

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

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан

А. Г. Коротаев

Рабочая программа дисциплины

Полупроводниковые низкоразмерные структуры в фотонике

по направлению подготовки

03.04.03 Радиофизика, 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

Направленность (профиль) подготовки:
Цифровые технологии фотоники и радиофизики

Форма обучения
Очная

Квалификация
Инженер-исследователь

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.П. Коханенко

Председатель УМК
А.П. Коханенко

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности.

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

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОПК 1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования.

РОПК 2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы.

РОПК 3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач.

2. Задачи освоения дисциплины

– Освоить аппарат физики низкоразмерных структур и понимать принципы работы основных типов полупроводниковых приборов и устройств нанофотоники.

– Научиться применять понятийный аппарат физики низкоразмерных структур для предсказания оптических и электрических характеристик низкоразмерных полупроводниковых структур и 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.

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: 18 ч.

-семинары: 16 ч.

в том числе практическая подготовка: 0 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Варизонные полупроводники и гетероструктуры

Энергетические диаграммы полупроводников и полупроводниковых структур с изменяющимся по координате химическим составом. Оптические свойства полупроводниковых гетероструктур

Тема 2. Современные методы создания наноструктур

Проблемы технологии создания низкоразмерных структур. Нанолитография. Метод газофазной эпитаксии. Метод молекулярно-лучевой эпитаксии. Другие методы создания наноструктур

Тема 3. Электроны, фононы и экситоны в наноструктурах

Принципы размерного квантования и низкоразмерные структуры. Методы создания низкоразмерных структур. Статистика носителей в низкоразмерных структурах. Фононы, примесные состояния и экситоны в низкоразмерных структурах

Тема 4. Оптические свойства низкоразмерных структур

Межзонные и внутризонные оптические переходы между подзонами размерного квантования. Правила отбора при оптических переходах. Оптическая ионизация квантовых ям. Оптические переходы между минизонами в сверхрешетках

Тема 5. Квантовый характер кинетики носителей в низкоразмерных структурах в электрических и магнитных полях

Механизмы рассеяния носителей в низкоразмерных структурах. Концепция модулированного легирования. Баллистический транспорт в двумерном электронном газе. Явления вертикального переноса. Квантовые осцилляции в магнитном поле. Квантовый эффект Холла

Тема 6. Новейшие направления исследований в физике квантовых структур

Баллистическая проводимость нитей и квантование проводимости в нитях. Кулоновская блокада. Новые типы низкоразмерных структур и способы их создания

Тема 7. Низкоразмерные структуры в приборах электроники и фотоники

Использование варизонных слоев и гетероструктур в оптоэлектронных приборах. Применение низкоразмерных структур в приборах оптоэлектроники

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения устных опросов по лекционному материалу и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр. Самостоятельная работа студентов состоит в изучении теоретического материала, подготовке к семинарским занятиям.

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 первом семестре проводится в форме устного зачета, состоящего из трех вопросов. Продолжительность зачета 1,5 часа.

Вопросы проверяют РОПК 1.1, РОПК 2.1, РОПК 3.1. Ответы на вопросы даются в развернутой форме.

Студент, не аттестованный в контрольной точке, не допускается к сдаче зачета.

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

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

Компетенция	Индикатор компетенции	Критерии оценивания результатов обучения	
		Не зачтено	Зачтено
ПК-1 Способен производить анализ состояния научно-технической проблемы, технического задания, формулировать цель и задачи научного исследования в области профессиональной деятельности.	РОПК 1.1 Формулирует проблему и определяет предметную область исследования.	Не умеет формулировать проблему и определять предметную область исследования.	Умеет формулировать проблему и определять предметную область исследования.
		Не владеет современными методами изучения, анализа информации в области фотоники.	Владеет современными методами изучения, анализа информации в области фотоники.
ПК-2 Способен осуществлять построение математических моделей объектов исследования и выбор готового или разработку нового алгоритма решения задачи.	РОПК 2.1 Формулирует постановку задачи, определяет параметры и функции разрабатываемой системы.	Не умеет формулировать постановку задачи, определять параметры и функции разрабатываемой системы.	Умеет формулировать постановку задачи, определять параметры и функции разрабатываемой системы.
		Не умеет проводить обработку исходных данных и результатов расчетов параметров низкоразмерных структур.	Умеет проводить обработку исходных данных и результатов расчетов параметров низкоразмерных структур.

ПК-3 Способен использовать современное оборудование для решения профессиональных задач.	РОПК-3.1 Понимает принципы действия устройств и систем, предназначенных для решения профессиональных задач.	Не владеет современными теоретическими моделями и представлениями об экспериментальном оборудовании для исследования низкоразмерных структур.	Владеет современными теоретическими моделями и имеет представление об экспериментальном оборудовании для исследования низкоразмерных структур.
		Не умеет предсказывать энергетический спектр низкоразмерных структур.	Умеет предсказывать энергетический спектр низкоразмерных структур.
		Не умеет определять электрофизические свойства структур фотоники.	Умеет определять электрофизические свойства структур фотоники.
		Не умеет определять оптические свойства структур фотоники.	Умеет определять оптические свойства структур фотоники.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=9668>

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:

– Игнатов, А. Н. Оптоэлектроника и нанофотоника : учебное пособие / А. Н. Игнатов. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 596 с. — ISBN 978-5-8114-5149-4. — URL: <https://e.lanbook.com/book/133479>.

– Щука, А. А. Наноэлектроника : учебное пособие / А. А. Щука ; под редакцией А. С. Сигова. — 5-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-730-1. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135510>.

б) дополнительная литература:

– Шик А.Я. Физика низкоразмерных систем: Учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика" / А. Я. Шик, Л. Г. Бакуева, С. Ф. Мусихин, С.А. Рыков; под общ. ред. В.И. Ильина, А.Я. Шика. – СПб.: Наука, 2001. – 154 с.

– Воробьев Л.Е. Оптические свойства наноструктур: [учебное пособие для вузов по направлению "Техническая физика"] / Л. Е. Воробьев, Е. Л. Ивченко, Д. А. Фирсов, В. А. Шалыгин; под общ. ред. В. И. Ильина, А. Я. Шика ; [под ред. Е. Л. Ивченко и Л. Е. Воробьева]. – Санкт-Петербург: Наука, 2001. – 186 с.
URL: <http://sun.tsu.ru/limit/2016/000130313/000130313.pdf>

– Ильин В.И., Мусихин С.Ф., Шик А.Я. Варизонные полупроводники и гетероструктуры. - СПб.: Наука, 2000. - 100 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

Лозовой Кирилл Александрович, кандидат физико-математических наук, Томский государственный университет, доцент