

Экспериментальное исследование формирования и считывания неоднородных голографических ФПМ–ЖК структур

А.О. Семкин^{1,*}, С.Н. Шарангович^{1,†}, Е.В. Васильев^{2,‡}, В.В. Шелковников^{2,§}

¹Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, радиотехнический факультет, кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники, Россия, 634050, Томск, пр. Ленина, д. 40

²Новосибирский институт органической химии имени Н.Н.Ворожцова Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория органических светочувствительных материалов, Россия, 630090, Новосибирск, пр. академика Лаврентьева, д. 9

В работе приведены результаты экспериментальных исследований дифракционной эффективности и селективных свойств (угловой и поляризационной селективности) голографических неоднородных фотонных структур, сформированных в композиционных фотополимерно-жидкокристаллических материалах, при разных концентрациях компонентов исходной смеси. Оптимизирован компонентный состав предположительной смеси с точки зрения максимума дифракционной эффективности фотонной структуры. Исследованы зависимости дифракционных и поляризационных характеристик полученных образцов от величины внешнего электрического поля.

PACS: 42.40.Ht, 42.40.Eq, 42.40.Lx, 42.70.Df, 42.70.Jk, 42.70.Lp

УДК: 535.421, 544.252

Ключевые слова: полимер, жидкий кристалл, фотополимерно-жидкокристаллические материалы, неоднородные фотонные структуры.

Большой интерес, проявляемый в настоящее время к голографическим фотонным структурам (ГФС), записанным в композиционных фотополимерно-жидкокристаллических (ФПМ–ЖК) материалах, обусловлен рядом факторов. Одним из них является простота и невысокая стоимость создания динамически управляемых, селективных по углу, длине волны и поляризации падающего излучения дифракционных элементов на их основе. Ранее, процессы голографической записи и считывания подобных структур были широко изучены теоретически [1–4] и экспериментально [5–10]. Было показано [9], что дифракционные и селективные характеристики полученных образцов зависят от состава ФПМ–ЖК–композиции и условий записи. Кроме этого, в [5,9,10] показано, что данными характеристиками можно управлять путем воздействия внешнего электрического поля.

Целью данной работы является экспериментальное исследование кинетики формирования ГФС при разных концентрациях жидкого кристалла, оптимизация ее компонентного состава с точки зрения максимума дифракционной эффективности.

Экспериментальные образцы изготавливались в Новосибирском институте органической химии имени Н.Н.Ворожцова. Компонентный состав предположительной композиции приведен в табл. 1.

Указанные компоненты смешивались в органических растворителях до получения гомогенного раствора, затем смесь методом полива наносилась на предметное

стекло и высушивалась до полного испарения растворителя. Концентрация молекул жидкого кристалла составляла 10 %, 20 %, 30 %, 40 % и 50 % масс. Кроме этого была приготовлена композиция, не содержащая ЖК.

Формирование фотонных структур производилось двумя линейно поляризованными пучками когерентного лазерного излучения, формируемого гелий-неоновым лазером (длина волны 633 нм). В процессе записи путем измерения интенсивности записываемых пучков контролировалась дифракционная эффективность записываемой структуры. Схема экспериментальной установки записи ГФС приведена на рис. 1.

Результаты измерения кинетик формирования ГФС при концентрациях молекул ЖК 0%, 10%, 20% и 30 % масс. приведены на рис. 2.

Из рис. 2 видно, что добавление небольшого количества ЖК (10–20 %), с одной стороны, не ухудшает итоговую дифракционную эффективность записанной ГФС, а с другой стороны приводит к повышению нелинейности процесса записи. Данный эффект можно объяснить рассеянием света молекулами ЖК в процессе записи. Добавление 30 % ЖК в композицию приводит к уменьшению дифракционной эффективности. Кроме этого, при концентрации молекул ЖК 20 % масс. наблюдается локальный максимум кинетики в начале процесса записи. Данный эффект может быть объяснен изменением характерного времени диффузии молекул мономера в области максимумов интерференционной картины. При концентрации ЖК 40 % и 50 % наблюдалось высокое рассеяние света и процесса записи ГФС не происходило.

Таким образом, в результате проведенной работы были экспериментально определены дифракционные эффективности ГФС, сформированных из композиций разного компонентного состава (табл. 1). Кроме этого, определены пределы оптимальной концентрации

*E-mail: a.o.semkin@gmail.com

†E-mail: shr@tusur.ru

‡E-mail: vev@nioch.nsc.ru

§E-mail: vsh@nioch.nsc.ru

Таблица I: Состав предполимерной композиции

№	Наименование вещества	Назначение
1	4-Гептил-4'-бифенилкарбонитрил (7СВ)	Жидкий кристалл (ЖК)
2	Акрилоилтиоморфолин	Мономер
3	1,4-бис(акрилоил)пиперазин	Сшивающий мономер
4	Краситель метиленовый голубой	Фотоинициатор
5	6-этокси-2-меркаптобензотиазол	Со-инициатор
6	1-(4-гидроксифенил)-1Н-тетразол-тиол	Со-инициатор
7	Поливинилацетат	Полимерная матрица

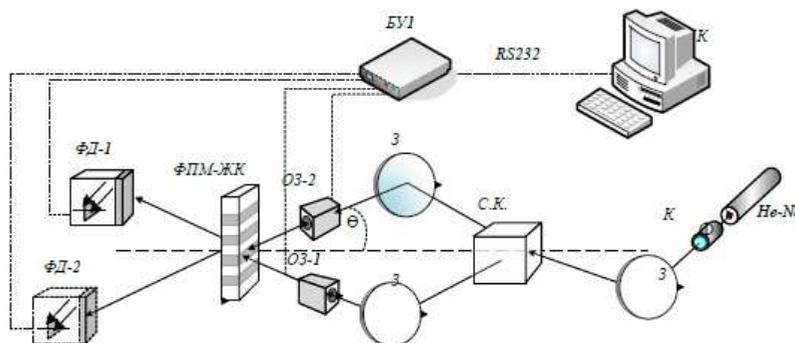


Рис. 1: Схема экспериментальной установки записи ГФС. He-Ne — лазер (длина волны 633 нм); К — коллиматор; 3 — зеркало; С.К. — светоделительный кубик; ОЗ-1,2 — оптические затворы; ФПМ-ЖК — экспериментальный образец; ФД-1,2 — фотодиоды; БУ-1 — блок управления; ПК — персональный компьютер.

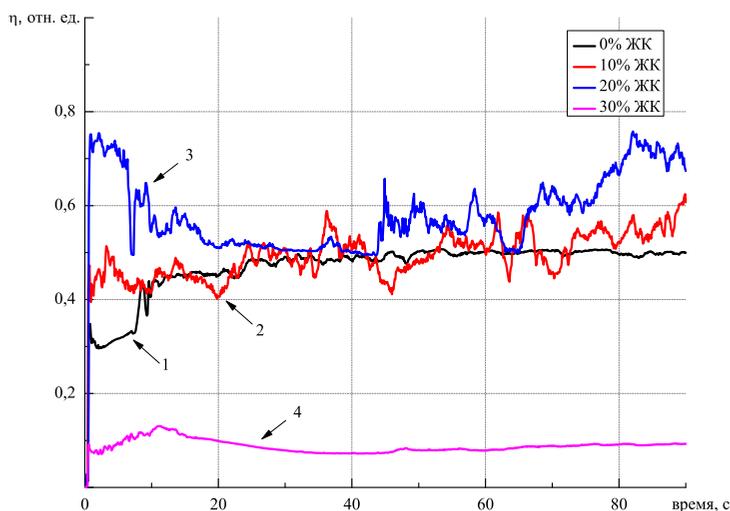


Рис. 2: Кинетики формирования ГФС при разных концентрациях молекул ЖК: 1 — 0% ЖК; 2 — 10% ЖК; 3 — 20% ЖК; 4 — 30% ЖК.

ЖК в исходной предполимерной композиции (20–30 % масс.), при которой итоговая дифракционная эффективность ГФС не ухудшается.

Работа выполнена в рамках проектной части Госзадания Минобрнауки РФ на 2015 г. (проект № 3.878.2014/К).

- [1] *Dovolnov E.A., Sharangovich S.N.* Proceedings of SPIE. **6023**. Article CID Number 602301. P. 1.
- [2] *Довольнов Е.А., Шарангович С.Н.* Изв. вузов. Физика. **48**, № 5. С. 56. (2005).
- [3] *Ustyuzhanin S.V., Nozdrevatykh B.F., Sharangovich S.N.* Physics of Wave Phenomena. **18**, N 4. P. 289. (2010).
- [4] *Устюжанин С.В., Шарангович С.Н.* Известия вузов. Физика. № 2. С. 41. (2011).
- [5] *Семкин А.О., Шарангович С.Н.* Известия РАН. Серия Физическая. **77**, № 12. С. 1722. (2013).
- [6] *Sutherland R.L. et al.* J. Opt. Soc. Am. B. **19**, N 12. (2002).
- [7] *Sutherland R.L. et al.* J. Appl. Phys. **96**, N 2. P. 951. (2004).
- [8] *Bowley C.C., Crawford G.P.* Appl. Phys. Lett. **76**, N 16. P. 2235. (2000).
- [9] *Жаркова Г.М. и др.* Автометрия. **40**, № 1. С. 89. (2004).
- [10] *Zharkova G. et al.* Microelectronic Engineering. **81**. P. 281. (2005).
- [11] *Zharkova G.M. et al.* High Energy Chemistry. **42**, N 7, P. 546. (2008).

Experimental investigation of non-uniform holographic PDLC structures formation and reading

A.O. Semkin^{1,a}, S.N. Sharangovich^{1,b}, E.V. Vasiliev^{2,c}, V.V. Shelkovnikov^{2,d}

¹*Department of microwave and quantum radio engineering, faculty of radio engineering, Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics Tomsk, 634050, Russia*

²*Laboratory of Organic Photosensitive Materials, N. N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute Of Organic Chemistry Novosibirsk, 630090, Russia*

E-mail: ^a*a.o.semkin@gmail.com*, ^b*shr@tusur.ru*, ^c*vev@nioch.nsc.ru*, ^d*vsh@nioch.nsc.ru*

The paper presents the results of experimental studies of the diffraction efficiency and selective properties (angular and polarization selectivity) of holographic inhomogeneous photonic structures formed in composite polymer-dispersed liquid crystals with different concentrations of the initial mixture components. Prepolymer mixture component composition was optimized in terms of the photonic structure diffraction efficiency maximum. The dependence of the samples diffraction and polarization characteristics on the external electric field value were obtained.

PACS: 42.40.Ht, 42.40.Eq, 42.40.Lx, 42.70.Df, 42.70.Jk, 42.70.Ln.

Keywords: polymer, liquid crystal, polymer-dispersed liquid crystals, inhomogeneous photonic structures.

Received 27.07.2015.

Сведения об авторах

1. Семкин Артем Олегович — аспирант, ассистент, младший научный сотрудник; тел.: 8(923) 427-59-95, e-mail: a.o.semkin@gmail.com.
2. Шарангович Сергей Николаевич — канд. физ.-мат. наук, зав. каф. СВЧиКР, профессор; тел.: (3822) 41-36-43, e-mail: shr@tusur.ru.
3. Васильев Евгений Владимирович — канд. хим. наук, старший научный сотрудник; тел.: (383) 330-96-42, e-mail: vev@nioch.nsc.ru.
4. Шелковников Владимир Владимирович — доктор хим. наук, зав. лабораторией; тел.: (383) 330-88-67, e-mail: vsh@nioch.nsc.ru.