Гетероструктурированные нитевидные нанокристаллы GaP/GaPAs: процессы формирования и оптические свойства

Федоров В.В.^{1,2}, Большаков А.Д.^{1,2}, Дворецкая Л.Н.¹, Крыжановская Н.В.¹, Коваль О.Ю.¹, Кириленко Д.А.^{2,3}, Сапунов Г.А.¹, Убийвовк Е.В.², Цирлин Г.Э.^{1,2}, Мухин И.С.^{1,2}

¹ СПбАУ РАН, 194021, Санкт-Петербург, ул. Хлопина, 8к3

² Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49

³ ФТИ имени Иоффе, 194021, Санкт-Петербург, Политехническая ул., 26

DOI 10.34077/Semicond2019-185

В объемных кристаллах фосфид галлия имеет структуру сфалерита и является непрямозонным полупроводником ($E_g \sim 2.3$ eV @ 300K) [1]. Однако недавно, было экспериментально показано, что для метастабильной вюрцитной модификации GaP эпитаксиально стабилизированной в Au-каталитических нитевидных нанокристаллах (ННК) наблюдается переход к псевдопрямозонной энергетической структуре [2]. Контролируемое переключение фаз вюрцит-сфалерит в ННК представляет собой один из методов зонного инжиниринга, а стабилизация вюрцитной фазы твердых растворов (тв. р-р) фосфидов III-группы, позволяет получить целое семейство новых прямозонных материалов. Кроме того непланарная геометрия гетероструктур на основе ННК открывает возможность наблюдения в них ряда размерных эффектов: расширения области смешиваемости тв. р-р, релаксации упругих напряжений и возможности эпитаксиального роста на рассогласованных подложках (III-V/Si), а также проявления волноводных свойств и оптических резонансов, что может быть использовано при создании новых функциональных материалов оптоэлектроники.

В представленной работе рассматривается возможность синтеза аксиально гетероструктурированных самокаталитических ННК GaP на подложках Si (111) с заключенными в них нанодисками (НД) тв. р-р $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$ с заданным химическим составом в диапазоне $10 \leq x \leq 60\%$ и кристаллической структурой методом молекулярно-пучковой эпитаксии. Обсуждается влияние отношения и динамики изменения потоков V-группы на кристаллическую структуру и химический состав НД $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$, определенные методом просвечивающей растровой электронной микроскопии (ПРЭМ) в комбинации с энергодисперсионным рентгеновским анализом. Установлено, что GaP сегменты ННК имеют структуру сфалерита, в то время как НД $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$ при толщинах менее критической кристаллизуются в структуре вюрцита даже при малом содержании As. В спектрах фотолуминесценции (ФЛ) одиночных ННК полученных методом микроспектроскопии обнаружены эквидистантные максимумы ФЛ соответствующие резонансам типа Фабри-Перо. Обсуждается взаимосвязь между структурой и морфологией ННК и их микрорезонаторными свойствами.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 18-72-00231).

[1] J. J. Tietjen and J. A. Amick, *J. Electrochem. Soc.*, **113**, 7, 724 (1966)

[2] S. Assali et al., *J. Appl. Phys.*, **120**, 4, 44304 (2016)

Рис.1. – а) изображение сканирующей электронной микроскопии скола структуры с гетероструктурированными ННК, на вставке: спектр микрофотолуминесценции от одиночного ННК б) темнопольное ПРЭМ изображение ННК содержащего в себе 8 НД $\text{GaP}_{1-x}\text{As}_x$.