

Аннотация

Выпускная квалификационная работа посвящена проблемам выращивания слоев GaAs/Si методом МЛЭ. Целью работы являлось экспериментальное исследование влияния условий зарождения и выращивания методом МЛЭ слоев GaAs/Si на их кристаллические свойства и морфологию их поверхности. Получены данные о влиянии способа зарождения, циклических отжигов на различных этапах роста и вставок слоев LT-GaAs на кристаллические свойства и морфологию поверхности эпитаксиальных слоев GaAs, выращенных на вицинальных подложках Si(001). Результаты получены с использованием методов дифракции быстрых электронов на отражение (ДБЭО), атомно-силовой микроскопии (АСМ), рентгеновской дифрактометрии (РД), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и стационарной фотолюминесценции (ФЛ).

Исполнитель (Ф.И.О.): Петрушков Михаил Олегович

Наименование ВКР: МЛЭ GaAs на вицинальных подложках Si(001): влияние условий зарождения и роста на морфологию поверхности и кристаллические свойства эпитаксиальных слоев

Объект исследования: Эпитаксиальные пленки GaAs, выращенные на отклонённых на 6° от грани (001) в направлении [110] подложках Si.

Цель: Экспериментальное исследование влияния условий зарождения и выращивания методом МЛЭ слоев GaAs/Si на их кристаллические свойства и морфологию их поверхности.

Методы исследования: Дифракция быстрых электронов на отражение (ДБЭО), атомно-силовая микроскопия (АСМ), рентгеновская дифрактометрия (РД), просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ), стационарная фотолюминесценция (ФЛ).

Научная новизна:

Заключается в том, что впервые найдены условия зарождения слоев GaAs/Si с заданной ориентацией относительно оси отклонения подложки от грани (001) с использованием слоев GaP. Получены данные по влиянию ориентации пленок GaAs и GaAs/GaP на кристаллические свойства и морфологию поверхности эпитаксиальных слоев. Показано, что вставки низкотемпературных слоев GaAs снижают плотность пронизывающих дислокаций и улучшают морфологию поверхности.

Теоретическая/практическая значимость исследования:

1) Разработана методика предэпитаксиальной очистки поверхности Si с использованием потока атомов Ga в установке МЛЭ соединений АПВВ;

2) Полученные экспериментальные данные являются основой для создания технологии выращивания буферных слоев GaAs/Si методом МЛЭ для приборных применений.

Область применения: Оптоэлектроника, солнечная энергетика, СВЧ электроника.

Список ключевых слов: МЛЭ, соединения АПВВ, подложка Si(001), морфология поверхности, кристаллические свойства, ориентация пленки, пронизывающие дислокации, дислокационный фильтр LT-GaAs.

Апробация работы:

Публикации по теме диссертации:

Список статей:

1. Лошкарев И.Д. Структурное состояние эпитаксиальных пленок GaP разных полярностей на отклоненных подложках Si(001) / Лошкарев И.Д., Василенко А.П., Труханов Е.М., Колесников А.В., Пустья М.А., Есин М.Ю., Петрушков М.О. // Письма в ЖТФ, 2017, Т. 43. № 4. С. 64-71.
2. Абрамкин Д.С. Влияние дислокационного фильтра на основе LT-GaAs на совершенство слоев GaAs/Si / Абрамкин Д.С., Петрушков М. О., Емельянов Е.А., Пустья М.А., Семягин Б.Р., Васев А.В., Есин М.Ю., Лошкарев И.Д., Гутаковский А.К., Преображенский В.В., Шамирзаев Т.С. // АВТОМЕТРИЯ, 2018, Т. 54. № 2. С. 85-92.
3. Лошкарев И.Д. Рентгеноструктурный анализ эпитаксиальных слоев со свойствами дислокационного фильтра / Лошкарев И.Д., Василенко А.П., Труханов Е.М., Колесников А.В., Петрушков М.О., Пустья М.А. // Письма в ЖТФ, 2018, Т. 44. №13. С. 19-27.

Тезисы докладов:

4. Mikhail O. Petrushkov, Mikhail A. Putyato, Valerii V. Preobrazhenskii et al. // 14th International Conference of Young Specialists in Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. 2013, P. 27-32.
5. Mikhail O. Petrushkov, Eugene A. Emelyanov, Nikolai A. Pakhanov et al. // 15th International Conference of Young Specialists in Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. 2014, P. 45-50.
6. Mikhail O. Petrushkov, Mikhail A. Putyato, Valerii V. Preobrazhenskii et al. // 16th International Conference of Young Specialists in Micro/Nanotechnologies and Electron Devices. 2015, P. 61-64.
7. Petrushkov, M.O., Putyato, M.A., Gutakovsky, A.K., et al. // Journal of Physics:

Conference Series 741 (2016) 012020.

8. М. О. Петрушков, М. А. Путьто, А. К. Гутаковский и др. // Влияние слоев LT-GaAs на кристаллические свойства эпитаксиальных пленок GaAs, выращенных методом МЛЭ на подложках Si // «КРЕМНИЙ 2016», Новосибирск, 2016, С.136.

9. Т.С. Шамирзаев, М.А. Путьто, Д.С. Абрамкин и др. //Формирование, структура и люминесценция гибридных подложек GaP/Si // «КРЕМНИЙ 2016», Новосибирск, 2016, С.118.

10. М. О. Petrushkov, М. А. Putyato, А. К. Gutakovsky et al. // Impact of LT-GaAs layers on crystalline properties of the epitaxial GaAs films grown by MBE on Si substrates // 3rd International School and Conference on Optoelectronics, Photonics, Engineering and Nanostructures «Saint Petersburg OPEN 2016», Saint Petersburg, 2016, P.106.

11. М. О. Петрушков, Е. А. Емельянов, М. А. Путьто и др. // Выращивание гетероструктур АПВВ на подложках кремния методом МЛЭ для фотоэлектрических преобразователей // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники «ФОТОНИКА 2015», Новосибирск, 2015, С.140.

12. Лошкарев И.Д., Василенко А.П., Петрушков М.О. и др. // Дислокационная структура и поворот кристаллической решетки пленки на отклоненной подложке Si (001) // XIII Российская конференция по физике полупроводников, Екатеринбург, 2017, С.137.

13. Mikhail O. Petrushkov, Mikhail A. Putyato, Eugeny A. Emelyanov et al. // Improvement of GaAs/Si epitaxial films optical properties by means of low-temperature GaAs intermediate layers // Международная конференция Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy «NGC2017», Томск, 2017.

14. Д.С. Абрамкин, М.О. Петрушков, Е.А. Емельянов и др. // Эпитаксиальные слои GaAs/Si как база для интеграции АЗВ5 гетероструктур в кремниевую технологию // Российская конференция по актуальным проблемам полупроводниковой фотоэлектроники «Фотоника 2017», Новосибирск, 2017, С.137.