

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Факультет инновационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

 С. В. Шидловский

« 16 » 05 \_\_\_\_\_ 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

**Полупроводниковая электроника**

по направлению подготовки

**27.03.05 Инноватика**

Направленность (профиль) подготовки:

**Управление инновациями в наукоемких технологиях**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

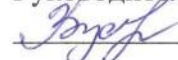
Год приема

**2023**

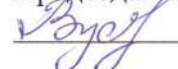
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.01.01.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 О.В. Вусович

Председатель УМК

 О.В. Вусович

Томск – 2023

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-5 – Способен находить и проектировать технико-технологическое решение на основе «лучших практик».

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-5.1. Знает и умеет анализировать технико-технологическое решение («лучшие практики»).

ИПК-5.2. Составляет план экспериментальных работ, проводит эксперименты и обрабатывает результаты.

ИПК-5.3. Проектирует и обосновывает/ доказывает технико-технологические решения по тематике исследований.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Изучить модели полупроводниковых материалов и барьерных структур на их основе, параметры и характеристики основных типов полупроводниковых приборов и способы их определения

- Ознакомиться с принципами работы основных типов полупроводниковых приборов, с их функциональными возможностями и областями применения.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль «Модуль по выбору Промышленные технологии».

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Третий семестр, зачет

Четвертый семестр, зачет с оценкой

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Физика, Математика ч.1, Математика ч.2, Электротехника и электроника, а также знания среднего образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 40 ч.

-лабораторные: 48 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

Тема 1. **Введение.**

В рамках первого модуля студенты знакомятся с кратким историческим обзором развития полупроводниковой электроники, ролью твердотельных приборов и устройств на их основе в науке и технике.

Тема 2. **Основные сведения по физике полупроводников**

В рамках второго модуля студенты знакомятся с элементами зонной теории твердых тел, статистикой электронов и дырок в полупроводниках, изучают основы кинетических явлений, а также процессов связанных с неравновесными носителями заряда в полупроводниках.

### **Тема 3. Контактные явления в полупроводниках. Электронно-дырочные гомо- и гетеропереходы.**

При изучении 3 модуля студенты знакомятся с механизмом образования электронно-дырочного перехода ( $p-n$ -перехода), контактной разности потенциалов. Ими изучается диодная теория выпрямления полупроводникового диода, влияние рекомбинации и генерации носителей в ОПЗ  $p-n$ -перехода на вид вольт-амперных характеристик. Студенты знакомятся с функциональными возможностями полупроводниковых диодов (выпрямительные диоды, стабилитроны, импульсные диоды, детекторы СВЧ-диапазона, параметрические диоды и варикапы). Далее изучается механизм образования гетеропереходов, основные свойства гетероструктур (односторонняя инжекция, суперинжекция, локализация носителей, эффект оптического окна), а также использование гетеропереходов в полупроводниковых приборах.

### **Тема 4. Биполярные и полевые транзисторы**

В этой теме предметом изучения является структура и принцип действия биполярного транзистора в качестве усилителя мощности. Вводятся понятия коэффициента усиления в схеме с общей базой и общим эмиттером. Затем студентами изучается принцип действия и статические характеристики полевого транзистора с  $p-n$ -переходом в качестве затвора, полевого транзистора с затвором Шоттки и МДП-транзистора.

### **Тема 5. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы**

В пятом модуле студенты изучают принцип работы, схемы включения и области применения таких полупроводниковых приборов как фоторезистор, фотодиод с  $p-n$ -переходом (в фотогальваническом и фотодиодном режиме работы), излучающий диод и инжекционный лазер.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, написание рефератов и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

**Зачет в третьем семестре** проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета: подготовка 30 минут, 10 минут на ответ.

Примерный перечень теоретических вопросов

1. Сколько орбиталей и каково максимальное количество электронов в  $L$  – оболочке?
2. Назовите какие носители являются основными в примесном полупроводнике.
3. В полупроводнике энергетическая плотность состояний вблизи нижнего края зоны проводимости .....(минимальна, максимальна, одинакова во всей зоне).
4. В  $p-n$  переходе при прямом смещении преобладает ток ..... носителей тока (основных, неосновных, вклад обоих одинаков).

**Зачет с оценкой в четвертом семестре** проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса. Продолжительность зачета: подготовка 30 минут, 10 минут на ответ.

### Примерный перечень теоретических вопросов

1. Классификация веществ по удельной электрической проводимости. Полупроводники.
2. Модельное представление и зонная диаграмма собственного полупроводника.
3. Модельное представление и зонная диаграмма донорного полупроводника.
4. Модельное представление и зонная диаграмма акцепторного полупроводника.
5. Зоны разрешенных значений энергии в кристалле. Образование зон энергии из энергетических уровней при сближении атомов.
6. Металлы, диэлектрики и полупроводники с точки зрения зонной теории твердых тел.

Студент не допускается к зачетам, если он не справился с тестами и контрольными работами, а так же не предоставил реферат на выбранную им тему.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено» и «не зачтено».

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

### 11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - MOODLE» <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=19782>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

### 12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Зегря Г.Г. Основы физики полупроводников: учеб. пособие для вузов / Г.Г.Зегря. – М.: Физматлит, 2009. - 335 с.
2. Пасынков, В.В. Полупроводниковые приборы. [Электронный ресурс] / В.В. Пасынков, Л.К. Чиркин. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2009. — 480 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/300>

б) дополнительная литература:

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие / В.И.Гаман.- Томск : Изд-во НТЛ, 2000.-426 с.
2. Малянов С.В. Сборник задач по физике биполярных полупроводниковых приборов: учебное пособие /С.В.Малянов, В.М.Калыгина. – Томск. : Изд-во НТЛ, 2008. – 112 с.
3. Гуртов В.А.Твердотельная электроника /В.А.Гуртов. – М. : Техносфера, 2005. – 408 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- [Electronics.ru/issue/2004/5/23](http://electronics.ru/issue/2004/5/23)
- <http://window.edu.ru>
- <http://www.vargin.mephi.ru>

Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>

– Общероссийская Сеть КонсультантПлюс Справочная правовая система.  
<http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:  
– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office On-eNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook).

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Лаборатории, оборудованные оснащенная лабораторным оборудованием.

### **15. Информация о разработчиках**

Левашкин Андрей Геньевич, доцент кафедры управления инновациями факультета инновационных технологий, кандидат физико-математических наук