

07; 12

© 1992

ПОЛЯРИЗАЦИОННАЯ ФОТОГРАФИЯ ПРИ ЧАСТИЧНОЙ
ПОЛЯРИЗАЦИИ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ (фотополяриметрия)

З.В. В а р д о с а н и д з е

Поляризационная чувствительность фотоматериалов дает возможность на носителе зафиксировать информацию о поляризационном состоянии светового поля. Использование поляризационно-чувствительных сред в фотографических целях открывает большие перспективы для исследования различных объектов по состоянию поляризации данного ими света, так как излучение объектов, а также рассеянный ими свет практически всегда частично поляризован [1]. Фиксирование изображений подобных объектов на поляризационно чувствительном материале позволяет непосредственно получить полную картину распределения состояния поляризации по поверхности объекта.

В предлагаемой работе экспериментально исследована поляризационная чувствительность диазокрасителя „протравной чисто желтый (ПЧЖ)” к частично поляризованному свету. Построены кривые зависимости светоиндуцированного двулучепреломления и дихроизма от степени поляризации активничного светового излучения; получены поляризационные фотографии некоторых объектов, дающих частично поляризованный свет.

Как отмечалось, в качестве поляризационно чувствительного материала использовался введенный в желатиновую матрицу диазокраситель „протравной чисто желтый (ПЧЖ)”, обладающий сильной фотоанизотропной реакцией [2]. Источником активничного излучения служил He-Cd лазер, генерирующий неполяризованное излучение на длине волны $\lambda = 441.6$ нм. Для варьирования степени поляризации активничного излучения использовалась стопа из плоскопараллельных сменных пластин. Плотность мощности светового потока, падающего на поляризационно чувствительный материал, выдерживалась постоянной с помощью светофильтров и составляла 17 мВт/см². Степень поляризации вычислялась по формуле:

$$\rho = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}},$$

где I_{max} , I_{min} — интенсивности соответственно максимального и минимального компонентов частично поляризованного активничного излучения [3]. Исследование спектральных характеристик незасвеченного и засвеченного (при постоянной энергетической экспозиции и различных значениях степени поляризации) материала производи-

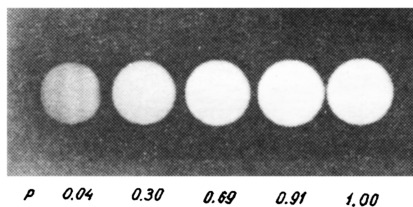
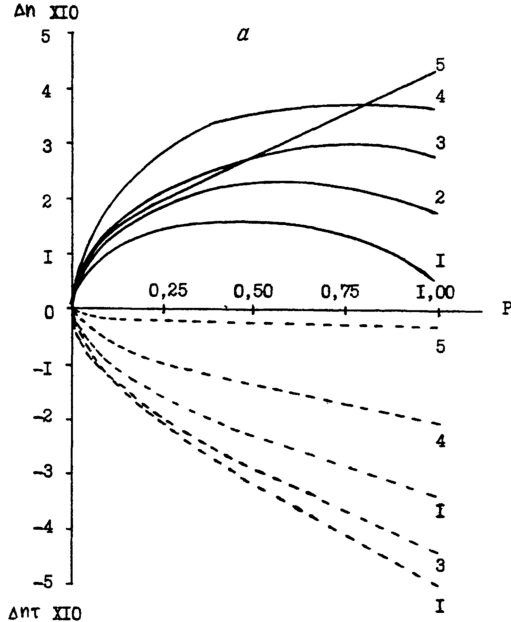


Рис. 1.

лось с помощью спектрофотометра СФ-18, модифицированного для поляризационных измерений. Величина наведенного светом двулучепреломления и дихроизма оценивались согласно соотношениям [4]:

$$\Delta n = \frac{1}{2d} \arccos \frac{4I_{45} - (I_0 + I_{90})}{2\sqrt{I_0 I_{90}}}; \quad \Delta n\tau = -\frac{1}{22d} \ln \frac{I_0}{I_{90}}.$$

Здесь Δn - величина наведенного светом двулучепреломления, $\Delta n\tau$ - величина наведенного светом анизотропного поглощения (дихроизма), $\mathcal{E} = \frac{2\pi}{\lambda}$ - волновое число, d - толщина слоя поляризационно чувствительного материала, I_0 , I_{45} , I_{90} - пропускание засвеченного актиничным излучением образца при ориентации оси анизотропии соответственно под углом 0° , $\pm 45^\circ$ и 90° относительно плоскости поляризации считывающего света. Результаты исследования представлены на рис. 1. На рис. 1, а по оси абсцисс отложена

величина степени поляризации актиничного излучения, а по оси ординат величина наведенного двулучепреломления (положительная ось) и дихроизма (отрицательная ось). Сплошные кривые 1-5 иллюстрируют зависимость наведенного светом двулучепреломления от степени поляризации актиничного излучения для длин волн $\lambda = 440.0, 460.0, 480.0, 500.0$ и 540.0 нм считывающего света соответственно. Анализ кривых показывает, что величина светоиндуцированного двулучепреломления в начале с увеличением степени поляризации актиничного излучения быстро растет для всех длин волн считывающего света. При определенных значениях степени поляризации наблюдается насыщение для длин волн $\lambda = 440.0, 460.0, 480.0$ и 500.0 нм считывающего света, а дальнейшее увеличение степени поляризации актиничного излучения приводит к спаду величины светоиндуцированного двулучепреломления. Для длины волны $\lambda = 540.0$ нм считывающего света эффект насыщения не наблюдается. Аналогичные зависимости для светоиндуцированного дихроизма на тех же длинах волн считывающего света иллюстрируют пунктирные кривые 1-5. Анализ кривых показывает, что здесь насыщение не наблюдается, а светоиндуцированный дихроизм всегда увеличивается с ростом степени поляризации актиничного излучения. В качестве иллюстрации на рис. 1, б приводится фотография картины распределения анизотропии в зависимости от степени поляризации актиничного излучения. Картина получена в белом свете при рассмотрении засвеченного образца в скрещенном линейном полярикопе. Из рисунка следует, что с увеличением степени поляризации актиничного излучения наведенная светом анизотропия в начале быстро растет, достигая максимального значения, и в дальнейшем незначительно уменьшается, о чем свидетельствует изменение яркости изображения засвеченных при различной степени поляризации участков материала. Неоднородность яркости участка соответствующей степени поляризации актиничного излучения $\rho = 0.04$ связана с отклонением от плоскопараллельности пластин стопы, что подчеркивает высокую чувствительность данного материала к степени частичной поляризации. Следует заметить, что при достаточно низком значении степени поляризации ($\rho \approx 10^{-5}$) наведенная светом анизотропия визуально с помощью полярископа легко наблюдаема.

Представленный на рис. 1 характер изменения светоиндуцированного двулучепреломления и дихроизма в зависимости от степени поляризации актиничного излучения, вероятно, обусловлен конкретными механизмами фотопроцессов, происходящих в данной поляризационно чувствительной среде, что представляет самостоятельный научный интерес [5].

Высокая чувствительность к степени частичной поляризации дала возможность получать поляризационные фотографии различных объектов, дающих слабополяризованный свет. В качестве иллюстрации на рис. 2 представлены изображения нагретой до белого каления вольфрамовой ленточной нити лампы накаливания СИРШ8, 5-200-1. Рис. 2, а и б иллюстрирует обычные фотографии исследу-

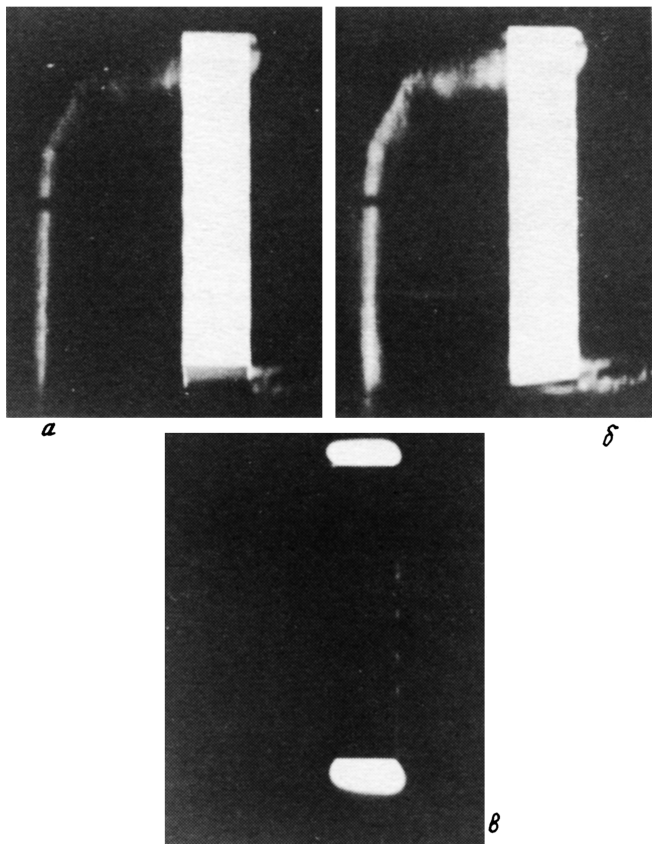


Рис. 2.

дуемого объекта при его наблюдении через поляризатор, ориентированный перпендикулярно и параллельно нити накала. Из рисунка следует, что наиболее поляризованное излучение дают участки поверхности нагретой нити, параллельные оси наблюдения, и преимущественное направление колебания электрического вектора при этом перпендикулярно этой поверхности [6]. Этот факт более отчетливо наблюдается на рис. 2, в, где представлена картина распределения степени частичной поляризации по поверхности объекта, т.е. поляризационная фотография, зарегистрированная на фотоанизотропном материале ПЧЖ. Картина получена в белом свете при рассмотрении поляризационной фотографии в линейном полярископе ПКС-250. Высокая яркость областей объекта, параллельных оси наблюдения, свидетельствует о наибольшей величине степени частичной поляризации излучаемого ими света. Области, дающие неполяризованный свет, при этом не визуализируются. Представленная на рис. 2, в картина практически является поляриметрическим изображением исследуемого объекта [7].

Таким образом, следует заключить, что использование поляризационно-чувствительных сред в фотографических целях открывает определенные перспективы для поляриметрического исследования различных объектов, дающих частично поляризованный свет, в том числе астрономических.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Л а н д с б е р г Г.С., Оптика. М.: Наука, 1976. 926 с.
- [2] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д., Ш а в е р д о в а В.Г. // ЖНнПФик. 1979. Т. 24. № 4. С. 342-345.
- [3] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д. Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989. 142 с.
- [4] К а к и ч а ш в и л и Ш.Д. Фотоанизотропные и фотогиротропные явления в конденсированных средах и поляризационная голография, Тбилиси: Мецниереба, 1987. 123 с.
- [5] Ш а т а л и н И.Д. // Оптика и спектроскопия. 1989. Т. 66 В. 2. С. 362-364.
- [6] Ш е р к л и ф ф Э. Поляризованный свет. М.: Мир, 1978. 312 с.
- [7] Д ж а п и а ш в и л и В.П., К о р о л ь А.Н. Поляриметрический атлас Луны, Тбилиси: Мецниереба, 1982. 150 с.

Поступило в Редакцию
2 декабря 1991 г.