

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого»

Институт электронных и информационных систем  
Кафедра физики твердого тела и микроэлектроники



М.Эминов  
20 17 г.

## МАТЕРИАЛЫ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ

Учебный модуль по направлению подготовки  
11.03.04 – Электроника и нанoeлектроника

Рабочая программа

### СОГЛАСОВАНО

Начальник учебного отдела

 О.Б.Широколобова  
« 21 » 02 20 17 г.

### Разработал

Доцент КФТТМ

 Г.М.Емельянова  
« 06 » 02 2017 г.

Принято на заседании кафедры ФТТМ

Протокол № 6 от 07.02 2017 г.

Заведующий кафедрой ФТТМ

 Б.И.Селезнев

## **1 Цели и задачи учебного модуля**

Цель учебного модуля (УМ) «Материалы электронной техники»: формирование компетентности студентов в области физики и технологии материалов электронной техники, способствующей становлению их готовности к решению задач профессиональной деятельности.

Задачи учебного модуля:

- выполнение работ по технологической подготовке производства материалов и изделий электронной техники;
- организация метрологического обеспечения производства материалов и изделий электронной техники.

Ведущая идея учебного модуля – приобретение базовых знаний о материалах электронной техники дает прочную основу для дальнейшей профессиональной деятельности.

## **2 Место учебного модуля в структуре ОП направления подготовки**

Модуль «Материалы электронной техники» входит в базовую часть блока 1. Модуль преподается на основе ранее изученных модулей: «Физика» («Механика и термодинамика», «Электричество и магнетизм»), «Химия», «Математика» («Алгебра и геометрия», «Математический анализ», «Дифференциальные уравнения»), «Теоретические основы электротехники».

В результате освоения предшествующих модулей и для изучения УМ «Материалы электронной техники», обучающиеся должны:

- знать и уметь пользоваться основными физическими законами из разделов «Механика», «Электричество», «Магнетизм», «Распространение света в веществе», «Строение атома» и т.д.;
- свободно ориентироваться в таблице Д.И.Менделеева, знать законы органической и неорганической химии;
- уметь решать дифференциальные уравнения, интегралы;
- уметь пользоваться справочными материалами по изученным модулям.

Приобретенные знания и умения в результате освоения данного модуля «Материалы электронной техники» обеспечивают изучение последующих модулей: «Физика конденсированного состояния», «Физическая химия материалов и процессов электронной техники», «Основы проектирования и технологии компонентной электронной базы».

## **3 Требования к результатам освоения учебного модуля**

Процесс изучения УМ направлен на формирование компетенций:

- ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- ДПК-2 способность к организации и контролю технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники.

В результате освоения учебного модуля «Материалы электронной техники» студент должен знать, уметь и владеть:

Код компетенции	Уровень освоения компетенции	Знать	Уметь	Владеть
ОПК-2	базовый	физическую сущность явлений и процессов, происходящих в материалах в различных условиях эксплуатации	решать задачи по материалам электронной техники	методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов электронной техники
ДПК-2	пороговый	основные сведения о технологии изготовления материалов электронной техники		

#### 4 Структура и содержание учебного модуля

##### 4.1 Трудоемкость учебного модуля

Учебная работа (УР)	Распределение по семестрам	Коды формируемых компетенций
	3 семестр	
Трудоемкость модуля в зачетных единицах (ЗЕТ)	9	
Распределение трудоемкости по видам УР в академических часах (АЧ):		ОПК-2, ДПК-2
- лекции	54	
- практические занятия	36	
- лабораторные работы	54	
- аудиторная СРС	36	
- внеаудиторная СРС	180	
<b>Аттестация:</b>	Экзамен	

##### 4.2 Содержание и структура разделов учебного модуля

###### 1 Роль материалов в развитии элементной базы электронной техники

Классификация материалов по электрическим и магнитным свойствам. Особенности строения твердых тел. Зонная теория твердого тела.

## **2 Проводники**

Природа электропроводности металлов. Влияние примесей на удельное сопротивление металлов. Сопротивление проводников на высоких частотах. Сверхпроводимость и ее применение в науке и технике. Электропроводность тонких металлических пленок. Контактная разность потенциалов, термоэлектродвижущая сила. Классификация проводниковых материалов. Металлы высокой проводимости. Металлы и сплавы для омических контактов резисторов, проводящих коммутационных дорожек и интегральных микросхем.

## **3 Магнитные материалы**

Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Физическая природа ферромагнетизма. Намагничивание ферромагнетика. Влияние температуры и частоты на магнитные свойства ферромагнетиков. Потери энергии в ферромагнетиках. Классификация магнитных материалов по свойствам и техническому назначению. Магнитотвердые и магнитомягкие материалы. Ферриты. Материалы для магнитной записи информации.

## **4 Полупроводники**

Статистика носителей заряда в полупроводниках. Собственные и примесные полупроводники. Температурная зависимость концентрации носителей заряда в полупроводниках. Механизмы рассеяния и подвижность носителей заряда в полупроводниках. Температурная зависимость удельной проводимости полупроводников. Время жизни и диффузионная длина носителей заряда. Оптические и фотоэлектрические свойства полупроводников. Термоэлектрические явления в полупроводниках. Эффект Холла. Электропроводность полупроводников в сильном электрическом поле. Методы очистки и выращивания полупроводниковых кристаллов. Основные свойства германия и кремния, особенности технологии и область применения. Полупроводниковые химические соединения и твердые растворы на их основе.

## **5 Диэлектрики**

Поляризация диэлектриков. Влияние внешних факторов и агрегатного состояния на поляризацию диэлектриков. Диэлектрическая проницаемость. Электропроводность диэлектриков. Диэлектрические потери в диэлектриках. Пробой диэлектриков. Физико-химические и радиационные свойства диэлектриков. Органические диэлектрики, пластмассы и области их применения. Неорганические стекла. Керамика. Активные диэлектрики. Основные методы измерения параметров диэлектриков.

## **6 Материалы квантовой электроники и интегральной оптики**

Принцип работы лазеров. Материалы для активных элементов твердотельных, газовых и жидкостных лазеров. Их особенности и способы получения. Модуляция оптического излучения. Материалы для модуляторов. Устройства волоконно-оптических систем передачи информации. Материалы для светодиодов, излучателей, фотоприемников.

Календарный план, наименование разделов учебного модуля с указанием трудоемкости по видам учебной работы представлены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

### 4.3 Лабораторный практикум

Таблица 1

Номер раздела УМ	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ак. час
	Вводное занятие	1
2 Проводники	1 Электрические свойства проводниковых материалов.	6
	2 Тонкопленочные резисторы.	5
3 Магнитные материалы	3 Исследование свойств металлических ферромагнетиков.	5
4 Полупроводники	4 Выпрямительные диоды.	5
	5 Конструкция и элементы ИС.	5
	6 Определение времени жизни неосновных носителей заряда методом модуляции проводимости.	5
	7 Исследование свойств полупроводниковых и материалов методом эффекта Холла.	5
5 Диэлектрики	8 Зависимость диэлектрической проницаемости диэлектриков от температуры.	6
	9 Диэлектрические потери и диэлектрическая проницаемость электроизоляционных материалов.	5
6 Материалы квантовой электроники и интегральной оптики	10 Исследование сегнетоэлектриков.	6

### 4.4 Организация изучения учебного модуля

Методические рекомендации по организации изучения УМ с учетом использования в учебном процессе активных форм проведения учебных занятий даются в приложении А.

### 5 Контроль и оценка качества освоения учебного модуля

Контроль качества освоения студентами УМ осуществляется непрерывно в течение всего периода обучения с использованием балльно-рейтинговой системы (БРС), являющейся обязательной к использованию всеми структурными подразделениями университета.

Для оценки качества освоения модуля используются следующие формы контроля:

– текущий (в течение всего семестра): оценка работы на практических занятиях, оценка выполнения и защиты лабораторных работ, внеаудиторная самостоятельная работа.

– рубежный (проводится на 9 неделе): учет суммарных результатов по итогам текущего контроля за соответствующий период, результаты контрольных работ. Пороговому уровню соответствует 100 баллов, максимальное количество баллов – 200;

- семестровый: экзамен.

Максимальный рейтинг по УМ – 450 баллов. Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене – 50. К сдаче экзамена УМ допускаются студенты, у которых рубежный рейтинг не ниже порогового уровня успеваемости.

Оценка качества освоения модуля осуществляется с использованием фонда оценочных средств, разработанного для данного модуля, по всем формам контроля в соответствии с Положением «Об организации учебного процесса по образовательным программам высшего образования» и Положением «О фонде оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации студентов и итоговой аттестации выпускников».

В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются: разноуровневые задачи, лабораторные работы, контрольные работы, экзамен.

Содержание видов контроля и их график отражены в технологической карте учебного модуля (приложение Б).

## **6 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля**

Учебно-методическое и информационное обеспечение учебного модуля представлено Картой учебно-методического обеспечения (приложение Г).

## **7 Материально-техническое обеспечение учебного модуля**

Для осуществления образовательного процесса по учебному модулю используется лаборатория, оснащенная следующими лабораторными макетами:

- макет для измерения сопротивления и термо-ЭДС;
- макет для измерения диэлектрической проницаемости материалов;
- макет для определения температурной зависимости диэлектрической проницаемости материалов;
- макет исследования свойств сегнетоэлектриков;
- макет исследования свойств ферромагнетиков;
- макет исследования полупроводниковых диодов;
- макет исследования тонкопленочных резисторов;
- макет для исследования интегральных микросхем,

а также лекционная аудитория.

### **Приложения (обязательные):**

А – Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля

Б – Технологическая карта

В – Паспорт компетенций

Г – Карта учебно-методического обеспечения УМ

## **Приложение А** (обязательное)

### **Методические рекомендации по организации изучения учебного модуля «Материалы электронной техники»**

#### **А.1 Методические рекомендации по изучению теоретической части учебного модуля**

Теоретическая часть УМ «Материалы электронной техники» направлена на изучение физических закономерностей, определяющих свойства и поведение материалов в различных условиях их эксплуатации во взаимосвязи с конкретными применениями в устройствах электроники.

При изучении учебного модуля студенты должны посещать лекционные занятия, вести конспекты и самостоятельно прорабатывать по учебникам вопросы, указанные преподавателем. (Список основной литературы приведен в приложении Г).

#### **А.2 Методические рекомендации по лабораторному практикуму**

Цель лабораторного практикума - овладение навыками обработки и анализа результатов экспериментальных исследований электрофизических свойств материалов электронной техники.

Структура и содержание основных разделов лабораторного практикума (приведена в рабочей программе учебного модуля, раздел 4.3)

При проведении лабораторного практикума студенты максимально самостоятельно выполняют лабораторные работы. Занятия строятся следующим образом:

первое занятие – вводное:

- проводится инструктаж по технике безопасности;
- студенты разбиваются на группы для выполнения ЛР;
- получают указания по организационным вопросам: знакомятся с порядком выполнения, защиты ЛР, правилами оформления отчета (в соответствии с СТО 1.701-2010. Текстовые документы. Общие требования к построению и оформлению);

на втором и последующих занятиях:

- студенты выполняют лабораторные работы;
- оформляют отчеты по лабораторным работам;
- проводится защита выполненной лабораторной работы.

На последнем занятии – защита последней лабораторной работы.

Примечание – без защиты лабораторных работ можно выполнить только 2 работы.

Студенты, не защитившие лабораторные работы в срок и не набравшие необходимой суммы баллов, защищают все выполненные лабораторные работы на занятии, выделенном как защита блока лабораторных работ. Такая защита оценивается минимальным количеством баллов.

Лабораторный практикум считается выполненным, если студент отработал и защитил все лабораторные работы, набрав при этом минимально необходимую сумму баллов.

Для выполнения лабораторного практикума по УМ студенты должны пользоваться методическими указаниями:

1. Материалы электронной техники: методические указания к лабораторным работам / Авт. – сост.: Г.М.Емельянова, Ю.П.Козловский; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2011. – 78 с. Методические указания содержат описания объекта исследования, используемого лабораторного оборудования, методику и порядок

проведения лабораторных работ, методы измерений и расчетов, указания по выполнению отчета о работе, контрольные вопросы.

### **А.3 Методические рекомендации к практическим занятиям**

Проведение практических занятий строится следующим образом:

- 20% аудиторного времени отводится на объяснение решения 1-2 типовых задач у доски;
- 70% аудиторного времени – самостоятельное решение задач студентами;
- 10% аудиторного времени – разбор типовых ошибок при решении задач (в конце текущего занятия).

На каждом практическом занятии по результатам самостоятельной работы проставляются баллы.

Примеры разноуровневых задач с решением представлены в учебном пособии: Антипов Б.Л. Материалы электронной техники: задачи и вопросы: учеб. для студентов вузов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. – 206 с.

*Пример решения задачи:*

К стержню из арсенида галлия длиной 50 мм приложено напряжение 50 В. За какое время электрон пройдет через весь образец, если подвижность электронов  $\mu_n = 0,9 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ .

Решение:

$$E = \frac{U}{l}; \quad \mu_n = \frac{V}{E}; \quad V = \mu_n E$$

$$t = \frac{l}{V} = \frac{l}{\mu_n E} = \frac{l^2}{\mu_n U};$$

$$t = \frac{50^2 \cdot 10^{-6}}{0,9 \cdot 50} = 55,5 \cdot 10^{-6} \text{ с} \approx 56 \text{ мкс}$$

Ответ:  $t = 56 \text{ мкс}$ .

### **А.4 Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов**

Для самостоятельной работы студенты могут использовать: Материалы и элементы: сборник задач для самостоятельной работы по дисциплине / сост.: Г.М.Емельянова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. - В.Новгород, 2011. – 13 с.

Для подготовки к лабораторным работам, контрольной работе, экзамену рекомендуется пользоваться основной и дополнительной учебно-методической литературой, представленной в таблице А.1 и в карте учебно-методического обеспечения.

### **А.4 Организация и проведение контроля**

#### **Рубежный контроль**

Рубежная аттестация по учебному модулю проводится на девятой неделе семестра по результатам текущего контроля и результатам контрольных работ, которые проводятся в часы аудиторной СРС. Пороговому уровню соответствует 100 баллов, максимальное количество баллов – 200 .

### Пример задач для контрольных работ

1. Одинаковым ли будет относительное изменение удельного сопротивления меди для двух температурных интервалов  $0 - 100^\circ\text{C}$  и  $100 - 200^\circ\text{C}$  (по отношению к начальному значению в каждом из этих интервалов)?
2. К графитовому стержню длиной  $0,2$  м приложено напряжение  $6$  В. Определить плотность тока в стержне в первый момент после подачи напряжения, если удельное сопротивление графита  $4 \cdot 10^{-4}$  Ом·м. Как и почему меняется плотность тока в стержне со временем?
3. Определить ток через образец кремния прямоугольной формы размерами  $l \cdot b \cdot h = 5 \cdot 2 \cdot 1$  мм, если вдоль образца приложено напряжение  $10$  В. Известно, что концентрация электронов в полупроводнике  $10^{21} \text{ м}^{-3}$ ,  $\mu_p = 0,19 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ .
4. При температуре  $T = 300$  К концентрация дырок в германии р-типа равна  $2,1 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$ , а концентрация электронов в  $100$  раз меньше.  $\mu_n = 0,99 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ ,  $\mu_p = 0,19 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ . Найти собственное удельное сопротивление германия.
5. Диэлектрик в форме прямоугольного параллелепипеда с длиной  $l = 5$  см и площадью торцов  $S = b \cdot h = 2 \cdot 0,5$  (см·см) покрыт с торцов металлическими электродами. При напряжении  $V = 1500$  В через диэлектрик проходит ток  $I = 10^{-9}$  А. Найти удельное поверхностное сопротивление  $\rho_s$ , если  $\rho_v = 10^{10}$  Ом·м<sup>3</sup>.
6. Спонтанная поляризованность у монокристаллов титаната бария при комнатной температуре равна  $0,25$  Кл/м<sup>2</sup>. Предполагая, что причиной возникновения спонтанной поляризации является только смещение иона титана из центра элементарной кубической ячейки, определить величину этого смещения. Период идентичности решетки  $a = 0,4$  нм.

### Семестровый контроль

Качество усвоенного материала учебного модуля проверяется при итоговой аттестации студентов - на экзамене. Экзамен проводится в период экзаменационной сессии. Максимальное количество баллов, получаемое на экзамене – 50. Экзаменационные билеты и задачи представлены в фонде оценочных средств (приложения А, Б).

### Вопросы к экзамену УМ «Материалы электронной техники»

- 1 Природа электропроводности материалов. Свойства проводниковых материалов.
- 2 Контактные явления в металлах и термо-ЭДС.
- 3 Кристаллизация. Полиморфизм.
- 4 Сплавы. Характеристики сплавов. Сплавы высокого сопротивления. Сплавы для термопар.
- 5 Металлы высокой проводимости.
- 6 Сверхпроводимость.
- 7 Криопроводимость.
- 8 Основные типы магнитного состояния вещества. Природа ферромагнетизма.
- 9 Потери в ферромагнетиках.
- 10 Магнитомягкие материалы. Особенности применения.
- 11 Магнитные материалы с прямоугольной петлей гистерезиса.
- 12 Магнитотвердые материалы.
- 13 Ферриты.
- 14 Электропроводность полупроводников. Собственные и примесные полупроводники.
- 15 Механизмы рассеяния и подвижность свободных носителей заряда.

- 16 Температурная зависимость концентрации свободных носителей заряда.
- 17 Температурная зависимость проводимости полупроводников.
- 18 Термоэлектрические явления в полупроводниках.
- 19 Эффект Холла.
- 20 Фотопроводимость полупроводников.
- 21 Диффузия и дрейф свободных носителей заряда в полупроводниках.
- 22 Влияние сильных электрических полей.
- 23 Полупроводниковые материалы и технология их получения.
- 24 Электронно-дырочные переходы. ВАХ перехода.
- 25 Поляризация диэлектриков. Виды поляризации. Диэлектрическая проницаемость.
- 26 Электропроводность диэлектриков.
- 27 Диэлектрические потери. Виды диэлектрических потерь.
- 28 Пробой диэлектриков. Виды пробоя диэлектриков.
- 29 Применение диэлектриков. Виды диэлектрических материалов.
- 30 Характеристика материалов квантовой электроники.
- 31 Особенности лазерного излучения. Типы квантовых переходов.
- 32 Устройство и работа лазеров. Типы лазеров.
- 33 Особенности технологии твердотельных материалов для лазеров.
- 34 Модуляторы оптического излучения и материалы для них.

Пример экзаменационного билета

Министерство образования и науки РФ  
ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет  
им. Ярослава Мудрого»

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

Дисциплина «Материалы электронной техники»

кафедра ФТТМ

1. Электропроводность диэлектриков.
2. Полупроводниковые материалы и технология их получения.
3. Задача.

Зав. КФТТМ \_\_\_\_\_ Б.И.Селезнев

Таблица А.1 - Организация изучения учебного модуля «Материалы электронной техники»

Разделы модуля	Технология формы проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература
1 Роль материалов в развитии элементной базы электронной техники	<ul style="list-style-type: none"> <li>- вводная лекция,</li> <li>- практическое занятие: решение задач</li> <li>- лабораторный практикум: вводное занятие</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение литературы по теме</li> <li>- решение задач (домашнее задание)</li> <li>- ознакомление по метод. указаниям с лаб. работами (имеются в лаборатории)</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Новые материалы / Под науч. ред. Ю.С.Карабасова; Науч.-исслед. прогр. "Науч. исслед. высш. шк. в обл. приоритет. направлений науки и техники". - М.: МИСИС, 2002. – 734 с.</li> <li>2. Антипов Б.Л. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы: учеб. для студентов вузов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. – 206 с.</li> <li>3. Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.</li> </ol>
2 Проводники	<ul style="list-style-type: none"> <li>- информационные лекции,</li> <li>- практические занятия: решение задач, проверка домашних заданий</li> <li>- лабораторный практикум</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение литературы по теме</li> <li>- решение задач (домашнее задание)</li> <li>- выполнение лабораторной работы</li> <li>- ознакомление с методикой выполнения следующей ЛР</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники: учеб. для вузов / В.С.Сорокин, Б.Л.Антипов, Н.П.Лазарева: в 2 т. - Т.1: Проводники, полупроводники, диэлектрики. - 2006. – 439 с.</li> <li>2. Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.</li> </ol>
3 Магнитные материалы	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обзорная лекция</li> <li>- практическое занятие:</li> <li>- лабораторный практикум</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение литературы по теме</li> <li>- решение задач (домашнее задание)</li> <li>- выполнение лабораторной работы</li> <li>- ознакомление с методикой выполнения следующей ЛР</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Преображенский А.А. Магнитные материалы и элементы / А.А.Преображенский, Е.Т.Бишард. - М.: Высшая школа, 1986.- 156 с.: ил.</li> <li>2. Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.</li> </ol>

Разделы модуля	Технология формы проведения занятий	Задания на СРС	Дополнительная литература
4 Полупроводники	<ul style="list-style-type: none"> <li>- информационные лекции</li> <li>- практические занятия</li> <li>- лабораторный практикум:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение литературы по теме</li> <li>- решение задач на занятии</li> <li>- выполнение лабораторных работ</li> <li>- ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники: учеб. для вузов / В.С.Сорокин, Б.Л.Антипов, Н.П.Лазарева: в 2 т. - Т.1: Проводники, полупроводники, диэлектрики. - 2006. – 439 с.</li> <li>2. Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С.Горелик, М.Я.Дашевский. - М.: МИСИС, 2003.- 483 с.: ил.</li> <li>3. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие. - 2-е изд. - М.; СПб.: Лаборатория Базовых Знаний: Невский Диалект: Физматлит, 2001, 2003. - 488с.</li> <li>4. Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.</li> </ol>
5 Диэлектрики	<ul style="list-style-type: none"> <li>- информационные лекции</li> <li>- практические занятия:</li> <li>- лабораторный практикум</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение литературы по теме</li> <li>- решение задач</li> <li>- выполнение лабораторных работ</li> <li>- ознакомление с методикой выполнения следующих ЛР</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С.Горелик, М.Я.Дашевский. - М.: МИСИС, 2003.- 483 с.: ил.</li> <li>2. Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.</li> </ol>
6 Материалы квантовой электроники	<ul style="list-style-type: none"> <li>- информационные лекции,</li> <li>- заключительная лекция</li> <li>- практические занятия:</li> <li>- лабораторный практикум</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- изучение литературы по теме</li> <li>- решение задач</li> <li>- выполнение лабораторных работ</li> </ul>	<p>Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.</p>

**Приложение Б**  
(обязательное)

**Технологическая карта**  
**учебного модуля «Материалы электронной техники»**  
**семестр 3, ЗЕТ 9, вид аттестации экзамен, **акад.часов 324, баллов рейтинга 450****

Номер и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ неде-ли сем.	Трудоемкость, ак.час					СРС	Форма текущего контроля успеv. (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСРС				
	1-9	27	18	27	18	72		200	
1 Роль материалов в развитии элементной базы электронной техники	1	3	2	3	2	8			
2 Проводники	2-4	9	6	9	6	24	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	50	
							контрольная работа	35	
3 Магнитные материалы	5-6	6	4	6	4	16	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	25	
4 Полупроводники	7-9	9	6	9	6	24	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	25	
							контрольная работа	35	
Рубежный контроль	9	(не менее 100 баллов из 200)							

Номер и наименование раздела учебного модуля, КП/КР	№ недели сем.	Трудоемкость, ак. час					СРС	Форма текущего контроля успеваемости (в соотв. с паспортом ФОС)	Максим. кол-во баллов рейтинга
		Аудиторные занятия							
		ЛЕК	ПЗ	ЛР	АСР С				
	10-18	27	18	27	18	72		200	
4 Полупроводники	10-12	9	6	9	6	24	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	25	
							контрольная работа	35	
5 Диэлектрики	13-15	9	6	9	6	24	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	50	
							контрольная работа	35	
6 Материалы квантовой электроники и интегральной оптики	16-18	9	6	9	6	24	решение задач	10	
							выполнение и защита ЛР	25	
Семестровый контроль							экзамен	50	
Итого:		54	36	54	36	144		450	

Критерии оценки качества освоения студентами учебного модуля

9 ЗЕ = 50 б. × 9 = 450 баллов:

- «удовлетворительно» – от 225 до 314 баллов;
- «хорошо» – от 315 до 404 баллов;
- «отлично» – от 405 до 450 баллов.

**Приложение В**  
(обязательное)

**Паспорта компетенций**

ОПК-2 способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Базовый уровень	Знает и понимает физическую сущность явлений и процессов, происходящих в материалах при взаимодействии в различных условиях эксплуатации	Испытывает трудности при объяснении физической сущности явлений и процессов в материалах	Недостаточно четко объясняет физическую сущность явлений и процессов в материалах	Четко объясняет физическую сущность явлений и процессов в материалах
	Умеет решать задачи по материалам электронной техники	Допускает ошибку при подборе формул и/или необходимых данных для решения задач или допускает критическую ошибку в расчетах	Правильно подбирает формулы и необходимые данные, но допускает некритические ошибки в расчетах	Верно решает задачи
	Владеет методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов электронной техники	Испытывает затруднения при использовании методов экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов	Допускает неточности при использовании методов экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов	Способен обосновать выбор и применить в практике методы экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов

ДПК-2 Способность к организации и контролю технологического процесса выпуска изделий микроэлектроники

Уровни	Показатели	Оценочная шкала		
		удовлетворительно	хорошо	отлично
Пороговый уровень	Знает основные сведения о технологии изготовления изделий микроэлектроники	Испытывает трудности при демонстрации знаний о технологии изготовления материалов электронной техники	Допускает неточности при демонстрации знаний о технологии изготовления материалов электронной техники	Имеет целостное представление о технологии изготовления материалов электронной техники

**Приложение Г**  
(обязательное)

**Карта учебно-методического обеспечения**

Учебного модуля **Материалы электронной техники**  
 Направление **11.03.04 - Электроника и наноэлектроника**  
 Формы обучения **очная**  
 Курс **2** Семестр **3**  
 Часов всего **324**: лекций **54**, практ. зан. **36**, лаб. раб. **54**, СРС и виды индивидуальной работы (курсовая работа, КП) **180**  
 Обеспечивающая кафедра **ФТТМ** институт **ИЭИС**

Таблица Г.1- Обеспечение учебного модуля учебными изданиями

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
<b>Учебники и учебные пособия</b>		
1 Пасынков В.В. Материалы электронной техники: учеб. - 6-е изд., стер. - СПб.: Лань, 2004 (2003, 2001). – 366 с.	77	
2 Петров К.С. Радиоматериалы, радиокомпоненты и электроника: учебное пособие. – СПб: Питер, 2006 (2003). – 522 с.	16	
<b>Учебно-методические издания</b>		
1 Материалы электронной техники: рабочая программа / Авт. – сост.: Г.М.Емельянова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2017. – 17 с.	-	
2 Материалы электронной техники: методические указания к лабораторным работам [электронный ресурс]/ Авт. – сост.: Г.М.Емельянова, Ю.П.Козловский; НовГУ им. Ярослава Мудрого. – Великий Новгород, 2014. – 79 с. – Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2169">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-2169</a>	10	да
3 Материалы и элементы электронной техники: задачи для самостоятельной работы студентов [электронный ресурс] / сост.: Г.М.Емельянова; НовГУ им. Ярослава Мудрого. - В.Новгород, 2004. – 11 с. – Режим доступа: <a href="https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-401">https://novsu.bibliotech.ru/Reader/Book/-401</a>	67	да

Таблица Г.2 – Информационное обеспечение учебного модуля

Название программного продукта, интернет-ресурса	Электронный адрес	Примечание

Таблица Г.3 – Дополнительная литература

Библиографическое описание* издания (автор, наименование, вид, место и год издания, кол. стр.)	Кол. экз. в библ. НовГУ	Наличие в ЭБС
1 Антипов Б.Л. Материалы электронной техники: Задачи и вопросы: учеб. для студентов вузов. - 3-е изд., стер. - СПб.; М.; Краснодар: Лань, 2003. – 206 с.	102	
2 Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: учеб. пособие. - 2-е изд. - М.; СПб.: Лаборатория Базовых Знаний: Невский Диалект: Физматлит, 2001, 2003. - 488с.	20	
3 Справочник по электротехническим материалам / Под редакцией Ю.В.Корицкого, В.В.Пасынкова, В.М.Тареева. - М.: Энергоатомиздат, 1988.- 728 с.: ил.	2	
4 Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С.С.Горелик, М.Я.Дашевский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МИСИС, 2003.- 483 с.: ил.	12	
5 Новые материалы / Под науч. ред. Ю.С.Карabasова; Науч.-исслед. прогр. "Науч. исслед. высш. шк. в обл. приоритет. направлений науки и техники". - М.: МИСИС, 2002. – 734 с.	5	

Действительно для учебного года \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись И.О.Фамилия

\_\_\_\_\_ 20..... г.

СОГЛАСОВАНО

НБ НовГУ:

\_\_\_\_\_ должность \_\_\_\_\_ подпись \_\_\_\_\_ расшифровка