

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

Физический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан физического факультета
С.Н. Филимонов

Рабочая программа дисциплины

Структура научного исследования

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

Получить представления о этапах научного исследования и о презентации результатов научного исследования.

Научиться излагать современное состояние научных исследований по выбранной теме выпускной работы бакалавры, формулировать научные проблемы и пути их решения.

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.

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

Седьмой семестр, устный экзамен.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: квантовой механики, термодинамики, статистической физики, симметрии кристаллов, кристаллохимии полупроводников.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

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

– лекции: 16 ч.;

практические занятия: 32 ч.;

в том числе практическая подготовка: 32 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Дефекты и их классификация по причинам их образования и по размерности

Причины образования дефектов - отклонение состава материала от стехиометрического, термическая обработка, пластическая деформация, высокоэнергетическое радиационное воздействие. Классификация дефектов по размерности и происхождению.

Тема 2. Точечные дефекты.

Вакансии, междоузельные атомы, антиструктурные дефекты, примеси замещения и внедрения, равновесные и неравновесные дефекты, дефекты Шоттки и Френкеля, нейтральные и заряженные дефекты, многозарядные дефекты, амфотерные дефекты, центры с отрицательной корреляционной энергией.

Тема 3. Линейные дефекты.

Пластическая деформация, краевые и винтовые дислокации, смешанные дислокации, полные и частичные дислокации, дислокации несоответствия, вектор Бюргерса, барьер Пайерлса, энергия дислокаций, скольжение и переползание дислокаций, размножение и аннигиляция дислокаций, влияние дислокаций на свойства полупроводников.

Тема 4. Двумерные дефекты.

Двойникование, дефекты упаковки внедрения и вычитания, малоугловые и высокоугловые границы, поверхность кристалла, геометрическое и физическое определение поверхности, термодинамическая характеристика поверхности, поверхностные состояния, связанные и резонансные состояния, быстрые и медленные состояния, поверхностная, релаксация и реконструкция, поверхностные сверхрешетки.

Тема 5. Объемные (трехмерные) дефекты.

Скопления (кластеры) собственных дефектов (химических примесей), когерентные (предвыделения) и некогерентные (полные выделения) включения, причины образования скоплений, влияние скоплений на электронный спектр полупроводника и его свойства.

Тема 6. Щелевые состояния в полупроводниках.

Локализованные и резонансные состояния, мелкие и глубокие состояния, экранирование, уравнение электронейтральности, уровень Ферми и уровень зарядовой нейтральности, закрепление уровня Ферми в дефектных полупроводниках и на поверхности, численные значения уровня зарядовой нейтральности в полупроводниках.

Тема 7. Компенсация в полупроводниках.

Компенсация и самокомпенсация, степень компенсации, механизмы самокомпенсации (модель Манделя, образование низкосимметричных примесных (дефектных) центров, самокомпенсация примесей с промежуточной валентностью).

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий и фиксируется 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

Промежуточная аттестация проводится в виде экзамена. К экзамену допускаются студенты, успешно прошедшие все текущие аттестации. Экзамен проводится в устной форме по билетам, содержащим теоретические вопросы, предполагающие развернутый ответ и проверяющие ИОПК-2.2, а также по контрольным вопросам по материалу курса, требующим краткий ответ и проверяющим ИПК-1.1. 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=21908>

- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.
- в) План семинарских / практических занятий по дисциплине.
- г) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Ансельм А. И. Введение в теорию полупроводников /А. И. Ансельм . - Санкт-Петербург: Лань , 2016.- 618 с.
2. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебное пособие /В. И. Старосельский. - М.: Юрайт , 2014. - 463 с.
3. Шалимова К.В. Физика полупроводников /К. В. Шалимова. - Санкт-Петербург: Лань , 2014.- 463 с.
4. Грундман М. Основы физики полупроводников. Нанопизика и технические приложения /М. Грундман. – М.: Физматлит , 2012. - 771 с.

б) дополнительная литература:

1. Гусев А.И. Наноматериалы, структуры, технология. - М.: Физматлит, 2005. - 410 С.
2. Поликристаллические полупроводники. (Физические свойства и применение). Под ред. Г. Харбеке. М.: Мир, 1989. - 341 С.
3. Мильвидский М.Г., Освенский В.Б. Структурные дефекты в монокристаллах полупроводников. – М.: Металлургия, 1984. - 256 С.
4. Регель А.Р., Глазов В.М. Физические свойства электронных расплавов. - М.: Наука,. 1980. - 295 С.
5. Фридель Ж. Дислокации. - М.: Мир, 1967. - 626 С.

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/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.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.

Мультимедийное оборудование физического факультета ТГУ, компьютерный класс с доступом в интернет.

15. Информация о разработчиках

Брудный Валентин Натанович, доктор физ.-мат. наук, ТГУ, кафедра физики полупроводников, профессор.