

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ РОС-ГЕНЕРАЦИИ НА ДИНАМИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ ВЫСШИХ ПОРЯДКОВ

Д.В. Новицкий, В.М. Катаркевич, А.А. Афанасьев, Т.Ш. Эфендиев

Институт физики НАН Беларуси, Минск

E-mail: dvnovitsky@gmail.com

Среди обширного семейства лазеров на красителях особое место занимают лазеры с распределенной обратной связью (РОС), индуцируемой излучением накачки, позволяющие без применения внешнего резонатора и спектрально-селективных элементов получать эффективную генерацию узкой линии излучения, оперативно перестраиваемой в широком спектральном диапазоне. Одним из наиболее важных достоинств таких РОС-лазеров является возможность получения одиночных сверхкоротких импульсов (СКИ) излучения за счет механизма самомодуляции добротности РОС-резонатора при наносекундном возбуждении [1]. В подавляющем числе опубликованных к настоящему времени экспериментальных и теоретических работ, посвященных получению и исследованию пикосекундного режима генерации РОС-лазера на красителях при наносекундной накачке, генерация излучения осуществлялась при использовании первого порядка обратного брэгговского рассеяния. Это обусловлено тем, что при таких условиях порог генерации минимален, а диапазон перестройки длины волны максимален. Вместе с тем, недавно нами экспериментально установлено, что применительно к режиму генерации одиночных СКИ в РОС-лазере при наносекундном возбуждении использование светоиндуцированных решеток более высокого (второго) порядка имеет определенные преимущества [2]. Это делает актуальной задачу более глубокого теоретического осмысления данного вопроса, включая поиск новых и совершенствование известных подходов к описанию механизмов функционирования подобного рода устройств.

В настоящей работе предлагается теоретический подход, позволяющий рассчитывать РОС-генерацию на светоиндуцированных (динамических) решетках не только первого, но и высших порядков в растворах красителей, и излагаются некоторые результаты расчетов. Данный подход включает в себя, с одной стороны, описание динамики населенностей уровней молекул красителя с помощью балансных уравнений и, с другой стороны, расчет взаимодействия излучения с РОС-структурой в рамках метода связанных волн [3].

Совместное численное решение полученных уравнений позволяет описать динамику мощности генерации, проследить развитие генерации во времени, построить профили импульсов и определить энергетические

характеристики рассматриваемого лазера. На рис. 1 в качестве примера представлены полученные в рамках нашей модели зависимости энергии генерации РОС-лазера на этанольном растворе родамина 6Ж ($N_d = 3 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$; $\lambda_L = 571 \text{ нм}$; $L = 1 \text{ см}$) от интенсивности накачки ($\tau_{0.5} \sim 0.5 \text{ нс}$; $\lambda_P = 532 \text{ нм}$) для решеток первого ($m = 1$) и второго ($m = 2$) порядков.

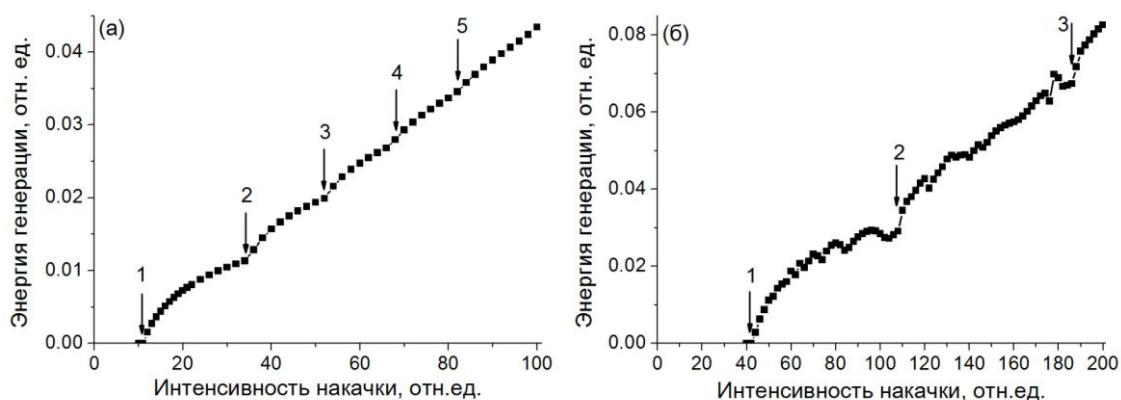


Рис. 1. Зависимость энергии генерации от интенсивности накачки для решеток (а) первого и (б) второго порядка. Стрелками указаны моменты появления каждого последующего импульса генерации в цуге СКИ РОС-лазера

На кривых ясно видны точки излома, указывающие появление на выходе из структуры каждого последующего лазерного импульса. Сравнение кривых показывает, что порог генерации для решетки второго порядка примерно в 4 раза выше, чем для структуры первого порядка. Отметим, что при том же количестве импульсов энергия генерации существенно выше в случае решетки второго порядка. Так, например, энергия двух импульсов при $m = 2$ даже превышает суммарную энергию пяти генерируемых импульсов при $m = 1$. Более высокая интенсивность импульсов, генерируемых на структуре второго порядка, подтверждается и расчетом профилей результирующих лазерных импульсов.

Таким образом, результаты численного моделирования временных и энергетические характеристики лазерной генерации на РОС-структурах различного порядка свидетельствуют о том, что хотя переход от первого ко второму порядку сопровождается существенным повышением порога, при этом обеспечивается значительное повышение мощности генерируемых импульсов, включая практически важный случай одиночных СКИ. Эти выводы хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Работа выполнена при поддержке БРФФИ (проект №Ф17В-002).

1. Bor Zs.// IEEE J. Quant. Electron. 1980. V. QE-16, P. 517–524.
2. Katarkevich V.M., Rubinov A N., Efendiev T.Sh., et al.. // Appl. Opt. 2015. V. 54, P.7962–7972.
3. Zuo D. , Oki Y. , Maeda M. // IEEE J. Quant. Electron. 2003. V.QE-39, P.673–680.