

Исследование влияния альфа фактора на стабилизацию излучения полупроводниковых лазеров с помощью оптической инжекции

Е.А. Ярунова^{1,2}, А.А. Кренц^{1,2}, Н.Е. Молевич^{1,2}

¹Самарский филиал Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, Ново-Садовая 221, Самара, Россия, 443011

²Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева, Московское шоссе 34а, Самара, Россия, 443086

Аннотация

В работе исследована пространственно-временная динамика полупроводниковых широкоапертурных лазеров класса В с учетом альфа фактора. Смоделированная динамика демонстрирует филаментацию лазерного излучения, которая успешно подавляется когерентной инжекцией и позволяет добиться устойчивой пространственно-однородной генерации.

Ключевые слова

Широкоапертурные лазеры, модуляционная неустойчивость, оптическая инжекция

1. Введение

Полупроводниковые широкоапертурные лазеры являются ключевыми источниками когерентного света, но динамика таких устройств склонна к пространственно-временным неустойчивостям [1]. Важным их отличием является ненулевое значение коэффициента увеличения ширины линии лазерной среды (alpha factor), что необходимо учитывать. Ранее было показано, что внешняя оптическая инжекция подавляет коротковолновую поперечную пространственно-временную неустойчивость в широкоапертурных лазерах динамического класса В и позволяет добиться пространственно-однородной генерации [2]. В настоящей работе исследовано стабилизирующее влияние оптической инжекции на генерацию полупроводниковых лазеров при учете альфа фактора.

Для описания динамики лазера с вертикальным резонатором воспользуемся системой уравнений с исключенной поляризацией [3]:

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial t} = -[1 + i\theta + 2C(i\alpha - 1)(N - 1)]E + i\Delta_{\perp}E + E_{inj} \\ \frac{\partial N}{\partial t} = -\gamma[N - I_p + |E|^2(N - 1)] + \gamma d\Delta_{\perp}N, \end{cases} \quad (1)$$

В (1) E , N - безразмерные огибающие электрического поля и инверсии населённости соответственно. θ – отстройка частоты резонатора, α – коэффициент увеличения ширины линии (alpha factor). Параметр C определяет взаимодействие между носителями и полем. Δ_{\perp} - двумерный поперечный Лапласиан, описывает дифракцию и диффузию носителей в поперечном направлении. Ток накачки I_p генерирует носители внутри активной области, а d - коэффициент диффузии.

Численное моделирование системы уравнений проводилось при параметрах $\theta = -1.5$, $\alpha = 3$, $C = 0.6$, $I_p = 1.9$, $d = 0.052$, $\gamma = 0.1$, которые типичны для VCSEL [3]. На рисунке 1 представлена полученная численно пространственно-временная зависимость интенсивности. Наблюдается модуляционная неустойчивость. При введении в систему когерентной оптической инжекции, которая характеризуется амплитудой E_{inj} , происходит стабилизация лазерного излучения (рис.2(а)). На рисунке 2 (б) точками отмечены минимальные значения амплитуды E_{inj} , необходимых для подавления модуляционной неустойчивости при различных значениях α -фактора.

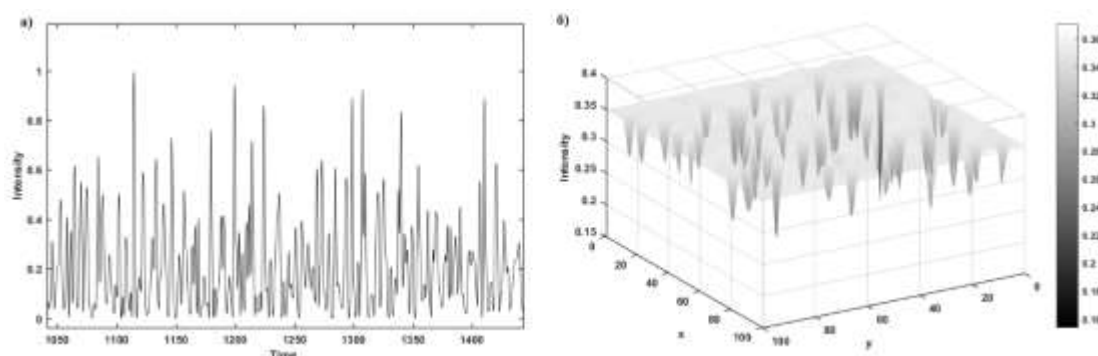


Рисунок 1: а) Зависимость интенсивности от времени. б) Лазерная динамика в поперечном профиле пучка



Рисунок 2: а) Зависимость интенсивности от времени при $E_{inj} = 0.1$ б) Критическая зависимость E_{inj} от значения α -фактора

2. Заключение

Таким образом, в работе успешно применен метод оптической инжекции для подавления модуляционной неустойчивости. Определено критическое значение когерентной оптической инжекции необходимого для стабилизации лазерного излучения. Получено, что при увеличении параметра α -фактора, необходимое для стабилизации значение когерентной инжекции возрастает.

3. Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (государственное задание по теме 0023-2019-0003, FSSS-2020-0014).

4. Литература

- [1] Pakhomov, A.V. Intrinsic performance-limiting instabilities in two-level class-B broad-area lasers / A.V. Pakhomov, N.E. Molevich, A.A. Krents, D.A. Anchikov // Optics Communications. – 2016. – Vol. 372. – P. 14–21.
- [2] Yarunova, E.A. Stabilization of Broad-Area Laser Emission by Optical Injection / E.A. Yarunova, A.A. Krents, N.E. Molevich, D.A. Anchikov // Bulletin of the Lebedev Physics Institute. – 2019. – Vol. 46. – P. 130–132.
- [3] Ahmed, W.W. Stabilization of flat-mirror vertical-external-cavity surface-emitting lasers by spatiotemporal modulation of the pump profile / W.W. Ahmed, S. Kumar, R. Herrero, M. Botey, M. Radziunas, K. Staliunas // Physical Review A. – 2015. – Vol. 92. – P. 043829-1-043829-8.