Удаление оксида с поверхности InP(001) в потоке мышьяка

Д.В. Дмитриев¹, Д.А. Колосовский^{1,2}, А.И. Торопов¹, К.С. Журавлев¹

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

² Новосибирский государственный университет, Новосибирск, 630090, Пирогова, 2
тел: +7 (383) 330-6945, факс: +7 (383) 330-6945, эл. почта: dmitriev@isp.nsc.ru

DOI 10.34077/RCSP2021-94

Возможность создания в одном технологическом процессе гетероэпитаксиальных структур (ГЭС) для излучающих, передающих, модулирующих и принимающих элементов, делает InP ключевым материалом для интегральных систем радиофотоники [1, 2]. Предэпитаксиальная термическая очистка подложек InP в сверхвысоком вакууме ростовой камеры в потоке мышьяка, позволяет получить резкую гетерограницу слой/подложка и избежать неконтролируемого встраивания фосфора в слои InAlAs/InGaAs, согласованные по параметру кристаллической решетки с подложкой [3]. Однако, в процессе отжига на поверхности формируются InAs островки, которые образуют дефекты на гетерогранице. Методом дифракции быстрых электронов на отражение (ДБЭО) *in situ* изучен процесс удаления оксида с поверхности *epi-ready* InP(001) подложки в потоке мышьяка в сверхвысоком вакууме.

Исследования проводились на установке МЛЭ Compact-21T фирмы Riber, оснащенной системой ДБЭО и системой анализа дифракционных картин kSA 400 фирмы k-Space Associates. Для отжига использовались *epi-ready* подложки InP(001) фирмы AXT. На рисунке представлено изменение интенсивности зеркального (00) и сверхструктурного (0 1/4) рефлексов. На вставке дифракционная картина сверхструктуры (4×2) в азимуте [110] при температуре 540 °C и потоке мышьяка 2×10⁵Торр.

Принято считать, что появление сверхструктуры (4×2) означает завершение очистки поверхности InP от оксида. Однако, анализ изменения интенсивности (00) рефлекса, показывает: выше 300 °C окисный слой утонялся, что проявлялось в увеличении интенсивности (00) рефлекса. При температуре ~410 °C интенсивность выходила на максимальный уровень, что свидетельствует о получении максимально гладкой поверхности. Вероятно, при этой температуре основная часть оксида удалялась. Повышение температуры выше 480 °C приводит к уменьшению интенсивности зеркального (00) рефлекса, что говорит об увеличении рассеяния поверхности за счет

увеличения шероховатости. Десорбция фосфора и мышьяка приводит к эрозии поверхности и появлению островков InAs. Переход в сверхструктуру (4x2) происходит при сформировавшемся на поверхности слое InPAs и InAs островках [4]. Наличие такого слоя может привести к формированию дефектов в последующих эпитаксиальных слоях.

В работе показано, что окисел с поверхности InP удаляется до появления сверхструктуры (4×2). Контроль интенсивность зеркального (00) рефлекса и завершение отжига при максимальной его интенсивности, позволит уменьшить плотность дефектов сформированных на гетерогранице слой/подложка.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 20-42-540009.

Литература

- [1] R. Nagarajan, et al. // IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. 2010. V.16. P.1113–1125.
- [2] M. Smit, et al. // APL Photonics. 2019. V.4. P.050901.
- [3] D.V. Dmitriev, et al. // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. V.475. P.012022.
- [4] D.V. Dmitriev, et al. // Surface Science. 2021. V. 710. P. 121861.