

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ КВАНТОВОРАЗМЕРНЫХ ГЕТЕРОЛАЗЕРОВ И СЕЛЕКЦИЯ МОД

А. Г. Буйкевич, В. К. Кононенко, И. С. Манак

Белорусский государственный университет, Минск

Поляризационные характеристики излучения лазерных диодов важны при использовании излучателей в голографии, системах записи и хранения информации, при нелинейном преобразовании излучения и в других областях. К актуальным вопросам относится исследование влияния селективных параметров резонатора на поляризацию излучения квантово-размерных гетероструктур.

Интенсивность излучения квантово-размерной гетероструктуры в режиме генерации в неселективном резонаторе можно рассчитать, используя скоростные уравнения [1]

$$\frac{dn}{dt} = j - R - \sum_{Ym} \Gamma_{YkYsY} S_m (r^Y k_m - k_j) + p m R_{sp}, \quad (1)$$

где n - концентрация неравновесных носителей тока в активной области; S_m - плотность фотонов; j - плотность тока накачки; d - ширина квантовой ямы; k_Y - коэффициент потерь; pm - коэффициент, учитывающий вклад спонтанных излучательных переходов в лазерную моду; индекс $u = TE, TM$; m - номер продольной моды; v - групповая скорость. Стационарная система уравнений (1) дополняется уравнениями для скорости спонтанной рекомбинации R_{sp} , коэффициента усиления $km(v)$ и параметра оптического ограничения Γ , а также условием электронейтральности активной области [1, 2]. Межмодовое расстояние определяется резонатором Фабри-Перо: $\delta X = X^2 / 2n_a l$, где X - длина волны в вакууме, n_a - показатель преломления активной области, l - длина резонатора.

Интенсивность излучения моды с порядковым номером m равна

$$i_m = \hbar \nu_m u S_m. \quad (2)$$

Степень поляризации излучения на данной частоте ν_m (длине волны X_m) определяется, как

$$P_m = \frac{T_m^{TE} - T_m^{TM}}{T_m^{TE} + T_m^{TM}} \quad (3)$$

В частном случае активная область лазеров содержит квантовую яму шириной 8 нм, барьерные волноводные слои и широкозонные эмиттеры. В диапазоне длин волн 0.8-0.9 мкм лазерные диоды изготавливаются в системе GaAs-Al_{0.3}Ga_{0.7}As.

Селекцию мод в квантоворазмерном гетеролазере можно осуществлять с помощью дисперсионного резонатора. В качестве дисперсионного резонатора будем рассматривать оптический волоконный волновод с дифракционной решеткой [3], вносящий селективные потери. Обычно функция пропускания дисперсионного резонатора с селективными потерями описывается гауссовой функцией. Тогда коэффициент потерь резонатора k в зависимости от частоты ν представляется в виде

$$k(\nu) = k_0 + \dots, \quad (4)$$

где k_0 - коэффициент неселективных потерь на частоте максимума пропускания селектора потерь ν_0 , Z_s - гауссова ширина пропускания селектора.

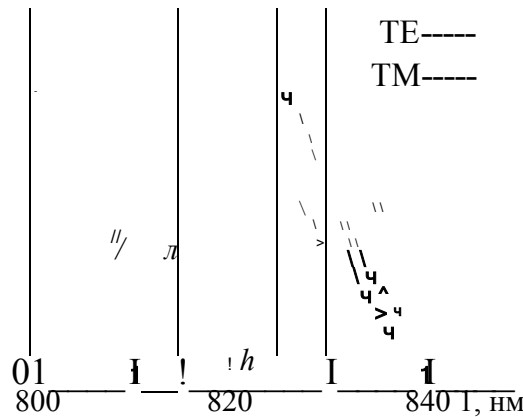


Рис. 1. Зависимость коэффициентов волноводного усиления Γ_{k^y} и потерь k от длины волны излучения λ
 $k/\lambda_0 = -7 \text{ см}^{-1}$, $\lambda_0 = 815, 825 \text{ и } 830 \text{ нм}$

Полагая, что ширина линии генерации $\Delta\nu$ и ширина пропускания селектора Z_s достаточно малы по сравнению с шириной полосы усиления лазера и межмодовым расстоянием резонатора (рис. 1), переходим от системы (1) к кинетическим уравнениям для описания одномодовой генерации на частоте ν_0 . Плотность фотонов в этом случае представляется как $S^y = \int S^y(\nu) d\nu = S^y(\nu_0) \Delta\nu$, где $S^y(\nu)$ - форма линии генерации.

На рис. 2 представлена спектральная зависимость плотности порогового тока накачки при различных значениях k/λ_0 . Как видно, оптимальные значения порогового тока накачки $j l_{pt}$ для TE- и TM-мод приходятся на длину волны вблизи 827 нм и 823 нм, соответственно, и в зависимости от k/λ_0 принимают значения от 230 до 260 А/см². С ростом k/λ_0 наблюдается сдвиг значений $j l_{pt}$ в коротковолновую область спектра.

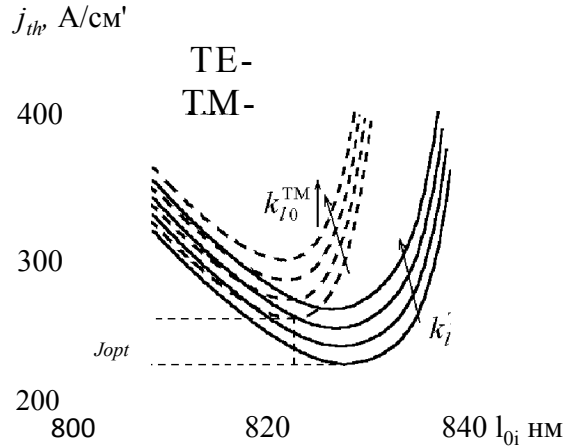


Рис. 2. Зависимость плотности порогового тока j_{th} квантоворазмерного гетеролазера от длины волны селекции λ_0 $k_b=25, 27, 29$ и 31 см^{-1}

Применение селективного резонатора приводит к более быстрому достижению предельных значений степени поляризации (± 1) при меньших значениях j (штриховые кривые на рис. 3), само же значение плотности порогового тока изменяется незначительно (показано стрелкой). Таким образом, подбирая параметры селективного резонатора (частоту максимума пропускания селектора и коэффициенты потерь ТЕ- и ТМ-мод), можно определить оптимальные условия одномодовой генерации излучения заданной поляризации.

P

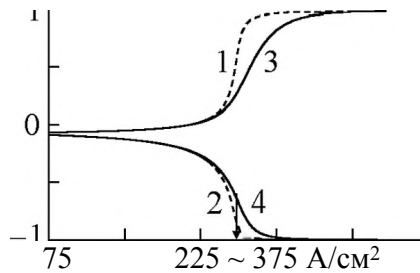


Рис. 3. Зависимость степени поляризации излучения P от плотности тока накачки j $k^{TE} = 30 \text{ см}^{-1}$, $k^{TM} = 25 \text{ см}^{-1}$, $j_{th} = 261 \text{ А/см}^2$ (1, 3); $k^{TE} = 33 \text{ см}^{-1}$, $k^{TM} = 25 \text{ см}^{-1}$, $j_{th} = 262 \text{ А/см}^2$ (2, 4)

Штриховыми кривыми представлены зависимости $P(j)$ для лазера с селективным резонатором на длинах волн, соответствующих доминирующим модам при отсутствии селекции

1. Буйкевич А. Г., Кононенко В. К., Манак И. С. // ЖПС. 2004. Т. 71, № 2. С. 193-197.
2. Кононенко В. К., Nalivko S. V. // Proc. SPIE. 1997. Vol. 3176. P. 345-351.
3. Дураев В. П., Неделин Е. Т., Недобывайло Т. П. и др. // Квант. электроника. 2001. Т. 31, №. 6. С. 529-530.