

07;12

Фуллеренсодержащий жидкокристаллический пространственно-временной модулятор света с обработанным поверхностной электромагнитной волной проводящим покрытием

© П.Я. Васильев, Н.В. Каманина

ФГУП „ГОИ им. С.И. Вавилова“, С.-Петербург
С.-Петербургский государственный электротехнический университет
(ЛЭТИ)
С.-Петербургский государственный университет информационных
технологий, механики и оптики (ИТМО)
E-mail: kamanin@ffm.ioffe.ru; nvkamanina@hotmail.com

Поступило в Редакцию 2 июня 2006 г.

Исследованы времена переключения многослойной электрооптической структуры, состоящей из пленки нематического жидкого кристалла, сенсibilизированного фоточувствительными комплексами с переносом заряда на основе мономерных или полимерных электрооптических систем с фуллеренами. Для ориентации молекул жидкого кристалла использовалось прозрачное проводящее покрытие, обработанное поверхностной электромагнитной волной. Показано, что созданный рельеф поверхности с варьируемой величиной диэлектрической проницаемости позволяет не только ориентировать молекулы жидкого кристалла, но и существенно влиять на времена релаксации электрооптической мезофазы, определяя весь цикл переключения модулятора в диапазоне 1–1.5 ns.

PACS: 73.61.Wp

Введение. При исследовании, разработке и создании устройств модуляции, переключения и частотного преобразования оптической информации важную роль играет выбор материала, на основе которого создается это устройство [1–3]. Естественно, что параметры нового перспективного устройства определяются свойствами активной матричной среды, а также условиями ее эксплуатации. В этой связи

важно учитывать спектральные характеристики сенсibilизированного жидкокристаллического слоя, согласование показателей преломления жидкого кристалла и сенсibilизирующей компоненты, тип электрооптического эффекта в жидком кристалле, природу ориентирующего покрытия, граничные условия на границы раздела фаз, а также условия согласования режимов питания и режимов засветки, другие аспекты.

Тонкопленочные органические наноматериалы на основе фуллеренов, в том числе фуллеренсодержащие жидкие кристаллы, конкурентоспособны и могут заменить собой ряд объемных электрооптических структур, используемых традиционно для целей наноэлектроники, оптики, лазерной физики и техники. Кроме того, данные структуры, имея повышенную макрополяризацию мезофазы, легко управляемы при приложении электрического или оптического поля.

В настоящей работе с акцентом на изучение процессов переключения электрооптического отклика фуллеренсодержащих жидкокристаллических модуляционных структур показана возможность повышения быстродействия при отсутствии ориентирующего слоя и при обработке прозрачных проводящих покрытий поверхностной электромагнитной волной.

Экспериментальные условия, результаты и обсуждение. Фуллеренсодержащий жидкокристаллический модулятор представлял собой многослойную электрооптическую структуру, состоящую из пленки нематического жидкого кристалла, сенсibilизированного фоточувствительным комплексом с переносом заряда на основе системы органическая электрооптическая молекула–фуллерен (см., например, [4–6]) толщиной $10\text{--}12\ \mu\text{m}$, прозрачного проводящего и одновременно ориентирующего покрытия толщиной менее $1\ \mu\text{m}$ и кварцевых подложек толщиной $2\text{--}3\ \text{mm}$. На рис. 1 приведен общий вид модуляторов. Толщина жидкокристаллического слоя задавалась тефлоновыми прокладками. Рабочая апертура модулятора составляла $10\text{--}35\ \text{mm}$. Начальная ориентация ЖК — планарная, использовался S-эффект. Прозрачные проводящие покрытия были получены методом вакуумного напыления окислов индия и олова, обработанных в дальнейшем поверхностной электромагнитной волной в течение $30\ \text{min}$. Таким образом, структура вновь образованного проводящего слоя, своеобразного поверхностного рельефа, ориентирующего молекулы жидкого кристалла, создавалась поверхностной электромагнитной волной, что сопровождалось процессами абляции. Ширина полос после обработки составляла $10\text{--}15\ \mu\text{m}$.

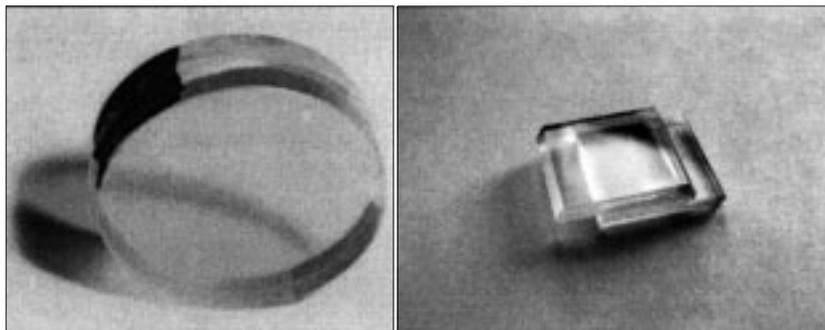


Рис. 1. Общий вид разрабатываемых фуллеренсодержащих диспергированных модуляторов с проводящими покрытиями, обработанными поверхностной электромагнитной волной.

Источником поверхностной электромагнитной волны служил квазинепрерывный щелевой CO_2 -лазер с p -поляризованным излучением на длине волны $10.6 \mu\text{m}$, с мощностью 30 W . Толщина скин-слоя составляла $\sim 0.05 \mu\text{m}$.

Измерения временных характеристик фуллеренсодержащего ЖК-модулятора проводились по схеме, приведенной в публикации [7], облучение модулятора проводилось излучением He–Ne-лазера или светодиодами видимого диапазона спектра, которые используются для тестирования параметров жидкокристаллических дисплейных элементов. Модулятор располагался между двумя скрещенными поляроидами, для варьирования интенсивности засветки использовались калиброванные светофильтры. Заметим, что излучение He–Ne-лазера попадало в спектральную область функционирования фуллеренсодержащей нематической мезофазы. Диаметр пятна на модуляторе составлял 3 mm , что существенно превосходило размер неоднородностей в фуллеренсодержащем слое, размер последних составлял около 200 nm . Максимальная мощность облучения составляла 10 mW . Модулятор работал в режиме „на просвет“. Для питания модулятора использовалось напряжение питания в форме прямоугольных импульсов с параметрами импульса: амплитуда (A) $7\text{--}15 \text{ V}$, длительность (τ) от 1 до 30 ms и частота следования ($1/T$) от 0.5 до 100 Hz .

Электрооптический отклик регистрировался после анализатора, стоящего за модулятором, с помощью фотодиода и записывался на осциллографе Tekstronix TDS 220 в ждущем режиме. Время включения определялось как время нарастания электрооптического отклика от уровня 0.1 до уровня 0.9 его максимального значения. Время выключения определялось как время затухания электрооптического отклика от его максимального значения до уровня 0.1. Общий вид полученных осциллограмм приведен на рис. 2.

Заметим, что использование в качестве электрооптического слоя нематического жидкого кристалла, сенсibilизированного смесью, состоящей из комплекса с переносом заряда электрооптическая донорно-акцепторная молекула—фуллерен, позволило нам ранее сократить время релаксации и увеличить быстродействие модулятора [3–5]. Однако оставалась проблема сокращения времени релаксации не только при использовании традиционных нематических жидких кристаллов из класса цианобифенилов в устройствах модуляции и переключения излучения, но и при работе с системами на основе TN LC с меньшей величиной электропроводности, применяемых фирмами Meadowlarkoptics, LG, Optronics, Fujitsu в качестве фильтров, переключателей, дисплейных элементов с временами релаксации на уровне 100, 16, 16, 25 ms [8]. Заметим, что в [8] показано, что времена переключения 16 ms эффективно коммерчески не реализуются вплоть до настоящего времени. В настоящем исследовании нами показано, что процессами релаксации возможно эффективно управлять за счет обработки проводящего покрытия поверхностной электромагнитной волной. В результате использования указанного технологического приема удалось сократить время релаксации с 10 ms до 1–2 ms, что, по-видимому, связано с изменением диэлектрической проницаемости на границе раздела сред проводящее покрытие—жидкий кристалл, меняющей емкость электрооптической системы и ведущей в целом к изменению релаксационных процессов в макрообъеме мезофазы. Работа по изучению созданного поверхностного рельефа будет далее продолжена с привлечением методов атомно-силовой микроскопии. Стоит сказать, что проведенное исследование по улучшению быстродействия устройства, являющееся необходимым условием его применения в скоростных лазерных, дисплейных и телевизионных системах, позволило сократить весь цикл включения/выключения до 1 ms, снизить величину амплитуды прикладываемого напряжения питания с 30–50

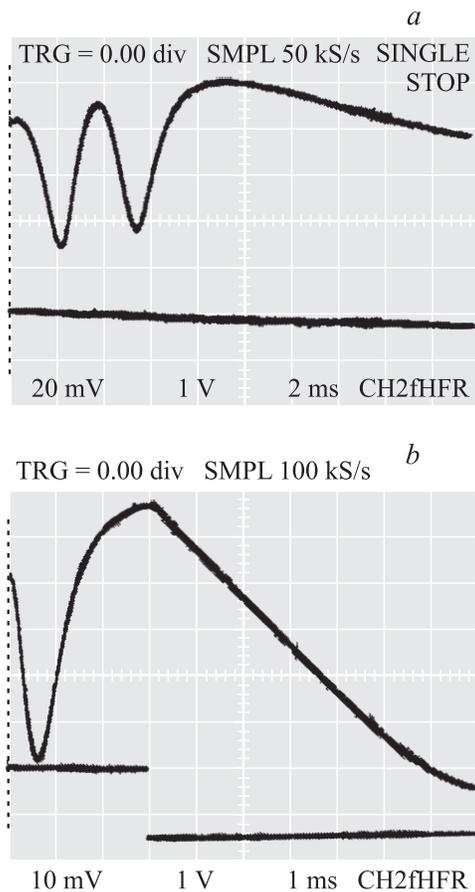


Рис. 2. Осциллограмма, регистрирующая электрооптический отклик фуллеренсодержащего диспергированного модулятора с проводящими покрытиями, обработанными поверхностной электромагнитной волной. Параметры управляющего импульса питания: амплитуда $A = 12$ V, частота следования импульсов $1/T = 0.5$ Hz, длительность импульса питания $\tau = 30$ ms (a). Осциллограмма, регистрирующая электрооптический отклик фуллеренсодержащего диспергированного модулятора с проводящими покрытиями, обработанными поверхностной электромагнитной волной. Параметры управляющего импульса питания: амплитуда $A = 12$ V, частота следования импульсов $1/T = 50$ Hz, длительность импульса питания $\tau = 3$ ms (b).

до 7–15 V, уменьшить число слоев в сэндвич-системе модулятора, а также получить практически симметричный электрооптический отклик фуллеренсодержащей мезофазы при частоте следования импульсов питания на уровне 25–50 Hz.

Заключение. Проведено исследование быстродействия диспергированного жидкокристаллического пространственно-временного модулятора света на основе фуллеренсодержащих комплексов с переносом заряда и обработанного поверхностной электромагнитной волной прозрачного проводящего покрытия с целью использования данного типа устройств для электрооптического переключения и модуляции лазерного излучения, а также в качестве дисплейных элементов нового поколения.

Авторы благодарят В.И. Студенова (ФГУП ГОИ им. С.И. Вавилова) за участие в обсуждении полученных результатов.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ 04-03-32249, ФЦП НТБ программы (проект „Лимитер“ 2003–2006 гг.).

Список литературы

- [1] *McEwen R.S.* // J. Phys. E: Sci. Instrum. 1987. V. 20. N 4. P. 364–377.
- [2] *Miniewicz A., Parka J., Bartkiewicz S., Januszko A.* // Pure Appl. Opt. 1998. V. 7. P. 179–189.
- [3] *Shimada E., Uchida T.* // Jap. J. Appl. Phys. Part 2. 1992. V. 31. N 3B. P. L352–L354.
- [4] *Kamanina N.V.* // J. Optics A: Pure and Applied Optics. 2002. V. 4. P. 571–574.
- [5] *Kamanina N.V., Zubtsova Yu.A., Shulev V.A., Mikhailova M.M., Murashov S.V., Denisjuk A.I., Butyanov S.V., Sapurina I.Yu.* // Solid State Phenomena. 2005. V. 106. P. 145–148.
- [6] *Каманина Н.В.* // Успехи физических наук. 2005. Т. 175. № 4. С. 445–454.
- [7] *Ракчеева Л.П., Каманина Н.В.* // Письма в ЖТФ. 2002. Т. 28. № 11. С. 28–36.
- [8] <http://www.meadowlarkoptics.com/aboutus/index.php>,
<http://www.astera.ru/displaynews/?id=37795>, а также *Беляев В.В.* // Электронные компоненты. 2004. № 10. С. 18–30.