

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

Методы растровой электронной микроскопии

по направлению подготовки

03.04.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки:
«Фундаментальная и прикладная физика»

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
О.Н. Чайковская

Председатель УМК
О.М. Сюсина

Томск – 2025

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

– ПК-1 –Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИПК-1.1. Знает основные стратегии исследований в выбранной области физики, критерии эффективности, ограничения применимости;

ИПК-1.2. Умеет выделять и систематизировать основные цели исследований в выбранной области физики, извлекать информацию из различных источников, включая периодическую печать и электронные коммуникации, представлять её в понятном виде и эффективно использовать.

2. Задачи освоения дисциплины

- Знакомство с устройством растрового электронного микроскопа;
- Изучение физических принципов построения изображения и формирования контраста в растровой электронной микроскопии; принципов рентгеноспектрального анализа, использования метода для изучения кристаллической структуры твердых тел;
- Знакомство с некоторыми практическими методами исследования поверхности металлических сплавов, их элементного состава, анализа кристаллографических разориентировок зеренной структуры.

3. Место дисциплины (модуля) 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

Семестр 1, зачет .

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по курсу общей физики, курсу кристаллографии и рентгеноструктурного анализа.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 з.е., 72 часа, из которых:

– лабораторные работы: 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. Устройство растрового электронного микроскопа. Формирование изображения

Устройство растрового электронного микроскопа. Разрешающая способность и глубина фокуса растрового электронного микроскопа. Ход лучей в электронном микроскопе. Принципы формирования изображения во вторичных и упруго-рассеянных электронах. Виды контраста

Тема 2. Рентгеноспектральный элементный анализ

Генерация рентгеновского излучения. Некоторые соотношения характеристического рентгеновского излучения. Регистрация рентгеновского излучения. Качественный и количественный элементный анализ. Метод трех поправок

Тема 3. Дифракция упруго - рассеянных электронов

Закон Брегга. Регистрация картины дифракции упруго-рассеянных электронов. Геометрия электронограмм. Влияние дефектной структуры поверхностного слоя объекта. Анализ разориентировок, текстуры, размеров зерен и субзерен

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, написания отчета по лабораторной работе 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 проводится в устной форме по билетам.

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=25878>

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

в) Методические указания по проведению лабораторных работ.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применения / Уэйли Жу, Чжун Лин Ван. – Бином. Лаборатория знаний, 2016. – 600 с.
2. Метод дифракции отраженных электронов в области материаловедения / под ред. А. Шварца, М. Кумара, Б. Адамса, Д. Филда – Москва: Техносфера, 2014. – 544с.+104 с. цв. вкл.

3. Электронная микроскопия : учеб. пособие / А.И. Власов, К.А. Елсуков, И.А. Косолапов. – М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 168 с.
4. Возможности метода дифракции обратнорассеянных электронов для анализа структуры деформированных материалов. В.Н. Варюхин, Е.Г. Пашинская, А.В. Завдовеев, В.В. Бурховецкий. – Киев: Наукова Думка, 2014. – 104 с.

б) дополнительная литература:

1. Практическая растровая электронная микроскопия. Под ред. Дж. Гоулдстейна и Х. Яковица. - Изд. "Мир". - Москва, 1978. - 656 с.
2. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х книгах. Книга 1. Пер. с англ.-М.: Мир, 1984. -303 с.
3. Гоулдстейн Дж., Ньюбери Д., Эчлин П., Джой Д., Фиори Ч., Лифшин Э. Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ: В 2-х книгах. Книга 2. Пер. с англ.-М.: Мир, 1984. -348 с.
4. Черепин В.Т., Васильев М.А. Методы и приборы для анализа поверхности материалов. Изд. "Наукова думка". – Киев, 1982. – 398 с.
5. Физические основы рентгеноспектрального локального анализа. Перев. с англ., под ред. Боровского И.Б. Изд. "Наука", Москва, 1973. 310 с.
6. Electron Backscatter Diffraction in Materials Science Edited by A.J. Schwartz, M. Kumar and B.L. Adams. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 2000, - 340 p.
7. Павлинский Г.В. Основы физики рентгеновского излучения.- М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 240с.

в) ресурсы сети Интернет:

1. Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – СПб., 2010- . – URL: <http://e.lanbook.com/>
2. Издательство «Юрайт» [Электронный ресурс] : электрон.-библиотечная система. – Электрон. дан. – М., 2013- . URL: <http://www.biblio-online.ru/>
3. Электронно-библиотечная система Znanium.com [Электронный ресурс] / Научно-издательский центр Инфра-М. – Электрон. дан. – М., 2012- . URL: <http://znanium.com/>
4. Электронно-библиотечная система Консультант студента [Электронный ресурс] / ООО «Политехресурс». - М, 2012- . – URL: <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ [Электронный ресурс] . – Электрон. дан. – Томск, 2011-. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
6. Электронный каталог [Электронный ресурс] / НИ ТГУ, Научная библиотека ТГУ. – Электрон. дан. – Томск, 2008-2016. – URL: <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?theme=system>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – М., 2000- . – URL: <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>
8. КонсультантПлюс [Электронный ресурс]: справ. правовая система. – Электрон. дан. – М., 1992- . – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
9. Гарант [Электронный ресурс] : информ.-правовое обеспечение / НПП «Гарант-Сервис». – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети Науч. б-ки Том. гос. ун-та.
10. ScienceDirect [Electronic resource] / Elsevier B.V. – Electronic data. – Amsterdam, Netherlands, 2016. – URL: <http://www.sciencedirect.com/>
11. SpringerLink [Electronic resource] / Springer International Publishing AG, Part of Springer Science+Business Media. – Electronic data. – Cham, Switzerland, [s. n.]. – URL: <http://link.springer.com/>

12. ProQuest Ebook Central [Electronic resource] / ProQuest LLC. – Electronic data. – Ann Arbor, MI, USA, [s. n.]. – URL: <https://ebookcentral.proquest.com/lib/tomskuniv-ebooks/home.action>
– 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.
Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.
Растровый электронный микроскоп Quanta 3D

15. Информация о разработчиках

Пинжин Юрий Павлович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, кафедра физики металлов физического факультета ТГУ, доцент.