

ДИФРАКЦИЯ СВЕТОВЫХ ПУЧКОВ НА ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ

К.Г. Комяк

*Белорусский государственный университет;
fiz.komyak@bsu.by;
науч. рук. - Толстик А. Л., д-р физ.-мат. наук, проф-*

Работа посвящена изучению дифракционных и поляризационных свойств электрически управляемых одномерных решеток с периодической бинарной ориентацией нематического жидкого кристалла, период и толщина которых составляет 20 мкм. Описана технология создания жидкокристаллических дифракционных решеток новейшим бесконтактным методом текстурированной фотоориентации. В качестве фотоориентанта использовался светочувствительный азокраситель AtA-2, синтезированный в ЛМТЖКУ Института химии новых материалов Национальной академии наук Беларуси. Проанализированы полученные зависимости дифракционной эффективности в различных порядках дифракции от напряжения, а также поляризационные диаграммы. Реализовано пространственно-поляризационное управление лазерным излучением с помощью жидкокристаллических дифракционных решеток. Результаты работы перспективны для создания жидкокристаллических устройств, решающих актуальные задачи поляризационной фотоники.

Ключевые слова: дифракционная структура; текстурированная фотоориентация; нематический жидкий кристалл; оптическая анизотропия; азокраситель.

ВВЕДЕНИЕ

Одно из перспективных и интенсивно развивающихся направлений оптики – это разработка и создание управляемых дифракционных элементов на основе жидких кристаллов (ЖК), формирующих световое поле с заданными свойствами. Такой повышенный интерес объясняется уникальными свойствами ЖК-элементов: тонкий оптический слой, низкое рабочее напряжение, высокая анизотропия и дешевизна изготовления [1]. Целью работы являлось исследование оптических свойств электрически переключаемых дифракционных структур, созданных на основе многодоменной ориентации нематического жидкого кристалла. Исследуемые в работе ЖК-элементы были созданы методом фотоориентации. Важным элементом данной методики является фотоориентант, который задает граничные условия ориентации директора жидкого кристалла на поверхности. Эксперименты проводились с двумя типами ЖК дифракционных элементов: «твист/планар» и «твист +45°/твист -45°».

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании использовался нематический жидкий кристалл ЖК 1282 (НИОПИК, Россия) : $n_o=1,509$, $n_e=1,678$.

Дифракционные решетки были созданы методом фотоориентации. До осуществления самой фотоориентации была проведена очистка стеклянной подложки. Затем стеклянная подложка равномерно покрывалась токопроводящим слоем оксида индия-олова (ITO). Далее методом род коутинга (Road Coating) наносилась плёнка азокрасителя AtA-2, который является разработкой ЛМТЖКУ ИХНМ НАН Беларуси. Затем производился отжиг плёнки для удаления остатков растворителя.

Засветка полученной структуры осуществлялась линейно поляризованным светом ($\lambda=465$ нм). Благодаря уникальным свойства азокрасителя его молекулы ориентируются перпендикулярно поляризации падающего излучения. Повторная засветка проводилась светом той же длины волны, но с ортогональной поляризацией и через маску-транспарант. Молекулы азокрасителя, которые оказываются под пропускающей частью маски, вновь переориентируются в направлении, перпендикулярном поляризации активирующего излучения.

Таким образом, на подложке была получена планарная ориентация молекул азокрасителя с чередующимися областями, в которых молекулы перпендикулярны друг другу.

Вторая подложка с пленкой азокрасителя облучалась линейно-поляризованным излучением равномерно. Затем обе подложки склеивались, а в зазор между ними вводился ЖК-материал капиллярным способом. Молекулы ЖК сцепляются с молекулами азокрасителя и повторяют их ориентацию.

В зависимости от желаемой ЖК-структуры можно комбинировать подложки с различной ориентацией молекул. В данной работе исследовались ЖК-ячейки типа «твист/планар» и «твист $+45^\circ$ /твист -45° » [2].

Для исследования дифракционных свойств ЖК-решеток собиралась установка, состоящая из следующих элементов: *He-Ne*-лазер, полуволновая пластинка, непосредственно ЖК-ячейка, поляризатор (в случае изучения поляризационных свойств), фотоприемник, генератор электрических импульсов (в случае изучения дифракционных свойств).

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученная зависимость дифракционной эффективности в нулевом и первом порядке дифракции от напряжения для ячейки типа «твист/планар» (рис.1) позволяет судить о том, что существует пороговое напряжение порядка 1,75 В, при котором ячейка начинает реагировать на прило-

женное внешнее электрического поле. При оптимальном значении напряжения ($\sim 3,0$ В) дифракционная эффективность в первом порядке достигает максимума ($\sim 30\%$), а в нулевом – минимума. При напряжении выше 5,0 В происходит переориентация директора ЖК и разрушение дифракционной структуры.

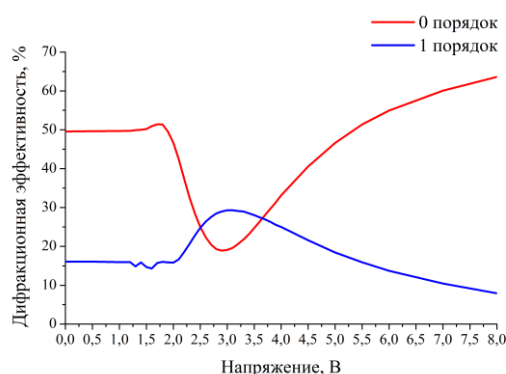


Рис. 1. Зависимость дифракционной эффективности от напряжения для 0-го и 1-го порядков в случае ЖК-ячейки с бинарной ориентацией «твист/планар»

Особенности зависимости дифракционной эффективности от напряжения, выявленные для решетки «твист/планар» сохраняются и для решетки «твист $+45^\circ$ /твист -45° ». Максимум эффективности в первом порядке дифракции составляет 30% для обеих ячеек. Отличие состоит в начальной интенсивности прошедшего излучения. Кроме того, при напряжениях от 1,0 до 2,0 В для ячейки типа «твист $+45^\circ$ /твист -45° » наблюдается осциллирующий характер дифракционной интенсивности (рис. 2).

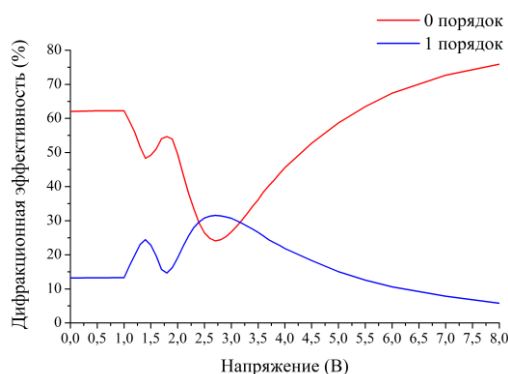


Рис. 2. Зависимость дифракционной эффективности от напряжения для 0-го и 1-го порядков в случае ЖК-ячейки с бинарной ориентацией «твист $+45^\circ$ /твист -45° »

При изучении поляризационных свойств установлено, что независимо от состояния поляризации падающего излучения, проходя через ЖК-ячейку типа «твист/планар», поляризация излучения поворачивается на угол 45° . При этом поляризация в нулевом и первом порядках дифракции всегда ортогональна друг другу (рис. 3).



Рис.3. Зависимость выходной поляризации от падающей для ячейки с бинарной ориентацией «твист/планар»

Экспериментально установлено, что для ячейки «твист $+45^\circ$ /твист -45° » в первом порядке дифракции поляризация излучения сохраняется. Для излучения, имеющего линейную горизонтальную или вертикальную поляризацию, после прохождения через ЖК-ячейку будет наблюдаться изменение поляризации на угол 90° в первом порядке дифракции (рис.4).



Рис.4. Зависимость выходной поляризации от падающей для ячейки с бинарной ориентацией «твист $+45^\circ$ /твист -45° »

Библиографические ссылки

1. А.А.Казак, А.Л.Толстик, Е.А.Мельникова. Управляемые жидкокристаллические элементы на основе компьютерно-синтезированных голограмм элементов // Известия высших учебных заведений. Физика. 2015. Т.58, №11/3. С. 51- 53. ISSN: 0021-3411
2. К.Г.Комяк. Электрические управляемые дифракционные жидкокристаллические элементы // Физика конденсированного состояния [Электронный ресурс] : материалы XXIX междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов. (Гродно, 22–23 апр. 2021 г.) ISBN 978-985-582-413-9