

ПЕРВЫЙ НЕГЕЛИКОИДАЛЬНЫЙ СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ

*Л. А. Береснев, В. А. Байкалов, Л. М. Блинов,
Е. П. Пожидаев, Г. В. Пурванецкас*

Экспериментально получен негеликоидальный жидкий кристалл, обладающий спонтанной поляризацией в отсутствие внешних воздействий.

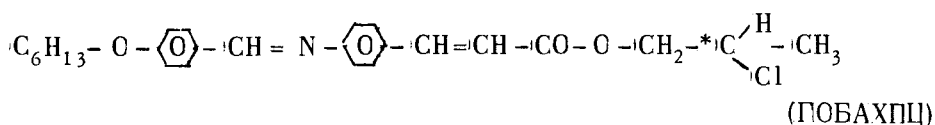
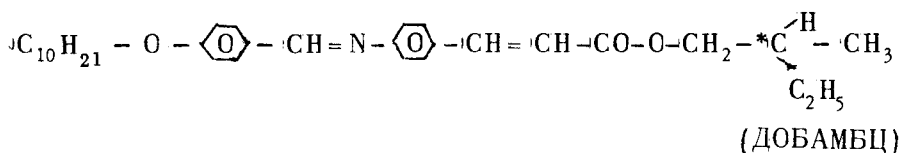
1. Осуществленная к настоящему времени возможность возникновения спонтанной поляризации в жидких кристаллах (ЖК) относится к наклонным слоистым фазам (например, смектическая С-фаза (S_c^*)), составленным из зеркально асимметричных (хиральных) молекул [1]. Единственным элементом симметрии таких фаз является ось второго порядка, направленная вдоль слоев и перпендикулярная плоскости наклона молекул. Эта ось второго порядка разрешает существование в слое параллельного ей макроскопического дипольного момента, который может быть реализован наличием у хиральных молекул поперечного дипольного момента.

Хиральность молекул, как правило, приводит к возникновению в ЖК спиральной или геликоидальной структуры, обнаруженной во всех сегнетоэлектрических ЖК. При этом направление спонтанной поляризации смектических слоев прецессирует от слоя к слою вокруг нормали к поверхностям слоев с шагом спирали менее 10 мкм [2], так что в объеме ЖК с размерами, соизмеримыми с этим шагом, макроскопическая поляризация скомпенсирована геликоидальной закруткой. Для наведения объемной поляризации в таких фазах используется внешнее электрическое поле, раскручивающее спираль и ориентирующее суммарные дипольные моменты смектических слоев так, что результирующая поляризация направлена по полю. Объемная поляризация может быть также получена и другими внешними воздействиями, например, механическим сдвигом смектических слоев [3], а также ориентирующим действием твердых поверхностей, контактирующих с ЖК [4].

Однако Мейер [1] указал на возможность возникновения макроскопической поляризации в смесях лево- и правовращающих хиральных смектических ЖК, молекулы которых имеют разные поперечные диполь-

ные моменты, так что при некоторой концентрации будет скомпенсирована закрутка, но не локальный дипольный момент. Такая компенсация в терминах теории [5] обусловлена тем, что в псевдосообственных жидких сегнетоэлектриках дипольное упорядочение носит вторичный характер, а первичным является ориентационный порядок, вызванный в наклонных смектических фазах заторможенностью вращения хиральных молекул вокруг длинных осей.

2. Мы впервые экспериментально получили негеликоидальный сегнетоэлектрический жидкий кристалл в смеси лево- и правовращающих хиральных смектических ЖК (ДОБАМБЦ и ГОБАХПЦ, соответственно):



Шаг спирали геликоида L_0 находили по углу дифракции излучения гелий-неонового лазера. Спонтанная поляризация P_c смесей определялась интегрированием температурной зависимости пирокоэффициента $\gamma(T) = dP_c/dT$, измеренного по вольт-ватт-метру (чувствительности к импульсам излучения свободной генерации неодимового лазера [6]).

Негеликоидальному сегнетоэлектрическому ЖК на рис.1 (для ячейки толщиной $d = 200$ мкм) соответствует диапазон концентраций ГОБАХПЦ $50 \div 60$ вес%, при котором волновой вектор спирали $q_0 = 2\pi/L_0$ равен нулю. Следует сказать, что зависимость q_0 от температуры при $T_{CA} - T > 1^\circ\text{C}$ для всех смесей в S_c^* фазе довольно слабая и аналогична измеренной в работах [2, 7] для однокомпонентных хиральных смектических S жидких кристаллов, поэтому выбор температуры, при которой на рис.1 даны значения волнового вектора, не принципиален: для других разностей $T_{CA} - T$ ход концентрационной зависимости q_0 полностью аналогичен указанному на рис.1 за исключением небольшого (в пределах коэффициента 2) изменения масштаба по оси q_0 . В смесях с концентрацией ГОБАХПЦ $50 \div 60\%$ для $d = 200$ мкм и $35 \div 75\%$ для $d = 20$ мкм геликоид раскручен во всем температурном диапазоне S_c^* -фазы.

Зависимость q_0 от концентрации каждого компонента близка к линейной, как и предсказывается теорией [8], до тех пор, пока шаг спирали L_0 не становится соизмерим с толщиной образца. Из рис.1 видно, что диапазон концентраций, где геликоид раскручен, расширяется с уменьшением толщины ячейки. Этот эффект обусловлен раскручивающим действием твердых стенок, известным для холестерических ЖК [9]. Как видно из рис.2 спонтанная поляризация негеликоидальной смеси превышает поляризацию широко известного геликоидального сегнетоэлектрического ЖК ДОБАМБЦ. В то же время при определенной концентрации ($\approx 15\%$) происходит компенсация поляризации с сохранением геликои-

дальной структуры, которую не удается раскрутить внешним электрическим полем. Это согласуется с тем фактом, что локальный дипольный момент, приходящийся на одну молекулу чистого ГОБАХПШ в S_c^* -фазе в $5 \div 6$ раз превышает дипольный момент, приходящийся на одну молекулу чистого ДОБ,МБШ [10], тогда как закручивающие способности этих веществ примерно одинаковы [2].

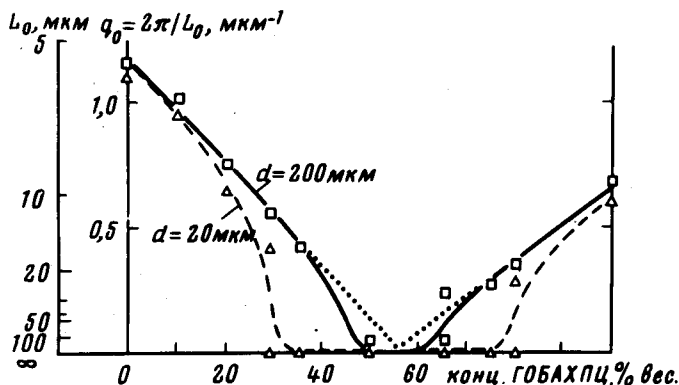


Рис.1. Зависимость волнового вектора геликоида $q_0 = 2\pi/L_0$ для различных толщин d жидкокристаллической ячейки от концентрации ГОБАХПШ в смеси с ДОБАМБШ. $T_{CA} - T = 4^\circ\text{C}$. T_{CA} — температура перехода между смектической S и смектической A -фазами.

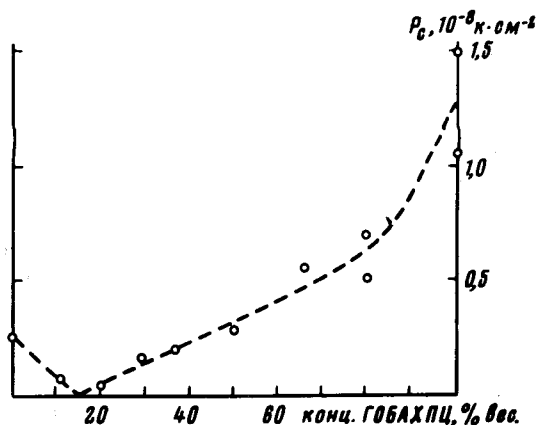


Рис.2. Зависимость спонтанной поляризации P_c от концентрации ГОБАХПШ в смеси с ДОБАМБШ. $T_{CA} - T = 20^\circ\text{C}$

3. Характернейшим свойством негеликоидального сегнетоэлектрического ЖК является сохранение макроскопической поляризации в образце после отключения внешнего электрического напряжения и короткого замыкания электродов ячейки между собой. Следует отметить, что поле здесь необходимо не для раскрутки спирали, а для монодоменизации образца, как это делается в случае традиционных твердых сегнетоэлектриков. При этих же условиях поляризация смеси, обладающей геликоидальной закруткой, спадает тем быстрее, чем больше волновой вектор спирали геликоида.

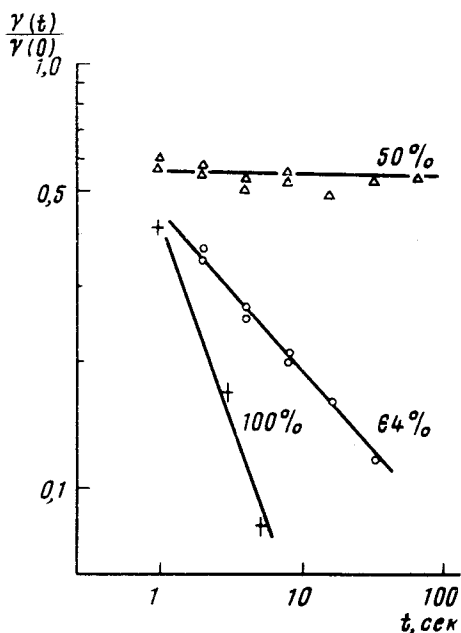


Рис.3. Кинетика спада пирокоэффициента для трех концентраций ГОБАХПШ в смеси с ДОБАМБИ после отключения поляризирующего напряжения, за единицу принято значение пирокоэффициента до отключения поляризирующего напряжения. $T_{CA} - T = 2^\circ\text{C}$

На рис.3 приведена кинетика пироэлектрического отклика для трех различных концентраций ГОБАХПШ в смеси с ДОБАМБИ после отключения поляризирующего напряжения. В компенсированной негеликоидальной смеси (концентрация ГОБАХПШ 50%) пирокоэффициент γ сохраняет без изменения свою величину несколько минут, тогда как в геликоидальных смесях пирокоэффициент спадает на порядок быстрее чем за минуту (64%), и даже за секунды (100%). Быстрый спад γ в первую секунду для всех трех смесей, по нашему мнению, связан с поликристаллической структурой образцов и обусловлен быстрой релаксацией изгиба тех смектических слоев, плоскости которых до приложения внешнего электрического поля были параллельны поверхностям электродов, а суммарная поляризация таких слоев перпендикулярна полю.

Научно-исследовательский институт органических полупродуктов и красителей

Поступила в редакцию
10 марта 1981 г.
После переработки
16 апреля 1981 г.

Литература

- [1] R.V.Meyer, L.Liebert, L.Strzelecki, P.Keller. J. de Phys. Lett., 36, L-69, 1975.
- [2] Ph.Martinot-Lagarde. J. de Phys., 37, C3-129, 1976.
- [3] P.Pieranski, E.Guyon, P.Keller. J. de Phys., 36, 1005, 1975.
- [4] Л.А.Береснев, Автореф. канд. дисс., Москва, 1979.
- [5] С.А.Пикин, В.Л.Инденбом. УФН, 125, 251, 1978.
- [6] L.M.Blinov, L.A.Beresnev, N.M.Shtykov, Z.M.Elashvili. J. de Phys., 40, C3-269, 1979.

- [7] Б.И.Островский, А.З.Рабинович, А.С.Сонин, Б.А.Струков. ЖЭТФ, 74, 1748, 1978.
- [8] A.Michelson. Phys. Lett., 60A, 29, 1977.
- [9] Л.М.Блинов. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. М., изд. Наука, 1978.
- [10] L.Petit, P.Pieranski, E.Guyon. C. R. Acad. Sc. Paris. B-284, 535, 1977.
-