

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА» (НГТУ)

Образовательно-научный институт физико-химических технологий и
материаловедения (ИФХТиМ)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ИФХТиМ

_____ Мацулевич Ж.В.
(подпись) (ф. и. о.)

« 04 » июля 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ОД.5 Материаловедение для электронной промышленности

для подготовки бакалавров

Направление подготовки : 11.03.04 Электроника и микроэлектроника

Направленность: Технология материалов и изделий электроники и микроэлектроники

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2023

Выпускающая кафедра НиБ

Кафедра-разработчик МТМиТОМ

Объем дисциплины 108/3
часов/з.е

Промежуточная аттестация зачет

Разработчик (и): Беляев Евгений Сергеевич, к.т.н., доцент

г. Нижний Новгород, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины: разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 19 сентября 2017 г. № 927 на основании учебного плана принятого УМС НГТУ

протокол от 25.05.2023 № 22

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов» (МТМиТОМ), протокол от 27.06.2023 № 6

Зав. кафедрой МТМиТОМ д.т.н, профессор, Хлыбов А.А. _____
(подпись)

Программа рекомендована к утверждению ученым советом Института физико-химических технологий и материаловедения (ИФХТиМ), Протокол от 04.07.2023 № 11

Рабочая программа зарегистрирована в УМУ регистрационный № 11.03.04-н-29

Начальник МО _____

Заведующая отделом комплектования НТБ _____

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)	4
4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП.....	6
5. Структура и содержание дисциплины.....	7
6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины.....	13
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	16
8. Информационное обеспечение дисциплины	17
9. Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ.....	19
10. Материально-техническое обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине.....	19
11. Методические рекомендации обучающимся по освоению дисциплины.....	20
12. Оценочные средства для контроля освоения дисциплины.....	21

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цель освоения дисциплины:

Целью освоения дисциплины является освоение основных теоретических и практических аспектов в области материаловедения для электронной промышленности для решения исследовательских, практических и производственных задач.

Задачи освоения дисциплины (модуля):

- изучение технологических особенностей процессов получения и обработки различных материалов;
- изучение зависимости между составом, строением и свойствами основных материалов, используемых в электронной промышленности;
- формирование навыков рационального выбора и использования материалов в электронной промышленности.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Учебная дисциплина Б1.В.ОД.5 «Материаловедение для электронной промышленности» включена в перечень дисциплин вариативной части образовательной программы. Дисциплина реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, ОП ВО и УП, по направлению подготовки 11.03.04 Электроника и микроэлектроника.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: Физика, Химия, Материалы электронной техники.

Дисциплина «Материаловедение для электронной промышленности» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: Физико-химические основы технологии материалов и изделий электроники и микроэлектроники, Компоненты электронной техники, Оборудование и производство электронной техники, Научно-исследовательская работа, Преддипломная практика, Выполнение и защита ВКР.

Рабочая программа дисциплины «Материаловедение для электронной промышленности» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Таблица 1 – Формирование компетенций дисциплинами (очная форма обучения)

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины							
	1	2	3	4	5	6	7	8
ПК-2								
Материаловедение для электронной промышленности						*		
Процессы и аппараты производства изделий электронной техники							*	
Технология летучих высокочистых веществ для производства изделий электронной техники								*
Методы глубокой очистки веществ для микроэлектроники							*	
Физико-химические основы анализа высокочистых материалов							*	
Научно-исследовательская работа						*		

Наименование дисциплин, формирующих компетенцию совместно	Семестры, формирования дисциплины							
Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности						*		
Преддипломная практика								*
Выполнение и защита ВКР								*

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОП

Таблица 2 – Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства			
			Текущего контроля	Промежуточной аттестации		
ПК-5	Освоение дисциплины причастно к ТФ А/02.5 (ПС 40.058),					
Способен решать типовые задачи в технологических процессах производства материалов и компонентов электронной техники	ИПК-5.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	Знать: - классификацию, структуру, состав и свойства материалов, используемых, в частности, в технологиях материалов и компонентов электронной техники и наноэлектроники; - маркировку материалов, используемых, в частности, в технологиях материалов и компонентов электронной техники и наноэлектроники, по российским стандартам; - основные конструкционные и функциональные материалы, применяемые в технологии материалов и компонентов электронной и наноэлектронной техники.	Уметь: - рационально подобрать конструкционный материал для химико-технологического процесса (реактора, аппарата, машины и т.д.) с учетом методов защиты от возможного воздействия технологической среды.	Владеть: - методами определения свойств материалов, используемых, в частности, в технологиях материалов и компонентов электронной техники и наноэлектроники; - данными для принятия конкретных технических решений при разработке технологических процессов с точки зрения технико-экономической эффективности.	Решение кейс-задач; Контрольные вопросы; Тесты	Вопросы для устного собеседования

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. 108 часа, распределение часов по видам работ семестрам представлено в таблице 3.

Таблица 3

Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Для студентов очного обучения

Вид учебной работы	Трудоёмкость в час	
	Всего час.	В т.ч. по семестрам
		6 сем
Формат изучения дисциплины	с использованием элементов электронного обучения	
Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану	108	108
1. Контактная работа:	38	38
1.1. Аудиторная работа, в том числе:	34	34
занятия лекционного типа (Л)	17	17
занятия семинарского типа (ПЗ-семинары, практ. занятия и др)	17	17
лабораторные работы (ЛР)	-	-
1.2. Внеаудиторная, в том числе	4	4
курсовая работа (проект) (КР/КП) (консультация, защита)		
текущий контроль, консультации по дисциплине	2	2
контактная работа на промежуточной аттестации (КРА)	2	2
2. Самостоятельная работа (СРС)	70	70
реферат/эссе (подготовка)		
расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)		
контрольная работа		
курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)		
самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиум и т.д.)	50	50
Подготовка к зачету	20	20

5.2 Содержание дисциплины, структурированное по темам

Таблица 4 – Содержание дисциплины, структурированное по темам для студентов очного обучения

Планируемые (контролируемые) результаты освоения: код УК; ОПК; ПК и индикаторы достижения компетенций	Наименование разделов, тем	Виды учебной работы				Вид СРС	Наименование используемых интерактивных образовательных технологий	Реализация в рамках практической подготовки (трудоемкость в часах)
		Контактная работа			Самостоятельная работа студентов (СРС), час			
		Лекции, час	Лабораторные работы, час	Практические занятия, час				
6 семестр								
ПК-5: ИПК-5.1,	Раздел 1 Проводящие материалы							
	Тема 1.1 Физическая природа электропроводности металлов	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 569–570, [7.1.3], стр. 34–36	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Тема 1.2 Зависимость электропроводности металлов от температуры			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 47–48, [7.1.3], стр. 37–39	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
	Тема 1.3 Электрические свойства металлических сплавов	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 26–27, [7.1.3], стр. 40–41	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Тема 1.4 Сопротивление проводников на высоких частотах			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 41–42	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
	Тема 1.5 Сопротивление тонких металлических пленок. Размерный эффект	0,5		1	1	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 42–43	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Тема 1.6 Контактные явления в металлах	0,5		1	1	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 44	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
	Тема 1.7 Широко применяемые проводники	1			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 58-85	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
	Работа по освоению 1 раздела:							
	реферат, эссе (тема)							

расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа							
Итого по 1 разделу	3		4	12			
Раздел 2 Магнитные материалы							
Тема 2.1 Классификация магнитных материалов	1			3	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 526–528, [7.1.3], стр. 121–123	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 2.2 Магнитомягкие материалы	0,5		1	2	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 542–543, [7.1.3], стр. 124–125	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 2.3 Магнитотвердые материалы	0,5		1	2	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 559–560, [7.1.3], стр. 126–127	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Работа по освоению 2 раздела:							
реферат, эссе (тема)							
расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа							
Итого по 2 разделу	2		2	7			
Раздел 3 Способы получения монокристаллических материалов							
Тема 3.1 Выращивание монокристаллов из расплавов	0,5		1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 129–134	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 3.2 Выращивание монокристаллов из растворов	1		1	1	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 135–138	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 3.3 Выращивание монокристаллов из газовой среды	0,5		1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 139–140	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Работа по освоению 3 раздела:							
реферат, эссе (тема)							
расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа							
Итого по 3 разделу	2		3	5			
Раздел 4 Пленочные технологии							

Тема 4.1 Методы получения тонких пленок	0,5			3	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 141	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.2. Термическое вакуумное напыление				3	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 142–148	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.3. Катодное вакуумное распыление	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 149–151	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.4. Ионно-плазменное распыление	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 152–154	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.5. Магнетронное распыление	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 155	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.6. Лазерное распыление	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 156	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.7. Эллионные технологии	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 157	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.8. Эпитаксиальные процессы в технологии материалов электронной техники			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 594, [7.1.3], стр. 158-170	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 4.9. Химические методы осаждения пленок	1		1	1	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 170-174	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Работа по освоению 4 раздела:							
реферат, эссе (тема)							
расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа							
Итого по 4 разделу	4		2	19			
Раздел 5 Технологии подготовки и обработки полупроводниковых материалов							
Тема 5.1 Резка полупроводниковых материалов				3	Подготовка к лекциям [7.1.1], стр. 585–587, [7.1.3], стр. 175–177	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 5.2 Шлифование и полирование полупроводниковых пластин	0,5		1	1	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 178–179	Моделирование производственных процессов и ситуаций	

Тема 5.3 Химическая обработка поверхности полупроводников	1			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 180–183	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 5.4 Методы очистки поверхности			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 184–185	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 5.5 Фотолитография (операции, материалы)	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 186–193	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Работа по освоению 5 раздела:							
реферат, эссе (тема)							
расчётно-графическая работа (РГР)							
контрольная работа							
Итого по 5 разделу	2		2	10			
Раздел 6 Материалы нанoeлектроники: физические принципы, свойства, технологии							
Тема 6.1 Предпосылки перехода от микро- к нанoeлектронике	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 194–195	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 6.2 Понятие наноматериалов и их виды	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 196–198	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 6.3 Размерные эффекты			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 199–200	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 6.4 Внутренние размерные эффекты и их проявление			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 201–208	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 6.5 Изменение объёмных свойств наноматериалов	1		1	1	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 209–223	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
Тема 6.6 Методы получения наноматериалов	0,5			2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 223–251	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	
Тема 6.7 Методы исследования и аттестации наноматериалов			1	2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 251	Лекция-объяснение с частичным привлечением формы дискуссии, беседы	

	Тема 6.8 Технологии получения, функциональные свойства и применение изделий нанoeлектроники	0,5		2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 257-263	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Тема 6.9 Материалы и устройства молекулярной электроники	1		2	Подготовка к лекциям [7.1.3], стр. 264-266	Моделирование производственных процессов и ситуаций	
	Работа по освоению 6 раздела:						
	реферат, эссе (тема)						
	расчётно-графическая работа (РГР)						
	контрольная работа						
	Итого по 6 разделу	4	4	17			
	ИТОГО ЗА СЕМЕСТР	17	17	70			
	ИТОГО по дисциплине (в том числе не менее 20% с использованием интерактивных образовательных технологий)	17	17	70			

6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Типовые задания для текущего контроля усвоения знаний, умений и навыков представлены в оценочных материалах по дисциплине «Материаловедение для электронной промышленности», которые хранятся на кафедре «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов».

Типовые вопросы, выносимые на промежуточную аттестацию (зачет)

1. Классификация материалов и их свойства (механические, физические, технологические)
2. В чём заключается физическая природа электропроводности металлов? Модель свободных электронов.
3. Какова роль кристаллической решётки и дефектов в электропроводности металлов?
4. Почему электропроводность металлов уменьшается с ростом температуры?
5. Закон Маттиссена и его физический смысл.
6. Как изменяется удельное сопротивление металлов при криогенных температурах?
7. Электропроводность сплавов: причины снижения по сравнению с чистыми металлами.
8. Роль примесей и твёрдых растворов в формировании электрических свойств сплавов.
9. Что такое скин-эффект? Как он влияет на сопротивление проводников на высоких частотах?
10. Зависимость глубины скин-слоя от частоты и свойств материала.
11. Размерный эффект в тонких металлических плёнках: причины и проявления.
12. Как толщина плёнки влияет на её удельное сопротивление?
13. Контактные явления в металлах: природа контактного сопротивления.
14. Контакт металл–металл и металл–полупроводник: основные различия.
15. Почему медь и алюминий являются основными проводниками в электронике?
16. Сверхпроводимость: физическая природа и основные свойства.
17. Назначение специальных сплавов с высоким удельным сопротивлением.
18. Принцип работы термопар и требования к сплавам для них.
19. Назначение тугоплавких металлов в электронике.
20. Роль благородных металлов в электротехнике и микроэлектронике.
21. Неметаллические проводящие материалы: примеры и области применения.
22. Классификация магнитных материалов по магнитным свойствам.
23. Основные характеристики магнитных материалов: намагничённость, магнитная проницаемость, коэрцитивная сила.
24. Физическая природа ферромагнетизма.
25. Что такое магнитомягкие материалы и где они применяются?
26. Влияние структуры и доменной структуры на свойства магнитомягких материалов.
27. Магнитотвёрдые материалы: основные свойства и назначение.
28. Механизмы формирования высокой коэрцитивной силы.
29. Примеры магнитотвёрдых материалов и их применение.
30. 7. Способы получения монокристаллов
31. Методы выращивания монокристаллов из расплавов (Чохральского, Бриджмена и др.).
32. Принцип метода Чохральского.
33. Выращивание монокристаллов из растворов: особенности и преимущества.
34. Газофазные методы выращивания монокристаллов.
35. Сравнение методов получения монокристаллов: преимущества и ограничения.
36. Основные методы получения тонких плёнок и их классификация.
37. Принцип термического вакуумного напыления.
38. Катодное распыление: физическая сущность процесса.
39. Принцип работы магнетронного распыления и его преимущества.

40. Лазерное распыление: особенности и области применения.
41. Эпитаксия: определение и виды (гомо- и гетероэпитаксия).
42. Химические методы осаждения плёнок: классификация и примеры.
43. Методы резки полупроводниковых кристаллов.
44. Шлифование и полирование: назначение и отличия.
45. Химическая обработка поверхности: цели и методы.
46. Методы очистки поверхности полупроводников.
47. Основные операции фотолитографии.
48. Причины перехода от микро- к наноэлектронике.
49. Определение наноматериалов и их классификация.
50. Что такое размерные эффекты?
51. Внутренние и внешние размерные эффекты.
52. Как изменяются электрические свойства наноматериалов?
53. Магнитные свойства наноматериалов.
54. Оптические свойства наноструктур.
55. Механические свойства наноматериалов.
56. Химические и каталитические свойства наноматериалов.
57. Методы механического получения наноматериалов.
58. Механохимический синтез.
59. Газофазные методы получения наноматериалов.
60. Коллоидно-химические методы.
61. Электрохимические методы получения наноматериалов.
62. Методы исследования наноматериалов.
63. Квантовые точки: получение и свойства.
64. Методы литографии в наноэлектронике.
65. Методы получения углеродных нанотрубок.
66. Нанопроволоки: свойства и применение.
67. Молекулы-проводники и молекулы-изоляторы.
68. Молекулярные диоды.
69. Молекулярные транзисторы.
70. Молекулярные элементы памяти.

Типовые кейс-задачи:

1. Требуется разработать проводящие дорожки для высокочастотного СВЧ-модуля (частоты до 30 ГГц). Дорожки имеют толщину менее 200 нм и ширину порядка нескольких микрон. Необходимо минимизировать потери, нагрев и фазовые искажения сигнала. (Объяснить, какие физические эффекты будут определять сопротивление таких проводников; Указать, как проявляется скин-эффект и размерный эффект; Подобрать материал проводника и обосновать выбор; Предложить технологию получения плёнок; Указать возможные способы снижения сопротивления)

2. В микросхеме требуется сформировать надёжный омический контакт металл–полупроводник с минимальным контактным сопротивлением и высокой термостабильностью. Устройство будет работать при температурах до 200 °С. (Объяснить физическую природу контактного сопротивления; Различия между омическим и выпрямляющим контактом; Подобрать металл (или многослойную систему) для контакта; Предложить метод нанесения контактного слоя; Указать, какие процессы деградации возможны и как их минимизировать)

3. Необходимо разработать магнитопровод для импульсного источника питания (частоты 50–300 кГц). Требуется минимизировать потери на перемагничивание и вихревые токи. (Определить, к какому классу относятся требуемые материалы; Какие магнитные характеристики являются ключевыми? Объяснить причины магнитных потерь на высоких частотах. Подобрать материал (феррит, аморфный сплав, нанокристаллический и т. д.); Обосновать выбор структуры и технологии получения)

4. Требуется сформировать тонкую монокристаллическую плёнку полупроводника на подложке для высокоэффективного фотоприёмника. Критически важны: низкая плотность дефектов, высокая однородность и контролируемая толщина. (Объяснить, что такое эпитаксия и чем она отличается от обычного осаждения; Выбрать тип эпитаксии (молекулярно-лучевая, газофазная, жидкофазная); Обосновать выбор метода; Указать основные параметры процесса; Какие дефекты могут возникнуть и как их минимизировать?)

5. Необходимо разработать материал для сенсора газа с высокой чувствительностью. Известно, что использование наноструктур резко повышает чувствительность и быстродействие. (Объяснить, почему наноматериалы обладают особыми электрическими и химическими свойствами; Какие размерные эффекты здесь играют ключевую роль? Подобрать тип наноматериала (нанопроволоки, наночастицы, квантовые точки и т. д.); Предложить метод получения; Обосновать выбор с точки зрения физики процесса)

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Таблица 5 Шкала оценивания при текущем контроле (контрольные недели) и оценке выполнения практических работ

Шкала оценивания	Текущий контроль	Зачет
$40 < R \leq 50$	Отлично	зачет
$30 < R \leq 40$	Хорошо	
$20 < R \leq 30$	Удовлетворительно	
$0 < R \leq 20$	Неудовлетворительно	незачет

Таблица 6 – Критерии оценивания результата обучения по дисциплине и шкала оценивания

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Критерии оценивания результатов обучения			
		Оценка «неудовлетворительно» / «не зачтено» 0-70% от макс рейтинговой оценки контроля	Оценка «удовлетворительно» / «зачтено» 71-80% от макс рейтинговой оценки контроля	Оценка «хорошо» / «зачтено» 81-95% от макс рейтинговой оценки контроля	Оценка «отлично» / «зачтено» 96-100% от макс рейтинговой оценки контроля
ПК-5 Способен решать типовые задачи в технологических процессах производства материалов и компонентов электронной техники	ИПК-5.1. Знает порядок организации, планирования и проведения технологического процесса	Не дается верных ответов на большую часть основных и дополнительных вопросов по содержанию экзаменационного билета; обнаружено незнание или непонимание студентом сущностной части предмета; допускаются существенные фактические ошибки, которые студент не может исправить самостоятельно.	Знания имеют фрагментарный характер, отличаются поверхностностью и малой содержательностью билета раскрыто слабо, имеются неточности при ответе на основные вопросы билета; программные материал в основном излагается, но допущены фактические ошибки; ответ носит репродуктивный характер; студент не может обосновать закономерности и принципы, объяснить факты; нарушена логика изложения, отсутствует осмысленность представляемого материала; у студента отсутствуют представления о межпредметных связях.	Знания имеют достаточный содержательный уровень, однако отличаются слабой структурированностью; раскрыто содержание билета, имеются неточности при ответе на дополнительные вопросы; в ответе имеют место несущественные фактические ошибки, которые студент способен исправить самостоятельно, благодаря наводящему вопросу; недостаточно раскрыта проблема по одному из вопросов билета; недостаточно логично построено изложение вопроса; ответ прозвучал недостаточно уверенно; студент не смог показать способность к интеграции и адаптации знаний или теории и практики. Не может ответить на все дополнительные вопросы.	Знания отличаются глубиной и содержательностью, дается полный исчерпывающий ответ, как на основные вопросы билета, так и на дополнительные: студент свободно владеет научными понятиями; студент способен к интеграции знаний по определенной теме, структурированию ответа, к анализу положений существующих теорий, научных школ, направлений по вопросу билета; логично и доказательно раскрывает проблему, предложенную в билете; ответ не содержит фактических ошибок и характеризуется глубиной, полнотой, уверенностью студента; ответ иллюстрируется примерами, в том числе из собственной практики; студент демонстрирует умение вести диалог и вступать в научную дискуссию. Правильно отвечает на все дополнительные вопросы.

Оценка	Критерии оценивания
Высокий уровень «5» (отлично) – «зачет»	оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.
Средний уровень «4» (хорошо) – «зачет»	оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно) – «зачет»	оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно) – «незачет»	оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Учебная литература, печатные издания библиотечного фонда

Учебно-методическое обеспечение дисциплины реализуется в рамках функционирующей в вузе электронной информационно-образовательной среды. В дополнение к этому в образовательном процессе используется библиотечный фонд печатных изданий.

7.1.1 Материаловедение : Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов [и др.]; Под общ.ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г. Мухина. - 4-е изд.,стер. - М. : Изд-во МГТУ им.Н.Э.Баумана, 2002. - 648 с.

7.1.2 Материаловедение и технология материалов : Учебник / Г. П. Фетисов [и др.] ; Под ред. Г.П.Фетисова. - 7-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2014. - 768 с.

7.1.3 Марков, В. Ф. Материалы современной электроники : [учеб. пособие] / В. Ф. Марков, Х. Н. Мухамедзянов, Л. Н. Маскаева ; [под общ. ред. В. Ф. Маркова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 272 с.

7.2. Справочно-библиографическая литература

7.2.1 Богодухов, С.И. Курс материаловедения в вопросах и ответах: Учеб.пособие / С.И. Богодухов, А.В. Синюхин, Е.С. Козик. - 3-е изд.,перераб.и доп. - М. : Машиностроение, 2010. - 350 с.

7.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

7.3.1. Материаловедение и упрочняющая обработка конструкционных материалов : Лаб. практикум для студ. и магистрантов всех форм обучения машиностроительных и химико-технол.спец. / НГТУ им. Р.Е.Алексеева, ИФХТиМ; Сост.:Б.В.Бугров, Т.В.Нуждина, М.Н.Чеэрова. - Н.Новгород : [Б.и.], 2016. - 55 с.

7.3.2. Материаловедение и технология конструкционных материалов: Метод. указания к лабораторно-практ. работам для студ. направления 150400 очной и очно-заочной форм обучения. Ч.2 / НГТУ им.Р.Е.Алексеева; Сост.:Т.В.Комарова, М.Н.Чеэрова, Т.В.Нуждина. - Н.Новгород : [Б.и.], 2011. - 37 с.

7.4 Перечень журналов по профилю дисциплины:

- 7.4.1 «Известия высших учебных заведений. Материалы электронной техники» .Сайт: <https://met.misis.ru/jour>
- 7.4.2 Journal of Electronic Materials (JEM) — Сайт: <https://link.springer.com/journal/11664>
- 7.4.3 Journal of Materials Science: Materials in Electronics — Сайт: <https://www.springer.com/journal/10854/>
- 7.4.4 Electronic Materials (MDPI) — Сайт: <https://www.mdpi.com/journal/electronicmat>
- 7.4.5 Advanced Electronic Materials (Wiley-VCH) — Сайт: <https://www.wiley.com/en-us/journals/Advanced%2BElectronic%2BMaterials-p-2199160X>
- 7.4.6. Научный журнал «Молодой ученый». Сайт — moluch.ru.
- 7.4.7. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» . Сайт — <https://cyberleninka.ru>

8. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебный процесс по дисциплине обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства (состав по дисциплине определен в настоящей РПД и подлежит обновлению при необходимости).

8.1 Перечень информационных справочных систем

Перечень программных продуктов, используемых при проведении различных видов занятий по дисциплине (открытый доступ):

1. Научная электронная библиотека E-LIBRARY.ru. – Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp>
2. [Электронная библиотечная система Поволжского государственного университета сервиса](http://elibrary.ru/defaultx.asp) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elib.tolgast.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://znanium.com/>. – Загл. с экрана.
4. Открытое образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://openedu.ru/>. - Загл с экрана.
5. Базы данных Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН) по естественным, точным и техническим наукам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.viniti.ru>. – Загл. с экрана.
6. Университетская информационная система Россия [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://uisrussia.msu.ru/>. – Загл. с экрана.
7. Федеральный портал. Российское образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.edu.ru/> – Загл. с экрана.
8. Российский образовательный портал [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.school.edu.ru/default.asp> – Загл. с экрана.
9. «Инжиниринг» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.enginrussia.ru> – Загл. с экрана.
10. Университетские сети знаний [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.unicor.ru> – Загл. с экрана.
11. Федеральный образовательный портал. Инженерное образование [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.techno.edu.ru> – Загл. с экрана.
12. Портал для студентов для поиска информации по изучаемым дисциплинам [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.twirpx.com> – Загл. с экрана.
13. Образовательный математический сайт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.exponenta.ru – Загл. с экрана.
14. Портал «Металлург» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: www.bestmetallurg.narod.ru – Загл. с экрана.

Таблица 7. Перечень электронных библиотечных систем

№	Наименование ЭБС	Ссылка к ЭБС
1	Консультант студента	http://www.studentlibrary.ru/
2	Лань	https://e.lanbook.com/
3	Юрайт	https://biblio-online.ru/
4	TNT-ebook	https://www.tnt-ebook.ru/

8.2 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства необходимого для освоения дисциплины

Таблица 8. Программное обеспечение

Программное обеспечение, используемое в университете на договорной основе	Программное обеспечение свободного распространения
Microsoft Windows 7 (подписка MSDN 4689, подписка DreamSparkPremium, договор № Tr113003 от 25.09.14)	Adobe Acrobat Reader (FreeWare) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader.html
Microsoft Office Professional Plus 2007 (лицензия № 42470655)	OpenOffice (FreeWare) https://www.openoffice.org/ru/

8.3 Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

В таблице 9 указан перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, к которым обеспечен доступ (удаленный доступ). Данный перечень подлежит обновлению в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

В данном разделе могут быть приведены ресурсы (ссылки на сайты), на которых можно найти полезную для курса информацию, в т.ч. статистические или справочные данные, учебные материалы, онлайн курсы и т.д.

Таблица 9 - Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№	Наименование профессиональной базы данных, информационно-справочной системы	Доступ к ресурсу (удаленный доступ с указанием ссылки/доступ из локальной сети университета)
1	2	3
1	База данных стандартов и регламентов РОССТАНДАРТ	https://www.gost.ru/portal/gost//home/standarts
2	Базы данных Национального совета по оценочной деятельности	http://www.ncva.ru
3	Справочная правовая система «КонсультантПлюс»	доступ из локальной сети
4	Информационно-справочная система «Техэксперт»	доступ из локальной сети

9. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОВЗ

В таблице 10 указан перечень образовательных ресурсов, имеющих формы, адаптированные к ограничениям их здоровья, а также сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования. При заполнении таблицы может быть использована информация, размещенная в подразделе «Доступная среда» специализированного раздела сайта НГТУ «Сведения об образовательной организации» <https://www.ntu.ru/sveden/>

Таблица 10 - Образовательные ресурсы для инвалидов и лиц с ОВЗ

№	Перечень образовательных ресурсов, приспособленных для использования инвалидами и лицами с ОВЗ	Сведения о наличии специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования
1	2	3
1	ЭБС «Консультант студента»	озвучка книг и увеличение шрифта
2	ЭБС «Лань»	специальное мобильное приложение - синтезатор речи, который воспроизводит тексты книг и меню навигации
3	ЭБС «Юрайт»	версия для слабовидящих

Адаптированные образовательные программы (АОП) в образовательной организации не реализуются в связи с отсутствием в контингенте обучающихся лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), желающих обучаться по АОП. Согласно Федеральному Закону об образовании 273-ФЗ от 29.12.2012 г. ст. 79, п.8 "Профессиональное обучение и профессиональное образование обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляются на основе образовательных программ, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся". АОП разрабатывается по каждой направленности при наличии заявлений от обучающихся, являющихся инвалидами или лицами с ОВЗ и изъявивших желание об обучении по данному типу образовательных программ.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, НЕОБХОДИМОЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Учебные аудитории для проведения занятий по дисциплине, оснащены оборудованием и техническими средствами обучения

В таблице 11 перечислены:

— учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

— помещения для самостоятельной работы обучающихся, которые должны оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную, информационно-образовательную среду НГТУ.

Таблица 11 – Оснащенность аудиторий и помещений для самостоятельной работы студентов по дисциплине

№	Наименование аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность аудиторий помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Учебная аудитория № 1153 учебного корпуса № 1	1. Доска меловая; 2. Экран настенный; 3. Мультимедийный проектор (BenQ); 4. Переносной ноутбук 5. Рабочее место преподавателя 6. Рабочее место студента - 12 чел.	Microsoft Windows 10 P7 office(C/н 5260001439) Dr.Web (с/н GMN9-DSLH-G4U1-LW6H от 11.05.2023) Adobe Acrobat Reader DC-Russian

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ОБУЧАЮЩИМСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

11.1 Общие методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- балльно-рейтинговая технология оценивания;
- интерактивные технологии;
- дискуссии;
- разбор конкретных ситуаций.

При преподавании дисциплины «Материаловедение для электронной промышленности», используются современные образовательные технологии, позволяющие повысить активность студентов при освоении материала курса и предоставить им возможность эффективно реализовать часы самостоятельной работы.

На лекциях, практических занятиях реализуются интерактивные технологии, приветствуются вопросы и обсуждения, используется личностно-ориентированный подход, технология работы в малых группах, что позволяет студентам проявить себя, получить навыки самостоятельного изучения материала, выровнять уровень знаний в группе.

Все вопросы, возникшие при самостоятельной работе над домашним заданием, подробно разбираются на практических занятиях и лекциях. Проводятся индивидуальные и групповые консультации с использованием, как встреч студентами, так и современных информационных технологий: электронная почта, ZOOM.

Иницируется активность студентов, поощряется задание любых вопросов по материалу, практикуется индивидуальный ответ на вопросы студента, рекомендуются методы успешного самостоятельного усвоения материала в зависимости от уровня его базовой подготовки.

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов в процессе текущего контроля.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета с учетом текущей успеваемости.

Методические указания для занятий лекционного типа, по освоению дисциплины на практических занятиях и по самостоятельной работе находятся в оценочных материалах по дисциплине «Материаловедение для электронной промышленности», которые хранятся на кафедре «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов».

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости
Для текущего контроля знаний студентов по дисциплине проводится комплексная оценка знаний, включающая:

- Ответы на контрольные вопросы;
- решение кейс-задач;
- ответы на тесты;
- зачет.

Типовые задания по каждому виду текущего контроля представлены в оценочных материалах по дисциплине «Материаловедение для электронной промышленности», которые хранятся на кафедре «Материаловедение, технологии материалов и термическая обработка металлов».