

Компьютерное моделирование температурной зависимости спектров люминесценции массивов квантовых точек

С. В. Сарангов, М. Б. Смирнов

Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

тел: (812) 428-75-69, эл. почта: exciton82@mail.ru

Представлена теоретическая модель, описывающая температурную зависимость спектра фотолюминесценции (ФЛ) массивов квантовых точек (КТ) с учетом экситон-фононного взаимодействия и температурно-индуцированного перераспределения носителей в системе «КТ — смачивающий слой — барьер». Показано, что в зависимости от преобладания того или иного механизма релаксации возбуждений в температурной зависимости ширины линий ФЛ может наблюдаться как уширение, так и сужение. Этот результат показывает высокую чувствительность спектроскопии ФЛ как способа характеристики массивов КТ.

Описание модели

Температурно-индуцированное перераспределение носителей в системе «КТ — смачивающий слой — барьер» описывается системой дифференциальных уравнений, учитывающих такие факторы как тепловой выброс носителей из КТ, их возможное излучение, перезахват или захват нерадиационными центрами (дефектами) [1]. Спектральное распределение ФЛ ансамбля КТ определяется как свертка двух функций распределения — распределения возбуждений по ансамблю КТ, и спектрального распределения ФЛ отдельных КТ. Для описания последнего использована эмпирическая формула, полученная в экспериментальных исследованиях ФЛ изолированных КТ [2].

Результаты и их обсуждение

Показано, что зависимость ширины линий ФЛ ансамблей КТ от ширины спектрального распределения ФЛ отдельных КТ и ширины распределения носителей по ансамблю КТ не сводится к сумме этих величин, но является сложной немонотонной функцией, зависящей от их отношения. Среди основных факторов, определяющих температурную зависимость спектров ФЛ массивов КТ, можно выделить обмен носителями между КТ через смачивающий слой, что приводит к асимметричному сужению распределения возбуждений по энергии, и фонон-экситонное взаимодействие, что выражается в температурном уширении спектрального распределения ФЛ отдельных КТ. Сочетание этих двух факторов определяет разнообразие наблюдаемых в экспериментах зависимостей ширины линий ФЛ от температуры. Модель применяется для интерпретации спектров ФЛ ансамблей КТ InAs, выращенных в гетероструктурах на подложках GaAs [3]. Показано, что в зависимости от ширины террас подложки получаются два типа ансамблей КТ: изолированные КТ и КТ, связанные смачивающим слоем. В спектрах ФЛ первых наблюдаются линии, монотонно уширяющиеся с температурой. Линии ФЛ вторых проявляют сложное температурное поведение:

сужение линий (сопровождающееся красным сдвигом максимума) при низких температурах сменяется уширением линии (и отсутствием красного сдвига) при более высоких температурах.

Литература

1. М. Б. Смирнов и др., ФТТ, 49, 1126 (2007).
2. I. Favero et al. , Phys. Rev. B, 68, 233301 (2003).
3. В. Г. Талалаев и др., ФТП, 34, 467 (2000).