Использование вставок низкотемпературного GaAs при выращивании буферных слоев GaAs/Si(001)

Петрушков М.О., Емельянов Е.А., Путятю М.А., Семягин Б.Р., Васев А.В., Абрамкин Д.С.,
Лошкарев И.Д., Преображенский В.В.

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

DOI 10.34077/Semicond2019-124

Интеграция кремниевой электроники и элементной базы на основе соединений $A^{III}B^V$ на подложках Si представляет интерес в силу перспективности различных приборных реализаций. Из всех гетеросистем $A^{III}B^V/Si$ наиболее интересной является система GaAs/Si, позволяющая надеется на интеграцию в кремневую технологию уже разработанных оптоэлектронных приборов на основе GaAs. Из-за различия параметров решеток и коэффициентов термического расширения кремния с материалами $A^{III}B^V$ в эпитаксиальных пленках образуются пронизывающие дислокации (ПД). Вследствие этого ухудшается кристаллическая структура эпитаксиальных слоев, что отрицательно сказывается на качестве гетероструктур и приборов на их основе.

В работе исследовалось влияние вставок низкотемпературных слоев GaAs (LT-GaAs) и послеростового циклического отжига на совершенство буферных слоев GaAs/Si, выращенных методом МЛЭ. Для подавления образования антифазных доменов использовались подложки Si(001), отклоненные на 6° к плоскости (111). Вставки слоев LT-GaAs выращивались вблизи границы раздела GaAs-Si и в объеме GaAs. Температуры роста слоев GaAs и LT-GaAs составляла 600°C и 200°C , соответственно. Общая толщина пленок GaAs/Si была равна 2.5 мкм.

В результате исследования обнаружено, что слои LT-GaAs могут выступать в роли дислокационных фильтров, снижая плотность ПД до $5 \cdot 10^6 \text{ см}^{-2}$. Кроме того, их внедрение приводит к уменьшению шероховатости поверхности.

На рис. 1 представлены спектры стационарной фотолюминесценции (ФЛ), измеренные при комнатной температуре для слоев GaAs/GaAs (1), и буферных слоев GaAs/Si со вставками LT-GaAs (2, 3) и без них (4, 5). Видно, что интегральная интенсивность слоев GaAs/Si до отжига (2, 4) примерно одинакова и заметно меньше, чем интенсивность гомоэпитаксиального слоя GaAs (1). Это свидетельствует о наличии в слоях GaAs/Si дефектов, выступающих в роли центров безызлучательной рекомбинации. Послеростовой циклический отжиг структур GaAs/Si до температуры 650°C позволяет снизить концентрацию таких дефектов, приводя к увеличению интегральной интенсивности ФЛ почти в 3 раза. Причем в структурах GaAs/Si, выращенных со вставками LT-GaAs (3), интенсивность ФЛ после отжига увеличивается сильнее и становится равной интенсивности ФЛ гомоэпитаксиального слоя GaAs (1).

На буферных слоях GaAs/Si, содержащих вставки LT-GaAs, были выращены гетероструктуры с квантовыми точками (КТ) InAs в матрице AlAs. В низкотемпературных спектрах ($5\div 80 \text{ K}$) ФЛ данных гетероструктур наблюдались полосы, связанные с рекомбинацией носителей заряда в КТ, что свидетельствует о высоком качестве гетероструктур.

Работа выполнена в рамках ГЗ 0306-2016-0011, 0306-2018-0011 и при частичной поддержке гранта РФФИ 18-32-00125 и СП-1741.2019.5.

Рис.1. — Спектры стационарной ФЛ для эпитаксиальных слоев GaAs/GaAs и GaAs/Si.