

Е.В. Глазунова, В.А. Юревич

СВЕРХИЗЛУЧАТЕЛЬНАЯ СТРУКТУРА ИМПУЛЬСОВ ЛАЗЕРА С НЕЛИНЕЙНЫМ ТОНКОПЛЕНОЧНЫМ МОДУЛЯТОРОМ

В сообщении рассматриваются особенности нестационарной генерации излучения лазера с нелинейным пленочным элементом. При нестационарной генерации и особо в случае генерации особо коротких импульсов релаксационные процессы, определяющие однородное уширение отклика среды слоя, медленны по отношению к характерному времени изменения амплитуды поля световой волны, например, по отношению к длительности импульса Δt . Поляризованность среды и напряженность проходящего поля в этом

случае изменяются согласованно, этот режим взаимодействия получил название когерентного. Фазовая релаксация при этом несущественна, поэтому процессами, определяющими однородную ширину спектральной линии усиления, можно пренебречь.

Рассмотрена генерация излучения в тонком слое инверсной среды при условии, что в систему обратной связи лазерного устройства включен просветляющийся нелинейный слой. Незначительные изменения пропускания модулирующего слоя в таком устройстве, как предсказывалось в [1], способны обусловить режим генерации периодических особо коротких импульсов уже при относительно невысоком уровне накачки. Дополнительно предполагается, что изменение напряженности световой волны внутри активного слоя безынерционно по отношению к полю генерации.

Расчетная модель описывается соотношениями, которые связывают напряженности действующего в пленке поля и поля в генерирующем слое. Для согласования переменных эти соотношения дополняются уравнениями, описывающими отклик усиливающей среды – для нормированных вероятностных переменных поляризованности и инверсной населенности.

$$\left(1 + \frac{\kappa}{1 + \Delta^2 + \sigma E^* E}\right) E = \frac{2\sqrt{\epsilon_1}}{\sqrt{\epsilon_1 + \sqrt{\epsilon_2}}} \frac{\mu_g^2}{\epsilon_0 \hbar} P - i\kappa \frac{\Delta - \beta \sigma E^* E}{1 + \Delta^2 + \sigma E^* E} E, \quad E - E_r = \frac{\mu_g^2}{\epsilon_0 \hbar} P,$$

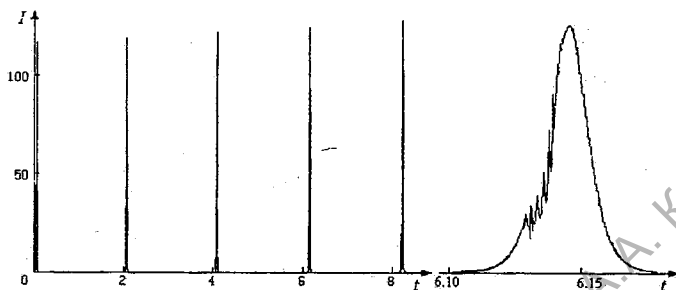
$$P + \frac{1}{T_2} P = -iyE_r,$$

$$y + \frac{y}{\tau_1} - G = \frac{i}{\tau_1 T_2} (P^* E_r - P E_r^*).$$

Здесь κ – ненасыщенный показатель поглощения в активном слое, β – параметр резонансной нелинейной рефракции, σ – отношение сечений перехода в веществе слоя модулятора и в усиливающей среде, Δ – нормированный дефект частоты, T_2 – время поперечной релаксации в усиливающей среде. Параметром G описывается скорость накачки.

Источником внешнего по отношению к модулирующему слою поля является резонансная поляризованность $P(t)$, которая, в свою очередь, должна инициироваться в среде отраженным полем E_r , усиливаемым далее при сбросе инверсии y . При записи уравнений ограничили только одной компонентой поляризованности, соответствующей точному резонансу.

На основе численного решения системы уравнений методом Рунге-Кутты проведены расчеты временной зависимости интенсивности выходного излучения лазера с пленочной усиливающей средой.



На рисунке представлены результаты этих расчетов (справа показан отдельный импульс). Параметры усиливающих элементов соответствовали довольно высокой концентрации активных центров. Для приведенных результатов расчета значения этих параметров выбраны примерно следующими: $\frac{\mu_z^2}{\varepsilon_0 \hbar} N = 10^8 c^{-1}$, $\alpha = G/N \approx 1.04 \dots 1.25$, $\kappa \approx 0.2 \dots 0.4$.

На основании результатов, полученных в ходе численного эксперимента, можно сделать следующие выводы. В случае, если время поперечной релаксации в канале генерации более чем на порядок оказывается меньшей характерного времени развития излучения, передний фронт регулярных импульсов приобретает особую высокочастотную квазипериодическую структуру. На фазе развития излучения, когда происходит наиболее динамичный сброс инверсной населенности, во временной развертке начинают сказываться нутационные колебания. Пиковые значения интенсивности в импульсах вырастают более чем на порядок по отношению к случаю некогерентного режима излучения, что также свидетельствует о том, что формирование временной структуры излучения происходит за счет эффекта коллективного испускания, аналогичного сверхизлучению.

Проведенный численный эксперимент показал, что незначительные изменения пропускания модулирующего слоя в таком устройстве способны обусловить режим генерации особо коротких периодических импульсов высокой скважности уже при относительно невысоком уровне накачки.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (Проект № Ф06М - 231).

Литература:

1. Глазунова Е.В., Шилко Д.М., Юевич В.А. Самопульсации интенсивности вертикально излучающего лазера. // Веснік Магілёўскага дзяржуніверсітэта імя А.А.Куляшова. – 2006. – №1 (23). – С.167-173.

Электронный архив библиотеки МГУ имени А.А. Кулешова