

07; 08

© 1991

О РОЛИ ОПТИКО-АКУСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В ИЗМЕНЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ЖК ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИМПУЛЬСА CO_2 ЛАЗЕРА

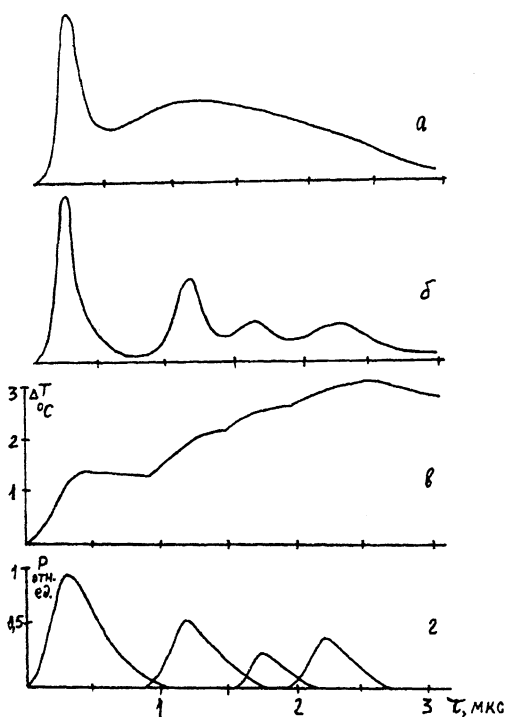
В.В. Д а н и л о в, А.И. С и д о р о в

При использовании жидкокристаллических модуляторов (ЖКМ) для внутррезонаторного управления лазерным излучением высокой интенсивности ЖК подвергается значительным лучевым нагрузкам, которые могут изменять его оптические свойства. Это, в свою очередь, может оказывать влияние как на пространственно-временные [1] характеристики генерации, так и на спектральные, в том числе приводить к сдвигу частоты генерации при изменении показателя преломления ЖК.

В данной работе приведены некоторые результаты исследования динамики генерации CO_2 лазера с ЖК модулятором, обусловленной изменением показателя преломления (n) холестерического ЖК при воздействии излучения, и анализ механизмов, вызывающих это изменение.

Эксперимент проводился в ТЕА CO_2 лазере с резонатором длиной 2 м и внутррезонаторной ЖК-ячейкой, выполненной в виде наклонного эталона Фабри-Перо. ЖК-ячейка состояла из двух плоскопараллельных германиевых пластин, с зазором между ними равным 30 мкм и заполненным ЖК. ЖК имел следующие параметры — шаг холестерической спирали — 10 мкм, $T_{\text{пл.}} = 52^\circ\text{C}$, коэффициент поглощения $\alpha = 15 \text{ см}^{-1}$ на $\lambda = 10.6 \text{ мкм}$, $n = 1.5$. К ячейке прикладывалось управляющее напряжение, равное 40 В. Ширина полосы пропускания эталона составляла 4 ГГц, что незначительно превышало ширину линии генерации лазера (3.5 ГГц), расстояние между полосами пропускания $\Delta\nu = 6.5 \text{ ГГц}$. Генерация на поперечных модах подавлялась внутррезонаторной диафрагмой. Генерация на одном переходе молекулы CO_2 контролировалась с помощью монохроматора. Средняя плотность энергии, падающей на ЖК, в течение импульса генерации составляла $W_0 = 100 \text{ мДж/см}^2$.

На рисунке приведены осциллограммы импульса генерации лазера без ЖК-ячейки (а) и с ЖК-ячейкой-эталонном, предварительно отъюстированным на максимум генерации. Появление трех максимумов после первого пика генерации можно интерпретировать двояко. Во-первых, можно предположить, что под воздействием излучения происходит изменение показателя преломления n ЖК, соответствующее смещению полосы пропускания эталона на $3\Delta\nu$, что соответствует, в нашем случае, относительному изменению n , равному 0.3. Такое изменение n возможно лишь при нагреве ЖК



Осциллограммы импульса генерации без ЖК-ячейки (а) и с ЖК-ячейкой (б); в – расчетная кривая изменения температуры ЖК; г – расчетная кривая изменения давления ЖК.

на несколько десятков градусов, что при указанной выше плотности энергии не подтверждается ни экспериментально, ни расчетом температурного режима ЖК-ячейки (см. ниже). Во-вторых, изменение показателей преломления под действием первого пика генерации ($W_1 = 40$ мДж/см²) приводит к смещению полосы пропускания эталона с линии генерации, срыву генерации, и, после быстрого релаксационного процесса ($\tau = 0.5$ мкс), – к возврату в исходное состояние, восстановлению генерации и т.д. (аналог тепловой бистабильности). Оценка относительного изменения n в этом случае дает величину $(0.5-1) \cdot 10^{-2}$.

При импульсном воздействии изменение n может происходить, в основном, за счет фотоиндуцированного перехода Фредерикса, нагрева ЖК и изменения давления вследствие оптико-акустического эффекта.

Время включения фотоиндуцированного перехода Фредерикса [3] для конкретных условий эксперимента составляет 1–3 мкс, что позволяет сделать вывод о его участии в изменении n , однако время выключения, даже с учетом электрического поля, приложенного

к ЖК-ячейке, превышает 500 мкс. Поэтому указанный механизм не может быть принят за основной при воздействии на ЖК короткого импульса излучения.

Расчет изменения температуры ЖК проводился по известной методике [2] без учета тепловыделения в германиевых пластинах ячейки ($\alpha_{\text{ЖК}} \gg \alpha_{\text{Ge}}$ для $\lambda = 10.6$ мкм). Расчетное время остывания ЖК до исходной температуры, несмотря на высокую теплопроводность германия, превышает 10 мкс. Из приведенной на рисунке (в) расчетной зависимости изменения температуры ЖК следует, что описанный выше процесс не может быть вызван непосредственно изменением температуры, хотя вклад нагрева ЖК в изменение n , естественно, необходимо учитывать.

Скачок температуры в облученной зоне ЖК вызывает скачок давления, приводящий к оптико-акустическому эффекту. Из приведенных на рисунке расчетных кривых изменения давления в облученной зоне ЖК (г) следует, что влияние температуры на изменение показателя преломления ЖК происходит через оптико-акустический эффект. Расчет изменения давления проводился с учетом акустически жесткой границы ЖК-германий [4] для скорости звука в ЖК, равной $1.5 \cdot 10^3$ м/с.

Таким образом, можно сделать вывод, что при воздействии микросекундного лазерного импульса на ЖК с высоким коэффициентом поглощения из трех механизмов – светоиндуцированного перехода Фредерикса, нагрев и оптико-акустического эффекта, наибольший вклад в изменение показателя преломления вносит оптико-акустический эффект.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Д а н и л о в В.В., Д а н и л о в О.Б., С и д о р о в А.И. и др. // Тез. У Всес. сов. „Оптические сканирующие устройства“, Барнаул, 1990. Ч. 2. С. 9.
- [2] Л ы к о в А.В. Теория теплопроводности. М.: Энергия, 1967. 308 с.
- [3] А р а к е л я н С.М., Ч и л и н г а р я н Ю.С. Нелинейная оптика жидких кристаллов. М.: Наука, 1984. 139 с.
- [4] Г у с е в В.Э., К а р а б у т о в А.А. Лазерная оптоакустика. М.: Наука, 1991. 34 с.

Поступило в Редакцию
25 апреля 1991 г.