

нанесения нанопокровтий малоэффективен. При подаче на сетку положительного потенциала относительно подложки этот эффект пропадает.

При различных потенциалах в промежутке сетка–подложка можно реализовать три режима получения нанопокровтий. Вторичная эмиссия позволяет очистить поверхность подложки, имплантация позволяет создать в приповерхностной области псевдодиффузионный слой материала лазерной мишени в материале подложки и, наконец, произвести напыление материала мишени на поверхность подложки. Это все можно сделать последовательно не разгерметизируя вакуумную камеру. В результате можно получить высокоадгезионное нанопокровтие в стерильных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Ievlev V.M. Absorption spectra of thin TiO₂ films synthesized by reactive high-frequency magnetron sputtering of titanium / V.M. Ievlev // Physics and technology of semiconductors. – 2014. – Vol. 48, №. 7. – P. 875–884.
2. Российский рынок диоксида титана: реалии и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vestkhimprom.ru/posts/rossijskij-rynok-dioksida-titana-realii-i-perspektivy>. – Дата доступа: 18.08.2020.
3. Ola O. Review of material design and reactor engineering on TiO₂ photocatalysis for CO₂ reduction / O. Ola, M.M. Maroto-Valer // Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews. – 2014. – Vol. 24. – P. 16–42.
4. Siefke T. Materials pushing the application limits of wire grid polarizers further into the deep ultraviolet spectral / T. Siefke [et al.] // Advanced Optical Materials. – 2016.

ДВУМЕРНАЯ ДИФРАКЦИОННАЯ РЕШЕТКА НА ОСНОВЕ БИНАРНОЙ ОРИЕНТАЦИИ НЕМАТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА

И. И. Рушнова, О. С. Кабанова, А. Л. Толстик

Белорусский государственный университет, пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь,

e-mail: Rushnova@bsu.by

e-mail: Kabanova@bsu.by

e-mail: Tolstik@bsu.by

Разработана и изготовлена двумерная фазовая дифракционная решетка на основе пространственно упорядоченного массива микроразмерных жидкокристаллических доменов с чередующейся планарной и закрученной (твист) ориентациями директора. Для формирования в тонкопленочном слое нематического жидкого кристалла доменов с бинарной ориентацией использовалась технология текстурированной фотоориентации азокрасителя AtA-2. Экспериментально продемонстрирована возможность применения двумерной жидкокристаллической структуры для пространственно-поляризационного управления световыми пучками.

Ключевые слова: нематический жидкий кристалл; фотоориентация; двумерная дифракционная решетка; азокраситель.

TWO-DIMENSIONAL DIFFRACTION GRATING BASED ON BINARY ALIGNMENT OF A NEMATIC LIQUID

I. I. Rushnova, O. S. Kabanova, A. L. Tolstik

*Belarusian State University, Nezavisimosti av. 4, 220030 Minsk, Belarus,
Corresponding author: I. I. Rushnova (Rushnova@bsu.by)*

A two-dimensional phase diffraction grating based on a spatially arranged array of micro-sized liquid crystal domains with alternating planar and twisted director orientations has been designed and fabricated. The technology of patterned photoalignment of the azo dye AtA-2 was used for formation of domains with binary orientation in the thin-film layer of nematic liquid crystal. The possibility of using two-dimensional liquid crystal structure for spatial- polarization control of light beams was demonstrated experimentally.

Key words: nematic liquid crystal; photoalignment; two-dimensional diffraction grating; azo dye.

ВВЕДЕНИЕ

Свойство самоорганизации, присущее мягким органическим материалам, открывает большие перспективы для создания пространственно упорядоченных микро- и наноструктур, реализующих эффективное управление оптическим излучением. Нематические жидкие кристаллы, обладая большой оптической анизотропией и выраженным откликом к воздействию внешних полей, успешно применяются для решения актуальных задач фотоники, связанных с преобразованием пространственных, фазовых и поляризационных характеристик световых пучков.

Большинство оптических жидкокристаллических структур являются одномерными. Важной научно-прикладной задачей является разработка и создание двух- и трехмерных периодических жидкокристаллических структур [1, 2], характеризующихся переключаемыми оптическими свойствами. В частности, двумерные жидкокристаллические решетки позволяют пространственно разделять падающий световой пучок и изменять состояние поляризации дифрагированного излучения. Принцип создания структур данного типа основан на формировании локально-неоднородного (многодоменного) распределения директора в тонкопленочном слое жидкого кристалла с помощью технологии текстурированной фотоориентации азокрасителей. Использование метода текстурированной фотоориентации азокрасителей позволяет локально управлять ориентацией директора жидкого кристалла с пространственным разрешением порядка единиц микрон. Двумерные переключаемые жидкокристаллические структуры являются конкурентоспособными, портативными, энергоэффективными, что позволяет широко использовать их для решения актуальных задач фотоники.

В данной работе предложена двумерная дифракционная структура на основе пространственно-упорядоченных доменов нематического жидкого кристалла с планарной и закрученной ориентациями директора, сформированных с помощью технологии фотоориентации азокрасителя AtA-2. Экспериментально продемонстрирована возможность пространственно-поляризационного управления световыми пучками, что открывает перспективы применения двумерной жидкокристаллической решетки для решения задач фотоники.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Функциональную основу предлагаемой двумерной дифракционной решетки составляет массив пространственно упорядоченных областей нематического жидкого кристалла (размерами порядка 10 мкм) с планарной и закрученной (твист) ориентациями директора. Двумерная жидкокристаллическая решетка была изготовлена с помощью технологии текстурированной фотоориентации азокрасителя AtA-2, разработанного и синтезированного в ГНУ «Институт химии новых материалов НАН Беларуси». Технология текстурированной фотоориентации жидких кристаллов [3] продемонстрировала большие успехи в последние десятилетия, став оптимальным решением для создания периодически упорядоченных одно-, дву- и трехмерных оптических структур, реализующих управление пространственными, фазовыми и поляризационными характеристиками световых полей. На рисунке 1 приведены микрофотографии изготовленной двумерной решетки в поляризованном свете.

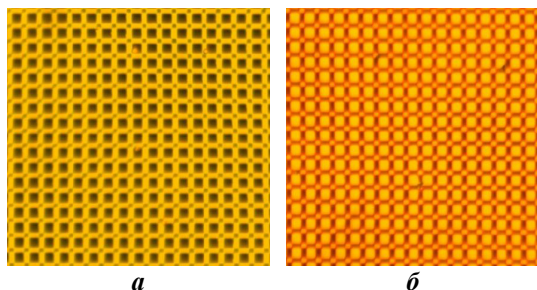


Рисунок 1. Поляризационные микрофотографии двумерной жидкокристаллической решетки с пространственным периодом 20 мкм: поляризаторы параллельны (а), поляризаторы скрещены (б)

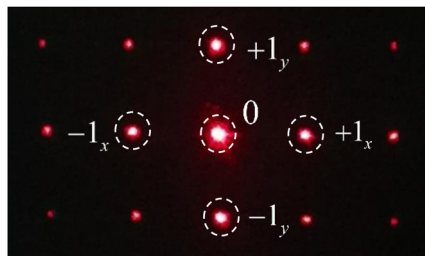


Рисунок 2. Дифракционная картина двумерной жидкокристаллической решетки (порядки дифракции по пространственным осям OX и OY отмечены нижним индексом x и y соответственно)

Для изучения дифракционных и поляризационных свойств двумерной решетки использовалась экспериментальная установка, включающая $He-Ne$ лазер генерирующий узконаправленный луч линейно поляризованного (вдоль оси OY) света с длиной волны 632.8 нм, ирисовую диафрагму, анализатор и фотодетектор, регистрирующий интенсивность дифрагированного в m -ый порядок излучения. Значения дифракционной эффективности η_m , характеризующей распределение энергии прошедшего света по порядкам дифракции m , рассчитывались по формуле:

$$\eta_m = \frac{I_m}{I_0} \cdot 100\% ,$$

где I_m – интенсивность света в m -ом порядке дифракции, I_0 – интенсивность светового пучка, падающего на решетку. Для определения состояния поляризации дифрагированных световых пучков использовался анализатор, который поворачивался в диапазоне $0^\circ \dots 360^\circ$ с шагом 10° .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Характерной особенностью дифракционной картины двумерной жидкокристаллической решетки является наличие дифракционных максимумов по вертикальной (OY) и горизонтальной (OX) осям в плоскости наблюдения. Значения дифракционной эффективности для 0-го и 1-го дифракционных порядков по горизонтальной оси (оси

OX), а также для 1-го дифракционного порядка по вертикальной оси (оси OY) приведены в таблице.

Дифракционная эффективность двумерной жидкокристаллической решетки

Дифракционная эффективность, %		
Пространственная ось	0-ой порядок дифракции	1-ый порядок дифракции
OX	70,3	6,4
OY		7,7

На рисунке 3 приведены поляризационные диаграммы прошедшего и дифрагированных в 1-е порядки вдоль пространственных осей OX и OY световых пучков. Линейно поляризованное вдоль оси OY излучение He-Ne лазера направлялось перпендикулярно плоскости двумерной жидкокристаллической решетки. Прошедший световой пучок (нулевой порядок дифракции) оказался поляризован в направлении, перпендикулярном направлению поляризации падающего на решетку лазерного излучения.

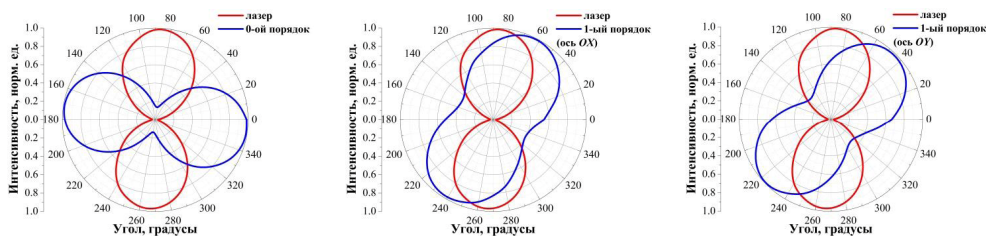


Рисунок 3. Полярные поляризационные диаграммы прошедшего (0 порядок) и дифрагированных в первый порядок световых пучков для двумерной жидкокристаллической решетки

В то же время прошедший и дифрагированные в 1-й порядок световые пучки характеризуются ортогональными направлениями поляризации. Следует отметить, что дифрагированные в первые порядки световые пучки характеризуются большей степенью эллиптичности по сравнению с прошедшим световым пучком, что связано с величиной фазового набега в слое жидкого кристалла.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана и изготовлена двумерная дифракционная решетка на основе пространственно упорядоченных жидкокристаллических доменов (размерами порядка 10 мкм) с бинарной ориентацией директора. Методом поляризационной микроскопии установлено, что структура характеризуется бездефектной бинарной ориентацией нематического жидкого кристалла, обеспечивающей формирование фазовой решетки. Экспериментально продемонстрирована возможность применения двумерной жидкокристаллической решетки для пространственно-поляризационного управления лазерным излучением.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Patterned surface alignment to create complex three-dimensional nematic and chiral nematic liquid crystal / I. Nys // *Liquid Crystals*. – 2020. – Vol. 29, № 4. – P. 65–83.
2. Complex liquid crystal superstructures induced by periodic photo-alignment at top and bottom substrates / I. Nys [et al.] // *Soft Matter*. – 2018. – Vol. 14, № 33. – P. 6892–6902.
3. Двумерная дифракционная оптическая структура на основе текстурированной фотоориентации полимеризуемого жидкого кристалла / О.С. Кабанова [и др.] // *Журнал Белорусского государственного университета. Физика*. – 2019. – № 3 – С. 4–11.

О РАБОТЕ ОДНОМОЛЕКУЛЯРНОГО ТРАНЗИСТОРА В БИСТАБИЛЬНОМ РЕЖИМЕ

А. П. Сайко, С. А. Маркевич

*Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению, ул. П.Бровки, 19,
220072 Минск, Беларусь, e-mail:saiko@physics.by;markev@physics.by*

Рассчитаны вольт-амперные характеристики модели одномолекулярного транзистора при учете сильного нелинейного электрон-колебательного взаимодействия в молекуле. Построены фазовые диаграммы, определяющие области существования стабильных и бистабильных режимов функционирования транзистора, в осях: $\Gamma - \beta$, $\beta - T$, $V_G - T$ и $V_G - \Gamma$, где Γ – скорость туннелирования заряда, β – константа нелинейного электрон-колебательного взаимодействия, V_G – запирающее напряжение, T – температура термостата.

Ключевые слова: одномолекулярный транзистор; вольт-амперные характеристики; фазовые диаграммы.

ON A SINGLE-MOLECULAR TRANSISTOR OPERATION IN THE BISTABLE REGIME

A. P. Saiko, S. A. Markevich

*Scientific-Practical Material Research Centre, Belarus National Academy of Sciences,
P. Brovka str. 19, 220072 Minsk, Belarus,
Corresponding author: A. P. Saiko (saiko@physics.by)*

The volt-ampere characteristics of a model of a single-molecule transistor are calculated taking into account the strong nonlinear electron-vibrational interaction in the molecule. Phase diagrams are constructed that determine the regions of existence of stable and bistable regimes of the transistor operation in the axes: $\Gamma - \beta$, $\beta - T$, $V_G - T$, and $V_G - \Gamma$, where Γ is the charge tunneling rate, β is the constant of the nonlinear electron-vibrational interaction, V_G is the blocking voltage, and T is the thermostat temperature.

Key words: single-molecule transistor; volt-ampere characteristics; phase diagrams.