Длинноволновое стимулированное излучение в гетероструктурах с квантовыми ямами на основе HgCdTe

Румянцев В.В.¹, Алешкин В.Я.¹, Фадеев М.А.¹, Кудрявцев К.Е.¹, Дубинов А.А.¹,
Гавриленко В.И.¹, Дворецкий С.А.², Михайлов Н.Н.², Морозов С.В.¹

¹ ИФМ РАН, 603950, Н.Новгород

² ИФП СО РАН, 630090, пр. ак. Лаврентьева, 13, Новосибирск

DOI 10.34077/Semicond2019-199

Гетероструктуры с квантовыми ямами (КЯ) на основе HgCdTe представляют интерес для создания межзонных лазеров на диапазон длин волн 20 -- 60 мкм, в настоящее время недоступный для квантовых каскадных лазеров (ККЛ) на основе материалов GaAs и InP, благодаря более низким частотам оптических фононов в HgCdTe и возможности изменять ширину запрещенной зоны в КЯ в широких пределах (от единиц до сотен мэВ).

В работе приводятся результаты цикла экспериментальных исследований фотопроводимости, фотолюминесценции, времен рекомбинации носителей заряда и стимулированного излучения (СИ) в узкозонных гетероструктурах с КЯ на основе HgCdTe. Основным результатом работы является демонстрация СИ вплоть до длин волн 22 мкм [1], что в четыре раза по длинам волн улучшает результаты предшествующих работ [2]. Показано, что заполнение дырками боковых максимумов в первой валентной подзоне является основным фактором, приводящим к гашению СИ с ростом температуры. Показано, что коротковолновая накачка (длина волны 2 мкм) приводит к разогреву носителей и гашению СИ с увеличением мощности накачки, в то время как переход к накачке CO₂ лазером и ККЛ среднего ИК диапазона позволяет снизить разогрев носителей и добиться роста интенсивности СИ пропорционально интенсивности накачки. На основе результатов теоретических и экспериментальных исследований времен жизни носителей обсуждаются способы оптимизации энергетического спектра в КЯ для подавления оже-рекомбинации и увеличения вероятности излучательной рекомбинации при высокой концентрации неравновесных носителей ($>10^{11}$ см⁻²) [3]. Экспериментально продемонстрировано, что в структурах, сконструированных для получения СИ с длиной волны в диапазоне 7 – 10 мкм, изменение дизайна КЯ увеличивает температуру гашения СИ на 75К за счет увеличения энергетического расстояния между потолком валентной зоны и боковыми максимумами в два раза (на 25 мэВ). Одновременно с этим, впервые получено СИ на длинах волн 2.8 мкм – 3.57 мкм при термоэлектрическом охлаждении ($T = 200 - 265$ К) волноводных структур с КЯ HgTe/Cd_{0.65}Hg_{0.35}Te толщиной 1.5 – 2 нм [4]. Работа поддержана грантом РНФ 17-12-01360.

[1] S. V. Morozov, V. V. Rumyantsev et al *Applied Physics Letters* 111, 192101 (2017)..

[2] J. M. Arias et al, *Semiconductor Science and Technology* 8, S255 (1993)

[3] V. Y. Aleshkin, A. A. Dubinov, V. V. Rumyantsev et al *Journal of Physics: Condensed Matter* 30, 495301 (2018).

[4] M. A. Fadeev, V. V. Rumyantsev et al *Optics express* 26, 12755-12760 (2018).