

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 07.07.2023 11:45:30  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Радиотехнические средства  
передачи, приема и обработки  
сигналов»



**СПбГЭТУ «ЛЭТИ»**  
ПЕРВЫЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет  
«ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

---

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

**«ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОМАТЕРИАЛЫ»**

для подготовки бакалавров

по направлению

11.03.01 «Радиотехника»

по профилю

**«Радиотехнические средства передачи, приема и обработки сигналов»**

Санкт-Петербург

2022

## ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Разработчики:

доц., к.т.н. Ситникова М.Ф.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МИТ  
19.01.2022, протокол № 1

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФРТ, 29.03.2022, протокол № 3

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## 1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Обеспечивающий факультет	ФРТ
Обеспечивающая кафедра	МИТ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	2
Семестр	4
<b>Виды занятий</b>	
Лекции (академ. часов)	51
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	17
Иная контактная работа (академ. часов)	1
Все контактные часы (академ. часов)	86
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	94
Всего (академ. часов)	180
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	
Экзамен (курс)	2

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОМАТЕРИАЛЫ»**

Изучение дисциплины «Основы электроники и радиоматериалы» позволит студентам грамотно подходить к пониманию фундаментальных законов и явлений, лежащих в основе современной радиоэлектроники, микроэлектроники и наноэлектроники; приборов и устройств современной полупроводниковой электроники и микроэлектроники; технологических процессов, составляющих базу для разработки и производства основных элементов полупроводниковой электроники и микроэлектроники с опорой на основные законы и принципы квантовой механики и физики твердого тела. Студенты знакомятся с основной элементной базой современной полупроводниковой электроники и перспективными разработками микроэлектроники и наноэлектроники. Изучают современные материалы радиоэлектроники и знакомятся с перспективными направлениями развития материаловедения для целей радиоэлектроники.

### **SUBJECT SUMMARY**

#### **«BASICS OF ELECTRONIC AND RADIO MATERIALS»**

The study of discipline «Basics of electronic and radio materials» enable students to competently approach the understanding of the fundamental laws and phenomena that underlie modern radio electronics, microelectronics and nanoelectronics; instruments and devices of modern semiconductor electronics and microelectronics; processes that make up the basis for the development and production of the main elements of semiconductor electronics and microelectronics, building on the basic laws and principles of quantum mechanics and solid state physics. Students are introduced to the foundation element base of modern semiconductor electronics and promising developments in microelectronics and nanoelectronics. Learn advanced materials and electronics are introduced to promising areas of materials development for electronics purposes.

## 3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

### 3.1 Цели и задачи дисциплины

#### 1. Цели изучения дисциплины:

- приобрести знания об элементной базе современной полупроводниковой электроники и перспективных разработках микроэлектроники и нанoeлектроники;
- приобрести знания о современных материалах радиоэлектроники и с перспективных направлениях развития материаловедения для целей радиоэлектроники;
- сформировать умения и навыки применять современные технические средства радиоэлектроники в практической деятельности

#### 2. Задачи изучения дисциплины:

- изучение законов квантовой механики и зонной теории твердого тела, физических представлений, лежащих в основе методов разработки элементной базы и технологических процессов микро-и нанoeлектроники; получение знаний об основных положениях физики твердого тела и квантовой механики; современных представлениях о кристаллической решетке и аморфном состоянии вещества; зонной теории твердого тела, включая понятия о донорных и акцепторных примесях, решетках Браве, понятия о фононах, магнонах, экситонах и других квазичастиц; обретение умений и навыков в области проектирования и разработки элементной базы современной электроники и технологических процессов микроэлектроники и нанoeлектроники;
- формирование базовых фундаментальных представлений, как основы проектирования и разработки элементной базы современной электроники и технологических процессов микроэлектроники и нанoeлектроники;
- формирование умений и навыков разбираться в физических принципах и моделях процессов, лежащих в основе современной микро-и нанотехнологии; навы-

ков оценивать перспективу развития основных направлений современной электронной, микро-и наноэлектронной технологий;

-получение представления о современных физических концепциях, теориях и результатах экспериментальных исследований, лежащих в основе современной электроники, микро-и наноэлектроники; овладение навыками анализа соответствия имеющихся технологических возможностей и технических требований; анализа полученных результатов и правильной их оценки; умения выбирать соответствующие технологические способы производства изделий микро-и наноэлектроники.

### 3. Знания:

-законов квантовой механики и зонной теории твердого тела; физических представлений, лежащих в основе методов разработки элементной базы и технологических процессов микро-и наноэлектроники;

-перспективных методов планирования своей деятельности в области электроники;

-современных методов моделирования элементной базы радиоэлектроники.

### 4. Умения:

-творчески планировать научные исследования в области технологий электронных средств и приборостроения с использованием электронных устройств;

-применять современные технические средства радиоэлектроники в практической деятельности;

-организовывать рабочее время на достижение максимальных результатов.

### 5. Навыки:

-эффективного самообразования в области проектирования радиоэлектронных устройств;

-проектирования радиоэлектронных устройств и выбора материалов к ним;

-изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов для радиоэлектроники.

### **3.2 Место дисциплины в структуре ОПОП**

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Математический анализ»
2. «Физика»
3. «Физические основы микро-и наноэлектроники»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Основы проектирования конструкций электронных средств»
2. «Физико-технологические основы проектирования интегральных микросхем»

### 3.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен достичь следующие результаты обучения по дисциплине:

<b>Код компетенции/ индикатора компетенции</b>	<b>Наименование компетенции/индикатора компетенции</b>
ПК-1	Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ
<i>ПК-1.1</i>	<i>Умеет строить физические и математические модели узлов и блоков радиотехнических устройств и систем</i>
<i>ПК-1.2</i>	<i>Владеет навыками компьютерного моделирования</i>
ПК-2	Способен реализовывать программы экспериментальных исследований, включая выбор технических средств и обработку результатов
<i>ПК-2.1</i>	<i>Знает методики проведения исследований параметров и характеристик узлов и блоков радиотехнических устройств и систем</i>
<i>ПК-2.2</i>	<i>Умеет проводить исследования характеристик радиотехнических устройств и систем</i>



## 4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Содержание разделов дисциплины

#### 4.1.1 Наименование тем и часы на все виды нагрузки

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Лек, ач	Пр, ач	Лаб, ач	ИКР, ач	СР, ач
1	Тема 1. Описание структуры и свойств радиоматериалов (элементы кристаллофизики)	9	4			20
2	Тема 2. Зонная теория твердого тела	9	4			18
3	Тема 3. Материаловедческая база современной электроники и микроэлектроники	10	4			18
4	Тема 4. Элементная база современной электроники и микроэлектроники	15	1	17		20
5	Тема 5. Перспективные направления элементной базы в нанoeлектронике	7	4			18
6	Заключение	1			1	
	Итого, ач	51	17	17	1	94
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе	180/5				

#### 4.1.2 Содержание

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
1	Тема 1. Описание структуры и свойств радиоматериалов (элементы кристаллофизики)	Современные представления о кристаллической решетке и аморфном состоянии вещества. Симметрия кристаллической структуры, 14 решеток Браве; ячейка Вигнера-Зейтца. Принципы кристаллофизики. Взаимосвязь физических свойств и структуры кристалла. Динамика кристаллической решетки. Фононы, магноны, экситоны и другие квазичастицы. Применение статистики Планка для фононов.
2	Тема 2. Зонная теория твердого тела	Основные положения физики твердого тела и квантовой механики. Зонная теория твердого тела, основные положения. Классификация твердых тел по проводимости, включая понятия и представления о валентной и запрещенной зонах и зоне проводимости в диэлектриках, полупроводниках и металлах. Теория свободных электронов, статистика Ферми, электронный газ и фермиевские параметры электронов, понятие эффективной массы электрона. Донорные и акцепторные примеси, примесные полупроводники.

№ п/п	Наименование темы дисциплины	Содержание
3	Тема 3. Материаловедческая база современной электроники и микроэлектроники	<p>Основные и перспективные материалы проводниковой и полупроводниковой техники, их электрические, магнитные, тепловые, оптические и механические свойства. Кинетическое уравнение Больцмана и его решения. Теория металлов Друде-Лоренца. Электропроводность металлов. Правило Матиссена. Зависимость электропроводности и теплопроводности металлов от температуры. Сверхпроводимость металлов. Понятие высокотемпературной сверхпроводимости. Электропроводность тонких пленок (металлы). Размерный эффект электропроводности. Высокочастотная электропроводность металла.</p> <p>Токи в полупроводниках. Электропроводность полупроводников. Электропроводность полупроводников в сильных электрических полях. Эффект Ганна. Эффект разогрева электронно-дырочного газа.</p> <p>Конструкционные материалы. Диаграммы состояний железо-углерод (сталь) и сплавов медь-олово (бронза) и медь-цинк (латунь).</p> <p>Радиоотражающие и радиопоглощающие покрытия. Защитные покрытия для радиоэлектронной аппаратуры</p>
4	Тема 4. Элементная база современной электроники и микроэлектроники	<p>Устройство и принцип действия электронной лампы и ее характеристики. Работа выхода. Контактные и поверхностные явления в твердом теле, контакты Шоттки; ; p-n переход и полупроводниковые диоды. Твердотельный транзистор, как аналог вакуумной электронной лампы. Устройство и принцип действия биполярного транзистора, полевого транзистора с управляющим p-n переходом и полевого транзистора с МДП структурой. Устройство и принцип действия приборов с зарядовой связью.</p>
5	Тема 5. Перспективные направления элементной базы в наноэлектронике	<p>Одноэлектроника. Понятие кулоновской блокады и реализация одноэлектронных транзисторов на ее основе. Одноэлектронный транзистор с электромеханическим переключением. Понятие о квантовом компьютере и кубите. Предполагаемые характеристики и возможности будущих квантовых компьютеров.</p> <p>Элементная база на основе нанотрубок и принципы молекулярной электроники.</p>
6	Заключение	<p>Краткий обзор содержания и пояснение требований к знаниям, умениям и навыкам по всем разделам дисциплины.</p>

#### 4.2 Перечень лабораторных работ

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Исследование характеристик р-n перехода	4
2. Исследование ВАХ биполярного транзистора	4
3. Исследование ВАХ полевого транзистора с управляющим р-n переходом	4
4. Исследование ВАХ полевого транзистора с МДП структурой	5
Итого	17

### **4.3 Перечень практических занятий**

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Симметрия кристаллической структуры	3
2. Статистика Ферми	2
3. Зонная структура	2
4. Свойства радиоматериалов	2
5. Металлы, тонкие пленки	2
6. Полупроводники	2
7. Расчет ВАХ контакта Шоттки	2
8. Одноэлектронный транзистор	2
Итого	17

### **4.4 Курсовое проектирование**

Курсовая работа (проект) не предусмотрены.

### **4.5 Реферат**

Исходные данные и требования: Целью написания реферата и последующего доклада является овладение студентами навыками работы с научной и технической литературой, развитие умения проводить анализ прочитанного и освоенного материала, умение отобрать необходимые сведения, провести их анализ, сделать выводы и заключения из проработанного материала и научиться излагать их в письменной форме и в виде научного доклада.

Требованиями по оформлению реферата: количество источников -минимальное 4, максимальное 8, объем -минимальное количество стр. 8 и максимальное 12, реферат состоит из введения, 2-3 основных разделов, отражающих содержание темы, заключения, формат оформления -Word , шрифт Times New Roman, раз-

мер шрифта 14, таблицы, рисунки, чертежи и т.д. оформляются на компьютере, формат сдачи работы -сдается преподавателю в печатном виде.

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Переход от электроники к микроэлектронике и нанoeлектроник	Electronics to microelectronics and nanoelectronics transition
2	Отличие мира классической физики от мира квантовой механики	The difference between the world of classical physics and the world of quantum mechanics
3	Волновая функция. Уравнение Шрёдингера	Wave function. Schrödinger equation
4	Туннельный эффект и его роль в электронике	Tunnel effect and its role in electronics
5	Квантовое состояние и вырождение	Quantum state and degeneracy

#### 4.6 Индивидуальное домашнее задание

Порядок выдачи, выполнения и оценки индивидуального домашнего задания определяется методикой текущего контроля.

#### **Индивидуальное домашнее задание « Исследование контактных явлений в структуре металл-полупроводник»**

Формулировка задания:

*Для заданной пары металл-полупроводник оценить кинетические свойства заданных материалов, рассчитать и построить энергетическую диаграмму и вольт-амперную характеристику контакта в заданном диапазоне температур, дать рекомендации по применению исследуемого контакта.*

Каждому студенту в начале семестра выдается Шифр варианта XYZ по которому формируются индивидуальные условия задания.

Требованиями по оформлению ИДЗ: количество источников - минимальное 4, максимальное 8, объем - минимальное количество стр. 8 и максимальное 16, формат оформления - Word , шрифт Times New Roman, размер шрифта 14, таблицы, рисунки, чертежи и т.д. оформляются на компьютере, формат сдачи ра-

боты - сдается преподавателю в печатном виде.

**Содержание ИДЗ (разделы) соответствуют порядку его выполнения:**

1) Определить класс симметрии заданных материалов, построить прямую и обратную элементарные ячейки заданных материалов. Определить размеры Зоны Бриллюэна в направлениях X, L, K.

2) Определить концентрацию электронов для заданного металла из условия касания зоны Бриллюэна и сферы Ферми и сделать суждение о применимости теории свободных электронов.

3) Рассчитать и построить зависимости средней длины свободного пробега, времени релаксации и электропроводности от температуры для металла в диапазоне температур

(0,1- 10) TD (Приложение MCAD № 3).

Оценить степень дефектности металла по заданной величине удельного сопротивления.

4) Рассчитать и построить зависимость электропроводности от толщины металлической пленки при заданной температуре. (Приложение MCAD №4) Определить минимально возможную толщину металлизации.

5) Определить эффективную массу носителей заряда, их концентрацию и степень вырождения электронно-дырочного газа в заданном примесном полупроводнике в данном диапазоне температур. (Приложение MCAD №2), рассчитать и построить зависимости концентрации, подвижности и электропроводности от температуры для заданного примесного полупроводника. (Приложение MCAD № 5)

6) Рассчитать зависимости энергии Ферми и термодинамической работы выхода для примесного полупроводника от температуры.

7) Построить энергетическую диаграмму заданной пары металл-полупроводник

в выбранном масштабе для случаев: без смещения, при прямом и обратном смещениях.

Рассчитать вольтамперную характеристику контакта в данном диапазоне температур. (Приложение МСАД №6)

8) Рассчитать концентрацию носителей заряда в заданном полупроводнике для создания омического контакта к металлу.

9) Сделать выводы и дать рекомендации по применению исследуемого контакта металл-полупроводник

#### **4.7 Доклад**

Для лучшего усвоения темы и проработки навыков презентации студентам предлагается выступить с докладом на 5-7 минут по теме написанного реферата. Основные положения доклада и иллюстративный материал рекомендуется оформить в виде презентации (10-12 слайдов).

Примерные темы приведены в п. 4.5

#### **4.8 Кейс**

Кейс не предусмотрен.

#### **4.9 Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение дисциплины сопровождается самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателем литературными источниками и информационными ресурсами сети Интернет.

Планирование времени для изучения дисциплины осуществляется на весь период обучения, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала. Обучающимся, в рамках внеаудиторной самостоятельной рабо-

ты, необходимо регулярно дополнять сведениями из литературных источников материал, законспектированный на лекциях. При этом на основе изучения рекомендованной литературы целесообразно составить конспект основных положений, терминов и определений, необходимых для освоения разделов учебной дисциплины.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем и студентами, при этом предполагается, что консультант либо знает готовое решение, которое он может предписать консультируемому, либо он владеет способами деятельности, которые указывают путь решения проблемы.

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	16
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	0
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	0
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	20
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	8
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	0
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	5
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференцированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>94</b>

## 5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Название, библиографическое описание	К-во экз. в библи.
Основная литература		
1	Физические свойства радиокомпонентов [Текст] : метод. указания к лаб. работам / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2013. -26 с.	67
2	Ситникова, Маргарита Федоровна. Физические свойства радиоматериалов и радиоэлектронных компонентов [Текст] : учеб. пособие / М. Ф. Ситникова, А. А. Рассадина, 2021. -157, [1] с.	110
3	Физические свойства полупроводниковых радиокомпонентов [Текст] : метод. указания к лаб. работам / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2014. -28, [1] с.	60
Дополнительная литература		
1	Введение в нанотехнологию [Текст] : учеб. пособие / В.А. Жабрев [и др.], 2007. -293 с.	27
2	Введение в нанотехнологию [Текст] : учеб. для вузов по направлению 211000-"Конструирование и технология электронных средств" / В. И. Марголин, В. А. Жабрев, Г. Н. Лукьянов, В. А. Тупик, 2012. -457 с.	54
3	Марголин, Владимир Игоревич. Физические основы микроэлектроники [Текст] : учеб. для вузов по специальности "Проектирование и технология радиоэлектронных средств" направления подгот. "Проектирование и технология электронных средств" / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, В.А. Тупик, 2008. -399 с.	143

### 5.2 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых при освоении дисциплины

№ п/п	Электронный адрес
1	Т.И. Чернышева, М.В. Макаруч "Радиоматериалы и радиокомпоненты" <a href="http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2008/chernyshova1-a.pdf">http://www.tstu.ru/book/elib/pdf/2008/chernyshova1-a.pdf</a>
2	Хадыкин А.М. Радиоматериалы и радиокомпоненты Конспект лекций / Авт. сост. А. М. Хадыкин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 92 с <a href="https://www.studmed.ru/hadykin-am-radiomaterialy-i-radiokomponenty_559cc889660.html?ysclid=lfh1fo3nw3533551828">https://www.studmed.ru/hadykin-am-radiomaterialy-i-radiokomponenty_559cc889660.html?ysclid=lfh1fo3nw3533551828</a>



### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=12628>

## 6 Критерии оценивания и оценочные материалы

### 6.1 Критерии оценивания

Для дисциплины «Основы электроники и радиоматериалы» предусмотрены следующие формы промежуточной аттестации: экзамен.

#### Экзамен

<b>Оценка</b>	<b>Описание</b>
Неудовлетворительно	Курс не освоен. Студент испытывает серьезные трудности при ответе на ключевые вопросы дисциплины
Удовлетворительно	Студент в целом овладел курсом, но некоторые разделы освоены на уровне определений и формулировок
Хорошо	Студент овладел курсом, но в отдельных вопросах испытывает затруднения. Умеет решать задачи
Отлично	Студент демонстрирует полное овладение курсом, способен применять полученные знания при решении конкретных задач

## Особенности допуска

К экзамену допускаются студенты, посещавшие не менее 80% лекционных занятий, 80 % практических занятий, выполнившие и защитившие ИДЗ, подготовившие реферат и сделавшие доклад по нему, а также допущенные по результатам выполнения лабораторных работ.

Экзамен проводится в устной форме. В билет включается два вопроса из перечня вопросов. Помимо этого, обучающемуся предлагается кратко ответить на дополнительный вопрос. Вопросы выбираются из перечня вопросов к экзамену и формулируются преподавателем во время устной беседы.

## 6.2 Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

### Вопросы к экзамену

№ п/п	Описание
1	Понятие об электронике, микроэлектронике, субмикронной электронике и наноэлектронике.
2	Эволюция развития активного элемента: от электронной лампы к транзистору и сверхбольшой интегральной микросхеме. Базовые понятия планарной технологии.
3	Прогресс в развитии электроники, микроэлектроники и прогноз развития наноэлектроники.
4	Современные представления о кристаллической решетке и аморфном состоянии вещества.
5	Симметрия кристаллической структуры, 14 решеток Браве; ячейка Вигнера-Зейтца.
6	Принципы кристаллофизики. Взаимосвязь физических свойств и структуры кристалла.
7	Динамика кристаллической решетки.
8	Фононы, магноны, экситоны и другие квазичастицы.
9	Применение статистики Планка для фононов.
10	Основные положения физики твердого тела и квантовой механики.
11	Зонная теория твердого тела, основные положения.
12	Классификация твердых тел по проводимости, включая понятия и представления о валентной и запрещенной зонах и зоне проводимости в диэлектриках, полупроводниках и металлах.
13	Теория свободных электронов, статистика Ферми, электронный газ и фермиевские параметры электронов, понятие эффективной массы электрона.
14	Донорные и акцепторные примеси, примесные полупроводники.

15	Основные и перспективные материалы проводниковой и полупроводниковой техники, их электрические, магнитные, тепловые, оптические и механические свойства.
16	Кинетическое уравнение Больцмана и его решения.
17	Теория металлов Друде-Лоренца.
18	Электропроводность металлов.
19	Правило Матиссена.
20	Зависимость электропроводности и теплопроводности металлов от температуры.
21	Сверхпроводимость металлов.
22	Понятие высокотемпературной сверхпроводимости.
23	Электропроводность тонких пленок (металлы).
24	Размерный эффект электропроводности.
25	Высокочастотная электропроводность металла.
26	Токи в полупроводниках.
27	Электропроводность полупроводников.
28	Электропроводность полупроводников в сильных электрических полях.
29	Эффект Ганна.
30	Эффект разогрева электронно-дырочного газа.
31	Конструкционные материалы.
32	Диаграммы состояний железо-углерод (сталь) и сплавов медь-олово (бронза) и медь-цинк (латунь).
33	Радиоотражающие и радиопоглощающие покрытия.
34	Защитные покрытия для радиоэлектронной аппаратуры на основе нанотехнологических разработок.
35	Диэлектрические материалы.
36	Электропроводность диэлектриков и диэлектрические потери.
37	Пробой диэлектриков.
38	Электроизоляционные компаунды.
39	Высокочастотные свойства диэлектриков.
40	Активные диэлектрики в электронике.
41	Пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики и сегнетоэлектрические пленки в радиоэлектронике и СВЧ технике.
42	Техническая радиокерамика, нанокерамика.
43	Методы и технологии получения и области применения.
44	Магнитные материалы.
45	Природа ферромагнетизма.
46	Классификация магнитных материалов: диа-, пара-и ферромагнетики.
47	Основные характеристики ферромагнетиков.
48	Проблема электромагнитной совместимости в электронике.
49	Устройство и принцип действия электронной лампы и ее характеристики.
50	Работа выхода.
51	Контактные и поверхностные явления в твердом теле, контакты Шоттки.
52	p-n переход и полупроводниковые диоды.
53	Твердотельный транзистор, как аналог вакуумной электронной лампы.

54	Устройство и принцип действия биполярного транзистора, полевого транзистора с управляющим р-п переходом и полевого транзистора с МДП структурой.
55	Устройство и принцип действия приборов с зарядовой связью.
56	Одноэлектроника.
57	Понятие кулоновской блокады и реализация одноэлектронных транзисторов на ее основе.
58	Одноэлектронный транзистор с электромеханическим переключением.
59	Понятие о квантовом компьютере и кубите.
60	Предполагаемые характеристики и возможности будущих квантовых компьютеров.
61	Элементная база на основе нанотрубок и принципы молекулярной электроники.

### Форма билета

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический  
 университет «ЛЭТИ» имени В.И. Ульянова (Ленина)»

---

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

Дисциплина ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОНИКИ И РАДИОМАТЕРИАЛЫ ФРТ

1. Основные положения физики твердого тела и квантовой механики.
2. Понятие кулоновской блокады и реализация одноэлектронных транзисторов на ее основе.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.А.Тупик

Весь комплект контрольно-измерительных материалов для проверки сформированности компетенции (индикатора компетенции) размещен в закрытой части по адресу, указанному в п. 5.3

### 6.3 График текущего контроля успеваемости

Неделя	Темы занятий	Вид контроля
2	Тема 1. Описание структуры и свойств радиоматериалов (элементы кристаллофизики)	
3		Отчет по лаб. работе
4	Тема 2. Зонная теория твердого тела	
5		
6		Практическая работа
7	Тема 3. Материаловедческая база современной электроники и микроэлектроники	
8		
9		Практическая работа
10	Тема 4. Элементная база современной электроники и микроэлектроники	
11		
12		ИДЗ / ИДРГЗ / ИДРЗ
13	Тема 5. Перспективные направления элементной базы в наноэлектронике	
14		
15		Реферат
16	Заключение	
17		Доклад / Презентация

### 6.4 Методика текущего контроля

#### на лекционных занятиях

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

#### на лабораторных занятиях

- Порядок выполнения лабораторных работ, подготовки отчетов и их защиты

В процессе обучения студент обязан выполнить 4 лабораторных работы. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита. Выполнение лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих ра-

бот. Отчет представляется преподавателю на проверку. После проверки отчет либо возвращается (при наличии замечаний) на доработку, либо подписывается к защите.

Лабораторные работы защищаются студентами индивидуально. Каждый студент получает вопрос по процедуре проведения исследований, или по последующей обработке результатов, после чего ему предоставляется время для подготовки ответа. При обсуждении ответа преподаватель может задать несколько уточняющих вопросов. В случае если студент демонстрирует достаточное знание вопроса, работа считается защищенной.

На защите лабораторной работы студент должен показать: понимание методики исследования и знание особенностей её применения, понимание и умение объяснять особенности применяемых методов, возможные области их применения и т.д., умение давать качественную и количественную оценку полученных экспериментальных результатов и прогнозировать реакции исследуемого объекта на различные воздействия, навыки и умения, приобретенные при выполнении лабораторной работы.

Текущий контроль включает в себя выполнение, сдачу в срок отчетов и их защиту по всем лабораторным работам, по результатам которой студент получает допуск на экзамен.

#### **на практических занятиях**

Текущий контроль включает в себя контроль посещаемости (не менее **80** % занятий), по результатам которого студент получает допуск на экзамен.

В ходе проведения практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, обсуждениях и т. д. При этом активность студентов также может учитываться преподавателем, как один из способов текущего контроля на практических занятиях.

#### **самостоятельной работы студентов**

Контроль самостоятельной работы студентов осуществляется на лекционных, лабораторных и практических занятиях студентов по методикам, описанным выше.

Оценка за ИДЗ выставляется по четырех-балльной шкале по следующим критериям:

«отлично» - работа выполнена полностью;

«хорошо» - работа выполнена частично;

«удовлетворительно» - в работе имеются существенные ошибки;

«неудовлетворительно» - работа не выполнена или выполнена неправильно.

**Критерии оценивания доклада по теме написанного реферата:**

«отлично» - тема раскрыта полностью, студент свободно владеет материалом и отвечает на дополнительные вопросы по теме реферата и сделанного по нему доклада.

«хорошо» - тема раскрыта не полностью, студент свободно владеет материалом, отвечает на дополнительные вопросы с несущественными ошибками.

«удовлетворительно» - в реферате имеются существенные ошибки, доклад зачитывается с листа, студент не дает ответов на дополнительные вопросы;

«неудовлетворительно» - реферат отсутствует или сделан небрежно, не соответствует требованиям, доклад не сделан либо не соответствует теме, содержит грубые ошибки.



## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

Тип занятий	Тип помещения	Требования к помещению	Требования к программному обеспечению
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, проектор, компьютер или ноутбук, меловая или маркерная доска	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Учебная комната для практических и семинарских занятий	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, экран, проектор, меловая или маркерная доска, персональные компьютеры IBM совместимый Pentium или выше	1) Windows 7 и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше 3) MathCAD 4) Micro-Cap 10
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, меловая или маркерная доска	
Самостоятельная работа	Помещение для самостоятельной работы	Оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше

## **8 Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

<b>№ п/п</b>	<b>Дата</b>	<b>Изменение</b>	<b>Дата и номер протокола заседания УМК</b>	<b>Автор</b>	<b>Начальник ОМОЛА</b>