

07

© 1990

К ИССЛЕДОВАНИЮ ВЛИЯНИЯ МАТРИЦЫ  
НА ФОТОАНИЗОТРОПИЮ АЗОКРАСИТЕЛЕЙГ.А. К а к а у р и д з е, В.Г. Ш а в е р д о в а,  
Я.А. Ш в а й ц е р, И.Д. Ш а т а л и н

При создании фотоанизотропных материалов (ФАМ) повышение чувствительности к поляризованной засветке [1], а также увеличение максимально достигаемых параметров фотоанизотропии (анизотропного поглощения  $\Delta(n\tau)$  и светоиндуцированного преломления  $\Delta n$ ) представляется чрезвычайно важной задачей. С этой целью были изучены свойства сред на основе ряда органических красителей, введенных в желатиновую матрицу [2, 3]. Экспериментальные исследования показали, что наилучшими как по чувствительности, так и по параметрам  $\Delta(n\tau)$  и  $\Delta n$  в спектральном диапазоне 365–510 нм являются ФАМ на основе протравных желтых азокрасителей, из числа которых особенно следует выделить Протравной чисто-желтый (ПЧЖ) и его синтезированный аналог, названный нами ПЧЖМ [4].

Как было показано ранее [5], возникновение фотоиндуцированной анизотропии в средах на основе азокрасителей происходит вследствие переориентации поглощающего осциллятора, обусловленной конформационными переходами молекул красителя в процессе засветки. При этом матрица, благодаря которой происходит фиксация молекул красителя в том или ином положении, играет исключительно важную роль. В связи с этим, для изучения возможности дальнейшего улучшения характеристик фотоанизотропных материалов, были проведены исследования свойств ФАМ на основе красителей ПЧЖ и ПЧЖМ, введенных в следующие водорастворимые матрицы: желатин, поливиниловый спирт (ПВС), поливинилпирролидон (ПВП) и его аналог – этеродез. Для сопоставимости результатов концентрации ингредиентов и оптическая плотность образцов на длине волны предполагаемой засветки подбирались одинаковыми. После засветки линейно-поляризованным излучением He-Cd лазера ( $\lambda = 441.6$  нм) в диапазоне энергетических экспозиций 0.6–35 Дж/см<sup>2</sup> на модернизированном спектрофотометре СФ-10 проводились измерения пропускания при различных ориентациях образца, помещенного между параллельными поляризаторами. На основе полученных данных по соответствующим формулам [6] были вычислены значения  $\Delta n$  и  $\Delta(n\tau)$  и построены экспозиционные зависимости для длины волны зондирования 632.8 нм, представленные на рис. 1, а. Спектральное распределение фотоанизотропии в протравных желтых азокрасителях таково, что для длин волн, больших 560 нм поглощение, а, следовательно, и его анизотропия, резко

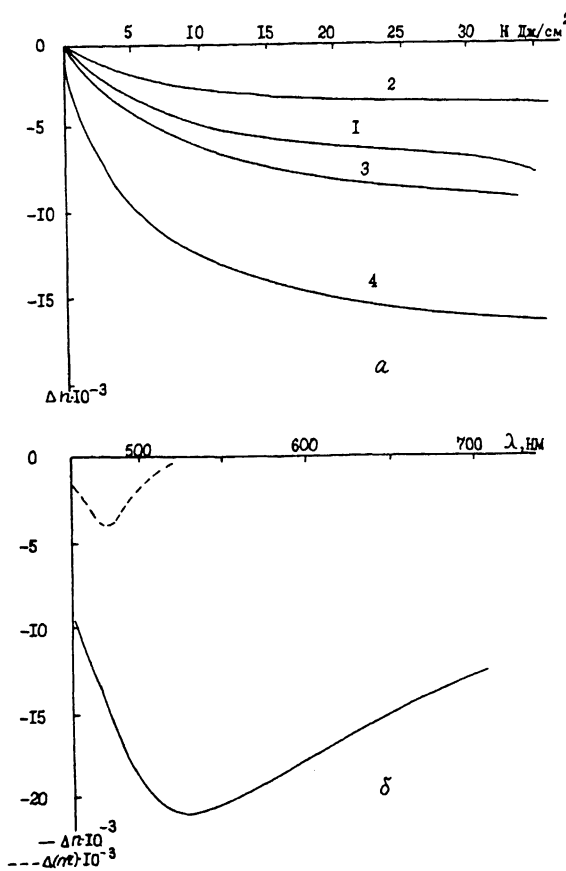


Рис. 1. а) экспозиционная зависимость светоиндуцированного двулучепреломления для длины волны зондирования 632.8 нм. 1 - для желатиновой матрицы, 2 - для матрицы поливинилового спирта, 3 - для матрицы энтеродез, 4 - для матрицы поливинилпирролидон. б) спектральная зависимость двулучепреломления и анизотропного поглощения для красителя ПЧЖМ в ПВП матрице, при  $H=34,6 \text{ Дж/см}^2$ .

уменьшается, в то время как уменьшение двулучепреломления весьма незначительно (рис. 1, б). Это обстоятельство позволяет проводить в этом спектральном диапазоне неразрушающее считывание информации. Как видно из рис. 1, а кривые демонстрируют рост анизотропии с выходом на насыщение. При этом наилучшие

результаты достигаются в среде на основе матрицы ПВП, для которой особенно следует отметить быстрый рост двулучепреломления на начальных участках кривой. К примеру, для достижения величины  $\Delta n = 3 \cdot 10^{-3}$ , для нее требуется экспозиция  $H \approx 0.5$  Дж/см<sup>2</sup>, в то время как для среды на основе желатиновой матрицы такая же величина достигается при экспозициях в 8 раз больших.

Данная кинетика фотоиндуцированной анизотропии может быть описана на основе модельного рассмотрения, в котором светочувствительные комплексы среды аппроксимируются ансамблем квази-макроскопических анизотропных ячеек. Свойства ячеек представляют собой некоторое сочетание свойств собственно светочувствительного центра (молекулы, молекулярного агрегата) и окружающих его полимерных фрагментов (матрицы). Предполагается, что в процессе экспонирования ячейки неоднократно вступают в фотореакцию, в результате которой их ориентация изменяется на фиксированный угол ( $90^\circ$ ) [7]. Зависимость вероятности фотореакции ячейки от ее ориентации по отношению к вектору поляризации воздействующего излучения приводит к тому, что концентрация ячеек в направлениях, близких к ортогональному к этому вектору увеличивается. Это проявляется в виде макроскопически наблюдаемой анизотропии, и в случае двумерных ячеек, расположенных в параллельных плоскостях, фотоиндуцированное комплексное двулучепреломление определяется формулой

$$\Delta n = \frac{1}{2 \ln T} \frac{\alpha_1 - \alpha_2}{\alpha_1 + \alpha_2} \sum_{l=1}^{\infty} \frac{[-(\alpha_1 + \alpha_2) H]^l}{l! l} (T^l - 1) \Delta n'_l.$$

Здесь  $H$  – энергетическая экспозиция,  $T$  – исходное пропускание среды,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – параметры эффективности фотореакции по осям ячейки,  $\Delta n'_l$  – собственное двулучепреломление ячейки. Отметим, что скорость нарастания фотоанизотропии определяется средней эффективностью фотореакции ячейки ( $\alpha_1 + \alpha_2 = 2\alpha_{cp}$ ).

Так как материалы этого типа обладают очень высокой разрешающей способностью, они могут быть использованы для записи поляризационных голограмм. В связи с этим представляет интерес сравнение свойств этих материалов для поляризационно-голографической записи. Были проведены эксперименты с использованием в качестве опорного и объектного право- и левоциркулярно поляризованных пучков. При сложении таких двух пучков проекционная картина суммарной волны в плоскости голограммы представляет собой периодическую картину, соответствующую линейной поляризации с равномерным изменением ориентации результирующего вектора от  $0$  до  $2\pi$  в пределах периода. Таким образом были получены решетки анизотропного профиля с пространственной частотой  $100$  лин/мм. При просвечивании таких решеток циркулярно поляризованным светом наблюдается появление только одного порядка дифракции [8]. Отношение его интенсивности к интенсивности падающего пучка дает значение дифракционной эффективности  $\eta$  по-

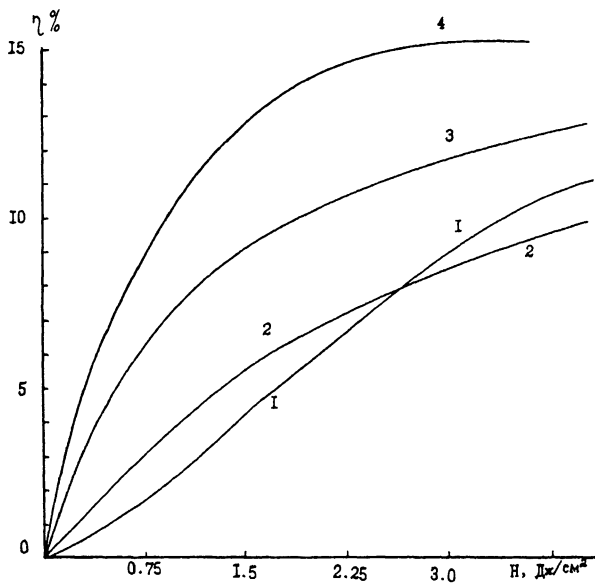


Рис. 2. Экспозиционная зависимость поляризационной дифракционной эффективности для длины волны зондирования 632.8 нм. 1 - для желатиновой матрицы, 2 - для матрицы поливинилового спирта, 3 - для матрицы энтеродез, 4 - для матрицы поливинилпирролидон.

ляризационной голограммы. Ее экспозиционная зависимость является важной характеристикой регистрирующей среды. На рис. 2 представлены зависимости  $\eta = f(H)$  для среды на основе красителя ПЧЖМ в четырех матрицах при  $\lambda_{\text{зонд}} = 632.8$  нм. Как видно из рисунка и в этом случае наиболее быстрый рост дифракционной эффективности на начальных участках имеет место для среды на основе ПВП матрицы. Так, для достижения  $\eta = 1\%$  для среды на основе ПВП требуется в 9 раз меньшая экспозиция, чем для среды на основе желатиновой матрицы.

Таким образом, показано, что ФАМ на основе ПВП матрицы позволяет достигнуть ощутимых значений как  $\Delta n$  так и  $\eta$  при значительно меньших значениях энергетической экспозиции, чем на традиционно применяемой желатиновой матрице. Это может быть обусловлено менее жестким сцеплением молекул красителя с полимерными фрагментами, что облегчает их переориентацию. С другой стороны этот же фактор обуславливает повышенную по сравнению с желатиной темновую релаксацию фотоиндуцированной

анизотропии. Однако применение защитного покрытия, уменьшая влияние атмосферных условий, в частности влажности воздуха, замедляет релаксационные процессы, делая их несущественными.

Авторы благодарят проф. Ш.Д. Какичашвили за внимание и интерес к работе и стимулирующие обсуждения.

### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Балабанов А.И., Какатуридзе Г.А., Какичашвили Ш.Д., Савицкий А.В., Шавердова В.Г., Швайцер Я.А. // Оптика и спектроскопия. 1989. Т. 67. В. 2. С. 409-412.
- [2] Какичашвили Ш.Д. Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989.
- [3] Шавердова В.Г., Степанов Б.И., Желтов А.Я. В кн.: Векторная и трехмерная голография. Тбилиси. 1990. С. 137-141.
- [4] Желтов А.Я., Степанов Б.И., Шавердова В.Г. // ЖПС. 1990. Т. 52. В. 2. С. 280-283.
- [5] Шаталин И.Д. // Оптика и спектроскопия. 1989. Т. 66. В. 2. С. 362-364.
- [6] Какичашвили Ш.Д., Шавердова В.Г. // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. В. 5. С. 266-269.
- [7] Какичашвили Ш.Д., Швайцер Я.А. В кн.: Векторная и трехмерная голография. Тбилиси. 1990. С. 127-132.
- [8] Шаталин И.Д., Какичашвили В.И., Какичашвили Ш.Д. // Письма в ЖТФ. 1987. Т. 13. В. 17. С. 1051-1055.

Институт кибернетики  
АН Грузинской ССР,  
Тбилиси

Поступило в Редакцию  
19 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 24

26 декабря 1990 г.

02; 07

© 1990

### ВЛИЯНИЕ ГРАНИЦЫ ПЛАЗМА-ВАКУУМ НА ИЗЛУЧЕНИЕ ЛАЗЕРОВ БЕЗ ЗЕРКАЛ

М.Я. Амусья, М.Л. Шматов

Показано, что отражение фотонов от границы плазма-вакуум на торцах активной среды, может, при большом коэффициенте усиления, заметно повлиять на излучение инверсных плазменных сред.