

## Краткие сообщения

07;12

### Фотоанизотропная композиция с расширенным спектральным диапазоном анизотропии

© С.С. Петрова, В.Г. Шавердова

Институт кибернетики АН Грузии,  
380086 Тбилиси, Грузия

(Поступило в Редакцию 4 июля 2003 г.)

Приводятся экспериментальные данные по созданию двух- и трехкомпонентных композиций (смесей красителей в желатиновой и полимерной матрицах), обладающих вейгерт-чувствительностью к действию поляризованного излучения в широком спектральном диапазоне. Показано существенное влияние матрицы на фотоанизотропные свойства полученных композиций.

Как известно, для задач поляризационной голографии необходимо использование сред, приобретающих под воздействием поляризованного света анизотропию — явление, открытое Ф. Вейгертом в 1919 г. [1]. Создавая теорию поляризационной голографии, Ш.Д. Какичашвили показал, что голограммная среда участвует в процессе формирования изображения на равных правах с полем поляризованных волн [2]. Таким образом, имея соответствующую светочувствительную фотоанизотропную среду, можно осуществить запись и воспроизведение всех характеристик электромагнитного поля, включая состояние поляризации. К настоящему моменту известно большое разнообразие светочувствительных сред, в которых под действием поляризованного света возникают фотофизические и фотохимические процессы, приводящие к возникновению в них фотоанизотропии и фотогиротропии. К их числу относятся материалы на основе органических красителей различных классов, введенных в полимерную или желатиновую матрицы [3–6].

В ранее рассматриваемых поляризационно-чувствительных средах на основе органических красителей фотоанизотропное поглощение возникало в сравнительно узком интервале, зависящем от индивидуальных свойств красителя. Известно, что во многих случаях фотохимическое поведение индивидуальных красителей сильно отличаются от свойств красителей в смесях. В спектре поглощения разнородных красителей могут возникать те или иные изменения. Например, уменьшение общей поглощательной способности молекул в ряде случаев сопровождается небольшим смещением максимума полосы поглощения и ее уширение либо появлением новых полос [7].

Естественно было бы предположить, что и фотоанизотропные свойства сред на основе смесей красителей могут отличаться от фотоанизотропных свойств отдельных красителей, входящих в эти смеси. На основе этого были созданы двух- и трехкомпонентные композиции, вейгерт-чувствительные в спектральном диапазоне 400–750 nm.

Двухкомпонентная композиция состоит из протравного желтого азокрасителя, вейгерт-чувствительного к сине-зеленой области спектра, — компонент „А“ и красителя трифенилметановой группы, вейгерт-чувствительного к красному диапазону спектра, — компонент „В“. В трехкомпонентной композиции добавляются красители группы фуксина — компонент „С“, имеющие максимум поглощения в зеленой области спектра. Спектр поглощения фуксина обнаруживает длинноволновой максимум в области 500–550 nm [8].

Протравные желтые азокрасители (ПЖА), составляющие компоненту А, вейгерт-чувствительны к поляризованному излучению в спектральном интервале 325–550 nm. Максимумы спектральной чувствительности у них приходятся на область 420–440 nm. Анизотропия поглощения у ПЖА простирается от 350–510 nm, а фотоиндуцированное двулучепреломление захватывает всю видимую область спектра [9]. Предполагается, что возникновение фотоиндуцированной анизотропии в протравных азокрасителях обусловлено конформационной цис- и транс-изометризацией.

Трифенилметановые красители (ТФМ), составляющие компоненту В, не являются вейгерт-чувствительными, т. е. даже мощная поляризованная засветка актиничным для них излучением He–Ne лазера (632.8 nm) приводит только к изотропному фотовыцветанию облученного участка.

Как было показано в 1976 г., обработка водными растворами бихроматов калия, натрия или аммония желатиновых слоев, окрашенных ТФМ красителями, приводит к резкому возрастанию светочувствительности материала и выявляет способность к ярко выраженной анизотропии [10]. При облучении бихромированной желатины, окрашенной ТФМ красителями, сплошным спектром поляризованного излучения ксеноновой лампы в спектральном диапазоне 400–550 nm возникает изотропное почернение облученного участка, а на участке от 550 nm до границ видимой области спектра — анизотропное изменение цвета. Это объясняется тем, что

за потемнение в области от 400–550 nm ответственна бихромированная желатина (сравнение проводилось на контрольном образце БХЖ без красителя), а оптически наведенная анизотропия вызывается фотохимическими реакциями соединений хрома и активных функциональных групп красителя и желатины [11]. Это обстоятельство приводит к тому, что бихромат оказывает противоположное воздействие на компоненты А и В. „Очувствляя“ компонент В и частично компонент С, он в то же время снижает чувствительность компонента А к поляризованному излучению из коротковолновой области спектра. Так как красители ПЖА входят в композицию в качестве одного из основных, то снижение чувствительности за счет изотропного почернения является крайне нежелательным. Зная, что это почернение вызвано бихромированной желатиной, были проведены дополнительные исследования по использованию других матриц, на которых бихромат не оказывал бы такого воздействия. В результате было выявлено, что матрица на основе поливинилпирролидона (ПВП) оказалась весьма благоприятной для получения многокомпонентной композиции. Сохраняя все положительные свойства компонента В, облучение He–Cd лазером (441.6 nm) не вызывает изотропного почернения. Таким образом, использование в качестве матрицы ПВП позволило получить двух- и трехкомпонентные композиции, вейгерт-чувствительные к излучению основных длин волн: 441.6, 488.0, 514.5, 632.8 nm.

Различие в физико-химических свойствах красителей рассматриваемых классов и в механизмах возникновения в них анизотропии требует создания новых технологических режимов для максимального выявления их фотоанизотропных свойств. Взаимные концентрации красителей, входящих в каждый компонент, подбирались экспериментальным путем, а соотношения компонент в композиции — спектрофотометрически.

На рис. 1 приведены спектральные кривые пропускания двух- и трехкомпонентной композиции. Компонент А — хромовый желтый „К“,  $c = 3.28 \cdot 10^{-2}$  mol/l; компонент С — фуксин,  $c = 1.33 \cdot 10^{-2}$  mol/l; матрица ПВП — 5% весовых, бихромат аммония — 2.5% весовых. На отобранных образцах проводились количественные измерения наведенной анизотропии. С этой целью образцы засвечивались равной экспозицией разных длин волн (рис. 2, 3), что достигалось варьированием времени облучения ( $H \approx 48$  J/cm<sup>2</sup>). Измерение анизотропии проводилось на модифицированном спектрофотометре СФ-10, в каналы сравнения которого были встроены фокусирующие системы и поляризаторы, имеющие возможность ориентироваться параллельно и перпендикулярно относительно плоскости поляризации анализирующего света. Фокусирующие системы служили для уменьшения выходного зрачка измерительного пучка с целью проведения измерения малых участков облученного материала. В процессе засветки и измерения образцы используемого материала помещались в держателе с лимбом, что позволило устанавливать их параллельно, под углом 45° и перпендикулярно поляризации актиничной засветки.

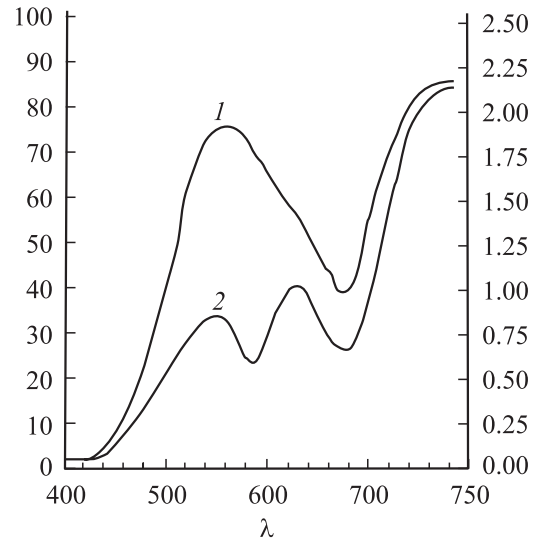


Рис. 1. Спектральные кривые пропускания образцов: 1 — двухкомпонентная композиция, 2 — трехкомпонентная композиция.

Как видно из рис. 2 (кривая 3), засветка He–Ne лазером приводит к появлению анизотропии поглощения во всем видимом спектральном диапазоне. Знак наведенной анизотропии постоянен. Такое распределение анизотропии указывает на то, что композиция реагирует на засветку He–Ne лазером иначе, чем входящий в него компонент В (ТФМ), для которого анизотропия знакопеременна (кривая 4).

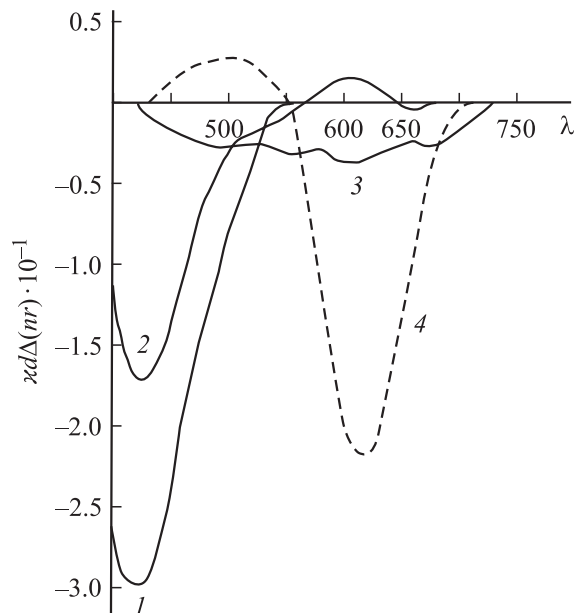
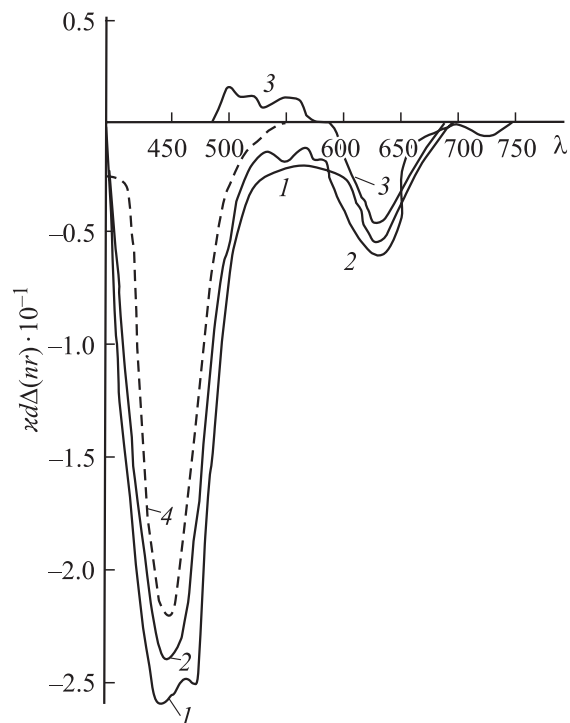


Рис. 2. Спектральное распределение фотоанизотропии в образце с двухкомпонентной композицией при засветке  $\lambda = 441.6$  nm,  $t_1 = 10'$  (1);  $\lambda = 514.5$  nm,  $t_2 = 30''$  (2);  $\lambda = 632.8$  nm,  $t_3 = 15'$  (3); спектральное распределение фотоанизотропии в образце ТФМ (бирюзовый основной) при засветке  $\lambda = 632.8$  nm,  $t_4 = 15'$  (4).



**Рис. 3.** Спектральное распределение фотоанизотропии в образце с трехкомпонентной композицией при засветке  $\lambda = 441.6 \text{ nm}$ ,  $t_1 = 15'$  (1);  $\lambda = 514.5 \text{ nm}$ ,  $t_2 = 30''$  (2);  $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ ,  $t_3 = 30'$  (3); спектральное распределение фотоанизотропии в образце ПЖА (хромовый желтый „К“) при засветке  $\lambda = 441.6 \text{ nm}$ ,  $t_4 = 15'$  (4).

На рис. 3 показано распределение анизотропии поглощения для трехкомпонентной композиции. Спектральный ход фотоанизотропии при засветке He–Cd и Ar лазерами существенно отличается от соответствующих засветок образцов (кривая 4). Фотоанизотропия, возникающая при засветке He–Cd лазером, охватывает всю видимую область спектра, обнаруживая два максимума анизотропии: один — в интервале 420–440 nm и другой длинноволновый максимум — в интервале 620–630 nm, в то время как анизотропия поглощения красителя ПЖА наводится в пределах 350–510 nm. Таким образом, предположение, что фотоанизотропные свойства смесей красителей отличаются от фотоанизотропных свойств индивидуальных красителей, нашло свое подтверждение в созданных нами композициях.

Как видно из рисунков, образцы анизотропны во всей видимой области спектра 400–750 nm и вейгерт-чувствительны к поляризованной засветке разными длинами волн (365–632 nm).

Поскольку многокомпонентные композиции вейгерт-чувствительны в широком спектральном диапазоне, они могут найти применение для задач цветной вейгерт-фотографии, цветной поляризационной голографии, в создании голографических поляризационных элементов нового типа и др.

Нами проводятся работы по созданию новых композиций, включая подбор смесей красителей и полимерных

связующих для придания материалу большей чувствительности.

Поисковые и исследовательские работы в данном направлении продолжаются. Результаты проводимых исследований предполагается обсудить в последующих публикациях.

## Список литературы

- [1] Weigert F. // D. Phys. Ges. 1919. Bd 21. S. 479.
- [2] Какичашивили Ш.Д. Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989. С. 10–11.
- [3] Желтов А.Я., Степанов Б.И., Шавердова В.Г. // ЖПС. 1990. Т. 52. № 2. С. 280–284.
- [4] Shaverdova V.G., Kakauridze G.A., Shvaitzer I.A. / SPIE. Holography 89. Vol. 1183. S. 253–259.
- [5] Шавердова В.Г. // Мащне. 2003. Т. 29. № 1–2. С. 27–29.
- [6] Петрова С.С. // ЖТФ. 2001. Т. 71. Вып. 3. С. 81–83.
- [7] Теренин А.Н. Фотоника молекул красителя. Л.: Наука, 1967. С. 47.
- [8] Винокова Г.Н. Химия красителей. М.: Химия, 1979. С. 152–153.
- [9] Какичашивили Ш.Д., Шавердова В.Г. // Фотохимические процессы регистрации голограмм. Л., 1983. С. 34–40.
- [10] Какичашивили Ш.Д., Шавердова В.Г. // Опт. и спектр. 1976. Т. 41. С. 892–893.
- [11] Никитина Г.Н., Шерстюк В.П., Дипунг И.И., Шавердова В.Г., Какичашивили Ш.Д. // Фундаментальные основы оптической памяти и среды. Л., 1983. Вып. 14. С. 56–61.