

ЛИТЕРАТУРА

1. *Muravsky A.I., Murauski An.A., Agabekov V.E., Chuvashева O.O. and Ivanova N.A.* Achromatic circular polarizer in the 482–535 nm range based on polypropylene films, *J. Appl.Spectr.* 79, pp 820-825 (2012)
2. *Parys H.V., Teunissen K., Sevo A.* Characterization of 3-D Gray-to-Gray Crosstalk with a Matrix of Lightness Differences, *Information Display* 29, V.1/13, pp 21-25 (2013)

STUDY OF CROSSTALK PASSIVE STEREOSCOPIC 3D GLASSES BASED ON ACHROMATIC CIRCULAR POLARIZERS ICHNM NASB

V. Bezruchenko, An. Murauski, Al. Muravsky, N. Ivanova, V. Agabekov

*Institute of chemistry of new materials of National Academy of Sciences of Belarus
36, F. Skorina st., Minsk, 220141, Belarus*

Abstract. Building a three-dimensional image is achieved by using special devices – 3D glasses, which split the screen image into two channels – sub-frames for the left and the right eye. Ideally, 3D glasses allow the right eye to perceive only one sub-frame 3D images, the left – the other. However, real devices do not achieve complete isolation of the channels, allowing brightness leakage between the channels, so-called crosstalk. Crosstalk is one of the most important features in determining the quality of 3D images perception. Its measurement method is based on the on screen output and registration of the test images – a combination of white, black and gray stripes – for the left and right eyes. This paper presents the results of works on fabrication of achromatic quarter-wave phase retarders and circular polarizers based on them, as well as the results of cross-talk measurements of passive circular 3D glasses developed at IChNM NAS Belarus.

Keywords: crosstalk, achromatic quarter-wave plate, circular polarizer, stereoscopic 3D image, 3D TVs, color coordinates.

УДК 532.783:535.5

УПРАВЛЕНИЕ ИЗЛУЧЕНИЕМ, ДИФРАГИРОВАВШИМ НА ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ

Г.М. Жаркова, С.А. Стрельцов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича
Сибирского отделения Российской академии наук
630090, Новосибирск, ул. Институтская д. 4/1*

Аннотация. Методом поляризационной голографии, в жидкокристаллических композициях сформированы поляризационные голографические решётки, надмолекулярной структурой которых можно управлять. Исследовано влияние азимутального угла поляризации пробного пучка на дифракционную эффективность таких решёток, а также различие в поляризационных состояниях дифрагировавшего и не ди-

фрагировавшего излучения. Изучены электрооптические эффекты, продемонстрирована возможность термооптического переключения решёток.

Ключевые слова: жидкие кристаллы, жидкокристаллические композиты, поляризационная голография.

Введение

Поляризационные голографические решётки, благодаря их оптически активным свойствам, перспективны для создания высоко функциональных оптических устройств [1-3]. Сравнительно недавно появились сообщения о записи поляризационных решёток в жидкокристаллических композитах (ЖК-композитах) [4], которые представляют собой полимерную матрицу с диспергированными в ее объёме капсулами нематических жидких кристаллов (НЖК). Поляризационные голографические решётки формируются в результате разделения фаз НЖК-полимер при фотополимеризации, вызванной суперпозицией в плоскости образца двух плоских, когерентных, ортогонально поляризованных волн.

Возникающая при записи структура молекул НЖК в таких материалах предполагает зависимость дифракционной эффективности (ДЭ) поляризационных голографических решёток от поляризации падающего излучения, а также различие в поляризационных состояниях дифрагировавшего и не дифрагировавшего излучения. Т.к. на анизотропные свойства НЖК влияет температура и внешнее электрическое поле, то вызывает интерес особенности термооптического и электрооптического переключения, таких решёток которые до настоящего времени не изучены.

Целью работы было изучение поляризационной селективности, а также исследование особенностей термо- и электрооптического переключения поляризационных голографических решёток, записанных в ЖК-композитах.

Материалы и методика эксперимента.

Поляризационные решётки записывались в результате суперпозиции двух плоских волн равной интенсивности с взаимно ортогональными линейными поляризациями. Волны были поляризованы вертикально и горизонтально (s и p) к плоскости падения. При наложении волн, в плоскости образца изменялось лишь состояние поляризации, а модуляция интенсивности отсутствовала [5].

Схема записи поляризационных голографических решеток, состав исходной предполимерной композиции и схема экспериментальной установки для исследования поляризационной селективности таких решёток представлены в [6]. Период полученных решёток составлял 19 и 30 мкм. Пробный пучок был линейно поляризован, направление его поляризации составляло угол α с направлением волнового вектора решётки \mathbf{k} . При исследовании термооптического переключения исследуемый образец помещался в термостатируемую ячейку.

Экспериментальные результаты.

Особая структура НЖК, возникающая при записи поляризационных голографических решёток, приводит к зависимости ДЭ таких решёток от поляризации падающего излучения, а также к различию в состояниях поляризации дифрагировавшего и не дифрагировавшего излучения.

Установлено, что интенсивности пучков дифрагировавших в первый порядок (± 1) и были одинаковы. При падении s - или p - поляризованного пробного пучка на решётку, не дифрагировавший пучок (0-й порядок) имел ту же поляризацию, что и падающий, а пучки дифрагировавшие в ± 1 порядок имели ортогональную поляризацию, т.е., если

падал пучок с s – поляризацией, то пучки, дифрагировавшие в первый порядок, имели r - поляризацию и наоборот. На рисунках 1-2 представлены диаграммы состояния поляризации дифрагировавшего и не дифрагировавшего излучения (0-й порядок) для s и r поляризованных пробных пучков.

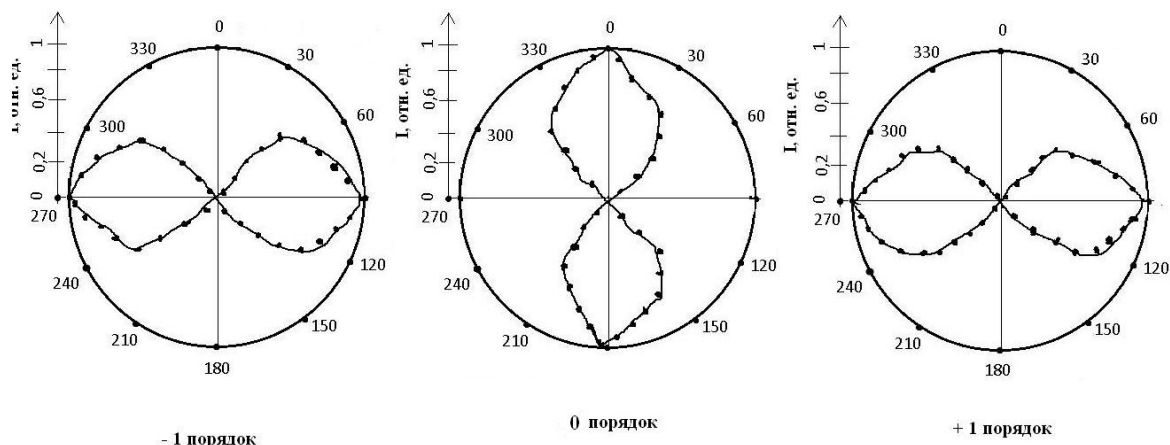


Рис. 1 Диаграмма состояния поляризации. Пробный пучок s -поляризован.

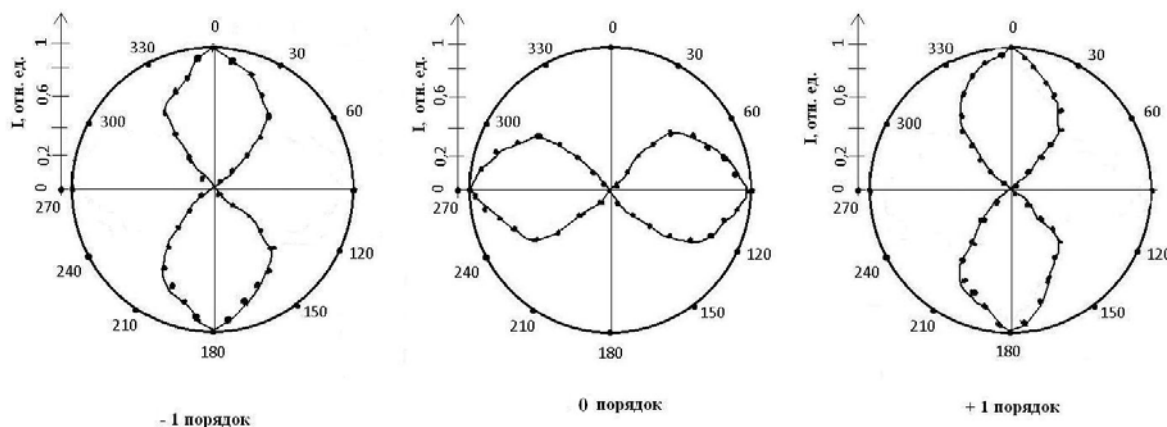


Рис. 2 Диаграмма состояния поляризации. Пробный пучок r -поляризован.

Если на образец падал свет, поляризованный под углами $\alpha = \pm 45^\circ$, то не дифрагировавший пучок (0-й порядок), а также пучки, дифрагировавшие в первый порядок, имели одинаковую поляризацию, совпадающую с поляризацией падающего на образец света. Такие свойства поляризационных решёток позволяют управлять дифрагировавшим излучением. Направляя его на анализатор, можно погасить не дифрагировавший пучок (0-й порядок), когда плоскость анализатора перпендикулярна плоскости поляризации пробного пучка, или пучки, дифрагировавшие в ± 1 порядок, в случае, когда эти плоскости параллельны.

Управлять дифрагировавшим излучением можно также используя тепловые поля, т.к. двулучепреломление $\Delta n = n_e - n_o$ с увеличением температуры постепенно уменьшается и при температуре перехода НЖК в изотропное состояние n_e и n_o резко падают до значения показателя преломления изотропной фазы, что приводит к исчезновению модуляции показателя преломления НЖК и «стиранию» решетки. Для исследуемых образцов температура перехода НЖК-изотропная жидкость ($\sim 80^\circ\text{C}$) оказалась меньше,

чем для чистого НЖК, используемого в исходной композиции ($\sim 100^\circ\text{C}$), что может быть обусловлено загрязнением НЖК, веществами, входящими в предполимерную композицию, прежде всего полимером. При охлаждении решётки её дифракционные свойства восстанавливаются с небольшим гистерезисом.

При приложении внешнего электрического поля к образцу, молекулы НЖК стремятся ориентироваться по полю ($\Delta\varepsilon > 0$), в результате градиент показателя преломления становится мал, дифракции излучения на решётке не происходит и она переключается в прозрачное состояние (т.к. $n_o \approx n_p$). Переориентация жидких кристаллов при приложении внешнего электрического поля, приводит к перераспределению энергии между 0 -м и 1 -м порядками дифракции.

Зависимость ДЭ поляризационной голографической решётки от приложенного переменного напряжения частотой 50 Гц носит пороговый характер. Критическое напряжение для таких решёток зависит от условий формирования решётки и ее толщины [5]. Напряжённость электрического поля, при которой происходит переключение поляризационной решётки из дифракционного состояния в прозрачное, зависит от периода решётки Λ . При $d < \Lambda$ эта зависимость не проявляется, а при $d > \Lambda$ становится вполне очевидной (рис. 3). Эта напряжённость электрического поля меняется от $7,5 \text{ В/мкм}$ для $\Lambda = 30 \text{ мкм}$ до $14,5 \text{ В/мкм}$ для $\Lambda = 19 \text{ мкм}$, что связано, вероятно, со свойствами материалов, входящих в состав предполимерной композиции, изменением плотности структуры решётки, влиянием поверхностных сил сцепления.

Для измерения времени включения и релаксации, на экспериментальный образец толщиной 10 мкм , подавался прямоугольный импульс с генератора напряжения. При этом, для фиксированной длительности импульса, с увеличением приложенного напряжения время включения (t_{on}) уменьшалось, а время релаксации (t_{off}) практически не изменялось (рис. 4).

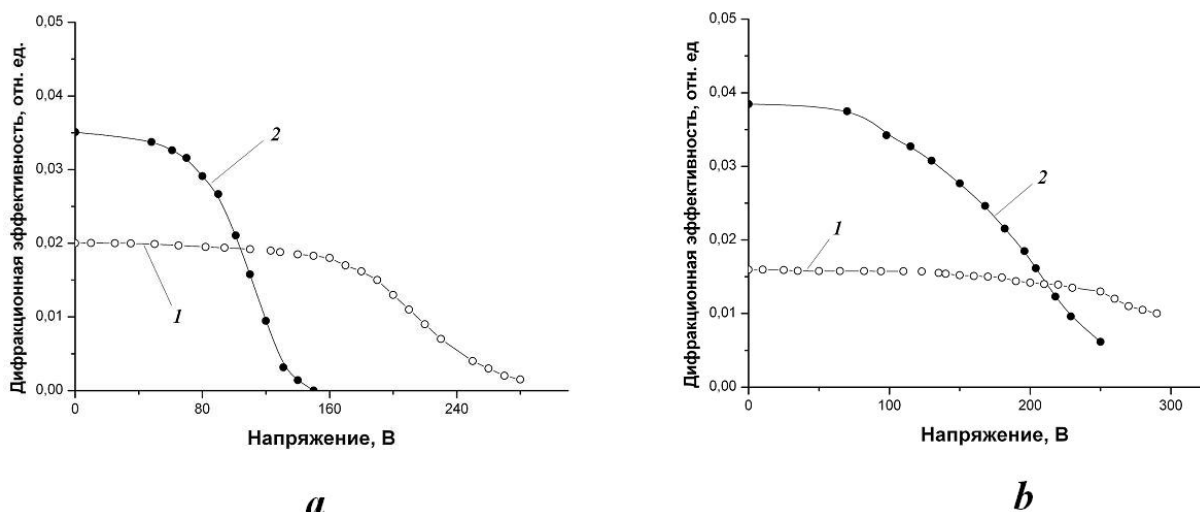


Рис. 3 Зависимость ДЭ поляризационной голографической решётки от приложенного напряжения для различных периодов:
1 – период 19 мкм; 2 – период 30 мкм. Толщина ЖК-композиита: *a* - 20 мкм; *b* - 50 мкм.

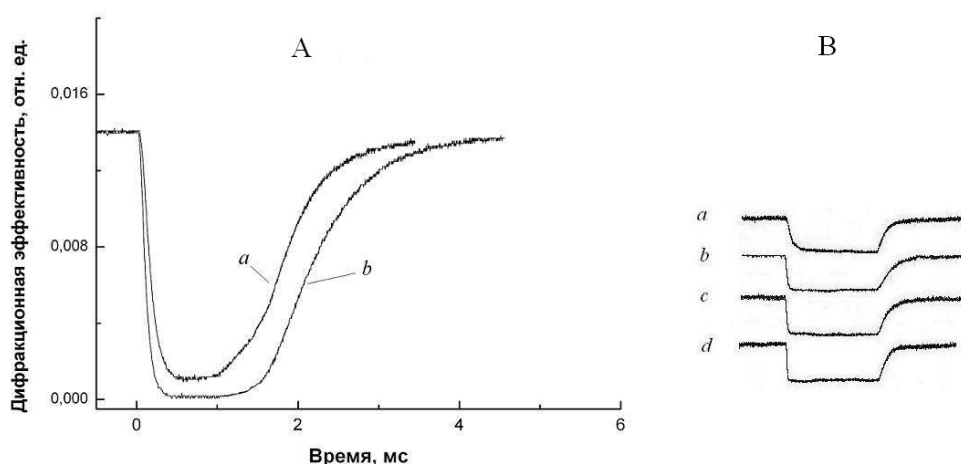


Рис. 4 Отклик первого порядка дифракции на прямоугольный импульс напряжения U .
 А - длительность импульса 1 мс. $a - U=138$ В, $b - U=180$ В.
 В - осциллограмма отклика на прямоугольный импульс
 длительностью 10 мс. $a - U=114$ В; $b - U=138$ В; $c - U=174$ В; $d - U=200$ В.

Измеренные значения t_{on} , в зависимости от управляющего напряжения, превышающего критическое, находились в диапазоне 0,25-0,4 мс. С ростом длительности импульса время t_{off} при одном и том же управляющем напряжении также увеличивалось. Так, при длительности импульса 1 мс $t_{off} \sim 2$ мс, а при длительности 50 мс – $t_{off} \sim 4$ мс. Это может быть обусловлено тем, что с ростом длительности импульса в процесс переориентации будут вовлекаться медленные процессы ориентации слоев НЖК, прилегающих к поверхности полимера. С уменьшением периода поляризационной решетки увеличивается ее время отклика ($t_{on} + t_{off}$). Так, при одной и той же напряженности, превышающей критическую, и длительности импульса 5 мс, время отклика составило ~ 2.4 мс, для $\Lambda=30$ мкм и ~ 2.8 мс для $\Lambda=19$ мкм. Сравнение динамических характеристик исследованных поляризационных решёток и голографических решёток, записанных в ЖК-композитах, показало, что значения t_{on} у них близки, а t_{off} у поляризационных решёток заметно меньше при одинаковых параметрах управляющего сигнала [7]. Вероятно, это связано с более слабым эффектом «памяти», при отключения приложенного напряжения у поляризационных решёток и обусловлено особой структурой НЖК, формирующейся при их записи, а также отсутствием ориентирующих слоев.

Заключение.

С использованием метода поляризационной голографии, в ЖК-композитах сформированы поляризационные голографические решётки, оптическими свойствами которых можно управлять. ДЭ таких решёток и критическое напряжение зависят от условий формирования решётки и от толщины ЖК-композита. Напряжённость электрического поля, при которой происходит переключение поляризационной решётки из дифракционного состояния в прозрачное, с увеличением её периода уменьшается. Измеренные t_{on} , находились в диапазоне 0,25-0,4 мс. t_{off} возрастало с увеличением длительности управляющего импульса.

При нагревании решётки до температуры $\sim 80^\circ\text{C}$ её дифракционные свойства исчезают, а при охлаждении – вновь восстанавливаются с небольшим гистерезисом.

ДЭ поляризационных голографических решёток и состояния поляризации дифрагировавшего и не дифрагировавшего излучения зависят от поляризации пробного пучка.

Работа выполнена при поддержке Междисциплинарного интеграционного проекта Президиума Сибирского отделения РАН № 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Matharu A.S., Jeeva S., Ramanujam P.S.* Liquid crystals for holographic optical data storage// *Chem. Soc. Rev.* - 2007. -Vol. 36. -P. 1868-1880.
2. *Yu W., Konishi T., Hamamoto T.* et al. Polarization-multiplexed diffractive optical elements fabricated by subwavelength structures// *Appl. Opt.* -2002. -Vol. 41.- No. 1.- P. 96-100.
3. *Ono H., Takahashi F., Emoto A.* et al. Polarization holograms in azo dye-doped polymer dissolved liquid crystal composites// *J. of Appl. Phys.* -2005. -Vol. -97. -P. 053508.
4. *Mazzulla A., Pagliusi P., Provenzano C.* et al. Surface relief gratings on polymer dispersed liquid crystals by polarization holography// *Appl. Phys. Lett.* -2004. - Vol. 85.- No 13. -P. 2505-2507.
5. *Жаркова Г.М., Петров А.П., Стрельцов С.А.* и др. Поляризационные голографические решетки в жидкокристаллических композитах// *Вестник НГУ, серия Физика.* -2012. - Вып. 2. - Т. -7. С. 5-14.
6. *Жаркова Г.М., Петров А.П., Стрельцов С.А. и др.* Дифракция света на поляризационных голографических решетках, записанных в жидкокристаллических композитах// *Жидкие кристаллы и их практическое использование.* -2011. -Вып. 1. - С. 36-42.
7. *Жаркова Г.М., Самсонова И.В., Петров А.П. и др.* Поляризационные характеристики полимерно-жидкокристаллических дифракционных решеток// *Оптический журнал.* -2008. -Т. 75.- № 8.- С. 48-52.

MANAGEMENT OF THE RADIATION DIFFRACTING ON POLARIZATION HOLOGRAPHIC GRATINGS

G. Zharkova, S. Streltsov

*S.A. Khristianovich Institute of Theoretical and Applied Mechanics
of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science
4/1, Institutskaya st., Novosibirsk, 630090, Russia*

Abstract. The method of polarizing holography, in liquid crystal composites created the polarizing holographic gratings which supramolecular structure can be operated. Influence of an azimuthal angle of polarization of a probe beam on diffraction efficiency of such gratings, and also distinction in polarizing conditions of the diffracted and not diffracted light is investigated. Electrooptical effects are studied, possibility of thermooptical switching of gratings is shown.

Keywords: liquid crystals, liquid crystal composites, polarization holography.