



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ОРДЕНА ЛЕНИНА СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ им.Л.В.КИРЕНСКОГО

ПРЕПРИНТ № 533 Ф

СВЕТОИНДУЦИРОВАННЫЙ ПЕРЕХОД ФРЕДЕРИКСА
В ДИСПЕРГИРОВАННЫХ КАПЛЯХ НЕМАТИКА

Жуйков В.А., Зырянов В.Я., Сморгон С.Л., Шабанов В.Ф.

Красноярск 1988

Для нового электрооптического материала - капсулированных полимером нематических жидких кристаллов проведены экспериментальные исследования переориентации дивектора под действием поля световой волны. Измерены пороговые зависимости светопропускания и светорассеяния пленки капсулированных нематиков от мощности лазерного излучения. Обсуждается особенность проявления эффекта светондуплированного перехода Фредерикса в диспергированных каплях нематика и возможности его использования в прикладных целях.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ведется интенсивный поиск новых возможностей практического использования жидких кристаллов (ЖК). Одним из перспективных направлений является изучение гигантской оптической нелинейности мезофаз, обусловленной переориентацией дивектора ЖК под действием поля световой волны [1]. Такие исследования открывают возможность создания ряда нелинейных оптических устройств с низкой мощностью срабатывания на основе ориентационной нелинейности ЖК [1].

Наиболее ярким примером гигантской оптической нелинейности мезофаз служит открытый экспериментально [2] и полученный теоретическое обоснование в работах [3-5] светондуплированный переход Фредерикса (СПФ), то есть переориентация дивектора в одномерно ориентированном слое нематического ЖК под действием падающего нормально светового потока с пороговой зависимостью от мощности света.

Однако, полные исследования, проводимые до настоящего времени в мезоскопическом ЖК не коснулись качественно нового электрооптического материала - диспергированных капель нематика в полимерной матрице [6].

В данной работе для капсулированных полимером нематических ЖК БДР и ПДПД проведены экспериментальные исследования переориентации дивектора под действием поля световой волны. Измерены пороговые зависимости светопропускания и светорассеяния пленки предварительно ориентированного переменной электрической мощностью капсулированного нематика от мощности лазерного излучения. Обсуждается особенность проявления эффекта светондуплированного перехода Фредерикса в диспергированных каплях нематика и возможности его практического использования

1. Эксперимент

Для измерения светопропускания и светорассеяния исследуемых образцов была собрана установка, схематическое изображение которой представлено на рис. 1. Плоскопараллельное излучение от аргонового лазера ЛПН-4К2, варьруемое по мощности в диапазоне $0 + 350 \text{ мВт}$ для $\lambda = 0,5145 \text{ мкм}$, фокусировалось линзой 4 на криволинейный диспергированный полимером ЖК. Мощность проходящего образца и дифрактиву 6 излучения определялась измерителем мощности ИМО-2Н. С использованием плоскопараллельной светоделительной пластины 3 и зеркала 9 реализовывался канал сравнения для

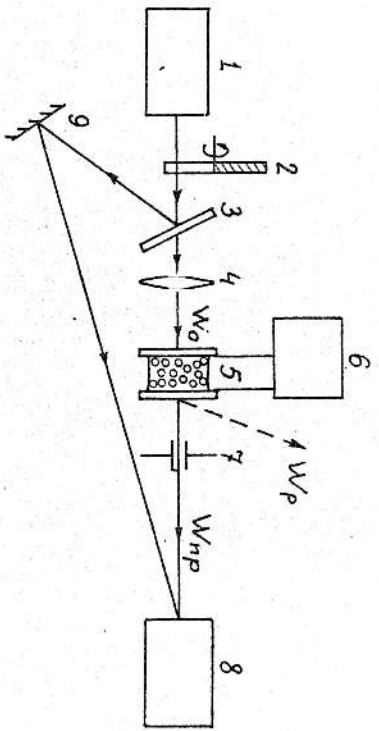


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:
 1 - аргоновый лазер ЛПН-402 с дисперсионной призмой и поляризатором, 2 - прерыватель света, 3 - светоделительная пластинка, 4 - линза, 5 - термокювета с образцом, 6 - генератор сигналов ГЗ-112/1 с усилителем, 7 - диодная лампа, 8 - измеритель мощности ИМО-2Н или фотодиод ФД-24К с осциллографом СИ-91, 9 - зеркало

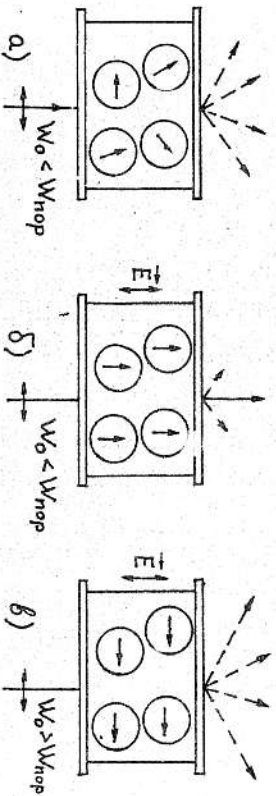


Рис. 2. Прохождение плоско-поляризованного излучения через пленку с различным ориентационным состоянием капиллярной полимерной матрицы: а) в отсутствие электрического сигнала при $W_0 < W_{пор}$; б) в поле переменного электрического сигнала при $W_0 < W_{пор}$; в) в поле переменного электрического сигнала при $W_0 > W_{пор}$. Плоскость поляризации света совпадает с плоскостью рисунка

проведения нормировки W_{nr}/W_0 . Собранная установка представляет также возможность измерения рассеянного в нем светом телесном угле излучения. Модулируя излучение прерывателем света 2, с помощью фотодиода ФД-24К и осциллографа СИ-91 измерялись времена включения $\tau_{вкл}$ и выключения $\tau_{выкл}$ нелинейно-оптического отклика. Измерения производились при температуре 22°C.

Исследованные образцы изготавливались аналогично методике, описанной в работах [7, 8]. В качестве матрицы использовался аморфный полимер, относящийся к группе термопластиков, который после растворения и высыхания не претерпевает химических превращений и обладает хорошими пленкообразующими свойствами. Неадаптированный ЖК вводился в раствор полимера в смеси растворителей. Полученный раствор выливался на поверхность подложки и высушивался. По мере испарения растворителя смесь становилась гетерофазной, образуя полимерную пленку с равномерно распределенными по объему каплями нематического ЖК. Образец толщиной 15 мкм формировался посредством сжатия нагретой полимерной пленки между стеклинными подложками, разделенными калиброванными прокладками из тефлона. На внутреннюю поверхность подложки напылены прозрачные проводящие электроды, на которые от генератора ГЗ-112/1 с усилителем подается электрический сигнал с частотой 1 кГц и напряжением 200 В.

Локальный нагрев оценивался разностью температур перехода нематик-изотропная жидкость в каплях ЖК, находившихся в неосвещенной зоне и в центре светового пятна. В данной экспериментальной геометрии при мощности излучения 300 мВт величина его составляет 3К.

Измерения показателей преломления $n_r, n_d, n_{||}$ проводились с помощью рефрактометра ИРФ-22, а также использовались данные работы [9]. Показатель преломления полимера n_p при комнатной температуре для $\lambda = 0,589$ мкм равен 1,47.

На рис. 2 показано схематическое изображение прохождения лазерного излучения через полимерную пленку с различным ориентационным состоянием капиллярной ЖК. Для исследуемых образцов показатель преломления обыкновенной волны $n_{||}$ в нематическом ЖК близок к среднему показателю преломления n_p полимерной матрицы. В отсутствие электрического сигнала при малой мощности падающего излучения (рис. 2а) луч рассеивается на произвольно ориентированных каплях нематика, имеющих осесимметричное упорядочение

молекулы [5]. В поле переменного электрического сигнала Директор ЖК в капсулах ориентируется перпендикулярно подложкам (рис.2б), что приводит к резкому уменьшению рассеяния света [6]. Для мощности излучения, превышающей пороговую (рис.2в), преимущественную роль в ориентации молекулы играет поле световой волны, позволяющая директор ЖК в плоскости поляризации перпендикулярно волновому вектору. Такая теория соответствует максимальному градиенту показателя преломления света $n_{11} - n_r$ на границе раздела полимер-капли ЖК и следовательно, резкому увеличению рассеянного света. При этом аналогично СПФ в моноослках ЖК [2-5] следует ожидать пороговую зависимость переориентации директора в капле ЖК, которая проявится в пороговой зависимости светопропускания и светорассеяния от мощности падающего излучения.

2. Исследование капсулированного ЖК СПФ

Один из наиболее хорошо исследованных различными физическими методами ЖК - 4-н-пентил-4'-цианобифенил (СПФ), имеющий температуру переходов К22НЗБИ и структурную формулу



При комнатной температуре для $\lambda = 0,589$ мкм показателем преломления СПФ $n_{11} = 1,73$, $n_r = 1,53$. Визуальные наблюдения показывают, что при увеличении мощности света в центре светового пятна прошедшего образец излучения появляется темная область, которая охватывает, затем весь луч.

Результаты измерений, представленные на рис.3 свидетельствуют о наличии в диспергированных каплях СПФ, капсулированных в полимере, светонепрозрачного перехода Фредерикса при величине мощности падающего на образец излучения $W_{пор} \approx 105$ мВт, что соответствует значению плотности мощности $R_{пор} \approx 1,65$ вВт/см², если величина диаметра отверстия $d \approx 90$ мкм.

На рис.4 представлены осциллограммы, полученные с использованием модулированного лазерного излучения варьруемой частоты и скважности и позволившие оценить быстродействие нелинейно-оптического отклика $\tau_{вкл}$, а также время релаксации образца в исходное состояние $\tau_{вклк}$. Для $W_0 = 130$ мВт $\tau_{вкл} \approx 1$ мсек, $\tau_{вклк} \approx 3$ мсек. Время переориентации директора ЖК $\tau_{вкл}$ резко уменьшается при увеличении мощности падающего излучения. Время релаксации $\tau_{вклк}$ оценивалось в отсутствие переменного электри-

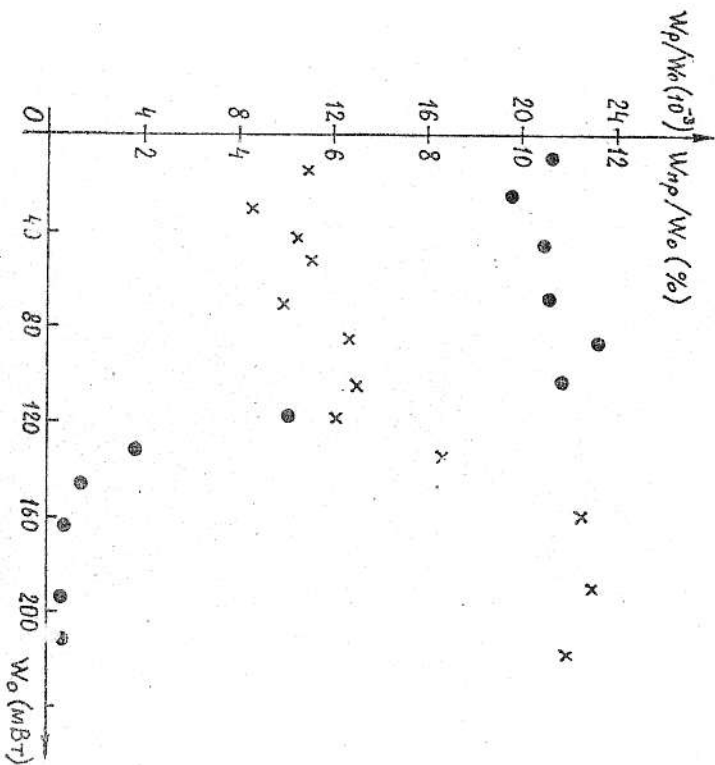


Рис.3. Зависимость светопропускания (x) и светорассеяния (o) для диспергированного полимером ЖК СПФ от мощности падающего на образец излучения