

КАПСУЛИРОВАННЫЕ ПОЛИМЕРОМ ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ С НИЗКИМ ЗНАЧЕНИЕМ УПРАВЛЯЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

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

Объектом исследования являются капсулированные полимером жидкие кристаллы. Данный композитный материал представляет собой полимерную пленку, в которой диспергирован жидкий кристалл в виде отдельных капель или связанных между собой пор. Цель работы – разработка новых композитных материалов с улучшенными физико-химическими и электрооптическими свойствами для различных применений.

Последние достижения в области пленок капсулированных полимером жидких кристаллов (КПЖК) привели к значительному прогрессу в создании недорогих электрооптических устройств, способных переключаться из режима рассеяния в режим пропускания в зависимости от напряжения, приложенного к пленке [1 – 3]. Однако существует несколько недостатков таких композитов: низкая контрастность, узкий рабочий температурный диапазон, деградация при высоких температурах, большое управляющее напряжение (от 50 до 80 вольт). В статье представлены результаты исследований в области пленок КПЖК с низким управляющим напряжением на основе оптимизированных жидкокристаллических композиций.

В исследовании использовались нематические соединения (около 30) с различными полярными группами (F, OCF₃, NCS, CN) и разными значениями оптической анизотропии Δn (от 0,16 до 0,29) с $n_o \sim 1,52 - 1,53$ на длине волны 589 нм, 20°C. Характеристики мутности (haze) измерялись с помощью колориметра COH 400 (Nippon Denshoku Industries Co. Ltd.) в соответствии со стандартом ASTM D1003-97. Жидкие кристаллы и фотополимеры смешивали при комнатной температуре до получения однородной смеси. Смесь отверждалась под действием УФ-излучения с длиной волны 365 нм. Для исследования были выбраны пять фотополимеров от разных производителей. Они имеют различную вязкость и коэффициент преломления (таблица 1).

Таблица 1

Физико-химические свойства некоторых изученных фотополимеров

	Loxreal 30-21	MD MUV.20	NOA 63	NOA 65	NOA 81
Вязкость при 25°C, сантипуаз	1000	1500	2000	1200	300
Термостойкость, °C	-55 +120	-40 +125	-60 +125	-60 +125	-60 +125
Показатель преломления	1,50	1,49	1,56	1,524	1,56

Эксперименты показали, что только NOA 65 (Norland Products Inc.) полностью смешивается с жидким кристаллом и что только смесь NOA 65 + ЖК стабильна в течение длительного периода времени.

Сначала были приготовлены смеси ЖК с различными полярными группами (CN, NCS, F и OCF₃) и показателями преломления (0,16 – 0,29) с использованием доступных соединений. Соединения с полярной группой CN оказались наиболее перспективными для дальнейших экспериментов. Также было обнаружено, что композиции на основе трех- и четырехкольчатых соединений имеют тенденцию разделяться на слои после смешивания с полимером. Поэтому такие соединения, как правило, непригодны. Кроме того, первые эксперименты выявили необходимость синтеза новых ЖК соединений. Было синтезировано десять со-

Секция 4. Прикладные проблемы физики конденсированного состояния

единений с большой оптической анизотропией и восемь с большой диэлектрической анизотропией. Из соединений с полярной CN-группой, неполярных соединений и новых синтезированных соединений были приготовлены нематические ЖК-смеси с различным двулучепреломлением. Смесь КПЖК была приготовлена путем смешивания этих ЖК с NOA 65 в различных соотношениях (30% к 70% по массе, 40% к 60% по массе, 50% к 50% по массе) для определения оптимальных соотношений, при которой достигается наиболее плотное состояние рассеяния. Также исследовалось влияние времени полимеризации на параметры пленок КПЖК. Было исследовано около 30 смесей. Результаты измерений лучших пленок КПЖК приведены в таблице 2.

Таблица 2

Электрооптические свойства некоторых исследованных смесей

Смесь	Пороговое напряжение V_{10} , В	Напряжение насыщения V_{90} , В	Мутность во включенном состоянии, %	Мутность в выключенном состоянии, %
1	13	39	2	73
2	10	35	2	70
3	6	12,8	1,8	89
4	18	37	1,9	74
5	15	32	1,9	71
6	7	17	2	88
7	11	29	1,8	75
8	10	27	1,7	73
9	5	9,6	2,6	90
10	19	48	2,2	66
11	18	38	2,1	69
12	12	26	2	77
13	10	23	2	75
14	7	17	2	78
15	10	24	1,5	78
16	9	22	1,5	83
17	6	12,8	1,8	79
18	3	8	2	77
19	7	17	1,8	86
20	4,8	9,8	1,8	78
21	5	9,6	2	80

Смеси 12, 17 и 21 имеют широкий диапазон рабочих температур: от менее чем -20°C до $+75^{\circ}\text{C}$.

После анализа полученных результатов приготовлены образцы пленок КПЖК с оптимальными на данный момент параметрами на основе оптимизированной нематической жидкокристаллической смеси (Таблицы 3 – 4, рис.1).

Таблица 3

Электрооптические параметры оптимизированной композиции

Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	Пороговое напряжение V_{10} , В	Напряжение насыщения V_{90} , В	Мутность во включенном состоянии, %	Мутность в выключенном состоянии, %
-25 +75	7	17	1,5	94

В результате исследования были улучшены следующие параметры пленки КПЖК: увеличен диапазон рабочих температур (от -25°C до $+75^{\circ}\text{C}$); увеличена мутность в режиме рассеяния ($>90\%$); уменьшена мутность в прозрачном состоянии ($<2\%$).

Молекулярная структура и состав оптимизированной смеси

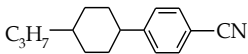
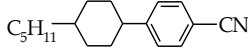
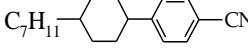
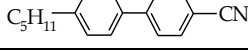
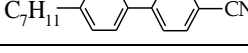
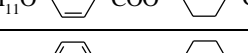
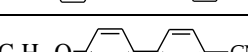
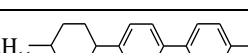
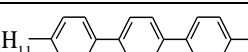
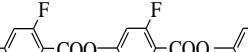
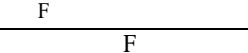
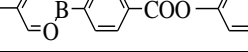
Соединение	Соотношение компонентов, % по массе
	5,0
	7,0
	6,5
	8,0
	6,5
	12,0
	12,0
	3,5
	4,5
	5,0
	5,0
	25,0



Рисунок 1. Образец пленки КПЖК.

Список литературы

- 1 Li C, Chen M, Shen W, Chen G, Zhang L, Yang H A study on the polymer structures and electro-optical properties of epoxy-mercaptan-based polymer dispersed liquid crystal films. *Liq Cryst*, 2019; 46:1718-1726.
 - 2 Zhong T, Mandle R, Goodby J, Zhang L, Zhang C. Comparative studies of polymer-dispersed liquid crystal films via a thiol-ene click reaction. *Polym Adv Technol*, 2019; 30:2781-2789.
- Shen W, Wang L, Zhong T, Chen G, Li C, Chen M, et al. Electrically switchable light transmittance of epoxy-mercaptan polymer/nematic liquid crystal composites with controllable microstructures. *Polymer*, 2019; 160:53-64