

ОПТИЧЕСКИЙ ГИСТЕРЕЗИС В ЖИДКИХ КРИСТАЛЛАХ С ГЕЛИКОИДАЛЬНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

Л.И. Загайнова, Г.В. Климушева, И.П. Крыжановский, Н.В. Кухтарев

Впервые реализован оптический гистерезис (ОГ) в примесном холестерическом жидком кристалле (ХЖК) с геликоидальной распределенной обратной связью (РОС) при сравнительно низких интенсивностях света (мощность лазерной накачки порядка единиц кВт) с малой инерционностью (длительность импульса $\tau \approx 8$ нс).

Для реализации оптического гистерезиса одним из важных условий является наличие обратной связи, которая обычно создается с помощью резонаторов или гибридной схемы^{1,2}. Первое экспериментальное наблюдение безрезонаторного ОГ с искусственно созданной РОС в схеме обращения волнового фронта осуществлено в CdS (плотность мощности $P = 100$ МВт/см², $\tau \approx 50$ нс)³. Однако в периодических структурах возможна реализация РОС за счет брэгговской дифракции света^{4,5}.

В настоящей работе сообщается о новом принципе получения ОГ и оптической бистабильности, основанном на резонансном поглощении света примесью в ХЖК, который обладает естественной геликоидальной РОС. Резонансное поглощение в такой системе обеспечивает ОГ при сравнительно низких интенсивностях света с малой инерционностью с одновременной поляризацией излучения.

Согласно теоретическим расчетам⁶ уравнение для безразмерной интенсивности $\bar{\rho}$ отраженной волны нормированной на интенсивность насыщения (при условии малости насыщения резонансных переходов) имеет вид

$$\frac{d\bar{\rho}}{dz} = \sqrt{A\bar{\rho}^2 + B\bar{\rho} + I}, \quad (1),$$

где $A = 2\Gamma(\Delta + \Gamma)$; $B = 1 - (\Delta - \Gamma)^2 + 2\Gamma I(\Delta + \Gamma)$; $I = \bar{\rho} - \sigma - \text{const}$; σ – безразмерная интенсив-

ность проходящей волны. $\Delta = \frac{4(\omega - \omega_B)}{\omega \delta \epsilon_r}$ – относительная расстройка частоты лазера ω от

”брэгговской” частоты ω_B селективного отражения, $\delta \epsilon_r$ – амплитуда геликоидальной модуля-

ции диэлектрической проницаемости, $\Gamma = \frac{8\pi}{3} \frac{N\chi_r}{\delta \epsilon_r}$, χ_r – реальная часть резонансной воспри-

имчивости, N – разность населенностей резонансных переходов примеси, z – толщина образца.

Решение уравнения (1) позволяет найти необходимые условия для наблюдения ОГ и провести расчет зависимостей для различных параметров. Оценки пороговой интенсивности ОГ дают величину порядка 1 кВт/см^2 (при $z = 10^{-3} \text{ см}$). Именно такое пороговое значение интенсивности падающего излучения необходимо для изменения показателя преломления Δn среды, достаточное для создания фазового набега волны излучения $\Delta n \frac{\omega}{c} z = \pi$ и выхода из брэгговских условий отражения.

Возбуждение примеси в ХЖК осуществлялось импульсным азотным лазером ЛГИ-21, длина волны генерации которого равна $337,1 \text{ нм}$. После прохождения призмы Николя линейно поляризованный свет падал на кварцевую кювету с исследуемым ХЖК. Кювета помещалась в термостатируемую печь, температура мезофазы поддерживалась постоянной (155° C) с точностью до $0,01^\circ \text{ C}$. Толщина жидкокристаллического слоя в кювете составляла $10 - 20 \text{ мкм}$. Падающий световой луч распространялся вдоль оси спирали ХЖК. Интенсивность прошедшего через ХЖК света регистрировалась с помощью фотоприемника ФК-2 и стробоскопического осциллографа С1-70 с записью на двухкоординатном самописце.

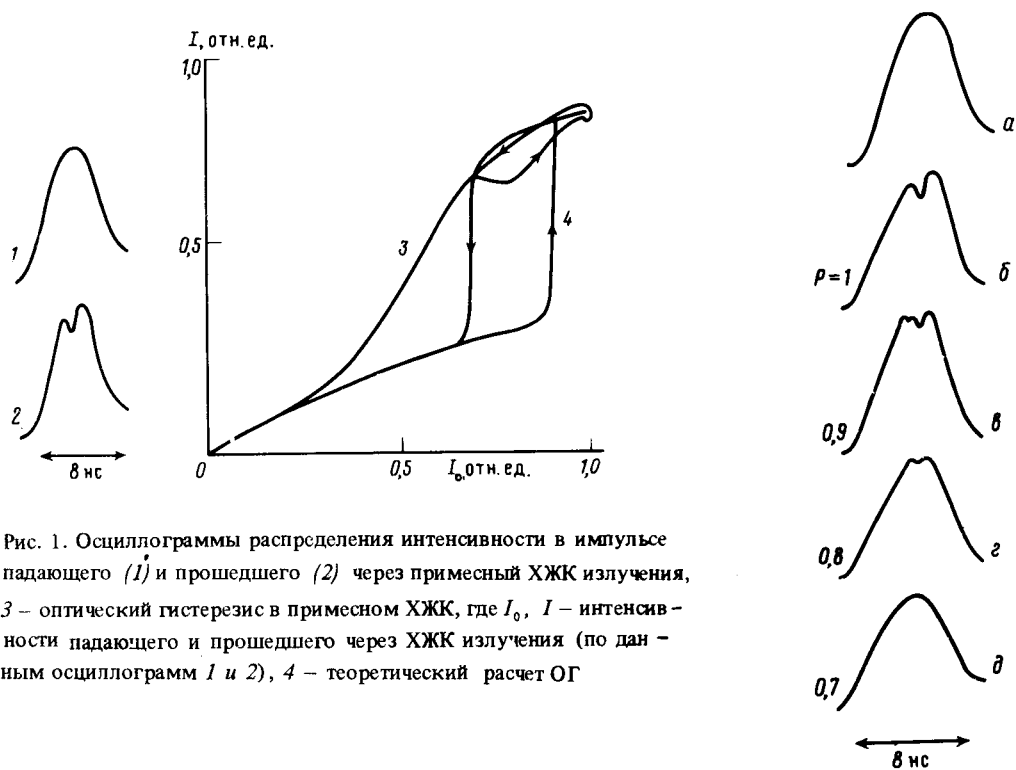


Рис. 1. Осциллограммы распределения интенсивности в импульсе падающего (1) и прошедшего (2) через примесный ХЖК излучения, 3 – оптический гистерезис в примесном ХЖК, где I_0 , I – интенсивности падающего и прошедшего через ХЖК излучения (по данным осциллограмм 1 и 2), 4 – теоретический расчет ОГ

Рис. 2. Осциллограммы импульсов падающего (а) и прошедшего через ХЖК излучения (б, в, з, д) в зависимости от мощности падающего излучения ($P = 1$ соответствует плотности мощности излучения 10 кВт/см^2)

Рис. 1 иллюстрирует изменения в форме импульса лазерного излучения прошедшего через ХЖК бензоата холестерина с 3 вес.% примеси, а также ОГ, полученный из экспериментальных данных и рассчитанный теоретически. Экспериментальная зависимость эффекта от мощности падающего излучения представлена на рис. 2. Наибольшие изменения в форме импульса наблюдаются при $P = 10 \text{ кВт/см}^2$ и с уменьшением плотности мощности падающего света кривая распределения интенсивности в импульсе прошедшего света постепенно сглаживается. Значение величины пороговой интенсивности, необходимое для наблюдения ОГ составляет $5 - 7 \text{ кВт/см}^2$ в зависимости от толщины слоя ХЖК.

Установлена тесная связь наблюдаемой оптической бистабильности с явлением дифракционного подавления поглощения света в ХЖК. Так, максимальная величина ОГ получена в тех же интервалах концентраций, температур и толщин, при которых эффект подавления поглощения наибольший ⁷.

Реализованный безрезонаторный оптический гистерезис в ХЖК обладает рекордно малой пороговой энергией срабатывания ($\Delta E = P\tau \leq 10^{-5}$ Дж) при большом быстродействии ($\tau \sim 10^{-8}$ с) и может найти применение в оптических схемах обработки информации.

Литература

1. Луговой В.Н. Квантовая электроника, 1979, 6, 2053.
2. Акопян Р.С., Зельдович Б.Я., Табирян Н.В. Письма в ЖТФ, 1983, 9, 464.
3. Борщ А.А., Бродин М.С., Волков В.И., Кухтарев Н.В. Квантовая электроника, 1981, 8, 1304.
4. Кухтарев Н.В. Украинский физический журнал, 1982, 27, 291.
5. Winful H.G. Phys. Rev. Lett., 1982, 49, 1179.
6. Кухтарев Н.В. Оптическая РОС в холестерических жидких кристаллах, 1981. Препринт Института физики АН УССР, Киев.
7. Загайнова Л.И., Климушева Г.В., Крыжановский И.П. ФТТ, 1983, 25, 1025.

Институт физики
Академии наук Украинской ССР

Поступила в редакцию
28 августа 1985 г