

ЭКСИТОННЫЕ ПРОЦЕССЫ В АНСАМБЛЯХ КРЕМНИЕВЫХ НАНОКРИСТАЛЛОВ В ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МАТРИЦЕ

Рождественская Татьяна Юрьевна

студент

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: rtanyau@mail.ru

Одной из актуальных задач современной физики полупроводников является исследование новых материалов на основе кремния. Как известно, кристаллический кремний (с-Si), являющийся в настоящее время базовым материалом для полупроводниковой электроники, характеризуется непрямой запрещенной зоной, и вследствие этого достаточно малой эффективностью межзонной излучательной рекомбинации в с-Si. Одним из способов повышения выхода люминесценции является формирование нанокристаллов. В настоящей работе представлены результаты исследования фотолюминесцентных (ФЛ) свойств нанокристаллов кремния (nc-Si) в диэлектрической матрице SiO₂ при высоких уровнях оптического возбуждения.

Зарегистрированы спектры ФЛ образцов nc-Si/SiO₂ с различными размерами нанокристаллов кремния d . Обнаружено, что происходит сдвиг максимума полосы ФЛ в область больших энергий квантов (меньших длин волн) с уменьшением d , что связано с ростом ширины запрещенной зоны в нанокристаллах вследствие квантового размерного эффекта. ФЛ нанокристаллов обусловлена излучательной рекомбинацией экситонов в nc-Si. Так же обнаружено уширение спектра ФЛ, что связано с увеличением дисперсии нанокристаллов по размерам.

Получены зависимости интенсивности ФЛ от уровня оптического возбуждения для трех различных длин волн ФЛ (800, 895 и 960 нм) для образцов nc-Si/SiO₂. Обнаружено, что при малых интенсивностях возбуждения указанная зависимость имеет линейный характер, а с ростом уровня возбуждения отклоняется от линейной и проявляет тенденцию к насыщению. Такое поведение объяснено влиянием Оже-процесса. Следует отметить, что для меньших длин волн ФЛ (нанокристаллов меньших размеров) насыщение начинается при больших интенсивностях накачки, что объясняется меньшим временем жизни экситонов в них.

Получена зависимость интенсивности ФЛ легированного эрбием образца nc-Si/SiO₂ от уровня оптического возбуждения. Как и в случае нелегированной структуры, указанная зависимость линейна при малых уровнях накачки, проявляет тенденцию к насыщению при высоких уровнях возбуждения, однако, имеет сверхлинейный участок в средней области накачек I_{pump} . Следует отметить, что при тех же значениях I_{pump} наблюдается насыщение интенсивности ФЛ ионов Er³⁺. Обнаруженные особенности зависимостей ФЛ объяснены в рамках модели возбуждения ионов эрбия путем переноса энергии к ним от нанокристаллов. С ростом уровня возбуждения уменьшается доля энергии, передаваемой от нанокристаллов кремния к ионам эрбия (энергия идет лишь на поддержание ионов эрбия в возбужденном состоянии), и зависимость интенсивности ФЛ nc-Si от накачки становится сверхлинейной.

Измерены спектры и кинетики ФЛ образцов nc-Si/SiO₂ с различными концентрациями нанокристаллов при различных уровнях оптического возбуждения. Получены зависимости времен жизни экситонов в исследуемых структурах от накачки. Особенности поведения указанных зависимостей объяснены с учетом процесса передачи энергии в ансамблях кремниевых нанокристаллов в диэлектрической матрице.