

03;05;07;11;12

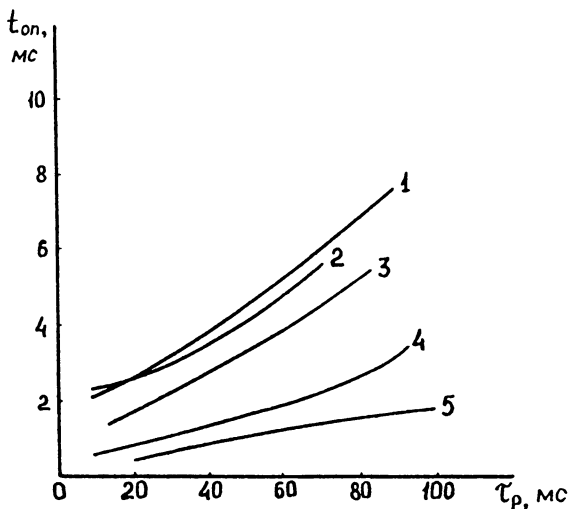
ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ЯЧЕЕК С РАЗЛИЧНЫМИ ОРИЕНТИРУЮЩИМИ ПОКРЫТИЯМИ

© Н.В.Каманина

Нематические жидкие кристаллы (НЖК) представляют собой наиболее простой объект для создания и проверки физических моделей описывающих динамику электрооптических эффектов. Для бесконечной среды временные процессы переориентации директора ЖК-молекул, происходящие при воздействии внешних полей, хорошо изучены [1,2]. Принципиальная возможность другого типа ориентационных эффектов, в которых внешние поля действуют не на объем ЖК, а на ориентирующую его поверхность (а следовательно, и на близлежащие молекулы ЖК), показана в работах [3,4]. Естественно, что выбор ориентирующих покрытий, обеспечивающих различный механизм ориентации, должен существенно влиять на времена переключения тонких ЖК-структур.

В данной работе представлены результаты исследований временных характеристик НЖК-ячеек с различными условиями на границе раздела фаз, что обеспечивалось выбором широкого класса ориентирующих покрытий. В качестве последних были использованы пленки CeO_2 , SiO_2 , GeO_2 , $\alpha\text{-C:H}$ и поливинилового спирта (ПВС) толщиной 50–100 нм. В качестве ЖК-композиции использовалась смесь на основе цианобифенилов с положительной величиной диэлектрической анизотропии. Толщина ЖК-слоя составляла 5 мкм.

К ячейкам прикладывалось напряжение питания в форме прямоугольных импульсов с амплитудой (A) 10–60 В, длительностью (τ_p) от 0.5 до 100 мс и частотой следования ($1/T$) от 1 до 1500 Гц. Регистрировалось изменение пропускания излучения He-Ne-лазера ($\lambda = 630$ нм) через ячейку, помещенную между скрещенными поляризаторами. В эксперименте исследовались времена нарастания электрооптического отклика по первой осцилляции пропускания, причем на экране осциллографа четко фиксировался переход только в соседнее экстремальное положение на S -кривой, что соответствовало изменению фазовой задержки на π . Релаксация структуры к исходному состоянию наблюдалась на более длительной развертке осциллографа.



Зависимости времени включения от длительности импульса питания для НЖК-ячеек с различными типами ориентирующих покрытий: 1 — CeO_2 ; 2 — GeO ; 3 — SiO ; 4 — $a\text{-C:H}$; 5 — ПВС.

Выбор импульсного напряжения питания был обусловлен следующими обстоятельствами. Во-первых, при постоянном напряжении питания существенную роль играют поляризационные эффекты, которые вносят искажения в измерение фазовой задержки и ухудшают временные параметры структуры. Более того, возможно появление локальных дефектов, связанных с диссоциацией молекул ЖК. Это приводит к случайному, неуправляемому процессу модулирования показателя преломления среды, что вызывает рассогласование оптимальных условий работы исследуемой структуры. Во-вторых, большинство схем когерентно-оптической обработки информации функционирует в условиях сочетания импульсной записи и импульсного напряжения питания, что позволяет учитывать задержку между импульсом генерации лазера и передним фронтом импульса питания, а следовательно, оптимизировать временные характеристики электрооптического отклика. Поэтому результаты данных исследований могут быть достаточно корректно использованы при создании светуправляемых ЖК-модуляторов с различными условиями на границе раздела фаз: фотопроводник-ориентант — ЖК.

На рисунке представлены зависимости времени включения (t_{on}) исследованных НЖК-ячеек от длительности импульса питания при следующих параметрах амплитуды и частоты следования импульса: $A = 20 \text{ В}$, $1/T = 5 \text{ Гц}$. Заметим, что при изменении амплитуды импульса питания

от 20 до 40 В в ячейках I группы (с ориентантами CeO_2 , SiO , GeO) не наблюдалось существенного улучшения времени включения. При работе же со структурами ЖК-ячеек с $a\text{-C:H}$ и ПВС-ориентантами (ячейки II группы) увеличение A от 20 до 45–60 В приводило к улучшению времени включения в 1.5–2 раза, что, по-видимому, связано с тем, что пленки аморфного углерода и поливинилового спирта имеют бóльшие значения удельного сопротивления слоев, чем окисные покрытия. Данное обстоятельство приводит к необходимости учитывать полное сопротивление полимерных ориентантов в картине распределения напряжения между слоями структуры ориентант–ЖК и вызывает смещение электрооптических характеристик в сторону увеличения напряжения.

Стоит сказать, что пленки $a\text{-C:H}$ были более критичны к выбору амплитуды управляющего импульса, чем ПВС. Увеличение A выше 45 В при одновременном уменьшении частоты следования и увеличения длительности вызывало появление электрогидродинамических неустойчивостей, аналогично [5], что обуславливалось неоднородностью распределения поля по толщине образца при работе с указанным типом ориентирующего покрытия.

Как видно из поведения кривых (см. рисунок), $t_{\text{он}}$ ячеек с ориентантами I группы находится в диапазоне 500 мкс — 10 мс. Измеренное время выключения ($t_{\text{оф}}$) составило диапазон значений 40–80 мс. Минимальное $t_{\text{он}} = 300$ мкс было получено для образца с SiO -ориентантом, $t_{\text{оф}}$ соответственно составило 40 мс при $A = 40$ В, $\tau_p = 5$ мс, $1/T = 20$ Гц. Заметим, что нам не удалось достичь времени включения ~ 2 мс для структуры с GeO -ориентантом, как было показано в [6], однако контраст последних образцов (10:1) уступал исследованным в настоящей работе ячейкам (30:1). Возможно, что более высокие значения диэлектрической проницаемости пленок на основе GeO по сравнению с CeO_2 и SiO -ориентирующими покрытиями изменяет постоянную времени RC-цепочки и предполагает оптимальную работу ячейки при более высоких значениях амплитуды электрического импульса.

Ячейки, отнесенные ко II группе, показали время включения: 100–500 и 100–200 мкс для $a\text{-C:H}$ и ПВС соответственно. Время выключения было близко к 10 мс для обеих ячеек. Стоит сказать, что для ячеек с ПВС-ориентантом в эксперименте наблюдалась пороговая зависимость пропускания от интенсивности засветки образца излучением He–Ne-лазера, что говорит о практически планарной ориентации молекул ЖК.

Общее сравнение временных характеристик исследованных групп ячеек позволяет сделать следующее заключение.

При прочих условиях (одинаковый режим питания и идентичные режимы засветки) граница раздела фаз ориентирующая пленка-ЖК существенно влияет на кинетику электрооптического отклика. При этом время переключения структур с ПВС и a -С:Н-ориентантами для большинства образцов было лучше, чем при использовании окисных пленок, что определенно указывает на различие механизмов ориентации. Возможно, что при использовании полимерных ориентантов угол подвеса молекул ЖК меньше, чем при использовании окисных слоев, тогда, как было показано в [7], время переключения может быть существенно улучшено. Кроме того, наряду с влиянием геометрического рельефа поверхности, что доминирует в ячейках I группы, для структур II группы необходимо учитывать физико-химические процессы на границе раздела слоев, что может привести к изменению процессов переноса носителей заряда, связанных с изменением подвижности последних.

В заключение стоит сказать, что проведенные исследования могут способствовать выбору оптимальных ориентирующих покрытий при создании светуправляемых структур с различными значениями электрофизических параметров фотослоев.

Автор выражает благодарность И.И. Кузьминой за нанесение CeO_2 -ориентантов и Е.А. Коншиной за синтез a -С:Н-пленок.

Список литературы

- [1] Блинков Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1978. 384 с.
- [2] Де Жен П. Физика жидких кристаллов / Пер. с англ. М.: Мир, 1977. 400 с.
- [3] Блинков Л.М., Раджабов Д.З., Субачюс Д.Б., Яблонский С.В. // Письма в ЖЭТФ. 1991. Т. 53. В. 4. С. 223-227.
- [4] Дядюша А.Г., Марусий Т.Я., Резников Ю.А. и др. // Письма в ЖЭТФ. 1992. Т. 56. В. 1. С. 18-21.
- [5] Акоюн С.А., Аракелян С.М., Арушанян Л.Е., Чилингарян Ю.С. // Квантовая электроника. 1977. Т. 4. В. 6. С. 1387-1390.
- [6] Данилов В.В., Данилов О.Б., Жуковская Л.Д. и др. // Квантовая электроника. 1985. Т. 12. В. 8. С. 1690-1694.
- [7] Каманина Н.В., Коншина Е.А., Онохов А.П. // Письма в ЖЭТФ. 1994. Т. 20. В. 23. С. 35-39.

Поступило в Редакцию
20 февраля 1996 г.