

Письма в ЖЭТФ, том 15, вып. 4, стр. 200 – 203 20 февраля 1972 г.

**ФАЗОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ КОГЕРЕНТНОГО СВЕТА
С ПОМОЩЬЮ ЖИДКИХ КРИСТАЛЛОВ**

*Н. Г. Басов, П. Д. Березин, Л. М. Блинов, И. Н. Компанец,
В. Н. Морозов, В. В. Никитин*

1. В работе сообщается об исследовании эффекта фазовой модуляции электрическим полем когерентного света, проходящего через нематический жидкий кристалл с положительной анизотропией электрической проницаемости ($\epsilon_{\parallel} > \epsilon_{\perp}$). Такая модуляция открывает возможность применения тонких прозрачных слоев жидких кристаллов в

управляемых фазовых транспарантах и позволяет увеличить скорость обработки оптической информации по сравнению со скоростью других световых переключателей на жидких кристаллах.

2. Пусть тонкий слой жидкого кристалла указанного типа находится между плоскими прозрачными электродами, причем оптические оси доменов выстроены вдоль плоскостей электродов в определенном направлении, созданном их натиранием. В таком случае слой жидкого кристалла представляет собой пластинку одноосного кристалла. Внешнее электрическое поле, ориентируя ансамбль молекул вдоль поля [1], изменяет направление оптической оси доменов пластинки. Для световой волны, падающей нормально плоскости слоя жидкого кристалла, это приводит к изменению показателя преломления, который определяется из эллипса, образованного сечением оптической индикатрисы (эллипсоид вращения) плоскостью, перпендикулярной распространению световой волны. Рассмотрим простейший случай, когда световой вектор E , оптическая ось кристалла и направление распространения света лежат в одной плоскости. Если направление оптической оси кристалла и вектор E совпадают (угол $\theta = 0^\circ$), показатель преломления равен показателю преломления необыкновенного луча n_e . При $\theta = 90^\circ$ то есть когда домены под действием электрического поля ориентируются вдоль поля (по направлению распространения света) n равен показателю преломления для обыкновенного луча n_o . При повороте доменов от $\theta = 0$ до $\theta = 90^\circ$ фаза прошедшего через жидкий кристалл света меняется на величину

$$\Delta\Phi = 2\pi\delta\lambda^{-1}(n_e - n_o),$$

где λ — длина волны света, δ — толщина слоя жидкого кристалла.

3. В данной работе изменение фазы света, проходящего через жидкий кристалл, регистрировалось путем наблюдения интерференции света, отраженного от заднего и переднего электродов. Использовался жидкий кристалл 4'-этоксипенилиден-4-аминобензонитрил, у которого температурный интервал существования нематической фазы составлял $106 - 128^\circ\text{C}$. Толщина слоя $\delta \approx 10$ мкм обеспечивалась тефлоновыми прокладками. Величины показателей преломления n_e и n_o , измеренные в тонком слое жидкого кристалла по интерференционной методике, для $\lambda = 0,63$ мкм при $t = 120^\circ\text{C}$ составляли соответственно 1,84 и 1,47. Для этих данных при величине электрического поля, обеспечивающей полную ориентацию доменов вдоль направления поля, при падении светового пучка от лазера ($\lambda = 0,63$ мкм) нормально к плоскости электродов интенсивность прошедшего света должна изменяться от 0 до максимума m раз, где m определяется из условия $2\Delta\Phi = 2\pi m$ равно почти 10. Коэффициент 2 здесь появляется в результате учета двойного прохождения света через кристалл.

Аналогичная картина изменения интенсивности света, но в обратном порядке, должна наблюдаться и при релаксации кристалла к первоначальному состоянию. Это подтверждается осциллограммой, пред-

ставленной на рис. 1, а. Быстрая ориентация кристалла в направлении электрического поля обеспечивалась импульсом поля длительностью $\tau_{и} = 2 \text{ мсек}$. Развертка осциллографа сравнима с временем релаксации кристалла и поэтому видно, что при его возвращении в исходное состояние с $\theta = 0^\circ$ интенсивность прошедшего света модулируется 10 раз. Число максимумов, очевидно, будет уменьшаться, если изменять первоначальную ориентацию молекул в сторону увеличения угла θ за счет постоянной составляющей электрического поля. На рис. 1, б и 1, в показано влияние увеличения постоянной составляющей, причем на рис. 1, б изменение интенсивности света зарегистрировано за время длительности импульса напряжения $\tau_{и}$.

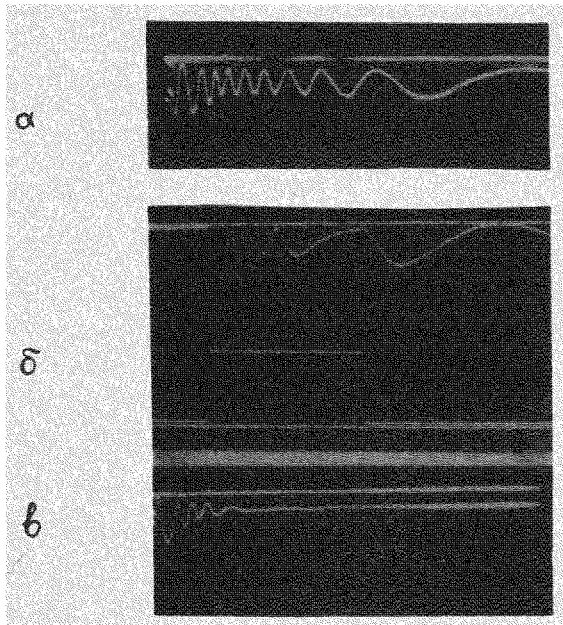


Рис. 1. Изменение интенсивности света $I_{св}$ для различной величины U постоянной составляющей электрического поля. Длительность импульса поля 2 мсек, амплитуда 75 в, частота следования 2,2 мц. Верхняя прямая линия отмечает уровень $I_{св} = 0$: а - $U = 0$; б - $U = 3,2 \text{ в}$, скорость временной развертки увеличена в 20 раз по сравнению с другими кадрами. Нижняя прямая линия отмечает уровень $U = 0$; в - $U = 7,4 \text{ в}$

При оценке частотной характеристики фазовой модуляции света в жидком кристалле не допускалось изменения фазы под действием импульса электрического поля более чем на π . Постоянная составляющая поля при этом выбиралась из такого расчета, чтобы интенсивность прошедшего света была минимальной в отсутствии импульса.

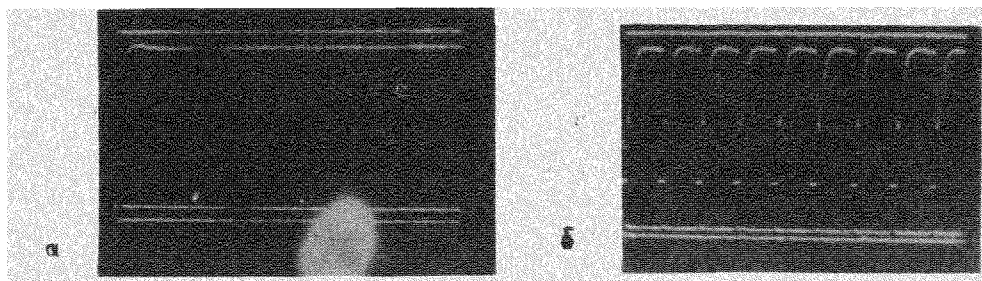


Рис. 2. Модуляция интенсивности света $I_{\text{СВ}}$ электрическими импульсами (длительность 60 мксек, амплитуда 50 в) с частотой следования: а – 200 $\mu\text{ц}$, б – 2000 $\mu\text{ц}$. Верхняя и нижняя прямые линии отмечают нулевой уровень $I_{\text{СВ}}$ и постоянной составляющей электрического поля соответственно

На рис. 2 показаны осциллограммы, снятые при частоте следования импульсов электрического поля 200 и 2000 $\mu\text{ц}$ (скорость развертки осциллографа одинакова), причем видно, что при данных импульсах и при условии сохранения полной релаксации доменов к исходной ориентации частоту можно увеличить приблизительно до 4 $\mu\text{ц}$. Такая скорость, полученная в предварительных экспериментах, уже в 80 раз превышает предельную частоту светового переключения в жидком кристалле, приведенную в [2].

Физический институт
им. П.Н.Лебедева
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
20 января 1972 г.

Литература

- [1] W. Kast . Zs. Kristallogr. , 79, 176, 318, 344, 1931.
- [2] И.Н.Компанец, В.Н.Морозов, В.В.Никитин, Л.М.Блинов, Сб. "Квантовая электроника", №8, 1972 (в печати).