Упорядоченные массивы Ge(Si) квантовых точек, встроенных в двумерные фотонные кристаллы

Смагина Ж.В.¹, Зиновьев В.А.¹, Степихова М.В.³, Армбристер В.А.¹, Яблонский А.Н.³,
Родякина Е.Е.^{1,2}, Фомин Б.И.¹, Ненашев А.В.^{1,2}, Новиков А.В.³, Двуреченский А.В.^{1,2}

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

² Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2

³ ИФМ РАН, 603087, Нижегородская обл., Кстовский район, д. Афонино, ул. Академическая, 7

DOI 10.34077/Semicond2019-411

Гетероструктуры Ge/Si с самоформирующимися квантовыми точками (КТ) рассматриваются сегодня как один из объектов для возможных путей создания светоизлучающих приборов на основе кремния. Привлекательностью этих структур является относительная простота их формирования и наличие в их спектрах люминесценции при комнатной температуре сигнала в области длин волн 1.3-1.6 мкм [1, 2]. Однако существенным недостатком данного типа светоизлучающих структур является относительно низкая эффективность излучательной рекомбинации носителей заряда в них. Одним из подходов к решению данной проблемы является встраивание Ge(Si) КТ в различные микрорезонаторы [3, 4], в том числе на базе двумерных фотонных кристаллов (ФК) [4].

В данной работе рассматриваются различные подходы к встраиванию упорядоченных массивов Ge(Si) КТ в резонаторы на основе двумерных фотонных кристаллов и приводятся результаты исследований люминесцентных свойств полученных структур.

Первый подход включает в себя синтез на структурированной поверхности подложки упорядоченного массива Ge(Si) КТ, на котором затем формируется фотонный кристалл. Во втором подходе сам фотонный кристалл служит основой для упорядоченного роста квантовых точек. Показано, что в рамках второго подхода, меняя диаметр отверстий фотонного кристалла, можно реализовать два режима роста КТ, при которых КТ формируются внутри или снаружи отверстий ФК. В последнем случае возможно встраивание в ФК упорядоченного массива Ge(Si) КТ. Обнаружен (при 77 К) значительный рост интенсивности сигнала ФЛ от КТ для структур, в которых упорядочение КТ происходило между отверстиями ФК (второй подход), по сравнению с сигналом от массива КТ, упорядоченных в квадратную решетку с периодом 0.5 мкм (первый подход). Данный рост связывается с возрастанием поверхностной плотности КТ при их упорядочении между отверстиями ФК. Для структур, в которых ФК формировался на массиве упорядоченных КТ, в области ФК обнаружен рост интенсивности сигнала ФЛ при комнатной температуре в спектральном диапазоне 0.9÷1.2 эВ, который связывается с взаимодействием излучения структуры с радиационными модами ФК.

Экспериментально определены параметры ФК (период и диаметр отверстий ФК, тип дефекта ФК, образующего микрорезонатор) для реализации взаимодействия излучения КТ с радиационными модами самого ФК или созданного в нем микрорезонатора.

Работа финансировалась из средств РФФИ и Правительства Новосибирской области (грант №19-42-54002) в части создания структур с КТ, встроенными в микрорезонаторы, гранта РФФИ № 18-29-20016-мк в части люминесцентных измерений. Электронно-лучевая литография проводилась на оборудовании ЦКП «Наноструктуры».

[1] Z.F. Krasilnik et al., *Semicond. Sci. Technol.* **26**, 014029 (2011).

[2] P. Rauter et al., *Opt. Lett.* **35**, 679 (2010).

[3] M. Grydlik et al., *ACS Photonics* **3**, 298 (2016).

[4] M.V. Stepikhova et al., *Semicond. Sci. and Techn.* **34**, 024003 (2019).