

УДК 538.95

В. С. БЕЗРУЧЕНКО<sup>1,2</sup>, А. А. МУРАВСКИЙ<sup>1</sup>

## ИЗУЧЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ УГЛОВ ПОДВЕСА ГРАДИЕНТНЫХ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОТ ДОЗЫ ЭКСПОНИРОВАНИЯ

<sup>1</sup> Институт химии новых материалов НАН Беларуси,<sup>2</sup> Белорусский государственный университет

(Поступила в редакцию 05.12.2014)

Жидкокристаллические (ЖК) линзы позволяют получать автостереоскопическое 3D-изображение на экране дисплея без использования специальных устройств, таких как 3D-очки. Один из способов получения автостереоскопического изображения – использование матрицы микролинз, помещенных на систему пикселей ЖК-дисплея. Существуют различные способы создания микролинз [1], однако в настоящее время нет стандартных технологий их изготовления ввиду недостатков, имеющихся у всех известных методов, которые связаны с техническими трудностями их реализации, достигаемыми значениями фокусного расстояния, возможностью управления и т. д. В то же время потребность в микролинзах постоянно растет в связи с расширением потенциального рынка их применения, к примеру, пленоптические камеры с матрицей микролинз [2] используются в микроскопах для увеличения глубины фокуса, а также в системах видеонаблюдения с возможностью пострегистрационной перефокусировки и др.

ЖК-линзы получают на основе материалов с переменным углом подвеса, способных ориентировать жидкие кристаллы [1]. Угол подвеса описывает угол между оптической осью ЖК и граничащей с ним поверхностью. На рис. 1 показана ЖК-ячейка с переменным углом подвеса. Новейшие ориентирующие материалы, разработанные совместно Институтом химии новых материалов НАН Беларуси и Белорусским государственным университетом [3], отличаются использованием двух стадий: стандартная процедура натирания, задающая азимутальное направление ориентации, и облучение, формирующее профиль угла преднаклона  $\alpha$  (рис. 1) ориентирующего слоя, необходимого для получения ЖК-линзы. Двухстадийная обработка новых материалов возможна благодаря подобранному составу сополимеров. Последние состоят из трех блоков: светочувствительного блока (С), полученного на основе стирола, метакрилатного мономера, вызывающего вертикальную ориентацию ЖК (ВО), и метакрилатного мономера, вызывающего планарную ориентацию ЖК (ПЛ). В зависимости от процентного содержания блоков образованные сополимеры обладают разными характеристиками. Исследование свойств ориентирующих материалов (в частности, зависимость угла  $\alpha$  от дозы экспонирования) позволяет подобрать оптимальный состав сополимеров и условий их обработки для создания градиентов угла подвеса, применяемых для изготовления ЖК-линз. При выборе состава необходимо руководствоваться следующим условием: материал должен обладать одновременно качественной планарной и вертикальной ориентациями.

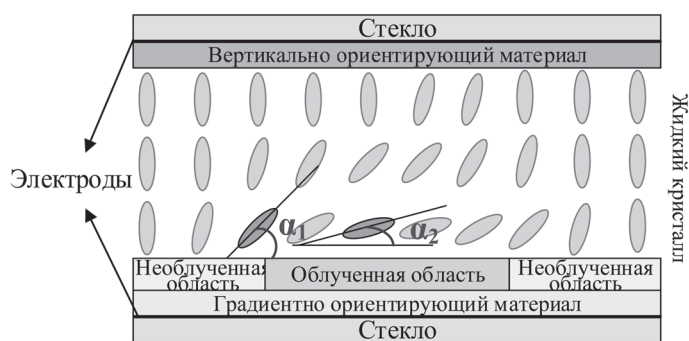


Рис. 1. Схема конфигурации ячейки с градиентом угла преднаклона  $\alpha$  ЖК

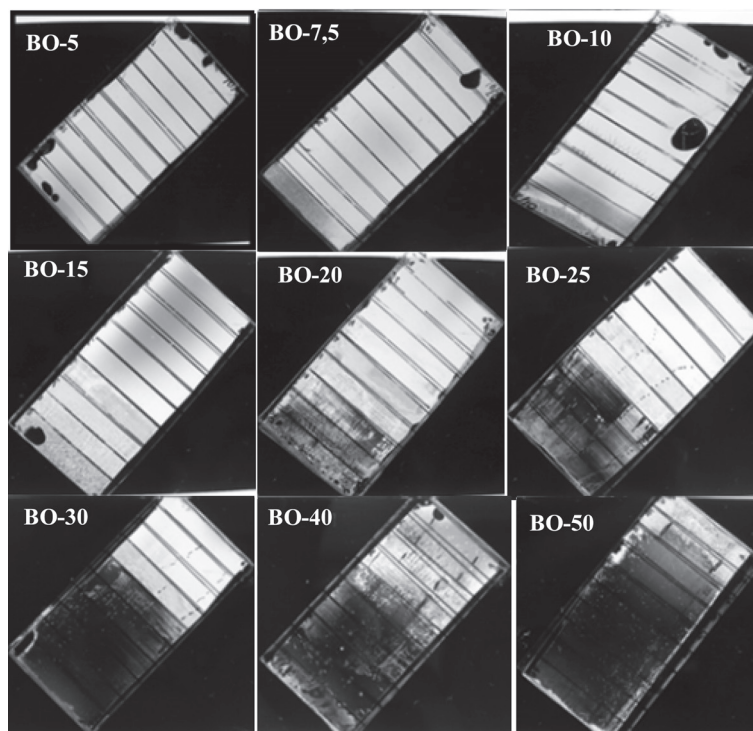


Рис. 2. Фотографии ЖК-ячеек градиентных материалов с процентным содержанием блока ВО от 5 до 50%, разделенных на зоны с временем облучения от 0 до 64 мин

Исследуемые ориентирующие материалы отличаются содержанием ВО: 5%, 7,5, 10, 15, 20%, 25, 30, 40, и 50%, содержание С неизменно остается 10%. Материалы исследовались при помощи автоматизированной системы измерений параметров взаимодействия ЖК с поверхностью подложки. Установка включает в себя гелий-неоновый лазер, детектор, два скрещенных поляризатора и исследуемый образец. Метод анализа взаимодействия ЖК с поверхностью подложки основан на обработке значений пропускания на одной длине волны в зависимости от угла поворота антипараллельной ЖК-ячейки. Установка расположена на рельсе с базой 60 см, что позволяет повернуть образец с точностью до  $1^\circ$ , а вращение ячейки выполнялось автоматически из программного обеспечения с точностью углового позиционирования  $0,05^\circ$ .

Образец готовился следующим образом: при помощи установки для нанесения покрытий методом род коутинга (Maueg-Rod coating) [4] на стеклянные подложки наносили 2%-ный раствор сополимера в бутилацетате и помещали на плитку, прогретую до  $70^\circ\text{C}$  на 5 мин, затем задавали азимутальное направление ориентации, применяя процедуру натирания, после чего задавали профиль угла  $\alpha$  ориентирующего слоя при помощи процедуры облучения. Подложка разделялась на 10 зон, которые облучались со следующими временами: 0, 15, 30 с, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 мин с мощностью излучения  $4\text{ мВ/см}^2$ . На завершающем этапе собирались антипараллельные ЖК-ячейки с зазором 20 мкм.

В процессе измерений образцы располагались на оси вращения (поверхностью перпендикулярно лучу лазера) между скрещенными поляризаторами, которые составляли углы с осью вращения по  $45^\circ$ . Ячейка вращалась вокруг оси, параллельной поверхности и перпендикулярной направлению натирания. Луч лазера и ось вращения пересекались. Поворот ячейки осуществлялся относительно луча лазера на углы от  $-70^\circ$  до  $+70^\circ$  с шагом  $1^\circ$ , при помощи детектора измерялся сигнал прошедшего через систему излучения.

На рис. 2 представлены фотографии ЖК-ячеек с разными градиентными материалами, отличающимися содержанием блока ВО от 5 до 50%. Ячейки разделены на зоны с временем облучения от 0 до 64 мин.

Исследованы зависимости 1–9 углов подвеса  $\alpha$  полимерных фоточувствительных материалов ВО-5 – ВО-50 от времени облучения (рис. 3). Кривая 1 совпадает с осью  $x$  у материала ВО-5,

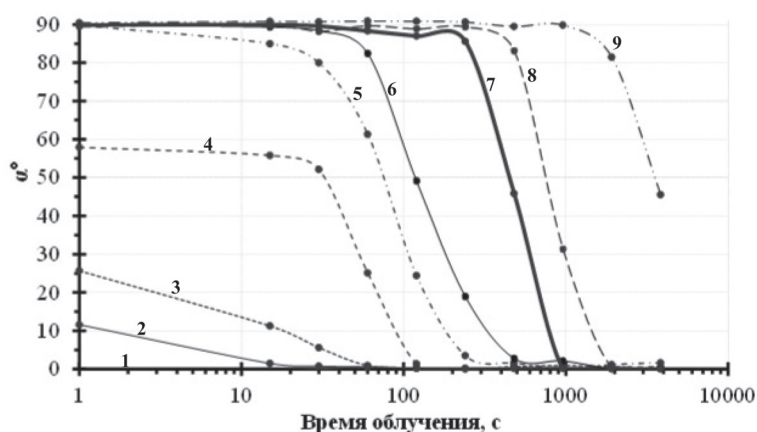


Рис. 3. Зависимости угла преднаклона  $\alpha$  от времени облучения для материалов с содержанием блока VO от 5 до 50%, разделенных на зоны с временем облучения от 0 до 64 мин: 1 – VO-5, 2 – VO-7,5, 3 – VO-10, 4 – VO-15, 5 – VO-20, 6 – VO-25, 7 – VO-30, 8 – VO-40, 9 – VO-50

так как последний обладает планарной ориентацией. Кривые для материалов VO-7,5 – VO-50 на рис. 3 отображены в порядке 2–9 соответственно.

В результате проведенных исследований наиболее перспективным в качестве градиентного слоя для создания ЖК-линзы является материал VO-30, который показывает хорошие бездефектные свойства вертикальной и планарной ориентаций.

### Литература

1. Kwok H., Li Y., Tseng M. Method of producing spatially variable pretilt angles across a liquid crystal cell. WO2011026315 A1. 2011
2. Ng R. Digitallightfieldphotography. PhDthesis, Stanford, CA, USA, 2006.
3. Фоточувствительный ориентант жидких кристаллов для формирования градиента угла подвеса / Муравский Ал. Ан., Муравский Ан. Ал., Агабеков В. Е., Безрученко В. С., Могильный В. В., Станкевич А. И.; ИХНМ НАН Беларуси. Положительный результат предварительной экспертизы по заявке на выдачу патента РБ на изобретение № а20140312 от 09.06.2014.
4. Муравский, А. А., Муравский, А. А., Микулич, В. С., Агабеков, В. Е. // Вестн. МГОУ. 2013. № 1. С. 48–50.

V. S. BEZRUCHENKO, A. A. MURAVSKY

### INVESTIGATION OF TILT ANGLE DEPENDENCE OF GRADIENT PHOTOSENSITIVE POLYMERIC MATERIAL ON EXPOSURE DOSE

### Summary

The optimum composition of material and its treatment conditions for tilt angle gradient formation required for creation of liquid crystal (LC) lens is determined. The distinctive feature of the material is the two-step process of alignment layer surface for variable tilt angle: standard rubbing step that defines the azimuthal direction of LC alignment, and the exposure step that forms pretilt angle profile of the alignment layer. The subject is a copolymer, characterized by the percentage of its components. We used antiparallel LC cells to determine optimum copolymer composition. The cells have alignment layers from polymer under investigation rubbed and exposed to different doses. It is established that before exposure materials have the property of vertical LC alignment, and after exposure planar LC alignment. Material without defects of both planar and vertical alignment suitable for LC lens application – VA-30 comprises 10% photosensitive styrene-based monomer; 30% methacrylate monomer, causing vertical LC alignment and 60% methacrylate monomer, causing planar LC alignment.