

07; 12

© 1991

О ФОРМИРОВАНИИ МОД РЕЗОНАТОРА ИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРА С ЖК МОДУЛЯТОРОМ

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

При использовании жидкокристаллического модулятора (ЖКМ) для внутррезонаторного управления параметрами генерации импульсного лазера [1] ЖК подвергается значительным лучевым нагрузкам, и при наличии в нем заметного поглощения его оптические свойства могут изменяться. Это, в свою очередь, может оказывать влияние на генерационные характеристики лазера.

Внерезонаторные исследования воздействия импульсов TEA-CO₂ лазера ($\lambda = 10.6$ мкм, $\tau = 0.5-1.5$ мкс) на холестерический ЖК ($\alpha = 10$ см⁻¹), используемый в модуляторах с холестерико-нематическим переходом (переход конфокальная-гомеотропная^т текстуры), показали, что при плотностях энергии $W > 50$ мДж/см² в облученной зоне ЖК возрастает светорассеяние [2], связанное с разориентацией молекул ЖК.

Наши эксперименты показали, что скачок температуры и давления в облученной зоне порождает акустическую волну, приводящую к разориентации молекул ЖК как внутри, так и вне облученной зоны.

Целью работы является анализ вклада оптико-акустического эффекта в динамику формирования модового состава излучения импульсного лазера.

При внутррезонаторном использовании ЖКМ рост светорассеяния проявляется как рост внутррезонаторных потерь. Для учета влияния данного процесса на формирование мод резонатора с ЖКМ в качестве управляемого зеркала была рассмотрена модель на основе теории Фокса-Ли [3] со следующими допущениями.

1. Изменение оптических свойств ЖК рассматривается как обобщенные внутррезонаторные потери (\mathcal{J}), сосредоточенные на зеркале и возникающие через 100 нс после начала генерации. В течение этого времени происходит поглощение части энергии излучения и рост температуры ЖК до уровня изменения оптических свойств.

2. При $t < 100$ нс генерация возникает на основной моде резонатора и на зеркале формируется гауссово распределение интенсивности излучения.

3. Область потерь на зеркале имеет форму диска с резкими краями, который расширяется со скоростью звука в ЖК ($V_{зв} = 1.5 \times 10^3$ м/с), при этом \mathcal{J} считается постоянной.

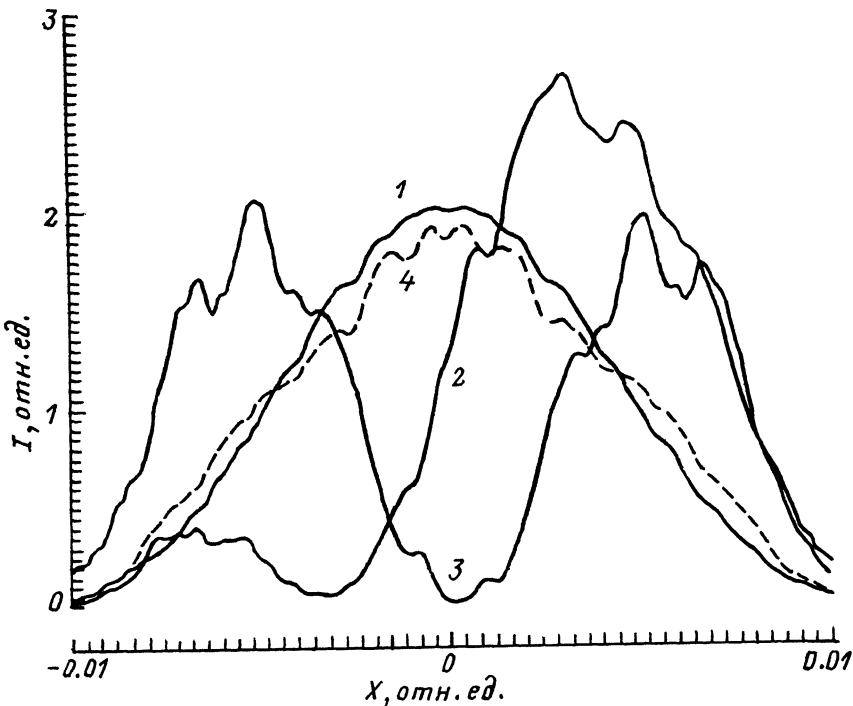


Рис. 1. Распределение поля излучения на зеркале резонатора. 1 - $\gamma = 0$, $t = 100$ нс; 2 - $\gamma = 10\%$, $t = 2.3$ мкс; 3 - $\gamma = 10\%$, $t = 3$ мкс; 4 - $\gamma = 5\%$, $t = 3$ мкс.

4. Влияния тепловой линзы в ЖК на формирование моды не учитывается.

5. Влияния активной среды на формирование моды также не учитывается. Данное допущение справедливо для случая высокого уровня внутрирезонаторных потерь при высокой степени инверсии активной среды, что соответствует реальным экспериментальным условиям для TEA-CO₂ лазера с ЖКМ [1], а также описанным ниже.

На рис. 1 приведены расчетные кривые профиля поля излучения на зеркале резонатора в разные моменты времени t . Кривая 1 соответствует основной моде, сформированной в течение 100 нс. Кривые 2, 3 иллюстрируют динамику установления моды при $\gamma = 10\%$ и при t , равном 2.3 и 3 мкс соответственно. Распределение поля, описываемое кривой 2, соответствует переходному режиму от основной моды к моде TEM₀₁, в течение которого происходит перекачка энергии из одной моды в другую. Возникающая в данном переходном режиме динамическая асимметрия распределения поля на зеркале характерна только для случая, когда время распространения диска потерь на площадь, занимаемую основной модой сопоставимо с длительностью генерации (t_0) - $r/\sqrt{v_{3B}} \leq t_0$, r - радиус основной

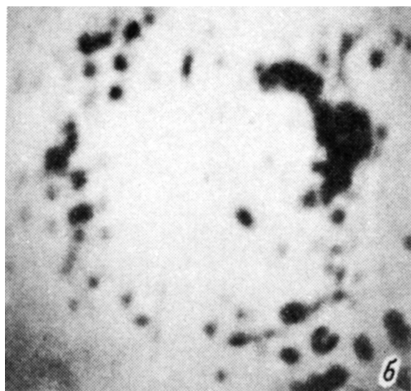
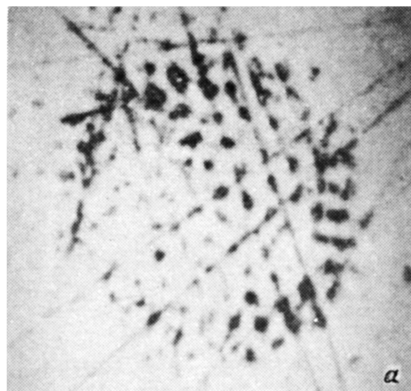


Рис. 2. Модовый состав излучения ТЕА-СО₂ лазера с сопряженным резонатором и ЖК ПВМС. а - $W = 2$ Дж/см²; б - $W = 6$ Дж/см².

моды на зеркале. Для неподвижного или медленно расширяющегося диска ($r / V_{3B} \gg t_0$) расчет дает симметричное распределение поля на протяжении всего переходного процесса, сопровождающегося подавлением генерации на основной моде и переходу на моду высшего порядка. В этом случае процесс можно считать квазистационарным. Кривая 3 - установившийся режим генерации на моде ТЕМ₀₁. Кривая 4 на рис. 1 отвечает установившемуся режиму при $\mu \leq 5\%$. Видно, что в этом случае не происходит изменения модового состава. Предложенная модель позволяет дать качественное объяснение процесса формирования мод резонатора с ЖКМ при наличии оптико-акустического эффекта в ЖК.

При сопоставлении результатов расчета с экспериментом следует иметь в виду, что для реального лазера профиль распределения излучения может усложняться за счет особенностей резонатора. Так в ТЕА-СО₂ лазере с сопряженным резонатором и матричным ЖК ПВМС с размером отражающего элемента 0.5x0.5 мм возникает многомодовая генерация (рис. 2, а - распределение поля излучения на элементе ПВМС при низком уровне плотности энергии и соответственно малом изменении оптических свойств ЖК). При повышении плотности энергии излучения происходит подавление генерации в центральной части элемента ПВМС (рис. 2, б) и возникновение генерации по его периметру. При этом на форме распределения излучения начинают сильнее сказываться дифракционные потери на краях элемента ПВМС и она приближается к квадратной. Первый случай соответствует слабому взаимодействию излучения с ЖК, при котором уровень возникающих потерь мал, второй случай - сильное взаимодействие при высоком уровне наведенных потерь. В данной ситуации расширяющаяся область потерь представляет собой суперпозицию локальных областей, порожденных теми модами, которые возникли на начальном этапе генерации.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Б е л и м е н к о Т.Н., Д а н и л о в В.В., Д а н и л о в О.Б. и др. // Квантовая электроника. 1989. Т. 16. № 9. С. 1786-1790.
- [2] Д а н и л о в В.В., С и д о р о в А.И., Х р е б т о в А.И. Тез. П Всесоюз. сем. „Оптика жидких кристаллов“. Красноярск, 1990. С. 106-107.
- [3] Ф о х А.Г., Л и Т. // Bell Syst. Tech. J. 1961. V. 40. P. 453-465.

Поступило в Редакцию
9 апреля 1991 г.
В окончательной редакции
22 июля 1991 г.