

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕШНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ЗА СЧЕТ УСИЛЕНИЯ

А. А. Афоненко¹, С. А. Малышев², А. Л. Чиж²

¹Белорусский государственный университет, Минск
E-mail: afonenko@bsu.by

²Институт физики им. Б. И. Степанова НАН Беларуси, Минск
E-mail: chizh@ieee.org

Под внешней оптической синхронизацией понимается инжекция излучения задающего лазера в резонатор ведомого лазера, при которой ведомый лазер начинает генерировать излучение на частоте задающего лазера. Режим оптической синхронизации достигается, если инжектируемое излучение за счет вынужденных переходов снижает инверсную заселенность ведомого лазера ниже порогового уровня генерации его собственных мод. Проникновению излучения в резонатор препятствует отражение на его гранях, а также брэгговское отражение при наличии распределенной обратной связи.

Коэффициент связи с внешним синхронизирующим излучением в сложных структурах может быть вычислен с использованием распределенной модели резонатора [1]. Например, в структуре с распределенной обратной связью за счет показателя преломления (DFB) коэффициент связи приблизительно в 2 раза ниже, чем в Фабри-Перо структуре (FP HR/AR) с аналогичной просветленной гранью резонатора [2]:

$$\kappa = \sqrt{(1 + \alpha^2) \langle S \rangle / 4} dG_{\text{eff}} / dB_{\text{inj}}, \quad (1)$$

где α – параметр амплитудно-фазовой связи, $\langle S \rangle$ – средняя по резонатору плотность фотонов, G_{eff} – эффективный коэффициент усиления резонатора, B_{inj} – амплитуда падающего внешнего синхронизирующего излучения.

В структурах с распределенной обратной связью за счет усиления/поглощения (DFB-A) [3] по сравнению со структурами с распределенной обратной связью за счет показателя преломления, во-первых, реализуется более однородное распределение плотности фотонов в резонаторе, что снижает негативный эффект выгорания пространственных провалов усиления. Во-вторых, для получения одномодового режима нет необходимости создавать четвертьволновой слой.

В расчетах анализировалась структура с длиной резонатора 300 мкм, шириной активной области – 2.5 мкм, коэффициентами отражения 4 и 90 %. Пороговый ток равнялся 5.6 мА, длина волны генерации – 1310 нм. Амплитуда гармонической вариации мнимой части показателя прелом-

ления считалась равной 0,0012. При этом плотность фотонов в резонаторе оказывалась практически однородной (рис. 1).

Рассчитанный коэффициент связи с внешним синхронизирующим излучением (22 см^{-1}) в DFB-A структуре оказался больше, чем в DFB структуре (16 см^{-1}), но меньше, чем в структуре FP HR/AR (33 см^{-1}). Соответственно, при одинаковых токах инжекции и пороговых токах минимальная мощность излучения задающего лазерного диода, при которой ведомый лазерный диод синхронизируется при любой отстройке частоты, в DFB-A лазерном диоде оказывается меньше, чем в DFB структуре, но больше, чем в структуре FP HR/AR (рис. 2). Следует отметить, что в структурах, образованных разными зеркалами (DFB-A, FP HR/AR), в зависимости от отстройки частоты задающего лазера не происходит полного интерференционного гашения выходной мощности.

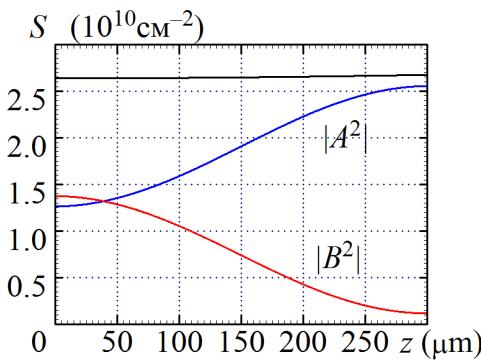


Рис. 1. Пространственное распределение плотности фотонов S и интенсивностей прямой A и обратной B волн в структурах с распределенной обратной связью за счет усиления/поглощения

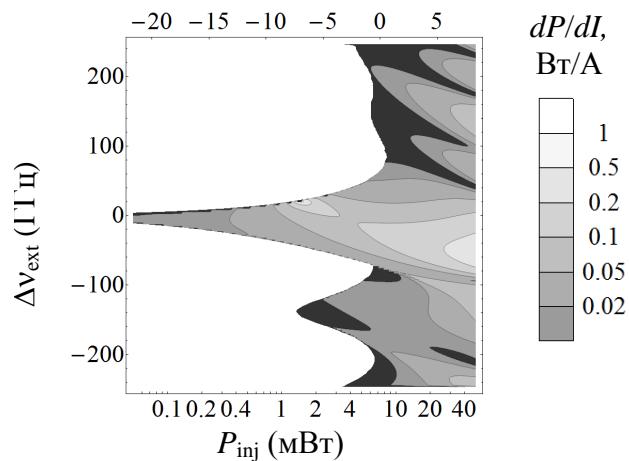


Рис. 2. Эффективность прямой модуляции dP/dI лазерного диода на частоте 25 ГГц при токе накачки 20 мА в зависимости от мощности оптической синхронизации P_{inj} и частоты отстройки Δv_{ext}

1. Афоненко А. А., Панфиленок Е. С., Малышев С. А., Чижк А. Л. // Сб. статей 8-го Белорусско-российского семинара “Полупроводниковые лазеры и системы на их основе” (Минск, 17–20 мая 2011). Минск, 2011. С. 87–90.
2. Афоненко А. А., Малышев С. А., Чижк А. Л. // Сб. статей 9-го Белорусско-российского семинара “Полупроводниковые лазеры и системы на их основе” (Минск, 28–31 мая 2013). Минск, 2013. С. 77–80.
3. Lowery A. J., Novak D. // IEEE J. Quantum Electron. 1994. Vol. 30, No. 9. P. 2051–2063.