Влияние параметров InP/GaInP квантовых точек на лазерные свойства микродисковых резонаторов

Лебедев Д.В.¹, Буряк П.А.^{1,2}, Романова А.Ю.^{1,2}, Смирнов В.И.^{1,3}, Власов А.С.¹,
Кулагина М.М.¹, Блохин С.А.¹, Задиранов Ю.М.¹, Трошков С.И.¹, Pelucchi E.³, Gocalinska A.³,
Juska G.³, Шелаев А.В.⁴, Быков А.А.⁴, Минтаиров А.М.^{1,5}

¹ ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

² СПбПУ Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

³ Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

⁴ Tyndall National Institute, University College Cork, Ireland

⁵ НТ-МДТ, 124460, Москва, Зеленоград, 4922-й проезд, 4, стр. 3

DOI 10.34077/Semicond2019-406

Исследованию микродисковых резонаторов на основе полупроводниковых гетероструктур с квантовыми точками посвящено большое количество работ в связи с возможностью получения низкопорогового лазерного излучения на высокочастотных модах шепчущей галереи и создания эффективных источников одиночных фотонов для квантовой обработки информации. В представляемой работе исследуются микродиски (диаметр 2-4 мкм) с внедренными самоорганизующимися квантовыми InP/GaInP точками (КТ), полученными методом газовой эпитаксии из металлоорганических соединений. КТ имеют большой латеральный размер (~150 нм), обеспечивающий высокую силу осциллятора и сильное перекрытие излучающей области КТ с полем шепчущей моды. Мы использовали режимы роста структур КТ обеспечивающие низкую поверхностную плотность (~2 мкм²), что позволило сформировать микродиски, содержащие малое число точек (<10). Для этих микродисков наблюдали переход в режим лазерной генерации при малой пороговой мощности (1-10 мкВт) в спектральном диапазоне 750-800 нм.

Образцы микрорезонаторов получали методами жидкостного травления (т. н. «грибовидный» микродиск) и методом плазменного травления с последующим прокислением пьедестала (микродиск на слое оксида). Спектры микрофотолюминесценции при низкой мощности возбуждаемого излучения (~0.1 мкВт) демонстрируют узкие линии с полушириной ~0.2 нм и свободным спектральным диапазоном 35 нм, соответствующие модам шепчущей галереи. Повышение мощности приводит к резкому возрастанию интенсивности мод, что указывает на переход в режим лазерной генерации.

Проведены исследования времен затухания люминесценции в допороговом режиме, которые показали, что излучение КТ в резонаторе происходит в три раза быстрее по сравнению с излучением КТ в свободном пространстве. Данное наблюдение является демонстрацией эффекта Парселла. С помощью метода ближнепольной микроскопии (БСМ) для ряда микрорезонаторов было определено взаимное расположение квантовой точки относительно исследуемой моды. Сопоставление БСМ данных, данных время-разрешенной спектроскопии с моделированием распределения резонансной моды позволило выявить корреляцию между величиной коэффициента Парселла, положением квантовой точки и величиной порога лазерной генерации.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-32-00321.