

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Галунин Сергей Александрович  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 10.11.2023 14:47:11  
Уникальный программный ключ:  
08ef34338325bdb0ac5a47baa5472ce36cc3fc3b

Приложение к ОПОП  
«Проектирование и технология  
микро- и наносистем»



**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

**«ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

для подготовки бакалавров

по направлению

28.03.01 «Нанотехнологии и микросистемная техника»

по профилю

**«Проектирование и технология микро- и наносистем»**

Санкт-Петербург

2023

## **ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**

Разработчики:

доцент, к.т.н. Райская Е.К.

доцент, к.т.н., старший научный сотрудник Иванов Б.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МНЭ  
21.03.2022, протокол № 2

Рабочая программа рассмотрена и одобрена учебно-методической комиссией  
ФЭЛ, 24.03.2022, протокол № 1

Согласовано в ИС ИОТ

Начальник ОМОЛА Загороднюк О.В.

## **1 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**

Обеспечивающий факультет	ФЭЛ
Обеспечивающая кафедра	МНЭ
Общая трудоемкость (ЗЕТ)	5
Курс	3
Семестр	6

### **Виды занятий**

Лекции (академ. часов)	34
Лабораторные занятия (академ. часов)	17
Практические занятия (академ. часов)	34
Иная контактная работа (академ. часов)	3
Все контактные часы (академ. часов)	88
Самостоятельная работа, включая часы на контроль (академ. часов)	92
Всего (академ. часов)	180

### **Вид промежуточной аттестации**

Экзамен (курс)	3
Курсовая работа (курс)	3

## **2 АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«ТВЕРДОТЕЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА»**

Основная цель изучения дисциплины «Твердотельная электроника» -формирование фундаментальных знаний о принципах функционирования приборов и устройств твердотельной электроники, а также областей их применения. Дисциплина предполагает изучение физико-технических основ твердотельной электроники, составляющих ее научный базис и определяющих с единых позиций принципы действия широкого класса приборов и устройств твердотельной электроники, а также формирование навыков по проведению измерений, наблюдений и экспериментального исследования характеристик твердотельных приборов, анализу, систематизации и обобщению экспериментальных данных.

### **SUBJECT SUMMARY**

### **«SOLID STATE ELECTRONICS»**

Main objective of studying of discipline «Solid-state electronics» -formation of fundamental knowledge of principles of functioning of solid-state electronics devices, and also areas of their application. The discipline assumes studying of physico-technical bases of the solid-state electronics making its scientific basis and defining from uniform positions principles of action of a wide class devices of solid-state electronics, and also formation of skills of measurements and an experimental research of solid-state devices characteristics, the analysis of experimental data.

## **3 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

### **3.1 Цели и задачи дисциплины**

**1. Цели дисциплины:**

- изучение основ физики полупроводниковых приборов, принципов их действия;
- приобретение умений применения методов расчета и проектирования;
- формирование навыков экспериментального исследования компонентной базы твердотельной электроники (биполярных, униполярных, оптоэлектронных приборов).

**2. Задачи дисциплины:**

- получение базовых знаний в области физических принципов работы компонентов и устройств твердотельной электроники и тенденций их развития;
- формирование умений расчета электрических и конструктивных параметров изучаемых устройств твердотельной электроники, моделирования их основных характеристик;
- формирование навыков экспериментального исследования современной компонентной базы твердотельной электроники.

**3. Знания основ физики полупроводников, принципов использования физических эффектов в твердом теле в приборах и устройствах твердотельной электроники, вариантов их конструкции, параметров, характеристик и методов их моделирования.**

**4. Умения обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов в приборах и устройствах электроники и наноэлектроники, а также применять методы расчета параметров и характеристик, моделирования и проектирования приборов и устройств твердотельной электроники.**

**5. Навыки владения методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств твердотельной электроники**

и наноэлектроники, современными программными средствами их моделирования.

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

Дисциплина изучается на основе ранее освоенных дисциплин учебного плана:

1. «Инженерная и компьютерная графика»
2. «Материалы электронной техники»
3. «Диэлектрические материалы и приборы»
4. «Магнитные материалы и приборы»
5. «Физика твердого тела»
6. «Физико-химические основы технологии изделий электроники и наноэлектроники»
7. «Электродинамика»

и обеспечивает изучение последующих дисциплин:

1. «Основы микросистемной техники»
2. «Основы планарной технологии»
3. «Цифровая схемотехника»
4. «Основы материаловедения микро- и наносистем»

### **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 проводить физико-математическое моделирование исследуемых процессов нанотехнологии и объектовnano-и микросистемной техники с использованием современных компьютерных технологий
ПК-1.1	<i>Знает физические и математические законы и модели физических процессов, лежащих в основе принципов действия объектов нанотехнологии и микросистемной техники</i>
ПК-2	Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов nano-и микросистемной техники
ПК-2.1	<i>Знает основные методики экспериментальных исследований синтеза и анализа материалов и компонентов nano-и микросистемной техники</i>
ПК-4	Готов рассчитывать и проектировать компоненты nano-и микросистемной техники
ПК-4.2	<i>Умеет проводить оценочные расчеты характеристик компонентов nano-и микросистемной техники</i>
ПК-4.3	<i>Владеет навыками подготовки принципиальных электрических схем</i>

## **4 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **4.1 Содержание разделов дисциплины**

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

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Лек, ач</b>	<b>Пр, ач</b>	<b>Лаб, ач</b>	<b>ИКР, ач</b>	<b>СР, ач</b>
1	Введение	2				2
2	Тема 1. Теоретические основы твердотельной электроники	6	6	4		16
3	Тема 2. Контактные явления и структурные неоднородности в полупроводниках	6	6	4		16
4	Тема 3. Биполярные полупроводниковые приборы	6	6	3		14
5	Тема 4. Унипольярные (полевые) полупроводниковые приборы	4	6	2		14
6	Тема 5. Оптоэлектронные приборы	4	6	2		14
7	Тема 6. Полупроводниковые преобразователи и сенсорные устройства	4	4	2		14
8	Заключение	2			3	2
	Итого, ач	34	34	17	3	92
	Из них ач на контроль	0	0	0	0	35
	Общая трудоемкость освоения, ач/зе				180/5	

#### **4.1.2 Содержание**

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
1	Введение	Описание содержания, целей и задач курса.
2	Тема 1. Теоретические основы твердотельной электроники	Энергетическая зонная диаграмма полупроводников. Основные уравнения, управляющие поведением носителей заряда в твердом теле. Характерные пространственные и временные интервалы: время релаксации импульса и энергии, время максвелловской релаксации и длина Дебая, время жизни и диффузионная длина. Неравновесная проводимость полупроводников. Квазинейтральность. Диффузионно-дрейфовая модель полупроводника. Процессы генерации и рекомбинация носителей заряда в полупроводнике. Поверхностные заряды и “эффект поля”.

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование темы дисциплины</b>	<b>Содержание</b>
3	Тема 2. Контактные явления и структурные неоднородности в полупроводниках	Методы формирования и классификация электронно-дырочных переходов. Равновесное и неравновесное состояния. Инжекция и экстракция. Границная концентрация носителей заряда. Омические и выпрямляющие контакты металл-полупроводник. Гетеропереходы. Квантовые ямы и сверхрешетки. Энергетические диаграммы.
4	Тема 3. Биполярные полупроводниковые приборы	Полупроводниковые диоды. Разновидности полупроводниковых диодов. Вольтамперные характеристики идеализированного и реального диодов. Пробой. Барьерная и диффузионная емкости. Частотные и импульсные свойства. Высокий и низкий уровень инжекции. Диоды Шотки. Биполярные транзисторы. Принцип действия и режимы работы, схемы включения. Статические характеристики. Физические параметры и эквивалентные схемы транзистора для больших и малых сигналов. Частотные свойства. Пробой транзисторов. Биполярные гетеротранзисторы. Транзисторы Шотки. Тиристоры. Структура, принцип действия и вольтамперная характеристика тиристора. Параметры тиристора. Двухтранзисторная модель. Способы включения и выключения тиристоров. Разновидности и области применения тиристоров.
5	Тема 4. Унипольярные (полевые) полупроводниковые приборы	Разновидности полевых транзисторов. Структура, принцип действия, параметры и характеристики МДП-транзисторов, полевых транзисторов с управляемым переходом и полевых транзисторов с затвором Шотки. Гетеропереходные полевые транзисторы. Приборы с зарядовой связью. Энергонезависимые элементы памяти на МДП-транзисторах. Гибридные приборы – IGBT, SIT.
6	Тема 5. Оptoэлектронные приборы	Полупроводниковые излучающие приборы: светоизлучающие и инфракрасные излучающие диоды, полупроводниковые лазеры. Принцип действия, основные характеристики и параметры этих приборов. Полупроводниковые приемники излучения: фоторезисторы, фотодиоды, фотоэлементы, фототранзисторы. Полупроводниковые оптопары.
7	Тема 6. Полупроводниковые преобразователи и сенсорные устройства	Термисторы и позисторы. Болометры. Термоэлектрические полупроводниковые преобразователи. Полупроводниковые гальваномагнитные приборы: преобразователи Холла, магниторезисторы, магнитодиоды и магнитотранзисторы. Тензорезисторы. Сенсорные устройства.
8	Заключение	Обобщение результатов изучения дисциплины и их практического приложения.

## 4.2 Перечень лабораторных работ

<b>Наименование лабораторной работы</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Исследование выпрямительного диода	2
2. Исследование стабилитрона	2
3. Исследование туннельного диода	2
4. Исследование биполярного транзистора	2
5. Исследование тиристора	2
6. Исследование полевого транзистора с управляющим р-п-переходом	2
7. Исследование МДП-транзистора	2
8. Исследование IGBT	3
<b>Итого</b>	<b>17</b>

## 4.3 Перечень практических занятий

<b>Наименование практических занятий</b>	<b>Количество ауд. часов</b>
1. Концентрация носителей заряда и проводимость полупроводника	4
2. Обеднение и обогащение в полупроводнике. Инжекция и экстракция	4
3. Диффузионные и дрейфовые токи в полупроводнике. Закон полного тока	4
4. Контактная разность потенциалов в резком и плавном р-п переходах. Барьерная емкость резкого и плавного р-п переходов	4
5. Зонные диаграммы контакта металл-полупроводник, р-п-перехода, гетероперехода	4
6. Расчет токов в контакте металл-полупроводник	2
7. Напряжение пробоя полупроводникового диода. Влияние температуры на параметры и характеристики диода	2
8. Расчет параметров биполярного транзистора для малых и больших уровней сигнала. Схема замещения для больших уровней сигнала	2
9. Расчет параметров и характеристик полевых транзисторов с управляющим р-п-переходом	2
10. Расчет параметров и характеристик полевых транзисторов с изолированным затвором	2
11. Расчет параметров и характеристик полевых транзисторов с высокой подвижностью электронов	2
12. Расчет спектральной характеристики р-і-н-фотодиода	2
<b>Итого</b>	<b>34</b>

#### **4.4 Курсовое проектирование**

Цель работы (проекта): исследование и расчет характеристик прибора твердотельной электроники по исходным паспортным параметрам прибора.

Содержание работы (проекта): В курсовой работе исследуются принципы действия и физические процессы полупроводниковых приборов, проводится аналитический расчет их основных электрических характеристик и геометрических размеров. В курсовой работе приводятся основные сведения о приборе, принцип работы, примеры применения, рассчитанные вольт–амперные, вольт–фарадные характеристики и выводы по применению полупроводниковых приборов с полученными параметрами/

Оформление пояснительной записки на курсовой проект (работу) выполняется в соответствии с требованиями к студенческим работам принятым в СПбГЭТУ. Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать 20-25 страниц печатного текста, выполняется на бумажном носителе. ПЗ должна включать в себя следующие структурные элементы: титульный лист; задание на КР; аннотацию на русском и английском языках; содержание; определения, обозначения и сокращения (при необходимости); введение; основную часть; заключение; список использованных источников; приложения (при необходимости). Пояснительная записка должна быть отпечатана в черном цвете на принтере через 1,5 интервала на одной стороне белой бумаги формата А4. Активную площадь листа Пояснительной записи ограничивают поля: слева 30 мм, справа 10 мм, сверху и снизу соответственно 20 и 25 мм. Высота букв основного текста должна быть не менее 2,5 мм (размер шрифта 14). Абзацный отступ – 1.25 см, шрифт – Times New Roman. Все иллюстрации (чертежи, схемы, графики, диаграммы) именуются рисунками. Каждый рисунок сопровождается подрисуночной надписью, которая состоит из номера рисунка и его названия. Рисунки нумеруются арабскими цифрами и в тексте работы на них обязательно должны быть даны ссылки. Нумерация рисунков в пределах всей КР сквозная. Схемы должны со-

ответствовать требованиям государственных стандартов ЕСКД. Название таблицы следует помещать над таблицей слева, без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире, размер шрифта 14. Таблицы нумеруются арабскими цифрами последовательно в пределах всей КР. На все таблицы в тексте должны быть ссылки. Формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Формулы, при необходимости, нумеруются в пределах всей работы арабскими цифрами в круглых скобках в крайнем правом положении на строке. Количество использованных источников 2-5 наименований.

Текст курсовой работы сдается в электронном виде на внутриуниверситетской платформе Moodle в формате doc, docx или pdf, а также в печатном виде преподавателю, в электронном виде на электронную почту преподавателя или через электронную систему личных кабинетов.

Темы:

№ п/п	Название темы	Перевод темы
1	Расчет основных параметров и характеристик: выпрямительных диодов; стабилитронов; варикапов; биполярных транзисторов; полевых транзисторов.	
2	Моделирование биполярного транзистора при проектировании электронных схем	

#### **4.5 Реферат**

Реферат не предусмотрен.

#### **4.6 Индивидуальное домашнее задание**

Индивидуальное домашнее задание не предусмотрено.

#### **4.7 Доклад**

Доклад не предусмотрен.

#### **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 работы, 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.

Самостоятельное изучение студентами теоретических основ дисциплины обеспечено необходимыми учебно-методическими материалами (учебники, учебные пособия, конспект лекций и т.п.), выполненными в печатном или электронном виде.

Изучение студентами дисциплины сопровождается проведением регуляр-

ных консультаций преподавателей, обеспечивающих практические занятия по дисциплине, за счет бюджета времени, отводимого на консультации (внеаудиторные занятия, относящиеся к разделу «Самостоятельные часы для изучения дисциплины»).

<b>Текущая СРС</b>	<b>Примерная трудоемкость, ач</b>
Работа с лекционным материалом, с учебной литературой	8
Опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях)	8
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	11
Выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ	0
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	0
Подготовка к контрольным работам, коллоквиумам	0
Выполнение расчетно-графических работ	0
Выполнение курсового проекта или курсовой работы	30
Поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме	0
Работа над междисциплинарным проектом	0
Анализ данных по заданной теме, выполнение расчетов, составление схем и моделей, на основе собранных данных	0
Подготовка к зачету, дифференциированному зачету, экзамену	35
<b>ИТОГО СРС</b>	<b>92</b>

## **5 Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

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

<b>№ п/п</b>	<b>Название, библиографическое описание</b>	<b>К-во экз. в библ.</b>
<b>Основная литература</b>		
1	Пасынков, Владимир Васильевич. Полупроводниковые приборы [Текст] : [учеб. пособие для вузов по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электроника и микроэлектроника" и по направлению подготовки диплом. специалистов "Электроника и микроэлектроника"] / В.В.Пасынков, Л.К.Чиркин, 2006. -479 с.	89
2	Гуртов, Валерий Алексеевич. Твердотельная электроника [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. бакалавров, магистров 010700 "Физика" и специальности 010701 "Физика" / В.А. Гуртов, 2005. -406 с.	25
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Шур, Михаил. Физика полупроводниковых приборов: В 2 кн. [Текст]. Кн. 2 / Ю.Д.Биленко, В.Л.Видро, 1992. -295 с	14
2	Физические основы электроники [Текст] : лаб. практикум / [Б.Л. Антипов [и др.]], 2007. -87 с.	930
3	Зятьков, Игорь Иванович. Твердотельная электроника в вопросах и задачах [Текст] : учеб. пособие / И.И. Зятьков, О.А. Изумрудов, В.А. Миронов, 2007. -58 с.	127
4	Иванов, Борис Викторович. Исследование полупроводниковых приборов [Текст] : лаб. практикум по дисциплине "Твердотельная электроника" / Б.В. Иванов, А.Е. Синев, А.Д. Тупицын, 2010. -93, [1] с.	147
5	Моделирование биполярного транзистора при проектировании электронных схем [Текст] : метод. указ. к выполнению курсовой работы по дисциплине "Твердотельная электроника" / Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет им. В.И. Ульянова (Ленина) "ЛЭТИ", 2006. -32 с.	97

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

<b>№ п/п</b>	<b>Электронный адрес</b>
1	Basic Electronics <a href="http://engineering.nyu.edu/gk12/amps-cbri/pdf/Basic%20Electronics.pdf">http://engineering.nyu.edu/gk12/amps-cbri/pdf/Basic%20Electronics.pdf</a>

### **5.3 Адрес сайта курса**

Адрес сайта курса: <https://vec.etu.ru/moodle/course/view.php?id=15534>

## **6 Критерии оценивания и оценочные материалы**

### **6.1 Критерии оценивания**

Для дисциплины «Твердотельная электроника» 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**

Допуском к экзамену является выполнение лабораторных работ и защита отчётов по лабораторным работам на коллоквиумах, выполнение и защита на положительную оценку курсовой работы.

Правила проведения экзамена: студент отдаёт зачётку преподавателю, вследую выбирает экзаменационный билет, готовится в течение не менее 45 минут и идёт отвечать. Пользоваться дополнительными источниками информации (учебники, конспекты лекций и т.п.), а также мобильными телефонами не разрешается.

По ходу ответа на вопросы билета студенту могут быть заданы дополнительные вопросы для уточнения его знаний. Критерии выставления оценки указаны выше.

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

### **Вопросы к экзамену**

<b>№ п/п</b>	<b>Описание</b>
1	Контактные явления в полупроводниках. Образование р-п-перехода.
2	Прямое и обратное смещение р-п-перехода. Энергетическая диаграмма р-п-перехода.
3	BAX р-п-перехода. Отличие теоретический зависимости от BAX реальных переходов. Составляющие прямых и обратных токов.
4	Барьерная и диффузионная ёмкости р-п-перехода. ВФХ.
5	Влияние внешних факторов на энергетическую диаграмму и BAX р-п-перехода.
6	Виды полупроводниковых диодов. Особенности выпрямительных диодов.
7	Структура, принцип действия и BAX туннельного диода.
8	Структура и принцип действия варикапа. BAX и ВФХ варикапа.
9	Виды пробоя полупроводниковых диодов.
10	Биполярные транзисторы. Основные определения, структуры. Схемы включения. Режимы работы.
11	BAX биполярного транзистора, включённого по схеме с ОБ.
12	BAX биполярного транзистора, включённого по схеме с ОЭ.
13	Особенности пробоя биполярного транзистора.
14	Полевые транзисторы. Основные определения. Виды полевых транзисторов. Режимы работы.

15	Структура, принцип действия и основные характеристики МДП-транзисторов с изолированным затвором.
16	Структура, принцип действия и основные характеристики полевого транзистора с управляющим р-п-переходом.
17	Полевые транзисторы Шоттки.
18	Полевые транзисторы с гетеропереходами.
19	Тиристоры. Основные определения, структура. Виды тиристоров.
20	ВАХ тиристора. Динисторы и триисторы.

## 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 Твердотельная электроника ФЭЛ

1. Виды полупроводниковых диодов. Особенности выпрямительных диодов.
2. Полевые транзисторы Шоттки.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

В.В. Лучинин

## Образцы задач (заданий) для контрольных (проверочных) работ

Примеры вопросов к коллоквиумам:

1. Чем объяснить различия ВАХ германиевых и кремниевых диодов?
2. Как объяснить температурные изменения ВАХ диодов?
3. Каким образом в транзисторе происходит усиление электрических ко-

лебаний по мощности?

4. Какие физические процессы происходят в транзисторе при его пробое?
5. Объясните конструктивные особенности и принцип действия МДП-транзистора с индуцированным каналом.
6. Что такое пороговое напряжение и напряжение отсечки?
7. Что такое температурный коэффициент напряжения стабилизации? Какие свойства стабилитрона он характеризует?
8. Каков принцип действия параметрического стабилизатора напряжения на стабилитроне?
9. Объясните причину возникновения осцилляций напряжения (тока) в последовательной цепи из ТД и индуктивности.
10. Какие физические процессы приводят к включению и к выключению тиристора?

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**

<b>Неделя</b>	<b>Темы занятий</b>	<b>Вид контроля</b>
1	Тема 1. Теоретические основы твердотельной электроники Тема 2. Контактные явления и структурные неоднородности в полупроводниках	
2		
3		
4		Коллоквиум
5	Тема 3. Биполярные полупроводниковые приборы Тема 4. Униполярные (полевые) полупроводниковые приборы	
6		
7		
8		
9		Коллоквиум
10	Тема 5. Оптоэлектронные приборы Тема 6. Полупроводниковые преобразователи и сенсорные устройства	
11		
12		
13		
14		
15		Коллоквиум
16	Заключение	
17		Защита КР / КП

### **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 по дисциплине «Твердотельная электроника» студент обязан выполнить 8 лабораторных работ. Под выполнением лабораторных работ подразумевается подготовка к работе, проведение экспериментальных исследований, подготовка отчета и его защита на коллоквиуме. После каждой 2-3 лабораторных работ предусматривается проведение коллоквиума на 4, 9, 15 неделях, на которых осуществляется защита лабораторных работ. Выполнение

лабораторных работ студентами осуществляется индивидуально. Оформление отчета студентами осуществляется индивидуально в соответствии с принятыми в СПбГЭТУ правилами оформления студенческих работ. Отчет оформляется после выполнения экспериментальных исследований и 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 теоретической части, или по процедуре проведения экспериментальных 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.

Примеры контрольных вопросов приведены в п.6.2.

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.

**Участие в коллоквиуме по оценивается по следующим критериям:**

«отлично» – активное участие в дискуссиях, использование полученных знаний и дополнительного материала, исчерпывающие ответы на все вопросы

преподавателя;

«хорошо» – участие в дискуссиях, адекватные ответы на большинство вопросов преподавателя, использование полученных знаний;

«удовлетворительно» – не активное участие в дискуссиях, ответы не на все вопросы преподавателя, полученные знания используются в незначительной степени.

«неудовлетворительно» – не участвует в дискуссиях, не отвечает на вопросы, не готов к выступлению; студент не присутствует на коллоквиуме.

### **на практических (семинарских) занятиях**

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

В ходе проведения семинарских и практических занятий целесообразно привлечение студентов к как можно более активному участию в дискуссиях, решении задач, 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.

### **при выполнении курсового проекта (работы)**

Текущий контроль при выполнении курсового проекта (работы) осуществляется в соответствии с методическими указаниями по курсовому проектированию и заданием на курсовой проект (работу).

Оформление пояснительной записки на курсовой проект (работу) выполняется в соответствии с требованиями к студенческим работам принятым в

СПбГЭТУ.

Защита курсового проекта (работы) осуществляется в соответствии с требованиями «Положения о промежуточной аттестации».

Критерии оценки курсовой работы:

отлично - курсовая работа выполнена полностью правильно в соответствии с заданием и установленными требованиями.

хорошо - курсовая работа выполнена, имеются несущественные ошибки при выполнении задания и установленных требований.

удовлетворительно - курсовая работа выполнена, имеются существенные ошибки при выполнении задания и установленных требований.

неудовлетворительно - курсовая работа не выполнена, не соответствует заданию и установленным требованиям.

## 7 Описание информационных технологий и материально-технической базы

<b>Тип занятий</b>	<b>Тип помещения</b>	<b>Требования к помещению</b>	<b>Требования к программному обеспечению</b>
Лекция	Лекционная аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска, ПК или ноутбук, экран, проектор	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
Лабораторные работы	Лаборатория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска, лабораторный стенд для изучения характеристик полупроводниковых приборов	
Практические занятия	Аудитория	Количество посадочных мест – в соответствии с контингентом, рабочее место преподавателя, маркерная или меловая доска, ПК или ноутбук, экран, проектор	1) Windows XP и выше; 2) Microsoft Office 2007 и выше
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

№ п/п	Дата	Изменение	Дата и номер протокола заседания УМК	Автор	Начальник ОМОЛА
1	01.03.2023	Программа актуальна, изменения не требуются.	01.03.2023, протокол № 1	доцент, к.т.н., Е.К. Райская; доцент, к.т.н., старший научный сотруд- ник, Б.В. Иванов	