

УДК 535.9/012

**УСТАНОВКА ДЛЯ ОДНОВРЕМЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ
АЗИМУТАЛЬНОЙ И ПОЛЯРНОЙ ЭНЕРГИИ СЦЕПЛЕНИЯ
ЖИДКОГО КРИСТАЛЛА В ОДНОЙ ЯЧЕЙКЕ
В АВТОМАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ**

Ан.А. Муравский, Ал.А. Муравский, В.Е. Агабеков

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

Аннотация. Новые применения жидкокристаллических материалов в производственных процессах ЖК панелей, 3D дисплеев, органических полупроводниковых и фотонных устройств значительно расширили требования к возможностям и характеристикам современных ориентирующих материалов. Разработка новых ориентирующих материалов невозможна без эффективного и надежного контроля энергий сцепления ориентантов. Однако существующие методы измерения этих параметров зачастую обладая невысокой точностью сопряжены с высокой трудоемкостью измерения. В статье представлены авторские принципы одновременного измерения азимутальной и полярной энергий сцепления в одной твист-нематической жидкокристаллической ячейке. Инновационные методы измерения реализованы в установке для одновременного измерения азимутальной и полярной энергии сцепления жидкого кристалла в одной ячейке в автоматическом режиме на базе серийного поляризационного микроскопа «Микро 200Т» ОАО «Оптоэлектронные системы», Беларусь.

Ключевые слова: ориентирующие материалы, измерение полярной энергии сцепления, измерение азимутальной энергии сцепления, ориентация жидких кристаллов.

Измерение полярной и азимутальной энергии ориентирующих материалов обычно проводится в двух различных ячейках с различной конфигурацией. Для измерения полярной энергии используется незакрученная ЖК ячейка [1 - 4], в то время как для измерения азимутальной энергии требуется закрученная конфигурация жидкого кристалла [5, 6]. Измерения требуют выполнения большого количества манипуляций с ЖК ячейками. Это делает не удобным проведение исследований энергии сцепления ориентирующего материала и затрудняет исследование и разработку ориентирующих материалов. Чтобы облегчить измерение энергии сцепления была разработана автоматизированная установка для измерения энергии сцепления ориентирующих материалов с жидким кристаллом на базе поляризационного микроскопа «Микро 200Т» производства ОАО «Оптоэлектронные системы», Беларусь (Рис.1).

В основу установки положены метод измерения закрутки жидкого кристалла в твистованной ячейке [7] и метод измерения угла подвеса при различных приложенных напряжениях так же в твистованной ЖК ячейке [8]. Для измерения азимутальной энергии сцепления A_ϕ определяется длина волны λ , для которой угол поворота линейно-поляризованного света определяется только углом закрутки твист нематической ячейки(Рис.2); и регистрируется поворот плоскости поляризации ϕ_t при прохождении света

через ЖК ячейку длины волны λ . Азимутальная энергия сцепления определяется параметрами ЖК и геометрией ячейки следующим образом:

$$A_\varphi = \frac{2K_{22}\varphi_t}{d \sin 2\Delta\varphi_t}, \quad (1)$$

где $\Delta\varphi = \varphi_t - \varphi_0$, φ_0 – угол закрутки ячейки, d – зазор ячейки, K_{22} – константа упругости жидкого кристалла.



Рис. 1. Автоматизированная установка для одновременного измерения азимутальной и поляриной энергии сцепления ЖК в одной твист нематической ячейке

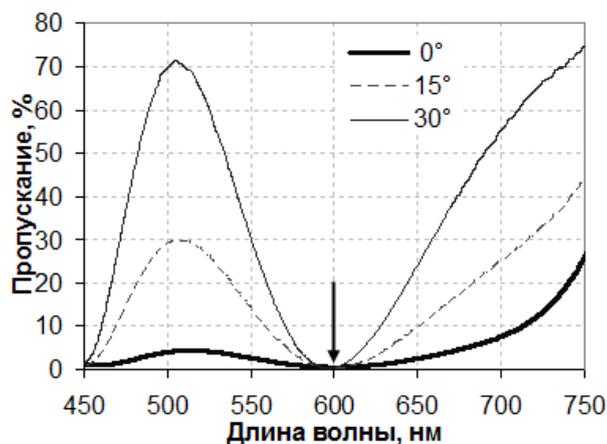


Рис. 2. Спектры пропускания твист-нематической ЖК ячейки при установке ячейки под углом 0° , 15° и 30° (поляризатор и анализатор параллельны)

Для измерения полярной энергии сцепления регистрируется зависимость спектра отражения твист нематической ЖК ячейки от приложенного напряжения при превышении уровня напряжения выше шести порогов $6V_{th}$ (Рис.3). При скрещивании анализатора и поляризатора канала микроскопа на спектральный детектор приходит только сигнал, отраженный от анизотропной границы (ячейка устанавливается под 45 градусов). В ячейке только две анизотропных границы ориентант-жидкий кристалл на верхней и нижней подложке. Поэтому спектра отражения представляет собой спектральную картину минимумов и максимумов интерференции. При переориентации директора ЖК на поверхности с увеличением напряжения на электродах ячейки интенсивность максимумов убывает, а их спектральное положение неизменно. Что позволяет решить обратную задачу по определению зависимости угла наклона директора ЖК на поверхности в зависимости от приложенного напряжения (электрического поля в ячейке) и определить полярную энергию сцепления [8].

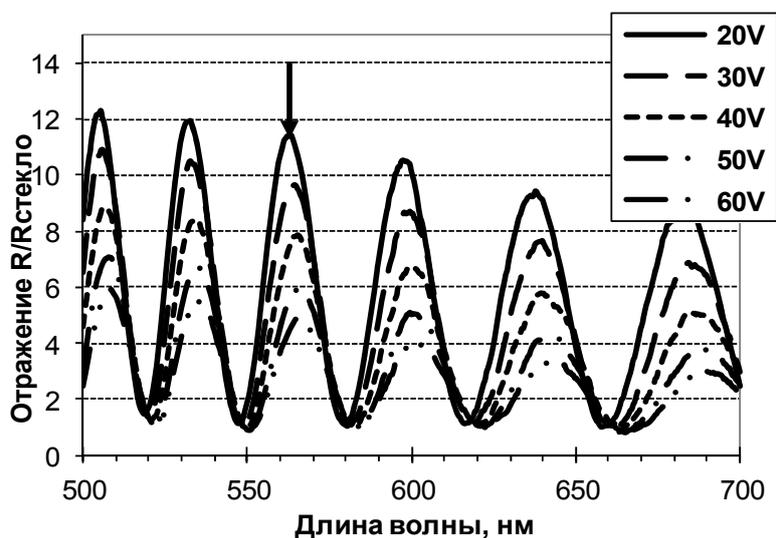


Рис. 3. Спектры отражения твист-нематической ЖК ячейки (нормированные на отражение стекла) при уровнях приложенного напряжения 20, 30, 40, 50 и 60 вольт (поляризатор и анализатор скрещены). Ячейка 4,5 мкм; ориентант PI3744, Chisso; жидкий кристалл MLC 6080, Merck.

Однако с практической точки зрения удобнее сначала рассчитать характер изменения спектра отражения твист-нематической ячейки при различных значениях полярной энергии сцепления (Рис.4). И затем сопоставить характер изменения интенсивности отражения в интерференционном пике регистрируемый на эксперименте с возможными значениями.

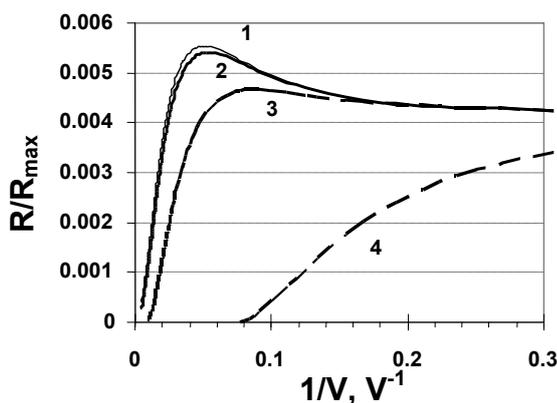


Рис.4. Зависимость интенсивности в максимуме интерференционного спектра отражения от приложенного напряжения для полярной энергии сцепления: **1** – $W=1 \times 10^0$ Дж/см², **2** – $W=1 \times 10^2$ Дж/см², **3** – $W=1 \times 10^3$ Дж/см², **4** – $W=1 \times 10^4$ Дж/см²

Отметим, что в связи с тем, что регистрируемое отражение света определяется физическим явлением имеющим место непосредственно на анизотропной границе, метод измерения полярной энергии сцепления по отражению является чувствительным и позволяет проводить уверенные измерения полярной энергии сцепления для материалов с сильной полярной энергией сцепления $>10^{-4}$ Дж/см², в отличие от большинства известных методов измерения полярной энергии сцепления, основанных на регистрации оптической фазовой задержки или электрической емкости ячейки, определяемых физическими эффектами, имеющими место преимущественно в объеме жидкого кристалла в ячейке. Для примера приведены результаты измерения интенсивности отражения для ориентанта PI3744, Chisso $W=1,5 \times 10^{-3}$ Дж/см² (Рис.5).

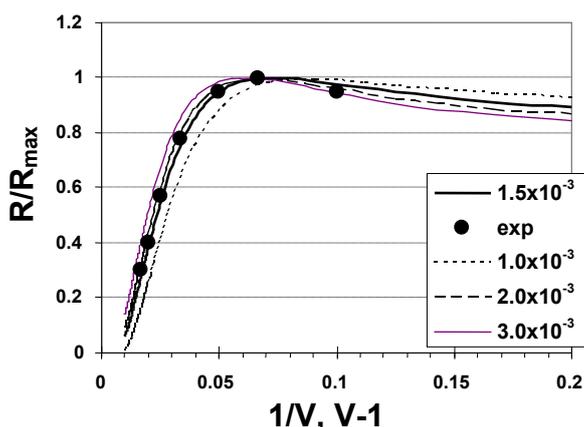


Рис. 5. Зависимость интенсивности в максимуме интерференционного спектра отражения от приложенного напряжения к ячейке 4,5 мкм; ориентант PI3744, Chisso; жидкий кристалл MLC 6080, Merck ($W=1,5 \times 10^{-3}$ Дж/см²)

Моторизованный привод для анализатора и столика для ЖК ячейки (точность позиционирования не хуже 0.1°) и возможность регистрации поляризационных спектров

(400-750nm) исследуемых областей ЖК ячеек позволяют проводить все необходимые измерения полностью в автоматическом режиме. Это позволяет получить высокую точность измерения как азимутальной, так и полярной энергии сцепления в одной ячейке и в одной области этой ячейки без погрешности оператора.

Заключение. Разработана установка одновременного измерения полярной и азимутальной энергии сцепления на базе поляризационного микроскопа «Микро 200Т», ОАО «Оптоэлектронные системы», РБ. Все необходимые измерения осуществляются полностью в автоматическом режиме, что обеспечивает высокую точность измерения как азимутальной, так и полярной энергии сцепления в одной ячейке и в одной области этой ячейки без погрешности оператора. Применение нового типа автоматизированного оборудования позволяет существенно уменьшить трудоемкость и время измерений, надежная регистрация которых является ключевым фактором успешной разработки новых ориентирующих материалов для жидких кристаллов. Прецизионное компьютеризированное управление угловым положением предметного стола, а так же анализирующего поляроида, в сочетании с возможностью локального измерения спектров пропускания и отражения, внедренное в серийном изделии, являются залогом эффективного применения разработанной установки для решения широкого круга измерительных задач прикладной электрооптики конденсированных сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Yokoyama H and H.A. van Sprang*, A novel method for determining the anchoring energy function at a nematic liquid-crystal wall interface from director distortion at high fields, *J. Appl. Phys.* **57**, pp. 4520–4526 (1985)
2. *Murauski A., Chigrinov V., Muravsky A., Fion S.-Y. Yeung, J. Ho, and H-S. Kwok*. Determination of the polar anchoring energy by electrical measurement, *Phys. Rev.* **E71**, 061707 (2005)
3. *Nastishin Yu.A., Polak R.D., Shiyanovskii S.V., Bodnar V.H., and Lavrentovich O.D.* Nematic polar anchoring strength measured by electric field techniques, *J. Appl. Phys.* **86**, No. 8, pp. 4199–4213 (1999)
4. *Toko Y., Akahane T.* Evaluation of Pretilt Angle and Polar Anchoring Strength of Amorphous Alignment Liquid Crystal Display from Capacitance Versus Applied Voltage Measuremen, *Mol. Cryst. Liq. Cryst. Sci. Technol.* **368**, pp.469–481 (2001)
5. *Muravsky, Al. An. Murauski, V. Mazaeva, V. Belyaev.* Parameters of LC Alignment on Films of Organosilicon Compounds, *J. Soc. Inf. Displ.* **13**, pp. 349-356 (2005)
6. *Zhou Y., He Z., Sato S.* Generalized Relation Theory of Torque Balance Method for Azimuthal Anchoring Measurements, *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, pp.4857 (1999)
7. *Konovalov V. A., Muravski A. A., Yakovenko S.Ye., Pelzl J.* An Accurate Spectral Method for Measuring Twist Angle of Twisted Cells with Rubbed and Grooved Surfaces, *SID Symp. Dig. Tech. Pap.* **31**, 1, pp. 620-623 (2000)
8. *Murauski A., Chigrinov V. and Kwok H-S.* New method for measuring polar anchoring energy of nematic liquid crystals, *Liq. Cryst.* **36**, No.8, pp. 779-786 (2009)

**SETUP FOR SIMULTANEOUS MEASUREMENT
OF AZIMUTHAL AND POLAR ANCHORING ENERGY
OF LIQUID CRYSTAL WITHIN SINGLE CELL IN AUTOMATIC REGIME**

An. Murauski, Al. Muravsky, V. Agabekov

*Institute of chemistry of new materials of National Academy of Sciences of Belarus
36, F. Skorina st., Minsk, 220141, Belarus*

Abstract. New applications of liquid crystal materials in fabrication processes of LC panels, 3D displays, organic semiconductor and photonic devices has significantly broadened the requirements to the performance and characteristics of modern alignment materials. Development of novel alignment materials is impossible without effective and reliable control of the anchoring energy of the materials. However the present measurement methods of these parameters often being of low precision have high labour intensity of measurement. In this paper the authors' principles of simultaneous measurement of azimuthal and polar anchoring energy of liquid crystal within single twist-nematic liquid crystal cell are presented. The innovative measurement methods are implemented in setup for simultaneous measurement of azimuthal and polar anchoring energy of liquid crystal within cell in automatic regime based on series polarizing microscope «Micro 200T» JSC 'Optoelectronic Systems', Belarus.

Keywords: alignment materials, polar anchoring energy measurement, azimuthal anchoring energy measurement, liquid crystals alignment.

УДК 53.097; 535.012.2; 538.911

**ДИСПЛЕЙНАЯ СЖК ЯЧЕЙКА МОДУЛИРУЕТ СВЕТ
С ЧАСТОТОЙ ДО 7 КГЦ ПРИ НАПРЯЖЕНИИ $\pm 1,5$ В**

А.Л. Андреев*, Н.В. Заляпин, И.Н. Компанец***

**Физический институт РАН им. П.Н.Лебедева
119991, Москва, Ленинский проспект, д. 53*

***Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ
115409, Москва, Каширское ш., 31*

Аннотация. Подбор материальных параметров сегнетоэлектрического жидкого кристалла (СЖК) с компенсированным геликоидом и условий переориентации его молекул в электрическом поле позволил уменьшить время оптического отклика до 24 мкс и увеличить частоту модуляции света в солитонной моде до 7 кГц при управляющем напряжении $\pm 1,5$ Вольта.

Ключевые слова: сегнетоэлектрический жидкий кристалл, компенсация геликоида, вязкость, оптический отклик, солитонная мода.

1. Введение

Хотя первый негеликоидальный сегнетоэлектрический жидкий кристалл (СЖК) был получен ещё в 1981 г. [1], проблема создания быстродействующих негеликоидаль-