

- [1] Коржуев М. А., Банкина В. Ф., Абрикосов Н. Х. и др. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 4. С. 797—800.
 [2] Астров Ю. А., Желев В. // Успехи науч. фотогр. 1986. Т. 24. С. 120—142.
 [3] Машлятина Т. М., Недзвецкая И. В., Недвецкий Д. С. и др. // Опт. и спектр. 1979. Т. 46. Вып. 3. С. 614—618.
 [4] Дубков В. М., Акимов И. А. // Опт. и спектр. 1985. Т. 59. Вып. 6. С. 1388—1390.
 [5] Слезов В. В., Сагалович В. В. // Успехи физ. наук. 1987. Т. 151. № 1. С. 67—95.

Ленинградский институт
 советской торговли
 им. Ф. Энгельса

Поступило в Редакцию
 17 марта 1988 г.
 В окончательной редакции
 12 августа 1988 г.

ОПТИЧЕСКИ УПРАВЛЯЕМЫЕ СТРУКТУРЫ ФОТОПРОВОДНИК—ЖИДКИЙ КРИСТАЛЛ ДЛЯ ЗАПИСИ И ДОЛГОВРЕМЕННОГО ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ

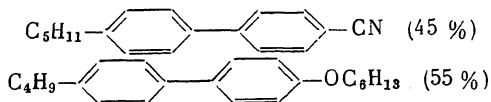
Ф. Л. Владимиров, Е. А. Морозова, И. Е. Моричев,
 Н. И. Плетнева, Д. Ф. Алиев

В последнее время достигнуты значительные успехи в области разработок быстродействующих оптически управляемых транспарантов (ОУТ) на основе структур фотопроводник—жидкий кристалл (ФП—ЖК) [1–3]. Совмещение в таких устройствах возможности быстро регистрировать и длительное время хранить записанную информацию существенно расширяет функциональные возможности ОУТ и представляет большой интерес для разработки систем обработки, отображения и хранения оптической информации [4].

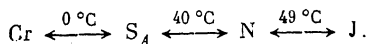
Одним из путей реализации ОУТ с запоминанием оптических изображений является использование в качестве модулирующей среды ЖК с бистабильной электрооптической характеристикой [5]. В настоящей работе в качестве такого материала использовались смектические А жидкие кристаллы с положительной анизотропией диэлектрической проницаемости ($\Delta\epsilon > 0$) [6].

Суть используемого электрооптического эффекта состоит в том, что оптически прозрачная гомеотропная структура под действием низкочастотного электрического поля в результате гидродинамической (ЭГД) неустойчивости переходит в сильнорассеивающую свет конфокальную структуру. Причем оба состояния из-за особенностей вязкоупругих свойств смектика А являются квазистабильными и могут сохраняться достаточно долго (не менее 2 лет). Переход из рассеивающего состояния в прозрачное осуществляется в результате полевого конфокально-гомеотропного перехода под действием высокочастотного электрического поля.

Основу используемой ЖК композиции составляла бинарная смесь



с температурами фазовых переходов



В эту смесь было добавлено по несколько процентов гексилбензойной кислоты для уменьшения порогового напряжения возникновения электрогидродинамической неустойчивости и жидкого кристалла, имеющего смектическую А фазу при более высоких температурах, для повышения вязкости и увеличения времени памяти. Полученная смесь имела следующие характеристики: анизотропия диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon = \epsilon_{\parallel} - \epsilon_{\perp} = 10.5$, анизотропия электропроводности $\sigma_{\parallel} / \sigma_{\perp} = 1.8$, средняя электропроводность. В качестве ФП исполь-

своались напыленные в вакууме слоя халькогенидных стеклообразных полупроводников системы мышьяк—селен, фоточувствительные в спектральной области 400—600 нм [7].

Запись осуществлялась при включении напряжения частотой 16 Гц, амплитудой 60—150 В, стирание — напряжением частотой 2 кГц, амплитудой 50—80 В. Причем запись изображения можно осуществить путем как кратковременного включения низкочастотного напряжения при постоянной засветке записывающим светом, так и импульсом записывающего излучения при постоянно включенном низкочастотном напряжении. Запись оптической информации и ее считывание проводились белым светом.

Рассмотрим основные характеристики исследуемого ОУТ: чувствительность, контрастное отношение, разрешающую способность, реверсивность. Первые два параметра могут быть получены из модуляционной

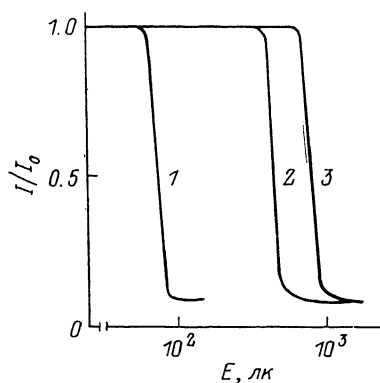


Рис. 1. Зависимость пропускания структуры ФП—сметик А от входной освещенности при напряжениях. U , В: 1 — 150, 2 — 120, 3 — 100. Частота управляющего напряжения $f=16$ Гц, контраст 10 : 1, длительности импульса управляющего напряжения $\tau_n=1$ с.

кривой — зависимости пропускания структуры от входной освещенности (рис. 1). Полученные модуляционные кривые имеют резко выраженный пороговый характер и большую крутизну, что связано с аналогичным видом электрооптической характеристики используемого эффекта [6].

Чувствительность структуры (величина, обратная минимальной освещенности, при которой напряжение на слое ЖК достигает порогового значения (U_n) и начинается разрушение

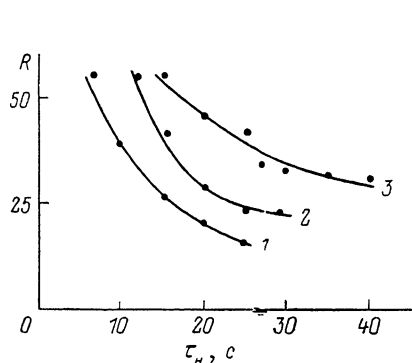


Рис. 2. Зависимость разрешающей способности структуры ФП—сметик А от длительности импульса при постоянной амплитуде управляющего напряжения.

U , В: 1 — 90, 2 — 80, 3 — 75. Входная освещенность 380 лк.

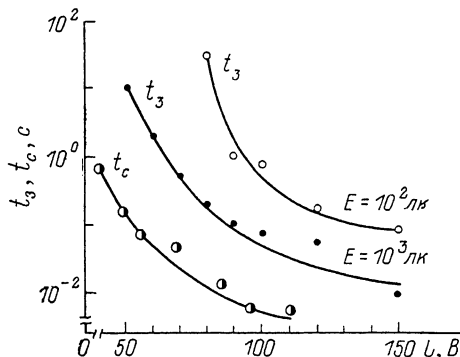


Рис. 3. Зависимость времени записи (t_w) и времени стирания (t_e) структуры ФП—сметик А от напряжения при различной входной освещенности.

начальной гомеотропной структуры) увеличивается при увеличении питающего напряжения. Увеличение напряжения питания U от 100 до 150 В при длительности импульса напряжения $\tau_n=1$ с уменьшает пороговую освещенность от 1000 до 100 лк, что соответствует 10^{-4} — 10^{-5} Дж·см $^{-2}$ при записи в спектральной области 400—500 нм. Контрастное отношение записанного изображения при считывании на просвет не менее 100 : 1.

Важной характеристикой реверсивного регистрирующего устройства фотопроводник—сметик А является разрешающая способность R , которая в данной работе определялась по стандартной проекционной методике [8]. Максимальная разрешающая способность исследуемой структуры составляет $R=56$ пар лин/мм и достигается при минимальном питающем напряжении и минимальной входной освещенности. Увеличение U и E приводит к уменьшению разрешающей способности структуры. Так, увеличение U от 75 до 130 В приводило к уменьшению R от 56 до 20 пар лин/мм ($E=380$ лк). Увеличение E от 380 до 2000 лк приводило к уменьшению R от 56 до 17 пар лин/мм. Увеличение длительности импульса управля-

шего напряжения $\tau_{\text{н}}$, как показано на рис. 2, также приводит к уменьшению разрешающей способности. Характер зависимости разрешающей способности от управляющего напряжения, входной освещенности, времени экспозиции связан с растеканием потенциального рельефа на границе ФП—ЖК и особенностями формирования изображения при наличии ЭГД неустойчивости.

Быстродействие исследуемых структур определяется главным образом возникновением ЭГД неустойчивости в смектике А. Времена отклика ФП и постоянная времени структуры $\tau = RC$ составляют примерно 10 мс, тогда как времена возбуждения используемого электрооптического эффекта при управляющих напряжениях, близких к пороговому значению, составляют единицы-десятки секунд. Поэтому общие закономерности кинетики ЭГД неустойчивости характерны также для структуры ФП—смектик А: с увеличением напряжения питания время записи t_2 (возникновения рассеивающего состояния) уменьшается. При входной освещенности 1000 лк увеличение U от 50 до 90 приводит к уменьшению t_2 от 10 до 0.1 с (рис. 3). Аналогичное влияние на t_2 оказывает интенсивность записываемого света, поскольку ее увеличение эквивалентно увеличению управляющего напряжения [9].

Стирание записанной информации происходит при полевой переориентации рассеивающей конфокальной структуры в гомеотропную под действием высокочастотного электрического поля U_c ($f=2$ кГц). Увеличение U_c приводит к уменьшению времени стирания t_c : при $U_c=110$ В ($f=2$ кГц) $t_c=2$ мс. Однако при больших U_c получаемая гомеотропная ориентация смектика А становится более совершенной с меньшим числом дефектов упаковки смектических слоев, что повышает порог ЭГД неустойчивости и увеличивает время записи. Так увеличение U_c от 50 до 90 В приводит к увеличению t_2 от 0.2 до 100 с ($U_3=70$ В, $E=10^4$ лк). Аналогично влияние на t_c оказывает величина низкочастотного управляющего напряжения. Таким образом, для получения минимального времени цикла включения и выключения необходимо оптимальным образом выбирать значение напряжений записи U_3 и стирания U_c . Для исследуемой структуры минимальное значение времени цикла t_2+t_c реализуется при $U_3=90$ В и $U_c=50$ В и составляет 0.2 с.

Уникальной особенностью реализованных структур фотопроводник—смектик А является сочетание возможностей быстрой записи и стирания изображения, а также его длительного хранения. Без заметного ухудшения качества (рис. 4) записанное изображение сохраняется в течение 2 лет, что, по-видимому, не является пределом.

Проведенные исследования смектических А жидких кристаллов с положительной анизотропией диэлектрической проницаемости в структуре ФП—ЖК позволяют создать оптически управляемые транспаранты с управляемой долговременной памятью. Минимальное время цикла записи и стирания составляет при этом 0.2 с. Разрешающая способность реализованного регистрирующего устройства 56 пар лин/мм. Полученные характеристики позволяют надеяться на возможность использования таких устройств в различных оптических системах отображения, хранения и обработки информации.

Список литературы

- [1] Васильев А. А., Касасент Д., Компанец И. Н., Парфенов А. В. Пространственные модуляторы света. М.: Радио и связь, 1987. 83 с.
- [2] Думаревский Ю. Д., Ковтолюк Н. Ф., Савин А. И. Преобразование изображений в структурах полупроводник—диэлектрик. М.: Наука, 1987. 24 с.
- [3] Владимиров Ф. Л., Моричев И. Е., Плетнева Н. И. // ОМП, 1984. № 3. С. 54—63.
- [4] Микаэлян А. А. // Тез. докл. III Всесоюз. конф. по вычислительной оптоэлектронике «Проблемы оптической памяти». Ереван, 1987. 3 с.
- [5] Чирков В. Н., Султанов Ф. К., Мордугаев А. Р. и др. // Тез. докл. III Всесоюз. конф. по вычислительной оптоэлектронике «Проблемы оптической памяти». Ереван, 1987. Ч. 1. 178 с.
- [6] Чирков В. Н., Алиев Д. Ф., Раджабов Г. М., Зейналлы А. Х. // ЖЭТФ. 1978. Т. 74. Вып. 5. С. 1822—1828.
- [7] Владимиров Ф. Л., Моричев И. Е., Плетнева Н. И. // ОМП. 1985. № 5. С. 1—3.

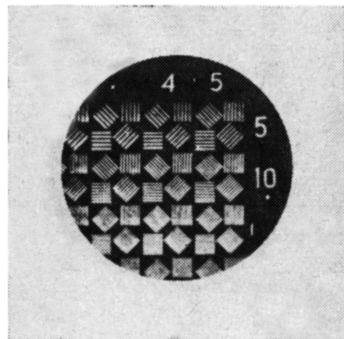


Рис. 4. Изображение штриховой миры, записанное на структуре ФП—смектик А.

Поступило в Редакцию
 27 апреля 1988 г.

ОСЦИЛЛИРУЮЩИЙ РЕЖИМ ПРОТЕКАНИЯ НЕРАВНОВЕСНОЙ РЕАКЦИИ РАСПАДА NO_2 В УДАРНОЙ ВОЛНЕ

И. С. Заслонко, Ю. К. Мукосеев, А. Н. Тюрин

Вопросы устойчивости течения за фронтом ударной волны (УВ) исследовались экспериментально и теоретически [1—5]. Параллельно развивались исследования осциллирующих химических реакций (см., например, [6, 7]), где в большинстве случаев движение среды не принималось во внимание.

В настоящей работе излагаются результаты наблюдения и теоретического анализа осциллирующего режима распада NO_2 в УВ.

Экспериментальная часть работы выполнена на установке ударная труба [8]. Использовались смеси 1%-ный и 33%-ный NO_2 в Ar и 100%-ный NO_2 . В опытах измерялись поглощение света молекулами NO_2 в области 632.8 нм (He—Ne лазер) и излучение света высоковозбужден-

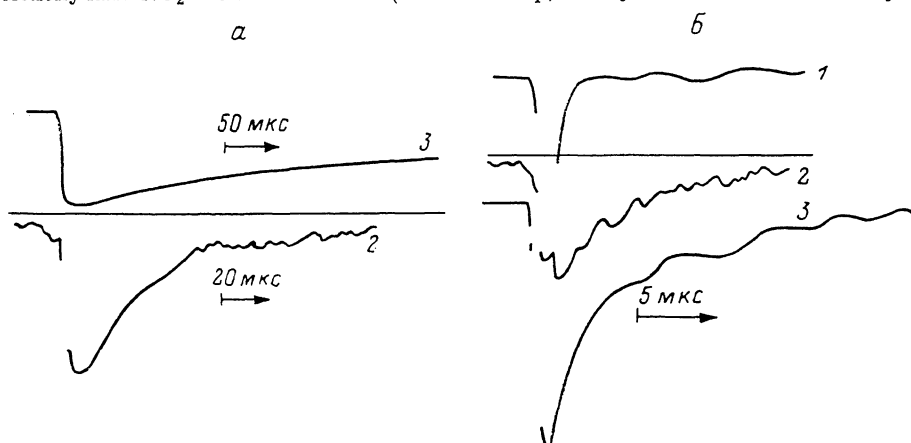


Рис. 1. Осциллограммы опытов (100%-ный NO_2).

a — $[\text{NO}_2] = 2.2 \cdot 10^{-6}$ моль/см³, $T = 2245$ К; b — $[\text{NO}_2]_2 = 3.55 \cdot 10^{-7}$ моль/см³, $T = 2880$ К. 1 — ширен-сигнал, 2 — излучение с $\lambda = 790$ нм, 3 — поглощение $\lambda = 632.8$ нм.

ными молекулами NO_2 в диапазонах 475 ± 5 или 790 ± 7 нм, кроме того, в 100%-ном NO_2 регистрировался градиент плотности за фронтом УВ ширен-лазерным методом. По поглощению определялась полная концентрация молекул NO_2 , а по излучению — заселенность возбужденных уровней NO_2^* с энергией ~ 250 или ~ 170 кДж/моль соответственно. Подробности, относящиеся к методикам измерений, можно найти в [8, 9].

На рис. 1, a представлены осциллограммы опытов при $T < 2500$ К. Для данных режимов разложения NO_2 характерно монотонное поведение поглощения и эмиссии. При $T > 2500$ К обнаружен осциллирующий режим разложения NO_2 (рис. 1, b). Глубина модуляций поглощения и эмиссии NO_2 , а также температурные границы наблюдаемого явления показаны на рис. 2. Подчеркнем, что колебания на кривой поглощения возникают при некоторой заметной степени разложения диоксида азота, которая зависит от температуры за фронтом УВ. Характерной чертой наблюдаемого явления является наличие порога по температуре и концентрации NO_2 . Так, опыты в смесях 1%-го и 33%-го NO_2 в Ar показали монотонное (без осцилляций) поведение наблюдаемых параметров во всем исследованном интервале температур.