

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

Эмиссионная электроника

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 (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-2 – способность проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.
- ПК-1 – Способность 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

- Освоить понятийный аппарат и приобрести базовые знания в области теории твердого тела, в основном связанной с электрофизическими явлениями.
- Научиться применять понятийный аппарат и полученные базовые знания для решения научных и практических задач в области теории твердого.

3. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

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

Курс «Эмиссионная электроника» относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

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

Семестр 8, зачет с оценкой.

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам:

- термодинамике;
- статистической физике;
- квантовой механике.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

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

- лекции: 24 ч.;
- практические занятия: 24 ч.;

в том числе практическая подготовка: 24 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Введение.

Предмет Эмиссионная электроника (ЭЭ). История развития. Виды эмиссии. Параметры и характеристики потенциального барьера на границе металл-вакуум. Внутренний поток электронов, падающий границу твердое тело – вакуум и его распределение по энергии.

Тема 2. Термоэлектронная эмиссия (ТЭЭ).

Формула Ричардсона - Дэшмана. Поправки к формуле, связанные с коэффициентом отражения, зависимостью работы выхода от температуры, влиянием сильного электрического поля (эффект Шоттки), влиянием объемного заряда эмитируемых частиц (закон Чайлда-Лэнгмюра) и контактной разности потенциалов. Распределение термоэлектронов по скоростям и энергиям. Особенности ТЭЭ из полупроводников. Типы термокатодов.

Тема 3. Фотоэлектронная эмиссия (ФЭЭ).

Законы внешнего фотоэффекта. Факторы, влияющие на характеристики фотоэмиттеров. Теория ФЭЭ Фаулера. Особенности ФЭЭ при мощном лазерном возбуждении. ФЭЭ полупроводников. Эффективные фотокатоды. Применение ФЭЭ.

Тема 4. Вторичная электронная эмиссия (ВЭЭ).

Энергетический спектр вторичных электронов. Свойства трех фракций ВЭЭ. Истинно вторичные. Простейшая теория ВЭЭ Джонкера. Характеристические пики. Эффективные материалы для ВЭЭ. Применение ВЭЭ.

Тема 5. Автоэлектронная эмиссия (АЭЭ).

Квазиклассический подход к определению прозрачности потенциального барьера. Выражение для полного тока АЭЭ. Температурнезависимая часть АЭЭ: формула Фаулера - Нордгейма. Термоавтоэлектронная эмиссия. Температурозависимая поправка к формуле Фаулера - Нордгейма. Практическое использование АЭЭ.

Тема 6. Взрывная электронная эмиссия (ВзЭЭ).

ВзЭЭ: природа, причины, механизмы. Тепловая модель взрыва острия. Закономерности взрывных процессов на плоскости. Эрозия. Закономерности, связанные с разлетающейся плазмой. Динамический первеанс. Применение ВзЭЭ.

Тема 7. Эмиссия из плазмы.

Схема эмиссионного плазменного источника. Электронно-эмиссионные свойства. Ионно-эмиссионные свойства. Пристеночный слой и равновесный потенциал плазмы. Проблемы отбора электронов и ионов из плазмы.

Тема 8. Эмиссионные явления при взаимодействии ионов с поверхностью твердых тел.

Основные понятия. Вторичная ионная эмиссия. Катодное распыление. Потенциальная и кинетическая ионно-электронная эмиссия. Учет взаимодействия ионов с поверхностью твердых тел на практике. Катодно-распылительные системы..

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине осуществляется путем контроля посещаемости, работы на семинарах, проведения контрольных работ и тестов по лекционному материалу 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

Зачет с оценкой в восьмом семестре проводится в устной форме по экзаменационным билетам. Билет состоит из двух частей. Первая часть включает в себя два теоретических вопроса. Ответы на теоретические вопросы даются в развернутой форме. Вторая часть содержит практический вопрос, оформленный в виде задачи. Ответ на вопрос второй части дается в письменной форме и предполагает решение задачи и краткую интерпретацию полученных результатов. После ответа на билет студенту могут быть заданы уточняющие или дополнительные вопросы.

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=00000>
- б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине (<https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>).
- в) Задания теста по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/mod/quiz/view.php?id=323256>.
- г) Темы семинаров по дисциплине в электронном университете «Moodle» – <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22067>.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

- а) основная литература:
 - Проскуровский Д.И. Эмиссионная электроника: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского государственного университета, 2010.
 - Евстифеев В. В. Эмиссионные явления на поверхности твердого тела. Изд. ПГУ, Пенза 2008.
 - Фридрихов С.А., Мовнин С.М. Физические основы электронной техники. – М.: Высшая школа, 1982.
 - Соболев В.Д. Физические основы электронной техники. – М.: Высшая школа, 1979.
- б) дополнительная литература:
 - Добрецов Л.Н., Гомоюнова М.В. Эмиссионная электроника. – М.: Наука, 1966.
 - Елинсон М.И., Г.Ф. Васильев Г.Ф. Автоэлектронная эмиссия. – М., 1958.
 - Месяц Г.А., Проскуровский Д.И. Импульсный электрический разряд в вакууме. – Новосибирск: Наука, 1984.
 - Окс Е.М. Источники электронов с плазменным катодом. – Томск: Изд-во НТЛ, 2005.
- в) ресурсы сети Интернет:
 - В.В. Евстифеев. Эмиссионные явления на поверхности твердого тела. Уч. пособие. – Пенза, 2008 - <http://window.edu.ru/resource/468/66468/files/stup518.pdf>
 - 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);
 - 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.

15. Информация о разработчиках

Шипилова Анна Викторовна, кандидат технических наук, кафедра физики плазмы физического факультета ТГУ, доцент.