

УДК 532.783+548.0

## ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ГАШЕНИЯ ДЕФЕКТНЫХ МОД В МНОГОСЛОЙНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛАХ

В.Я. ЗЫРЯНОВ<sup>1,2</sup>, В.А. ГУНЯКОВ<sup>1,2</sup>, С.А. МЫСЛИВЕЦ<sup>1</sup>, В.Г. АРХИПКИН<sup>1,2</sup>,  
В.Ф. ШАБАНОВ<sup>1,2</sup>, Г.Н. КАМАЕВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт физики им. Л.В. Киренского, КНЦ СО РАН, Красноярск 660036, Россия

<sup>2</sup>Сибирский федеральный университет, Красноярск 660041, Россия

<sup>3</sup>Институт физики полупроводников СО РАН, Новосибирск 630090, Россия

Поступила в редакцию 12 марта 2008

Рассмотрен электрооптический эффект в мультислойном фотонном кристалле с жидкокристиаллическим слоем, помещенный между скрещенными поляризаторами. Экспериментально продемонстрированы усиление и гашение проходящего излучения в зависимости от разности порядковых номеров интерферирующих дефектных мод.

*Ключевые слова:* фотонные кристаллы, жидкие кристаллы, дефектные моды, интерференция

Разработка новых методов управления оптическими свойствами фотоннокристаллических (ФК) материалов необходима для развития элементной базы оптоэлектроники и нанофотоники [1,2]. Использование жидких кристаллов (ЖК) в качестве структурных элементов ФК особенно актуально из-за их высокой чувствительности к внешним воздействиям [3-5]. В данной работе рассматривается метод управления интенсивностью света, проходящего через мультислойный ФК с ЖК дефектообразующим слоем, помещенный между скрещенными поляризаторами.

При переориентации слоя нематика толщиной  $d$  за счет изменения его двулучепреломления ( $n_e - n_o$ ) возникает эффект фазовой модуляции света

$$I = I_0 \cdot \sin^2 2\beta \cdot \sin^2 \pi(n_e - n_o) \frac{d}{\lambda}, \quad (1)$$

где  $I_0$  – интенсивность, а  $\lambda$  – длина волны падающего на ЖК линейно поляризованного света. Угол между вектором поляризации падающего луча и исходным направлением нематического директора обычно выбирают  $\beta = \pm 45^\circ$ . С другой стороны, в спектре мультислойной ФК структуры с оптически одноосным дефектом образуется два набора ортогонально поляризованных дефектных мод, длины волн которых удовлетворяют условию

$$N_{e,o} \cdot \frac{\lambda_{e,o}}{2} = n_{e,o} \cdot d, \quad (2)$$

где целое число  $N_{e,o}$  определяет порядковый номер дефектной моды для необыкновенной и обыкновенной волны, соответственно [2]. При спектральном совмещении  $\lambda_e = \lambda_o$  дефектных мод возникает интерференция, результат которой определяется разностью их порядковых номеров  $N_e - N_o$ . Если разность четная то, согласно (1), будет наблюдаться минимум проходящего излучения. В случае нечетности интенсивность проходящего света максимальна.

Для исследований использована экспериментальная ячейка-сэндвич, состоящая из двух идентичных диэлектрических зеркал, полученных напылением на подложку с ИТО покрытием 6 слоев двуокси циркония  $ZrO_2$  и 5 слоев двуокси кремния  $SiO_2$ . Толщины слоев и показатели преломления  $ZrO_2$  – 0.055 мкм и 2.04,  $SiO_2$  – 0.102 мкм и 1.45, соответственно. Зазор между зеркалами  $d = 7.4$  мкм заполнен планарно ориентированным нематиком 5ЦБ. К ИТО электродам прикладывалось переменное электрическое поле, обеспечивающее переориентацию директора в гомеотропное состояние. При этом показатель преломления  $e$ -волны изменяется от  $n_{||}$  до  $n_{\perp}$ . Тогда, согласно (2),  $e$ -компонента спектра дефектных мод смещается в коротковолновую часть спектра (рис. 1). Обыкновенная компонента спектра остается неизменной.

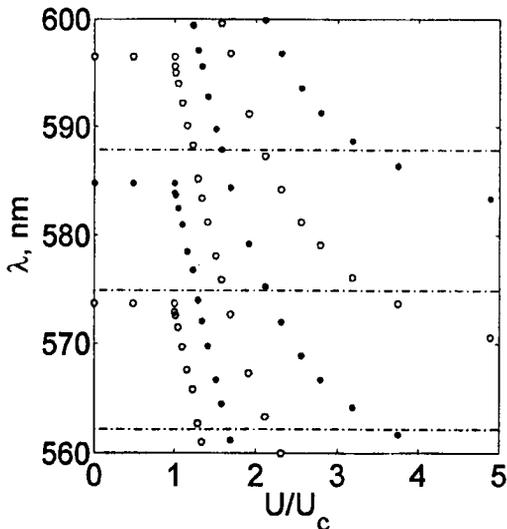


Рис. 1. Спектральные положения поляризованных дефектных мод ФК с дефектным слоем нематика в зависимости от приложенного напряжения. Символы –  $e$ -волна, линии –  $o$ -волна;  $U_C = 0.74$  В.

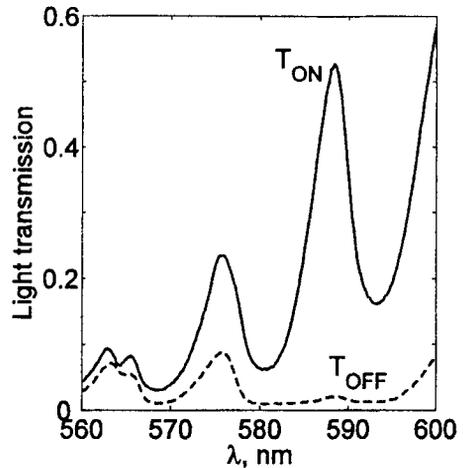


Рис. 2. Светопропускание ФК ячейки при интерференции 42-ой ( $U_1 = 0.95$  В, штриховая линия) и 41-ой ( $U_2 = 1.23$  В, сплошная линия) мод  $e$ -луча с 38-ой модой обыкновенной компоненты.

Спектральное совмещение поляризованных компонент дефектных мод дает возможность определить результат их интерференции (1), измеряя интенсивность излучения, проходящего через ФК ячейку. При этом ортогонально поляризованные дефектные моды с одинаковой длиной волны имеют различные порядковые номера (рис. 1). Так, например, при увеличении поля горизонтальную линию  $\lambda_o = 0.588$  мкм, соответствующую 38-ой дефектной моде  $o$ -луча, поочередно пересекают дефектные моды  $e$ -луча с порядковыми номерами 42, 41, 40, 39.

На рис. 2 приведено светопропускание ФК ячейки при интерференции 42-ой и 41-ой мод необыкновенной волны с 38-ой модой обыкновенной компоненты, происходящей при воздействии электрического поля  $U_1 = 0.95$  В и  $U_2 = 1.23$  В, соответственно. Как видно из рисунка, если разность порядковых номеров комбинируемых дефектных мод четная, то наблюдается интерференционное гашение проходящего излучения. И наоборот, если разность нечетная, то интенсивность интерферирующих компонент суммируется. Таким образом, на выходе из оптической системы при спектральном совмещении ортогонально поляризованных дефектных мод в зависимости от разности их порядкового номера может реализоваться как интерференционное усиление, так и гашение интенсивности излучения.

Работа выполнена при поддержке грантов: НШ-3818.2008.3; РНП-2.1.1.1814; РФФИ 08-03-01007; № 8.1 и 2.10.2 РАН, № 33 СО РАН

# ELECTROOPTICAL EFFECT OF INTERFERENCE QUENCHING OF DEFECT MODES IN MULTILAYER PHOTONIC CRYSTALS

V.YA. ZYRYANOV, V.A. GUNYAKOV, S.A. MYSLIVETS, V.G. ARKHIPKIN,  
V.F. SHABANOV, G.N. KAMAEV

## Abstract

The electrooptical effect in multilayered photonic crystal with liquid crystal layer is considered when the photonic crystal is placed between two crossed polarizers. The increase and quenching of transmitted radiation is demonstrated experimentally depending on the difference of serial number of interfering defect modes.

## Литература

1. *Joannopoulos J.D., Meade R.D., and Winn J.N.* Photonic Crystals: Molding the Flow of Light. Princeton, 1995.
2. *Шабанов В.Ф., Ветров С.Я., Шабанов А.В.* Оптика реальных фотонных кристаллов. Жидкокристаллические дефекты, неоднородности. Новосибирск: СО РАН, 2005.
3. *Ветров С.Я., Шабанов А.В.* // ЖЭТФ. 2001. Т. 120. С.1126-1134.
4. *Ozaki R., Matsui T., Ozaki M., Yoshino K.* // Jpn. J. Appl. Phys. 2002. Vol. 41. P. L1482-L1484.
5. *Архипкин В.Г., Гуняков В.А. Мысливец С.А. и др.* // ЖЭТФ. 2008. Т. 133. №2. С.447-459.