

Получение эпитаксиальных слоев GaP без антифазных доменов на подложках кремния

Д.Б. Богомолов, М.О. Петрушков, Д.С. Абрамкин, Е.А. Емельянов, М.А. Путятю, А.К. Гутаковский, В.В. Преображенский

ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова,

Новосибирск, 630090, пр. к. Лаврентьева, 13

тел.: +7 (383)333-19-67, эл. почта: diman.bogomolow@gmail.com

DOI 10.34077/SILICON2022-31

Монолитная интеграция оптоэлектронных устройств на основе материалов $A^{III}B^V$ в кремниевые микросхемы позволяет повысить эффективность работы вычислительных систем за счет передачи данных по оптическому каналу [1]. Одним из перспективных материалов для интеграции $A^{III}B^V/Si$ является GaP в связи с небольшим рассогласованием постоянных решеток (около 0.35%). Несмотря на хорошее согласование параметров постоянной решетки материалов GaP и Si, при росте буферных слоев GaP/Si выявляются проблемы, связанные с переходом от неполярного материала к полярному. Нарушение порядка следования атомов в GaP из-за наличия моноатомных ступеней на поверхности Si приводит к формированию антифазных доменов (АФД). Влияние АФД на оптические свойства слоев $A^{III}B^V$ часто проявляется в уменьшении интенсивности фотолюминесценции и уширении пиков спектра, в тоже время их роль в электрических свойствах отражается в значительном снижении подвижности электронов.

Традиционным методом борьбы с формированием АФД является использование подложек Si(001), отклоненных на $4-6^\circ$ в направлении $[-110]$ [2]. При отжиге таких подложек на поверхности формируется система двухатомных ступеней, что позволяет снизить плотность АФД в растущем слое GaP. Необходимо отметить, что реальные подложки кремния всегда имеют отклонения от ориентации и всевозможные дефекты поверхности. Кроме того, возможно образование трехмерных островков GaP на начальных стадиях роста GaP/Si. Все это приводит к образованию АФД в слоях GaP/Si. Для более эффективного подавления формирования АФД нами предложен новый подход, заключающийся в росте промежуточного слоя GaAs/Si и последующем росте GaP на GaAs/Si.

В работе исследовались гетероструктуры GaP/Si и GaP/GaAs/Si, в которых слой GaP выращивались в идентичных условиях. Полученные структуры были исследованы методом просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ). Анализ темнопольных ПЭМ изображений показал наличие АФД в структуре GaP/Si и практически полное подавление АФД в структуре GaP/GaAs/Si. Таким образом, предложенный подход показал свою эффективность.

Оба типа гетероструктур были использованы для роста квантовых точек (КТ) GaAs в матрице GaP. Полученные структуры исследовались методом стационарной фотолюминесценции (ФЛ) при комнатной температуре. Из рис. 1. видно, что интегральная интенсивность ФЛ КТ GaAs, выращенных на слоях GaP/GaAs/Si более чем в 4 раза превосходит интегральную интенсивность ФЛ КТ, выращенных на слоях GaP/Si. Это указывает на заметное снижение концентрации дефектов, выступающих в роли центров безызлучательной рекомбинации, в структуре с промежуточным слоем GaAs.

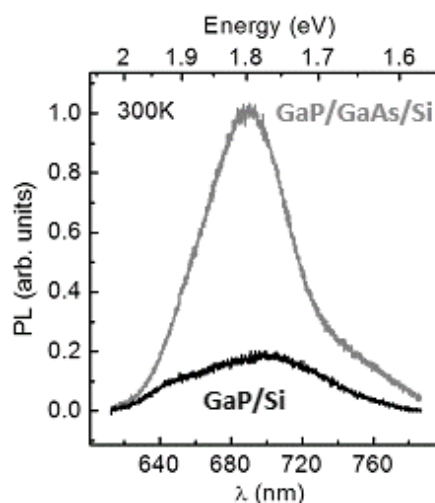


Рис. 1. Спектры ФЛ гетероструктур с КТ GaAs, выращенных на GaP/Si и GaP/GaAs/Si слоях.

Литература

1. Chen Sun, et. al. // Nature. 2015. Т. 528. №. 7583. С. 534-538.
2. Ю.Б. Болховитянов, О.П. Пчеляков. // УФН. 2008. Т. 178. №. 5. С. 459-480.