

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Низкоразмерные структуры в электронике

по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика

Направленность (профиль) подготовки:

Материалы и устройства функциональной электроники и фотоники

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
И.А. Прудаев

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК 2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы

ИПК 2.2 Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы

ИПК 2.3 Проводит компьютерное моделирование устройства или системы

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить понятийный аппарат в области физики низкоразмерных структур

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

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор. Дисциплина входит в модуль Модуль «Функциональная электроника».

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

Третий семестр, зачет

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 6 ч.

-семинар: 12 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Энергетический спектр и статистика носителей заряда в низкоразмерных структурах (НРС).

Виды низкоразмерных структур. Энергетические спектры и волновые функции носителей заряда. Влияние внешних полей на энергетический спектр. Статистика носителей заряда. Методы расчета энергетического спектра носителей заряда в квантовых ямах и сверхрешетках.

Тема 2. Оптические и электрические свойства НРС.

Собственное межзонное и внутризонное поглощение в квантовых ямах (КЯ). Проводимость КЯ и сверхрешёток (СР). Внутризонное поглощение в КЯ. Баллистическая проводимость в КЯ и квантовых нитях (КН). Целочисленный эффект Холла. Баллистический перенос в КЯ и КН.

Тема 3. Резонансное туннелирование в НРС.

Рассеяние и туннелирование электронов на потенциальных ступеньках и барьерах. Резонансное туннелирование в двухбарьерных структурах. Расчет коэффициентов отражения и пропускания через потенциальные барьеры.

Тема 4. Приборы на базе НРС.

Фотодетекторы инфракрасного излучения, Лазеры на КЯ, туннельно резонансные диоды, транзисторы на КТ, одноэлектронные транзисторы, приборы на основе баллистического транспорта. Туннельно резонансные диоды, транзисторы на КТ, одноэлектронные транзисторы.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов, выполнения лабораторных заданий и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: ИПК-2.1 (Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы), ИПК-2.2 (Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы), ИПК-2.3 (Проводит компьютерное моделирование устройства или системы).

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 в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Билет состоит из трех частей. Продолжительность зачета 1 час. В ходе контроля проверяется достижение обучающимися следующих результатов обучения: ИПК-2.1 (Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы), ИПК-2.2 (Определяет алгоритм и набор параметров, с учётом которых должно быть проведено моделирование устройства или системы).

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 «Среда электронного обучения iDO».

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

в) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

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. Рафиков Р. А. Электронные цепи и сигналы. Аналоговые сигналы и устройства / Р. А. Рафиков. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 440 с. — ISBN 978-

5-8114-7607-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/230414>

б) дополнительная литература:

1. Шик А.Я., Бакуева Л.Г., Мусихин С.Ф., Рыков С.А. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие. - СПб.: Наука, 2001. - 160 с.
2. Борисенко С.И., Вячистая Ю.В. Учебно-методический комплекс. – Томск, ТГУ, 2011. <http://edu.tsu.ru/eor/resource/572/tpl/index.html>
3. Бьюрков В.В., Гридчин В.А., Драгунов В.П., Орликовский А.А. Нанoeлектроника. Часть 1. Введение в нанoeлектронику. МГТУ им. Баумана, 2009. – 711 с. http://rffi.molnet.ru/rffi/ru/books/o_27028
4. Кульбачинский В.А. Двумерные, одномерные, нульмерные структуры и сверхрешетки: Учебное пособие. - М.: Изд-во физического факультета МГУ, 1998. - 164 с.
5. Неверов В.Н., Титов А.Н. Физика низкоразмерных систем. Учебное пособие. Екатеринбург: УГУ, 2008.- 233 с.
6. Демиховский В.Я., Вугальтер Г.А. Физика квантовых низкоразмерных структур. - М.: Логос, 2000. - 248 с.
7. Херман М. Полупроводниковые сверхрешетки: Пер.с англ. - М.: Мир, 1989. - 240 с.
8. Ю П., Кардона М. Основы физики полупроводников.– М.: Физматлит, 2002.– 560 с.
9. Воронов В.К., Подоппелов А.В. Современная физика: Учебное пособие.– М.:КомКнига, 2005.–512 с.
10. Э. Рзеншер, Б. Винтер. Оптоэлектроника. Москва: Техносфера, 2006.-595с.
11. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы нанoeлектроники: Учебное пособие для вузов. - Новосибирск, 2000. - 328 с.
12. Пожела Ю. Физика быстродействующих транзисторов. Вильнюс: Мокслас, 1989. - 264 с.
13. Тавгер Б.А., Демиховский В.Я. Квантовые размерные эффекты в полупроводниковых и полуметаллических пленках. Успехи физических наук. – 1968. - Т.96, В.1. - С. 61-86.
14. Тагер А.С. Размерные квантовые эффекты в субмикронных полупроводниковых структурах и перспективы их применения в электронике СВЧ. Ч. 1. Физические основы. Электронная техника. Сер. Электроника СВЧ. – 1987. - В.9. - С. 21-34.
15. Борисенко С.И. Электропроводность полупроводниковых сверхрешеток (методическая разработка). Томск: ТГУ, 1998. - 36 с.
16. Борисенко С.И. Интерференционные эффекты при туннелировании электронных волн в квантовых гетероструктурах и перспективы их использования (методическая разработка). Томск: ТГУ, 1999. - 29 с.
17. Борисенко С.И. Оптические свойства низкоразмерных полупроводниковых структур. Учебно-методическое пособие. Томск: ТГУ, 2007. – 23 с.

в) ресурсы сети Интернет:

- открытые онлайн-курсы
- Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <https://www.elibrary.ru/>
- Электронный ресурс American Institute of Physics <https://www.scitation.org/>
- Электронный ресурс American Physical Society <https://journals.aps.org/>
- Электронный ресурс ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/>
- Электронный ресурс SpringerLink: <https://link.springer.com/>
- Электронный ресурс SPIE Digital Library: <https://www.spiedigitallibrary.org/>

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);
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

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/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

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.

15. Информация о разработчиках

Борисенко Сергей Иванович, доктор физ.-мат. наук, Томский государственный университет, профессор.