

использованию в промышленном производстве. Поэтому более широкое распространение получили методы, заключающиеся в нанесении на верхний слой многослойного зеркала поляризационно-селектирующих структур [5,6].

Настоящий доклад посвящен оценке параметров поляризационно-селектирующих структур, обеспечивающих стабильные поляризационные характеристики ЛВР при прямой токовой модуляции лазера. Для решения этой задачи была разработана динамическая скалярная самосогласованная модель ЛВР, описывающая совместную динамику ортогонально поляризованных компонент лазерного излучения и инверсной населенности в активной области с учетом спектрального смещения лазерных мод относительно контура материального усиления. Математическая модель ЛВР основана на решении системы скоростных уравнений, описывающих динамику плотности фотонов в резонаторе (1) и концентрации неравновесных носителей заряда в активном слое (2):

$$\frac{dN(t)}{dt} = \frac{I}{eV_a} - \frac{N(t)}{\tau_N} - \left(G_x(t) + \frac{1}{\tau_x} \right) \frac{S_x(t)}{\Gamma} - \left(G_y(t) + \frac{1}{\tau_y} \right) \frac{S_y(t)}{\Gamma}, \quad (1)$$

$$\frac{dS_x(t)}{dt} = G_x(t)S_x(t) + \Gamma\beta \frac{N(t)}{\tau_{sp}}, \quad \frac{dS_y(t)}{dt} = G_y(t)S_y(t) + \Gamma\beta \frac{N(t)}{\tau_{sp}}, \quad (2)$$

где N – усредненная по объему активного слоя концентрация носителей заряда, I – ток накачки, e – элементарный заряд, V_a – объем активного слоя, τ_N – среднее время жизни носителей заряда, $G_{x,y}$ – модовое усиление ортогонально поляризованных мод, $\tau_{x,y}$ и $S_{x,y}$ – времена жизни и усредненные по объему резонатора плотности фотонов с ортогональными поляризациями, $\Gamma = V_a/V_{cav}$, V_{cav} – объем резонатора, β – коэффициент спонтанной рекомбинации, τ_{sp} – время спонтанной рекомбинации носителей заряда.

Модовое усиление $G(t)$ характеризует изменение интенсивности оптической моды во времени и определяется выражением

$$G(t) = -2\omega''(t), \quad (3)$$

где $\omega''(t)$ – мнимая часть комплексной частоты лазерной моды. Так как частота ω изменяется в процессе генерации, усиление G является функцией времени. Поэтому на каждом шаге по времени производится расчет распределения полей лазерных мод и их комплексных частот. В модели для этого используется метод эффективной частоты, предложенный в работе [7] и основанный на решении скалярных волновых уравнений для электрических полей $E_x(\mathbf{r})$ и $E_y(\mathbf{r})$ ортогонально поляризованных мод:

$$\left[\Delta + k_0^2 n^2(\mathbf{r}) \right] E_{x,y}(\mathbf{r}) = \nu k_0^2 n(\mathbf{r}) n_g(\mathbf{r}) E_{x,y}(\mathbf{r}), \quad (4)$$

где ω_0 – выбранное фиксированное значение частоты, $k = \omega_0 / c$ – волновое число, $n(\mathbf{r})$, $n_g(\mathbf{r})$ – профили фазового и группового показателей преломления резонатора ЛВР, $\nu = 2(\omega_0 - \omega) / \omega_0$ – безразмерный параметр, играющий роль собственного значения, \mathbf{r} – радиус-вектор.

Вследствие нагрева активной области ЛВР частоты лазерных мод смещаются относительно центра спектра материального усиления, что приводит к поляризационной нестабильности лазера [8]. Поэтому для получения поляризационных характеристик ЛВР при каждом значении тока накачки производится расчет температуры прибора.

В качестве объекта исследования выбран ЛВР с квантовыми ямами на основе GaAs, излучающий на длине волны 850 нм, поскольку данный тип лазеров широко используется в оптических линиях передачи информации на короткие расстояния. С использованием разработанной модели проведен расчет ватт-амперных характеристик ЛВР при различных значениях степени анизотропии поляризационно-селектирующей структуры, введенной в состав распределенного брэгговского отражателя (РБО). В качестве количественной меры степени анизотропии используется разность ΔR между коэффициентами отражения ортогонально-поляризованных компонент излучения от РБО.

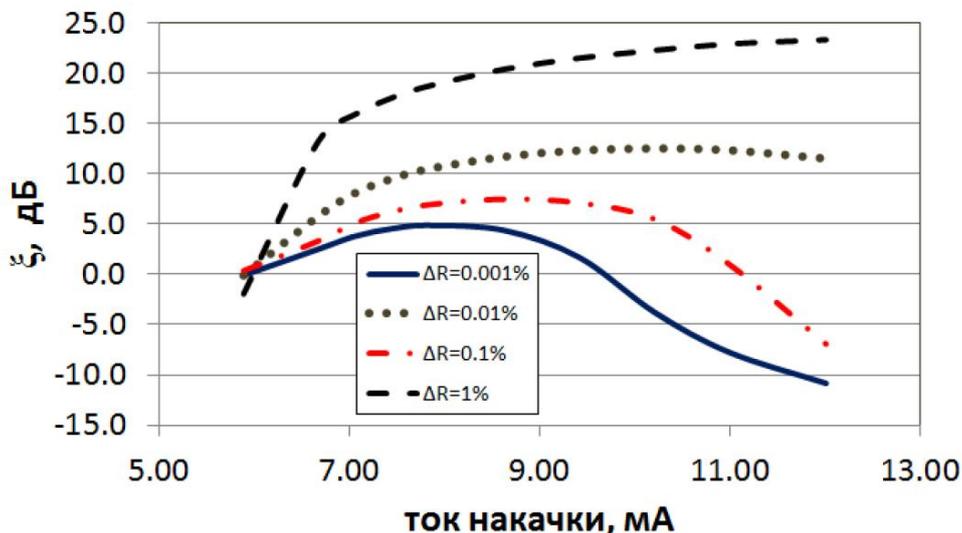
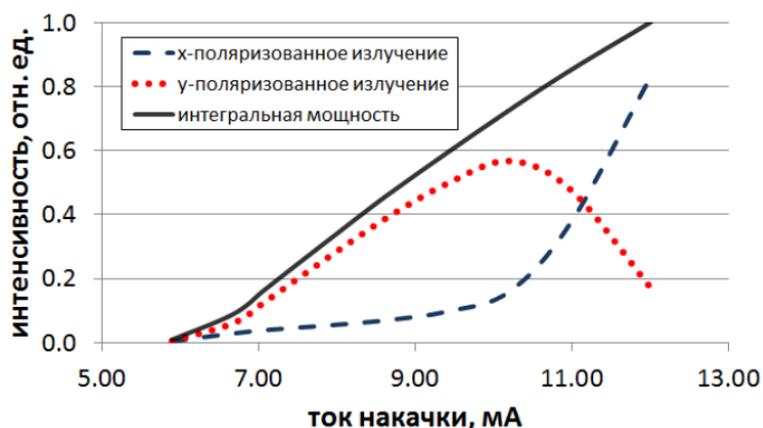


Рис. 2. Зависимость отношения интенсивностей ортогонально поляризованных компонент ξ от тока накачки при различных значениях анизотропии ΔR

На рис. 2 показана зависимость отношения интенсивностей ортогонально поляризованных компонент от тока накачки при различных ΔR . При $\Delta R \leq 0.1\%$ изменение тока накачки сопровождается переключением ортогонально поляризованных компонент излучения, что показано на рис. 3. Повышение анизотропии ΔR до 1% обеспечивает стабильные поляризационные характеристики ЛВР при токовой модуляции в диапазоне 1-2 пороговых значения. Отношение интенсивностей ортогонально поляризованных компонент достигает 20 дБ и более, при этом уровень поляризационных шумов опускается до уровня тепловых и дробовых шумов в фотоприемнике [9].

Рис. 3. Ватт-амперные характеристики ЛВР при $\Delta R = 0.1\%$

Таким образом, для получения стабильных поляризационных характеристик ЛВР при модуляции тока накачки от одного до двух пороговых значений коэффициенты отражения ортогональных поляризованных компонент излучения от РБО с поляризационно-селектирующей структурой в своем составе должны отличаться не менее чем на 1%. Физический механизм контроля поляризации заключается в следующем. Коэффициент отражения распределенного зеркала, а следовательно, и добротность лазерного резонатора, зависят от поляризации излучения. Мода, для которой добротность резонатора выше, испытывает меньшие потери и начинает генерироваться раньше, поэтому ее интенсивность больше, чем интенсивность ортогонально поляризованной компоненты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Iga K. // Sel. Topics in Q. Electron., IEEE J. of. 2000. V. 6. No. 6. P. 1201.
2. Fiedler U. et al. // Phot. Tech. Lett., IEEE. 1996. V. 8, No. 6. P. 746.
3. Choquette K.D., Leibenguth R.E. // Phot. Tech. Lett., IEEE. 1994. V. 6. No. 1. P. 40.
4. Mukaihara T. et al. // Phot. Tech. Lett., IEEE. 1993. V. 5, No. 2. P. 133.
5. Mukaihara T. et al. // Sel. Topics in Q. Electron., IEEE J. of. 1995. V. 1, No. 2. P. 667.
6. Onishi T. et al. // Q. Electron., IEEE J. of. 2007. V. 43, No. 12. P. 1123.
7. Wenzel H., Wunsche H.-J. // Q. Electron., IEEE J. of. 1997. V. 33, No. 7. P. 1156.
8. Choquette K. D. et al. // Sel. Topics in Q. Electron., IEEE J. of. 1995. V. 1, No. 2. P. 661.
9. Kuksenkov D.V. et al. // APL. 1995. V.67. No.15. P.2141.