

НОВАЯ МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ВЕКТОРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СРЕД

*С.С.Петрова, Е.Ш.Какчашвили,
В.И.Тарасашвили, А.Л.Пурцеладзе*

Явление фотоанизотропии — возникновения анизотропии в светочувствительных средах под воздействием линейно-поляризованного активничного излучения — было открыто в 1919 г. Ф.Вейгертом [1]. В 1928 г. аналогичное явление фотогиротропии — гиротропии, возникающей под воздействием активничного излучения циркулярной поляризации, — открыли Зохер и Копер [2]. Количественная связь индуцированной таким путем анизотропии и гиротропии с параметрами Стокса индуцирующего света получена в [3,4]. В этих работах для описания векторного фотоотклика среды введены комплексные функции скалярной, анизотропной и гиротропной реакций. Экспериментальное их измерение представляет значительный интерес, в частности, для поляризационной голографии, где эти характеристики среды играют определяющую роль при записи и восстановлении волнового поля по состоянию поляризации [5].

Согласно [3], для двумерной среды, засвеченной эллиптически поляризованным активничным излучением, светоиндуцированные комплексные коэффициенты эллиптического двулучепреломления представляются в виде

$$\hat{n}_{1,2}^2 = \hat{n}_0 + \hat{s}(I_1 + I_2) \pm \sqrt{[\hat{v}_L(I_1 - I_2)]^2 + [\hat{v}_G(I_+ - I_-)]^2}, \quad (1)$$

где $\hat{n}_0 = n_0 - in\tau_0$ — комплексный коэффициент преломления среды в исходном, незасвеченном состоянии (n_0 — коэффициент преломления, τ_0 — коэффициент экстинкции); $\hat{S} = S' + iS''$ — комплексная функция скалярной реакции, обусловившая изотропный отклик среды на действующую интенсивность независимо от ее поляризации; $\hat{v}_L = v'_L + iv''_L$ — комплексная функция анизотропной реакции, обусловившая анизотропный отклик среды на действующую интенсивность линейной поляризации; $\hat{v}_G = v'_G + iv''_G$ — комплексная функция гиротропной реакции, обусловившая гиротропный

отклик среды на действующую интенсивность циркулярной поляризации; $i_1 + I_2$, $I_1 - I_2$ и $I_+ - I_-$ — соответственно первый, второй и четвертый параметры Стокса актиночного, эллиптически-поляризованного излучения.

В предлагаемой работе описана методика измерения спектральной зависимости комплексных функций скалярной и анизотропной реакций среды для тонкослойных поляризационно-чувствительных сред, нанесенных на прозрачную подложку.

Пользуясь определением скалярной и анизотропной реакций, возможно их измерить при засветке среды актиночным светом горизонтальной линейной поляризации. При этом (I) упрощается и реакции выражаются в виде.

$$\hat{S} = \frac{\hat{n}_x^2 + \hat{n}_y^2}{2} - \hat{n}_0^2, \quad \hat{V}_L = \frac{\hat{n}_x^2 - \hat{n}_y^2}{2}. \quad (2)$$

Если, кроме того, применить приближенное выражение $\hat{n}_j^2 - \hat{n}_0^2 \approx 2\hat{n}_0(\hat{n}_j - \hat{n}_0)$, справедливое при $\hat{n}_j - \hat{n}_0 \ll \hat{n}_0$, возможно выразить действительные и мнимые части искомым реакций в удобном для дальнейшего использования виде:

$$\begin{aligned} s' &= n\tau_0 [2n\tau_0 - (n\tau_y) + n\tau_x] - n_0 [(n_0 - n_y) + (n_0 + n_x)], \\ s'' &= n_0 [2n\tau_0 - (n\tau_y + n\tau_x)] + n\tau_0 [(n_0 - n_y) + (n_0 - n_x)], \\ V'_L &= n\tau_0(n\tau_y - n\tau_x) - n_0(n_y - n_x), \\ V''_L &= n_0(n\tau_y - n\tau_x) + n\tau_0(n_y - n_x). \end{aligned} \quad (3)$$

Спектральная зависимость коэффициента преломления n_0 образца в исходном незасвеченном состоянии измеряется нами посредством микроинтерферометра Линника МИИ-10. Для этого исследуемый образец делится на две части. На одной из частей рабочий слой срезается в виде клина под углом 50° от поверхности до подложки посредством чисто заточенного тонкого лезвия. Образец со стороны клинообразного среза вкладывается в иммерсионную камеру прибора и вместе с капелькой иммерсии вводится в контакт с зеркалом (см. описание прибора МИИ-10). В микроскопе интерферометра наблюдается поверхность образца с изогнутыми на клине интерференционными линиями, каждая из которых легко прослеживается от стеклянной подложки до поверхности рабочего слоя. При этом коэффициент преломления слоя вычисляется по формуле

$$n_0 = n_{\text{им}} + \frac{\lambda}{2d} \Delta N, \quad (4)$$

где $n_{\text{им}}$ — коэффициент преломления иммерсии, d — толщина рабочего слоя, ΔN — искривление линий в долях интерференционной полосы соответствующей длины волны. В качестве рабочих использовались длины волн Ar и He-Ne лазеров ($\lambda = 4765, 4880, 5145, 6328 \text{ \AA}$).

Другая часть исследуемого образца помещается в держателе с лимбом и засвечивается линейно-поляризованным актиничным излучением с точной отметкой на лимбе ориентации вектора поляризации засветки. Для получения четкой границы засвеченного участка на поверхность образца фокусировалось изображение освещенной диафрагмы.

Из фигурирующих в (3) величин спектральные зависимости $n\tau_0$, $n\tau_y$, $n\tau_x$ и $|n_y - n_x|$ измеряются посредством модифицированного спектрофотометра СФ-18, в канале сравнения которого встроены фокусирующие системы и ориентированные параллельно плоскости анализирующего света поляроиды. Фокусирующие системы служат для уменьшения изображения выходного зрачка прибора, что позволяет измерять малые участки облученного образца. Засвеченный образец помещается перед поляроидом и может фиксироваться в держателе с лимбом в трех положениях: параллельно, под углом 45° и перпендикулярно плоскости поляризации измерительного луча. При этом используются формулы:

$$n\tau_0 = -\frac{\ln I_0}{2\kappa d}, \quad n\tau_x = -\frac{\ln I_{\parallel}}{2\kappa d}, \quad n\tau_y = -\frac{\ln I_{\perp}}{2\kappa d}; \quad (5)$$

$$|n_y - n_x| = \frac{1}{\kappa d} \arccos \frac{4 \cdot J_{4s} - (I_{\parallel} + I_{\perp})}{2\sqrt{I_{\parallel} I_{\perp}}},$$

где I_0 , I_{\parallel} , I_{45} , I_{\perp} — пропускания образца в незасвеченном состоянии, а также при параллельной, под углом 45° и перпендикулярной ориентациях к поляризации засвечивающего и анализирующего пучков [5].

В основных рабочих формулах (3), кроме перечисленных величин фигурируют также разности $n_0 - n_y$ и $n_0 - n_x$. Эти разности измеряются посредством сконструированного для этой цели интерферометра Бийе [6]. Билинза интерферометра проецирует поверхность засвеченного образца вместе с незасвеченной его областью на видикон телевизионной камеры, которая введена для удобства наблюдения и увеличения точности. Интерференционная картина образуется при двух ориентациях образца относительно линейно-поляризованного анализирующего излучения параллельно и перпендикулярно засветке. При этом на границе засвеченного участка наблюдается сдвиг интерференционной полосы, соответствующий изменению оптического

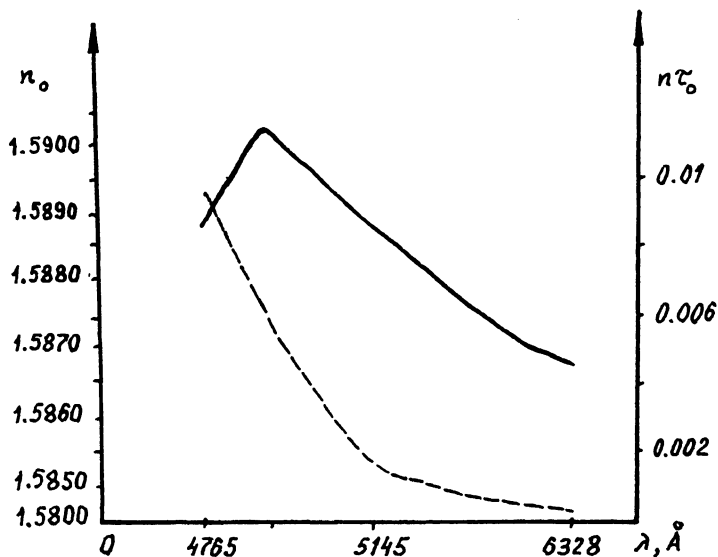


Рис. 1. Спектральный ход действительной n_0 (сплошная кривая) и мнимой $n\tau_0$ (пунктирная кривая) частей комплексного коэффициента преломления модельного образца (в желатиновую матрицу введен протравной азокраситель "протравной чисто-желтый" (ПЧЖ). Толщина слоя $d = 6\mu$).

пути и его знаку, что несет информацию в первом случае о $n_0 - n_x$, а во втором — о $n_0 - n_y$, и может быть вычислен посредством формулы

$$n_0 - n_{x,y} = \frac{\lambda}{d} \Delta N. \quad (6)$$

Здесь ΔN — как и в (4), сдвиг интерференционной картины в долях полосы. Очевидно, что этот же интерферометр позволяет установить знак $(n_y - n_x)$.

В качестве примера на рис. 1 приводятся спектральные зависимости n_0 и $n\tau_0$ для образца с введенным в желатиновую матрицу протравным азокрасителем ПЧЖ [7]. На рис. 2 приводятся спектральные зависимости действительной и мнимой частей скалярной анизотропной реакции для этого образца. Для засветки использовалась линейно-поляризованная волна аргонового лазера $\lambda = 4880 \text{ \AA}$ при трех энергиях.

Методику измерения аналогичной зависимости комплексной фотогиротропной реакции предполагается опубликовать в дальнейшем.

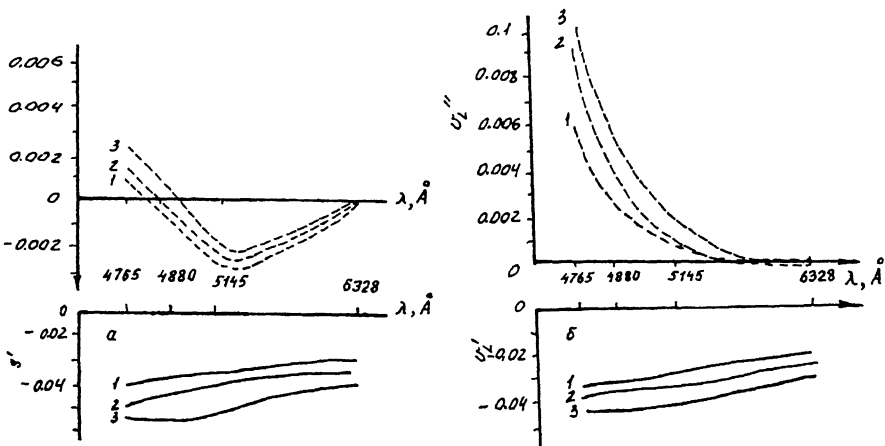


Рис. 2. а — спектральный ход действительной s' и мнимой s'' частей комплексной скалярной реакции модельного образца; б — спектральный ход действительной v_L' и мнимой v_L'' частей комплексной анизотропной реакции модельного образца. Засветка линейной поляризованным светом аргонового лазера ($\lambda = 4880 \text{ \AA}$). Кривые 1, 2, 3 соответствуют энергиям засветок 47, 188 и 754 Дж/см^2 .

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] Какичашвили Ш.Д. // Оптика и спектроскопия. 1982. Т. 52. В. 2. С. 317–321.
- [4] Какичашвили Ш.Д. // Оптика и спектроскопия. 1987. Т. 63. В. 4. С. 911–917.
- [5] Какичашвили Ш.Д. Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989. 142 с.
- [6] Какичашвили Ш.Д., Хелашвили Р.Г. Фотоанизотропные и фотогиротропные явления в конденсированных средах и поляризационная голография. Тбилиси: Мецниереба, 1987. С. 43–46.
- [7] Какичашвили Ш.Д., Шавердова В.Г. // ЖН и ПФиК. 1979. Т. 5. В. 5, С. 342–345.

Институт кибернетики
Тбилиси, Грузия

Поступило в Редакцию
26 января 1994 г.