Свойства квантовых ям и их применение в компактных лазерах ближнего ИК диапазона

Н.Н. Рубцова¹, А.А. Ковалёв¹, Д.В. Ледовских¹, В.В. Преображенский¹, М.А. Путятё¹, Б.Р. Семягин¹,
С.А. Кузнецов², В.С. Пивцов²

¹ ИФП СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева, 13

² ИЛФ СО РАН, 630090, Новосибирск, пр. Академика Лаврентьева, 15Б

тел.: +7 (383) 333-2769, факс: +7 (383) 333-2771, эл. почта: rubtsova@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-72

Полупроводниковые зеркала с насыщающимся поглощением на базе квантовых ям являются ключевым элементом [1] для получения стабильного режима синхронизации мод многих лазеров.

Оптические свойства слоя квантовых ям определяют основные параметры оптических затворов на их основе.

В докладе сообщается о корреляции между строением квантовых ям (их состав, толщина барьеров, концентрация дефектов, степень согласованности по параметрам решетки материалов квантовых ям и барьеров и даже особенности технологии переноса слоев квантовых ям на диэлектрический широкополосный отражатель) и основными параметрами оптических затворов (механическая прочность, уровень ненасыщаемых потерь, максимальная глубина насыщения и быстродействие).

Экспериментально исследована кинетика отражения для нескольких вариантов квантовых ям (КЯ) из $\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}$ с поглощением на экситонном переходе в области 1040 нм. Различие в структурах КЯ заключается в толщине и/или структуре барьеров. Использован одностотный метод накачка-зондирование (pump-probe) [2] с временным разрешением ~ 100 фс и предельной чувствительностью относительного изменения отражения $\Delta R/R = 5 \cdot 10^{-6}$. Кинетика отражения каждого образца представляет собой зависимость отражения от времени задержки между фемтосекундными импульсами накачки и пробного излучения ближнего ИК диапазона. Форма кинетической кривой отражения в каждом случае анализировалась в рамках модели [3], учитывающей вклад фотогенерированных экситонов, локализованных в квантовых ямах, и несвязанных электронно-дырочных пар. Модель включает три характерных времени релаксации: τ_1 – время ионизации экситонов при их взаимодействии с фононами, τ_2 – время электронно-дырочной рекомбинации и τ_3 – время установления квазиравновесия в коллективе электронно-дырочных пар после ионизации экситонов.

Для большинства образцов квантовых ям время τ_1 составило 0,3-0,4 пс. Для квантовых ям типа $\text{GaAs}/\text{In}_{0.25}\text{Ga}_{0.75}\text{As}/\text{GaAs}$ с толстыми барьерами порядка 10 нм GaAs время τ_2 составляет 100-900 пс, разброс определяет латеральную неоднородность структур. Для КЯ с тонкими барьерами GaAs (3-5 ML) порядка 2 пс. На базе последней структуры разработано зеркало, использованное в лазере $\text{Yb}^{3+}:\text{KY}(\text{WO}_4)_2$ с коротким резонатором. Получены импульсы с длительностью 200 фс с частотой следования 982 МГц [4].

Рассмотрены свойства слоя квантовых ям с идеальным согласованием материалов ям и барьеров по параметру решетки, обсуждаются перспективы их применения как основы для оптических затворов в лазерах с пассивной синхронизацией мод.

Исследование выполнено при поддержке гранта РФФИ № 18-29-20007

Литература

- [1] U. Keller, K. J. Weingarten, F. X. Kärtner et al. IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics **2**, 435 (1996).
- [2] Г.М. Борисов, В.Г. Гольдорт, А.А. Ковалёв, Д.В. Ледовских, Н.Н. Рубцова, ПТЭ, 2018, No. 1, С. 87–91., ПТЭ, № 1, 87 (2018).
- [3] Г.М. Борисов, В.Г. Гольдорт, А.А. Ковалёв, Д.В. Ледовских, Н.Н. Рубцова, Сибирский физический журнал, **12**, 109 (2017).–115.
- [4] N.N. Rubtsova, A.A. Kovalyov, D.V. Ledovskikh, V.V. Preobrazhenskii, M.A. Putyato, B.R. Semyagin, S.A. Kuznetsov, V.S. Pivtsov and A.V. Semenko, Laser Physics, **30**, 025001 (2020).