АКУСТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Том XXVI 1980 Вып. 5

УДК 534.535

ОСОБЕННОСТИ КИНЕТИКИ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В СМЕКТИЧЕСКОЙ А-ФАЗЕ

О. А. Капустина, В. Н. Лупанов, В. М. Шошин

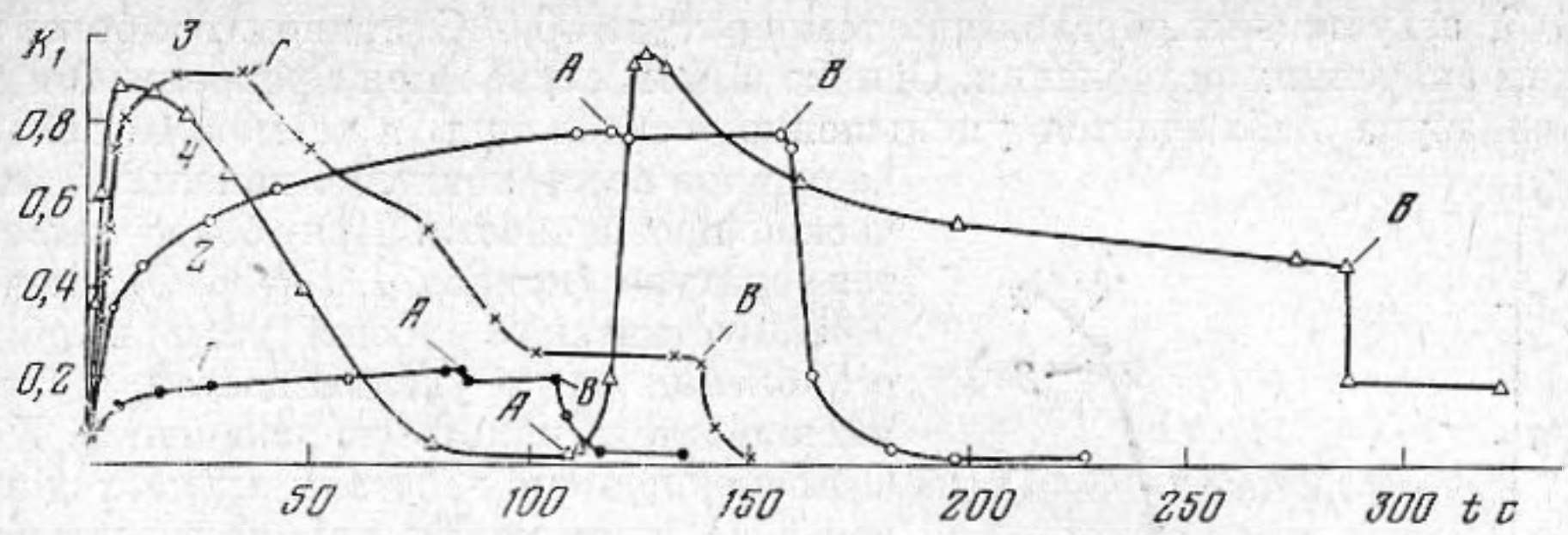
Исследовано изменение во времени ослабления света в образце смеси, обладающей смектической А-фазой, при воздействии продольных акустических колебания на частоте 1 МГц при различных значениях силы звука в интервале температур 30–38° С. Толщина образца 60 мкм, ориентация – гомеотропная. Показано, что смектическая А-фаза обладает эффектом акустической памяти, при этом величина остаточного ослабления практически не отличается от значения, наблюдаемого в момент действия звука.

Как показали визуальные наблюдения, оптическая прозрачность неориентированного образца смектической А-фазы (этиловый эфир параазоксикоричной кислоты) под действием акустических колебаний уменьшалась вследствие рассеяния света на флуктуациях показателя преломления, при этом по устранении возмущения исходная прозрачность слоя не восстанавливалась [1]. В опытах с гомеотропно-ориентированными слоями 4-цианобензиллиден-4-*н*-октилоксианилина (ЦБООА) и цианоктилбифенила (ЦОБ) наблюдали пространственно-периодическую деформацию структуры – образование доменов с временем релаксации от десятков секунд до нескольких часов [2, 3]. Эта способность смектической фазы А к сохранению остаточной деформации позволяет рассматривать ее перспективный материал для жидкокристаллических преобразователей с памятью [4, 5]. В этой связи представлялось интересным рассмотреть кинетику акустооптического эффекта в смектической А-фазе и оценить инерционные свойства этого материала.

Исследовался образец в виде слоя толщиной 60 мкм с гомеотропной ориентацией, заключенного между звукопрозрачной пленкой из лавсана с алюминиевым покрытием и стеклянной пластиной с прозрачным проводящим покрытием; при этом оба покрытия примыкали к слою. Такой образец закрепляется в торце терморегулируемой камеры, наполненной водой, на расстоянии 20 мм от акустического излучателя (частота 1 МГц) так, что к последнему была обращена пленка.

Использовалась смесь 55% ЦОБ и 45% 4-гексиоксифениловый эфир-4-бутилбензойной кислоты (Н-21), обладающая смектической А-фазой в интервале температур 5÷49° С и нематической фазой при температурах 49–52° С. Ориентация молекул осуществлялась путем подачи в течение ~20 с электрического напряжения около 200 В с частотой 20 КГц на ограничивающие слой пластины, предварительно обработанные сурфактантом (лецитин, хромалан) или химически очищенные.

Наблюдения за оптическими изменениями в образце проводились в отраженном свете, при этом фотоумножитель регистрировал интегральную по сечению звукового пучка интенсивность светового потока. Все измерения были выполнены на частоте 1 МГц при температурах 30,1; 36,5; 38° С.



Фиг. 1. Изменение во времени величины ослабления света

В этих условиях оптические изменения в образце отсутствовали вплоть до интенсивностей, отвечающих электрическим напряжениям на излучателе 18—22 В (в соответствии с методом обработки поверхностей). При интенсивностях, превышающих пороговую, структурные превращения в образце приводили к резкому уменьшению его оптической прозрачности.

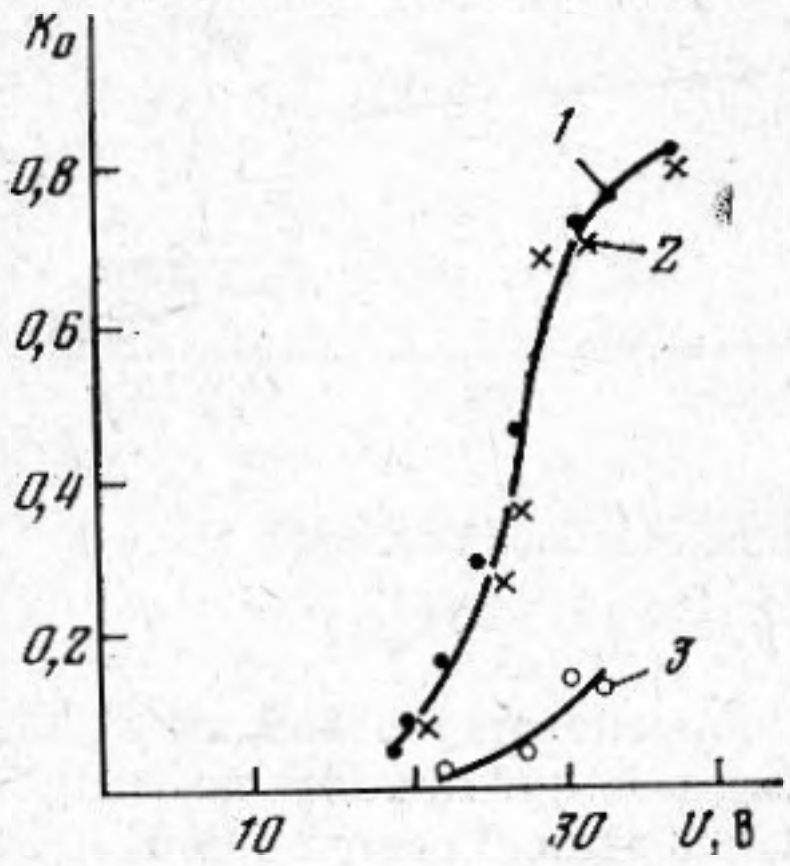
Представленные на фиг. 1 графики *1*, *2* отображают изменение во времени величины ослабления зеркально отраженного луча света К для двух значений напряжения на акустическом излучателе: 25 и 30 В; температура 30,1° С. В результате озвучивания образца устанавливается с течением времени постоянное значение ослабления K_0. Из хода графиков следует, что увеличение напряжения приводит к увеличению как величины установившегося ослабления K_0, так и времени его установления τ. Это, по-видимому, связано с визуально наблюдаемым увеличением площади участков по плоскости слоя, где действие ультразвука вызывает текстурный переход упорядоченной гомеотропной структуры, прозрачной для света, в менее упорядоченную непрозрачную. По окончании озвучивания (этим моментам времени соответствует на графиках фиг. 1 точка А) происходит переход системы в метастабильное состояние, при этом величина ослабления уменьшается на единицы процентов, так что остаточное ослабление (эффект «акустической памяти») оказывается весьма значительным. Отметим, что в нематико-холестерических смесях, также обладающих памятью, при переходе в метастабильное состояние значение K_0 уменьшалось приблизительно на 50%.

Восстановление исходной ориентации смектических образцов, как и у нематико-холестерических смесей, осуществляется наложением ориентирующего переменного электрического поля частотой ~20 КГц при напряжении около 200 В (точки В на графиках фиг. 1).

Приведенные данные получены на образцах, у которых ограничивающие слой поверхности подвергались химической очистке. Применение сурфактантов привело к небольшому увеличению как порогового напряжения для начала текстурного перехода, так и времени установления. Так, при напряжениях, превышающих пороговое значение, τ составляли 60, 70 и 80 с в среднем при химической очистке поверхностей и их обработке хромоланом и лецитином соответственно. Что касается установившихся значений ослабления K_0, то, как следует из данных, представленных на фиг. 2, они одинаковы у образцов с поверхностями, химически очищенными или обработанными хромоланом, но значительно ниже при использовании лецитина; обозначения *1—3* соответствуют следующим методам обработки: счистка, хромолан, лецитин.

Наблюдения за оптическими изменениями в образце при более высоких температурах показали, что при акустическом воздействии нельзя не учитывать повышение температуры в слое жидкого кристалла, обусловленное поглощением звука. Как следует из представленной на фиг. 1 кри-

вой *3*, озвучивание образца при температуре 36,5° С приводит к более высоким значениям ослабления. Однако в этом случае при прекращении действия звука наблюдается уменьшение ослабления и самопроизвольное частичное восстановление начальной оптической прозрачности. При более высокой температуре (кривая *4*, $t°=38°$ С) вначале при акустическом воздействии величина ослабления резко увеличивается, а затем уменьшается вплоть до значений К=0. С прекращением действия звука ход кривой К(t) повторяется, однако в этих условиях самопроизвольное восстановление начальной оптической прозрачности происходит с несколько меньшей скоростью.



Фиг. 2. Зависимость установившегося значения ослабления света от напряжения на акустическом излучателе при различных способах обработки ограничивающих слой поверхностей

Отмеченные особенности изменения величины ослабления, по-видимому, вызваны переходом соединения в нематическую и изотропную фазы соответственно вследствие локального изменения температуры в слое жидкого кристалла, обусловленного поглощением звука. В самом деле, как показали наблюдения с термочувствительной пленкой (на основе холестерического кристалла), при используемых в опытах интенсивностях и временах озвучивания порядка 40—60 с температура образца действительно повышалась на 10—12° С. Это повышение температуры приводит к изменению физических свойств жидких кристаллов (вязкость, упругость и т. д.), что, по-видимому, и вызывает отмеченное выше изменение времени установления τ.

Авторы пользуются случаем выразить благодарность Н. П. Чередниченко за помощь при измерениях.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Капустин А. П., Дмитриев Л. М.* Влияние ультразвука на доменную структуру жидких кристаллов. Кристаллография, 1962, *7*, 2, 332–334.
2. *Ribotta R., Durand G.* Mechanical Instability of Smectic A Liquid Crystals under Dilative or Compressive Stresses. J. Phys., 1977, *38*, 2, 179–204.
3. *Scudieri F., Ferrari A., Günduz E.* Ultrasound Instabilities in Smectic A. J. Phys., 1979, *40*, Suppl. 4, C3–90–C3–93.
4. *Капустина О. А., Лупанов В. Н., Чилая Г. С.* Эффект акустической памяти в жидких кристаллах. Акуст. ж., 1978, *24*, 1, 136–137.
5. *Гурова И. Н., Капустина О. А., Лупанов В. Н.* Исследования запоминающего активного элемента на жидких кристаллах. Сб. тр. IV научно-техн. конф. по информационной акустике. М., 1978, 94–98.

Акустический институт
им. Н. Н. Андреева
Академии наук СССР

Поступила
25 июля 1979 г.
После исправления
25 февраля 1980 г.