

СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЖК МОДУЛЯТОР, УСТОЙЧИВЫЙ К МЕХАНИЧЕСКИМ ДЕФОРМАЦИЯМ

Научно-исследовательское учреждение «Институт прикладных физических проблем имени А. Н. Севченко» Белорусского государственного университета.
Минск, Беларусь.

Синтезированы ахиральные смектические С соединения, содержащие 4 – 5 фенильных колец, так называемые 4,4'-дизамещенные кватерфенилы и 4,4'-дизамещенные-пентафенилы, которые имеют последовательно соединенные бензольные кольца, не разделенные мостиковыми фрагментами. Разработаны новые сегнетоэлектрические жидкокристаллические композиции с оптимизированными параметрами. Показана возможность создания модулятора на основе жидкокристаллических сегнетоэлектриков со временем переключения менее 10 мкс, устойчивого к механическим деформациям.

Сегнетоэлектрический жидкокристаллический модулятор (СЖМ) является уникальным ЖК-устройством благодаря своим характеристикам: микросекундное время электрооптического отклика, широкий угол обзора, возможность реализации оптической бистабильности. Однако существует проблема создания устойчивых к механическим воздействиям СЖМ из-за появления необратимых зигзагообразных дефектов, которые ухудшают электрооптические свойства устройства. Неустойчивость структуры смектических слоев к механической деформации является основной проблемой при производстве СЖМ [1 – 3]. Механическое воздействие на образец приводит к деформации слоев и в конечном итоге к необратимому разрушению ориентации и появлению дефектов.

Мы разработали новые сегнетоэлектрические жидкокристаллические материалы, восстанавливающие свою слоистую структуру после механического воздействия.

Для этого были синтезированы четырех- и пятикольчатые ахиральные смектические соединения (Таблица 1).

Таблица 1

Структурные формулы и мезоморфные свойства ахиральных соединений

Соединение	Химическая формула	Температуры фазовых переходов, °С
SC-1		КФ 128 СФ С 152 СФ А 205 ИФ
SC-2		КФ 59 СФ С 155 СФ А 162 ИФ
SC-3		КФ 56 СФ С 204 НФ 292 ИФ
SC-4		КФ 68 СФ С 176 СФ А 204 НФ 312 ИФ

Примечание: КФ – кристаллическая фаза; СФ – смектическая фаза (А, В, С, Е и т.д.); НФ – нематическая фаза; НФ* – хиральная нематическая фаза; СФ* – хиральная смектическая фаза (А, В, С, Е и т.д.); ИФ – изотропная фаза.

Были также синтезированы две хиральные добавки (Таблица 2).

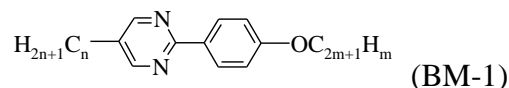
Таблица 2

Структурные формулы и мезоморфные свойства хиральных добавок

Соединение	Химическая формула	Температуры фазовых переходов, °С
FC-1		КФ 64,2 СФ С* 92,1 СФ А 96,3 ИФ
FC-2		КФ 77,2 ИФ

Секция 4. Прикладные проблемы физики конденсированного состояния

В качестве базовой использовали матрицу на основе 4,4'-ди-замещенных-фенилпиримидинов:



$n = 10, m = 9$: 24,4 % по массе; $n = 8, m = 8$: 32,6% по массе; $n = 8, m = 9$: 43,0 % по массе.
КФ < -20°C СФ С 59,4°C СФ А 68,3°C НФ 70,5°C ИФ

Ахиральные смектические соединения SC-2, SC-3 и хиральные добавки FC-1, FC-2 смешали с базовой смесью BM-1 в различных концентрациях. Это привело к созданию смесей А (x, y) (SC-2 и FC-1 в сочетании с BM-1), В (x, y) (SC-2 и FC-2 в сочетании с BM-1), С (x, y) (SC-3 и FC-1 в сочетании с BM-1) и D (x, y) (SC-3 и FC-2 в сочетании с BM-1); x – массовая доля ахиральных молекул; y – массовая доля хиральных молекул.

Физические и электрооптические свойства разработанных смесей приведены в Таблице 3.

Таблица 3

Физические и электрооптические свойства разработанных смесей

Смесь	Спонтанная поляризация, нК/см ²	Угол наклона в слое, град.	Время отклика, мкс
A (10,20)	58	29	7
A (20,10)	28	28	12
A (20,20)	53	27	8,0
B (10,20)	50	26	11
B (20,20)	48	25	12
C (20, 10)	31	31	13,2
C (20, 20)	45	30	8,5
D (20, 10)	29	29	13,5
D (20, 20)	43	28	9,2

Все ячейки, заполненные приготовленными смесями, не имели дефектов и были устойчивы к механическим деформациям. Для исследования влияния энергии сцепления на механическую стабильность были изготовлены ячейки с различной толщиной ориентирующего слоя (от 15 до 90 нм). Измерения коэффициента контрастности проводились сразу после заполнения ячейки и после механической деформации. При деформации толщина ячеек изменялась более чем на 50 %. Для всех смесей наблюдалась устойчивость к механическому воздействию в широком диапазоне концентраций хиральных добавок; это показано на рисунке 1 в сравнении со смесью FLC-1 на основе четырехкольчатых хиральных соединений из наших предыдущих исследований [4 – 8].

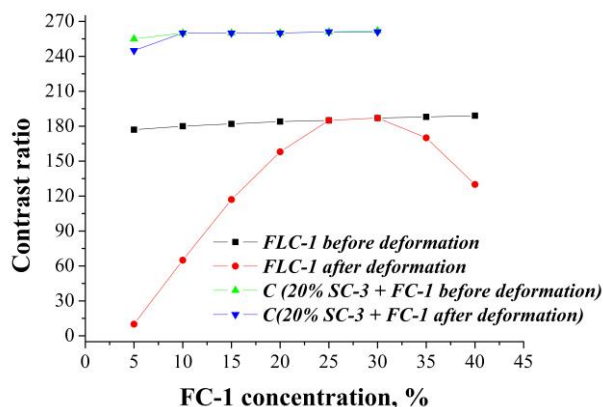


Рисунок 1. Коэффициент контрастности для ячеек, содержащих сегнетоэлектрическую ЖК смесь с различными концентрациями хиральной добавки FC-1 до и после приложения механического напряжения (геометрическое отклонение 60 %).

Секция 4. Прикладные проблемы физики конденсированного состояния

Для смесей с различными концентрациями пятикольчатых ахиральных смектических С соединений мы наблюдали устойчивость к механическому воздействию в широком диапазоне концентраций ахиральной добавки (рис.2).

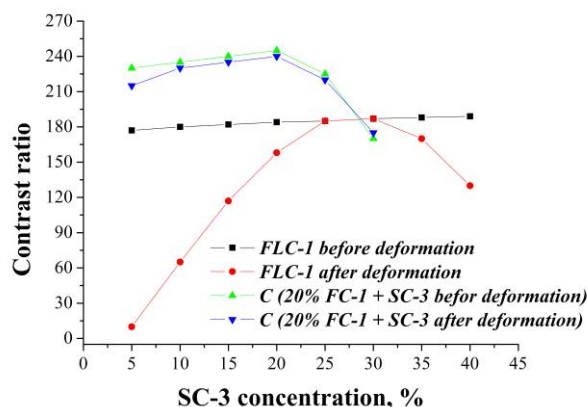


Рисунок 2. Коэффициент контрастности для ячеек, содержащих сегнетоэлектрические ЖК смеси с различными концентрациями ахирального соединения SC-3 до и после приложения механического напряжения (геометрическое отклонение 60 %).

Исследования показали, что высоковязкие сегнетоэлектрические смеси с 4,4'-дизамещенными пятикольчатыми ахиральными соединениями являются гораздо более устойчивыми к механической деформации по сравнению со смесями, содержащими 4,4'-дизамещенные четырехкольчатые хиральные соединения.

Список литературы

- 1 Clark N, Lagerwall S. Submicrosecond bistable electro-optical switching in liquid crystals. *Appl Phys Lett*. 1980; 36:899-901.
- 2 Koden M, Katsuse M, Tagawa A, Tamai K, Itoh N, Miyoshi S, Wada T. Ferroelectric Liquid Crystal Display. *Jpn J Appl Phys*. 1992; 31:3632-3637.
- 3 Rieker T, Clark N, Smith G, Parmar D, Sirota E, Safinya S. "Chevron" Local Layer Structure in Surface Stabilized Ferroelectric Smectic C Cells. *Phys Rev Lett*. 1987; 59:2658-2661.
- 4 Lapanik V, Bezborodov V, Minko A, Sasnouski G, Haase W, Lapanik A. Defect-free FLC's with high optical quality based upon new FLS's, *Ferroelectrics*. 2006; 344:205-211.
- 5 Lapanik V, Bezborodov V, Lapanik A, Haase W. XRD study of new FLC's correlation between the chemical structure of molecules, the sign of the optical rotation and the tilt angle, *Ferroelectrics*. 2006; 343:127-132.
- 6 Lapanik V, Bezborodov V, Timoseev S, Haase W. Shock-free ferroelectric liquid displays with high optical contrast. *Appl Phys Lett*. 2010; 97:251913-251917.
- 7 Lapanik V, Bezborodov V, Sasnouski G, Lapanik A, Haase W. Shock-free ferroelectric liquid crystal compositions: optimized chiral compounds and their mixing ratio with non-chiral components. *Mol Cryst Liq Cryst*. 2011;542:48-55.
- 8 Lapanik V, Bezborodov V, Sasnouski G, Haase W. Thin Ferroelectric Liquid Crystal layers: mechanical stability and fast electrical response, connection between molecule design and surface properties. *Liq Cryst*. 2013;40:1391-1397.