

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

548.0:535

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ В УСТРОЙСТВАХ ОТОБРАЖЕНИЯ

Жидкие кристаллы как вещества, которым присущи механические свойства жидкости (текучесть, каплеобразование, заполнение формы объема) и правильная молекулярная структура (анизотропия диэлектрических, магнитных, электрических свойств и пр.), известны с конца XIX века¹. Возможность практического применения жидких кристаллов в различных областях науки и техники, выявленная за последние годы, вызвала повышенный интерес к изучению структуры и свойств этих высокомолекулярных органических соединений, что проявилось в большом числе публикаций по результатам исследований, проведении международных конференций² и первой научной конференции по жидким кристаллам в СССР³.

Жидкокристаллическое состояние наблюдается преимущественно в двух классах органических веществ: алифатических высокомолекулярных монокарбоновых кислотах и их солях и ароматических соединениях. Характерным для этих веществ является наличие одного или нескольких бензольных колец, причем предпочтение к образованию мезофазы проявляется с увеличением числа этих колец⁴.

Существование мезофазы между твердым и жидким состояниями обычно наблюдается в определенном интервале температур. При увеличении температуры вещество переходит из состояния твердого кристалла в мезоморфное состояние и далее — в изотропную жидкость. Этот переход обычно проявляется резко, многократно воспроизводим и обратим. Область существования мезоморфного состояния вещества зависит от его химического состава. Так, для *p*-азоксизолола она наблюдается в пределах от 116 до 133° С^{5a}. В настоящее время синтезировано вещество с диапазоном температур от 11 до 41° С⁶. В работе⁷ сообщается о жидких кристаллах с температурным диапазоном от —32 до 100° С.

Отличительной чертой строения молекул жидкого кристалла является их удлиненная форма, т. е. анизометрия молекул, что предопределяет, очевидно, их взаимное расположение. Известны три типа структуры жидких кристаллов: смектический, холестерический и нематический. Кристаллы смектического типа имеют слоистую структуру. Молекулы удлиненной формы располагаются перпендикулярно поверхности слоя. Структура холестерических кристаллов также слоистая, в которой длинные оси молекул располагаются под углом к поверхности слоя. Угол наклона молекул изменяется от слоя к слою по спирали, ось которой перпендикулярна слоям. Нематические жидкие кристаллы не имеют слоистой структуры; в них наблюдается только параллельная ориентация молекул вдоль длинных осей, что соответствует направлению оптической оси вещества⁸. В настоящее время практическое применение получили только холестерические и нематические жидкие кристаллы.

В свободном состоянии жидкие кристаллы малопрозрачны вследствие непрерывного изменения коэффициента преломления света по объему вещества. Под воздействием магнитного или электрического поля, твердых поверхностей на тонкие пленки жидкого кристалла можно осуществить определенную ориентацию жидкого кристалла, при которой он становится прозрачным.

В жидких кристаллах наблюдается несколько электрооптических эффектов, основанных на изменении оптических свойств под воздействием электрического поля, использование которых позволяет построить некоторые устройства отображения информации.

Эффект динамического рассеяния света в жидких кристаллах проявляется в том, что тонкий слой нематического кристалла, расположенный между двумя прозрачными электродами, нанесенными на внутренние стороны двух параллельных стекол, при

подаче электрического потенциала начинает рассеивать падающий свет. Это явление обусловлено движением молекул жидкого кристалла вследствие диссонирующего действия переходящих ионов. Образование ионов можно объяснить расщеплением нейтральных молекул примесей в присутствии электрического поля или благодаря эмиссии Шоттки^{5а, б}. При изменении напряженности электрического поля от 0,5 до 5 в/мм наблюдается изменение цвета жидкого кристалла от прозрачного до молочного-белого⁹. В этом случае световой поток ослабевает в 30—35 раз при потреблении мощности 100 мквт/см^{2,10, 11}. Величина электрического поля порогового возбуждения и насыщения для жидких кристаллов различных типов не является постоянной и может принимать значения 0,7 и 2 в/мм соответственно. Время возбуждения процесса динамического рассеяния обратно пропорционально току. Время затухания процесса пропорционально корню квадратному из удельного сопротивления и квадрату толщины пленки жидкого кристалла¹². Время возбуждения динамического рассеяния составляет 1—10 мсек, а время затухания 10—30 мсек для веществ с существованием мезофазы от 60° С и выше и соответственно 10—100 мсек и 300—1000 мсек для веществ с существованием мезофазы в диапазоне комнатных температур. Имеются схемотехнические решения, позволяющие значительно сократить время затухания процесса путем электрического подавления динамического рассеяния^{5в, 13}.

Второй электрический эффект «гость — хозяин», на основе которого возможно построение цветного устройства отображения, заключается в том, что молекулы жидкого кристалла («хозяин») ориентируют молекулы дихроичной примеси («гость»), спектр поглощения света которых является функцией их ориентации относительно направления поляризации падающего света^{14а}. В условиях отсутствия электрического поля стержневидные поляризованные молекулы красителя ориентированы нематическими молекулами, и падающий белый свет поглощается на определенных участках спектра, создавая окраску панели, характерную для красителя. При приложении электрического потенциала нематические молекулы переориентируются, увлекая за собой молекулы красителя, в результате чего поглощение света будет незначительным и панель будет прозрачной⁹.

Время возбуждения при переключении цвета составляет 1—5 мсек, а время восстановления 100 мсек при температуре выше 45° С и приложенном напряжении 0,5 в/мм.

Эффект запоминания изображения, или эффект оптического накопления, присущ смеси жидких кристаллов нематического и холестерического типов. При приложении электрического сигнала, который образует электрическое поле порядка 3 в/мм, в тонкой смеси этих кристаллов наблюдается оптическое рассеяние вещества. При снятии электрического поля это состояние сохраняется в течение длительного времени без дополнительной затраты энергии. Для возвращения вещества в исходное состояние достаточно подать сигнал звуковой частоты порядка 3 кГц величиной 5 в/мм и длительностью 20—500 мсек¹⁵.

Перечисленные электрооптические эффекты позволяют создать новое поколение устройств отображения информации с существенно новыми качествами и высокоэффективными техническими характеристиками. К числу таких характеристик относятся:

- 1) независимость контрастности изображения от внешней освещенности, так как эти устройства являются не источниками света, а модуляторами любого светового потока сигналов изображения;
- 2) возможность воспроизведения информации в полутонах;
- 3) наличие регулируемой памяти без потребления энергии;
- 4) цветность изображения;
- 5) возможность создания панелей, управляемых непосредственно логическими цепями без вспомогательных возбудителей, из-за малой потребляемой мощности и отсутствия высоких напряжений¹¹;
- 6) высокая разрешающая способность, достигающая 20 эл/мм^{16а};
- 7) плоская конструкция, резко снижающая габариты устройства;
- 8) высокий срок службы, достигающий 10 000 часов^{17б};
- 9) дешевизна исходных материалов и простота технологии изготовления.

Устройства отображения с использованием жидких кристаллов конструктивно выполняются в виде диапроекторов для работы в проходящем световом потоке или эпипроекторов для работы в отраженном световом потоке. По способу формирования они делятся на три основные группы:

- а) панели с фиксированным форматом изображения;
- б) матричные панели;
- в) панели с непрерывной структурой, управляемые электрическим полем.

Панели с фиксированным форматом изображения позволяют создавать изображения в виде мнемонических схем, буквенных текстов или цифровых таблиц¹⁸. Матричные панели с прямоугольным растром предназначаются для воспроизведения несложных подвижных изображений в реальном масштабе времени без применения промежуточного носителя^{5в, 14б, 17а}. Панели с непрерывной структурой, управляемые электрическим полем, позволяют создавать изображения, у которых непрерывно изменяются

размер, форма и расположение элементов изображения. На основе таких панелей могут быть созданы вольтметр без подвижных механических частей, нуль-индикатор, панель бегущего луча^{16б}.

Дальнейшая разработка устройств отображения направлена на создание телевизионных устройств с плоским экраном¹⁹. Наряду с разработкой плоских экранов ведутся разработки цветных телевизионных экранов с жидкими кристаллами²⁰ и объемных телевизионных панелей²¹.

А. А. Грошев, В. Б. Сергеев

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. В. Н. Цветков, Уч. зап. Ленингр. гос. пединститута 33, 10 (1938); И. Г. Чистяков, УФН 89, 563 (1966); Уч. зап. Ивановск. гос. пединститута 77, (1970).
2. Proc. of the 1st Intern. Conference on Liquid Crystals (Kent. State Univ., 1965), N.Y., Gordon and Breach, 1967; Proc. of the 2nd Intern. Conference on Liquid Crystals (Kent. State Univ., 1968), pt. 1, N.Y., Gordon and Breach, 1969; 3rd Intern. Conference on Liquid Crystals, Berlin, 1970.
3. Тезисы 1-й научной конференции по жидким кристаллам (Иваново, 1970), Иваново, ИК АН СССР — Ивановск. гос. пединститут, 1970.
4. Хиросе Такео, Эракутароникусу, № 12, 1585 (1969) (японск.).
5. G. H. Heilmeyer et al., a) Proc. IEEE 56, 1162 (1968) (см. перевод: ТИИЭР 56(7), 24 (1968)); б) Appl. Phys. Lett. 13, 46 (1968); в) IEEE Trans. Electron. Develop. 17, 22 (1970).
6. D. Jones et al., Appl. Phys. Lett. 16, 61 (1970).
7. L. Barton, Glass Industry 49, 423 (1968).
8. J. L. Ferguson, Electro-technology 85(1), 41 (1970).
9. G. H. Heilmeyer, Scientific American 222(4), 100 (1970).
10. G. Assonline, E. Leiba, Rev. techn. Thomson CSF 1, 483 (1969).
11. D. Kaue, Electron, Design 18(19), 76 (1970).
12. Торияма, Кадзухиса, Эракутароникусу, № 12, 1614 (1969) (японск.).
13. G. H. Heilmeyer, W. Helfrich, Appl. Phys. Lett. 16, 155 (1970).
14. G. H. Heilmeyer, L. A. Zanon, a) ibid. 13, 91 (1968); б) Патент США, кл. 178—77, № 3499112 (заявл. 31.3.67 г., опубл. 3.3.70 г.).
15. G. H. Heilmeyer, L. Goldmacher, Proc. IEEE 57, 34 (1969); (см. перевод: ТИИЭР 57(1), 41 (1969)); Mach. Design 41(9), 12 (1969).
16. R. A. Soref, a) Laser Focus 6(9), 45 (1970); б) Applied Optics 9, 1323 (1970).
17. Electronics a) 44(7), 7E, 8E; б) 44(8), 123, 124, 161 (1971).
18. Japan Electron Ind., 17(12), 68 (1970); Electronik-Z., Nr. 14, 1 (9.4.1971).
19. J. A. Van Raalte, Proc. IEEE 56, 2146 (1968) (см. перевод: ТИИЭР 56(12), 55 (1968)); J. A. Castellano, Electronics 43(14), 64 (1970); R. D. Dennewitz, Funkschau 41(7), 193 (1969).
20. Electronic Components 7, 586 (1970).
21. Electron News 15 (No. 784), 47 (1970).