

07;12

©1994 г.

ГАЛОГЕНИДО-СЕРЕБРЯНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ ЗАПИСИ

Э.С.Гомелаури, Г.А.Какауридзе, Д.В.Лоладзе, В.Г.Шавердова

Институт кибернетики, 380086, Тбилиси
(Поступило в Редакцию 25 октября 1993 г.)

Разработана технология физико-химической обработки промышленных галогенидо-серебряных материалов типа ВР-П, позволяющая существенно увеличить наведенную длинноволновым поляризованным излучением He-Ne лазера анизотропию. Приведены спектральные и экспозиционные характеристики фотоанизотропии. Показана возможность получения поляризационно-голографических дифракционных элементов на данном материале. Обсуждаются возможные механизмы процессов, происходящих в фотоэмульсиях типа ВР-П, при выбранном режиме обработки материала приводящие и увеличению параметров фотоанизотропии.

Обнаруженное Вейгертом явление индуцированного фотодихроизма в слоях галогенида серебра получило дальнейшее развитие с возникновением поляризационной голографии. Из различных сред, используемых в качестве регистрирующего материала для поляризационной голографии, особое место занимают мелкозернистые фотоэмульсии. К их достоинствам следует отнести высокую поляризационную чувствительность, возможность управления величинами фотоанизотропных параметров с помощью специфической физико-химической обработки и стабильность записи. Известно, что одним из условий, приводящих к возникновению фотоанизотропии в эмульсиях галогенида серебра, является наличие в них первичных мелкодисперсных частиц серебра [1]. Увеличение их количества может быть достигнуто несколькими способами: путем облучения слоев коротковолновым неполяризованным светом [2], путем гиперсенсibilизации или термообработки. При гиперсенсibilизации происходит вымывание ионов брома из эмульсии, понижается r_{Ag} , следовательно, увеличивается концентрация ионов серебра [3]. Причем если в обычной фотографии гиперсенсibilизация применяется для повышения фотографической светочувствительности, то в поляризационной фотографии и голографии использование этой процедуры увеличивает также и фотоанизотропную чувствительность материала. Выбор гиперсенсibilизатора представляется весьма существенным. Под влиянием термообработки

одновременно с усилением поляризационной чувствительности происходит смещение максимума анизотропии в сторону длинных волн (с 560 до 750 нм). Это объясняется увеличением количества серебряных частиц (кластеров) эллипсоидальной формы и постепенным перераспределением их по размерам в зависимости от температуры и продолжительности термообработки [4].

Фотоанизотропия в галогенидах серебра ранее была обнаружена в мелкозернистых, сенсibilизированных красителями фотоэмульсиях типов ВРЛ и ПЭ, где наряду с фотодихроизмом было обнаружено и наведенное двулучепреломление. Увеличение поляризационной чувствительности в этих слоях достигалось путем их гиперсенсibilизации и последующей обработки в физических (или сходных с ними по своему проявляющему действию) проявителях [5,6].

В работах [4,7] исследовалось возникновение индуцированной фотоанизотропии в фотоэмульсиях ВР-П, подвергнутых термообработке. Оказалось, что диапазон длин волн, приводящий к возникновению фотоанизотропии, лежит вне области собственной полосы поглощения галогенида серебра и сенсibilизирующего красителя. Поляризационная чувствительность в этих эмульсиях обусловлена анизотропным строением кластеров серебра, которые образуются в процессе синтеза и термообработки фотоэмульсий распадаются под действием поляризованного излучения в соответствии с их пространственной ориентацией селективно.

Целью проведенного нами исследования была выработка оптимальных технологических режимов, позволяющих существенно увеличить возникающую в слоях ВР-П фотоанизотропию. Исследовалось совместное воздействие процедур гиперсенсibilизации (ГС) и термообработки (ТО), включая их последовательность при различных гиперсенсibilизаторах и режимах ТО. В качестве ГС применялись моно-, ди- и триэтанолламины, водные растворы аммиака различной концентрации, содово-аммиачные растворы и пр. Термообработка проводилась в диапазоне температур 60–120° и временах нагрева от 30 мин до 6 ч. Было подобрано несколько технологических режимов, позволяющих максимально выявить возникающую в слоях фотоанизотропию при их поляризованной засветке актиничным светом He-Ne лазера (632.8 нм). Наиболее простым и достаточно эффективным режимом являются ГС в 1.5%-ном водном растворе аммиака, ТО при 100° в течение 1.5 ч. Проявление в 0.3%-ном водном растворе парафенилендиамина. Процедура фиксирования может быть либо опущена, либо проведена в слабокислых фиксажах. Количественные измерения наведенной анизотропии проводились на модернизированном спектрофотометре СФ-10. Разность амплитудных коэффициентов анизотропии поглощения рассчитывается по формуле

$$(n\tau)_x - (n\tau)_y = \Delta(n\tau) = -\frac{\lambda}{4\pi d} \ln \frac{J_0}{J_{90}}.$$

Здесь $\Delta(n\tau)$ — разность амплитудных коэффициентов анизотропии поглощения; J_0, J_{90} — интенсивности света, прошедшего через образец, ориентированный под углами 0 и 90° относительно плоскости поляризации измерительного пучка; λ — длина волны зондирующего света; d — толщина образца.

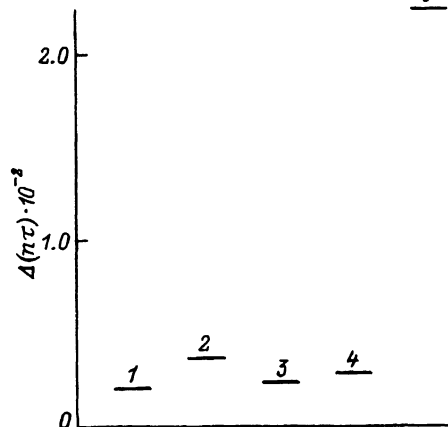


Рис. 1. Сравнительная диаграмма значений разности амплитудных коэффициентов анизотропного поглощения образца $(n\tau)_x - (n\tau)_y = \Delta(n\tau)$ для различных режимов обработки.

На рис. 1 приведена сравнительная диаграмма значений $\Delta(n\tau)$, полученных при следующих режимах: 1 — без какой-либо предварительной обработки, 2 — при ТО образца в течение 1.5 ч при 100 °С, 3 — при ГС в 1.5%-ном водном растворе аммиака, 4 — при ТО с последующей ГС, 5 — при ГС образца с последующей ТО. Все образцы были одинаково проэкспонированы $H \sim 3$ Дж/см² и проявлены в одинаковых условиях — в 0.3%-ном водном растворе парафенилендиамина. Значения $\Delta(n\tau)$ приведены для длины волны зондирующего света 632.8 нм. Из диаграммы видно, что режим ГС с последующей ТО позволяет существенно повысить значения $\Delta(n\tau)$ по сравнению как с эталонным образцом (безо всякой обработки), так и с другими режимами.

На рис. 2 приведена спектральная зависимость разности амплитудных коэффициентов анизотропии поглощения образца, проэкспонированного энергетической экспозицией $H \sim 3$ Дж/см² и обработанного по режиму 5 — ГС с последующей ТО. При этом кривой 1 соответствует $\Delta(n\tau)$ образца, проявленного в 0.3%-ном водном растворе парафенилендиамина, кривой 2 — $\Delta(n\tau)$ идентично проявленного образца с последующим фиксированием в слабокислом фиксаже. Как видно из рисунка, в спектральном распределении анизотропного поглощения наблюдаются плавное нарастание фотоанизотропии, достижение мак-

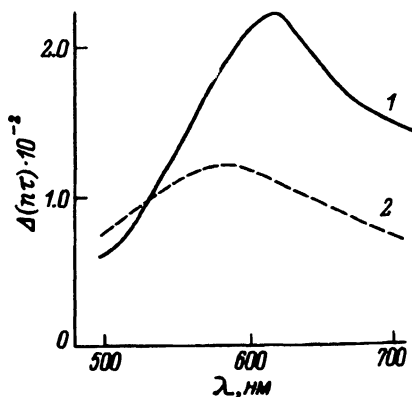


Рис. 2. Спектральная зависимость разности амплитудных коэффициентов анизотропного поглощения образца $\Delta(n\tau) = f(\lambda)$ при обработке в режиме 5.

$H \sim 3$ Дж/см²; 1 — без фиксирования, 2 — с фиксированием.

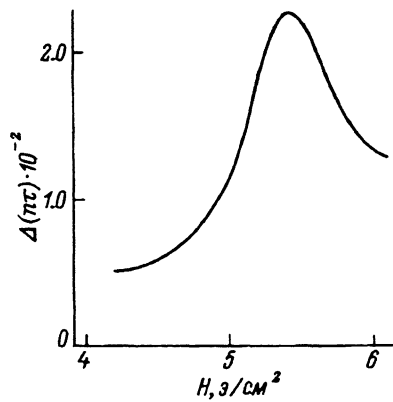


Рис. 3. Экспозиционная зависимость разности амплитудных коэффициентов анизотропного поглощения образца, обработанного по режиму 5 $\Delta(\pi\tau) = f(H)$ для длины волны 632.8 нм.

симула в области 620 нм и далее асимптотический спад. Фиксирование образцов приводит к уменьшению и сдвигу максимума анизотропии в сторону коротких волн на 30 нм. Вместе с тем фиксирование снижает оптическую плотность и повышает стабильность записи. Считывание информации с учетом скалярного поглощения образца возможно проводить в интервале (560–640 нм) [8].

Представляет интерес рассмотрение экспозиционной зависимости наведенной фотоанизотропии. На рис. 3 приведены значения $\Delta(\pi\tau) = f(H)$ в диапазоне энергетических экспозиций 0.1–10 Дж/см² для длины волны He-Ne лазера 632.8 нм. Обращает внимание пологий ход кривой при малых экспозициях, что дает возможность четкой записи информации при экспозиции ~ 0.25 Дж/см².

В качестве примера нами была изготовлена дифракционная решетка анизотропного профиля, полученная при сложении двух плоских волн взаимно ортогональной циркулярной поляризации He-Ne лазера мощностью ~ 20 мВт. После экспонирования в течение 5 с ($H = 0.25$ Дж/см²) и обработке в парафенилендиаминовом проявителе и слабокислом фиксаже полученная решетка имела дифракционную эффективность $\sim 1.2\%$ для длины волны 632.8 нм. Подобные решетки, полученные ранее [9] на фотоанизотропном материале на основе протравного чисто-желтого красителя, имели более высокую дифракционную эффективность, однако для их записи использовалось коротковолновое излучение (325 и 441.6 нм) и требовались значительно большие экспозиции. К достоинствам полученной решетки можно также отнести высокую стабильность записи и возможность неразрушающего считывания любыми длинами волн видимого диапазона. Сравнительно низкая дифракционная эффективность полученной решетки объясняется довольно большой оптической плотностью образцов. Дальнейшие исследования возможности снижения оптической плотности при увеличении (или сохранении) достигнутых значений фотоанизотропных параметров открывают возможность увеличения дифракционной эффективности элементов.

Как видно из вышеизложенного, на фотоанизотропию в галогенидосеребряных материалах типа ВР-II существенным образом влияет последовательность процедур ГС и ГО. Процессы, происходящие при таком воздействии, достаточно сложны, и, на наш взгляд, возможно

следующее объяснение: известно, что при ГС аммиаком происходят удаление избыточных ионов галогена, в частности брома, и образование комплексных солей серебра, диссоциирующих в растворе на соответствующие ионы, которые, будучи неустойчивыми, образуют дополнительное количество ионов серебра, тем самым уменьшая pAg . Последующая ТО приводит к образованию серебряных кластеров различной дисперсности. При этом с наибольшей эффективностью формируются кластеры, близкие по размеру и форме. При поляризованной засветке они благодаря изначальной анизотропии эллипсоидальных частиц серебра формируют скрытое изображение, которое при обработке в специальном проявителе многократно усиливается.

Список литературы

- [1] Weigert P. // Transaction of the Faraday Society. 1938. Vol. 34. Pt 6. P. 927-930.
 - [2] Cameron A.E., Taylor A.M. // J. O. S. A. Vol. 24. P. 316-330.
 - [3] Брейдо И.И., Маркелова А.А. // ЖНиПФиК. 1961. Т. 6. № 1. С. 19-26.
 - [4] Какичашвили Ш.Д., Гомелаури Э.С., Швайцер Я.А. и др. Векторная и трехмерная голография. Тбилиси, 1990. С. 132-135.
 - [5] Какичашвили Ш.Д., Шавердова В.Г. // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. Вып. 5. С. 266-269.
 - [6] Какичашвили Ш.Д., Шавердова В.Г., Ретвиашвили М.Б. // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. Вып. 7. С. 431-434.
 - [7] Какичашвили Ш.Д., Гомелаури Э.С. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по голографии. Рига, 1985. Ч. 2. С. 399.
 - [8] Балабанов А.И., Какауридзе Г.А., Какичашвили Ш.Д. и др. // Опт. и спектр. 1989. Т. 67. Вып. 2. С. 409-412.
 - [9] Какичашвили Ш.Д., Шаталин И.Д. // Тез. докл. Всесоюз. конф. по голографии. Рига, 1985. Ч. 1. С. 101-102.
-