Оптические и структурные свойства двумерных слоёв кремния, встроенных в диэлектрическую матрицу фторида кальция

В.А. Зиновьев¹, А.В. Кацюба¹, В.А. Володин^{1,2}, А.Ф. Зиновьева^{1,2}, С.Г. Черкова², Ж.В. Смагина²,
А.В. Двуреченский^{1,2}, А.Ю. Крупин³, О.М. Бородавченко⁴, В.Д. Живулько⁴, А.В. Мудрый⁴

¹ Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, Новосибирск,
630090, Лаврентьева, 13

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

³ Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, 630073, К.Маркса, 20

⁴ ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению», Минск, Беларусь, 220072, П. Бровки, 19
тел: +7 (913) 333-2519, факс: +7 (913) 333-2466, эл. почта: zinoviev@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-95

В настоящее время во всем мире наблюдается повышенный интерес к двумерным материалам на основе кремния и германия [1]. Ожидается, что эти материалы будут иметь электронную структуру с прямой запрещенной зоной, что должно приводить к эффективной люминесценции. Настоящая работа направлена на поиск оптимальных условий для формирования двумерных слоёв Si, встроенных в диэлектрическую матрицу CaF₂, а так же на исследование их структурных и оптических свойств. Нами был проведён рост эпитаксиальных структур, содержащих тонкие слои Si, встроенные в диэлектрическую матрицу CaF₂. Рост проводился методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложках Si(111). Исследования морфологии поверхности выращенных структур позволили определить условия роста, благоприятные для формирования двумерных слоёв Si. Методом спектроскопии комбинационного рассеяния света (КРС) были проведены исследования колебательных спектров созданных структур. В спектрах КРС от структур с одним бислоем Si, встроенным в CaF₂, обнаружен узкий пик при 418 см⁻¹, который обусловлен колебаниями Si-Si связей в плоскости двумерного слоя Si, интеркалированного в CaF₂. Результаты исследований, выполненные для многослойных структур, продемонстрировали, что в выбранных условиях роста с увеличением количества слоёв структуры сохраняется планарность гетерограниц Si/CaF₂, что позволяет наблюдать усиленный суммарный сигнал КРС от 10 двумерных слоёв Si толщиной в 1 атомный бислой. Исследования методом фотолюминесценции (ФЛ) показали, что в спектрах ФЛ от созданных структур наблюдаются полоса излучения при 680 нм, которая может быть связана с излучательной рекомбинацией носителей заряда в двумерных слоях Si, встроенных в диэлектрическую матрицу. Проведено исследование эффекта гидрогенизации на оптические свойства выращенных структур с двумерными слоями Si, встроенными в диэлектрическую матрицу CaF₂. Проведённый анализ спектров ФЛ показал, что обработка в водородной плазме приводит к заметному усилению (почти в 4 раза) интегральной интенсивности сигнала ФЛ от многослойной структуры с двумерными слоями Si в спектральном диапазоне длин волн от 400 до 800 нм.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 20-52-00016) и БРФФИ (грант №Ф20Р-092).

Литература

[1] M. Galbiati, N. Motta, M. De Crescenzi, L. Camilli // Appl. Phys. Rev. 2019. V.6, 041310.