

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета _____ Небольсин В.А.

«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

« Термодинамика твердого состояния »

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

_____ / Е.П. Николаева /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой элек-
троники и микроэлектроники

_____ / С. И Рембеза /

Руководитель ОПОП

_____ / С.И Рембеза /

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

сформировать у студентов представления о методах управления явлениями дефектообразования в кристаллах, о способах синтеза кристаллов с заданным уровнем дефектов и желаемыми свойствами.

1.2. Задачи освоения дисциплины

формирование представлений о закономерностях возникновения дефектов в кристаллах;

установление связей между природой и концентрацией дефектов в кристаллах, а также теми свойствами, которые они определяют;

изучение кинетики дефектообразования и явлений переноса вещества в твердом теле;

иметь представления о тенденциях развития, основных направлениях и методах термодинамики твердого состояния в связи с современными требованиями микроэлектроники.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Термодинамика твердого состояния» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Термодинамика твердого состояния» направлен на формирование следующих компетенций:

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 соответствующий физико-математический аппарат

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	знать основные теоретические положения о природе и закономерностях образования дефектов в кристаллах; принципы управления типом и концентрацией дефектов, связь между природой и концентрацией дефектов и свойствами кристаллов;
	уметь формирование представления о закономерностях возникновения дефектов в кристаллах;
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов
ОПК-2	знать кинетику дефектов, явления переноса вещества в твердых телах
	уметь оценить концентрацию дефектов в зависимости от

	температуры, давления и типа легирующей примеси
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Вакуумная техника» составляет 3 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		5
Аудиторные занятия (всего)	32	32
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	18	18
Самостоятельная работа	72	72
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость академические часы	108	108
з.е.	3	3

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Основные термодинамические функции и соотношения. Тепловой беспорядок в кристалле. Точечные дефекты	Введение Основные термодинамические функции и соотношения	4	-	8	12
		Тепловой беспорядок в кристалле. Точечные дефекты. Виды точечных дефектов. Зависимость концентрации точечных дефектов от температуры. Самостоятельное изучение: зависимость концентрации дефектов Шоттки от температуры в бинарном кристалле				

2	Квазихимический метод исследования реакций дефектов в кристаллах	Термодинамическая и экспериментальная оценка концентрации точечных дефектов. Беспорядок, вызванный нарушениями стехиометрии. Дефекты нестехиометрии.	2	-	8	36
		Самостоятельное изучение: Примеры термодинамического определения концентрации дефектов.		3		
		Квазихимический метод исследования реакций дефектов в кристалле. Определение температурной зависимости концентрации собственных дефектов квазихимическим методом.	2		8	
		Дефекты по Шоттке. Дефекты по Френкелю. Антиструктурные дефекты				
		построить зонные диаграммы кристаллов с дефектами для конкретных условий Равновесие собственных тепловых дефектов с учетом их ионизации. Отображение реакций дефектов на зонной диаграмме кристалла. Квазихимический способ определения концентрации дефектов в двухкомпонентных кристаллах квазихимическим способом. Зависимость равновесной концентрации дефектов в кристалле от давления паров над кристаллом. Зонная диаграмма кристалла с дефектами. Физический смысл показателя степени в уравнении зависимости равновесной концентрации дефектов от давления пара.	2	3	8	
3	Беспорядок в кристалле, обусловленный посторонними примесями	Построение зонной диаграммы кристаллов с дефектами. Определить показатели степени в уравнении зависимости равновесной концентрации дефектов от давления пара конкретных реакций				
		Беспорядок в кристалле, обусловленный посторонними примесями. Взаимодействие дефектов в кристаллах. Равновесие дефектов в однокомпонентном кристалле, обогащенном посторонними примесями. Равновесие дефектов в бинарных кристаллах, обогащенных посторонними примесями. Изовалентное замещение Гетеровалентное замещение. Квазихимические реакции для изовалентного и гетеровалентного замещения. Основные квазихимические уравнения и зонные диаграммы в кристалле, обусловленные	2	4	8	

		посторонними примесями в кристалле и дефектами Ассоциаты. Ассоциаты с электростатическим взаимодействием. Взаимодействие нейтральных дефектов				
		Привести примеры конкретных реакций при изовалентном замещении, написание конкретных квазихимических реакций по заданию преподавателя. Ассоциаты и распад нестехиометрической фазы. Зонные диаграммы для конкретных условий легирования с учетом тепловых дефектов		4	8	26
4	Взаимодействие дефектов в кристаллах	Внутреннее равновесие собственных и примесных дефектов. Взаимное влияние заряженных собственных и примесных дефектов. Распределение амфотерной примеси в кристаллической решетке полупроводников.	4		8	
		Самостоятельная работа: зависимость концентрации дефектов от давления примеси для конкретных условий		2		22
		Растворимость примесей в полупроводниках с учетом ионизации примесных атомов. Управление собственными дефектами путем отжига кристаллов в парогазовой среде			8	
5	Явления переноса в кристаллах с дефектами, Поверхностные дефекты. Дефекты в эпитаксиальных структурах	Хаотическая самодиффузия. Влияние температуры на коэффициент хаотичной самодиффузии	2			
		Влияние посторонних примесей на коэффициент самодиффузии		2	8	12
Итого			18	18	72	108

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	знать основные теоретические положения о природе и закономерностях образования дефектов в кристаллах; принципы управления типом и концентрацией дефектов, связь между природой и концентрацией дефектов и свойствами кристаллов;	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь формирование представления о закономерностях возникновения дефектов в кристаллах;	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	знать кинетику дефектов, явления переноса вещества в твердых телах	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь оценить концентрацию дефектов в зависимости от температуры, давления и типа легирующей примеси	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов	укажите критерий	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре

для очной формы обучения, 5 семестре для заочной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено		
ОПК-1	знать основные теоретические положения о природе и закономерностях образования дефектов в кристаллах; принципы управления типом и концентрацией дефектов, связь между природой и концентрацией дефектов и свойствами кристаллов;	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%		
	уметь формирование представления о закономерностях возникновения дефектов в кристаллах;	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены		
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены		
ОПК-2	знать кинетику дефектов, явления переноса вещества в твердых телах	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%		
	уметь оценить концентрацию дефектов в зависимости от температуры, давления и типа легирующей примеси	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены		
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов	Решение стандартных практических задач	Продемонстрировать верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены		
Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	знать основные теоретические положения о природе и закономерностях образования дефектов в кристаллах; принципы управления типом и концентрацией дефектов, связь между природой и концентрацией дефектов и свойствами кристаллов;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	уметь формирование представления о закономерностях возникновения дефектов в кристаллах;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать кинетику дефектов, явления переноса вещества в твердых телах	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь оценить концентрацию дефектов в зависимости от температуры, давления и типа легирующей примеси	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть методикой оценки концентрации дефектов в данных условиях и управления свойствами кристаллов	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Методика расчета суммарного газового потока.
2. Как зависит проницаемость газов от давления?
3. Система «вакуум в вакууме».
4. Методика расчета $Q_{\text{прон}}$ при различных температурах.
5. Методика расчета газового потолка из изделия.
6. Методы обезгаживания деталей в вакуумной системы.
7. Какие марки масла применяют в диффузионных насосах?
8. Каков механизм захвата молекул откачиваемых газов в струю пара из сопла?
9. Какие различия существуют в конструкциях и характеристиках высоковакуумных и бустерных насосов?
10. Как изменяются характеристики насосов при попадании в горячее масло атмосферного воздуха?
11. Чем обусловлено требование запуска диффузионных насосов при

давлении ~ 1 Па?

12. Какая ступень в многоступенчатом паромасляном насосе определяет быстроту откачки?

13. Методика выбора типа и размера основного и вспомогательного насосов?

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Перечислите типы точечных дефектов.
2. Являются ли синонимами следующие понятия: межузельный атом (ион) и дефект Френкеля?
3. Охарактеризуйте механизмы образования собственных точечных дефектов по Шоттки и по Френкелю.
4. Приведите примеры соединений в которых преобладает один из этих механизмов.
5. Назовите причины образования точечных дефектов в кристаллах.
6. Могут ли существовать в природе бездефектные кристаллы?
7. Что такое эффективный заряд точечного дефекта?
8. Дайте определения эффективного заряда вакансии и межузельного атома.
9. Как зависит от температуры концентрация точечных дефектов?
10. Запишите соответствующие выражения для металла, бинарного ионного кристалла
11. Дайте определение нестехиометрического кристалла.
12. Что такое область гомогенности?
13. Какие дефекты могут образовываться в кристалле оксида металла при удалении из него кислорода?
14. Какие дефекты могут образовываться в кристалле оксида металла, если в нём обнаружен избыток кислорода?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Дана зависимость концентрации вакансий от температуры. Построить график зависимости $\ln(N)$ от $1/T$. Определить энергию образования вакансий.

Таблица 1

T, K	N, см ⁻³				
	1	2	3	4	5
200	$9,12 \cdot 10^{16}$	$8,31 \cdot 10^{11}$	7587186	69,20	0,000631
300	$4,37 \cdot 10^{18}$	$1,91 \cdot 10^{15}$	$8,32 \cdot 10^{11}$	$3,63 \cdot 10^8$	15822
400	$3,02 \cdot 10^{19}$	$9,12 \cdot 10^{16}$	$2,75 \cdot 10^{14}$	$8,32 \cdot 10^{11}$	$2,51 \cdot 10^9$
500	$9,64 \cdot 10^{19}$	$9,29 \cdot 10^{17}$	$8,95 \cdot 10^{15}$	$8,63 \cdot 10^{13}$	$8,32 \cdot 10^{11}$
600	$2,09 \cdot 10^{20}$	$4,37 \cdot 10^{18}$	$9,12 \cdot 10^{16}$	$1,91 \cdot 10^{15}$	$3,98 \cdot 10^{13}$
700	$3,63 \cdot 10^{20}$	$1,32 \cdot 10^{19}$	$4,79 \cdot 10^{17}$	$1,74 \cdot 10^{16}$	$6,31 \cdot 10^{14}$
800	$5,5 \cdot 10^{20}$	$3,02 \cdot 10^{19}$	$1,66 \cdot 10^{18}$	$9,12 \cdot 10^{16}$	$5,01 \cdot 10^{15}$
900	$7,59 \cdot 10^{20}$	$5,75 \cdot 10^{19}$	$4,37 \cdot 10^{18}$	$3,31 \cdot 10^{17}$	$2,51 \cdot 10^{16}$

1000	$9,82 \cdot 10^{20}$	$9,64 \cdot 10^{19}$	$9,46 \cdot 10^{18}$	$9,29 \cdot 10^{17}$	$9,12 \cdot 10^{16}$
1100	$1,21 \cdot 10^{21}$	$1,47 \cdot 10^{20}$	$1,78 \cdot 10^{19}$	$2,16 \cdot 10^{18}$	$2,62 \cdot 10^{17}$

Таблица 2

Т, К	N, см ⁻³				
	6	7	8	9	10
200	$5,76 \cdot 10^{-9}$	$5,25 \cdot 10^{-14}$	$4,79 \cdot 10^{-19}$	$4,37 \cdot 10^{-24}$	$3,98 \cdot 10^{-29}$
300	69,20	0,03	$1,32 \cdot 10^{-5}$	$5,76 \cdot 10^{-9}$	$2,51 \cdot 10^{-12}$
400	758786	22913,64	69,20	0,21	$6,31 \cdot 10^{-4}$
500	$8,02 \cdot 10^9$	77281461	744879,60	7179,54	69,20
600	$8,32 \cdot 10^{11}$	$1,74 \cdot 10^{10}$	$3,63 \cdot 10^8$	$7,59 \cdot 10^6$	$1,59 \cdot 10^5$
700	$2,29 \cdot 10^{13}$	$8,32 \cdot 10^{11}$	$3,02 \cdot 10^{10}$	$1,10 \cdot 10^9$	$3,98 \cdot 10^7$
800	$2,75 \cdot 10^{14}$	$1,51 \cdot 10^{13}$	$8,32 \cdot 10^{11}$	$4,57 \cdot 10^{10}$	$2,51 \cdot 10^9$
900	$1,91 \cdot 10^{15}$	$1,45 \cdot 10^{14}$	$1,10 \cdot 10^{13}$	$8,32 \cdot 10^{11}$	$6,31 \cdot 10^{10}$
1000	$8,95 \cdot 10^{15}$	$8,79 \cdot 10^{14}$	$8,63 \cdot 10^{13}$	$8,47 \cdot 10^{12}$	$8,31 \cdot 10^{11}$
1100	$3,18 \cdot 10^{16}$	$3,85 \cdot 10^{15}$	$4,67 \cdot 10^{14}$	$5,66 \cdot 10^{13}$	$6,85 \cdot 10^{12}$

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Понятие о тепловых дефектах. Зависимость концентрации вакансий от температуры для дефектов по Шоттки.
2. Зависимость концентрации дефектов от температуры (для дефектов по Френкелю).
3. Экспериментальная и термодинамическая оценка концентрации тепловых дефектов.
4. Неизбежность нарушения стехиометрических законов в кристаллических веществах.
5. Квазихимический метод исследования реакций дефектов.
6. Физический смысл показателя степени в уравнении зависимости равновесной концентрации дефектов от давления.
7. Неизбежность загрязнения кристалла посторонними примесями.
8. Зависимость равновесной концентрации дефектов в однокомпонентном кристалле, обогащенном донорной примесью, от давления ее пара.
9. Зависимость равновесной концентрации дефектов в однокомпонентном кристалле, обогащенном акцепторной примесью, от давления ее пара.
10. Изовалентное и гетеровалентное замещение.
11. Кристаллы квазистехиометрического состава с одной посторонней примесью.
12. Ассоциаты. Физик-химические основы управления процессами ассоциации.
13. Явления переноса. Механизмы диффузии.
14. Хаотическая самодиффузия.
15. Коэффициент собственной хаотической самодиффузии в кристаллах с нарушенной стехиометрией.
16. Влияние посторонних примесей на коэффициент самодиффузии.

17. Направленная диффузия. Законы диффузии Фика.
18. Электрическая проводимость. Уравнение Нернста –Эйнштейна.
19. Зависимость электрической проводимости от давления и температуры.
20. Электрохимический перенос.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия примеси в виде соединения MO с кристаллом Me_2O_3 .
2. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия примеси в виде соединения M_2O с кристаллом Me_2O_3 .
3. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия примеси в виде соединения MO с кристаллом Me_2O .
4. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия примеси в виде соединения M_2O_3 с кристаллом Me_2O .
5. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия трехвалентного металла M с кристаллом MeO .
6. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия одновалентного металла M с кристаллом MeO .
7. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия двухвалентного металла M с кристаллом Me_2O .
8. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия двухвалентного металла M с кристаллом Me_2O .
9. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия одновалентного металла M с кристаллом Me_2O_3 .
10. Написать квазихимическую реакцию взаимодействия трехвалентного металла M с кристаллом Me_2O .

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

(Например: Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верное решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 6 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 10 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 11 до 15 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные термодинамические функции и соотношения.	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита реферата, зачет
		ОПК-2	
2	Тепловой бес-порядок в кристалле. Точечные дефекты.	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита реферата, зачет
		ОПК-2	
3	Квазихимический метод исследования реакций дефектов в кристаллах	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита реферата, зачет
		ОПК-2	
4	Беспорядок в кристалле, обусловленный посторонними примесями.	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита реферата, зачет
		ОПК-2	
5	Взаимодействие дефектов в кристаллах	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита реферата, зачет
		ОПК-2	
6	Явления переноса в кристаллах с дефектами	ОПК-1	Тест, контрольная работа, защита реферата, зачет
		ОПК-2	

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на

бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Рекомендуемая литература				
№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания	Обеспеченность
8.1.1. Основная литература				
8.1.1.1	Николаева Е.П., Кошелева Н.Н., Прибылова Е.И.	Термодинамика твердого состояния: Учеб. пособие. Воронеж: ВГТУ	2010	1
8.1.1.2	Николаева Е.П., Кошелева Н.Н.	Точечные дефекты в кристаллах Учеб. пособие. Воронеж: ВГТУ	2016	1
8.1.1.3	Стромберг А.Г.	Физическая химия: учебник для химических специальностей вузов	2001 Печат.	1
8.1.2. Дополнительная литература				
8.1.2.1	Ормонт Б.Ф.	Введение в физическую химию и кристаллохимию полупроводников. М.: Высшая школа	1982	0,5
8.1.2.2	Под ред. В.П. Глушко	Термодинамические свойства индивидуальных веществ: справочное издание; в 4-х т.. М.: Наука, 1982.	Справочник, 1982	0,1
8.1.2.3	Новокрещенова Е.П.	Введение в кристаллохимию полупроводников: учебное пособие	2012 Магнит. носитель	1
8.1.3 Методические разработки				
8.1.3.1	Николаева Е.П., Кошелева Н.Н.	Термодинамика твердого состояния: Учеб. пособие. Воронеж: ВГТУ	2011	1

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Электронная библиотека elibrary.ru.

Электронная библиотека ВГТУ

Системные программные средства: Microsoft Windows, Microsoft Vista

Прикладные программные средства: Microsoft Office 2010 Pro, FireFox, LabVIEW, Elektronik Workbench

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1	Вакуумные насосы
9.2	Технологическое оборудование
9.3	Контрольно-измерительное оборудование
9.4	Учебные лаборатории: 213/4, 214/4
9.5	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума
9.6	Плакаты и наглядные пособия из фонда кафедры ППЭНЭ

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине « Термодинамика твердого состояния » .

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Контроль усвоения материала дисциплины производится дифференцированного зачета.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не уда-

	ется разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к дифференцированному зачету	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начинаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.