

УДК 538.95

В. С. Безрученко^{1,2}, Ал. А. Муравский¹, А. А. Муравский¹, А. И. Станкевич², В. В. Могильный²

УВЕЛИЧЕНИЕ АЗИМУТАЛЬНОЙ ЭНЕРГИИ СЦЕПЛЕНИЯ ГРАДИЕНТНОГО СОПОЛИМЕРА ДОБАВКАМИ ПЛАНАРНОГО ПОЛИМЕРНОГО ОРИЕНТАНТА

¹Институт химии новых материалов НАН Беларуси,
ул. Ф. Скорины, 36, 220141 Минск, Беларусь

²Белорусский государственный университет, физический факультет,
пр. Независимости, 4, 220030 Минск, Беларусь. E-mail: Veronika.Bezruchenko@gmail.com

Возможность локально контролировать угол подвеса нематических жидких кристаллов ориентирующим материалом открывает новые возможности для создания ЖК-устройств. В статье рассматривается материал, ориентирующий жидкие кристаллы, который позволяет локально контролировать угол подвеса благодаря простым процессам обработки: направление ориентации задается натиранием, а угол подвеса, дозой локального облучения неполяризованным ультрафиолетовым излучением. Однако в процессе тестирования сополимера замечены дефекты в ориентации ЖК, которые возникают из-за низкой азимутальной энергии сцепления ориентанта с молекулами ЖК. Для увеличения энергии сцепления материала с целью уменьшения дефектов в жидком кристалле, исследовано влияние добавления в градиентный сополимер полимера с высоким значением азимутальной энергии сцепления.

Ключевые слова: угол подвеса, ориентирующий материал, фоточувствительный полимер, азимутальная энергия сцепления.

DOI: 10.18083/LCAppl.2016.1.38

V. S. Bezruchenko^{1,2}, A. A. Muravsky¹, A. A. Murauski¹, A. I. Stankevich², V. V. Mahilny²

AZIMUTHAL ANCHORING ENERGY INCREASE OF GRADIENT COPOLYMER BY ADDITIVES OF PLANAR ALIGNMENT POLYMER

¹Institute of Chemistry of New Materials NAS of Belarus,
36 F. Skoriny St., Minsk, 220141, Belarus

²Physical Department of Belarusian State University,
4 Nezavisimosti Ave., Minsk, 220030, Belarus. E-mail: Veronika.Bezruchenko@gmail.com

The ability to control locally the tilt angle of nematic liquid crystals by alignment material opens up new possibilities for LCD devices creation. This paper presents the liquid crystal alignment material, which allows local control of pretilt angle via simple treatment processes: azimuthal alignment direction is specified by rubbing, and pretilt angle depends on local irradiation with nonpolarized UV light. However, testing of the copolymer reveals defects in liquid crystal alignment, which arise due to the low azimuthal anchoring energy of alignment materials with the molecules of the LC. To increase the anchoring energy in order to reduce the probability of defects in liquid crystal, addition of polymer with high azimuthal anchoring energy to the pretilt gradient alignment material is introduced.

Key words: tilt angle, alignment material, photosensitive polymer, azimuthal anchoring energy.

Введение

Разработан тройной сополимер МБЛ 10/30/60 [1] с оптимальным процентным содержанием его компонентов, который может быть использован в качестве слоя, ориентирующего жидкий кристалл (ЖК), для создания фотонных устройств (градиентный сополимер). Особенностью данного материала является способность локально задавать необходимый угол подвеса (от 90° до 0°) в зависимости от условий его обработки. Градиент угла подвеса достигается при помощи процедуры облучения неполяризованным светом ультрафиолетового диапазона (UVB) с разными дозами, а локализованность угла подвеса достигается при помощи использования специальных масок, ограничивающих световой поток. Так в исходном состоянии материал гомеотропно ориентирует ЖК, а в процессе облучения величина угла подвеса начинает плавно убывать от 90° до 0° .

При изготовлении образцов на основе градиентного сополимера в областях планарной ориентации с большими углами подвеса при локальном облучении тонкого слоя материала, было обнаружено большое количество дефектов ориентации и дисклинаций. Наличие дефектов, как правило, говорит о низкой энергии сцепления молекул ЖК с ориентирующим слоем [2]. Для управляемых устройств на основе таких материалов очень важно, чтобы в рабочих зонах не образовывалось дисклинаций и дефектов с углами подвеса одновременно $\sim 0^\circ + 90^\circ$ и $\sim 0^\circ - 90^\circ$, что влияет на однородность управления ЖК-слоем.

Согласно теоретическим представлениям [3], смесь полимеров обладает большей энергией сцепления, чем индивидуальный сополимер. Поэтому для решения проблемы наличия дефектов в области планарной ориентации при локальном облучении материала исследовано влияние на ориентирующие свойства добавления в градиентный сополимер планарного полимерного ориентанта В-15 [4], имеющего высокую азимутальную энергию сцепления.

Эксперимент, результаты и их обсуждение

Качество ориентации ЖК на слоях сополимера МБЛ, полимера В-15 и их смесей в пропорции 1:1 и 1:0,5 определялось по следующим критериям: по зависимости величины

азимутальной энергии сцепления от дозы облучения; по зависимости угла подвеса от дозы облучения и по величине параметра качества ориентации.

Для определения азимутальной энергии сцепления указанных материалов изготовлены твист-нематические ЖК-ячейки с зазором 7 мкм. Обработка ориентирующего материала осуществлялась в два этапа: стандартная процедура натирания и облучение зон в ячейке излучением ультрафиолетового диапазона с разными дозами: 0; 3,84; 7,68 и 15,36 Дж/см². Измерение азимутальной энергии сцепления осуществлялось на поляризационном микроскопе «Микро 200Т», оптоэлектронные системы, Беларусь [5]. Полученные результаты представлены на рис. 1.

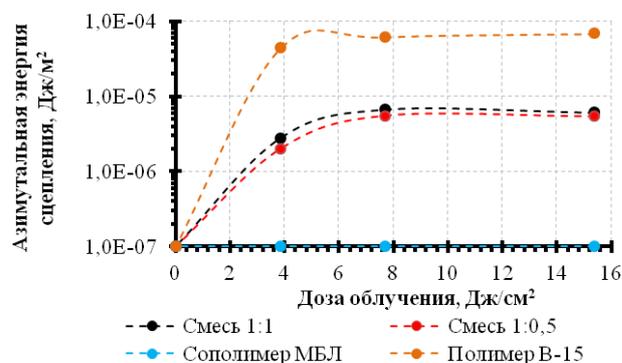


Рис. 1. Зависимость азимутальной энергии сцепления от дозы облучения для сополимера МБЛ, полимера В-15 и их смесей в пропорциях 1:1 и 1:0,5

Экспериментально установлено, что азимутальная энергия сцепления сополимера МБЛ очень мала, а полимера В-15 достаточно высока, в смесях достигнуты промежуточные значения энергий сцепления.

Для определения углов подвеса изготовлены антипараллельные ЖК-ячейки с зазорами 20 мкм. Ячейки разделены на зоны с разными временами облучения от 0 до 64 минут. Исследование для полимера В-15 не проводилось, так как известно, что он обладает планарной ориентацией с углом подвеса, вне зависимости от дозы облучения, очень близким нулю. Измерение углов подвеса осуществлялось методом вращения ячейки, описанным в статье [1]. Полученные результаты представлены на рис. 2.

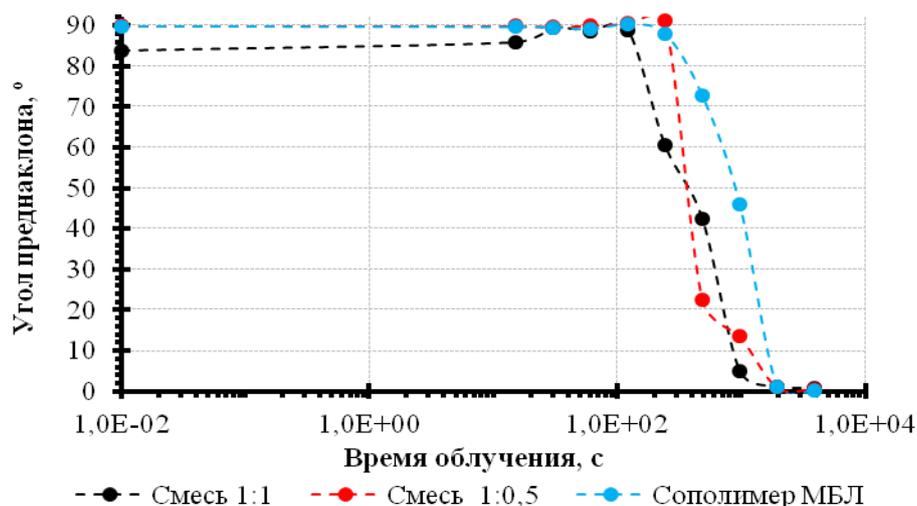


Рис. 2. Зависимость угла преднаклона от времени облучения для сополимера МБЛ, смесей сополимера и полимера В-15 в пропорциях 1:1 и 1:0,5

Отметим, что при добавлении планарного полимерного ориентанта к градиентному сополимеру зависимости углов подвеса от времени облучения несколько сдвигаются в сторону меньших времен, но угол их наклона остается неизменным.

Определение параметра качества ориентации α осуществлялось в антипараллельных ячейках с зазором 20 мкм с использованием галогенового источника излучения и спектрометра MayaPro2000. Измерение проводилось с параллельными и скрещенными поляризаторами, причем направление ориентации на подложках совпадало с ориентацией входного поляризатора. Параметр качества ориентации определялся по формуле:

$$\alpha = \frac{T_{\parallel} - T_{\perp}}{T_{\parallel} + T_{\perp}},$$

где T_{\parallel} и T_{\perp} – пропускание ЖК-ячейки. Полученные кривые представлены на рис. 3.

Ориентирующие материалы на основе градиентных сополимеров имеют низкую азимутальную энергию сцепления, которая достигает высоких значений для полимера с планарной ориентацией. Наши результаты показывают, что для улучшения ориентирующих свойств градиентного сополимера можно использовать его смешивание с планарно ориентирующим полимером в оптимальном соотношении, что

позволяет увеличить энергию сцепления итогового материала.

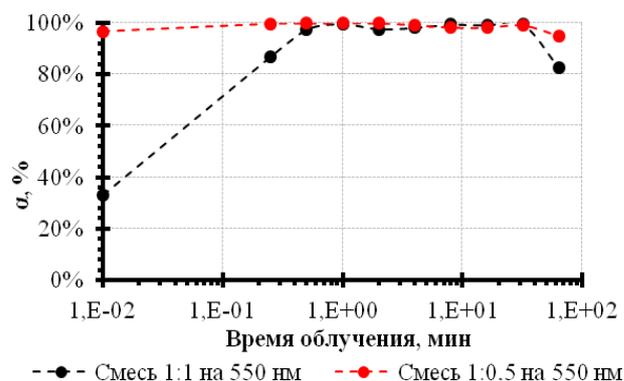


Рис. 3. Зависимость параметра качества ориентации от времени облучения на длине волны 550 нм для смесей сополимера и полимера в пропорциях 1:1 и 1:0,5 соответственно

Выводы

В статье предложен способ модификации градиентного сополимера, особенностью которого является возможность локально задавать угол подвеса, с целью улучшения его ориентирующих свойств. Предложено решение проблемы возникновения дефектов в слое ЖК, вызванных малыми значениями энергии сцепления ориентирующего слоя сополимера в области планарной ориентации при локальном облучении материала, заключаю-

щеся в использовании добавки планарного полимера-ориентанта, что позволяет повысить азимутальную энергию сцепления и при этом обеспечить бездефектную ориентацию слоя ЖК в гомеотропном и планарном состоянии. Определено, что оптимальное соотношение смеси градиентного сополимера и планарного полимера 1:0,5. С использованием данной смеси получены значения азимутальной энергии сцепления $6,7 \times 10^{-6}$ Дж/м², углы подвеса от 90° до 0° при величине параметра качества $\alpha = 0,99$. Значения являются приемлемыми для проведения дальнейших исследований.

Список литературы / References

1. Безрученко В.С., Муравский А.А. Изучение зависимостей углов подвеса градиентных фоточувствительных полимерных материалов от дозы экспонирования // *Вестн НАН Беларуси. Сер. физ.-техн. наук.* 2015. № 1. С. 31–33. [Bezruchenko V.S., Muravsky A.A. Investigation the pretilt angle dependences of gradient photosensitive polymer materials from exposure dose. *Vesti NAN Belarusi. Ser. fiz.-tekhn. nauk = News NAS Belarus. Ser. Physics and Technical. Sciences*, 2015, 1, 31–33 (in Russian)].
2. Kohki Takatoh, Masanori Sakamoto, Ray Hasegawa, Mitsushiro Koden, Nobuyuki Itoh, Masaki Hasegawa. *Alignment Technology and Applications of Liquid Crystal Devices*. CRC Press, 2005, 320 p.
3. Murauski A. *Surface and liquid crystal interlayer interactions*. Saarbrücken, Germany: VDM Verlag Dr. Müller, 2009, 104 p.
4. Mahilny U.V., Stankevich A.I., Muravsky A.A., Murauski A.A. Novel Polymer as Liquid Crystal Alignment Material for Plastic Substrates. *J. Phys. D: Appl. Phys.*, 2009, **42** (7), 075303.
5. Муравский Ал. А., Муравский А. А., Агабеков В. Е. Установка для одновременного измерения азимутальной и полярной энергии сцепления жидкого кристалла в одной ячейке в автоматическом режиме // *Вестник МГОУ. Сер. Физ.-мат.* 2013. № 1. С. 51–55. [Muravsky A.A., Murauski A.A., Agabekov V.E. Device for simultaneous measurement of the azimuthal and polar anchoring energy of liquid crystal in a cell automatically. *Vestnik MGOU. Ser. Fiz.-mat. = Vestnik MGOU. Ser. Phys.-Math.*, 2013, 1, 51–55 (in Russian)].

Поступила в редакцию 20.08.2015 г.
Received 20 August, 2015