

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПО АПОСТЕРИОРНОМУ ОПЫТУ В ПОЛЯРИЗАЦИОННОЙ ГОЛОГРАФИИ

*Ш.Д.Какичашивили*

В работе [1] было теоретически показано, что поляризационно голографическая запись произвольного (анизотропно-гиротропного) объекта, освещенного полностью неполяризованным светом лазера при также неполяризованной опорной волне, позволяет реконструировать поле объекта с физически предельной избыточностью, так что голограмма оказывается информационно идентичной объекту и с ней возможно проводить любые эллипсометрические эксперименты, как и с объектом до записи. При этом изменение состояния поляризации восстанавливающей волны сравнительно с исходной опорной волной вызывает преобразование поляризации реконструированного изображения, как если бы объект просветили светом восстанавливающей волны. Это позволяет реформулировать задачу апостериорного опыта в более широком смысле и теоретически доказать информационную эквивалентность объекта и полученной с него поляризационной голограммы относительно векторных характеристик формируемых ими волновых полей.

В предлагаемой работе развитые в [1] теоретические положения подтверждены экспериментально.

В качестве источника неполяризованного света использован аргоновый лазер ЛГН-502, у которого зеркала сочленены с трубкой активного элемента посредством сильфонов. Подбором электрического режима удавалось получать одномодовую генерацию на одной длине волны  $\lambda = 4880 \text{ \AA}$ . В качестве голограммного материала был использован введенный в желатиновую матрицу и политый на стеклянную подложку краситель "Протравной чисто-желтый" [2,3]. У материала комплексные коэффициенты так называемой векторной  $\hat{v}_L$  и скалярной  $\hat{s}$  реакций [4] достаточно хорошо удовлетворяют необходимому условию их равенства [1].

Сенситометрические измерения показали, что при использованных в эксперименте энергиях на рабочей длине волны записи — восстановления имело место  $\hat{v}_L = -0.047 + 0.007i$ ,  $\hat{s} = -0.047 + 0.002i$ . Мощность лазера на использованной длине волны в процессе эксперимента составляла 60 мВт. Необходимая для записи экспозиция варьировалась от 0.2 до 2 мин. Средняя дифракционная эффективность восстановленного изображения составляла 2%.

На рис. 1,а приведена оптическая схема поляризационно голографической записи. Здесь  $L_1, L_2$  — телескопический расширитель неполяризованного лазерного пучка.  $B$  — бипризма, в одном из каналов которой расположен поляризационный тест-объект  $O$ . На голограммном материале  $Q$  рабочие пучки перекрываются. Схема легко модернизируется, согласно [5], что позволяет резко

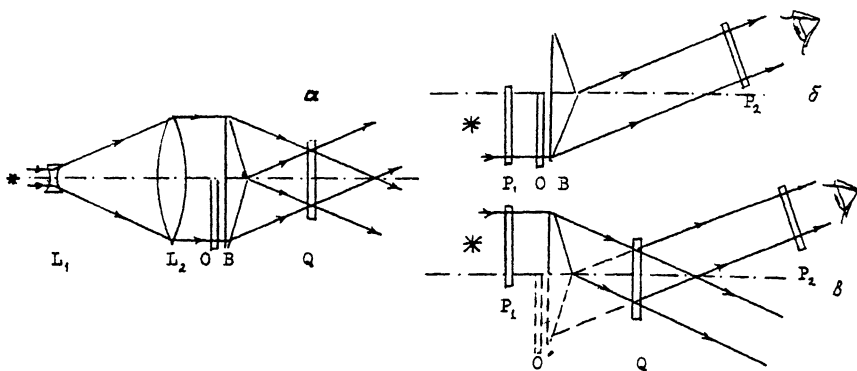


Рис. 1. Принципиальная схема апостериорного опыта в поляризационной голографии.

*a* — поляризационно голографическая запись при неполяризованном источнике, *б* — поляризационный анализ поля объекта, *в* — поляризационный анализ восстановленного изображения.

уменьшить необходимые выдержки. В эксперименте были использованы два тест-объекта, первый — в виде набора прямоугольных кусочков поляроидных пленок различной ориентации (рис. 2, *a*), второй — в виде прямоугольного двулучепреломляющего клина (рис. 2, *f*). Картина их поляризационного анализа, согласно схеме (рис. 1, *б*), приводится соответственно на рис. 2, *б–е* и рис. 2, *г, h*. При этом для поляроидного тест-объекта использован только поляризатор  $P_1$  при различных его ориентациях, что приводит к последовательному погасанию отдельных фрагментов теста. Для клина использованы оба поляризатора  $P_1, P_2$ , ориентация которых при близком к скрещенному их положением дает две взаимно дополнительные картины полос. Для облегчения индикации полос на клине нанесена вертикальная линия и буквы *A, B, C*.

На рис. 2, *a', f'* изображены восстановленные с голограммы изображения поляроидного теста и клина, а также их поляризационный анализ (рис. 2, *б'–е'*; рис. 2, *г', h'*) при идентичных нештрихованным рисункам положениях поляризаторов. Существенно важно, что при этом поляризаторы установлены в канале восстанавливающей (опорной) волны согласно схеме (рис. 1, *в*) так, что в процессе восстановления между  $P_1$  и  $P_2$  оказывается голограмма в отличие от непосредственного анализа объекта без голографической записи.

Сравнение обоих рядов фотографий показывает практически полную их идентичность по состоянию поляризации. Это является однозначным подтверждением теоретических выводов [1]. Сформированное поляризационной голограммой действительное изображение по поляризационной информации в полном соответствии с теорией оказалось идентичным восстановленному мнимому изображению.

В работе [1] упоминалось, что причиной столь существенной полноты апостериорного опыта является запись поляризационной

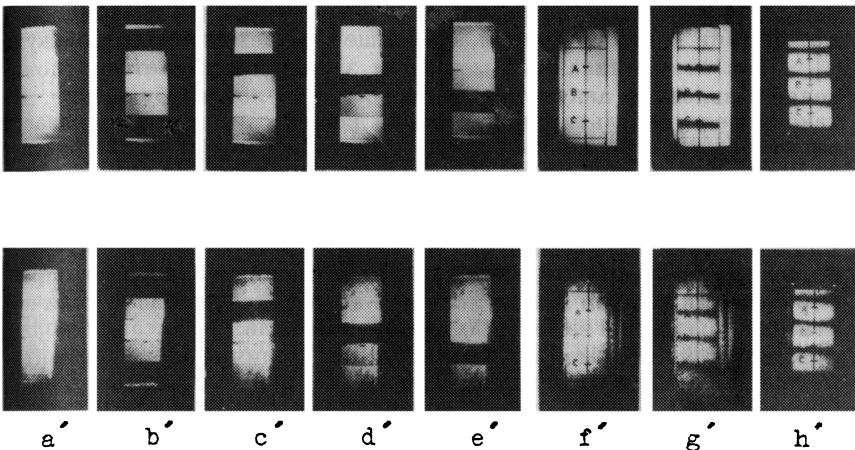


Рис. 2. Сравнение объектов и восстановленных поляризационной голограммой их изображений.

*a-h* — фотоснимки объектов и их поляризационный анализ согласно схеме (рис. 1,б), *a'-h'* — фотоснимки восстановленных голограммой изображений объектов и их поляризационный анализ согласно схеме (рис. 1,а).

голограммы в неполяризованном свете, который содержит в себе всевозможные состояния поляризации освещающего объекта источника. Ниже делается попытка конкретизации физического механизма подобной записи. Неполяризованный свет лазера, по современным представлениям, являет собой временную последовательность спонтанно изменяющихся по поляризации волновых пучков [6]. Каждый из пучков может векторно суммироваться только с самим собой при его амплитудном или фронтальном делении. В этих условиях существенно важно, что поляризационно чувствительная среда состоит из большого числа пространственно различно ориентированных анизотропно-гиротропных светочувствительных центров, являясь в целом макроскопически изотропным и негиротропным ансамблем. Случайным образом поляризованный пучок опорной волны векторно складывается с объектной волной того же пучка и в соответствии с пространственной ориентацией светочувствительного центра и поляризацией суммарной волны отображается в каждой точке голограммы в виде анизотропно-гиротропного изменения центра. Соседний с первым центр другой пространственной ориентации аналогичным образом изменяется под воздействием последующего пучка в соответствии с его поляризацией и т.д. В конечном итоге все центры голограммы оказываются задействованными и несут информацию о пучках всех поляризаций, формируемых в процессе голографической записи. Преобразованные всеми пучками центры статистически равномерно распределены по поверхности голограммы, которая при этом оказывается существенно более емкой по отображенной информации, чем в случае лишь одного состояния полной поляризации источника.

Создается впечатление, что полученная таким путем голограмма действует так, как если бы вся последовательность разделенных во времени пучков векторно суммировалась бы между со-

бой. Нечто похожее по результату может иметь место при взаимодействии света со средой, состоящей из резонансных молекул [7]. При этом описанный механизм записи оказывается осложненным явлением аккумулярованного молекулой возбуждения. В такой среде результирующая волна каждого из цугов вызывает электронно-колебательный процесс, который может продолжаться более длительное время, чем время прохождения цуга. В этих условиях возбуждаемые различными цугами колебательные состояния электронов могут взаимно интерферировать. Если время релаксации колебательного состояния электронов существенно больше времени прохождения цуга, то до окончательного фотообразования каждой молекулы с ней встретится большое количество цугов, каждый из которых внесет свой вклад в фиксацию поляризационной информации на голограмме. Отличие этого варианта механизма записи от исходного заключается в том, что здесь преобразование элемента среды (молекулы) происходит в результате аккумулярованного действия многих цугов. Выбор одного из этих механизмов записи может быть проведен в дальнейшем на основе модельных экспериментов.

В заключение отметим, что положительный результат полученный по расширенной концепции апостериорного опыта в поляризационной голографии создает предпосылки для аналогичного расширения этой же концепции относительно остальных характеристик волнового поля объекта, фиксируемых по обоим классическим методам голографии [8,9].

#### Список литературы

- [1] *Какичашвили Ш.Д., Пурцеладзе А.Л.* // Письма в ЖТФ. 1992. Т. 18. Вып. 22. С. 27-31.
- [2] *Какичашвили Ш.Д.* Поляризационная голография. Л.: Наука, 1989. 144 с.
- [3] *Степанов Б.И.* Введение в химию и технологию органических красителей. М.: Химия, 1977. 447 с.
- [4] *Какичашвили Ш.Д.* // Оптика и спектроскопия. 1982. Т. 52. Вып. 2. С. 317-321.
- [5] *Какичашвили Ш.Д., Леселидзе Д.В.* // ПТЭ. 1968. Вып. 6. С. 179-181.
- [6] *Потехин В.А., Татаринцев В.Н.* Теория когерентности электромагнитного поля. М.: Связь, 1978. 208 с.
- [7] *Ребане А.К., Каарли Р.К., Саари П.М.* // Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 38. С. 320-324.
- [8] *Gabor D.* // Nature. 1948. V. 161. P. 777-778.
- [9] *Денисюк Ю.Н.* // ДАН СССР. 1962. Т. 144. Вып. 6. С. 1275-1278.

Институт кибернетики  
АН Республики Грузии  
Тбилиси

Поступило в Редакцию  
18 июня 1993 г.