

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФРАКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ДИФРАКЦИОННЫХ ФПМ-ЖК СТРУКТУР

Викулина И.А.

Викулина Ирина Андреевна – студент,  
кафедра сверхвысокочастотной и квантовой радиотехники, радиотехнический факультет,  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск

**Аннотация:** в работе представлены результаты исследования зависимости дифракционной эффективности голографической дифракционной структуры (ГДС) в ФПМ-ЖК от угла поляризации считывающего излучения. Исследовалась зависимость дифракционной эффективности от угла поляризации. Угол поляризации падающего излучения изменялся от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  с шагом в  $5^\circ$ .

**Ключевые слова:** фотополимерно-жидкокристаллические материалы, ФПМ-ЖК, дифракционная эффективность, голографическая дифракционная структура.

В настоящее время оптические элементы на основе систем дифракционных решеток и волноводных каналов, выполненных на одной подложке, находят самое широкое применение. Большой интерес, проявляемый в настоящее время к голографическим дифракционным структурам, записанным в композиционных фотополимерно-жидкокристаллических материалах (ФПМ-ЖК), обусловлен в том числе простотой и невысокой стоимостью создания динамически управляемых, селективных по углу, длине волны и поляризации падающего излучения дифракционных элементов [1-5] и волноводных каналов [6-8] на их основе.

Наиболее распространенным методом формирования дифракционных структур в ФПМ-ЖК является голографический способ [1-5, 9-12].

В [9-12] было показано, что дифракционные и селективные характеристики полученных образцов зависят от состава ФПМ-ЖК-композиции и условий записи. Кроме этого, данными характеристиками можно управлять путем воздействия внешнего электрического поля.

Целью данной работы является исследование зависимости дифракционной эффективности голографической дифракционной структуры (ГДС) в ФПМ-ЖК от угла поляризации считывающего излучения.

На рисунке 1 представлена схема экспериментальной установки.

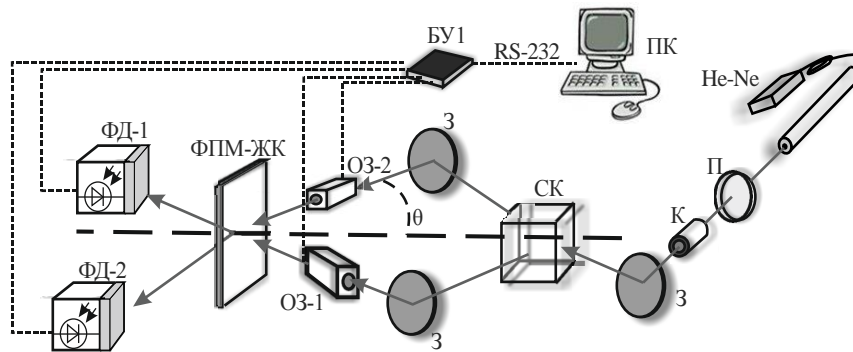


Рис. 1. Схема экспериментальной установки формирования ГДС: He-Ne – лазер (длина волны 633 нм., круговая поляризация); П – поляризатор; К – коллиматор; З – зеркало; СК – светоделительный кубик; ОЗ-1,2 – оптические затворы; ФПМ-ЖК – экспериментальный образец; ФД-1,2 – фотодиоды; БУ-1 – блок управления; ПК – персональный компьютер

Формирование дифракционных структур производилось двумя линейно поляризованными пучками гелий-неонового лазера (длина волны 633 нм). Угол поворота плоскости поляризации записывающего излучения был установлен  $90^\circ$  (в плоскости рис. 1). Процесс формирования ГДС описан в [1].

После завершения процесса записи при падении лазерного излучения на ГДС на выходе наблюдалась картина дифракции Брэгга с двумя яркими максимумами излучения.

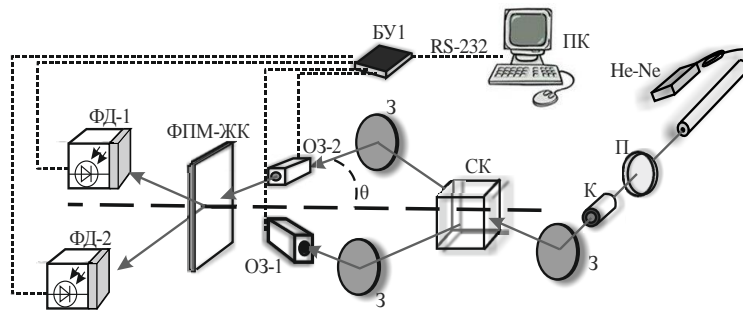


Рис. 2. Схема экспериментальной установки считывания ГДС

Дифракционная эффективность (ДЭ) ГДС определяются выражением:

$$\eta(\alpha) = \frac{I_d}{I_d + I_t} \cdot 100\% \quad 1)$$

где  $\eta(\alpha)$  – дифракционная эффективность;  $\alpha$  – угол полярзации падающего излучения;  $I_d$  – интенсивность дифрагировавшего пучка;  $I_t$  – интенсивность проходящего пучка.

Считывание ГДС проводилось линейно поляризованным лазерным излучением с изменяющимся углом полярзации. Угол поворота плоскости полярзации менялся физически, путем вращения поляризатора (рис. 2).

Далее исследовалась зависимость дифракционной эффективности от угла полярзации. Угол полярзации падающего излучения изменялся от  $0^\circ$  до  $360^\circ$  с шагом в  $5^\circ$ , данное действие повторялось до 4 раз, интенсивности прошедшего и дифрагировавшего пучка (1) оценивались по величине фототока соответствующих фотодиодов ФД-1, ФД-2 (рис. 1,2,7). В каждом образце было сформировано несколько дифракционных решеток.

Результаты экспериментов по изучению зависимости ДЭ от угла поворота плоскости полярзации при комнатной температуре ( $22^\circ\text{C}$  -  $24^\circ\text{C}$ ) приведены на рисунках 3-6.

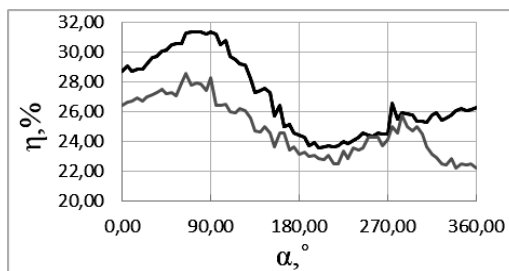


Рис. 3. Зависимость дифракционной эффективности от угла полярзации для образца с 25% ЖК, структура № 1

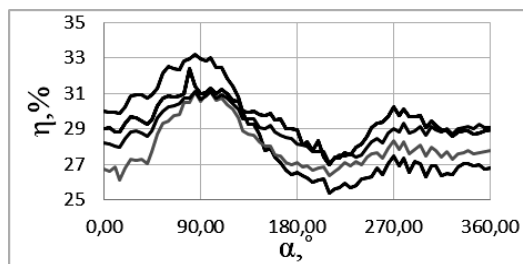


Рис. 4. Зависимость дифракционной эффективности от угла полярзации для образца с 25% ЖК, структура № 2

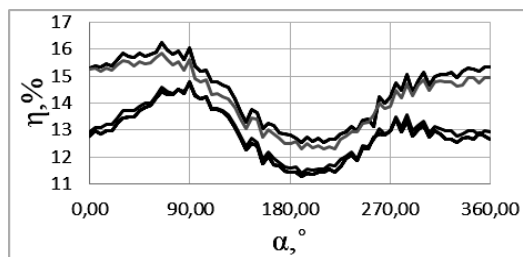


Рис. 5. Зависимость дифракционной эффективности от угла полярзации для образца с 25% ЖК, структура № 3

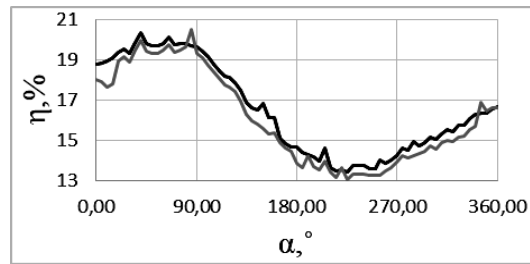


Рис. 6. Зависимость дифракционной эффективности от угла поляризации для образца с 30% ЖК, структура № 1

Различие значений дифракционной эффективности различных ГДС в образце можно объяснить неоднородностью нанесенной композиции. Наличие локальных минимумов и максимумов зависимости (характерное для всех экспериментов на каждой структуре), вероятно, обусловлено формированием в образце капель ЖК аналогично [9], а также отклонением ориентации молекул ЖК в каплях от преимущественного направления.

Эффективность записанной дифракционной структуры зависит от поляризации считывающего излучения, что говорит об анизотропии оптических свойств материала. Из зависимостей на рис. 3-6 видно, что в образце с 25% ЖК имеется два максимума ДЭ в области 90° и 270°, а также два минимума в области 0° и 180°. В образце с 30% ЖК наблюдается максимум ДЭ только в области 90° и минимум в области 250°-270°. Различие в углах поворота плоскости поляризации, соответствующих минимумам и максимумам дифракционной эффективности (рис. 3-6), вероятно, обусловлено различием ориентации капель ЖК и, соответственно, оптической оси материала в двух исследуемых образцах. Результаты соответствуют полученным ранее другими авторами для других композиций [13, 14].

Таким образом, описанная фотополимеризующая композиция позволяет голографически формировать дифракционные структуры. При этом наличие в ней молекул термотропного нематического жидкого кристалла обуславливает анизотропию её оптических свойств.

#### Список литературы

1. Семкин А.О. Экспериментальное исследование формирования и считывания неоднородных голографических ФПМ-ЖК структур / А.О. Семкин, С.Н. Шарангович, Е.В. Васильев, В.В. Шелковников // Ученые записки физического факультета Московского университета, 2015. № 4. С. 154304-1-154304-3.
2. Семкин А.О. Голографическое формирование поляризационных фотонных структур в капсулированных полимером жидких кристаллах / А.О. Семкин, С.Н. Шарангович, Д.И. Малышева, О.В. Незнанова, Д.И. Сон, С.И. Сон // Известия вузов. Физика, 2015. Том 58. № 11/3. С. 35-39.
3. Семкин А.О. Дифракция света на фотонных ФПМ-ЖК структурах при воздействии плавно пространственно неоднородного электрического поля / А.О. Семкин, С.Н. Шарангович, К.В. Волченко, В.О. Долгирев, А.В. Куркин // Известия вузов. Физика, 2015. Том 58. № 11/3. С. 88-91.
4. Семкин А.О. Дифракция световых пучков на голографических поляризационных фотонных ФПМ-ЖК-структурах при воздействии пространственно неоднородного электрического поля / А.О. Семкин, С.Н. Шарангович // Известия вузов. Физика, 2015. Т. 58. № 8/3. С. 239-244.
5. Семкин А.О. Голографическое формирование неоднородных дифракционных структур в ФПМ-ЖК с учетом фотополимеризационно-диффузионного и поляризационного механизмов записи / А.О. Семкин, С.Н. Шарангович // Электронные средства и системы управления: Материалы докладов X Международной научно-практической конференции (12-14 ноября 2014 г.), 2014. Ч. 1. С. 180-189.
6. Mensov S.N., Waveguiding elements optical formation at light beams interaction in transparent photopolymerizable compositions / S.N. Mensov, Yu.V. Polushtaytsev // CAOL 2005, 12-17 September 2005. Yalta. Crimea. Ukraine. P. 137-139.
7. Менсов С.Н. Оптическое формирование стабильных волноведущих структур из фотополимеризующейся композиции с неполимеризующимся компонентом / С.Н. Менсов, Ю.В. Полуштайцев // Квантовая электроника, 2012. № 6. С. 545-550.
8. Hybrid Photonic Integration on a Polymer Platform / Z. Zhang, D. Felipe, V. Katopodis et al. // Photonics, 2015. № 2. P. 1005-1026.
9. Liquid crystal photopolymer composite with a periodic structure / G.M. Zharkova, I.V. Samsonova, S.A. Streltsov et al. // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, 2004. Vol. 40. № 1. P. 76-81.
10. Sutherland R.L. Polarization and switching properties of holographic polymer dispersed liquid-crystal grating. I. Theoretical model // JOSA B, 2002. Vol. 19. № 12. P. 2995-3003.
11. Mass transfer processes induced by inhomogeneous photo- polymerization in a multicomponent medium / R. Caputo, A.V. Sukhov, N.V. Tabirian et al. // Chemical Physics, 2001. № 217. P. 323-335.

12. *Abbate G.* Dynamical electro-optical characterization of polycrystalline gratings / *G. Abbate, A. Marino, F. Vita* // *Acta physica polonica A.*, 2003. Vol. 103. № 2–3. P. 177–186.
13. *Жаркова Г.М.* Поляризационная зависимость дифракционной эффективности голографически сформированных полимерно-жидкокристаллических объемных решеток / *Г.М. Жаркова, И.В. Самсонова, В.М. Хачатурян* // *Жидкие кристаллы и их практическое использование*, 2008. № 2 (24). С. 46-53.
14. *Sutherland R.L.* Polarization and switching properties of holographic polymer dispersed liquid-crystal grating. II. Experimental investigation // *JOSA B*, 2002. Vol. 19. № 12. P. 3004–3012.