

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института физики,  
профессор

С.Б. Вениг

2021 г.



Рабочая программа дисциплины  
**Материалы электронной техники и нанoeлектроники**

Направление подготовки бакалавриата  
11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Профиль подготовки бакалавриата  
«Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Саратов,  
2021 г.

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Скрипаль Ал.В.		5.10.21
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		5.10.21
Заведующий кафедрой	Скрипаль Ал.В.		5.10.21
Специалист Учебного управления			

### 1. Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Материалы электронной техники и наноэлектроники» является формирование у студентов комплекса профессиональных знаний и умений (владений) в области физики диэлектриков и магнитных материалов, приобретение студентами знаний и выработка навыков в исследованиях материалов электронной техники, приобретение студентами знаний в области создания современной элементной базы микро- и наноэлектроники.

Задачами освоения дисциплины являются:

- формирование и углубление знаний об основных электрических, магнитных и оптических свойствах твердых тел, особенностях электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов;
- формирование умений обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах электроники и наноэлектроники;
- овладение сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники, об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.

### 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Материалы электронной техники и наноэлектроники» относится к обязательной части блока Б1 «Дисциплины (модули)» и изучается студентами очной формы обучения Института физики СГУ, проходящими подготовку по направлению 11.03.04 «Электроника и наноэлектроника», в течение 7 учебного семестра. Материал дисциплины опирается на ранее приобретенные студентами знания по физике, математике, химии, термодинамике, электродинамике сплошных сред, физике полупроводников, теоретическим основам радиоэлектроники, электронным свойствам кристаллов, квантовой теории твердого тела и подготавливает студентов к изучению в том же или в последующих семестрах таких дисциплин как «Микроэлектроника и наноэлектроника», «Квантовая и оптическая электроника», «Технология материалов и структур электроники», «Твердотельная электроника».

### 3. Результаты обучения по дисциплине

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способен использовать положения, законы и методы	1.1_Б.ОПК-1. Понимает важность применения	<u>Знать</u> основные положения, законы и методы естественных наук и математики, используемые

<p>естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности</p>	<p>фундаментальных законов природы и основных физических и математических законов.  <b>2.1_Б.ОПК-1.</b>  Аргументированно применяет физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера.  <b>3.1_Б.ОПК-1.</b>  Использует знания физики и математики при решении конкретных задач инженерной деятельности.</p>	<p>в области физики твёрдого тела; основные электрические, магнитные и оптические свойства твердых тел, особенности электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов.</p> <p><b>Уметь</b> применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера в области электроники и наноэлектроники;</p> <p><b>Владеть</b> знаниями в области материалов электронной техники и наноэлектроники, необходимыми при решении конкретных задач инженерной деятельности; сведениями об основных тенденциях развития электронной компонентной базы.</p>
---	---	--

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лек	Лабораторные	Пр	СРС		
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка			
1.	Введение	7	1-2	2			2	2	Опрос
2.	Классификация твердых тел.	7	3-4	2			2	4	Опрос
3.	Электрические свойства твердых диэлектриков. Электропроводность.	7	5-6	2			2	6	Опрос
4.	Поляризация	7	7-8	2			2	8	Опрос

	диэлектриков в постоянном поле.								
5.	Поляризация диэлектриков в переменном поле.	7	9-10	2			2	8	Опрос
6.	Активные диэлектрики.	7	11-12	2			2	8	Опрос,
7.	Магнитные свойства твердых тел.	7	13-14	2			2	8	Опрос. Контрольная работа
	<b>Итого:</b>	<b>7</b>		<b>14</b>			<b>14</b>	<b>44</b>	
	<b>Контроль</b>	<b>7</b>				<b>36</b>			
	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>7</b>							<b>Экзамен</b>
	<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>					<b>108</b>			

### Содержание дисциплины

- 1. Введение.** Исторический ход развития физики диэлектриков и магнитных материалов. Роль отечественных ученых в развитии физики диэлектриков и магнитных материалов. Предмет и задачи физики диэлектриков и магнитных материалов.
- 2. Классификация твердых тел.** Аморфные и кристаллические диэлектрики. Классификация кристаллов по типу химической связи. Закон взаимодействия двух ионов. Энергия ионной решетки. Формула Борна и ее экспериментальная проверка. Реальные кристаллы
- 3. Электрические свойства твердых диэлектриков. Электропроводность.** Электропроводность ионных кристаллов. Механизмы электропроводности ионных кристаллов. Температурная зависимость электропроводности. Механизм электропроводности аморфных неограниченных диэлектриков (стекло). Влияние состава стекла, влияние температуры. Электропроводность керамических диэлектриков. Использование нейтрализационного эффекта и влияние состава на электрические свойства стекол для создания высокочастотных радиотехнических диэлектриков. Поверхностная проводимость. Органические диэлектрики. Объемно-зарядовая поляризация, приэлектродная и внутрислоевая поляризация твердых диэлектриков. Внутренний фотоэффект в диэлектриках. Типы центров окраски. Электропроводность диэлектриков в сильных электрических полях. Пробой диэлектриков. Виды пробоя. Модель пробоя по Зинеру. Теория ударной ионизации.
- 4. Поляризация диэлектриков в постоянном поле.** Общая теория поляризации. Локальное электрическое поле. Формула Клаузиуса-Моссотти. Поляризация, обусловленная упругим смещением зарядов: электронная, ионная. Ориентационная поляризация. Тепловая ориентационная поляризация. Ориентационная поляризуемость для полярной жидкости. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости. Ионно-

- релаксационная (тепловая ионная) поляризация. Миграционная ионная поляризация. Приближение Борна. Поляризация гетерогенных смесей.
5. **Поляризация диэлектриков в переменном поле.** Переходные процессы при включении и выключении постоянного тока. Время релаксации поляризации. Поляризация при непрерывном изменении поляризующего поля. Поляризация в переменном (синусоидальном) электрическом поле. Диэлектрические потери. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Диаграмма Коула-Коула. Температурная зависимость диэлектрических потерь. Эквивалентные схемы замещения. Параллельная и последовательная схемы замещения. Диэлектрическая дисперсия в сложных структурах.
  6. **Активные диэлектрики.** Сегнетоэлектричество. Классификация сегнетоэлектриков. Феноменологическая теория сегнетоэлектричества. Фазовые переходы первого и второго рода. Температурные зависимости внутренней деформации, теплоемкости и диэлектрической восприимчивости кристалла вблизи точки фазового перехода. Микроскопическая теория сегнетоэлектричества (динамика кристаллической решетки). Пьезоэлектрики, электреты. Виды жидких кристаллов. Термохромный эффект. Электрооптические эффекты. Полевой “твист” эффект.
  7. **Магнитные свойства твердых тел.** Классификация веществ по магнитным свойствам: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики. Ферромагнитное состояние. Влияние температуры на магнитные свойства ферромагнетиков. Естественная магнитная кристаллографическая анизотропия. Кривая намагничивания. Спиновые волны. Электронный парамагнитный резонанс. Особенности ферримагнетиков. Природа магнитного упорядочения. Цилиндрические магнитные домены. Применение ферритов.

#### **Примерная тематика практических занятий (семинаров)**

1. Аморфные и кристаллические диэлектрики. Классификация кристаллов по типу химической связи.
2. Закон взаимодействия двух ионов. Энергия ионной решетки. Формула Борна и ее экспериментальная проверка. Реальные кристаллы
3. Электропроводность ионных кристаллов. Механизмы электропроводности ионных кристаллов.
4. Температурная зависимость электропроводности. Механизм электропроводности аморфных неограниченных диэлектриков (стекол).
5. Влияние состава стекла, влияние температуры. Электропроводность керамических диэлектриков.
6. Использование нейтрализационного эффекта и влияние состава на электрические свойства стекол для создания высокочастотных радиотехнических диэлектриков. Поверхностная проводимость.
7. Органические диэлектрики.

8. Объемно-зарядовая поляризация, приэлектродная и внутрислоевая поляризация твердых диэлектриков.
9. Внутренний фотоэффект в диэлектриках. Типы центров окраски.
10. Электропроводность диэлектриков в сильных электрических полях. Пробой диэлектриков. Виды пробоя. Модель пробоя по Зинеру.
11. Теория ударной ионизации.
12. Общая теория поляризации. Локальное электрическое поле. Формула Клаузиуса-Мосотти.
13. Поляризация, обусловленная упругим смещением зарядов : электронная, ионная.
14. Ориентационная поляризация.
15. Тепловая ориентационная поляризация. Ориентационная поляризуемость для полярной жидкости.
16. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости.
17. Ионно-релаксационная (тепловая ионная) поляризация. Миграционная ионная поляризация.
18. Приближение Борна. Поляризация гетерогенных смесей.
19. Переходные процессы при включении и выключении постоянного тока. Время релаксации поляризации.
20. Поляризация при непрерывном изменении поляризующего поля.
21. Поляризация в переменном (синусоидальном ) электрическом поле.
22. Диэлектрические потери. Тангенс угла диэлектрических потерь.
23. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
24. Диаграмма Коула-Коула.
25. Температурная зависимость диэлектрических потерь.
26. Эквивалентные схемы замещения. Параллельная и последовательная схемы замещения.
27. Диэлектрическая дисперсия в сложных структурах.
28. Сегнетоэлектричество. Классификация сегнетоэлектриков.
29. Феноменологическая теория сегнетоэлектричества. Фазовые переходы первого и второго рода.
30. Температурные зависимости внутренней деформации, теплоемкости и диэлектрической восприимчивости кристалла вблизи точки фазового перехода.
31. Микроскопическая теория сегнетоэлектричества (динамика кристаллической решетки).
32. Пьезоэлектрики, электреты.
33. Виды жидких кристаллов. Термохромный эффект.
34. Электрооптические эффекты. Полевой “твист” эффект.
35. Классификация веществ по магнитным свойствам: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
36. Ферромагнитное состояние.
37. Влияние температуры на магнитные свойства ферромагнетиков.
38. Естественная магнитная кристаллографическая анизотропия.

39. Кривая намагничивания.
40. Спиновые волны.
41. Электронный парамагнитный резонанс.
42. Особенности ферромагнетиков. Природа магнитного упорядочения.
43. Цилиндрические магнитные домены.
44. Применение ферритов.

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины**

При реализации различных видов учебной работы (лекции, практические занятия, самостоятельная работа) используются следующие современные образовательные технологии:

- Исследовательские методы в обучении
- Проблемное обучение

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и микроэлектроника», реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, работа над проектами) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Использование интерактивных форм и методов обучения направлено на достижение ряда важнейших образовательных целей:

- стимулирование мотивации и интереса в осваиваемой предметной области;
- повышение уровня активности и самостоятельности обучаемых;
- развитие навыков анализа, критичности мышления, взаимодействия, коммуникации;
- саморазвитие и развитие обучаемых благодаря активизации мыслительной деятельности и диалогическому взаимодействию с преподавателем и другими участниками образовательного процесса.

При реализации программы дисциплины предусмотрены также встречи с представителями российских компаний.

При проведении практических (семинарских) занятий в активной форме проводится детальный анализ основных электрических, магнитных и оптических свойств твердых тел, особенностей электронных свойств неупорядоченных и аморфных материалов, основных тенденций развития электронной компонентной базы в соответствии с приведенным в разделе 4 списком тем (по выбору преподавателя).

**Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:**

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;
- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;
- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.
- использование индивидуальных графиков обучения
- использование дистанционных образовательных технологий

#### **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

В преподавании дисциплины «Материалы электронной техники и наноэлектроники» используются учебная и научно-исследовательская литература, Интернет сайты, сайт библиотеки Саратовского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского.

Предлагаются темы рефератов, вопросы для текущего контроля, промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине проводится в течение всего периода освоения и заключается в чтении и изучении литературы, подготовке к лекциям и практическим (семинарским) занятиям, в выполнении заданий лектора, работе в компьютерном классе или библиотеке, использовании интернет-технологий.

##### Рекомендуется:

- для качественного усвоения материала лекций разбирать вопросы, изложенные в каждой очередной лекции, до следующей, по непонятым деталям консультироваться у лектора, читать соответствующую литературу;
- при подготовке к семинарским занятиям пользоваться рекомендациями преподавателя, ведущего семинары, готовить краткий конспект по вопросам темы, изучать литературу по теме занятия;
- задания, которые даются лектором во время лекции по отдельным вопросам, обязательны для выполнения, и качество их выполнения будет проверяться во время экзамена.

##### Перечень заданий самостоятельной работы, предлагаемых студентам в ходе чтения лекций:

1. Электропроводность диэлектриков в сильных электрических полях. Пробой диэлектриков. Виды пробоя. Модель пробоя по Зинеру. Теория ударной ионизации.
2. Общая теория поляризации. Локальное электрическое поле. Формула Клаузиуса-Моссотти. Поляризация, обусловленная упругим смещением зарядов: электронная, ионная. Ориентационная поляризация. Тепловая



ориентационная поляризация. Ориентационная поляризуемость для полярной жидкости.

3. Диэлектрические потери. Тангенс угла диэлектрических потерь. Комплексная диэлектрическая проницаемость. Диаграмма Коула-Коула. Температурная зависимость диэлектрических потерь.
4. Феноменологическая теория сегнетоэлектричества. Фазовые переходы первого и второго рода. Температурные зависимости внутренней деформации, теплоемкости и диэлектрической восприимчивости кристалла вблизи точки фазового перехода.
5. Пьезоэлектрики, электреты.
6. Виды жидких кристаллов. Термохромный эффект. Электрооптические эффекты. Полевой “твист” эффект.
7. Ферромагнитное состояние.
8. Спиновые волны. Электронный парамагнитный резонанс.
9. Особенности ферромагнетиков. Природа магнитного упорядочения. Цилиндрические магнитные домены. Применение ферритов.

При реализации программы дисциплины «Материалы электронной техники и нанoeлектроники» студентам предлагается выполнить реферат.

#### Примерный перечень предлагаемых тем рефератов:

1. Электропроводность диэлектриков в сильных электрических полях.
2. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
3. Сегнетоэлектричество, феноменологическая и микроскопическая теория сегнетоэлектричества.
4. Пьезоэлектрики, электреты.
5. Виды жидких кристаллов. Термохромный эффект. Электрооптические эффекты.
6. Ферромагнитное состояние.
7. Спиновые волны. Электронный парамагнитный резонанс.
8. Особенности ферромагнетиков. Применение ферритов.

Рефераты выполняются под руководством преподавателя и должны содержать элементы литературного обзора по теме, анализа в соответствии с конкретной спецификой выбранной темы. Рефераты следует выполнять в течение всего семестра с периодическим обсуждением результатов с преподавателем.

В ходе освоения дисциплины в часы практических занятий студенты выполняют контрольную работу

#### Контрольная работа

#### Вариант А

Электропроводность диэлектриков в сильных электрических полях

Вариант Б

Поляризация диэлектриков в постоянном электрическом поле

Вариант В

Поляризация диэлектриков в переменном электрическом поле

При подготовке к контрольной работе следует использовать материал прочитанных лекций, читать рекомендованную литературу.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

### **Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

1. Аморфные и кристаллические диэлектрики. Классификация кристаллов по типу химической связи.
2. Закон взаимодействия двух ионов. Энергия ионной решетки. Формула Борна и ее экспериментальная проверка. Реальные кристаллы
3. Электропроводность ионных кристаллов. Механизмы электропроводности ионных кристаллов.
4. Температурная зависимость электропроводности. Механизм электропроводности аморфных неограниченных диэлектриков (стекол).
5. Влияние состава стекла, влияние температуры. Электропроводность керамических диэлектриков.
6. Использование нейтрализационного эффекта и влияние состава на электрические свойства стекол для создания высокочастотных радиотехнических диэлектриков. Поверхностная проводимость.
7. Органические диэлектрики.
8. Объемно-зарядовая поляризация, приэлектродная и внутрислоевая поляризация твердых диэлектриков.
9. Внутренний фотоэффект в диэлектриках. Типы центров окраски.
10. Электропроводность диэлектриков в сильных электрических полях. Пробой диэлектриков. Виды пробоя. Модель пробоя по Зинеру.
11. Теория ударной ионизации.
12. Общая теория поляризации. Локальное электрическое поле. Формула Клаузиуса-Мосотти.
13. Поляризация, обусловленная упругим смещением зарядов : электронная, ионная.
14. Ориентационная поляризация.
15. Тепловая ориентационная поляризация. Ориентационная поляризуемость для полярной жидкости.
16. Температурные зависимости диэлектрической проницаемости.

17. Ионно-релаксационная (тепловая ионная) поляризация. Миграционная ионная поляризация.
18. Приближение Борна. Поляризация гетерогенных смесей.
19. Переходные процессы при включении и выключении постоянного тока. Время релаксации поляризации.
20. Поляризация при непрерывном изменении поляризующего поля.
21. Поляризация в переменном электрическом поле.
22. Диэлектрические потери. Тангенс угла диэлектрических потерь.
23. Комплексная диэлектрическая проницаемость.
24. Диаграмма Коула-Коула.
25. Температурная зависимость диэлектрических потерь.
26. Эквивалентные схемы замещения. Параллельная и последовательная схемы замещения.
27. Диэлектрическая дисперсия в сложных структурах.
28. Сегнетоэлектричество. Классификация сегнетоэлектриков.
29. Феноменологическая теория сегнетоэлектричества. Фазовые переходы первого и второго рода.
30. Температурные зависимости внутренней деформации, теплоемкости и диэлектрической восприимчивости кристалла вблизи точки фазового перехода.
31. Микроскопическая теория сегнетоэлектричества (динамика кристаллической решетки).
32. Пьезоэлектрики, электреты.
33. Виды жидких кристаллов. Термохромный эффект.
34. Электрооптические эффекты. Полевой “твист” эффект.
35. Классификация веществ по магнитным свойствам: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики, ферримагнетики.
36. Ферромагнитное состояние.
37. Влияние температуры на магнитные свойства ферромагнетиков.
38. Естественная магнитная кристаллографическая анизотропия.
39. Кривая намагничивания.
40. Спиновые волны.
41. Электронный парамагнитный резонанс.
42. Особенности ферримагнетиков. Природа магнитного упорядочения.
43. Цилиндрические магнитные домены.
44. Применение ферритов.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное	Другие виды	Промежуточная	Итого

					тестирование	учебной деятельно сти	аттестация	
7	20	0	20	20	0	10	30	100

***Программа оценивания учебной деятельности студента***  
**7 семестр**

**Лекции**

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

**Лабораторные занятия**

Не предусмотрены.

**Практические занятия:**

Посещаемость, опрос, активность и др. за один семестр – от 0 до 20 баллов.

**Самостоятельная работа**

Выполнение заданий на самостоятельную работу – от 0 до 20 баллов.

**Автоматизированное тестирование**

Не предусмотрено.

**Другие виды учебной деятельности:**

Реферат, научно-исследовательская и методическая деятельность по дисциплине, блиц-опрос, контрольная работа - от 0 до 10 баллов

**Промежуточная аттестация (экзамен)**

Экзамен проводится в устной форме и предполагает ответ на 2 вопроса билета.

При проведении промежуточной аттестации  
ответ на «отлично» оценивается от – **21 до 30 баллов**;  
ответ на «хорошо» оценивается от – **11 до 20 баллов**;  
ответ на «удовлетворительно» оценивается от – **6 до 10 баллов**;  
ответ на «неудовлетворительно» оценивается от **0 до 5 баллов**.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 7 семестр по дисциплине «Материалы электронной техники и нанoeлектроники» составляет 100 баллов.

Таблица 2.2 Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Материалы электронной техники и нанoeлектроники» в оценку (экзамен):

86 - 100 баллов	«отлично»
70 - 85 баллов	«хорошо»

50 - 69 баллов	«удовлетворительно»
меньше 50 баллов	«неудовлетворительно»

Оценка студентам, успешно прошедшим обучение по дисциплине, может быть проставлена без сдачи ими экзамена на основании рейтинговой оценки по решению преподавателя.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) литература:

1. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики [**Электронный ресурс**] : Учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - Москва : Лань", 2021. - 448 с. – **Гриф УМО.** – ЭБС «ЛАНЬ». — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168852>
2. Материалы и элементы электронной техники. Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники [**Электронный ресурс**] : Учебник / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. - Москва : Лань", 2021. – 384 с. – **Гриф УМО.** – ЭБС «ЛАНЬ». — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/168894>
3. Материаловедение и технологии электроники [**Электронный ресурс**] : Учебное пособие / В. И. Капустин, А. С. Сигов. - Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2020. - 427 с. – ЭБС «ИНФРА-М». — Режим доступа: <https://znanium.com/catalog/product/1053582>
4. Легостаев Н.С. Материалы электронной техники [**Электронный ресурс**]: учебное пособие. – Томск: Эль Контент, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2014. – 239 с. – **Гриф УМО.** – ЭБС «IPRbooks». — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/72057.html>
5. Наноматериалы: учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. – М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. – 365 с. (В ЗНБ СГУ 58 экз.)
6. Основы нанотехнологий и наноматериалов [**Электронный ресурс**]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидунович Н.А. – Электрон. текстовые данные.— Минск: Вышэйшая школа, 2010. – 302 с. – ЭБС «IPRbooks». — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/20108.html>
7. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 414 с. (В ЗНБ СГУ 45 экз.)
8. Рамбиди Н. Г. Структура и свойства наноразмерных образований. Реалии сегодняшней нанотехнологии: учеб. пособие. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. – 375 с. (В ЗНБ СГУ 15 экз.)
9. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 454 с. (В ЗНБ СГУ 70 экз.)

10. Наноструктурные материалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/под ред. Ханнинка Р. – М.: Техносфера, 2009. – 488 с. – ЭБС «IPRbooks». — Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/12730.html>

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. Windows XP Prof
2. Антивирус Касперского 6.0 для Windows Workstations
3. Microsoft Office профессиональный 2010
4. Единое окно доступа к образовательным ресурсам. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>
5. Зональная научная библиотека им. В.А.Артисевич Саратовского государственного университета им.Н.Г.Чернышевского. – Режим доступа: <http://library.sgu.ru/>

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Занятия по дисциплине «Материалы электронной техники и нанoeлектроники» проводятся в аудиториях, оснащенных компьютерной техникой, проекторами, измерительными приборами, лабораторным оборудованием, наглядными демонстрационными материалами, мультимедийными установками и пр.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника» с учётом профиля подготовки «Физика и технология твердотельных электронных микро- и наноструктур».

Автор:  
профессор, д.ф.-м.н. А.В. Скрипаль

Программа разработана в 2019 г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 03 декабря 2019 года, протокол № 4.

Программа актуализирована в 2021г. и одобрена на заседании кафедры физики твёрдого тела от 05 октября 2021 года, протокол № 3.

**Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

Рекомендуемая литература:

1. Нанотехнологии. Наноматериалы. Наносистемная техника. Мировые достижения - 2008 год: сборник / под ред. П. П. Мальцева. – М.: Техносфера, 2008. – 430 с. (В ЗНБ СГУ 11 экз.)
2. Дьячков П.Н. Углеродные нанотрубки. Строение, свойства, применения. – М.: Изд-во БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 293 с. (В ЗНБ СГУ 9 экз.)
3. Материалы электронной техники: учеб. для студентов вузов / В. В. Пасынков, В.С. Сорокин. – 5-е изд., стер. – СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. – 366 с. (В ЗНБ СГУ 30 экз.)
4. Материалы и элементы электронной техники: учебник: в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. – Т. 1.: Проводники, полупроводники, диэлектрики. - М.: Академия, 2006. – 448 с. **Гриф УМО** (В ЗНБ СГУ 12 экз.)
5. Материалы и элементы электронной техники: учебник: в 2 т. / В. С. Сорокин, Б. Л. Антипов, Н. П. Лазарева. – Т. 2.: Активные диэлектрики, магнитные материалы, элементы электронной техники. – М.: Академия, 2006. – 384 с. **Гриф УМО** (В ЗНБ СГУ 12 экз.)
6. Дьячков П. Н. Электронные свойства и применение нанотрубок. – М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 488 с. (В ЗНБ СГУ 1 экз.)
7. Физика сегнетоэлектриков. Современный взгляд - М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2011. - 440 с. (В ЗНБ СГУ 1 экз.)
8. Функциональные наноматериалы / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин; под ред. Ю. Д. Третьякова. – М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 452 с. (5 экз.)