

06;07;12

©1994

ВЛИЯНИЕ НАЧАЛЬНОГО УГЛА НАКЛОНА ДИРЕКТОРА ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МОЛЕКУЛ НА ВРЕМЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОГО ОТКЛИКА НЖК ЯЧЕЕК

Н.В.Каманина, Е.А.Коншина, А.П.Онохов

Жидкокристаллические (ЖК) системы с временем реакции и релаксации, составляющими сотни микросекунд, могут быть успешно применены в оптических затворах и переключателях, а также в работе широкого класса дисплеев. Одной из главных проблем, связанных с усовершенствованием этих устройств, является повышение их быстродействия. Отсутствие полной ясности в понимании сложных кинетических процессов, происходящих при их включении и выключении, препятствует решению этой проблемы. Известно, что на динамику процесса переориентации ЖК молекул существенно влияют условия на границе раздела фаз твердое тело-ЖК [1,2]. Однако сведения о влиянии угла наклона директора молекул ЖК на быстродействие крайне противоречивы. Так, с одной стороны, считается очевидным, что уменьшению времени включения способствует приближение ориентации ЖК молекул в исходном состоянии к планарной ориентации [1]. С другой стороны, утверждается, что улучшение быстродействия связано с увеличением угла наклона директора [3].

Основное внимание в настоящей публикации уделено исследованию влияния начального угла наклона молекул нематического жидкого кристалла (НЖК) на времена включения и выключения ЖК ячеек.

Исследования проводились на ЖК ячейках S-типа с исходной планарной ориентацией. В качестве ориентирующего покрытия впервые были использованы тонкие пленки (500 Å) амофного гидрогенизированного углерода ($a\text{-C} : \text{H}$). Ориетант наносился на поверхность стеклянных подложек с напыленным слоем прозрачного проводящего покрытия на основе окислов индия и олова. В качестве электрооптического слоя использовалась нематическая смесь на основе цианобифенилов (ЦБФ), ЖК-1282 толщиной 5 мкм.

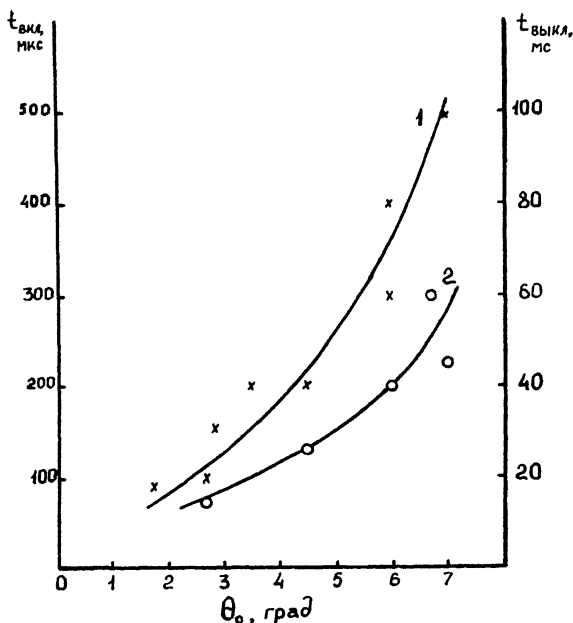


Рис. 1. Зависимость времени включения (1) и времени выключения (2) от начального угла наклона молекул НЖК.

Режим питания: $A = 30$ В, $\tau = 30$ мс, $1/T = 5$ Гц.

К ячейке прикладывалось напряжение питания в форме прямоугольных импульсов с амплитудой $10 \dots 50$ В и длительностью от 0.5 до 30 мс, в соответствии с изменением частоты следования импульсов. Для регистрации динамики процесса использовалось линейно-поляризованное излучение He-Ne лазера с длиной волны 633 нм при нормальном падении луча в плоскости ячейки. Исходный угол наклона директора ЖК (θ_0) определялся с помощью лабораторной методики, в которой расположение исследуемой ЖК ячейки совпадало с геометрией, предложенной в [4]. Точность методики составляла $\pm 0.15^\circ$.

Результаты работы представлены на рис. 1 и 2.

Из зависимостей времени включения ($t_{\text{вкл}}$) и выключения ($t_{\text{выкл}}$) системы от θ_0 (рис. 1) следует, что существует явная корреляция временных параметров и начального угла наклона молекул ЦБФ: с уменьшением θ_0 $t_{\text{вкл}}$ существенно сокращается, а $t_{\text{выкл}}$, хотя и менее выражено, также имеет тенденцию к уменьшению. Этот эффект наблюдался для нескольких групп ячеек, полученных при варьировании технологических условий нанесения ориентанта.

Экспериментально установлено, что минимальное $t_{\text{вкл}} \sim 100 \dots 150$ мкс соответствует ячейкам с $\theta_0 = 2.8 \dots 3^\circ$. Мы провели теоретический расчет параметров включения данной структуры с помощью формул, приведенных в публикациях [5,6], и установили, что экспериментальное значение $t_{\text{вкл}}$ находится в хорошем соответствии с теоретическим значением, которое составило 100 мкс. Нам не удалось связать все значения $t_{\text{вкл}}$ для разных углов наклона директора с расчетными значениями, поскольку последние не учитывают изменение θ_0 . Отметим, что высокие значения $t_{\text{вкл}}$, возможно, связаны с увеличением подвижности носителей на границе раздела высокоомной ориентации — ЖК.

Время выключения исследованных НЖК ячеек составило 30...60 мс. В данном случае существует некоторое различие экспериментальных и теоретических данных. Это связано с тем, что НЖК ячейка представляет собой сложную слоистую структуру, каждый элемент которой имеет свои электрофизические параметры, влияющие на работу системы в целом; учет этого влияния — довольно сложная задача. Теоретическое значение $t_{\text{выкл}}$, полученное по работе [6], составило ~ 10 мс. Мы связываем различие экспериментальных и теоретических значений $t_{\text{выкл}}$ с увеличением эффективного значения диэлектрической проницаемости [7] при переходном процессе на границе раздела высокоомный ориентант-НЖК, что влечет за собой изменение емкости перехода и, как следствие, изменяет время выключения.

На рис. 2 показана зависимость глубины модуляции (m) ранее представленных ячеек от частоты следования импульсов ($1/T$) прикладываемого напряжения питания. Установлено, что ячейки с меньшим углом наклона θ_0 имели меньший диапазон изменения величины $1/T$. Для данного случая 50%-я модуляция наблюдалась на частотах 50...70 Гц. Ячейки же с $\theta_0 = 6 \dots 7^\circ$ сохраняли 80%-ю модуляцию до 100 Гц, 50%-ю — до 250...300 Гц и обеспечивали 10%-ю модуляцию до 1...2 кГц. Следует обратить внимание, что проявляется определенное соотношение между начальным углом наклона молекул ЖК и наклоном кривых $m = f(1/T)$: ячейки с меньшим θ_0 дают более резкий наклон кривых, чем с большим значением θ_0 . Наблюдаемое увеличение крутизны кривой (рис. 2, а) и расширение нелинейного участка зависимости (рис. 2, б) соответственно, позволяют увеличить контраст системы и обеспечивают большой динамический диапазон для работы оптоэлектронных устройств на ее основе.

Таким образом, наряду с известными способами улучшения быстродействия путем увеличения напряжения питания и уменьшения толщины ЖК [8], авторы показали воз-

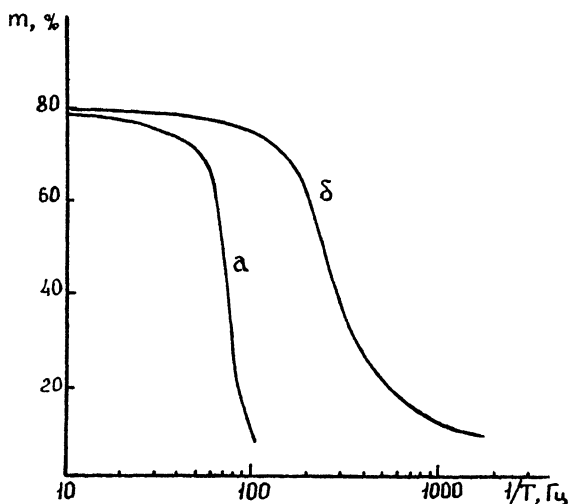


Рис. 2. Зависимость глубины модуляции от частоты следования импульсов питания.

a — $\theta_0 = 3^\circ$, *б* — $\theta_0 = 7^\circ$.

возможность оптимизации временных параметров НЖК ячеек путем вариации начального угла наклона молекул ЖК, что возможно выполнить при использовании указанного ориентанта на основе тонких пленок a -С:Н, уникальные свойства и технологичность которого позволяют изменять θ_0 в достаточно широком диапазоне углов. Впервые экспериментально подтверждено предположение о влиянии угла наклона директора молекул ЖК на быстродействие системы ориентант-НЖК.

В заключение стоит отметить, что данное исследование может быть положено в основу проектирования новых перспективных ЖК-ПВМС, которые используются в качестве устройств ввода и обработки оптической информации в реальном масштабе времени.

Список литературы

- [1] Мильников В.С., Морозова Е.А., // ЖТФ. 1984. Т. 54. В. 10. С. 1980-1985.
- [2] Мильников В.С., Морозова Е.А. // ЖТФ. 1985. Т. 55. В. 2. С. 387-388.
- [3] Лукьянченко Е.С., Козунов В.А., Григорс В.И. // Успехи химии. 1985. Т. LIV. В. 2. С. 214-238.
- [4] Baur G., Witter V., Berreman D.W. // Phys. Lett. V. 56A. N 2. P. 142-144.
- [5] Блинов А.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М., 1978. 384 с.

- [6] *Васильев А.А., Касасент Д., Команец И.Н., Парфенов А.В.* Пространственные модуляторы света. М., 1987. 320 с.
- [7] *Гриценко Н.И., Мошель Н.Г.* // Укр. физ. журнал. 1980. Т. 25. В. 11. С. 1830-1835.
- [8] *Береснев Г.А., Цветков В.А.* // Микроэлектроника. 1982. Т. 11. В. 2. С. 181-183.

Государственный оптический
институт им. С.И. Вавилова
Санкт-Петербург

Поступило в Редакцию
16 сентября 1994 г.
