

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО ВГУ)



УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

физики полупроводников и микроэлектроники

факультет

*(Е.Н.Бормонтов)* (Е.Н.Бормонтов)

01.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**  
*Б1.В.01 Материалы электронной техники*

1. Шифр и наименование направления подготовки/специальности: **11.03.04**  
*Электроника и микроэлектроника*

2. Профиль подготовки/специализации: \_\_\_\_\_

*Интегральная электроника и микроэлектроника*

3. Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

4. Форма образования: очная

5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины: \_\_\_\_\_  
*физики полупроводников и микроэлектроники*

6. Составители программы: Жукалин Дмитрий Алексеевич,  
*кандидат физико-математических наук*

7. Рекомендована: НМС физического факультета протокол №5 от 25.05.2023

8. Учебный год: 2025-2025 Семестр: 5

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

Целью освоения дисциплины «Материалы электронной техники» является формирование знаний по классификации, назначению и применению материалов электронной техники, физической сущности процессов, определяющих свойства материалов, технологии получения и методов контроля их свойств.

Задачи изучения дисциплины – приобретение навыков создания адекватных физических и математических моделей; проведения вычислений и анализа результатов расчетов при изучении работы элементов электронной техники.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина включена в число дисциплин обязательной части блока Б1 по направлению подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**.

До изучения дисциплины «Материалы электронной техники» студент должен:

- знать фундаментальные законы природы и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма;
- уметь выявлять естественнонаучную сущность проблем и применять физические законы для решения задач теоретического, экспериментального и прикладного характера;
- владеть навыками выполнения физических экспериментов, обработки и интерпретации их результатов.

В результате прохождения данной дисциплины обучающийся должен приобрести знания, умения, навыки общепрофессиональных компетенций, необходимых для обеспечения обобщенных трудовых функций с выбранными трудовыми функциями профессиональных стандартов 40.035 Инженер-конструктор аналоговых сложно-функциональных блоков (СФ-блоков) и 40.058 Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники.

Знания, полученные при освоении дисциплины «Материалы электронной техники», необходимы для изучения дисциплин «Схемотехника», «Специальные вопросы физики», «Физические основы электроники», «Наноэлектроника».

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:**

Компетенции		Индикаторы		Планируемые результаты обучения
Код	Наименование компетенции	Код(ы)	Наименование индикатора(ов)	
ПК-3	Способен выполнять работы по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники	ПК-3.1	Выбирает конструкционные материалы и определяет типоразмеры заготовок для изделий микроэлектроники	<i>Знать:</i> - физическую сущность процессов и явлений, протекающих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах в различных условиях эксплуатации; - физические и математические модели процессов и явлений, основные законы и закономерности, на которых основано применение различных материалов в электронных приборах

				<p>- основные характеристики материалов: электрические, оптические, тепловые, механические и т.д.</p> <p><i>Уметь:</i></p> <p>- работать с технологической документацией на изготовление изделий микроэлектроники</p>
		ПК-3.2	<p>Определяет состав средств технологического оснащения для разрабатываемых процессов производства изделий микроэлектроники</p>	<p><i>Знать:</i></p> <p>- методы расчета основных параметров элементов электронной техники</p> <p><i>Уметь:</i></p> <p>- измерять основные параметры проводящих, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалов</p> <p><i>Владеть:</i> выбирать и использовать для расчета параметров исследуемого материала конкретные методы, сравнивать результаты расчета, полученные различными методами</p>
ПК-4	<p>Готов организовать метрологическое обеспечение производства материалов и изделий электронной техники</p>	ПК-4.2	<p>Выявляет причины брака и приближения параметров к предельно допустимым при изготовлении изделий микроэлектроники</p>	<p><i>Знать:</i></p> <p>- общие свойства различных групп материалов, используемых в электронных приборах и устройствах;</p> <p>- методы расчета основных параметров элементов электронной техники</p> <p><i>Уметь:</i></p> <p>- измерять, рассчитывать, контролировать основные параметры технологических операций;</p> <p>- пользоваться различными законами и закономерностями для объяснения физических принципов функционирования электронных приборов;</p> <p>- прогнозировать изменение свойств материалов при изменении внешних условий или воздействий: давления, температуры, электрических и магнитных полей, освещения, радиационных воздействий</p> <p><i>Владеть:</i> принципами построения и реализации электронных приборов</p>

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/часах в соответствии с учебным планом — 5/180.**

**Форма промежуточной аттестации – экзамен**

**13 Трудоёмкость по видам учебной работы:**

Вид учебной работы	Трудоёмкость (часы)	
	Всего	По семестрам
		5 сем.
Аудиторные занятия	40	40
в том числе:		
лекции	16	16
лабораторные работы	34	34
Самостоятельная работа	94	94
Экзамен	36	36
Итого:	180	180

**13.1 Содержание разделов дисциплины:**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины
<b>1. Лекции</b>		
1.1	Общие сведения о материалах электронной техники	Введение. Общая классификация материалов по составу, свойствам и техническому назначению. Структура атомов. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел. Кристаллы. Дефекты в строении кристаллических тел. Динамика кристаллической решетки. Энергетические зоны в кристаллах.
1.2	Металлы и сплавы	Общие сведения о проводниках, характеристика проводящих и резистивных материалов во взаимосвязи с их применением в электронной технике. Физическая природа электропроводности металлов и сплавов. Влияние температуры, примесей и других структурных дефектов на удельное сопротивление металлов. Сверхпроводящие металлы и сплавы.
1.3	Полупроводниковые материалы	Характеристика и основные физико-химические, электрические и оптические свойства элементарных полупроводников, полупроводниковых соединений и твердых растворов на их основе. Концентрация носителей в собственных и примесных полупроводниках. Процессы переноса носителей заряда в полупроводниках, физическая природа электропроводности полупроводников. Неравновесные носители заряда. Электропроводность в сильных электрических полях. Контактные явления в полупроводниках. Контакт металл-полупроводник. Электронно-дырочный и гетеропереходы. Электрический пробой. Эффект Холла. Германий, кремний, арсенид галлия, карбид кремния. Примеры реализации полупроводниковых структур в приборах и устройствах электроники.

1.4	Диэлектрические материалы	Основные физические процессы в диэлектриках и способы их описания. Электропроводность диэлектриков. Фазовые переходы. Классификация диэлектриков по типам структур. Электрическая прочность и пробой. Электрическая поляризация и диэлектрические потери. Основные уравнения пьезоэффекта и электрострикции. Пьезопреобразователи энергии электрических сигналов. Полярные диэлектрики. Электреты. Пирозлектрики и их техническое применение. Нелинейные диэлектрики и их применение. Электрооптические и акустооптические эффекты, их применение. Диэлектрические среды для генерации когерентного излучения и преобразования частоты.
1.5	Магнитные материалы	Применение магнитных материалов в электротехнике. Намагниченность и магнитная проницаемость ферромагнетиков. Ферромагнетики в переменных магнитных полях. Магнитные свойства ферритов. Магнитные пленки. Методы исследования материалов и элементов электронной техники.
<b>2. Лабораторные работы</b>		
2.1	Общие сведения о материалах электронной техники	
2.2	Металлы и сплавы	Лабораторная работа 1. Определение сопротивления проводника Лабораторная работа 2. Исследование температурной зависимости сопротивления проводника
2.3	Полупроводниковые материалы	Лабораторная работа 3. Исследование температурной зависимости удельной проводимости полупроводника Лабораторная работа 4. Изучение свойств полупроводника на основе исследования нелинейных резисторов Лабораторная работа 7. Атомно-силовая микроскопия наноматериалов
2.4	Диэлектрические материалы	Лабораторная работа 5. Определение диэлектрической проницаемости изоляционных материалов
2.5	Магнитные материалы	Лабораторная работа 6. Измерение динамической кривой намагничивания ферромагнетиков

### 13.2 Разделы дисциплины и виды занятий:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий (часов)			
		Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего
1	Общие сведения о материалах электронной техники	2		6	8
2	Металлы и сплавы	2	8	24	34
3	Полупроводниковые материалы	8	18	44	70
4	Диэлектрические материалы	2	4	20	26
5	Магнитные материалы	2	4	10	16
	Экзамен				36
	Всего	16	34	94	180

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины:

Изучение дисциплины «Материалы электронной техники» предусматривает осуществление учебной деятельности состоящей из двух частей: обучения студентов преподавателем и самостоятельной учебной деятельности студентов по изучению дисциплины.

В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.). Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Подготовка к лекциям является одним из видов самостоятельной работы студентов-магистров. Студентам, чтобы хорошо овладеть учебным материалом, необходимо выработать навыки правильной и планомерной работы. Перед началом лекционных занятий надо просмотреть все, что было сделано в предыдущий раз. Это позволит сосредоточить внимание и восстановить в памяти уже имеющиеся знания по данному предмету. Кроме того, такой метод поможет лучше запомнить как старое, так и новое, углубит понимание того и другого, так как при этом устанавливаются связи нового со старым, что является не только обязательным, но и основным условием глубокого овладения материалом. Чем детальнее изучаемое ассоциируется с известным ранее, тем прочнее сохраняется в памяти и быстрее вспомнить, когда требуется.

Приступая к изучению нового материала, необходимо сосредоточиться, т.е. сконцентрировать внимание и не отвлекаться от выполняемой работы, помня, что желание запомнить является гарантией успешной работы, отсутствие же воли к запоминанию снижает эффект восприятия.

Следует помнить о том, что через лекцию передается не только систематизированный теоретический материал, но и постигается методика научного исследования и умение самостоятельно работать, анализировать различного рода явления.

Записывать на лекции необходимо главное, не стремясь зафиксировать все слово в слово. Выбрать же главное без понимания предмета невозможно. Наличие собственного конспекта лекций позволяет еще раз ознакомиться, продумать, разобраться в новом материале, так как недостаточно хорошо понятые во время лекции положения могут быть восстановлены в памяти, сопоставлены с другими, додуманы, дополнены, уяснены и расширены с помощью учебной литературы. Записи являются пособиями для повторения, дают возможность охватить содержание лекции и всего курса в целом.

При этом хорошо овладеть содержанием лекции – это:

- знать тему;
- понимать значение и важность ее в данном курсе;
- четко представлять план;
- уметь выделить основное, главное;
- усвоить значение примеров и иллюстраций;
- связать вновь полученные сведения о предмете или явлении с уже имеющимися;
- представлять возможность и необходимость применения полученных сведений.

Существует несколько общих правил работы на лекции:

- лекции по каждому предмету записывать удобнее в отдельных тетрадях, оставляя широкие поля для пометок;

- к прослушиванию лекций следует готовиться, что позволит в процессе лекции отделить главное от второстепенного;
- лекции необходимо записывать с самого начала, так как оно часто бывает ключом ко всей теме;
- так как дословно записать лекцию невозможно, то необходимо в конспекте отражать: формулы, определения, схемы, трудные места, мысли, примеры, факты и положения от которых зависит понимание главного, новое и незнакомое, неопубликованные данные, материал отсутствующий в учебниках и т.п.;
- записывать надо сжато;
- во время лекции важно непрерывно сохранять рабочую установку, умственную активность.

Изучение теоретического материала в данном курсе не ограничивается подготовкой к лекциям и работой на данном виде занятий. Лекционная часть курса органически взаимосвязана с иными видами работ: написанием рефератов, участием в семинарских и лабораторных занятиях, подготовкой и сдачей зачета по дисциплине, в структуре которых также большое значение имеет самостоятельная работа студента.

Самостоятельная работа обучающихся наряду с аудиторной представляет одну из форм учебного процесса и является существенной ее частью, что наиболее ярко представлено в процессе подготовки бакалавров. Последнее обусловлено тем, что самостоятельная работа предназначена для формирования навыков самостоятельной работы как вообще, так и в учебной, научной деятельности, формирование и развитие способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решать проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа формирует самостоятельность не только как совокупность умений и навыков, но и как черту характера, играющую существенную роль в структуре личности современного специалиста высшей квалификации. Никакие знания, полученные на уровне пассивного восприятия, не ставшие объектом собственной умственной или практической работы, не могут считаться подлинным достоянием человека.

Давая возможность расширять и обогащать знания, умения по индивидуальным направлениям, самостоятельная работа обучающегося позволяет создать разносторонних специалистов. В процессе самостоятельной работы развивают творческие возможности обучающегося, при этом самостоятельная работа завершает задачи всех видов учебной работы.

Самостоятельная работа - это планируемая работа обучающихся, выполняемая по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Преподаватель, ведущий занятия, организует, направляет самостоятельную работу обучающихся и оказывает им необходимую помощь. Однако самостоятельность обучающихся должна превышать объем работы, контролируемой преподавателем работы, и иметь в своей основе индивидуальную мотивацию обучающегося по получению знаний, необходимых и достаточных для будущей профессиональной деятельности в избранной сфере. Преподаватель при необходимости может оказывать содействие в выработке и коррекции данной мотивации, лежащей в основе построения самостоятельной деятельности обучающегося по изучению дисциплины, получению необходимых знаний и навыков.

Получение образования предполагает обучение решению задач определенной сферы деятельности. Однако, как бы хорошо не обучались обучающиеся способам решения задач в аудитории, сформировать средства практической деятельности не удастся, так как каждый случай практики особый и для его решения следует выработать особый профессиональный стиль мышления.

Основой самостоятельной работы служит научно-теоретический курс, комплекс полученных обучающимся знаний. Основной, наиболее экономичной формой получения и

усвоения информации, теоретических знаний в вузе является лекция, позволяющая воспринять значительную сумму основных знаний и потому способствующая повышению продуктивности всех других форм учебного труда.

Результат обучения и самостоятельной работы обучающегося предполагает наличие следующих составляющих:

- понимание методологических основ построения изучаемых знаний;
- выделение главных структур учебного курса;
- формирование средств выражения в данной области;
- построение методик решения задач и ориентации в проблемах (ситуациях).

Самостоятельная работа обучающихся при изучении «Материалы электронной техники» включает в себя: подготовку и участие в изучении теоретической части курса, подготовку к экзамену.

Самостоятельная работа студента при изучении «Материалы электронной техники» включает в себя:

изучение теоретической части курса	- 40 часов
подготовка и выполнение лабораторных работ	- 44 часа
подготовка к экзамену	- 10 часов
итого - 94 часа	

### 13. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Физико-химия наночастиц, наноматериалов и наноструктур : учебное пособие / А. А. Барыбин, В. А. Бахтина, В. И. Томилин, Н. П. Томилина. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2011. – 236 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229593">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229593</a> – ISBN 978-5-7638-2396-7. – Текст : электронный.
2	Легостаев, Н. С. Материалы электронной техники : учебное пособие / Н. С. Легостаев. — Москва : ТУСУР, 2014. — 239 с. — ISBN 978-5-86889-679-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/110346">https://e.lanbook.com/book/110346</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Таиров Ю.М. Технология полупроводниковых и диэлектрических приборов / Ю.М. Таиров, В.Ф. Цветков . - СПб. : Лань, 2002 .— 422 с. Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
4	Степаненко И.П. Основы микроэлектроники / И.П.Степаненко. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 488 с. Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>
5	Калашников, Е. Г. Введение в материаловедение : учебное пособие / Е. Г. Калашников. — Ульяновск : УлГУ, 2019. — 204 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/166074">https://e.lanbook.com/book/166074</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6	Герасименко Н.Н. Кремний - материал наноэлектроники / Н. Герасименко, Ю. Пархоменко . - М. : Техносфера, 2007 . - 351 с. Электронно-библиотечная система. — URL : <a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a>

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
7	Вознесенский, Э. Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии : учебное пособие / Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский



	технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. – 184 с. : табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428294">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428294</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-7882-1545-7. – Текст : электронный.
8	Филимонова, Н. И. Методы исследования микроэлектронных и нанозлектронных материалов и структур: сканирующая зондовая микроскопия : учебное пособие : [16+] / Н. И. Филимонова, Б. Б. Кольцов. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – Часть I. – 134 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228943">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=228943</a> – ISBN 978-5-7782-2158-1. – Текст : электронный.
9	Томилин, В. И. Физическое материаловедение. В 2 частях : учебное пособие / В. И. Томилин, Н. П. Томилина, В. А. Бахтина. – Красноярск : Сибирский федеральный университет (СФУ), 2012. – Часть 1. Пассивные диэлектрики. – 280 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229343">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=229343</a> – ISBN 978-5-7638-2510-7. – Текст : электронный.
10	Брусенцов, Ю. А. Материалы твердотельной микро- и нанозлектроники : учебное пособие / Ю. А. Брусенцов, А. М. Минаев ; Тамбовский государственный технический университет. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет (ТГТУ), 2012. – 80 с. : табл., граф., схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=437072">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=437072</a> – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-8265-1087-2. – Текст : электронный.
11	Бялик, А. Д. Материалы электронной техники. Полупроводники. Проводниковые материалы. Магнитные материалы : учебное пособие / А. Д. Бялик, Р. П. Дикарева, Т. С. Романова. — Новосибирск : НГТУ, 2017. — 99 с. — ISBN 978-5-7782-3222-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/118106">https://e.lanbook.com/book/118106</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
12	Мельников, А. Г. Материаловедение : учебное пособие / А. Г. Мельников. — 2-е изд., испр. и доп. — Томск : ТПУ, 2016. — 224 с. — ISBN 978-5-4387-0680-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/107720">https://e.lanbook.com/book/107720</a> (дата обращения: 14.12.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
13	Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие / В. А. Илюшин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 114 с. — ISBN 978-5-7782-3858-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/152132">https://e.lanbook.com/book/152132</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.
14	Перевертов, В. П. Материаловедение : учебное пособие / В. П. Перевертов. — Самара : СамГУПС, 2016. — 136 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/130341">https://e.lanbook.com/book/130341</a> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы:

№ п/п	Источник
1	Портал Электронный университет ВГУ < <a href="https://edu.vsu.ru">https://edu.vsu.ru</a> >
2	ЗНБ ВГУ < <a href="http://www.lib.vsu.ru">http://www.lib.vsu.ru</a> >
3	Портал "Микроэлектроника" <URL: <a href="http://www.gaw.ru/">http://www.gaw.ru/</a> >
4	National Nanotechnology Initiative <URL: <a href="http://www.nano.gov">http://www.nano.gov</a> >
5	OSTEC – оборудование для микроэлектроники < <a href="http://www.ostec-micro.ru">http://www.ostec-micro.ru</a> >
6	Федеральный портал «Российское образование» <a href="http://www.edu.ru">http://www.edu.ru</a>

## 16. Учебно-методическое обеспечение для организации самостоятельной работы:

№ п/п	Источник
1	Материаловедение: лабораторный практикум : практикум / сост. В. М. Гончаров ; Се-

	веро-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2017. – 115 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <a href="https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=494773">https://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=494773</a> – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.
2	1Терехов В. А. Задачник по электронным приборам : учебное пособие/ В. А. Терехов. - 3-е изд. , перераб. и доп.. -СПб.: Лань, 2003. -280 с.

## **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины:**

Метод преподавания – проблемный, форма обучения – групповая, форма общения – интерактивная. В учебном процессе используются следующие образовательные технологии по образовательным формам: лекции; индивидуальные занятия. По преобладающим методам и приемам обучения: объяснительно-иллюстративные (объяснение, показ–демонстрация учебного материала и др.); активные (анализ учебной и научной литературы, составление схем и др.) и интерактивные, в том числе и групповые (взаимное обучение в форме подготовки и обсуждения докладов); информационные; компьютерные; мультимедийные (работа с сайтами академических структур, научно-исследовательских организаций, электронных библиотек и др., разработка презентаций, сообщений и докладов, работа с электронными обучающими программами и т.п.). Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа - мультимедийный кабинет кафедры ФППиМЭ: стационарный мультимедийный проектор Acer X125H – 1 шт., ноутбук emachines e510 – 1 шт.; Microsoft Windows 7, Windows 10 договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019. Учебный фильм «На пути к нанотехнологиям».

Лаборатория спецпрактикумов кафедры ФППиМЭ: цифровые осциллографы АК ИП 4115/4А - 5 шт., функциональные генераторы Rigol DG1022 - 5 шт., измерители RLC E7-12 - 2 шт.; лабораторный стенд для исследования полупроводниковых свойств твердых тел - 1 шт., лабораторный макет для определения типа проводимости п/п – 1 шт.; лабораторный макет для измерения удельного сопротивления п/п – 1 шт.; лабораторный макет для изучения внутреннего фотоэффекта в п/п – 1 шт., компьютеры Pentium DualCore - 5 шт.; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019; открытый программный пакет LAMMPS Molecular Dynamics Simulator

Лаборатория функциональных наноматериалов: анализатор размеров наночастиц Photocor Mini – 1 шт.; аналитические весы VIBRA HT 84RCE – 1 шт.; ультразвуковой диспергатор УЗД1-0,063/22 – 1 шт.; микроинтерферометр МИИ4 – 1 шт.

Аудитория для самостоятельной работы студентов: Сервер на базе 2-х процессоров Xeon E5-2620 v3. – 1 шт., компьютеры HP ProDesk 400 G6 SFF – 9 шт., компьютеры Pentium Dual Core - 2 шт. , подключенные к сети Интернет и с обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ВГУ; Microsoft Windows 7, договор 3010-15/207-19 от 30.04.2019 Для обеспечения освоения дисциплины необходимо наличие учебной аудитории, снабженной мультимедийными средствами для представления презентаций лекционного материала.

Реализация дисциплины с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий осуществляется через образовательный портал "Электронный университет ВГУ".

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Оценочные средства
1	Общие сведения о материалах электронной техники	ПК-3	ПК-3.1	Опрос
2	Металлы и сплавы	ПК-3, ПК-4	ПК-3.2, ПК-4.2	Опрос, лаб.раб.1,2
3	Полупроводниковые материалы	ПК-3, ПК-4	ПК-3.2, ПК-4.2	Опрос, лаб.раб. 3,4,7
4	Диэлектрические материалы	ПК-3, ПК-4	ПК-3.2, ПК-4.2	Опрос, лаб.раб.5
5	Магнитные материалы	ПК-3, ПК-4	ПК-3.2, ПК-4.2	Опрос, лаб.раб.6
Промежуточная аттестация: форма контроля - экзамен				Комплект КИМ

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

Для текущего контроля успеваемости используется устный опрос, отчеты о ходе выполнения контрольных и лабораторных работ.

#### Перечень вопросов

- 1.Классификация материалов по электрическим свойствам. Виды проводников, полупроводников, диэлектриков.
- 2.Классификация диэлектриков. Виды активных и пассивных диэлектриков. Краткое описание активных диэлектриков.
- 3.Классификация материалов по магнитным, структурным свойствам, агрегатному состоянию и типам химических связей.
- 4.Типы химических связей. Энергия связи.
- 5.Кристаллическая структура твердых тел.
- 6.Физические свойства металлов и сплавов. Влияние свободных электронов на физические свойства (теплоемкость, электропроводность, блеск). Типы сплавов.
- 7.Электропроводность металлов. Зависимость тока от электрического поля. Механизмы рассеяния электронов.
- 8.Зонная структура собственных полупроводников. Процессы генерации и рекомбинации. Уровень Ферми.
- 9.Зонная структура примесных полупроводников. Донорные и акцепторные уровни. Генерация носителей в примесных полупроводниках.
- 10.Температурная зависимость.

11. Процессы переноса носителей заряда. Диффузионный и дрейфовый токи. Соотношение Эйнштейна. Удельное электрическое сопротивление.
12. Физические свойства диэлектриков.
13. Электропроводность диэлектриков. Виды электропроводности. Механизмы переноса носителей заряда.
14. Поляризация диэлектриков. Виды поляризации. Диэлектрическая восприимчивость.
15. Сегнетоэлектрики. Образование доменной структуры. Зависимость электрической индукции от напряженности электрического поля.
16. Механизм возникновения спонтанной поляризации.
17. Пьезоэлектрики. Прямой и обратный пьезоэлектрический эффекты. Механизм возникновения поляризации. Принцип работы кварцевого резонатора.
18. Магнитные материалы. Виды магнитных материалов. Образование спонтанной намагниченности. Магнитомягкие и магнитотвердые материалы. Их применение.

### **Перечень лабораторных работ**

Лабораторная работа 1. Определение сопротивления проводника.

Лабораторная работа 2. Исследование температурной зависимости сопротивления проводника.

Лабораторная работа 3. Исследование температурной зависимости удельной проводимости полупроводника.

Лабораторная работа 4. Изучение свойств полупроводника на основе исследования нелинейных резисторов.

Лабораторная работа 5. Определение диэлектрической проницаемости изоляционных материалов.

Лабораторная работа 6. Измерение динамической кривой намагничивания ферромагнетиков.

Лабораторная работа 7. Атомно-силовая микроскопия наноматериалов

### **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств - КИМ

#### **Комплект КИМ**

##### **Контрольно-измерительный материал № 1**

1. Классификация материалов по функциональному назначению и основным свойствам.
2. Активные диэлектрики. .

##### **Контрольно-измерительный материал № 2**

1. Электропроводность металлов 2. Классификация магнитных материалов

##### **Контрольно-измерительный материал № 3**

1. Полупроводниковые соединения AIII BV, AII BVI
2. Гигантское магнитное сопротивление

##### **Контрольно-измерительный материал № 4**

1. Элементарные полупроводники
2. Пассивные диэлектрики

##### **Контрольно-измерительный материал № 5**

1. Материалы высокой проводимости. Сверхпроводники.

2. Стекло и аморфные пленочные структуры.

**Контрольно-измерительный материал № 6**

1. Получение чистых полупроводниковых материалов.
2. Углеродные наноматериалы: фуллерен, нанотрубки, графен.

**Контрольно-измерительный материал № 7**

1. Эпитаксиальные структуры. Гетероструктуры.
2. Техническая керамика и полимеры.

**Контрольно-измерительный материал № 8**

1. Неметаллические проводящие материалы
2. Наночастицы. Размерные свойства наночастиц

**Контрольно-измерительный материал № 9**

1. Виды химической связи. Особенности строения твердых тел
2. Органическая электроника

**Контрольно-измерительный материал № 10**

1. Конденсаторные и изоляционные материалы
2. Материалы для магнитной записи информации

**Контрольно-измерительный материал № 11**

1. Металлы и сплавы различного назначения
2. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы

**Контрольно-измерительный материал № 12**

1. Ферриты
2. Молекулярные полупроводники

Для оценивания результатов обучения на экзамене используются:

- владение сведениями и материалах, используемых в современной электронике, и физике явлений, происходящих в проводниковых, полупроводниковых, диэлектрических и магнитных материалах;
- знание электрических и магнитных свойств материалов, используемых при изготовлении изделий электронной техники;
- способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований в различных направлениях электроники (микроэлектронике, функциональной электронике, наноэлектронике);
- применять полученные знания о материалах для решения практических задач по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
- способность устанавливать режимы проведения технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники.

Для оценивания результатов обучения на экзамене используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Обучающийся в полной мере владеет сведениями о материалах, используемых в современной электронике и физике явлений, происхо-	Повышенный уровень	Отлично

дующих в различных материалах, способен иллюстрировать ответ примерами применения материалов в микроэлектронике, функциональной электронике, наноэлектронике, способен применять полученные знания о материалах для решения практических задач по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники		
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), допускает незначительные ошибки при выполнении практических задач	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен выполнять практические задания	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания о материалах, используемых в современной электронике и физике явлений, происходящих в различных материалах, не способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований в различных направлениях электроники, допускает грубые ошибки при установке режимом проведения технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	–	Неудовлетворительно

### Описание технологии проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен. В приложение к диплому вносится оценка *отлично/хорошо/удовлетворительно*.

Оценка уровня освоения дисциплины «Материалы электронной техники» осуществляется по следующим показателям:

- качество ответов при опросе на занятиях;
- полнота ответов на вопросы контрольно-измерительного материала;
- полнота ответов на дополнительные вопросы.

Критерии оценки освоения дисциплины «Материалы электронной техники»:

– оценка *отлично* выставляется при полном соответствии работы студента всем вышеуказанным показателям. Соответствует высокому (углубленному) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы полностью, проявляются и используются систематически, в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей повышенный (продвинутый) уровень;

– оценка *хорошо* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует одному из перечисленных показателей или в случае предоставления курсовых работ и отчетов по лабораторным работам позже установленного срока. Соответствует повышенному (продвинутому) уровню сформированности компетенций: компетенции в целом сформированы, но проявляются и используются фрагментарно, не в полном объеме. Данный уровень превосходит, по крайней мере, по одному из перечисленных выше показателей пороговый (базовый) уровень;

– оценка *удовлетворительно* выставляется в случае, если работа студента при освоении дисциплины не соответствует любым двум из перечисленных показателей.

Соответствует пороговому (базовому) уровню сформированности компетенций: компетенции сформированы в общих чертах, проявляются и используются ситуативно, частично. Данный уровень обязателен для всех осваивающих основную образовательную программу;

– оценка *неудовлетворительно* выставляется в случае несоответствия работы студента всем показателям, его неорганизованности, безответственности и низкого качества работы при выполнении лабораторных работ, предусмотренных программой дисциплины.

Факт невыполнения требований, предъявляемых к студенту при освоении дисциплины «Материалы электронной техники» и отраженных в вышеперечисленных критериях, фиксируется в ведомости оценкой *неудовлетворительно*.

Если студент не осваивает дисциплину в установленном программой объеме и в сроки, определенные графиком учебного процесса, он не допускается к промежуточной аттестации по данному виду учебной работы.

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме выполнения практических заданий. Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены выше.