



УДК 535.421: 681.7

Е.Л. Бубис<sup>1</sup>, И.А. Будаговский<sup>2</sup>, А.С. Золотко<sup>2</sup>, М.П. Смаев<sup>2</sup>, С.А. Швецов<sup>2,3</sup>,  
А.Ю. Бобровский<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Институт прикладной физики РАН, Нижний Новгород

<sup>2</sup>Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН, Москва

<sup>3</sup>Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область

<sup>4</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФАЗОВОГО ОБЪЕКТА ПРИ ПОМОЩИ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО НЕЛИНЕЙНОГО ФИЛЬТРА

### АННОТАЦИЯ

Описан процесс визуализации фазового объекта с помощью жидкокристаллической нелинейной ячейки Цернике. Получена визуализация как с положительным, так и отрицательным контрастом.

НЕЛИНЕЙНАЯ ОПТИКА, ФАЗОВЫЙ КОНТРАСТ, ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ФАЗОВЫХ ОБЪЕКТОВ

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время метод фазового контраста широко используется для визуализации фазовых объектов [1, 2]. В качестве фильтра, помещаемого в Фурье-плоскости изображения, весьма перспективными являются нелинейно-оптические среды [3, 4].

В данной работе для визуализации фазовых объектов рассмотрена возможность применения жидкокристаллического фильтра, обладающего ориентационной нелинейностью.

В качестве нелинейной среды использовался нематический жидкий кристалл ЖКМ-1277, легированный азобензольным красителем КД-1 (0,05% по весу) [5]. Толщина гомеотропно ориентированного жидкого кристалла (ЖК) составляла 100 мкм. Для данного образца характерен большой нелинейно-оптический отклик, а также возможность изменения знака нелинейности (самофокусировка или самодефокусировка) при изменении угла между световым полем падающего светового пучка и директором ЖК.

Фазовый объект представлял собой пластинку с нанесенным на нее ЖК-полимером (оптически анизотропный одноосный кристалл) толщиной  $\sim 1 - 2$  мкм. В качестве ориентанта использовался фотохромный азобензол-содержащий полимер. Ориентация его оптической оси была задана при помощи УФ-света линейной поляризации сначала без маски, затем проведено облучение УФ-светом с ортогональным направлением поляризации с использованием непрозрачной сетки. Далее при помощи метода центрифугирования был нанесён слой мезогенного диакрилата с добавкой 1% фотоинициатора. Полимеризация под действием УФ-света позволила получить сшитый ЖК-полимер. Оптическая ось полимера в области сетки была ортогональна к оптической оси в квадратных областях вне сетки. Оптическая анизотропия полимера составляет  $\Delta n \sim 0,1$ .

Световой пучок непрерывного твердотельного лазера ( $\lambda = 473$  нм) проходил через фазовый объект и фокусировался линзой на жидкокристаллическую ячейку. Угол падения на ЖК составлял  $\alpha = 25^\circ$  либо  $55^\circ$ . Директор ЖК и вектор поляризации светового пучка находились в горизонтальной плоскости. При этом поляризация светового пучка была линейной и либо совпадала с направлением оптической оси объекта, либо была ей ортогональна.

Изображение объекта (рис. 1) фиксировалось при помощи ПЗС-матрицы. При освещении пробным световым пучком контраст изображения практически отсутствовал (рис. 1, а). При мощности светового пучка  $P = 1$  мВт и угле падения на ЖК  $\alpha = 55^\circ$  реализовывалась самофокусировка, и нулевая гармоника в Фурье-плоскости приобретала положительный фазовый сдвиг, происходила визуализация объекта (рис. 1, б). При изменении угла падения светового пучка на ЖК на  $\alpha = 25^\circ$ , была реализована самодефокусировка, при этом происходила инверсия контраста изображения (рис. 1, в).



Рис. 1. Изображения фазового объекта: а) при пробной мощности светового пучка, б) при мощности 1 мВт угле падения на ЖК  $\alpha = 55^\circ$ , в) при мощности 3 мВт угле падения на ЖК  $\alpha = 25^\circ$

Предложенный метод визуализации фазовых объектов с помощью жидкокристаллического фильтра, обладающего ориентационной нелинейностью, обеспечивает возможность инверсии контраста изображения и прост в реализации.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты 14-02-00791 и 15-02-08212).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Марешаль А., Франсон М., Структура оптического изображения. М.: Мир, 1964. 295 с.
2. Франсон М., Фазово-контрастный и интерференционный микроскопы. М.: Гос. изд-во физ-мат. лит. 1960. 180 с.
3. Trevino-Palacios C.G., Iturbe-Castillo M.D., Sanchez-de-la-Llave D., et al., Appl. Opt., 2003.V. 42. 5091 p.
4. Бубис Е.Л., Матвеев А.З., Квантовая электроника, 2011. № 41, 568 с.
5. Барник М.И., Золотко А.С., Румянцев В.Г., Терсков Д.Б., Кристаллография, 1995. № 40. 746 с.

E.L. Bubis<sup>1</sup>, I.A. Budagovski<sup>2</sup>, A.S. Zolotko<sup>2</sup>, M.P. Smaev<sup>2</sup>, S.A. Shvezov<sup>2,3</sup>, A.U. Bobrovski<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of applied physics RAS, Nizhny Novgorod,

<sup>2</sup>Physical Institute. P. N. Lebedev of RAS, Moscow,

<sup>3</sup>Moscow Institute of physics and technology, Dolgoprudnyi, Moscow region,

<sup>4</sup>Moscow state University. M. V. Lomonosov, Moscow

## VISUALIZATION OF THE PHASE OBJECT USING A LIQUID CRYSTAL OF A NONLINEAR FILTER

Describes the process of visualization of a phase object using a liquid crystal of the nonlinear cell Zernike. The resulting visualization with both positive and negative contrast.

NONLINEAR OPTICS, PHASE CONTRAST, VISUALIZATION OF PHASE OBJECTS