

[10] Г а л и ц ы н Ю.Г., М а н с у р о в В.Г., П е ш е в -  
н е в В.И., Т е р е х о в А.С., О к о р о к о в а Л.Г. //  
Поверхность. 1989. Вып. 4. С. 147-150.

Институт физики  
полупроводников СО АН СССР,  
Новосибирск

Поступило в Редакцию  
22 сентября 1989 г.  
В окончательной редакции  
16 ноября 1989 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 7 12 апреля 1990 г.

05.3; 07

© 1990

### ПРОЯВЛЕНИЕ НЕСОРАЗМЕРНОСТИ В ОПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ГОЛУБЫХ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ФАЗ

О.Г. В л о х, Ю.А. Н а с т и ш и н,  
И.И. П о л о в и н к о, С.А. С в е л е б а

Экспериментальное и теоретическое изучение температурной зависимости оптической активности (ОА) голубых жидкокристаллических фаз ранее проводилось в [1, 2]. Было показано, что в точках фазовых переходов между холестерической, голубыми и изотропной фазами наблюдаются скачки ОА. В настоящей работе впервые выявлена и исследована кинетика ОА голубых фаз (ВР) под действием отжига в изотропной фазе. Известно [3], что ВР являются несоизмерными фазами (НФ). Кинетика оптических свойств под действием отжига в твердокристаллических НФ хорошо изучена и теоретически обоснована. Несоразмерность структуры твердых кристаллов проявляется в виде глобального температурного гистерезиса, характерных частных циклов температурного гистерезиса двупреломления в виде „параллелограммов” и эффекта термооптической памяти (ЭТОП) [4, 5]. Целью настоящей работы является изучение возможности проявления глобального температурного гистерезиса ОА ВР, частных циклов температурного гистерезиса и ЭТОП в ВР.

В качестве рабочего вещества использовался холестерилвый эфир пеларгоновой кислоты (ХП). Измерения ОА проводились на участке неориентированного образца диаметром 1 мм. Толщина образца 100 мкм, точность измерения температуры  $\sim 0,01$  К, скорость изменения температуры 0,1 К/мин. Диаграмма влияния отжига образца в изотропной фазе на температурную зависимость ОА ВР относительно изотропной фазы показана на рис. 1. Температурная зависимость ОА, полученная после одночасового отжига

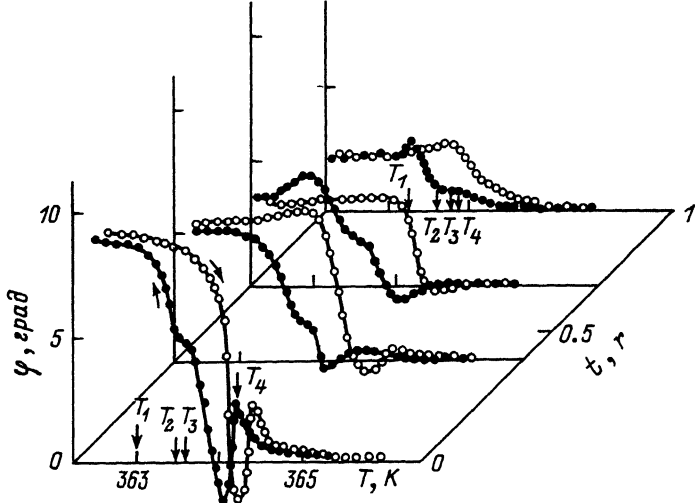


Рис. 1. Температурная зависимость оптической активности. 1 – при охлаждении, 2 – при нагревании от времени отжига в изотропной фазе для жидкого кристалла ХП.

в изотропной фазе в режиме охлаждения хорошо согласуется с результатами работы [1]. Согласно [1], ХП имеет три голубые фазы: ВР I ( $T_1 = 363.25 - T_2 = 363.65$  К), ВР II ( $T_2 = 363.65 - T_3 = 363.75$  К) и фоговую ( $T_3 = 363.75 - T_4 = 363.8$  К). Температурные зависимости ОА свежеприготовленных образцов значительно отличаются от зависимостей, полученных после длительного отжига в изотропной фазе. Рассмотрим сначала кривые, обозначенные черными точками на рис. 1, отвечающие режиму охлаждения. Во-первых, изломы на температурной зависимости ОА неотожженного образца ( $t = 0$ ), отвечающие фазовым переходам, более четко выражены. Во-вторых, температуры, соответствующие этим изломам значительно сдвинуты в сторону низких температур. В-третьих, общая температурная область существования ВР значительно расширена. Причем, если идентифицировать точки переходов между голубыми фазами по характерным изломам на температурной зависимости ОА, а точку перехода из изотропной фазы в фоговую по резкому нарастанию угла вращения плоскости поляризации света, то интервалы существования ВР I и ВР II оказываются практически неизменными. Температурная область существования фоговой фазы уменьшается от 0,6 К для свежеприготовленного образца до 0,05 К после одночасового отжига в изотропной фазе. Причем при  $t = 0$  в фоговой фазе наблюдается аномалия в виде четко выраженного экстремума внутри фазы. Длительный отжиг в изотропной фазе, очевидно, приводит к уничтожению зародышей предыдущей фазы, что, естественно, влияет на условия образования фоговой

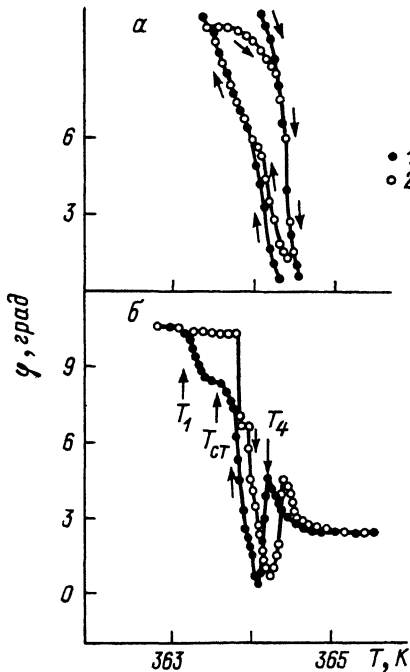


Рис. 2. Температурная зависимость ОА в голубой фазе. а – частные циклы температурного гистерезиса, б – эффект термооптической памяти.

фазы и сокращает интервал ее существования за счет сдвига точки  $T_4$  в более низкотемпературную область. Однако исходя только из температурной зависимости ОА невозможно утверждать о полном исчезновении фоговой фазы даже при больших временах отжига, так как с увеличением времени отжига уменьшается величина изменения ОА как при фазовых переходах, так и внутри температурных областей фаз. Напомним, что измерения проводились на поликристаллическом образце, но в данном случае изменение размеров кристаллических зерен в результате отжига не может приводить к сужению температурного интервала фоговой фазы. Тем более, что отжиг проводился глубоко в изотропной фазе ( $T=373$  K)

Что же касается температурных зависимостей, полученных в режиме нагревания (2 на рис. 1), то они не совпадают с зависимостями режима охлаждения ни количественно, ни качественно. Во-первых, наблюдается значительный температурный гистерезис: точки фазовых переходов на кривых нагревания значительно сдвинуты в сторону больших температур. Во-вторых, изломы, соответствующие точкам  $T_2$  и  $T_3$ , на кривых нагревания отсутствуют, и поэтому, исходя из этой зависимости, не удастся разграничить

голубые фазы между собой. Отжиг в изотропной фазе, как и в режиме охлаждения, приводит к уменьшению изменений ОА как при фазовых переходах, так и внутри голубых фаз. Отметим, что после охлаждения образца в твердую кристаллическую фазу он снова имеет свойства свежеприготовленного и диаграмма из рис. 1 может быть воспроизведена заново. Температурный цикл охлаждение-нагревание, как видно из рис. 1, имеет вид глобального температурного гистерезиса. При этом частный цикл температурного гистерезиса представляет собой „параллелограмм“ между кривыми нагревания и охлаждения (рис. 2, а). Аналогичные циклы ранее наблюдались в твердых кристаллах, обладающих НФ [4, 5].

В результате выдерживания образца в ВР II при  $T = 363.7$  К при повторном прохождении точки стабилизации на кривых нагревания и охлаждения наблюдалась аномалия ОА в виде полочки (рис. 2, б). На кривой нагревания точка, отвечающая аномалии сдвинута на величину температурного гистерезиса. Аналогичный эффект характерен НФ твердых кристаллов и был назван ЭТОП [4, 5].

Таким образом, в оптических свойствах жидкокристаллических голубых фаз наблюдаются характерные для твердых кристаллов проявления несоответствия структуры. Из теории НФ известно, что параметр сверхструктуры, локализуясь в соразмерных значениях и, оставаясь неизменным в некотором температурном интервале, образует „ступеньки“ [6]. Естественно, что они должны проявляться в физических свойствах. Поэтому температурный интервал, в котором существует ВР II, может представлять одну из таких „ступенек“. Отсутствие „ступеньки“, отвечающей ВР II, в режиме нагревания может быть обусловлено сравнительно меньшим температурным интервалом между холестерической и изотропной фазами, и в результате параметр сверхструктуры не успевает пройти через соразмерное значение. Отсутствие ее, в принципе, может свидетельствовать и о том, что в режиме нагревания фаза между холестерической и изотропной является соразмерной, но наличие ЭТОП отвергает такую возможность. Основываясь на аналогии между твердокристаллическими НФ и голубыми фазами, механизм ЭТОП можно представить следующим образом.

Согласно принятой модели голубой фазы [7], в результате двойной закрутки директора образуется кубическая решетка дефектов. Если шаг закрутки оказывается несоответствующим параметру элементарной ячейки этой решетки, то сама решетка в целом будет промодулирована некоторой волной деформации. По кристаллу, таким образом, существует градиент деформации, описываемый периодической функцией. Но, кроме дефектов, образовавшихся в результате двойной закрутки директора, в кристалле существует множество дефектов иной природы (дислокации, примеси, точечные дефекты). Назовем их примесными дефектами, не принимающими участия в формировании элементарной ячейки. Если принять, что кристаллическая структура голубой фазы является изначально промодулированной некоторой деформационной волной, то выдерживание образца при некоторой температуре приводит к скоплению примесных дефектов

в местах минимальной деформации решетки. Это приведет к периодическому распределению примесных дефектов по кристаллу. Будет существовать волна плотности примесных дефектов, причем волновой вектор волны плотности примесных дефектов является равным волновому вектору волны деформации решетки. После выхода из точки стабилизации без последующего сравнительно долгого задерживания в какой-либо другой температурной точке волна плотности примесных дефектов не успевает рассосаться. Отметим, что время стабилизации составляет 3 часа. При возвращении назад и повторном прохождении точки стабилизации волновой вектор модулированной структуры, изменяясь, примет значение, равное значению волнового вектора волны плотности примесных дефектов. Несмотря на дальнейшее изменение температуры, волновой вектор модулированной структуры под действием волны плотности примесных дефектов в некотором температурном интервале остается неизменным, после чего продолжает снова изменяться. В результате возникает „ступенька“ ЭТОП. Ее появление отобразится и на температурной зависимости ОА. Исходя из этой модели нетрудно объяснить природу глобального температурного гистерезиса и частных циклов — „параллелограммов“.

#### С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Демиков Е.И., Долганов В.К. // Письма в ЖЭТФ. 1983. Т. 38. Вып. 5. С. 368–370.
- [2] Беляков В.А., Демиков Е.И., Дмитриенко В.Е., Долганов В.К. // ЖЭТФ. 1985. Т. 89. С. 2035–2051.
- [3] P i k i n S.A. In: Incommensurate Phases in Dielectrics. 2. Ed. by R.Bline and Levanyuk. Chapter 21, Elsevier Science Publishers B.V. 1986. P. 319–366.
- [4] Влох О.Г., Каминский Б.В., Половинко И.И., Свелеба С.А. // УФЖ. 1987. Т. 30. № 10. С. 268–270.
- [5] Влох О.Г., Каминский Б.В., Китык А.В., Половинко И.И., Свелеба С.А. // ФТТ. 1987. Т. 29. Вып. 7. С. 2215–2217.
- [6] M a c h i y a m a H., T a n i s a k i S. // J. Phys. C : Solid. State Phys. 1982. N 15. L455–L459.
- [7] Беляков В.А., Дмитриенко В.Е. // УФН. 1985. Т. 146. Вып. 3. С. 369–415.

Львовский государственный  
университет

Поступило в Редакцию  
10 октября 1989 г.