

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факульте-
та радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____
(подпись)
_____ 2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая химия материалов и процессов электронной техники
(наименование дисциплины по учебному плану ООП)

для направления подготовки (специальности): **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
(код, наименование)

Профиль подготовки (специализация): **Микроэлектроника и твердотельная электроника**
(название профиля, магистерской программы, специализации по УП)

Форма обучения **очная** Срок обучения **нормативный**

Кафедра **полупроводниковой электроники и нанoeлектроники**
(наименование кафедры-разработчика УМКД)

УМКД разработал: **Николаева Е.П., к. ф.-м. н.**
(Ф.И.О., ученая степень авторов разработки)

Рассмотрено и одобрено на заседании методической комиссии **ФРТЭ**
(наименование факультета)

Протокол № _____ от « _____ » _____ 2016 г.

Председатель методической комиссии **Москаленко А.Г.**
(Ф.И.О)

Воронеж 2016 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
 ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
 «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
 (ФГБОУ ВО «ВГТУ», ВГТУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
 Председатель Ученого совета факульте-
 та радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____
 (подпись)
 _____ 2016 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая химия материалов и процессов электронной техники (наименование дисциплины (модуля) по УП)

Закреплена за кафедрой: полупроводниковой электроники и наноэлектроники

Направление подготовки (специальности): 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
 (код, наименование)

Профиль: Микроэлектроника и твердотельная электроника
 (название профиля по УП)

Часов по УП: 144; Часов по РПД: 144;

Часов по УП (без учета часов на экзамены): 108; Часов по РПД: 108;

Часов на самостоятельную работу по УП: 36 (33%);

Часов на самостоятельную работу по РПД: 36 (33%)

Общая трудоемкость в ЗЕТ: 4;

Виды контроля в семестрах (на курсах): Экзамены - 5; Зачеты - 0; Зачеты с оценкой – 0; Кур-
 совые проекты - 0; Курсовые работы - 0.

Форма обучения: очная;

Срок обучения: нормативный.

Распределение часов дисциплины по семестрам

Вид занятий	№ семестров, число учебных недель в семестрах																	
	1 / 18		2 / 18		3 / 18		4 / 18		5 / 18		6 / 18		7 / 18		8 / 12		Итого	
	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД	УП	РПД
Лекции									18	18							18	18
Лабораторные									36	36							36	36
Практические									18	18							18	18
Ауд. занятия									72	72							72	72
Сам. работа									36	36							36	36
Итого									108	108							108	108

Сведения о ФГОС, в соответствии с которым разработана рабочая программа дисциплины (модуля) – 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника». Утвержден приказом Министерства образования Российской Федерации от 12 марта 2015 г. №218.

Программу составили: _____ к.ф.-м.н. Николаева Е.П.
(подпись, ученая степень, ФИО)

Рецензент (ы): _____ Коваленко П.Ю., к.т.н., зам. гл. инженера АО «ВЗПП-С»

Рабочая программа дисциплины составлена на основании учебного плана подготовки бакалавров по направлению 11.03.04 “Электроника и наноэлектроника”, профиль “Микроэлектроника и твердотельная электроника”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и наноэлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Целью изучения дисциплины является формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области физической химии материалов и процессов электронной техники в связи с задачами и современными требованиями полупроводникового материаловедения и микроэлектроники
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	Сформировать представления об общих физико-химических закономерностях, лежащих в основе технологических процессов получения материалов и структур микроэлектроники;
1.2.2	Установить взаимосвязь между составом, структурой, свойствами и условиями синтеза полупроводниковых материалов и структур
1.2.3	Иметь представления о тенденциях развития, основных направлениях и методах физической химии в связи с современными требованиями микроэлектроники

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1	код дисциплины в УП: Б1.В.ОД.8
2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося	
Для успешного освоения дисциплины студент должен иметь знания, полученные при изучении дисциплин	
Б1.Б.5	«Математика»
Б1.Б.6	«Физика»
Б1.Б.7	«Химия»
Б1.В.ОД.11	«Введение в электронику и наноэлектронику»
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее	
Б1.Б.17	Наноэлектроника
Б1.Б.19	Основы технологии электронной компонентной базы
Б1.В.ОД.13	Технология материалов электронной техники
Б1.В.ОД.17	Технология изделий электроники и наноэлектроники

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-1	способностью представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики
ОПК-5	способностью использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных
ОПК-7	способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные теоретические положения кристаллохимии, химической термодинамики и кинетики (ОПК-7);
3.1.2	принципы управления типом и концентрацией дефектов в кристаллохимических фазах переменного состава (ОПК-1);
3.1.3	основные типы кристаллических структур полупроводниковых материалов (ОК-10);
3.1.4	основы моделирования технологических процессов производства полупроводниковых материалов и приборов (ОПК-1, ОПК-7).
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать справочные значения стандартных термодинамических функций для проведения расчетов типичных процессов полупроводниковой технологии (ОПК-1, ОПК-5);
3.2.2	использовать диаграммы состояния для выбора условий проведения процессов получения, очистки и легирования полупроводниковых материалов (ОПК-5);
3.3	Владеть:
3.3.1	методами термодинамического анализа химических и фазовых равновесий (ОПК-1, ОПК-5);
3.3.2	методикой анализа и выбора оптимальных условий проведения технологических процессов (ОПК-1, ОПК-5).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной нагрузки и их трудоемкость в часах				
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
1	Элементы кристаллохимии полупроводников	5	1-6	4	6	8	8	26
2	Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения	5	6-9	4	4	4	8	20
3	Химические равновесия в технологии получения полупроводниковых материалов	5	10-14	4	2	12	8	26
4	Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии	5	13-18	2	4	12	8	26
5	Термодинамика фаз переменного состава	5	16	2	-	-	2	4
6	Термодинамика необратимых процессов	5	17-18	2	2	-	2	6
Итого				18	18	36	36	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1. Элементы кристаллохимии полупроводников		4
1	Энергетическая характеристика кристаллической решетки. Виды химической связи. Молекулярные и координационные решетки. Электроотрицательность. Ионные и атомные радиусы. Энергетическая прочность ионных и атомных решеток.	2
4	Основные типы кристаллических структур. Плотные упаковки. Координационное число и плотность упаковки. <i>Самостоятельное изучение:</i> Основные типы кристаллических структур полупроводников.	2
2. Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения		4
6	Общие понятия и определения физической химии. Термодинамические системы, процессы, функция состояния процесса. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Второе начало термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Энтропия. Изменение энтропии – критерии направления процесса и равновесия.	2
8	Энергия Гиббса, Гельмгольца. Характеристические функции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Химический потенциал идеального газа.	2
3. Химические равновесия в технологии получения полупроводниковых материалов		4
10	Теплоемкость. Зависимость теплоемкости от температуры. Теплоемкость газов и твердых тел. Тепловой эффект химических реакций. Закон Гесса, следствие закона Гесса. Зависимость теплового эффекта от температуры. Термодинамика химических равновесий. Закон действующих масс. Константа равновесия и стандартная энергия Гиббса реакции. Химическое равновесие в гетерогенных системах. Уравнение изотермы химической реакции.	2
12	Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнение изобары, изохоры реакции. Влияние давления на равновесие химической реакции. Принцип смещения равновесия. Тепловая теорема Нернста. Постулат Планка. Третье начало термодинамики. Абсолютное значение энтропии. Контрольная работа	2
4. Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии		2
13	Основные понятия и определения. Фазовые превращения в гетерогенных системах. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные гетерогенные системы. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Физико-химический и термические анализы.	2
5. Термодинамика фаз переменного состава		2
16	Парциальные молярные величины и их значение в термодинамике растворов. Уравнение Гиббса – Дюгема. Идеальные, предельно разбавленные неидеальные растворы. Давление насыщенного пара компонента над раствором. Закон Рауля и Генри. Термодинамика жидких летучих смесей с неограниченной взаимной растворимостью компонентов. Диаграмма состояния жидкой летучей смеси с неограниченной взаимной растворимостью компонентов. Диаграмма состояния ограниченно растворимых и практически взаимно нерастворимых летучих смесей. Перегонка и ректификация летучих смесей.	2

6. Термодинамика необратимых процессов		2
17	Принцип кинетического описания технологических процессов. Обобщенное уравнение переноса параметра и применение его к реальным процессам. Поток – основная кинетическая характеристика системы. Диффузионный, конвективный и переходные потоки. Источники и стоки системы. Общее уравнение изменения параметра в системе. Кинетика химических реакций. Классификация химических реакций. Адсорбция. Типы адсорбционных взаимодействий. Изотерма адсорбции. Влияние температуры на адсорбцию. Количественная оценка степени чистоты поверхности.	2
Итого часов		18

4.2 Практические занятия

Неделя семестра	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	Виды контроля
1. Элементы кристаллохимии полупроводников		6	отчет
2	Расчет энергетической прочности ионной решетки. Уравнение Борна. Круговой процесс Борна-Габера. Уравнение Капустинского	2	
3	Энергия атомизации. Расчет энергетической прочности атомной решетки.	2	
5	Связь между структурными, энергетическими, механическими и электрофизическими свойствами кристаллов Контрольная работа	2	
2. Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения		4	отчет
7	Применение первого начала термодинамики к изотермическим, изобарным, изохорным, адиабатическим процессам. Расчет энтропии идеального газа	2	
9	Термодинамические потенциалы – критерий направления самопроизвольного процесса и направления	2	
3. Химические равновесия в технологии получения полупроводниковых материалов		2	отчет
11	Расчет химического равновесия с помощью стандартных термодинамических величин	2	
4. Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии		4	отчет
14	Двухкомпонентные системы с неограниченной растворимостью компонентов в твердом состоянии. Системы с эвтектикой с полной взаимной нерастворимостью в твердом состоянии и ограниченной растворимостью в твердом состоянии	2	
15	Системы с образованием химического соединения. Системы с химическим соединением и твердыми растворами. Правило рычага. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем	2	
6. Термодинамика необратимых процессов		2	отчет
18	Законы формальной кинетики для реакций первого, второго и третьего порядков. Определение порядка реакции. Зависимость скорости химической реакции от температуры. Определение энергии активации. Кинетика гетерогенных реакций	2	
Итого часов		18	

4.3 Лабораторные работы

Неделя семестра	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1. Элементы кристаллохимии полупроводников		8	отчет
4	Изучение основных типов кристаллических структур и расчет периода кристаллической решетки	4	
6	Расчет энергетической прочности кристаллических структур	4	
2. Термодинамический метод описания свойств материалов и процессов их получения		4	отчет
8	Определение температурной зависимости термодинамических функций индивидуальных веществ	4	
3. Химические равновесия в технологии получения полупроводниковых материалов		12	отчет
10	Определение температурной зависимости теплового эффекта химической реакции	4	
12	Определение оптимальной температуры для данной химической реакции в заданном интервале температур.	4	
14	Определение состава равновесной смеси для гетерогенной реакции	4	
4. Фазовые равновесия в полупроводниковой технологии		12	отчет
16	Исследование диаграмм состояния состав - температура плавления двухкомпонентных систем	12	
Итого часов		36	

4.4 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
2	Подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания	2
3	Подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания	2
4	Самостоятельное изучение материала Подготовка к лабораторным работам	Проверка конспекта	2
5	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	2
6	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
7	Подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания	2
8	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
9	Подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания	2
10	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
11	Подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания	2
12	Подготовка к лабораторным работам, к контрольной работе	Проверка отчета. Контрольная работа	2
13	Работа с конспектом лекций, с учебником		2
14	Подготовка к практическому занятию, к лабораторным работам	Проверка домашнего задания Проверка отчета	2
15	Подготовка к практическому занятию	Проверка домашнего задания	2
16	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
17	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
18	Подготовка к лабораторным работам	Проверка отчета	2
ИТОГО:			36

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: информационные лекции, лекции – визуализации, проблемные лекции
5.2	Практические занятия: а) работа в команде - совместное обсуждение вопросов лекций, домашних заданий, решение творческих задач (метод Делфи); б) проведение контрольных работ;
5.3	лабораторные работы: – выполнение лабораторных работ, – защита выполненных работ;
5.4	Самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям , практическим и лабораторным занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к контрольным работам
5.4	Консультации по всем вопросам учебной программы.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

6.1	Контрольные вопросы и задания
6.1.1	Используемые формы текущего контроля: – контрольные работы; - отчет и защита лабораторных работ
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает варианты контрольных работ, вопросы к отчетам по лабораторным работам. Фонд оценочных средств представлен в учебно-методическом комплексе дисциплины.
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Контрольная работа по теме «Элементы кристаллохимии полупроводников»
6.2.2	Контрольная работа по теме «Первое и второе начало термодинамики. Термодинамические функции»

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
7.1.1. Основная литература				
7.1.1.1	Новокрещенова Е.П.	Введение в кристаллохимию полупроводников: учебное пособие	2012 Магнитный носитель	1

7.1.1.2	Стромберг А.Г.	Физическая химия: учебник для химических специальностей вузов	2001 Печат.	0,75
7.1.1.3	Горшунова В.П.	Краткий курс физической химии: учеб. пособие	2005 Печат.	0,5
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Ормонт Б.Ф.	Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников	1982 Печат.	0,5
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Николаева Е.П. Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения	2010 Печат.	1
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Мультимедийные видефрагменты:			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Учебные лаборатории: 213/4, 214/4
8.2	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами и проекторами
8.3	Натурные лекционные демонстрации образцов полупроводниковых материалов, подложек, микросхем, макеты кристаллических решеток.
8.4	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой по дисциплине
«Физическая химия материалов и процессов электронной техники»**

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Год издания. Вид издания.	Обеспеченность
1. Основная литература				
Л1.1	Новокрещенова Е.П.	Введение в кристаллохимию полупроводников: учебное пособие	2012 Магнитный носитель	1,0
Л1.2	Стромберг А.Г.	Физическая химия: учебник для химических специальностей вузов	2001 Печат.	0,75
Л1.3	Горшунова В.П.	Краткий курс физической химии: учеб. пособие	2005 Печат.	0,5
2. Дополнительная литература				
Л2.1	Ормонт Б.Ф.	Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников	1982 Печат.	0,5
3. Методические разработки				
Л3.1	Николаева Е.П. Новокрещенова Е.П.	Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Физическая химия материалов и процессов электронной техники» для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника» очной формы обучения	2010 Печат.	1,0

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факульте-
та радиотехники и электроники

(подпись) Небольсин В.А.

_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Физическая химия материалов и процессов электронной техники

В УМКД вносятся следующие изменения (дополнения):

Изменения (дополнения) в УМКД обсуждены на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

Протокол № _____ от «__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ

С.И. Рембеза

Изменения (дополнения) рассмотрены и одобрены методической комиссией ФРТЭ

Председатель методической комиссии ФРТЭ

А.Г. Москаленко

«Согласовано»

С.И. Рембеза

Лист регистрации изменений

Порядковый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (заменить, аннулировать, добавить)	Номер и дата приказа об изменении	Фамилия и инициалы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесения изменения