

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 15:11:42  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d78c81b6ca82b886b2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
  
И.Г.Игнатова  
« 2 » сентября 2020 г.  
М.П.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

### «Материалы электронной техники»

Направление подготовки – 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника»

Направленность (профиль) – «Квантовые приборы и нанoeлектроника»

Москва 2020

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательных программ:

**Компетенция ПК-2** «Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения» сформулирована на основе профессионального стандарта 40.040 «Инженер в области разработки цифровых библиотек стандартных ячеек и сложнофункциональных блоков».

**Обобщенная трудовая функция А** «Разработка электрических схем и характеристика стандартных ячеек библиотеки».

**Трудовая функция А/01.6** «Разработка электрических схем стандартных ячеек библиотеки»

| Подкомпетенции, формируемые в дисциплине  | Задачи профессиональной деятельности  | Индикаторы достижения подкомпетенций   |
|---|---|--|
| ПК-2.МЭТ Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования материалов для схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. | Научно-исследовательский тип задач.<br>Задачи: участие в планировании и проведении экспериментов по заданной методике | <b>Знание</b> основных свойств материалов электронной техники и нанoeлектроники, а также способов их измерения.<br><b>Умение</b> осуществлять выбор методов исследования (измерения) характеристик объектов, в том числе для конкретных условий эксплуатации.<br><b>Опыт</b> проведения экспериментального исследования свойств материалов для схем и устройств электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения. |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

**Входные требования к дисциплине.**

Входные требования к дисциплине - знание основ математики, атомной физики и строения вещества, химии.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|------|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|      |         |                         |                           | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                               |                          |
| 3    | 5       | 5                       | 180                       | 32                | 32                         | -                           | 80                            | Экз (36)                 |

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля   | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля   |
|---|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|---|
|   | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                        |   |
| <b>1. Основные понятия и сведения о материалах электронной техники.</b> | 4                 | 16                         | -                           | 24                     | Опрос<br>Защита лабораторных работ<br>Выполнение и контроль индивидуального задания |
| <b>2. Конструкционные и проводниковые материалы.</b>                    | 8                 | 4                          | -                           | 17                     | Опрос<br>Защита лабораторных работ<br>Выполнение и контроль индивидуального задания |
| <b>3. Физические процессы в полупроводниках и их свойства.</b>          | 14                | 12                         | -                           | 24                     | Опрос<br>Защита лабораторных работ<br>Выполнение и контроль индивидуального задания |
| <b>4. Физические процессы в диэлектриках и их свойства.</b>             | 6                 | -                          | -                           | 15                     | Опрос<br>Защита лабораторных работ<br>Выполнение и контроль индивидуального задания |

#### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание  |
|---------------------|----------|----------------------|---|
| 1                   | 1        | 2                    | Классификация и особенности материалов электронной техники.   |
|                     | 2        | 2                    | Элементы зонной теории твердого тела.   |
| 2                   | 3-4      | 4                    | Проводящие материалы. Особенности тонкопленочных металлов.  |
|                     | 5-6      | 4                    | Проводящие материалы в микроэлектронике.  |
| 3                   | 7-8      | 4                    | Классификация полупроводниковых материалов. Собственные и примесные полупроводники. Примеси в полупроводниках.  |
|                     | 9-10     | 4                    | Монокристаллический кремний, его применение, получение, свойства. Примеси и микродефекты. Тенденции в развитии производства полупроводникового кремния. |
|                     | 9        | 2                    | Поликристаллический кремний. Применение, свойства, получение.   |
|                     | 10       | 2                    | Полупроводниковый карбид кремния – применение, свойства, особенности технологии.  |
|                     | 11       | 2                    | Полупроводниковые соединения типа $A^{III}B^V$ .  |
|                     | 12       | 2                    | Полупроводниковые соединения типа $A^{II}B^{VI}$ .  |
| 4                   | 13       | 2                    | Материалы и технология устройств фазовой памяти.  |
|                     | 14       | 2                    | Диэлектрические материалы. Основные понятия. Свойства диэлектриков. Классификация диэлектрических материалов.   |
|                     | 15       | 2                    | Стекловидные диэлектрические материалы. Стекла. Ситаллы и ситаллоцементы. Керамические материалы.   |
|                     | 16       | 2                    | Активные диэлектрики. Сегнето-, пьезо- и пьезоэлектрики. Электро-, магнито- и акустооптические материалы. Жидкие кристаллы.                             |

#### 4.2. Практические занятия

*Не предусмотрены*

### 4.3. Лабораторные работы

| № модуля дисциплины | № лабораторной работы | Объем занятий (часы) | Наименование работы   |
|---------------------|-----------------------|----------------------|---|
| 1                   | 1                     | 4                    | Обозначение плоскостей в кубических и гексагональных кристаллах                                 |
|                     | 2                     | 4                    | Обозначение направлений в кубических и гексагональных кристаллах                                |
|                     | 3                     | 4                    | Кристаллохимический анализ типичных кристаллических структур полупроводниковых материалов       |
|                     | 4                     | 4                    | Исследование дефектности полупроводниковых материалов   |
| 2                   | 5                     | 4                    | Исследование температурной зависимости коэффициента теплопроводности конструкционных материалов |
| 3                   | 6                     | 4                    | Исследование температурной зависимости электропроводности материалов электронной техники.       |
|                     | 7                     | 4                    | Исследование температурной зависимости подвижности электронов и дырок в полупроводниках         |
|                     | 8                     | 4                    | Исследование термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике.       |

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля дисциплины | Объем занятий (часы) | Вид СРС  |
|---------------------|----------------------|--|
| 1-4                 | 24                   | Изучение теоретического материала в объеме лекций        |
| 1-3                 | 20                   | Подготовка к лабораторным работам                        |
| 1-4                 | 6                    | Подготовка к опросам по модулям                          |
| 1-2                 | 2                    | Подготовка к рубежному тестированию                      |
| 1-4                 | 12                   | Выполнение и подготовка к защите индивидуального задания |

### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*Не предусмотрены*

## 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС, <http://orioks.miet.ru/>):

### **Модуль 1 «Основные понятия и сведения о материалах электронной техники»**

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №1, материалов для самостоятельной работы студентов.

### **Модуль 2 «Конструкционные и проводниковые материалы»**

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №2, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

### **Модуль 3 «Физические процессы в полупроводниках и их свойства»**

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №3, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

### **Модуль 4 «Физические процессы в диэлектриках и их свойства»**

✓ Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №4, лабораторного практикума, материалов для самостоятельной работы студентов.

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### **Литература**

1. Материаловедение: Учебник / В. Н. Гадалов [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 272 с.
2. Материаловедение: Учебник / А. А. Воробьев [и др.]. - М. : АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 304 с.
3. Попенко Н.И. Структура реальных кристаллов: Учеб. пособие / Н. И. Попенко, А. В. Железнякова, Ю. И. Шиляева; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2015. - 120 с.
4. Фазовая память: современное состояние и перспективы использования: Учебно-методическое пособие / А. А. Шерченков [и др.]; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский университет "МИЭТ". - М. : МИЭТ, 2016. - 136 с.
5. Сорокин В.С. Материалы и элементы электронной техники. Проводники, полупроводники, диэлектрики : Учеб. / В.С. Сорокин, Б.Л. Антипов, Н.П. Лазарева. - 2-е изд., испр. - СПб. : Лань, 2015. - 448 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/67462> (дата обращения: 16.08.2020). - ISBN 978-5-8114-2003-2
6. Материалы электронной техники: Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 1 / Б. Г. Будагян, А. А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 2001. - 56 с.

7. Материалы электронной техники : Лабораторный практикум: В 2-х ч. Ч. 2 / Б. Г. Будагян [и др.]. - М. : МИЭТ, 2001. - 88 с.
8. Материалы электронной техники: Лабораторный практикум: В 3-х ч. Ч. 3 / А. А. Шерченков, Ю. И. Штерн. - М. : МИЭТ, 2004. - 88 с.
9. Будагян Б.Г. Материалы электронной техники: Учеб. пособие / Б. Г. Будагян, Ю. И. Штерн, А. А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1997. - 140 с.
10. Будагян Б.Г. Материалы твердотельной электроники: Учеб. пособие / Б. Г. Будагян, А. А. Шерченков. - М. : МИЭТ, 1999. - 118 с.
11. Пасынков В.В. Материалы электронной техники / В. В. Пасынков, В. С. Сорокин. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 367 с.
12. Горелик С.С. Материаловедение полупроводников и диэлектриков / С. С. Горелик, М. Я. Дашевский. - М. : Металлургия, 1988. - 574 с.

### **Периодические издания**

1. Известия вузов. Электроника : Научно-технический журнал / М-во образования и науки РФ; МИЭТ; Гл. ред. Ю.А. Чаплыгин. - М. : МИЭТ, 1996 - .
2. Известия вузов. Материалы электронной техники : Научный рецензируемый журнал / ФГБОУ ВПО "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС". - М. :МИСиС, 1998 - . - URL: <http://met.misis.ru/jour> (дата обращения: 16.08.2020)
3. Физика и техника полупроводников : научный журнал / Российская академия наук, Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе Российской академии наук. - Санкт-Петербург : Наука : ФТИ им. А. Ф. Иоффе, 1967 - . - URL: <http://journals.ioffe.ru/ftp> (дата обращения: 31.03.2020).
4. Российские нанотехнологии / Национальный исследовательский центр "Курчатовский институт". - Москва : ИКЦ Академкнига, 2006 - . - URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=10601> (дата обращения: 13.04.2020). - Режим доступа: по подписке
5. Неорганические материалы / РАН. - М. : Наука, 1965 - . - URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7918> (дата обращения: 13.04.2020). - Режим доступа: по подписке
6. Журнал неорганической химии / Российская академия наук, Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН. - М. : РАН, Наука, 1956 - . - URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7794> (дата обращения: 13.04.2020). - Режим доступа: по подписке
7. Журнал технической физики / РАН, Физико-технический институт имени А.Ф. Иоффе. - СПб. : Наука, 1931 - . - URL: <http://journals.ioffe.ru/jtf> (дата обращения: 31.03.2020).
- 8 Журнал экспериментальной и теоретической физики : Научный журнал / РАН, Ин-т физических проблем им. П.Л. Капицы. - М. :РАН, Наука, 1873 - . - URL: <http://www.jetp.ac.ru/cgi-bin/r/index/scope> (дата обращения: 31.03.2020).
9. Измерительная техника :Ежемес. науч.-техн. журн. / Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии; ФГУП "Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы" и др. - М. : Стандартинформ, 1939 - . - URL: <https://lib.rucont.ru/efd/576179/info> (дата обращения: 13.04.2020). - Режим доступа: по подписке

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **База American Chemical Society :** [Некоммерческое научное издательство] : сайт. – Американское химическое общество, 2020. – URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: свободный.
3. **ECS Digital Library :** [научное издательство IOP Publishing] : сайт. - 2020. – URL: <http://ecsd.org/> (дата обращения: 20.09.2020)

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

Обучение может реализовываться в полном объеме с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС.

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОС «Домашние задания», электронная почта и т.д.

В процессе обучения при проведении занятий и для самостоятельной работы используются **внутренние электронные ресурсы** в формах видеолекций, тестирования в ОРИОКС и ZOOM.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Перечень программного обеспечения            |
|---|---|--|
| Учебная аудитория   | Мультимедийное оборудование   | ОС Microsoft Windows<br>MS Office<br>браузер |
| Учебная аудитория №4139 «Лаборатория материалов электронной           | Компьютер, проектор, лабораторные стенды:<br>- Определения удельного  | ОС Microsoft Windows<br>MS Office            |



| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы   | Перечень программного обеспечения               |
|---|---|---|
| техники». Учебная аудитория №4136 «Лаборатория микроскопии».          | сопротивления материалов<br>- Исследование температурной зависимости электропроводности материалов<br>- Исследование температурной зависимости подвижности электронов и дырок в полупроводниках<br>- Исследование термоэлектрических явлений в материалах, используемых в электронной технике<br>- Исследование температурной зависимости теплопроводности материалов, используемых в электронной технике | браузер   |
| Помещение для самостоятельной работы                                  | Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ   | ОС Microsoft<br>Windows<br>MS Office<br>браузер |

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по компетенции/подкомпетенции ПК-2. МЭТ «Способен аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования материалов для схем и устройств электроники и наноэлектроники различного функционального назначения».

Фонд оценочных средств представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

В рамках рассматриваемого курса предусмотрены следующие формы учебных занятий:

- **лекции**, цель которых состоит в рассмотрении теоретических основ дисциплины
- **лабораторные занятия**, цель проведения которых – экспериментальное подтверждение и проверка существующих теоретических положений, формирование профессиональных компетенций, умений и навыков проведения экспериментов, ознакомление с современными приборами и аппаратурой.

- **внеаудиторная самостоятельная работа**, цель которой – закрепление полученных знаний, подготовка к практическим (лабораторным) занятиям, приобретение опыта самостоятельной работы с различными источниками информации. Самостоятельная работа студентов планируется по каждой из тем лекционного курса.

В учебной программе дисциплины предусмотрено 4 модуля. Модуль 1 дает студентам основные сведения о материалах электронной техники, основных классах современных материалов и является базовым для всех последующих модулей. В модулях 2, 3 и 4 даны сведения соответственно о конструкционных и проводниковых материалах, физических процессах в полупроводниках и их свойствах, физических процессах в диэлектриках и их свойствах. Порядок освоения модулей 2, 3 и 4 может быть произвольным, но после модуля 1.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы.

Для выполнения лабораторного практикума в библиотеке МИЭТ имеются учебно-методические пособия. Можно воспользоваться также разработками лабораторных работ, находящихся на кафедре. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Текущий контроль успеваемости осуществляется по результатам выполнения самостоятельной работы, результатам опроса по модулям 1-4, выполнения индивидуального задания и участия в активных и интерактивных формах проведения занятий с учетом посещаемости аудиторных занятий.

Выполнение теоретического задания студентами проходит по следующей схеме.

1. Ознакомление с проблематичными тематиками дисциплины.
2. Проработка теоретического материала и подготовка доклада с использованием современной периодики, информационных ресурсов и вычислительных программ, справочных источников.
3. Доклад в группе в отведенное время. Обсуждение докладов, сделанных одноклассниками, обсуждение, формирования логических взаимосвязей и выводов.

Оцениваться будет не только качество выполнения научного исследования и доклада, но и активное участие в обсуждении тем, представленных одноклассниками.

При подведении итоговой оценки успеваемости на экзамене будет действовать накопительно -балльная система оценки знаний, когда учитывается не только ответ на экзамене, но и сумма баллов, полученных в течение семестра. Для итоговой аттестации целесообразно использовать портфолио, включающий: конспект лекций и конспект материалов, подготовленных в рамках самостоятельной работы, протоколы тренингов на осознание собственных действий (сопоставление проекта с результатом), примеры собственных вариантов тестов по предмету, представление заданной преподавателем отдельной задачи курса в виде презентации.

Подготовкой портфолио необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не устранившись от активного участия в активных видах занятий.

Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем.

### **11.2. Система контроля и оценивания**

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система.

Баллами оцениваются: выполнение и защита лабораторных работ (32 балла), активность и посещаемость лекций (20 баллов), выполнение индивидуального задания (27 баллов), итоговый контроль (21 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету. Структура и график контрольных мероприятий приведены ниже в таблице и доступны в ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

| <b>Сумма баллов</b> | <b>Оценка</b> |
|---------------------|---------------|
| Менее 50            | 2             |
| 50 – 69             | 3             |
| 70 – 85             | 4             |
| 86 – 100            | 5             |

### **РАЗРАБОТЧИК:**

Профессор Института ПМТ, д.т.н., профессор \_\_\_\_\_ /А.А.Шерченков/

Рабочая программа дисциплины «Материалы электронной техники» по направлению подготовки 11.03.04 «Электроника и нанoeлектроника», направленности (профилю) «Квантовые приборы и нанoeлектроника» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39

Зам. директора Института ПМТ  /А.В.Железнякова/

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой КФН

Заведующий кафедрой  /А.А. Горбацевич/

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК  /И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки  /Т.П.Филиппова/