

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 12.07.2024 11:20:03  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФГБОУ ВО «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Утверждаю:



Руководитель ООП

Б.Б.Педько

«21» мая 2024 г.

Рабочая программа дисциплины

**Физическая электроника**

Закреплена за  
кафедрой:

**Прикладной физики**

Направление  
подготовки:

**03.03.03 Радиофизика**

Направленность  
(профиль):

**Материалы и устройства радиоэлектроники  
(беспилотные системы, программно-аппаратные)**

Квалификация:

**Бакалавр**

Форма обучения:

**очная**

Семестр:

**7**

Программу составил(и):

*канд. физ.-мат. наук, доц., Третьяков С.А.*

Тверь, 2024

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### Цели освоения дисциплины (модуля):

Целью освоения дисциплины является изучение основ электроники твердого тела, электроники поверхностей и пленок, физики генерации и управления сигналами, эмиссионной и вакуумной электроники.

### Задачи:

Задачами дисциплины является приобретение фундаментальных знаний теории и практики физической электроники и получение возможности их применения для научно-технических приложений в радиофизике и электронике.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ОП: Б1.В

### Требования к предварительной подготовке обучающегося:

Аналитическая геометрия и линейная алгебра

Теория вероятностей и математическая статистика

Материаловедение электронной техники

Термодинамика и статистическая физика

Физика атомного ядра и элементарных частиц

Электродинамика

Физика полупроводников и диэлектриков

Основы аналоговой электроники

Преобразователи физических величин

Электричество и магнетизм

**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

<b>Общая трудоемкость</b>	4 ЗЕТ
Часов по учебному плану	144
<b>в том числе:</b>	
аудиторные занятия	52
самостоятельная работа	65
часов на контроль	27

## 4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

ПК-3.1: Осуществляет анализ радиоматериалов и материалов для создания несущих конструкций радиэлектронных средств

ПК-4.1: Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований

## 5. ВИДЫ КОНТРОЛЯ

Виды контроля в семестрах:	
экзамены	7

## 6. ЯЗЫК ПРЕПОДАВАНИЯ

Язык преподавания: русский.

## 7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Код занят.	Наименование разделов и тем	Вид занятия	Семестр / Курс	Часов	Источники	Примечание
	Раздел 1. 1. Движение заряженных частиц в электро-магнитных полях					
1.1	Заряженные частицы в электро-магнитных полях.	Лек	7	4	Л1.1Л2.1	
1.2	Пространственный заряд. Виртуальный катод.	Лек	7	2	Л2.1	
1.3	Электронная оптика	Лек	7	2		
1.4	Масс-спектрометры. Ускорители частиц.	Лек	7	2		
	Раздел 2. 2. Основы электроники твердого тела					
2.1	Динамика носителей заряда.	Лек	7	2		
2.2	Металлы, полупроводники, диэлектрики.	Лек	7	2		
2.3	Статистика Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака. Статистические флуктуации.	Лек	7	4		
2.4	Электронный и фотонный газы	Лек	7	4		
2.5	Электронная эмиссия.	Лек	7	4		
	Раздел 3. Экзамен и промежуточный контроль.					
3.1		Экзамен	7	27		
	Раздел 4. Самостоятельная работа					
4.1	Подготовка к лекциям и дискуссионным занятиям.	Ср	7	65		
	Раздел 5. Лабораторные работы					
5.1	Расчетная лабораторная работа "Заряженные частицы в электро-магнитных полях."	Лаб	7	4		
5.2	Виртуальный катод	Лаб	7	4		
5.3	Расчетно-графическая работа: "Электрические и магнитные линзы"	Лаб	7	6		
5.4	Расчетная работа: "Статистика в физической электронике"	Лаб	7	6		
5.5	Электронная эмиссия.	Лаб	7	6		

### Список образовательных технологий

1	Дискуссионные технологии (форум, симпозиум, дебаты, аквариумная дискуссия, панельная дискуссия, круглый стол, фасилитированная и т.д.)
2	Активное слушание

## 8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 8.1. Оценочные материалы для проведения текущей аттестации

Типовые тесты

1. Классическая электронная теория металлов

- учитывает взаимодействие электронов с ионными остовами
- учитывает взаимодействие электронов между собой
- не учитывает дополнительные поля, порождаемые другими электронами и ионами

2. Классическая электронная теория металлов

- даёт правильную оценку средней длины свободного пробега электронов
- даёт правильную оценку электронной теплоёмкости металлов
- даёт правильную интерпретацию законов Ома и Джоуля-Ленца

3. Температура вырождения электронного газа в статистике Ферми-Дирака

- близка к абсолютному нулю
- близка к температурам плавления металлов
- больше температур плавления металлов

4. Согласно квантовой электронной теории металлов электроны подчиняются

- статистике Бозе-Эйнштейна
- статистике Ферми-Дирака
- статистике Максвелла-Больцмана

5. Эффект Шоттки

- не влияет на работу выхода электрона из твёрдого тела
- уменьшает работу выхода
- увеличивает работу выхода

6. Автоэлектронной эмиссией называют явление испускания электронов в вакуум с поверхности твёрдого тела

- под действием внешнего магнитного поля
- в результате нагрева тела до высоких температур
- под действием внешнего электрического поля

7. Высвобождение электрона из катода не требует затрат энергии

- при автоэлектронной эмиссии
- при термоэлектронной эмиссии
- при фотоэлектронной эмиссии
- при вторичной эмиссии

### 8.2. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации

Задание:

1. Какие взаимодействия учитывает классическая электронная теория металлов.

2. Как влияет эффект Шоттки на работу выхода электрона из твёрдого тела

Способ аттестации: устный

Критерии оценки:

Дан правильный развернутый ответ с обоснование – 2 балла

Дан правильный развернутый ответ без обоснования – 1 балл

Дан неправильный ответ – 0 баллов

Задание:

Для некоторого транзистора типа р-п-р задано:

$I_{pЭ} = 1 \text{ мА}$ ;  $I_{nЭ} = 0,01 \text{ мА}$ ;  $I_{pК} = 0,98 \text{ мА}$ ;  $I_{nК} = 0,001 \text{ мА}$ . Вычислите:

- статический коэффициент передачи тока базы;
- эффективность эмиттера, или коэффициент инжекции;
- ток базы и коэффициент передачи тока в схемах ОБ и ОЭ;
- значения токов ИКБО и ИКЭО;
- значение  $\beta$  и  $I_B$ , если  $I_{pК} = 0,99 \text{ мА}$  и  $I_{nЭ} = 0,005 \text{ мА}$ .

Способ аттестации: письменный

Критерии оценки:

а) 4 балла - Полностью и правильно с обоснованием решенная задача

б) 3 балла - Решение с правильным обоснованием, наличием математических выкладок и указанным правильным ходом рассуждений, но не доведенное до правильного численного результата

в) 2 балла - Наличие правильного обоснования, выполнен выбор приближений, правильно записаны необходимые для решения математические утверждения, но не хватает одного из необходимых логических шагов

### 8.3. Требования к рейтинг-контролю

Форма проведения экзамена: студенты, освоившие программу курса «Физика полупроводников и диэлектриков» могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе ...» не выполнены, то экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

Дисциплина заканчивается экзаменом. Количество баллов, отводимых на семестр - 60:

модульные контрольные работы - по 10 баллов

текущая работа, выполнение домашних заданий - 40 баллов

На экзамен выносятся 40 баллов.

## 9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 9.1. Рекомендуемая литература

#### 9.1.1. Основная литература

Шифр	Литература
Л1.1	Владимиров Г. Г., Физическая электроника. Эмиссия и взаимодействие частиц с твердым телом, Санкт-Петербург: Лань, 2022, ISBN: 978-5-8114-1515-1, URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/211397">https://e.lanbook.com/book/211397</a>

### 9.1.2. Дополнительная литература

Шифр	Литература
Л2.1	Гречишкин, Учебно-методический комплекс по дисциплине "Физическая электроника", Тверь, 2012, ISBN: , URL: <a href="http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04345umk.pdf">http://texts.lib.tversu.ru/texts2/04345umk.pdf</a>

### 9.3.1 Перечень программного обеспечения

1	Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows
2	Adobe Acrobat Reader
3	Google Chrome
4	OpenOffice
5	WinDjView

### 9.3.2 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1	ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
2	ЭБС ТвГУ
3	ЭБС «Лань»

## 10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Аудит-я	Оборудование
3-25	комплект учебной мебели, компьютеры, осциллограф, принтеры, спектрометр, микроскоп, дифрактометр рентгеновский, электронно-оптический комплекс,
3-41	комплект учебной мебели, принтер, компьютеры

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Самостоятельная работа начинается до прихода студента на лекцию. Целесообразно использование «системы опережающего чтения», т.е. предварительного прочтения лекционного материала, содержащегося в учебниках и учебных пособиях, закладывающего базу для более глубокого восприятия лекции. Работа над лекционным материалом включает два основных этапа: конспектирование лекций и последующую работу над лекционным материалом. Под конспектированием подразумевают составление конспекта, т.е. краткого письменного изложения содержания чего-либо (устного выступления – речи, лекции, доклада и т.п. или письменного источника – документа, статьи, книги и т.п.).

Методика работы при конспектировании устных выступлений значительно отличается от методики работы при конспектировании письменных источников. Конспектируя письменные источники, студент имеет возможность неоднократно прочитать нужный отрывок текста, поразмыслить над ним, выделить основные мысли автора, кратко сформулировать их, а затем записать. При необходимости он может отметить и свое отношение к этой точке зрения. Слушая же лекцию, студент большую часть комплекса указанных выше работ должен откладывать на другое время, стремясь использовать каждую минуту на запись лекции, а не на ее осмысление – для этого уже не остается времени. Поэтому при конспектировании лекции рекомендуется на каждой странице отделять поля для последующих записей в дополнение к конспекту.

Записав лекцию или составив ее конспект, не следует оставлять работу над лекционным материалом до начала подготовки к зачету. Нужно проделать как можно раньше ту работу, которая сопровождает конспектирование письменных источников и

которую не удалось сделать во время записи лекции: прочесть свои записи, расшифровав отдельные сокращения, проанализировать текст, установить логические связи между его элементами, выделить главные мысли, отметить вопросы, требующие дополнительной обработки, в частности, консультации преподавателя.

В процессе организации самостоятельной работы большое значение имеют консультации с преподавателем, в ходе которых можно решить многие проблемы изучаемого курса, уяснить сложные вопросы. Беседа студента и преподавателя может дать многое - это простой прием получения знаний. Самостоятельная работа носит сугубо индивидуальный характер, однако вполне возможно и коллективное осмысление проблем.

Методические рекомендации по подготовке к экзамену

Экзамен - важные этапы в учебном процессе, имеющие целью проверку знаний, выявление умений применять полученные знания к решению практических задач. Как подготовка к экзамену, так и сам экзамен - форма активизации и систематизации полученных знаний, их углубления и закрепления.

Для экзамена необходимо следующее: экзаменационные вопросы; материалы курса; ваши КР; ваши записи; ваш преподаватель; ваша учебная группа; учебные занятия.

Рекомендуем воспользоваться общими советами.

1. Используйте экзаменационные вопросы. Это даст Вам верное представление о том, что нужно ожидать на экзамене. Попрактикуйтесь в написании ответов на вопросы, стараясь уложиться в отведённое время, но при этом имейте под руками материалы курса, чтобы проверить Вашу память на относящиеся к делу идеи и концепции.

2. Используйте материалы курса. У Вас будут хорошие шансы сдать экзамен успешно, если Вы используете материалы курса в Ваших ответах на экзаменационные вопросы. Постарайтесь бегло просмотреть основные идеи курса, когда у Вас появится некоторое время для обдумывания.

3. Прибегните к помощи Вашего преподавателя и других студентов Вашей группы.

4. Используйте лекции и учебные занятия для подготовки к зачету и экзамену.

Итоговый контроль проводится в форме экзамена, который включает письменные или устные ответы на теоретические вопросы.

1. Динамика носителей заряда.
2. Спектр электрона в кристалле.
3. Статистика носителей заряда.
4. Энергетические характеристики поверхностей.
5. Микроминиатюризация приборов.
6. Пленочные структуры.
7. Перенос в пленках.
8. Прохождение тока в диэлектрических структурах.
9. Методы исследования поверхностей и тонких структур.
10. Электронная микроскопия.
11. Туннельная микроскопия.
12. Растровая электронная микроскопия
13. Динамика заряженных частиц.
14. Атомные и ионные взаимодействия.
15. Корпускулярные пучки большой мощности.
16. Приборы и устройства на вынужденном излучении потоков частиц.
17. Взаимодействия электромагнитных полей и пространственных зарядов.
18. Определение работы выхода электрона из оксидного катода
19. Термоэлектронная эмиссия металлов.
20. Самостоятельный разряд в газах.
21. Физика электронных усилительных и генераторных ламп.