное с малой трудоемкостью процесса обработки, однако, при восстановлении излучением в синей области спектра дифракционная эффективность уменьшается в 2–3 раза вследствие высокого поглощения коллоидного серебра. В связи с этим наибольший интерес представляет процесс с отбеливанием. На рис. 2 приведены экспозиционные кривые дифракционной эффективности промышленных материалов ПФГ-03м и ПФГ-03ц при обработке в проявителе CW C2 с последующим отбеливанием в растворе PBU на основе нитрата железа с амидолом [1]. Получены значения дифракционной эффективности более 50%, соизмеримые с достигаемыми на этих материалах при записи в красной и зеленой областях, но при снижении чувствительности.

С целью увеличения чувствительности в синей области спектра синтезированы новые материалы на основе эмульсии РНЦ “Курчатовский институт”. В связи с тем, что уменьшение длины волны записывающего излучения предъявляет повышенные (в сторону увеличения) требования к разрешающей способности, определяемой размерами светочувствительных кристаллов галогенида серебра, проведена оптимизация условий эмульсификации. Сокращение длительности эмульсификации, использование разбавленных растворов, синтез при высоких значениях рAg, а также введение стабилизатора (*Sta*-соль) позволили получить размеры кристаллов 10–20 нм. С целью сенсibilизации к синей области спектра исследован ряд оптических сенсibilизаторов с полосой поглощения в данной области (таблица). Проведена оптимизация концентрации рабочих растворов и количества



**Рис. 2.** Экспозиционные кривые дифракционной эффективности материалов ПФГ-03м (1) и ПФГ-03ц (2). Обработка в проявителе CW C2 – 3 мин, отбеливатель PBU.

#### Исследованные оптические сенсibilизаторы

Химическое название	Марка	Эмпирическая формула	$\lambda_{\max}$ , нм	$\Delta\lambda$ , нм
2л-диметиламиностирилбензтиазол	МА-30	$C_{17}H_{16}N_2S$	470	400–500
Триэтиламмониевая соль 3,3'-ди-( $\gamma$ -сульфопропил)-5,5'-диметокситиацианинбетаина	6439	$C_{29}H_{41}O_8N_3S_4H_2O$	470	400–500
1,3-диметил-5(3'-метилпирролидинилиден-2'-этилиден)-имидазолидинтион(2)-ОН(4)	1610	$C_{12}H_{17}ON_3S$	460	400–540
3,3'-диэтилтиазолинокарбоцианинийодид/(п-толуолсульфонат)	109	$C_{13}H_{21}N_2S_2I$	470	400–520

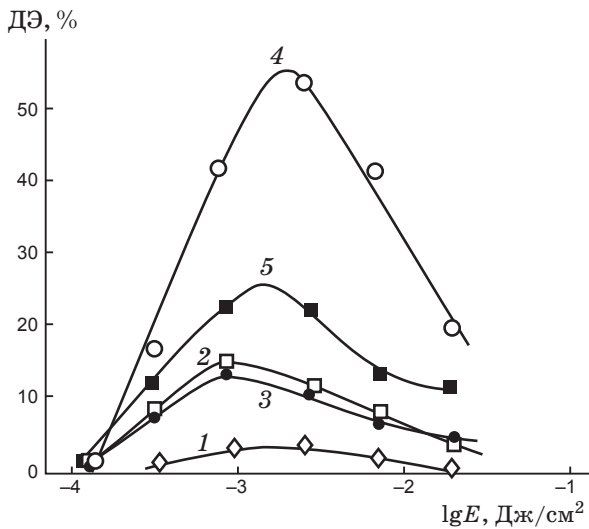


Рис. 3. Экспозиционные кривые дифракционной эффективности новых материалов. Обработка в проявителе ГП-2 – 10 мин (1) и 2 мин (2), ГП<sub>опт</sub> – 3 мин (3), 6 мин (4), 12 мин (5).

вводимого сенсibilизатора для исключения эффекта десенсибилизации. Лучшие результаты получены для сенсibilизаторов МА-30 и 1610 при их введении в следующих количествах: МА-3 – 0,0025 г сенсibilизатора ( $M = 280,38$ ) в виде спиртового раствора на один грамм галогенида серебра, 1610 – 0,006 г сенсibilизатора ( $M = 251$ ) в виде спиртового раствора на один грамм галогенида серебра.

На рис. 3 приведены голографические характеристики новых материалов после обработки в проявителях типа ГП. Видна большая критичность к составу проявителя и длительности проявления. Результаты, полученные в процессе обработки с отбеливанием при переводе галогенида серебра в прозрачные соли, представлены на рис. 4. Для сравнения показан результат, полученный при обработке в проявителе SM-6 с последующим отбеливанием проявленного серебра в растворе на основе нитрата железа. В ре-

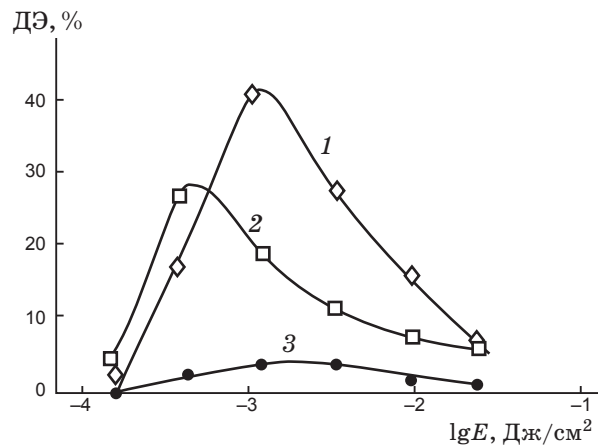


Рис. 4. Экспозиционные кривые дифракционной эффективности новых материалов. Обработка в проявителе CW C2 – 3 мин (1) и 6 мин (2), в проявителе SM-6 – 2 мин и отбеливателе PBU (3).

зультате оптимизации условий синтеза, оптической сенсibilизации и процесса обработки получены значения дифракционной эффективности 40–50% при значительном (до 8 раз) увеличении чувствительности.

Таким образом, в результате исследований определены условия получения высокой дифракционной эффективности при голографической записи в синей области спектра на промышленных галогенидосеребряных материалах, не сенсibilизированных к данной области, и разработаны новые высокочувствительные голографические материалы для синей области.

Работа выполнена при проведении НИР в рамках реализации ФЦП “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2013 гг., ГК П570.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Bjelkhagen H.J. Silver-halide recording materials for holography and their processing. New York: Springer Verlag, 1993. P. 140.