

СТАБИЛИЗАЦИЯ ИМПУЛЬСНОЙ МОЩНОСТИ ИНЖЕКЦИОННОГО ЛАЗЕРА

К.Н. Коростик

Белорусский государственный университет, Минск

При практических применениях инжекционных лазеров (ИЛ) в медицине, технологических процессах, в измерительных системах и др. зачастую требуется строго дозированное воздействие излучения этих источников на определенный предмет. При этом температурные условия, в которых эксплуатируются ИЛ, могут меняться. Поэтому, для обеспечения стабильности импульсной мощности ИЛ в этих условиях применяются различные способы повышения ее термостабильности. Достаточно хорошая по сравнению с другими типами лазеров собственная стабильность мощности излучения ИЛ [1] и возможность широкодиапазонной ее перестройки (как в импульсном, так и непрерывном режимах) определяют широкие возможности использования этих лазеров в перечисленных системах. В связи с вышеуказанным исследованием по совершенствованию методов, позволяющих стабилизировать импульсную мощность ИЛ остаются актуальными. Поскольку зачастую проведение экспериментальных исследований в высокотемпературных условиях эксплуатации ИЛ затруднено из-за возможного выхода лазера из строя, актуально моделирование температурной зависимости его импульсной мощности.

Для стабилизации импульсной мощности может быть использован метод, основанный на стабилизации задержки импульса излучения относительно импульса тока инжекции. Экспериментальные исследования для некоторых старых типов лазеров уже проводились ранее [2].

Для моделирования температурной зависимости импульсной мощности ИЛ использовались параметры, определенные экспериментально и соответствующие квантоворазмерному ИЛ фирмы Toshiba с длиной волны излучения 0,65 мкм. Для исследованного лазера температурное изменение мощности без стабилизации характеризовалось коэффициентом 0,067 мВт/К.

Математическая модель для исследования термостабильности импульсной мощности P ИЛ с учетом температурной зависимости порогового тока I_{Π} и спонтанного времени жизни неравновесных носителей заряда $\tau_{сп}$ при подстройке тока инжекции I , необходимого для осуществления режима фиксированной задержки t_3 , имеет вид:

$$P(\theta) = \frac{h\nu}{e} \eta (I + \sum_{n=1}^N \Delta I_n - I_{\Pi}(\theta_n)) \Big|_{t_3 = const} \quad (1)$$

$$I_n = \left[\exp\left(\frac{t_3(\theta)}{\tau_{\text{сп}}(\theta)}\right) I_{\text{п0}} \exp\left(\frac{\theta_n}{\theta_0}\right) \right] / \left[\exp\left(\frac{t_3(\theta)}{\tau_{\text{сп}}(\theta)}\right) \right], \quad (2)$$

$$I_{\text{п}}(\theta) = I_{\text{п0}} \exp\left(\frac{\theta}{\theta_0}\right), \quad (3)$$

$$\tau_{\text{сп}}(\theta) = \tau_{\text{н}} - k_{\tau}(\theta - \theta_{\text{н}}), \quad (4)$$

$$\Delta I_n = I_n - I_{n-1}, \quad \theta_n = \theta + \Delta\theta. \quad (5)$$

Здесь в формулах (1)–(5) $h\nu$ – энергия кванта излучения, ΔI_n – шаг дискретизации тока накачки, $I_{\text{п0}}$ и θ_0 – параметры аппроксимации температурной зависимости порогового тока, $\tau_{\text{н}}$ – начальное значение $\tau_{\text{сп}}$, k_{τ} – коэффициент температурной зависимости $\tau_{\text{сп}}$, θ – температура, $\Delta\theta$ – шаг дискретизации температуры. Выражение (1) определяет импульсную мощность ИЛ при определенном превышении тока накачки $I + \sum_{n=1}^N \Delta I_n$ над пороговым значением $I_{\text{п}}(\theta)$ при определенной температуре. Формирование тока накачки осуществляется последовательным суммированием приращений тока накачки, определяемом из (2) согласно алгоритма (5). Выражения (3)–(4) отражают температурную зависимость порогового тока и спонтанного времени жизни носителей тока в ИЛ.

Согласно полученным расчетным данным можно видеть, что модель (1–5) выражает термостабилизированное состояние импульсной мощности ИЛ с ростом температуры. Для токов накачки в диапазоне от $I = 1,2I_{\text{п}}$ до $I = 2I_{\text{п}}$ в диапазоне температур (295–317 К) нестабильность импульсной мощности не превышает 6 %. При этом в диапазоне токов от $I = 1,2I_{\text{п}}$ до $I = 1,5I_{\text{п}}$ нестабильность мощности близка к нулю.

Расчет температурной зависимости мощности с использованием формул (1)–(5) показывает, что режим работы лазера при фиксированной задержке стимулированного излучения без учета температурной зависимости спонтанного времени жизни неравновесных носителей тока накачки характеризуется сильной перекомпенсацией температурной зависимости порога генерации. Учет температурной зависимости спонтанного времени жизни неравновесных носителей заряда при фиксированной задержке позволяет получить режим стабилизации импульсной мощности инжекционного лазера с перекомпенсацией не больше $6,25 \times 10^{-3}$ мВт/К для токов накачки до двух пороговых значений.

1. Полупроводниковые инжекционные лазеры. Динамика, модуляция, спектры: Пер. с англ. / Под ред. У.Тсанга. – М.: Радио и связь, 1990 – 320 с.
2. Коростик К.Н. // ПТЭ. 1996. № 5. С. 99–102.