Исследование порога стимулированного излучения в гетероструктурах с КЯ HgTe/CdHgTe среднего ИК диапазона в зависимости от длины волны накачки

Кудрявцев К.Е.¹, Фадеев М.А.^{1,2}, Румянцев В.В.¹, Уточкин В.В.¹, Дубинов А.А.¹,
Алешкин В.Я.¹, Дворецкий С.А.³, Михайлов Н.Н.³, Терре F.², Гавриленко В.И.¹,
Морозов С.В.¹

¹ Институт физики микроструктур РАН, 603950, Нижний Новгород, Россия

² UMR CNRS 5221, GIS-TERALAB, Université Montpellier, 34095, Montpellier, France

³ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, 630090, Новосибирск, Россия

DOI 10.34077/Semicond2019-167

Разработка полупроводниковых источников излучения в окне прозрачности атмосферы (3–5 мкм) востребована для решения актуальных задач спектроскопии, в том числе спектроскопии газов [1]. В ряде приложений практичной альтернативой сложным и дорогим квантовым каскадным лазерам, доминирующим сейчас в рассматриваемом спектральном диапазоне, могут стать «классические» межзонные лазеры на основе узкозонных материалов, в частности HgCdTe. В то же время, при уменьшении ширины запрещенной зоны резко возрастает темп безызлучательных оже-процессов, что ограничивает эффективность излучательной рекомбинации неравновесных носителей. По этой причине при комнатной температуре стимулированное излучение (СИ) в HgCdTe было ранее реализовано лишь на длинах волн, меньших 2.5 мкм, а на длине волны 2.8 мкм СИ достигалось при температурах существенно ниже 200 К [2].

В данной работе представлены результаты по наблюдению СИ в диапазоне 2.8–3.5 мкм при температурах до 250 К (для $\lambda = 2.87$ мкм; 210 К для $\lambda = 3.57$ мкм), достижимых при термоэлектрическом охлаждении [3]. Использование гетероструктур HgTe/CdHgTe с узкими (единицы нм) КЯ позволило «улучшить» симметрию законов дисперсии электронов и дырок в КЯ и существенно увеличить пороговую энергию оже-рекомбинации. Проведены исследования порога СИ в зависимости от длины волны накачки при переходе от надбарьерного возбуждения к накачке непосредственно в КЯ. Выявлено, что наибольшая эффективность накачки и наименьший порог СИ реализуются при накачке квантами, практически соответствующими энергии межзонных переходов в барьерных слоях (при этом учитывался лишь поток квантов накачки без пересчета на долю излучения, поглощаемого в КЯ; «внутренняя квантовая эффективность» же при накачке в КЯ может быть существенно выше). С практической точки зрения важно, что по характеру «разогрева» носителей заряда в КЯ излучением накачки такая «резонансная» накачка сходна с инжекционной накачкой диодных структур. Оптимизация состава барьерных слоев в «коротковолновых» структурах (в отличие от «длинноволновых» HgTe/CdHgTe структур среднего и дальнего ИК диапазонов) необходима также и для подавления беспороговых оже-процессов, идущих с выбросом носителей заряда в континуум барьерных слоев.

Таким образом, в работе продемонстрированы оптические конвертеры излучения ближнего ИК диапазона в стимулированное излучение диапазона 2.8–3.5 мкм на основе структур с КЯ HgTe/CdHgTe. Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 19-02-00827) на оборудовании УСУ «Фемтоспектр» ЦКП «Физика и технология микро- и наноструктур» ИФМ РАН.

[1] F. K. Tittel et al., *Mid-infrared laser applications in spectroscopy, in Solid-state Midinfrared Laser Sources (Springer, 2003), pp. 458–529.*

[2] A.A. Andronov et al., *J. Lumin.* **132**(3), 612 (2012).

[3] M.A. Fadeev et al., *Opt. Express* **26**(10), 12755 (2018).