

07

Оптическое пропускание диспергированными в полимере жидкими кристаллами с углеродными нанотрубками

© А.В. Садовой, В.Ф. Названов

Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского
E-mail: avsadovoy@info.sgu.ru

Поступило в Редакцию 16 февраля 2006 г.

Проведены исследования оптического пропускания диспергированных в полимере жидких кристаллов (ДПЖК) при введении в них многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ). Выявлен аномальный характер зависимости пропускания от внешнего управляющего напряжения в скрещенных поляризаторах. Проведено сравнение экспериментальных данных со значениями пропускания аналогичных систем без добавления углеродных нанотрубок. Обнаруженный аномальный эффект авторы объясняют частичной предварительной ориентацией молекул ЖК в каплях углеродными нанотрубками.

PACS: 83.80.Xz, 78.20.-e

Введение. Диспергированные в полимере жидкие кристаллы (ДПЖК) представляют собой капли жидкого кристалла (ЖК), взвешенные в полимерной матрице [1]. Перспективность исследования и дальнейшего использования ДПЖК обуславливается, во-первых, тем обстоятельством, что подобные системы сохраняют механические свойства полимерной матрицы, во-вторых, уникальными оптическими свойствами. Такие оптические свойства основаны на эффекте рассеяния света, величина которого может управляться внешним электрическим и магнитным полями, температурой и направленной деформацией полимерной матрицы, меняющей ориентацию жидкого кристалла.

В последние годы широко распространяется модифицирование ДПЖК дихроичными красителями [2] и, кроме того, модифицирование сплошных слоев ЖК фуллеренсодержащими добавками [3] и углеродными нанотрубками [4-6].

В частности, в работе [3] показано, что введение фуллеренов и/или фуллеренсодержащих комплексов с переносом заряда существенно влияет на изменение временных параметров нематических ЖК-структур. Также показано, что комплекс органический донор–фуллерен выступает как активатор процесса самоорганизации ЖК-системы.

Авторами [4] показано, что свойства самоорганизации сплошных слоев ЖК могут применяться для однонаправленной ориентации углеродных нанотрубок (УНТ) как одностенных, так и многостенных, и определили параметр порядка ориентации многостенных УНТ равный 0.9. Также в работе [5] показаны магнитоуправляемые электрические переключатели, основанные на системе нематический ЖК–одностенные УНТ. Авторами [6] исследовались дифракционные свойства временных голографических решеток на основе однородно ориентированного ЖК с микропримесью углеродных нанотрубок.

Целью данной работы было исследование оптического пропускания в диспергированных в полимере жидких кристаллах с добавлением многостенных углеродных нанотрубок.

Образцы и методика эксперимента. Образцы ДПЖК, исследованные в данной работе, были изготовлены методом эмульгирования при использовании поливинилового спирта (ПВС) в качестве полимерной матрицы и жидкого кристалла типа ЖК-807. Часть образцов изготавливалась из смеси ЖК-807 (99.9 wt.%) — МУНТ (0.1 wt.%), которая приготавливалась в ультразвуковой ванне смешиванием (время смешивания 100 min, температура 65°C). Объемная доля ЖК в полимерной матрице была равна 0.1. Полученный слой ДПЖК помещался между стеклянными подложками с нанесенными на внутренний слой прозрачными слоями SnO₂. Толщина образцов составляла 20 μm.

Измерение оптического пропускания проводилось при использовании He–Ne-лазера с длиной волны 632.8 nm. Излучение от лазера падало по нормали к поверхности образца, к которому прикладывалось переменное электрическое напряжение на частоте 1 kHz.

Результаты и их обсуждение. Вид зависимостей оптического пропускания от приложенного управляющего напряжения для чистых ДПЖК и ДПЖК с добавленными МУНТ представлен на рис. 1 и 2.

Из рис. 1 можно видеть, что зависимости пропускания от приложенного напряжения при параллельном расположении поляризатора и анализатора для образцов чистого ДПЖК и ДПЖК с добавленными МУНТ подобны. Однако величина порога переключения составила 12 V

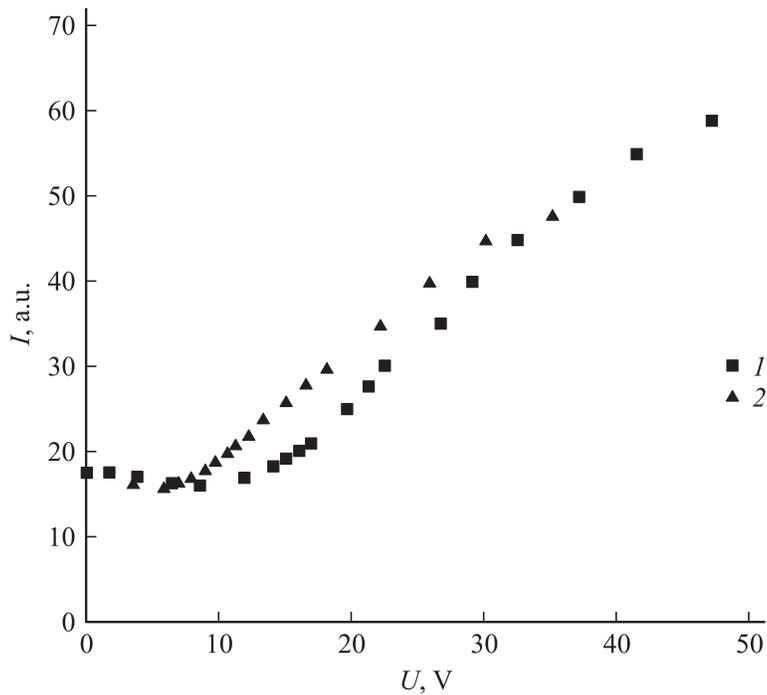


Рис. 1. Зависимости пропускания излучения от приложенного управляющего напряжения для чистых ДПЖК (1) и с добавлением МУНТ (2) при параллельном расположении поляризатора и анализатора.

для чистого ДПЖК и 7 V для ДПЖК с МУНТ при сравнимых толщинах образцов.

Как можно видеть из рис. 2, зависимость пропускания от приложенного напряжения при скрещенных поляризаторе и анализаторе для образца ДПЖК с МУНТ имеет минимум при напряжении 3.2 V, отсутствующий на кривой для чистых образцов ДПЖК. Далее по достижении максимума при напряжении 8 V зависимость убывает до значения пропускания, равного минимуму, но меньше значения начального пропускания. Подобное явление аномального электрооптического отклика наблюдалось ранее в работах [7,8].

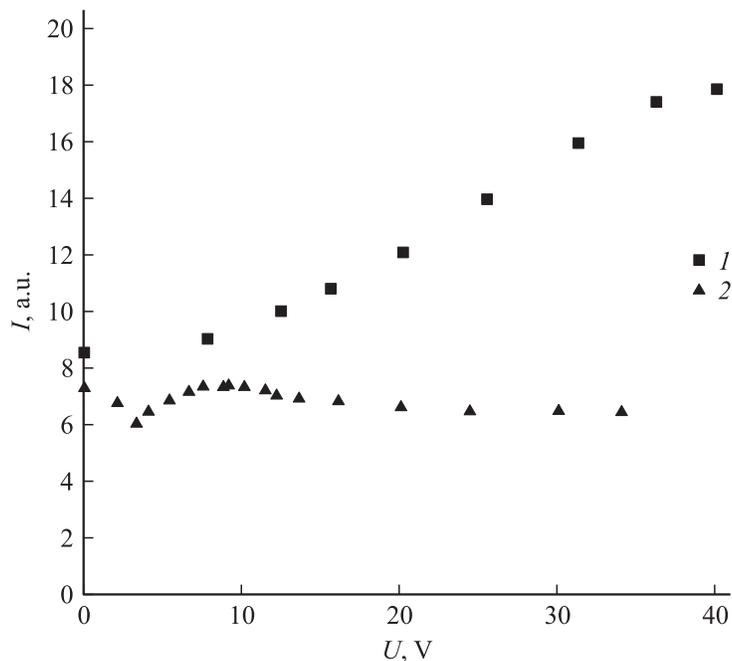


Рис. 2. Зависимости пропускания излучения от приложенного управляющего напряжения для чистых ДПЖК (1) и с добавлением МУНТ (2) при скрещенном расположении поляризатора и анализатора.

Были исследованы нами также зависимости угловых распределений рассеянного излучения от управляющего внешнего напряжения для двух видов ДПЖК. Следует заметить, что образцы на основе ДПЖК с МУНТ обладали значительным эффектом рассеяния света. Исследование образцов с МУНТ в поляризационном микроскопе показало наличие большого числа ЖК-капель с размерами, значительно меньшими $1 \mu m$. Мы предполагаем, что аномальный электрооптический отклик (см. рис. 2) обусловлен частичной предварительной ориентацией углеродными нанотрубками молекул ЖК в каплях в ПВС-матрице. Ориентирующий эффект углеродными нанотрубками молекул ЖК в каплях можно объяснить их большим дипольным моментом [9].

Заключение. В данной работе впервые экспериментально исследованы зависимости оптического пропускания в диспергированных в полимере жидких кристаллах с добавлением многостенных углеродных нанотрубок от внешнего управляющего напряжения. Наблюдался аномальный электрооптический отклик в ДПЖК с МУНТ. Обнаруженное явление объясняется частичной предварительной ориентацией ЖК-капель в ПВС-матрице углеродными нанотрубками, ориентирующий эффект которых объясняется значительным дипольным моментом трубок.

Использование углеродных нанотрубок для модифицирования жидкокристаллических композитов, на наш взгляд, является весьма перспективным.

Авторы выражают свою признательность Е.Г. Глуховскому за предоставление углеродных нанотрубок, использованных в данной работе.

Список литературы

- [1] *Жаркова Г.М., Сонин А.С.* Жидкокристаллические композиты. Новосибирск: ВО „Наука“, 1994. 211 с.
- [2] *Mc Ardle C.B.* // *Pure & Appl. Chem.* 1996. V. 68. N 7. P. 1389–1394.
- [3] *Каманина Н.В.* // *УФН.* 2005. Т. 175. В. 4. С. 445–454.
- [4] *Dierking I., Scaliab G., Morales P.* // *J. Appl. Phys.* 2005. V. 97. P. 044309.
- [5] *Dierking I., San E.* // *Appl. Phys. Lett.* 2005. V. 87. P. 233507.
- [6] *Lee W., Hsiao K.-C.* // *Appl. Phys. B.* 2004. V. 78. P. 351–354.
- [7] *Bouteiller L., Le Barny P., Martinot-Lagarde Ph.* // *Liquid Crystals.* 1994. V. 17. N 5. P. 709–716.
- [8] *Aphonin O.A., Nazvanov V.F.* // *Mol. Cryst. Liq. Cryst.* 1997. V. 303. P. 29–36.
- [9] *Пономарев А.Н.* Технологии микромодификации композитов фулероидными наноматериалами. Доп. к кн.: Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. М.: Техносфера, 2004. С. 319–327.