

УДК 621.382 (075.8)

ББК 22.3с

P25

Ратушный В.И., Ермолаева Н.В., Смолин А.Ю. **Методы получения эпитаксиальных гетерокомпозиций**: Учебное пособие. – М.: НИЯУ МИФИ, 2012. – 200 с.

В пособии рассмотрены особенности различных методов получения эпитаксиальных полупроводниковых гетерокомпозиций на основе твердых растворов соединений A^3B^5 , A^2B^6 , A^2B^4 , твердых растворов германий–кремний, аппаратурно-методические особенности каждого метода, их преимущества и недостатки, дальнейшие перспективы развития и применения. Большое внимание уделено используемому технологическому оборудованию и физическим процессам, лежащим в основе каждого метода, а также методам жидкофазной эпитаксии и получению многокомпонентных твердых растворов соединений $A^{III}B^V$.

Пособие составлено в соответствии с Государственным образовательным стандартом по дисциплинам «Методы получения эпитаксиальных гетерокомпозиций», «Технологии материалов электронной техники». Предназначено для организации самостоятельной работы студентов очной формы обучения по направлению подготовки 210100 – «Электроника и нанoeлектроника», профиль подготовки «Микroeлектроника и твердотельная электроника», а также для аспирантов, научных сотрудников и инженеров-технологов, специализирующихся в области технологии материалов электронной техники.

Пособие подготовлено в рамках Программы создания и развития НИЯУ МИФИ.

Рецензенты: *А.А. Баранник*, канд. техн. наук, доцент каф. «Физика» ВИТИ НИЯУ МИФИ, *С.В. Антоненко*, канд. физ.-мат. наук, доцент НИЯУ МИФИ.

ISBN 978-5-7262-1589-1

© Национальный исследовательский
ядерный университет «МИФИ», 2012

Оглавление

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭПИТАКСИАЛЬНЫХ ГЕТЕРОСТРУКТУР И ОСНОВНЫЕ ИХ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ...	7
1.1. Общая характеристика основных методов получения эпитаксиальных гетероструктур. Преимущества эпитаксиальной технологии	7
1.2. Общая характеристика основных полупроводниковых материалов и гетероструктур на их основе	15
Вопросы для самопроверки	21
2. МЕХАНИЗМЫ ЭПИТАКСИАЛЬНОГО РОСТА ТОНКИХ ПЛЕНОК	22
2.1. Начальные стадии роста эпитаксиальных гетероструктур. Общие положения	22
2.2. Механизм и кинетика образования кристаллических зародышей из газовой фазы	28
2.3. Основные режимы роста тонких эпитаксиальных пленок	38
Вопросы для самопроверки	45
3. ЭПИТАКСИЯ ИЗ ГАЗОВОЙ ФАЗЫ. ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ.....	46
3.1. Эпитаксия из газообразной фазы (основные понятия)	46
3.2. Метод диссоциации и восстановления газообразных химических соединений)	50
3.3. Легирование и дефектообразование при эпитаксии по методу химических реакций	56
3.4. Метод газотранспортных реакций	58
3.5. Рост из газовой фазы с использованием металлоорганических соединений	64
Вопросы для самопроверки	77
4. ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ГАЗОФАЗНОЙ ЭПИТАКСИИ.....	79
4.1. Общие положения	79
4.2. Методы испарения и горячей стенки	82
Вопросы для самопроверки	85
5. МОЛЕКУЛЯРНО-ЛУЧЕВАЯ ЭПИТАКСИЯ	86
5.1. Методические особенности метода МЛЭ, область его применения	86
5.2. Физические процессы, лежащие в основе метода МЛЭ	91
5.3. Технологическое оборудование	93
5.4. Перспективы развития и применения метода	108
Вопросы для самопроверки	109

6. ЖИДКОФАЗНАЯ ЭПИТАКСИЯ	111
6.1. Общая характеристика метода	111
6.2. Методические особенности жидкофазной эпитаксии	117
6.3. Особенности получения многокомпонентных твердых растворов соединений $A^{III}B^V$ в области термодинамической неустойчивости	135
6.4. Аппаратурно-методические особенности процесса жидкофазной эпитаксии	142
Вопросы для самопроверки	163
7. ПОДГОТОВКА ПОВЕРХНОСТИ ПОДЛОЖЕК ДЛЯ ЭПИТАКСИИ	165
7.1. Источники загрязнений поверхности подложек и виды загрязнения	165
7.2. Классификация методов очистки подложек	167
7.3. Способы жидкостной обработки подложек	171
7.4. Способы сухой очистки подложек	177
7.5. Вакуумная очистка поверхности подложек и материалов	178
Вопросы для самопроверки	183
8. НОВЫЕ МЕТОДЫ СИНТЕЗА УЛЬТРАТОНКИХ СЛОЕВ. ХИМИЧЕСКАЯ СБОРКА ПОВЕРХНОСТНЫХ НАНОСТРУКТУР	184
8.1. Новые методы синтеза ультратонких слоев	184
8.2. Химическая сборка поверхностных наноструктур	186
Вопросы для самопроверки	190
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	191
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	193