

равных следующие параметры: $r=0.5$, $\phi=0.92\pi$ и коэффициент потерь ≈ 0.72 .

Таким образом, в данной работе показана возможность генерации лазером с пассивной синхронизацией мод импульсов, близких к спектрально-ограниченным, спектр которых существенно превышает ширину кривой усиления лазера. Иными словами, рассмотренная схема сочетает функции фазовой модуляции и компрессии.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Wilhelm i B., Rudolph W., Doe p e l E., Dietel W. // Optica Acta. 1985. V. 32. P. 1175-1189.
- [2] Mollenauer L.F., Stolen R.H. // Opt. Lett. 1984. V. 9. P. 13-15.
- [3] Blow K.J., Wood D. // J. Opt. Soc. Amer. B. 1988. V. 5. P. 629-632.
- [4] Mark J., Liu L.Y., Hall K.L., Haus H.A., Ippen E.P. // Opt. Lett. 1989. V. 14. P. 48-50.
- [5] Булушев А.Г., Дианов Е.М., Охотников О.Г. // Письма в ЖТФ. 1990. Т. 16. № 4.
- [6] Blow K.J., Doran N.J., Nayar B.K. // Opt. Lett. 1989. V. 14. P. 754-756.
- [7] Bulushev A.G., Gurov Y.V., Dianov E.M., Kuznetsov A.V., Okhotnikov O.G., Paramonov V.M. // J. Lightwave Technol. 1988. V. LT-6. P. 1575-1585.

Поступило в Редакцию
1 марта 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 23

12 ноября 1990 г.

ОЗ; 12

© 1990

НОВЫЙ МЕТОД РЕГИСТРАЦИИ ПАРОВ НЕМЕЗОГЕННЫХ ВЕЩЕСТВ С ПОМОЩЬЮ НЕМАТИЧЕСКИХ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ

Д.Ф. Алиев, И.И. Гасанов

В в е д е н и е. Известно, что оптические свойства жидких кристаллов (ЖК) под действием незначительных количеств паров органических веществ (ОВ) могут существенно меняться. Исследования в этом направлении, с одной стороны, позволяют разра-

ботать высокочувствительные детекторы обнаружения вредных веществ в атмосфере, с другой стороны, важны для изучения межмолекулярных взаимодействий, происходящих в системе ЖК+пары ОВ. Однако следует отметить, что механизмы изменения оптических свойств различных классов ЖК под действием паров ОВ весьма разнообразны. В [1-3] исследовались взаимодействия холестерических ЖК (ХЖК) с парами ряда ОВ. Происходило изменение длины волны максимума селективного отражения в ХЖК, что было обусловлено изменением шага спирали под действием паров ОВ. Воздействие паров некоторых ОВ на нематические ЖК (НЖК) исследовались в [4-6]. В экспериментах измеряемым параметром, как в случае ХЖК, являлась длина волны максимума селективного отражения линейнополяризованного света. В нанесенных на пористые подложки НЖК изменение цвета происходило за счет изменения Δn (где $\Delta n = n_{//} - n_{\perp}$; $n_{//}$ и n_{\perp} - необыкновенные и обыкновенные показатели преломления соответственно). Было установлено, что размеры и плотность распределения пор довольно сильно влияют на оптические характеристики НЖК.

В данной работе изложены результаты исследования явлений, обнаруженных нами в НЖК, подвергнутых воздействию паров и заключающихся в сложном характере изменения интенсивности проходящего света. Экспериментальные данные позволяют предложить новый метод измерения коэффициента вязкости.

Э к с п е р и м е н т. В качестве НЖК была использована бинарная смесь *p*-метоксibenзилиден-*p*-*n*-бутил-анилин (МБА) и *p*-этоксibenзилиден-*p*-*n*-бутиланилин (ЭБА) с соотношением компонент 1:1, проявляющая нематическую фазу при комнатной температуре. Жидкокристаллические пленки имели толщину $d = 30$ мкм и свободную поверхность $S = 1$ см². Планарная ориентация была получена методом Шатлена. Образцы термостатировались с точностью $\pm 0,005$ °C при $T = 293$ К. НЖК пленки находились в кювете объемом $V = 15$ л, куда вводились пары ОВ. Собранный установка позволяла наблюдать визуально и записывать самописцем изменения интенсивности проходящего через НЖК слой света под действием паров ОВ. В качестве ОВ были использованы следующие представители различных химических классов: гексан, гептан, октан, бензол, толуол, ацетон, хлороформ. Геометрия эксперимента показана на вставке к рис. 1. Там же показано расположение образца по отношению ко входному отверстию кювета в двух различных случаях (А и В).

Результаты и их обсуждение

1. **О я в л е н и и.** В исходном состоянии угол φ между директором и плоскостью поляризации падающего на НЖК света равен нулю. Поляроиды P_1 и P_2 скрещены. Интенсивность проходящего через НЖК слой света I по закону Малюса минимальна:

$$I = I_0 \sin^2 2\varphi \sin^2 (S/2), \quad (1)$$

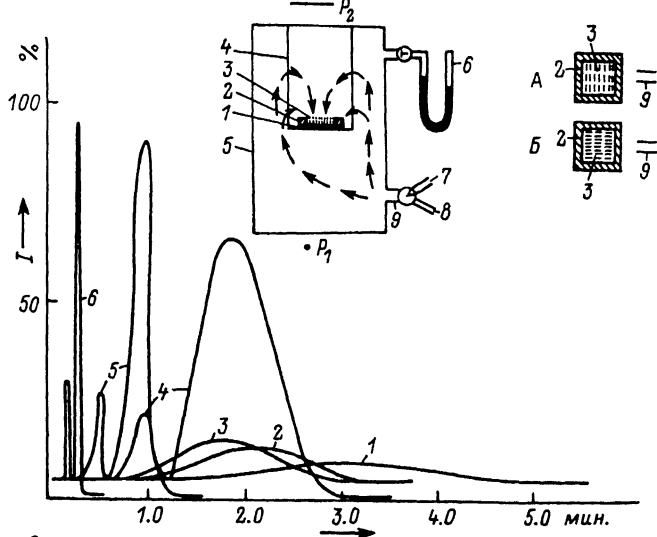


Рис. 1. Зависимость интенсивности проходящего через НЖК слой света от времени при различных концентрациях паров ацетона, в 10^{-8} моль/см³: 1 - $C_{кр}^* = 7.29$, 2 - 7.89, 3 - 8.97, 4 - $C_{кр}^{**} = 9.12$, 5 - 11.56, 6 - 15.43. На вставке: 1 - стеклянная подложка; 2 - диэлектрическая прокладка; 3 - НЖК; 4 - держатель образца; 5 - кювета; 6 - манометр; 7 - ввод к насосу; 8 - ввод к парам ОВ; 9 - ввод кюветы.

где $\delta = \frac{2\pi d}{\lambda} \Delta n$, I_0 - интенсивность падающего на НЖК слой света.

Для того, чтобы вводить пары ОВ в кювет 5, где находился образец НЖК 3, воздух с помощью насоса откачивался до определенного давления, которое в нашем случае равно 680 мм рт.ст. При этом давлении в кювет вводили каждый раз пары исследованных ОВ. Начиная с некоторых их концентраций, происходило увеличение интенсивности проходящего света с последующим его уменьшением. На вставке к рис. 1 стрелками показаны движения молекул ОВ при распространении в кювете. Расположение НЖК образца по отношению ко входному отверстию 9 мы рассматривали в двух случаях ориентации молекул (А и В). Изменение интенсивности в случае В не происходило. Наблюдаемое явление можно объяснить тем, что диффузия молекул ОВ в объеме НЖК слоя происходит не строго перпендикулярно слоям, а под некоторым углом, что заставляет отклоняться директор НЖК от равновесного положения. Микроскопические исследования показали, что директор отклоняется от равновесного положения только в плоскости слоя.

2. Кинетика процесса

и концентрационная зависимость

Зависимости интенсивности проходящего через НЖК слой света от времени при различных концентрациях паров ацетона и гексана показаны на рис. 1 и 2. Для остальных изученных ОВ ход интен-

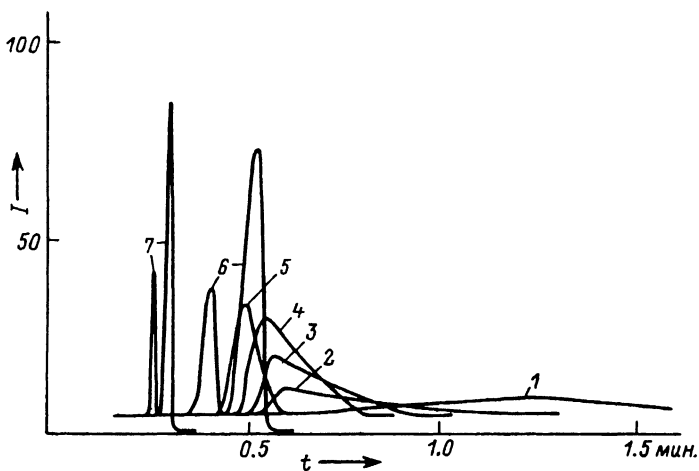


Рис. 2. Зависимость интенсивности прошедшего через НЖК слой света от времени при различных концентрациях паров гексана, в 10^{-8} моль/см³: 1 - $C_{кр}^* = 3.36$, 2 - 7.89, 3 - 9.23, 4 - 10.28, 5 - 12.45, 6 - $C_{кр}^{***} = 13.00$, 7 - 16.34.

сивностей подобны. Поэтому основные данные для них приведены в таблице. На рис. 1 и 2, а также в таблице с одной звездочкой показаны первые критические концентрации паров ОВ, соответствующие относительному изменению пропускания НЖК слоя на 5%. Наблюдения под микроскопом показали, что при этих концентрациях директор отклоняется в плоскости слоя в одном направлении. С увеличением концентрации паров ОВ происходит как увеличение интенсивности, так и уменьшение ширины пиков. Отмеченное изменение является отображением отклонения директора как по направлению по часовой стрелки, так и против. При концентрациях паров ОВ, отмеченных двумя звездочками, происходит переход в изотропную жидкость. Переход в изотропную жидкость регистрировался самописцем в виде двух пиков. При первом из них директор быстро отклонялся от равновесного положения с последующим возвращением в прежнее положение. Затем сразу же второй, большой пик, — интенсивное „кипение“, напоминающее ЭГД неустойчивости и постепенный переход в изотропную жидкость. Скорость перехода в изотропную жидкость также зависит от концентрации паров, т.е. с увеличением концентрации паров ОВ переход происходит быстрее.

3. О механизме явления

Как было отмечено выше, существуют вполне определенные концентрации паров, при которых происходит отклонение директора от равновесного положения. Сила, вынуждающая переориентироваться директор, обусловлена массой адсорбированных молекул. Учитывая, что эксперимент проводился при давлении в кювете, немного отличающимся от атмосферного давления, можно приближенно считать,

Вещество	$C_{кр}^*, 10^{-8} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{СМ}^3}$	$C_{кр}^{**} 10^{-8} \frac{\text{МОЛЬ}}{\text{СМ}^3}$	$t, \text{с}$	$\gamma_n, \text{Пуаз}$
Гексан	3.36	13.0	82	0.27
Гептан	1.68	16.27	64	0.21
Октан	0.71	22.4	36	0.13
Бензол	2.17	11.47	78	0.24
Толуол	0.11	14.21	47	0.16
Ацетон	7.29	9.12	112	0.34
Хлороформ	1.97	15.78	95	0.31

что диффузия идет в направлении, перпендикулярном слоям. При этом, эта сила по мере уменьшения массы адсорбированных молекул (идет диффузия) на поверхности уменьшается со временем. Существование первых критических концентраций позволяет оценить коэффициент вязкости γ_1 , отвечающий только за переориентацию директора.

Согласно уравнению Фика, количество dq диффундирующего вещества через сечение S в направлении, перпендикулярном слоям, прямопропорционально коэффициенту диффузии D_1 , градиенту концентрации и времени t [7]:

$$dq = -D_1 S \left(\frac{dc}{dz} \right) dt.$$

Другими словами, если M (в граммах) масса адсорбированного вещества в момент $t=0$, то

$$q = M - D_1 S \left(\frac{dc}{dz} \right) t.$$

Тогда уравнение движения директора, описывающее изменение угла φ со временем без учета упругого и гидродинамического членов, запишется в форме:

$$\gamma_1 \frac{d\varphi}{dt} = \left[\frac{M}{S} - D_1 \left(\frac{dc}{dz} \right) t \right] g, \quad (2)$$

где $g = 9.8 \frac{M}{c^2}$ - ускорение свободного падения. Решение уравнения (2) с начальным условием $\varphi=0$ при $t=0$ имеет вид:

$$\varphi = \frac{Mg}{S\gamma_1} t + \frac{c_0 D_1 g}{\gamma_1 d} \left[\frac{d^2}{x^2 D_1} e^{-\frac{x^2 t}{d^2}} D_1 \left(t + \frac{d^2}{x^2 D_1} \right) - \frac{d^4}{x^4 D_1^2} \right]. \quad (3)$$

При $t \ll \frac{d^2}{x^2 D_1}$ изменение угла φ определяется выражением:

$$\varphi = \frac{Mg}{S \eta_1} t,$$

(4)

которое описывает начальный ход — увеличение интенсивности со временем. Как мы отмечали раньше, первые критические концентрации паров ОВ мы определяем таким образом, что их воздействие увеличивает интенсивность проходящего света на 5%. При этом директор поворачивается на 5° с различным временем достижения этого положения для различных паров ОВ. Поэтому измеряя из экспериментальных кривых время достижения t этого положения и зная мольную долю адсорбированных молекул [8] $\alpha = \frac{Rt}{\eta_f p_0} C_{xp}^*$ (где R — универсальная газовая постоянная; p^0 — давление насыщенного пара чистого ОВ при температуре T ; η_f — коэффициент активности), мы вычислили значение коэффициента вязкости η_1 для различных паров ОВ. Вычисленные значения приведены в таблице.

Предложенная теоретическая модель лишь качественно описывает изменение угла φ со временем. Для более точного определения η_1 нужно учесть энтальпии растворения ОВ в НЖК, которая имеет сильную температурную зависимость коэффициента вязкости. Другая погрешность при вычислении η_1 связана с тем, что значения коэффициентов активности η_f мы брали из [8], которые получены для ХЖК растворителей. Данные газо-жидкостной хроматографии по значениям η_f для нами исследованного НЖК отсутствуют. Еще одна возможная погрешность при вычислении η_1 связана с коэффициентом g — ускорением свободного падения, присутствующего в предложенной модели. В действительности молекулы паров ОВ к поверхности НЖК „прилетают“ не свободно, а с некоторым большим ускорением в зависимости от давления, придерживаемого в кювете. Несмотря на отмеченные недостатки предложенной модели, указанное явление вполне можно применять для детекции паров ОВ. При этом чувствительность таких систем можно существенно увеличить по сравнению с холестерическими (10^{-7} нм \cdot кмоль/см 3) детекторами, уменьшая давление в кювете. Выбирая специальный кювет, давление в нем и высоту над входным отверстием, можно существенно улучшить чувствительность НЖК детектора.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] T o l i v e r W.H., C l u d e S.R., R o a s h C., R o u n d y R.W., H o f f m a n P.E. // Liquid Crystals: Aerospace Med. 1969. V. 40. N 1. P. 35-39.
- [2] Л и с е ц к и й Л.Н., А н т о н я н Т.П. // ЖФХ. 1981. Т. 55. № 5. С. 1169-1173.
- [3] А л и е в Д.Ф., Г а с а н о в И.И., Л и с е ц к и й Л.Н. // ЖФХ. 1989. Т. 63. № 2. С. 558-561.

- [4] P o z i o m e k E.J., N o v a k T.I., M a - s k a y R.A. // Edgewood Arsenal special publication EO-SP-7800.
- [5] P o z i o m e k E.J., T.J. N o v a k, M a - s k a y R.A. // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1974. V. 27. N 1/2. P. 175-185.
- [6] B l a d e k J., M a l i s z e w s k i W. // WAT. 1983. V. 32. N 2. P. 366.
- [7] Г о д н е в И.Н., К р а с н о в К.С. и др. Физическая химия, М.: Высшая школа, 1982.
- [8] W i l l e y D.G., M a r t i r e D.E. // Mol. Cryst. Liq. Cryst. 1972. V. 18. N 1. P. 55.

Бакинский государственный университет

Поступило в Редакцию 30 июля 1990 г.

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 23 12 декабря 1990 г.
09

© 1990

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ СВЯЗЬ РАЗНОЧАСТОТНЫХ ВОЛН С ПОМОЩЬЮ СТАТИЧЕСКИХ РЕШЕТОК

Т.В. Г а л с т я н, Н.В. Т а б и р я н

Волновые взаимодействия в анизотропных средах являются важными, прежде всего, в связи с возможностью осуществления условия синхронизма, как это имеет место, например, при генерации гармоник. В работах [1, 2] была показана возможность взаимодействия и энергообмена световых волн в анизотропных средах в неординарных условиях. Одной из основных условий, обуславливающих экспоненциальное усиление встречных волн одинаковой частоты, являлась диагонально-биполярная нелинейность среды.

В настоящей работе показано, что в таких средах возможна параметрическая связь между разночастотными волнами с помощью объемных статических решеток и осуществление синхронного взаимодействия волн в ситуациях, исключающихся при „обычных“ механизмах нелинейности.

Рассмотрим наиболее интересный случай встречного распространения (вдоль оси Z) двух (сильных и слабых) волн o — и e — типов, причем, волны одинаковой поляризационной моды имеют одинаковые частоты. Направив оптическую ось одноосного кристалла вдоль оси y декартовой системы координат, комплексный вектор напряженности светового поля в среде представим в виде

$$\vec{E}(\vec{z}) = \vec{e}_x [E_1(z) \cdot e^{-ik_1 z} + E_3(z) \cdot e^{ik_1 z}] + \vec{e}_y [E_2(z) e^{-ik_2 z} + E_4(z) \cdot e^{ik_2 z}] , \quad (1)$$