

05;06;07;12

Светоиндуцированная анизотропия и гиротропия поляризационно-чувствительных сред

© С.С. Петрова

Институт кибернетики АН Грузии,
380086 Тбилиси, Грузия

(Поступило в Редакцию 13 апреля 2000 г. В окончательной редакции 28 июля 2000 г.)

Приводятся результаты измерения фотоанизотропных и фотогиротропных поляризационно-чувствительных сред, в том числе введенного в желатин протравного чисто-желтого красителя и фотохромного стекла. Исследование поляризационно-чувствительных сред, запоминающих состояние поляризации воздействующего актиничного света в виде светоиндуцированной анизотропии и гиротропии, представляется актуальным в первую очередь с точки зрения использования в поляризационной голографии. Работа имеет цель привлечь внимание к новым результатам явления светоиндуцированной анизотропии и гиротропии, к их исследованию, дальнейшему теоретическому развитию, к поиску новых поляризационно чувствительных сред.

Явление фотоанизотропии, когда под воздействием линейно поляризованного актиничного света в первоначально изотропной среде возникает анизотропия, в 1919 г. открыл Ф. Вейгерт [1]. В 1928 г. аналогичное явление фотогиротропии, возникающей под воздействием актиничного излучения циркулярной поляризации, было обнаружено в системах галогенидов серебра в желатиновой матрице [2].

Как фотоанизотропия, так и фотогиротропия представляют собой проявление изначальных свойств взаимодействия электромагнитного поля и вещества. Действительно, с одной стороны, квант поляризованного излучения анизотропен и обладает спином, с другой стороны, взаимодействующий с излучением материальный центр анизотропен и гиротропичен. В конечном итоге все многообразие явлений взаимодействия света с поглощающей средой должно приводить к продукту реакции, который при макроскопическом наблюдении также проявляет анизотропию и гиротропию. Фотогиротропия и фотоанизотропия в принципе должны в большей или меньшей степени проявляться в любых поглощающих средах и при достаточно низких температурах могут быть зафиксированы на неопределенно долгое время [3–6].

Система сенситометрии фотоанизотропных и фотогиротропных сред может быть определена в форме, сходной с фотографической сенситометрией. Как в фотографической сенситометрии строится характеристическая кривая, так и в поляризационной сенситометрии могут быть построены кривые, устанавливающие зависимость комплексной анизотропии и комплексной гиротропии от энергии и состояния поляризации воздействующего на среду излучения. Измерение этих характеристик подробно описано в [7], где приводятся данные значительного количества фотоанизотропных и фотогиротропных сред.

Спектральный ход светоиндуцированной анизотропии и двулучепреломления для протравного чисто-желтого красителя в зависимости от энергетической засветки

аргоновым лазером ($\lambda = 4880 \text{ \AA}$) при различных длинах волн считывания приведен на рис. 1 [8].

В частном случае изотропной и негиротропной в исходном состоянии трехмерной среды под воздействием актиничного излучения линейной поляризации она становится подобной одноосному кристаллу, проявляющему максимальную и равную анизотропию в двух перпендикулярных сечениях. В третьем сечении, ортогональном направлению колебаний электрического вектора актиничного излучения, среда меняет пропускание, оставаясь изотропной (рис. 2).

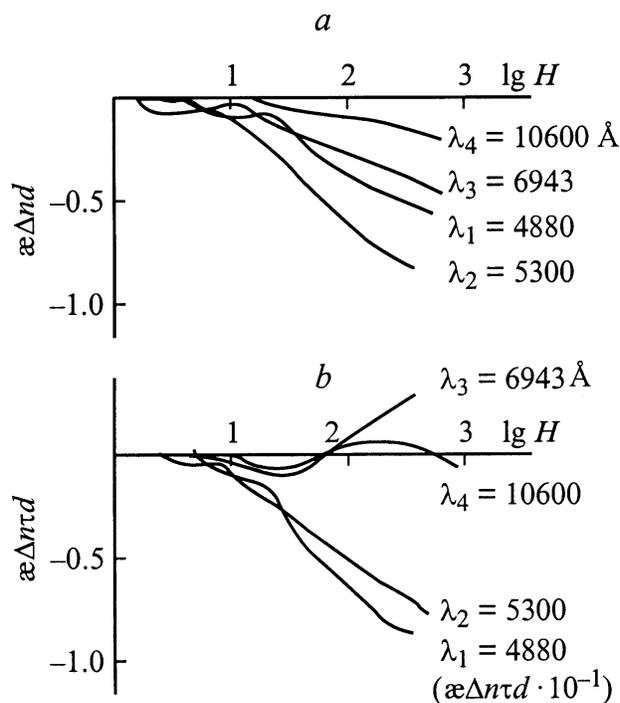


Рис. 1. Энергетические зависимости $\alpha \Delta n d$ (a) $\Delta \kappa n d$ (b) протравного чисто-желтого красителя при актиничной засветке $\lambda = 4880 \text{ \AA}$ и различных длинах волн считывания.

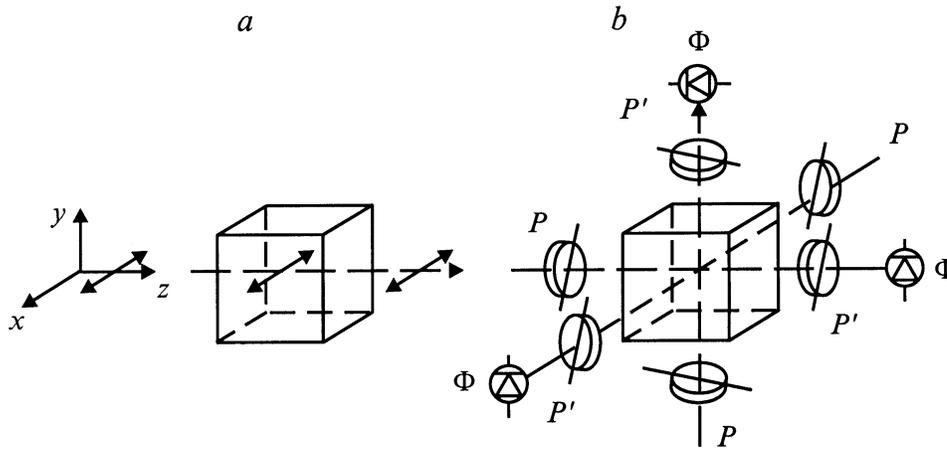


Рис. 2. Схемы засветки (а) и измерения (б) трехмерного фотоанизотропного стекла.

Засветка образцов при изменении фотогиротропии включает одну специфическую особенность. Линейно поляризованный свет от лазеров преобразовывался в циркулярно поляризованный посредством $\lambda/4$ пластины, расширялся линзой и поступал на образец, задняя поверхность которого закрашивалась черной матовой краской для предотвращения искажающего влияния френелевского отражения на светочувствительный слой (рис. 3). Образец помещался в держатель, который имел возможность механического вращения вокруг оптической оси. В течение всего процесса актиничной засветки образец медленно вращался. Эта мера исключала влияние остаточной эллиптичности актиничного излучения, как правило маскирующей вклад чистой гиротропии. После засветки задняя сторона очищалась и на модернизированном дихрографе ДХП-02 измерялся светоиндуцированный круговой дихроизм как функция длины волны считывающего света.

На рис. 4 приводятся зависимости величины кругового дихроизма. Круговой дихроизм образца в исходном незасвеченном состоянии описывается кривой 1. Штриховая кривая — нулевая отметка. На кривой 1 бросается в глаза сильный положительный пик с максимумом на длине волны $\lambda = 2330 \text{ \AA}$, что легко идентифицировать с круговым дихроизмом находящегося в составе желатиновой матрицы белка. Кривая 2 показывает, что на длине волны актиничной засветки круговой дихроизм практически равен нулю. Однако максимумы на длинах волн $\lambda = 4827$ и 3383 \AA положительны, а на $\lambda = 3933 \text{ \AA}$ наблюдается значительный отрицательный максимум. На кривой 3 видны острый положительный максимум на длине волны, близкой к засветке $\lambda = 4917 \text{ \AA}$, и дополнительно максимум на длине волны $\lambda = 3383 \text{ \AA}$. Кривая 4 иллюстрирует наличие также острого положительного максимума на длине волны, близкой к засветке $\lambda = 5145 \text{ \AA}$, также положительного максимума на длине волны $\lambda = 3933 \text{ \AA}$. При засветке образца левоциркулярно поляризованным светом тех же длин волн кривые дихроизма оказываются

зеркально симметричными относительно оси абсцисс, однако при тех же энергиях засветки эффект оказывается несколько меньшим, что свидетельствует о влиянии изначально гиротропной матрицы.

Описанные эффекты представляют интерес в задачах молекулярной оптики и фотохимии, а также в прикладных применениях регистрирующих сред и поляризационной голографии [10,12].

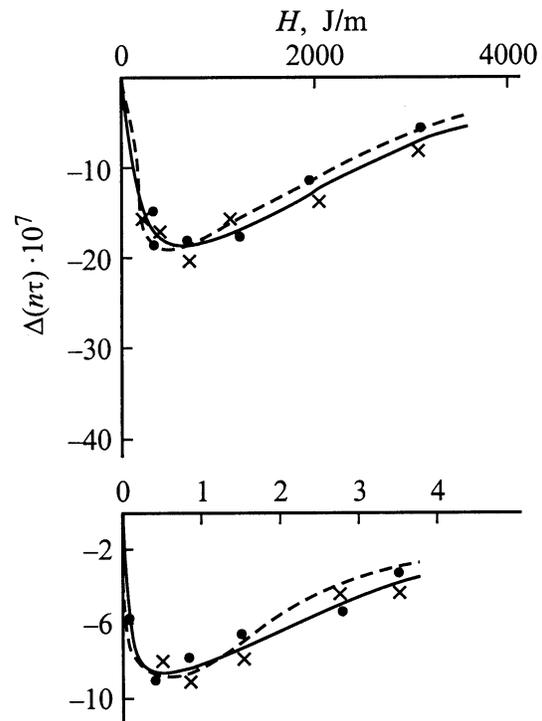


Рис. 3. Зависимости светоиндуцированной анизотропии поглощения от энергетической экспозиции засветки для T -центров ФХС. Точками обозначены экспериментальные значения $\Delta(n\tau)^{(z)}$; крестиками — $[\Delta(n\tau)^{(z)}]_{CP}$; сплошные кривые — экспериментальные зависимости, штриховые — теоретические зависимости [9].

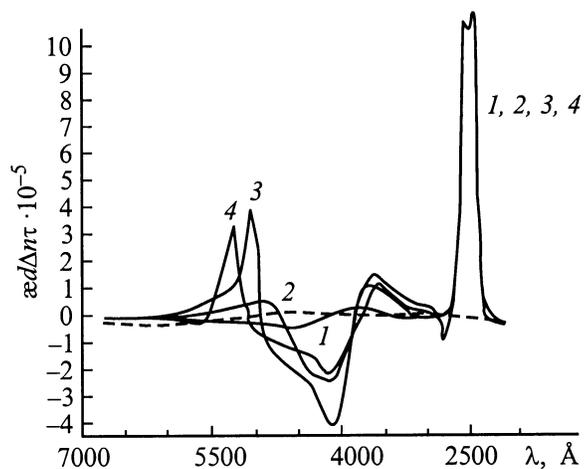


Рис. 4. Зависимость величины кругового дихроизма $\kappa d[(n\tau)_+] = (n\tau)_+$ ($\kappa = 2\pi/\lambda$, d — толщина, n — коэффициент преломления, τ — коэффициент экстинкции) того же образца от длины волны считывания для правой циркуляции поляризации актиничной засветки $\lambda = 4416 \text{ \AA}$, 13 J/m (2); $\lambda = 4880 \text{ \AA}$, 31 J/m (3); $\lambda = 5145 \text{ \AA}$, 15 J/m (4).

Предлагаемая работа имеет целью привлечь внимание к явлениям светоиндуцированной анизотропии и гиротропии, к их исследованию, дальнейшему теоретическому развитию и поиску новых поляризационно чувствительных сред. Последние годы подтвердили, что эти аспекты развиваются недостаточно активно, особенно в их прикладном применении. Одно из чрезвычайно значительных прикладных применений для задач компьютерной памяти может иметь радикальное значение в технологии двадцать первого века.

Автор благодарит Ш.Д. Какичашвили за формулировку задачи и полезные обсуждения.

Список литературы

- [1] Weigert F. // Deutschen Phys. Ges. 1919. Bd 21. S. 479–483.
- [2] Zocher H., Coper K. // Z. Phys. Chem. 1928. Bd 132. S. 313–319.
- [3] Weigert F. // Z. Phys. Chem. 1929. Bd 3. S. 389–404.
- [4] Kondo T. // Wiss. Photogr., Potoph., Potoch. 1932. Bd 31. S. 153–167.
- [5] Какичашвили Ш.Д. // Опт. и спектр. 1987. Т. 63. Вып. 4. С. 911–917.
- [6] Агеев Л.А., Блоха В.Б., Милославский В.К. // Опт. и спектр. 1985. Т. 59. Вып. 6. С. 1247–1280.
- [7] Какичашвили Ш.Д. Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989. С. 29–30.
- [8] Какичашвили Ш.Д. Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989. С. 47.
- [9] Какичашвили Ш.Д., Тарасашвили В.И., Швайцер Я.А. // Опт. и спектр. 1990. Т. 68. Вып. 5. С. 1106–1107.
- [10] Тарасашвили В.И., Какичашвили Ш.Д. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. Вып. 19. С. 13.

[11] Какичашвили Ш.Д. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. Вып. 19. С. 30.

[12] Какичашвили Ш.Д., Петрова С.С. // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. Вып. 22. С. 31–33.