Быстродействующие температурно-стабильные микролазеры

А.Е. Жуков¹⁾, Н.В. Крыжановская¹⁾, Э.И. Моисеев¹⁾, А.М. Можаров¹⁾, Ф.И. Зубов¹⁾, Н.А. Калюжный²⁾,
С.А. Минтаиров²⁾, М.М. Кулагина²⁾, С.А. Блохин²⁾, М.В. Максимов^{1,2)}

¹⁾ Санкт-Петербургский национальный исследовательский Академический университет РАН,
Санкт-Петербург, 194021, Хлопина 8(3)

²⁾ Физико-технический институт им. А.Ф.Иоффе РАН,
Санкт-Петербург, 194021, Политехническая, 26

тел: +7 (812) 448-6980, факс: +7 (812) 448-6980, эл. почта: zhukale@gmail.com

DOI 10.34077/RCSP2019-66

Исследованы инжекционные микродисковые лазеры на GaAs и Si подложках, с активной областью на основе квантовых точек различного типа. Показана возможность работы в непрерывном режиме без термостабилизации при комнатной и повышенных температурах, низкопороговой генерации, прямой модуляции с частотой до 6 ГГц.

Основные результаты:

1. Были созданы микродисковые лазеры диаметром 10-31 мкм на основе гетероструктур с активной областью, представляющей собой квантовые точки (КТ) Странского-Крастанова InAs/InGaAs спектрального диапазона 1.28-1.3 мкм, либо формируемые на слабо-разориентированных подложках плотные массивы островков InGaAs (квантовые ямы-точки, КЯТ) спектрального диапазона около 1.1

мкм. Структуры были синтезированы на подложках GaAs. Кроме того, были исследованы микролазеры на основе КТ InAs/InGaAs, выращенные на подложках Si с использованием переходных буферных слоев и дислокационных фильтров.

2. Минимальное значение пороговой плотности тока в микролазерах с КТ InAs/InGaAs на GaAs, работающих при комнатной температуре в непрерывном режиме без принудительного охлаждения, составляет 250 А/см² (D=31 мкм), что является рекордно-низким значением для микролазеров на КТ. В микролазерах на Si подложках такого же диаметра и с таким же типом активной области минимальное значение пороговой плотности тока составило 600 А/см². В микролазерах с активной областью на основе массива КЯТ значительный вклад в порог генерации дает безызлучательная поверхностная рекомбинация, что было приписано меньшей глубине локализации носителей заряда в такой активной области по сравнению с КТ InAs/InGaAs; минимальное значение пороговой плотности тока равно 800 А/см².

3. Максимальная рабочая температура лазерной генерации при непрерывной накачке микродисков на GaAs составила 100-110°C и на Si 60°C, что является рекордным значением для микролазеров соответствующего типа. Удельное тепловое сопротивление в обоих случаях составило около 4×10⁻³ °C×см²/мВт, что в несколько раз ниже, чем у микролазеров на InP.

Оцененная с помощью малосигнального анализа наибольшая частота прямой модуляции (по уровню -3 дБ) превысила 6 ГГц (Рис. 1). При этом частота $f_{3дБ}$ в случае отсутствия температурной стабилизации микролазеров практически не изменяется (6.51 ГГц против 6.72 ГГц) по сравнению со случаем стабилизации микролазера с температурой 18°C.

4. Впервые исследована временная стабильность микродисковых лазеров. При 60°C и постоянном токе накачки снижение выходной мощности происходит с темпом около 0.01%/час. Это позволяет предварительно оценить срок службы при повышенной температуре не хуже 3.8×10³ часов.

Таким образом, продемонстрированная к настоящему времени совокупность характеристик микродисковых лазеров с квантовыми точками позволяет ожидать реализацию с их помощью лазерных микроизлучателей для систем оптической передачи данных, в том числе на кремнии, работающих без термостабилизации со скоростями по крайней мере 10 Гб/сек.

Работа выполнялась при поддержке РФФИ.

Рис. 1. Зависимость частоты модуляции по уровню -3дБ от тока инжекции. Вставка: пример амплитудно-частотной характеристики. Синие символы: 18°C, красные символы: без температурной стабилизации. D=23 мкм.