

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

Физический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан физического факультета
С. Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Физика полупроводниковых приборов

по направлению подготовки

03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
Фундаментальная и прикладная физика

Форма обучения
Очная

Квалификация
Бакалавр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
С.Н. Филимонов

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;

ПК-1 Способен проводить научные исследования в выбранной области с использованием современных экспериментальных и теоретических методов, а также информационных технологий.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.2 Анализирует и интерпретирует экспериментальные и теоретические данные, полученные в ходе научного исследования, обобщает полученные результаты, формулирует научно обоснованные выводы по результатам исследования;

ИПК 1.1 Собирает и анализирует научно-техническую информацию по теме исследования, обобщает научные данные в соответствии с задачами исследования.

2. Задачи освоения дисциплины

– Познакомиться с принципами действия современных полупроводниковых приборов;

– Получить навыки расчёта и измерения параметров и характеристик полупроводниковых приборов;

– Научиться применять понятийный аппарат физики полупроводниковых приборов для решения практических задач профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Седьмой семестр, зачет с оценкой

Восьмой семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: квантовая механика, термодинамика и статистическая физика, физика полупроводников, оптика полупроводников, теория твердого тела.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 з.е., 288 часов, из которых:

-лекции: 96 ч.

-лабораторные: 28 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение

Краткий исторический обзор развития полупроводниковой электроники. Предмет и содержание курса.

Тема 2. Явления на контакте металл – полупроводник.

Диоды Шоттки. Образование и свойства запирающего слоя Шоттки. Электрические характеристики барьера Шоттки. Функциональные возможности диодов Шоттки.

Тема 3. Электронно-дырочные переходы.

Образование и характеристики электронно-дырочного перехода. Механизмы протекания тока. Частотные свойства. Функциональные возможности полупроводниковых диодов.

Тема 4. Гетеропереходы.

Получение гетеропереходов. Энергетические диаграммы и основные свойства гетероструктур. Использование гетеропереходов в полупроводниковых приборах.

Тема 5. Оптоэлектронные полупроводниковые приборы

Принципы действия и характеристики фотодиодов. Светодиоды и их характеристики.

Тема 6. Диоды для усиления и генерации СВЧ-мощности

Вольт-амперная характеристика и частотные свойства туннельного диода. Вольт-амперная характеристика диода Ганна. Формирование доменов и режимы работы диодов Ганна.

Тема 7. Биполярные транзисторы

Принцип действия биполярного транзистора. Статические характеристики биполярного транзистора. Частотные свойства. Типы быстродействующих транзисторов.

Тема 8. Полевые транзисторы

Полевой транзистор с $p-n$ -переходом в качестве затвора. МДП-транзисторы. Гетеропереходный транзистор с высокой подвижностью электронов.

Тема 9. Тиристоры. Приборы с зарядовой связью

Принцип действия динистора. Тиристор с управляющим электродом. Применение тириستоров. Принцип действия приборов с зарядовой связью. ПЗС-фотодетекторы.

Тема 10. Интегральные микросхемы

Полупроводниковые биполярные микросхемы. МДП-интегральные микросхемы. Элементы технологии интегральных микросхем.

Темы лабораторных работ:

1. Изучение вольт-амперной характеристики полупроводникового диода.
2. Изучение зависимости барьерной ёмкости полупроводникового диода с $p-n$ -переходом от напряжения.
3. Изучение переходной характеристики переключения полупроводникового диода из пропускного в запирающее состояние.
4. Изучение характеристик фотодиода.
5. Изучение вольт-амперной характеристики туннельного диода.
6. Исследование параметров диода Ганна.
7. Изучение статических характеристик биполярного транзистора.
8. Частотная зависимость коэффициента передачи транзистора.

9. Исследование характеристик полевого транзистора с $p-n$ -переходом в качестве затвора.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения коллоквиума по лекционному материалу, выполнения индивидуальных заданий на лабораторных работах. Результаты контроля фиксируются в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Зачет с оценкой в седьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность зачета 1 час.

Экзамен в восьмом семестре проводится в письменной форме по билетам. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» – <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1821>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).

в) Методические указания по проведению лабораторных работ

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Пасынков В. В. Полупроводниковые приборы / Пасынков В. В., Чиркин Л. К. - 9-е изд. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – 480 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань (доступно в локальной сети ТГУ). – URL: <https://e.lanbook.com/book/167773>

2. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие. – М.: Юрайт, 2019. – 463 с. – Электронный ресурс: Образовательная платформа Юрайт». – URL: <https://urait.ru/bcode/425163>

3. Смирнов Ю. А. Основы микроэлектроники и микропроцессорной техники : учебное пособие / Ю. А. Смирнов, С. В. Соколов, Е. В. Титов. – Изд. 2-е, испр. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2021. - 495 с. – Электронный ресурс: ЭБС Лань (доступно в локальной сети ТГУ). – URL: <https://e.lanbook.com/book/168550>

4. Гермогенов В.П. Материалы, структуры и приборы полупроводниковой оптоэлектроники: учебное пособие: для студентов старших курсов вузов / В.П. Гермогенов; Нац. исслед. Том. гос. ун-т. – Томск: Издательский Дом Томского государственного университета, 2015. – 271 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000511917>

б) дополнительная литература:

1. Гаман В.И. Физика полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – 2-е изд. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – 426 с.

2. Малянов С.В., Калыгина В.М. Сборник задач по физике биполярных полупроводниковых приборов: Учебное пособие. – Томск: Изд-во НТЛ, 2008. – 112 с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Гермогенов В.П., Вячистая Ю.В. Полупроводниковая электроника [Электрон. ресурс]: электронный учебный курс на базе виртуальной обучающей среды MOODLE Электрон. дан. – Томск: ТГУ, 2014. – URL: <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1821>
2. Гермогенов В.П., Вячистая Ю.В. Полупроводниковая оптоэлектроника [Электрон. ресурс]: электронный учебный курс на базе виртуальной обучающей среды MOODLE Электрон. дан. – Томск: ТГУ, 2014. – URL: <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=1825> – доступ для обучающихся в ТГУ.
3. Полупроводниковые приборы (материалы клуба 155): электронный ресурс. – URL: <http://www.club155.ru/stintro>
4. Демонстрационные модели свойств полупроводников и полупроводниковых приборов (Purdue University, Gerhard Klimeck, Benjamin P Haley): электронный ресурс. – URL: <https://nanohub.org/resources/6842>
5. Светодиоды (иллюстрации Ф. Шуберта): электронный ресурс. – URL: <https://www.ecse.rpi.edu/~schubert/Light-Emitting-Diodes-dot-org/>
6. Физика и техника полупроводников (научный журнал РАН): электронная версия. – URL: <https://journals.ioffe.ru/journals/2>
7. Новые полупроводниковые материалы. Характеристики и свойства: база данных ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. – URL: <http://www.matprop.ru/>
8. Справочник по электронным компонентам. – URL: <http://kazus.ru/>
9. eLIBRARY.RU: Научная электронная библиотека. – URL: <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>
10. Scopus: база данных цитирования издательства Elsevier (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://www.scopus.com/>
11. Web of Science: база данных цитирования компании Clarivate Analytics (доступ из сети НИ ТГУ). – URL: <http://webofknowledge.com/WOS>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. 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);
2. пакет программного обеспечения PTC MathCad Education (Договор поставки №7193 от 14.10.2015;
3. пакет SMath Studio для решения задач на практических занятиях (в свободном доступе).

б) информационные справочные системы:

- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
- Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

в) профессиональные базы данных (при наличии):

- Университетская информационная система РОССИЯ – <https://uisrussia.msu.ru/>
- Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) – <https://www.fedstat.ru/>

– Новые полупроводниковые материалы: Характеристики и свойства [Электрон. ресурс] // Интернет-сайт ФТИ им А.Ф.Иоффе РАН, 1998-2001. – URL: <http://www.ioffe.ru/SVA/NSM/rintroduction.html>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения 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.

Аудитории для проведения занятий лекционного типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

Учебная лаборатория полупроводниковой электроники на кафедре полупроводниковой электроники РФФ НИ ТГУ, где имеются маркерная доска, мультимедийный проектор с экраном, 9 компьютерных рабочих мест для обработки результатов и моделирования характеристик полупроводниковых приборов, а также приборы и установки для измерения характеристик полупроводниковых приборов: установка для измерения вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов на базе источника-измерителя Keithley 2611B с компьютером; цифровой измеритель индуктивности, емкости и сопротивления Е7-12; лабораторная установка для изучения переходных процессов в полупроводниковых диодах, включающая генератор прямоугольных импульсов Г5–54 и осциллограф АКИП-4122/1V; характериограф TR-4805 для наблюдения вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов; лабораторная установка для измерения характеристик диодов Ганна; характериограф для наблюдения характеристик транзисторов Л2-100 ТЕКО; измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-1 с управляющим компьютером.

15. Информация о разработчиках

Алмаев Алексей Викторович, кандидат физ.-мат. наук, кафедра полупроводниковой электроники, Радиофизический факультет, доцент.