

# ГОЛОГРАФИЯ

УДК 778.38.02: 771.534.13/2

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

© 2010 г. Н. Д. Ворзобова\*, 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 сенсибилизованных в синей области, а также условия синтеза эмульсий и оптической сенсибилизации, позволившие увеличить чувствительность до 8 раз относительно промышленных материалов.

**Ключевые слова:** голографические характеристики, галогенидосеребряный материал, оптическая сенсибилизация, 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), сенсибилизованных к этим областям. Целью данной работы являлось исследование характеристик промышленных материалов при голографической записи в синей области спектра, а также разработка

новых материалов с сенсибилизацией к синей области спектра.

Исследование голографических характеристик материалов проводилось при записи отражательных голограмм плоских волн на длине волны 442 нм излучением гелий-кадмievого 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, сенсибилизованных к красной области спектра, и ПФГ-03ц, сенсибилизованных 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-

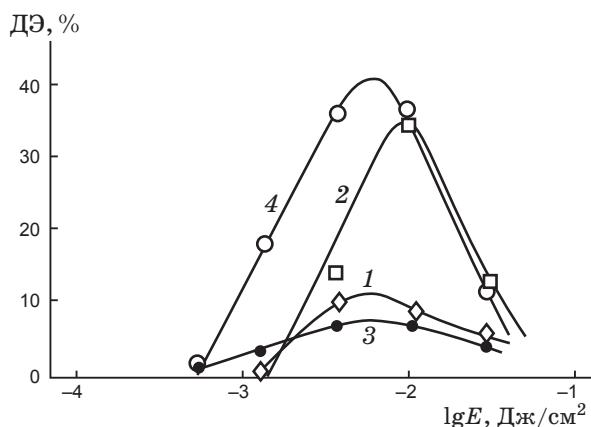


Рис. 1. Экспозиционные кривые дифракционной эффективности (ДЭ) материалов ПФГ-03м (1, 2) и ПФГ-03ц (3, 4). Обработка в проявителе ГП-2 – 20 мин (1, 3), ГП<sub>опт</sub> – 6 мин (2, 4).

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 сенсибилизации к синей области спектра исследован ряд оптических сенсибилизаторов с полосой поглощения в данной области (таблица). Проведена оптимизация концентрации рабочих растворов и количества

мизированном по составу проявителю 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 РВУ на основе нитрата железа с амидолом [1]. Получены значения дифракционной эффективности более 50%, соизмеримые с достижимыми на этих материалах при записи в красной и зеленой областях, но при снижении чувствительности.

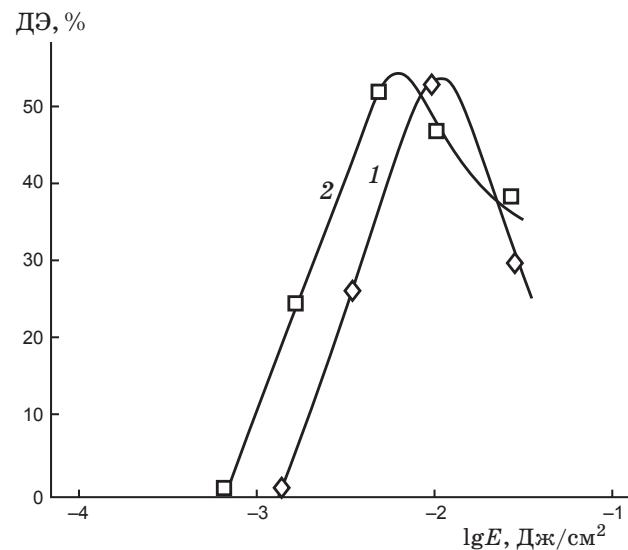
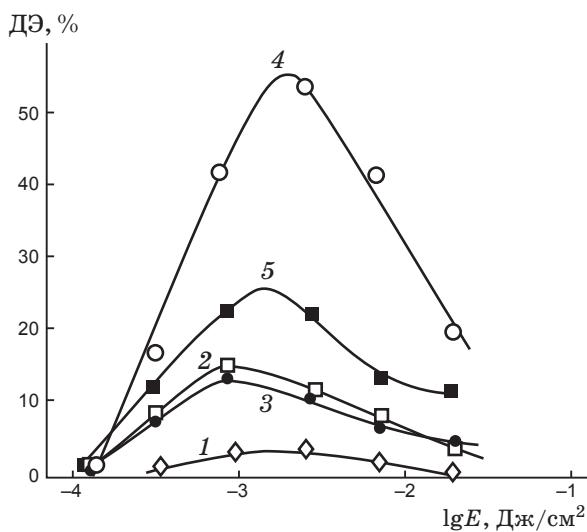


Рис. 2. Экспозиционные кривые дифракционной эффективности материалов ПФГ-03м (1) и ПФГ-03ц (2). Обработка в проявителе CW C2 – 3 мин, отбелыватель РВУ.

#### Исследованные оптические сенсибилизаторы

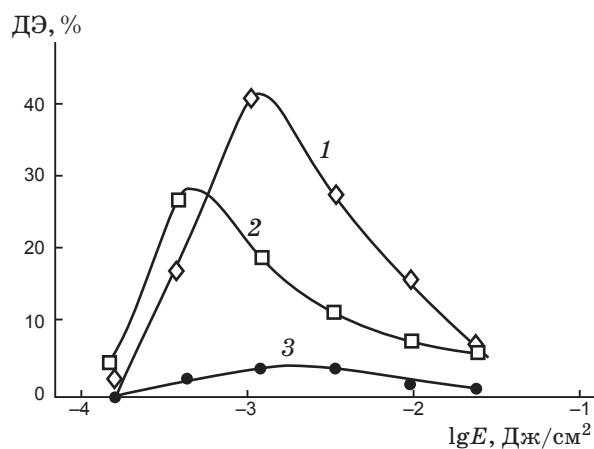
Химическое название	Марка	Эмпирическая формула	$\lambda_{\max}$ , нм	$\Delta\lambda$ , нм
2π-диметиламиностирилбензтиазол	МА-30	C <sub>17</sub> H <sub>16</sub> N <sub>2</sub> S	470	400–500
Триэтиламмониевая соль 3,3'-ди-(γ-сульфопропил)-5,5'-диметокситиацианинбетаина	6439	C <sub>29</sub> H <sub>41</sub> O <sub>8</sub> N <sub>3</sub> S <sub>4</sub> H <sub>2</sub> O	470	400–500
1,3-диметил-5(3'-метилпирролидинилиден-2'-этилиден)-имидализидинтион(2)-ОН(4)	1610	C <sub>12</sub> H <sub>17</sub> ON <sub>3</sub> S	460	400–540
3,3'-диэтилтиазолинокарбоцианийодид/(π-толуолсульфонат)	109	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> N <sub>2</sub> S <sub>2</sub> I	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 сенсибилизатора для исключения эффекта десенсибилизации. Лучшие результаты получены для сенсибилизаторов МА-30 и 1610 при их введении в следующих количествах: МА-3 – 0,0025 г сенсибилизатора ( $M = 280,38$ ) в виде спиртового раствора на один грамм галогенида серебра, 1610 – 0,006 г сенсибилизатора ( $M = 251$ ) в виде спиртового раствора на один грамм галогенида серебра.

На рис. 3 приведены голограммические 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 сенсибилизации 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 голограммической записи в синей области спектра на промышленных галогенидосеребряных материалах, не сенсибилизованных к данной области, и разработаны новые высокочувствительные голограммические 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

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