

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета РТЭ _____ Небольсин В.А.
«27» марта 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
«Физическое материаловедение»

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Профиль Физическая электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2024

Автор программы

Янченко

Янченко Л.И.

Заведующий кафедрой
Твердотельной электроники

Небольсин

Небольсин В.А.

Руководитель ОПОП

Янченко

Янченко Л.И.

Воронеж 2024

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Получение студентами сведений о зависимостях объемных и поверхностных свойств материалов от характера химической связи, химического и фазового состава, структурных несовершенств.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Создание материалов с заданными свойствами и управления последними путем воздействия на химический состав, фазовое и структурное состояние материала.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Физическое материаловедение» относится к дисциплинам вариативной части блока Б.1 учебного плана.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физическое материаловедение» направлен на формирование следующей компетенции:

ПК-2 – способность выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем и устройств физической электроники различного функционального назначения

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	ЗНАТЬ - классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах; основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы: проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические, магнитные и вспомогательные; методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры; способы применения основных классов конструкционных материалов и материалов электронной техники;
	УМЕТЬ - выявлять, описывать и анализировать особенности диаграмм состояния многофазных систем; выполнять физико-химический и кристаллохимический анализы сложных систем; правильно подходить к сравнительной оценке свойств материалов по их физическим, технологическим и экономическим критериям при использовании для элементов и устройств электронной техники; выполнять расчеты физических характеристик материалов; владеть физическими закономерностями, определяющими свойства и поведение материалов в различных условиях их эксплуатации, во взаимосвязи с конкретными применениями в компонентах, приборах и устройствах электронной техники; выявлять факторы, определяющие общие и специфич-

	ческие особенности поведения материалов, влияющие на их структуру; выбирать оптимальные параметры технологических процессов создания новых материалов и устройств с заданными структурой и свойствами; анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки ;
	ВЛАДЕТЬ - навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния); навыками самостоятельного анализа конкретных гетерогенных технологических систем; знаниями тенденций развития материаловедения ; навыками изучения свойств материалов .

Подготовка будущих бакалавров к решению основных задач профессиональной деятельности в области создания, обработки и применение материалов с заданными свойствами.

Дисциплина «Физическое материаловедение» входит в группу дисциплин учебного плана по направлению 16.03.01 «Техническая физика», посвященных ознакомлению студентов с общими закономерностями формирования фаз, влияния примесей и дефектов структуры на физические свойства материалов, а также с основными конструкционными материалами и материалами электронной техники. Одна из основных целей преподавания дисциплины "Физическое материаловедение" - изучение диаграмм состояния и основных физических свойств материалов, усвоение общих и специфических особенностей поведения материалов в различных условиях их эксплуатации для использования полученных знаний при разработке технологических процессов и создания новых материалов и устройств электронной техники.

Материалы являются основным звеном, определяющим успех инженерных решений в микроэлектронике и инженерной технике. Создание новых материалов и открытие новых физических эффектов стимулирует разработку новых приборов и компонентов электронной аппаратуры. Успехи материаловедения позволяют перейти к целенаправленному синтезу материалов и композиций с наперед заданными свойствами. Развитие функциональной электроники целиком зависит от качества и свойств новых материалов. Поэтому материаловедческое образование является необходимой составной частью фундаментального образования специалистов электронной техники.

Получение студентами сведений о зависимостях объемных и поверхностных свойств материалов от характера химической связи, химического и фазового состава, структурных несовершенств, с целью создания материалов с заданными свойствами и управления последними путем воздействия на химический состав, фазовое и структурное состояние материала

В результате освоения дисциплины, обучающийся должен

знать основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы;

овладеть физическими закономерностями, определяющими свойства и поведение материалов в различных условиях их эксплуатации, во взаимосвязи с конкретными применениями в компонентах, приборах и устройствах электронной техники;

уметь правильно подходить к сравнительной оценке свойств материалов по их физическим, технологическим и экономическим критериям при использовании для элементов и устройств электронной техники;

иметь достаточную подготовку для чтения и понимания справочной и специальной литературы в данной области (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния);

иметь представление об основных принципах получения и направлениях использования различных материалов в электронной технике;

освоение основных физических теорий, позволяющих описать явления в при-

роде, и пределов применимости этих теорий для решения современных и перспективных профессиональных задач;

иметь представление о современном уровне развития материаловедения и перспективах его развития.

умение ориентироваться в научно-технической информации;
умение использовать физические принципы и законы, а также результаты экспериментальных открытий в тех областях техники, в которых они будут трудиться

Знать:
об атомно-кристаллическом строении материалов;
о структурных несовершенствах и их влиянии на свойства материалов;
об основных закономерностях фазовых и структурных превращений;
об основных группах проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических, магнитных и вспомогательных материалов;
об основных параметрах и физических свойствах промышленных материалов, особенностях их получения;
о методах воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры;
об основных способах применения основных классов конструкционных материалов и материалов электронной техники;
иметь представление о современном уровне развития материаловедения и перспективах его развития.
Уметь:
выявлять, описывать и анализировать особенности диаграмм состояния многофазных систем;
выявлять факторы, определяющие общие и специфические особенности поведения материалов, влияющие на их структуру;
выбирать оптимальные параметры технологических процессов создания новых материалов и устройств с заданными структурой и свойствами;
анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки
истолковывать смысл физических величин и понятий;
иметь представление об основных принципах получения и направлениях использования различных материалов в электронной технике;
Владеть:
навыками исследования физических свойств разных классов материалов;
навыками применения основных методов физико-математического анализа для решения естественнонаучных задач.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Физическое материаловедение» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего	Семестры
--------------------	-------	----------

	часов	4			
Аудиторные занятия (всего)	54	54			
В том числе:					
Лекции	36	36			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	18	18			
Самостоятельная работа	72	72			
Курсовой проект					
Курсовая работа	+	+			
Вид промежуточной аттестации – экзамен	36	36			
Общая трудоемкость	час	180	180		
	зач. ед.	5	5		

Заочная форма обучения

Не предусмотрена

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

Основные дидактические единицы (разделы)

Прикладное материаловедение. Диаграммы состояния двух-, трехкомпонентных систем. Многофазные системы. Промышленные материалы электронной техники: проводниковые материалы; полупроводниковые материалы; диэлектрики; магнитные материалы. Вспомогательные материалы электронной техники.

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела					
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	Всего часов
	Часть I Прикладное материаловедение		12	4		13	32
		Введение	2			4	6
1		Многофазные системы	10	4		9	26
	Часть II Промышленные материалы		24	14	18	59	84
2		Проводниковые материалы	6	6	6	12	26

3		Полупроводниковые материалы	5	8	8	14	33
4		Диэлектрики	4		4	9	16
5		Магнитные материалы	8			16	28
6		Вспомогательные материалы электронной техники				4	4
	Заключение		1			4	5
Итого			36	18	18	72	180

Лекции

СЕМЕСТР 4

№ п/п	Тема лекции	Объем часов
	Часть I. Прикладное материаловедение	12
1	Введение в физическое материаловедение. Предмет курса и его задачи. Краткая справка о развитии материаловедения, роль ученых России в этом развитии. Структура и содержание курса, его связь с другими дисциплинами учебного плана. Вопросы экономики и экологии окружающей среды. Краткая характеристика рекомендованной литературы.	1
	Раздел 1. Многофазные системы Фазовые равновесия и диаграммы состояния	
2	Т-Х - диаграммы состояния трехкомпонентных систем. Способы изображения трехкомпонентных систем. Тройные диаграммы состояния с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях.	1
3	Тройные диаграммы состояния с тройной эвтектикой при отсутствии взаимной растворимости компонентов. Диаграммы состояния из 3-х компонентов с двойным устойчивым химическим соединением.	2
4	Тройные диаграммы состояния с тройной точкой перитектики. Тройные диаграммы состояния с двойным неустойчивым химическим соединением.	2
5	Диаграммы состояния трехкомпонентных систем с тремя двойными химическими соединениями. Диаграммы состояния 3-х компонентных систем с расслоением жидких фаз в одной двухкомпонентной системе. Тройные диаграммы состояния с тройным устойчивым химическим соединением.	2
6	Тройные диаграммы состояния с тройным неустойчивым (конгруентно плавящимся) химическим соединением. Диаграммы состояния четырехкомпонентных систем.	2
7	Использование тройных и многокомпонентных диаграмм состояния при выборе условий кристаллизации и термической обработки.	1
8	Р - Т и Р - Т - Х - диаграммы состояния. Диаграммы состояния трехкомпонентных систем, компоненты которых имеют полиморфные превращения	1
	Часть II. Промышленные материалы Раздел 2. Проводниковые материалы	24
9	Основные параметры, характеризующие проводниковые материалы: удельная проводимость, температурный коэффициент удельной проводимости	2

	сти и др. Связь проводимости с электронной структурой материалов. Классификация проводниковых материалов. Металлы и сплавы различного назначения.	
10	Сверхпроводящие металлы и сплавы. Высокотемпературные сверхпроводники. Области применения сверхпроводников. Основные параметры, классификация и материалы высокой проводимости	2
11	Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден, рений, тантал, ниобий, цирконий и др. Сплавы тугоплавких металлов. Благородные металлы: золото, серебро, платина, палладий.	2
12	Металлы со средним значением температуры плавления: железо, никель, кобальт. Сплавы для электровакуумных приборов. Припои и флюсы. Материалы для катодов.	2
13	Основные требования и дополнительные параметры. Резистивные сплавы на основе меди: манганин, константан. Хромоникелевые сплавы. Металлы и сплавы для термопар.	2
14	Неметаллические проводящие материалы: углеродистые материалы, природный графит, пиролитический углерод, контактолы. Композиционные проводящие материалы. Жаростойкие материалы для нагревательных элементов на основе карбидов и силицидов.	2
	Раздел 3. Полупроводниковые материалы	
15	Основные параметры, характеризующие полупроводниковые материалы: концентрация и подвижность электронов и дырок, температурный коэффициент удельной проводимости, ширина запрещенной зоны, энергия активации примесей и др. Основные требования к полупроводниковым материалам. Классификация полупроводниковых материалов по типу электропроводности, по химическому составу, по структуре.	2
16	Элементарные полупроводники. Сырьевые материалы и получение германия и кремния. Структура и физико-химические свойства германия и кремния. Основные марки германия и кремния, выпускаемые промышленностью. Применение германия и кремния. Аморфные германий и кремний.	2
17	Закономерности образования двойных полупроводниковых фаз. Алмазоподобные полупроводниковые фазы. Равновесные диаграммы состояния, содержащие полупроводниковые соединения.	2
18	Полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$. Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе.	2
19	Полупроводниковые соединения $A^{II}B^{VI}$. Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе. Полупроводниковые соединения $A^{IV}B^{VI}$. Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе.	2
20	Полупроводниковые соединения A^IB^{VII} . Основные свойства. Карбид кремния. Основные физико-химические свойства. Явление политипизма. Применение.	2
	Раздел 4. Диэлектрики	
21	Основные параметры, характеризующие диэлектрические материалы: удельная электрическая проводимость, относительная диэлектрическая проницаемость, коэффициент диэлектрических потерь, электрическая прочность, пирозлектрический коэффициент и др. Классификация диэлектрических материалов.	2

22	Активные диэлектрики. Основные требования, предъявляемые к материалам. Дополнительные параметры. Сегнетоэлектрики. Монокристаллы и керамика. Применение в электронике. Пьезоэлектрики и пирозэлектрики. Области применения. Электреты. Материалы твердотельных лазеров. Жидкие кристаллы. Применение в устройствах отображения информации.	2
	<i>Раздел 5. Магнитные материалы</i>	
23	Основные параметры, характеризующие магнитные материалы: магнитная проницаемость, индукция насыщения, остаточная индукция, коэрцитивная сила, коэффициент магнитострикции и др. Классификация магнитных материалов.	1
24	Магнитно-мягкие материалы. Общие требования к материалам. Технически чистое железо. Электротехнические стали. Пермаллои. Технологические вопросы, связанные с применением электротехнических сталей и пермаллоев. Магнитно-мягкие ферриты. Аморфные металлические сплавы.	2
25	Магнитно-твердые материалы. Общие требования, предъявляемые к материалам. Стабильность постоянных магнитов. Намагничивание и размагничивание постоянных магнитов. Сплавы дисперсионного твердения. Магнитно-твердые ферриты. Магниты из порошков. Сплавы с редкоземельными элементами. Композиционные магнитно-твердые материалы.	2
26	Магнитные материалы специального назначения. Материалы с прямоугольной петлей гистерезиса. Магнитострикционные материалы. Ферриты для устройств СВЧ. Тонкие магнитные пленки.	2
	Раздел 6. Вспомогательные материалы электронной техники.	
27	Заключение. Основные тенденции и направления дальнейшего развития материаловедения. Разработка нетрадиционных материалов для различных устройств на основе новых физических принципов.	1
	Итого часов	36

заочная форма обучения

Не предусмотрена учебным планом

5.2 Перечень лабораторных работ

СЕМЕСТР 4

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Форма Контроля
	Раздел 2. Проводниковые материалы		
1	Изучение микротвердости металлов и полупроводников	3	Отчет
2	Изучение пьезосопротивления и тензочувствительности в металлах и полупроводниках	4	Отчет
	Раздел 3. Полупроводниковые материалы		
3	Металлографическое исследование полупроводников	3	Опрос
4	Исследование типа проводимости полупроводников различными методами	4	Опрос

	Раздел 4. Диэлектрики		
5	Изучение зависимости электропроводности полупроводников и диэлектриков от напряженности электрического поля	4	Опрос
Итого часов		18	

Семестр 4

Не- деля семе- ме- стра	Тема самостоятельного занятия	Виды контроля	Объ- ем ча- сов
1	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к лабораторной работе.	Выступление на семинаре. Опрос	2
2	Самостоятельное изучение материала. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева. Место металлов, полупроводников и диэлектриков в периодической системе элементов. Химические связи в твердых телах. Энергия химической связи.	Реферат. Опрос	5
3	Самостоятельное изучение материала. Выполнение курсовой работы.	Выступление на семинаре. Опрос	4
4	Самостоятельное изучение материала. Основные понятия и определения: фаза, компонент, структурная составляющая, степень свободы и т.д.	Семинар в диалоговом режиме. Опрос	5
5	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к лабораторной работе.	Доклад на семинаре. Опрос	2
6	Самостоятельное изучение материала. Твердые растворы замещения и внедрения. Типовые микроструктуры сплавов. Упорядоченные твердые растворы (сверхструктуры).	Выступление на семинаре. Опрос	5
7	Самостоятельное изучение материала. Выполнение курсовой работы.	Реферат. Опрос	4
8	Самостоятельное изучение материала. Химические соединения. Фазы внедрения. Электронные соединения. Фазы Лавеса. Механические смеси.	Семинар в диалоговом режиме. Опрос	5
9	Самостоятельное изучение материала. Процесс кристаллизации сплавов. Неравновесная кристаллизация.	Выступление на семинаре. Опрос	5
10	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к лабораторной работе.	Доклад на семинаре. Опрос	2
11	Самостоятельное изучение материала. Баббиты. Материалы высокого сопротивления и сплавы для термопар.	Выступление на семинаре. Опрос	5
12	Самостоятельное изучение материала. Выполнение курсовой работы.	Реферат. Опрос	4

13	Самостоятельное изучение материала. Другие элементарные полупроводники: бор, фосфор, сурьма и т.д. Химические соединения и твердые растворы на их основе.	Семинар в диалоговом режиме. Опрос	5
14	Самостоятельное изучение материала. Пассивные диэлектрики. Лаки. Эмали. Компаунды.	Выступление на семинаре. Опрос	5
15	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к лабораторной работе.	Выступление на семинаре. Опрос	2
16	Самостоятельное изучение материала. Основные требования к вспомогательным материалам. Газы: Кислород, водород, азот, аргон и др. Контейнерные материалы. Реактивы для отмывки и травления. Фоторезисты. Растворители. Деионизованная вода. Другие вспомогательные материалы.	Выступление на семинаре. Опрос	4
17	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к защите курсовой работы.	Выступление на семинаре.	4
18	Самостоятельное изучение материала. Подготовка к зачету.	Зачет. Опрос	4
Итого часов			72

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 4семестре.

Курсовая работа предназначена для ознакомления студентов с основными требованиями к основным классам материалов и изучения диаграмм состояния. Она должна способствовать развитию у студентов навыков работы с научно-технической и справочной литературой.

Темы курсовых работ выбираются по основным классам материалам и по новым направлениям физического материаловедения.

1. Фуллерены и фуллериты.
2. Углеродные нанотрубки.
3. Твердотельные фрактальные структуры.
4. Аморфные металлические сплавы.
5. Нанокристаллические твердые тела.
6. Наноккомпозиты.
7. Жидкие кристаллы.
8. Спиновые стекла.
9. Высокотемпературные сверхпроводники.
10. Дипольные стекла.
11. Сегнетоэластики.
12. Сегнетоэлектрики.
13. Суперионники.
14. Пьезокерамика.
15. Нитевидные кристаллы.
16. Четверные твердые растворы на основе соединения A^3B^5 .
17. Электрофизические и термодинамические свойства фосфидов Ga и In.

18. Гетероструктуры полупроводников, получаемые с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии.

19. Многослойные тонкопленочные структуры.

20. Магнитные материалы для СВЧ - диапазона.

Обязательной частью курсовой работы является анализ трехкомпонентной диаграммы состояния, проведенный согласно индивидуальному заданию.

Дополнительный учебно-методический материал.

Рекомендации студенту по выполнению курсовой работы.

Выполнение курсовой работы по дисциплине "Физическое материаловедение" призвано развить и закрепить у студента навыки самостоятельной работы с научно-технической литературы и навыки проведения расчетов с помощью трехкомпонентных диаграмм состояния.

В ходе выполнения курсовой работы желательно познакомиться не только с литературой, рекомендованной преподавателем, но и поработать с реферативными журналами и научными периодическими изданиями с целью поиска информации о последних достижениях, относящихся к тематике курсовых заданий. Следует соблюдать объявленный преподавателем график консультаций по курсовой работе и тщательно к ним готовиться: формулировать (желательно в письменном виде) вопросы, возникшие в ходе изучения теоретического материала или проведения расчетов, предлагать пути преодоления противоречий и трудностей. Не следует пренебрегать помощью и консультациями своих товарищей по группе при работе над сложными вопросами, а также оказывать такую помощь другим. Приступая к оформлению курсовой работы, следует ознакомиться с нормативными требованиями по оформлению и строго их соблюдать. Не следует копировать фрагменты учебной и научной литературы. Гораздо полезнее попытаться кратко изложить материал своими словами. Оформленная курсовая работа после прохождения нормоконтроля должна быть сдана на проверку преподавателю не менее чем за две недели до объявленного срока защиты. Последнюю неделю перед защитой курсовой работы следует посвятить устранению неточностей и недоработок, указанных при проверке преподавателем, и подготовке выступления на защите

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

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
-------------	--	---------------------	------------	---------------

ПК-2	ЗНАТЬ - классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах; основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы: проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические, магнитные и вспомогательные; методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры; способы применения основных классов конструкционных материалов и материалов электронной техники;	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	УМЕТЬ - выявлять, описывать и анализировать особенности диаграмм состояния многофазных систем; выполнять физико-химический и кристаллохимический анализы сложных систем; правильно подходить к сравнительной оценке свойств материалов по их физическим, технологическим и экономическим критериям при использовании для элементов и устройств электронной техники; выполнять расчеты физических характеристик материалов; владеть физическими закономерностями, определяющими свойства и поведение материалов в различных условиях их эксплуатации, во взаимосвязи с конкретными применениями в компонентах, приборах и устройствах электронной техники ; выявлять факторы, определяющие общие и специфические особенности поведения материалов, влияющие на их структуру; выбирать оптимальные параметры технологических процессов создания новых материалов и устройств с заданной структурой и свойствами; анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки ;	Решение стандартных практических задач, написание курсовой работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	ВЛАДЕТЬ - навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния); навыками самостоятельного анализа конкретных гетерогенных технологических систем; знаниями тенденций развития материаловедения ; навыками изучения свойств материалов .	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсовой работы	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 4 семестре для очной формы обучения по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
ПК-2	знать - классификацию материалов по составу, свойствам и техническому назначению, основные процессы в гетерогенных химико-технологических системах; основные классы материалов, требования, предъявляемые к каждому классу, и основные физические параметры, характеризующие различные материалы: проводниковые, полупроводниковые, диэлектрические, магнитные и вспомогательные; методы воздействия на свойства материалов путём изменения их состава и структуры; способы применения основных классов конструкционных материалов и материалов электронной техники;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь - выявлять, описывать и анализировать особенности диаграмм состояния многофазных систем; выполнять физико-химический и кристаллохимический анализы сложных систем; правильно подходить к сравнительной оценке свойств материалов по их физическим, технологическим и экономическим критериям при использовании для элементов и устройств электронной техники; выполнять расчеты физических характеристик материалов; владеть физическими закономерностями, определяющими свойства и поведение материалов в различных условиях их эксплуатации, во взаимосвязи с конкретными применениями в компонентах, приборах и устройствах электронной техники ; выявлять факторы, определяющие общие и специфические особенности поведения материалов, влияющие на их структуру; выбирать оптимальные параметры технологических процессов создания новых материалов и устройств с заданными структурой и свойствами; анализировать качество материала в связи с технологией получения и обработки ;	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть - навыками работы со специальной и справочной литературой (в том числе по двойным и тройным диаграммам состояния); навыками самостоятельного анализа конкрет-	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-	Выполнение теста	В тесте менее 70%

	ных гетерогенных технологических систем; знаниями тенденций развития материаловедения ; навыками изучения свойств материалов .			90%	на 70-80%	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

Тема 1. Диаграммы состояния

1. В каких координатах строится фазовая диаграмма состояния:

- а) число компонентов – давление;
- б) состав – температура;
- в) число степеней свободы – состав.

2. Способ «трех отрезков» состоит в следующем:

- а) сумма трех отрезков, отсекаемых на сторонах равностороннего треугольника прямыми, проходящими через любую точку внутри треугольника, параллельно его сторонам равна периметру треугольника;
- б) сумма трех отрезков, отсекаемых на сторонах равностороннего треугольника прямыми, проходящими через любую точку внутри треугольника, параллельно его сторонам равна высоте треугольника;
- в) сумма трех отрезков, отсекаемых на сторонах равностороннего треугольника прямыми, проходящими через любую точку внутри треугольника, параллельно его сторонам равна стороне треугольника.

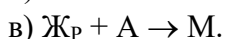
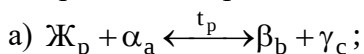
3. К концентрационному треугольнику применимо:

- а) правило рычага;
- б) правило фаз Гиббса;
- в) правило нормальной валентности.

4. Тройная диаграмма фазовых равновесий системы с неограниченной растворимостью компонентов содержит:

- а) линейчатые конодные поверхности;
- б) поверхность сольвуса;
- в) поверхности ликвидуса и солидуса.

5. Тройная диаграмма состояния с тройной точкой эвтектики имеет точку, для которой:



6. Линейчатая поверхность кристаллизации двойных эвтектик называется:

- а) поверхностью ликвидуса;
- б) поверхностью солидуса;
- в) конодной поверхностью.

7. Устойчивое химическое соединение называют:

- а) конгруэнтно плавящимся;
- б) инконгруэнтно плавящимся;
- в) твердым раствором.

8. Сингулярная триангуляция возможна, когда диаграмма содержит:

- а) твердые растворы с ограниченной растворимостью;
- б) неустойчивое химическое соединение;

в) устойчивое химическое соединение.

9. В ходе реализации перитектической реакции фигуративная точка жидкой фазы находится:

- а) вне конодного треугольника, образованного твердыми фазами;
- б) внутри конодного треугольника, образованного твердыми фазами;
- в) выше температуры плавления чистых компонентов.

10. Поверхности сольвуса характерны для фазовой диаграммы следующего типа:

- а) Р-Т диаграмма фазовых равновесий;
- б) тройная диаграмма состояния с тройной точкой перитектики, содержащая граничные растворы;
- в) диаграмма с неограниченной растворимостью компонентов.

11. В тройной диаграмме состояния всегда должно выполняться условие:

- а) температура точки невариантного эвтектического равновесия больше температуры точки невариантного перитектического равновесия;
- б) температура точки невариантного эвтектического равновесия меньше температуры точки невариантного перитектического равновесия;
- а) температура точки невариантного эвтектического равновесия равна температуры точки невариантного перитектического равновесия.

12. На диаграмме Р-Т всегда наклонены вправо следующие линии моновариантных двух фазных равновесий:

- а) кривая испарения;
- б) кривая плавления;
- в) кривая сублимации.

Тема 2. Проводниковые материалы.

1. Металлы в твердом состоянии имеют:

- а) ионную проводимость;
- б) фотопроводимость;
- в) электронную проводимость.

2. Для описания электропроводности металлов следует использовать:

- а) классическую статистику;
- б) статистику Ферми - Дирака;
- в) статистику Бозе - Эйнштейна.

3. Сопротивление металла с ростом температуры:

- а) растет;
- б) падает;
- в) не изменяется.

4. Металлы, у которых заполнена внешняя электронная оболочка, при не заполненной предыдущей, называют:

- а) полуметаллами;
- б) нормальными;
- в) переходными.

5. Единица измерения удельного электрического сопротивления:

- а) Ом;
- б) Ом·м;
- в) Ом/м.

6. Выберите значение удельного электрического сопротивления, характерное для материалов высокой проводимости:

- а) $< 0,1 \text{ мкОм} \cdot \text{м}$;
- б) $< 0,1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- в) $< 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$.

7. Бронзы и латуни являются сплавами:

- а) алюминия;
- б) меди;
- в) железа.

8. Алюминий обладает следующими свойствами:

- а) наименьшее из чистых металлов значение удельного сопротивления;
- б) малой плотностью по сравнению с медью;
- в) образование окисной пленки.

9. Сверхпроводящие металлы по магнитным свойствам являются:

- а) идеальными диамагнетиками;
- б) ферромагнетиками;
- в) суперпарамагнетиками.

10. Вольфрам, молибден, тантал, ниобий, цирконий, хром считают:

- а) благородными металлами;
- б) материалами высокой проводимости;
- в) тугоплавкими металлами.

11. При изготовлении электровакуумных приборов используют сплав:

- а) альсифер;
- б) нихром;
- в) ковар.

12. Для изготовления катодов подбирают материал с:

- а) высоким значением энергии ионизации;
- б) высокой проводимостью;
- в) низким значением энергии ионизации

13. Состав 86 % меди, 12 % марганца, 2 % никеля соответствует сплаву:

- а) манганин;
- б) константан;
- в) нихром.

14. Область применения контактолов:

- а) сплав для термопары;
- б) жаростойкий материал;
- в) для создания электрических соединений.

Тема 3. Полупроводниковые материалы.

1. Температурный коэффициент удельного электрического сопротивления полупроводников:

- а) положительный;
- б) отрицательный;
- в) равен 0.

2. Механизм рассеивания носителей при повышенных температурах:

- а) на тепловых колебаниях решетки;
- б) на ионизированных примесях;
- в) на донорных уровнях.

3. Для повышения максимально допустимой рабочей температуры полупроводникового прибора нужен материал:

- а) с большой концентрацией носителей;
- б) с большой подвижностью носителей;
- в) с большой шириной запрещенной зоны.

4. Атомы элементов третьей группы являются для германия:

- а) донорной примесью;
- б) акцепторной примесью;

- в) амфотерной примесью.
- 5. Наибольшей растворимостью в германии обладают:
 - а) мелкие доноры и акцепторы;
 - б) многозарядные центры;
 - в) поверхностные состояния.
- 6. Оптимальной технологией выращивания кремниевых кристаллов является:
 - а) метод Чохральского;
 - б) зонная плавка;
 - в) ионная имплантация.
- 7. Для алмазоподобных полупроводников характерна:
 - а) кубическая решетка;
 - б) гексагональная решетка;
 - в) sp^3 -гибридизация.
- 8. У полупроводниковых соединений $A^{III}B^V$ характер химической связи:
 - а) ковалентная;
 - б) смешанная;
 - в) металлическая.
- 9. Для создания гетероперехода используют:
 - а) р-п - переход;
 - б) контакт металл-полупроводник;
 - в) контакт двух полупроводников с одинаковым параметром решетки, но разной шириной запрещенной зоны.
- 10. Полупроводники типа $A^{II}B^{VI}$ проявляют электропроводность одного типа:
 - а) в зависимости от условий получения;
 - б) из-за различия в энергии образования вакансий для катионной и анионной подрешеток;
 - в) из-за выбора легирующей добавки.
- 11. Явление политипизма характерно для:
 - а) карбида кремния;
 - б) кремния и германия;
 - в) $A^{IV}B^{VI}$.

Тема 4. Магнитные материалы

- 1. Трудно поддаются перемангничиванию материалы:
 - а) магнитомягкие;
 - б) магнито жесткие;
 - в) магнитострикционные.
- 2. Для улучшения магнитных характеристик в электротехническую сталь добавляют:
 - а) графит;
 - б) никель;
 - в) кремний.
- 3. Область применения пермаллоев:
 - а) низкокоэрцитивные сплавы;
 - б) высококоэрцитивные сплавы;
 - в) материалы с прямоугольной петлей гистерезиса.
- 4. Ферриты кристаллизуются в решетку:
 - а) алмаза;
 - б) вюрцита;
 - в) шпинели.
- 5. Как уменьшить потери на перемангничивание в магнитодиэлектрике:
 - а) использовать порошок с малым размером зерна;
 - б) создавать текстуру;
 - в) использовать проводящую связку.

6. Как улучшить магнитные характеристики аморфных металлических сплавов:

- а) увеличить скорость закалки;
- б) использовать легирующие примеси;
- в) провести термомагнитную обработку.

7. Лучшие характеристики имеет магнит:

- а) с минимальным воздушным зазором между полюсами;
- б) с максимальным воздушным зазором между полюсами;
- в) с некоторым оптимальным воздушным зазором между полюсами.

8. Затруднение в смещении доменных границ:

- а) увеличивает коэрцитивную силу;
- б) уменьшает коэрцитивную силу;
- в) не влияет на коэрцитивную силу.

9. Недостаток сплавов ални и алнико:

- а) высокая стоимость;
- б) хрупкость;
- в) низкая коэрцитивная сила.

10. Магнитный материал для записи информации должен иметь:

- а) прямоугольную петлю гистерезиса;
- б) узкую петлю гистерезиса;
- в) широкую петлю гистерезиса.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрен учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Т-Х-диаграммы состояния трехкомпонентных систем. Способы изображения трехкомпонентных систем.

Тройные диаграммы состояния с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях.

Тройные диаграммы состояния с тройной эвтектикой при отсутствии взаимной растворимости компонентов.

Тройные диаграммы состояния с тройной точкой перитектики.

Диаграммы состояния из 3-х компонентов с двойным устойчивым химическим соединением.

Тройные диаграммы состояния с двойным неустойчивым химическим соединением.

Р-Т и Р-Т-Х- диаграммы состояния.

Основные параметры, характеризующие проводниковые материалы: удельная проводимость, температурный коэффициент удельной проводимости и др. Связь проводимости с электронной структурой материалов. Классификация проводниковых материалов.

Сверхпроводящие металлы и сплавы. Высокотемпературные сверхпроводники.

Области применения сверхпроводников.

Тугоплавкие металлы: вольфрам, молибден, рений, тантал, ниобий, цирконий и др. Сплавы тугоплавких металлов.

Благородные металлы: золото, серебро, платина, палладий.

Металлы со средним значением температуры плавления: железо, никель, кобальт.

Сплавы для электровакуумных приборов. Припой и флюсы. Материалы для катодов.

Резистивные сплавы на основе меди: манганин, константан. Хромоникелевые сплавы. Металлы и сплавы для термопар.

Неметаллические проводящие материалы: углеродистые материалы, природный графит, пиролитический углерод, контактолы.

Композиционные проводящие материалы. Жаростойкие материалы для нагревательных элементов на основе карбидов и силицидов.

Основные параметры, характеризующие полупроводниковые материалы: концентрация и подвижность электронов и дырок, температурный коэффициент удельной проводимости, ширина запрещенной зоны, энергия активации примесей и др.

Основные требования к полупроводниковым материалам.

Классификация полупроводниковых материалов по типу электропроводности, по химическому составу, по структуре.

Сырьевые материалы и получение кремния. Структура и физико-химические свойства кремния. Основные марки кремния, выпускаемые промышленностью. Применение кремния.

Сырьевые материалы и получение германия. Структура и физико-химические свойства германия. Основные марки германия, выпускаемые промышленностью. Применение германия. Аморфные германий и кремний.

Закономерности образования двойных полупроводниковых фаз. Алмазоподобные полупроводниковые фазы. Равновесные диаграммы состояния, содержащие полупроводниковые соединения.

Полупроводниковые соединения $A^{III}B^V$. Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение.

Твердые растворы на основе полупроводникового соединения $A^{III}B^V$.

Полупроводниковые соединения $A^{II}B^{VI}$. Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе.

Полупроводниковые соединения $A^{IV}B^{VI}$. Основные свойства. Дефекты структуры и примеси. Применение. Твердые растворы на их основе.

Полупроводниковые соединения A^IB^{VII} . Основные свойства. Карбид кремния. Основные физико-химические свойства. Явление полупроводимости. Применение.

Основные параметры, характеризующие магнитные материалы: магнитная проницаемость, индукция насыщения, остаточная индукция, коэрцитивная сила, коэффициент магнитострикции и др. Классификация магнитных материалов.

Общие требования к материалам. Технически чистое железо. Электротехнические стали. Пермаллои. Технологические вопросы, связанные с применением электротехнических сталей и пермаллоев.

Магнитомягкие ферриты. Магнитодиэлектрики.

Аморфные металлические сплавы.

Общие требования, предъявляемые к материалам. Стабильность постоянных магнитов. Намагничивание и размагничивание постоянных магнитов. Сплавы дисперсионного твердения.

Магнитотвердые ферриты. Магниты из порошков. Сплавы с редкоземельными элементами. Композиционные магнитотвердые материалы. Магнитные материалы для носителей магнитной записи и воспроизведения информации.

Материалы с прямоугольной петлей гистерезиса. Магнитострикционные материалы.

Основные тенденции и направления дальнейшего развития материаловедения. Разработка нетрадиционных материалов для различных устройств на основе новых физических принципов.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Коллоквиум проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 10 стандартных задач и 10 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 16 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 16 до 20 баллов.
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Прикладное материаловедение	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос
2	Промышленные материалы	ПК-2	Тест, зачет, устный опрос, КР

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.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Сапунов С.В. Материаловедение. Изд. Лань, 2015, 208 с
2. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. СПб Лань 2016
3. Янченко Л.И. Физическое материаловедение Учеб. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2005. 207 с.
4. Сост. Ю.Е. Калинин, Л.И. Янченко Методические указания к лабораторным работам № 1-5 по курсу «Физическое материаловедение» для бакалавров направления 223200 «Техническая физика» очной формы обучения / ВГТУ, Воронеж, 2012. 48 с. 68-2012
5. Пасынков В.В., Сорокин В.С. Материалы электронной техники Учебник. – СПб.: Лань, 2004 г. – 368 с
6. Калинин Ю.Е. , Янченко Л.И. Методические указания к лабораторным работам № 1-5 по курсу "Физическое материаловедение" для студентов направления 140400 «Техническая физика» очной формы обучения ВГТУ, Воронеж, 2008 г.
7. Янченко Л.И. Методические указания к выполнению курсовых работ по дисциплине «Физическое материаловедение» для студентов направления 16.03.01 «Техническая физика» (профиль «Физическая электроника») очной формы обучения ФГБОУ ВПО «Воронежский го-сударственный технический университет», Воронеж, 2015 № 471-2015
8. Богодухов С.И., Синюхин А.В., Козик Е.С. Курс материаловедения в вопросах и ответах. Машиностроение, 2014. -352 с. Уч. пособ
9. Осинцев О.Е. Диаграммы состояния двойных и тройных систем. Фазовые равновесия в сплавах. Машиностроение. Уч. пособ., 2014. 352 с.

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

Microsoft Word, Microsoft Excel, Internet Explorer, компьютерная программа для расчета микротвердости металлов и полупроводников и оценки погрешностей ее измерения, графическая обработка экспериментальных данных Origin 8.0, автоматизированная обработка результатов измерений в лаборатории.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная плакатами и пособиями по профилю.

1. Лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Учебно-научная лаборатория «Нанотехнологии и наноматериалы».

3. Учебно-научная лаборатория “Технология материалов электронной техники”.
 4. Учебно-научная лаборатория “Физических методов исследования”.
 5. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума.
 6. Образцы материалов с особыми свойствами. Лабораторное оборудование: печи, микроскопы, твердомеры, измерительные установки.
 7. Модели кристаллических решёток.
 8. Модель трехкомпонентной диаграммы состояния.
- Видеопроектор .

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

По дисциплине «Физическое материаловедение» читаются лекции, проводятся практические и лабораторные занятия, выполняется курсовая работа.

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 расчетов на основе диаграмм состояния, подбора материалов с заданными физическими свойствами, обусловленными структурными особенностями материала. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

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 удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр ре-

	комендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Подготовка к экзамену	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и решение задач на практических занятиях.