

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 факультета радиотехники и электроники

проф. Небольсин В.А. _____

(подпись)

2016 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

Фазовые равновесия в полупроводниковых системах

(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.

Вид занятия	№ 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									36	36							36	36
Лабораторные									-	-							-	-
Практические									18	18							18	18
Ауд. занятия									54	54							54	54
Сам. работа									54	54							54	54
Итого									108	108							108	108

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

Программу составил: _____ 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 нанoeлектроника”, профиль “Микроэлектроника и твердотельная электроника”.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники

протокол № _____ от _____ 2016 г.

Зав. кафедрой ППЭНЭ _____ С.И. Рембеза

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1	Цель изучения дисциплины – формирование теоретических знаний, практических навыков в области основного раздела физической химии – термодинамики фазовых равновесий, являющегося одной из фундаментальных основ полупроводникового материаловедения микроэлектроники.
1.2	Для достижения цели ставятся задачи:
1.2.1	изучить термодинамику фазовых равновесий как основу учений о диаграммах состояния;
1.2.2	изучить термодинамический вывод основных типов диаграмм состояния двухкомпонентных систем;
1.2.3	изучить основные типы диаграмм состояния.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Цикл (раздел) ООП: Б1		код дисциплины в УП: Б1.В.ДВ.2.2	
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»		
2.2 Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее			
Б1.Б.14	Материалы электронной техники		
Б1.Б.17	Нанoeлектроника		
Б1.Б.19	Основы технологии электронной компонентной базы		
Б1.В.ОД.13	Технология материалов электронной техники		
Б1.В.ОД.15	Перспективные технологические процессы и оборудование для производства полупроводниковых приборов		

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-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующих физико-математический аппарат

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

3.1	Знать:
3.1.1	основные теоретические положения термодинамики фазовых равновесий (ОПК-1);
3.1.2	принципы построения диаграмм состояния (ОПК-1);
3.1.3	основные типы диаграмм состояния (ОПК-1);
3.1.4	применение диаграмм состояния при моделировании технологических процессов (ОПК-2)
3.2	Уметь:
3.2.1	использовать справочные данные фазовых равновесий в полупроводниковых системах для моделирования типичных процессов полупроводниковой технологии (ОПК-2);
3.2.2	использовать диаграммы состояния для выбора оптимальных условий проведения процессов получения, очистки, легирования полупроводниковых материалов, монтажа полупроводниковых приборов (ОПК-2)
3.3	Владеть:
3.3.1	методами термодинамического анализа фазовых равновесий в полупроводниковых системах (ОПК-2);
3.3.2	методикой анализа и выбора оптимальных условий технологических процессов (ОПК-1).

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	Основы термодинамического равновесия.	5	1-4	8	2	-	11	21
2	Равновесие кристалл-жидкость в двух-компонентных системах	5	5-12	16	12	-	21	49
3	Термодинамика жидких летучих смесей	5	13-18	12	4	-	22	38
Итого				36	18		54	108

4.1 Лекции

Неделя семестра	Тема и содержание лекции	Объем часов
1. Основы термодинамического равновесия.		8
1	Основные понятия и определения термодинамического равновесия. Гомогенные и гетерогенные системы. Принцип равновесия Гиббса. Фазовые и химические равновесия. Условия фа-	2

	зового равновесия в гетерогенных системах. Химическое равновесие.	
2	Правило фаз Гиббса. Общее представление о диаграммах состояния зависимости изобарно-изотермического потенциала от температуры давления и концентрации.	2
3	Равновесие чистого вещества в двух фазах однокомпонентной системы. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Однокомпонентные гетерогенные системы.	2
4	Фазовые переходы. Энантиотропные и монотропные превращения.	2
2. Равновесие кристалл-жидкость в двухкомпонентных системах		16
5	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем. Физико-химический анализ. Термический анализ	2
6	Системы с твердыми растворами, компоненты которых взаимно неограниченно растворимы. Системы с экстремальными точками.	2
7	Системы с эвтектикой с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии, в твердом состоянии не образуют растворов и химических соединений	2
8	Системы с эвтектикой и ограниченной растворимостью в твердом состоянии	2
9	Системы с эвтектикой с ограниченной растворимостью в твердом и неограниченном жидких состояниях	2
10	Системы с конгруэнтно плавящимся химическим соединением при полном отсутствии растворимости и ограниченной растворимости в твердом состоянии.	2
11	Системы с инконгруэнтно плавящимися соединениями.	2
12	Диаграммы состояния трехкомпонентных систем. Трехкомпонентные системы с тройной эвтектикой	2
3. Термодинамика жидких летучих смесей		12
13	Термодинамика жидких летучих смесей. Давление насыщенного пара компонента над раствором. Уравнения Рауля, Генри. Растворимость газов.	2
14	Закономерности общего давления мира летучих смесей. Законы Коновалова.	2
15	Летучие смеси с неограниченно смешивающимися жидкостями. Идеальные летучие смеси.	2
16	Ограниченно растворимые и практически нерастворимые летучие смеси.	2
17	Распределение растворенного вещества между двумя несмешивающимися растворителями. Экстракция.	2
18	Перегонка летучих жидких смесей. Термодинамика фазовых равновесий – фундаментальная теория для разработки технологических процессов в производстве изделий микроэлектроники.	2
Итого часов		36

4.3. Практическая работа

Неделя семестра	Наименование практической работы	Объем часов	Виды контроля
1. Основы термодинамического равновесия		2	
1	Правило фаз Гиббса. Построение диаграмм состояния (Pt-Au, Al-Si, Pb-As) двухкомпонентных систем по данным T_1A_1 , T_2A_2 , ...	2	отчет
2. Равновесие кристалл-жидкость в двухкомпонентных системах		12	
3	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с твердыми растворами, компоненты которых взаимно неограниченно растворимы. Системы с экстремальными точками. Расчет состава, количества твердой и жидкой фаз, температуры плавления, кристаллизации для разного состава. Построение кривых термоанализа	2	отчет
5	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с эвтектикой с неограниченной растворимостью компонентов в жидком состоянии, в твердом состоянии не образуют растворов и химических соединений. Расчет состава, количества твердой и жидкой фаз, температуры плавления, кристаллизации для разного состава. Построение кривых термоанализа	2	отчет
7	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с эвтектикой и ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Расчет состава, количества твердой и жидкой фаз, температуры плавления, кристаллизации для разного состава. Построение кривых термоанализа	2	отчет
9	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с ограниченной растворимостью в твердом и неограниченной растворимостью в жидком состоянии. Расчет состава, количества твердой и жидкой фаз, температуры плавления, кристаллизации для разного состава. Построение кривых термоанализа	2	отчет
11	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с конгруэнтно плавящимся химическим соединением при полном отсутствии растворимости и ограниченной растворимости в твердом состоянии. Расчет состава, количества твердой и жидкой фаз, температуры плавления, кристаллизации для разного состава. Построение кривых термоанализа	2	отчет
13	Диаграммы состояния двухкомпонентных систем с инконгруэнтно плавящимися соединениями. Расчет состава, количества твердой и жидкой фаз, температуры плавления, кристаллизации для разного состава. Построение кривых термоанализа.	2	отчет
3. Термодинамика жидких летучих смесей		4	
15	Летучие смеси с неограниченно смешивающимися	2	отчет

	жидкостями. Идеальные летучие смеси. Расчет состава и количества жидкой и паровой фаз для разных составов и температур		
17	Ограниченно растворимые и практически нерастворимые летучие смеси. Расчет состава и количества жидкой и паровой фаз для разных составов и температур	2	отчет
Итого часов		18	

4.3 Самостоятельная работа студента (СРС)

Неделя семестра	Содержание СРС	Виды контроля	Объем часов
1	Работа с конспектом лекций, подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	3
2	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	2
3	Работа с конспектом лекций, подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	3
4	Работа с конспектом лекций, подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	3
5	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	4
6	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	2
7	Подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	2
8	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка домашнего задания	2
9	Работа с конспектом лекций, подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	3
10	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка отчета	2
11	Подготовка к контрольной работе	Контрольная работа	4
12	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка конспекта	2
13	Работа с конспектом лекций, подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	3
14	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка отчета	2
15	Работа с конспектом лекций, подготовка к практическим занятиям	Отчет по практическому занятию	3
16	Работа с конспектом лекций, с учебником	Проверка отчета	2
17	Подготовка к зачету	Зачет	6
18	Подготовка к зачету	Зачет	6
Итого			54

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

	В рамках изучения дисциплины предусмотрены следующие образовательные технологии:
5.1	Лекции: информационные 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	самостоятельная работа студентов: – изучение теоретического материала, – подготовка к лекциям и практическим занятиям, – работа с учебно-методической литературой, – оформление конспектов лекций, отчетов, – подготовка к текущему контролю успеваемости, к зачету;
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 выполненных практических работ.
6.1.2	Рабочая программа дисциплины обеспечена фондом оценочных средств для проведения входного, текущего контроля и промежуточной аттестации. Фонд включает варианты контрольных работ, вопросы к отчетам по практическим работам, вопросы к зачету.
6.2	Темы письменных работ
6.2.1	Контрольная работа
6.2.2	Контрольная работа

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	Стромберг А.Г.	Физическая химия: учебник для химических специальностей вузов	2001 Печат.	0,75
7.1.1.2	Горшунова В.П.	Краткий курс физической химии: учеб. пособие	2005 Печат.	0,5
7.1.1.3	Барыбин А.А.	Электроника и микроэлектроника. Физико-технические основы. М.: Наука	2006	

7.1.1.4	Глазов В.М.	Термодинамика и материаловедение полупроводников. М.: Металлургия	1992	
7.1.2. Дополнительная литература				
7.1.2.1	Ормонт Б.Ф.	Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников	1982 Печат.	0,5
7.1.2.2	Новокрещенова Е.П.	Введение в кристаллохимию полупроводников: учебное пособие	2012 Магнитный носитель	1
7.1.2.3	Николаева Е.П., Кошелева Н.Н., Прибылова Е.И.	Термодинамика твердого состояния: Учеб. пособие. Воронеж: ВГТУ	2010	
7.1.3 Методические разработки				
7.1.3.1	Е.В. Бордаков, Н.Н. Кошелева.	Методические указания к выполнению лабораторной работы № 1 по дисциплине «Информатика» для студентов специальности 210104 «Микроэлектроника и твердотельная электроника» и направления 140400 «Техническая физика» очной формы обучения ГОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. Воронеж, 2011. 24 с. (№ 88-2011)	2011, Печат.	
7.1.4 Программное обеспечение и интернет ресурсы				
7.1.4.1	Мультимедийные видеофрагменты:			

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

8.1	Учебные лаборатории: 213/4, 214/4
8.2	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума
8.3	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

**Карта обеспеченности рекомендуемой литературой по дисциплине
«Фазовые равновесия в полупроводниковых системах»**

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	1,0
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.	1,0

Зав. кафедрой _____ С.И. Рембеза

Директор НТБ _____ Т.И. Буковшина

«УТВЕРЖДАЮ»
Председатель Ученого совета факультета радиотехники и электроники

_____ Небольсин В.А.
(подпись)
_____ 201__ г.

Лист регистрации изменений (дополнений) УМКД

Фазовые равновесия в полупроводниковых системах

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

Порядко- вый номер изменения	Раздел, пункт	Вид изменения (за- менить, аннулиро- вать, добавить)	Номер и дата при- каза об изменении	Фамилия и инициа- лы, подпись лица, внесшего изменение	Дата внесе- ния измене- ния