

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ДИФРАКЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГДС ОТ УГЛА ПАДЕНИЯ СЧИТЫВАЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ФПМ

Викулина И.А.

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

В настоящее время интегральные оптические элементы на основе систем дифракционных решеток и волноводных каналов, выполненных на одной подложке, находят самое широкое применение. В связи с этим поиск новых материалов, перспективных с точки зрения формирования в них подобных структур и управления их оптическими свойствами, представляется весьма актуальным [1]. Ранее [2] теоретически была показана возможность голографического формирования электрически управляемой системы волноводных каналов с квазипрямоугольным профилем показателя преломления в композиционных фотополимерно-жидкокристаллических материалах. В основе разработанной модели лежит представление изменения показателя преломления материала в виде ряда Фурье по пространственным гармоникам и определение их амплитуд. Было показано, что при малых углах падения записывающих пучков, профиль формируемой структуры близок к прямоугольному.

Целью данной работы является экспериментальное исследование влияния угла падения записывающих пучков на гармонический состав формируемой структуры в фотополимерных материалах (ФПМ).

Формирование голографических дифракционных структур (ГДС) производилось по симметричной схеме, методом импульсной записи [3] в образцах фотополимерной композиции, изготовленной в НИОХ СО РАН [4], двумя линейно поляризованными пучками гелий-неонового лазера (длина волны 633 нм, суммарная мощность пучков – 1 мВт, диаметр поперечного сечения ~2 мм). Экспериментальные образцы представляют собой тонкую (~70 мкм) пленку ФПМ, нанесенную на стеклянную подложку. После завершения процесса записи при падении лазерного излучения на ГДС на выходе наблюдалась картина дифракции с набором ярких максимумов излучения. Схема экспериментальной установки по записи и считыванию ГДС приведена на рисунке 1.

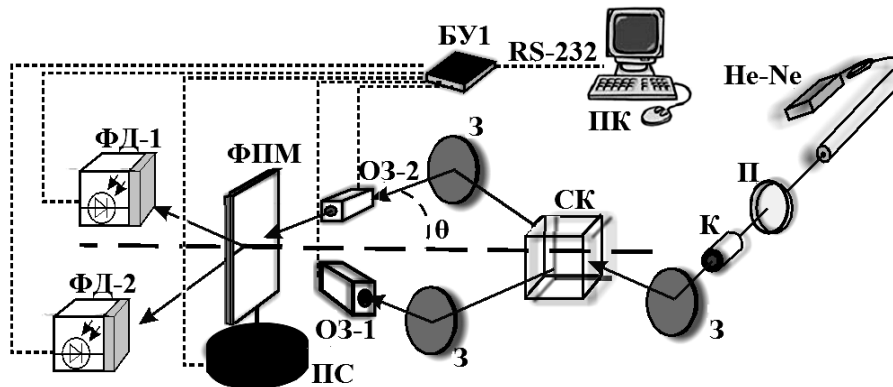


Рис. 1. Схема экспериментальной установки считывания ГДС с изменяющимся углом падения: He-Ne – лазер (длина волны 633 нм., круговая поляризация); П – поляризатор; К – коллиматор; 3 – зеркало; С.К. – светоделительный кубик; ОЗ-1,2 – оптические затворы; ПС – поворотный столик; ФПМ – экспериментальный образец; ФД-1,2 – фотодиоды; БУ-1 – блок управления; ПК – персональный компьютер.

Считывание ГДС производилось путем измерения величины фототока фотоприемников установки при падении на ГДС одного пучка излучения (Рисунок 1). Для определения зависимости амплитуд первых двух гармоник показателя преломления от угла падения записывающих пучков были проведены измерения дифракционной эффективности (ДЭ) ГДС по формуле:

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

где η – дифракционная эффективность; I_d – интенсивность дифрагировавшего пучка; I_t – интенсивность прошедшего пучка.

Для первой гармоники ГДС измерения проводились сразу после записи. Для второй гармоники путем вращения поворотного столика (ПС на рисунке 1) устанавливался такой угол падения считывающего излучения, который соответствовал бы выполнению условий дифракции Брэгга на второй гармонике.

Затем производились измерения фототока фотодиодов для соответствующих максимумов. Соотношение дифракционных эффективностей, полученных для дифракции на первой и второй гармониках одних и тех же структур, в зависимости от угла падения записывающих пучков приведено на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, с увеличением угла падения записывающих пучков, снижается интенсивность дифрагировавшего на второй гармонике пучка. Это связано с тем, что с увеличением угла падения уменьшается период структуры, что приводит к росту скорости диффузионных процессов и формированию структуры, близкой к гармонической [5, 6].

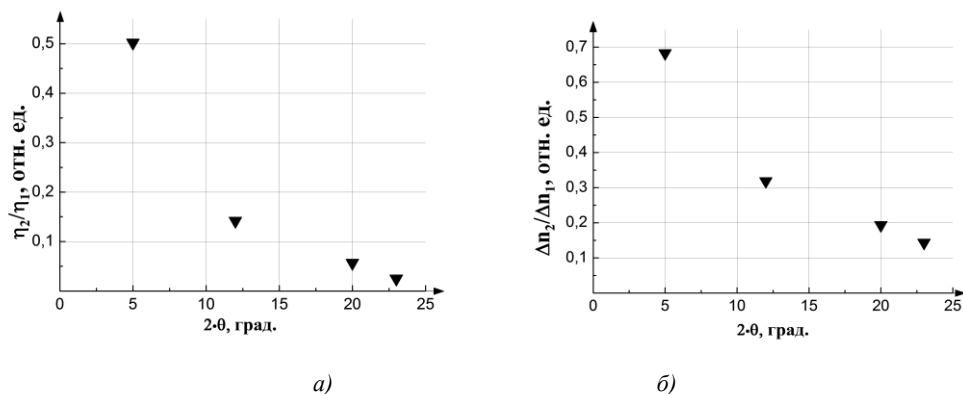


Рис. 2. Зависимость отношения: а) ДЭ второй гармоники к ДЭ первой гармоники и б) их амплитуд от угла схождения формирующих пучков

Дифракционная эффективность и величина изменения показателя преломления связаны известным выражением Когельника [8]:

$$\Delta n = \frac{\lambda \cos \theta}{\pi d} \cdot \arcsin(\sqrt{\eta}), \quad (2)$$

где θ – угол Брэгга; d – толщина образца.

Таким образом, соотношение ДЭ для двух гармоник (рисунок 2а) можно рассчитать из соотношения их амплитуд (рисунок 2б).

В работе [2] было показано, что именно увеличение амплитуд высших пространственных гармоник обуславливает преобразование профиля показателя преломления до квазипрямоугольного вида. Таким образом, в данной работе экспериментально показана принципиальная возможность голографического формирования в ФПМ структур со сложным пространственным профилем, которые потенциально могут быть использованы как система волноводных каналов.

Список литературы

1. Волченко К.В., Кругляков С.А., Семкин А.О. Пропускающие голографические дифракционные структуры в фотополимерно-жидкокристаллическом композиционном материале // Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2016». Томск, 25-27 мая 2016 г. – Томск: Из-во «В-Спектр», 2016. Ч. 2. С. 281-284.
2. Викулина И.А., Гусаченко К.О., Дудник Д.И., Семкин А.О. Теоретическая модель голографического формирования системы управляемых волноводных каналов в композиционных ФПМ-ЖК материалах // Материалы Международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Научная сессия ТУСУР-2016». Томск, 25-27 мая 2016 г. Томск: Из-во «В-Спектр», 2016. Ч. 2. С. 260-263.
3. Семкин А.О., Шарангович С.Н., Васильев Е.В., Шелковников В.В. Экспериментальное исследование формирования и считывания неоднородных голографических ФПМ-ЖК структур // Ученые записки физического факультета Московского университета. 2015. №4. С. 154304-1–154304-3.
4. Пат. 2222038 Российская Федерация, Фотополимерная композиция для записи голограмм/Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН. № 2002100510/04; заявл. 08.01.02; опубл. 20.01.04.
5. Довольнов Е.А., Шарангович С.Н., Устюжанин С.В. Импульсная запись пропускающих и отражающих голографических дифракционных решеток в поглощающих фотополимерах. 1. Теоретический анализ // Известия вузов. Физика, 2007. Т. 50. № 1. С. 58.

6. Довольнов Е.А., Миргород В.Г., Пен Е.Ф., Шарангович С.Н., Шелковников В.В. Импульсная запись пропускающих и отражающих голографических дифракционных решеток в поглощающих фотополимерах.
7. Численное моделирование и эксперимент // Известия вузов. Физика, 2007. Т. 53. № 4. С. 34-39.
8. *Kogelnik H.* Coupled Wave Theory for Thick Hologram Gratings. The Bell System Technical Journal, 1969. P. 2909–2947.