

РАСЧЕТ ИЗЛУЧАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНЖЕКЦИОННЫХ ЛАЗЕРОВ С ВЫТЕКАЮЩЕЙ ВОЛНОЙ И ВЫВОДОМ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОДЛОЖКУ

А. А. Кучерявенков, А. С. Логгинов, А. Г. Ржанов

МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва

Потребность в увеличении предельной мощности излучения инжекционных лазеров (ИЛ) и сужении их диаграммы направленности привела к рождению новой схемы распределенного вывода излучения из активной области лазера через его подложку [1-5]. Это осуществимо при использовании структур типа “вытекающая волна”. Примеры возможных конструктивных решений для таких приборов представлены на рис. 1. Видно, что излучение на зеркалах может быть распределено по площади в несколько десятков раз большей, чем сечение активного слоя, а значит, предельная мощность генерации может быть существенно выше, чем в приборах с “жестким” активным волноводом. То же касается и сужения диаграммы направленности.

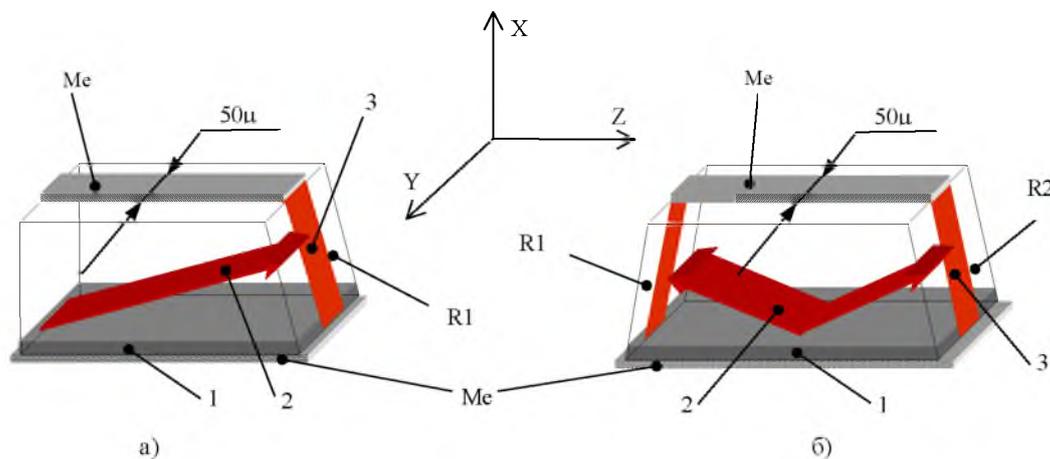


Рис 1. Вид исследуемых ИЛ и ход лучей в них.

(а), (б) – варианты расположения зеркал лазерного резонатора, Me – металлические контакты, R1, R2 – зеркала, 1 – область генерации (активные, волноводные и ограничительные слои), 2 – направление распространения волны, 3 – излучающая поверхность.

Существует ряд возможных подходов к расчету оптических мод таких резонаторов. Они оказываются сложны даже для численной обработки. В связи с этим целью настоящего исследования является разработка метода расчета полей, позволяющего максимально использовать аналитический аппарат и существенно упростить

решение проблемы без ущерба для адекватности модели. Решение волнового уравнения для полей внутри ИЛ при этом разбивается на две части: волноводную для бегущей вдоль оси z волны и резонаторную для описания взаимодействия прямой и обратной волн. Это позволяет отказаться от решения двухмерной задачи. При расчетах был сделан ряд общепринятых модельных допущений, которые тем не менее позволяют получать хорошее согласие результатов анализа с экспериментом.

Центральное место в исследовании занимает описание процессов ввода и вывода излучения в активном волноводе с вытеканием. Рис. 2 иллюстрирует возможные варианты “отражения-усиления” волны от тонкого активного слоя. В случае (а) имеет место сдвиг Гуса-Хенхена [6] при полном внутреннем отражении. В случае (б) происходит обычное отражение волны от тонкого слоя.

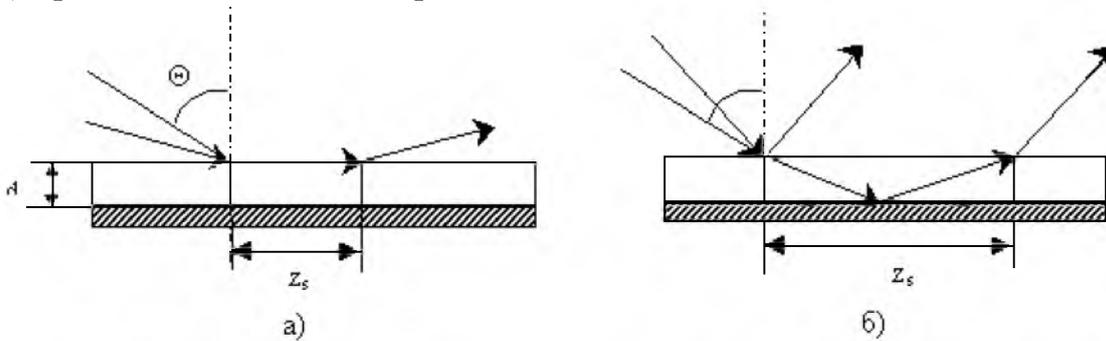


Рис. 2. Сдвиг падающей волны при углах падения не равных критическому а) $\theta > \theta_c$, б) $\theta < \theta_c$.

Учет воздействия падающей волны на активный волновод, по аналогии с α_{leak} в работе [5], производится путем введения коэффициента α_{in} , описывающего поглощение падающей волны:

$$\alpha_{in}(z) = j \cdot \frac{\left(E_1^*(x,z) \frac{\partial E_1(x,z)}{\partial x} - E_1(x,z) \frac{\partial E_1^*(x,z)}{\partial x} \right) \Big|_0}{2\beta' \cdot \int_d^0 |E_2(x,z)|^2 dx},$$

где E_1 , E_2 – комплексные амплитуды падающей волны и направляемой моды соответственно, β' – продольная (по оси z)

постоянная распространения, d – толщина активного слоя, а за нулевую координату x принята граница подложки и активного слоя.

Процесс “отражения” падающей под близким к критическому углом волны разбит на этап проникновения в активный слой и формирования поперечной моды, и этап вытекания оптического поля в подложку.

Проведенные расчеты конкретного прибора позволили получить вид ближнего и дальнего полей излучения лазера, его ватт-амперные характеристики для разных значений затухания в подложке. Сделаны оценки необходимой точности изготовления наклонных зеркал (около 0.1°), а также температурного и частотного диапазонов устойчивой работы исследуемых приборов ($\Delta T = \pm 20 \text{ K}$, $\Delta \lambda = 8 \text{ нм}$). Показано, что при определенном сочетании параметров прибора возможно достижение угла расходимости излучения менее 1° и более чем двадцатикратное увеличение его мощности.

1. Пат. 97112914, МПК (6) H01S3/19. Инжекционный лазер / В. И. Швейкин, А. П. Богатов, А. Е. Дракин, Ю. В. Курнявко; №97112914/25; Заявл. 08.08.1997; Оpubл. 06.10.1999// Официальный бюллетень “Изобретения” 1999. №34. (12).
2. Пат. 2142665, /В. И. Швейкин; №98114581/28; Заявл. 08.10.1998; Оpubл. 12.10.1999// Официальный бюллетень “Изобретения” 1999. №34. (12).
3. Звонков Н. Б., Звонков Б. Н., Ершов А. В. и др. // Квантовая электроника. 1998. № 25. С. 622-624.
4. Швейкин В. И., Богатов А. П., Дракин А. Е., Курнявко Ю. В.// Квантовая электроника. 1999. № 26. С. 33-36.
5. Богатов А. П., Дракин А. Е., Швейкин В. И. Квантовая электроника. 1999. № 26. С. 28-32.
6. Волноводная оптоэлектроника / Под ред. Т. Тамира. М.: Мир, 1991. 574 с.