

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 19.10.2023 08:08:36  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»



Утверждаю:

Руководитель ООП

*И.А. Каплунов* И.А. Каплунов

«30» мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Дополнительный специализированный практикум по оптической,  
электронной и атомно-силовой микроскопии**

Направление подготовки

03.04.03. Радиоп физика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

1 курса очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Иванова А.И.

*Иванова*

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

Целью дисциплины является изучение основных методов и средств оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии, освоение базовых методик проведения научного эксперимента средствами микроскопии. Задачи освоения дисциплины: формирование знаний по основам устройства и принципам работы современных электронных, сканирующих зондовых и оптических микроскопов; получение навыков практической работы с различными типами микроскопов; проведение научных экспериментов методами микроскопии и обработка их результатов.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина **Дополнительный специализированный практикум по оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии** относится к разделу Б1.В.06.01 части учебного плана ООП, формируемой участниками образовательных отношений. **Дополнительный специализированный практикум по оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии** изучается в 1 семестре и имеет логические и содержательно-методические взаимосвязи со всеми дисциплинами профессиональных модулей всех частей ООП. Для освоения дисциплины от слушателей требуются предварительные знания и навыки из курсов общей физики, кристаллографии, физики твердого тела.

Дисциплина **Дополнительный специализированный практикум по оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии** обеспечивает прохождение практик. Полученные знания в последующем используются при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей трудовой деятельности.

**3. Объем дисциплины:** 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в том числе:

**контактная аудиторная работа:** лабораторные работы 45 часов;

**самостоятельная работа:** 63 часа.

#### 4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</p>	<p>УК-3.1. Вырабатывает стратегию командной работы и на ее основе организует отбор членов команды для достижения поставленной цели;            УК-3.2. Организует и корректирует работу команды, в т.ч. на основе коллегиальных решений;            УК-3.3. Разрешает конфликты и противоречия при деловом общении на основе учета интересов всех сторон; создает рабочую атмосферу, позитивный эмоциональный климат в команде;            УК-3.4. Организует обучение членов команды и обсуждение результатов работы, в т.ч. в рамках дискуссии с привлечением оппонентов;            УК-3.5. Делегирует полномочия членам команды и распределяет поручения, дает обратную связь по результатам, принимает ответственность за общий результат.</p>
<p>ПК-2. Способен проводить разработку и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования.</p>	<p>ПК-2.1. Проводит измерение электрофизических и структурных параметров формируемых функциональных материалов и изделий электроники, анализирует результаты;            ПК-2.2 Оперировать технологическим и измерительным оборудованием, организует контроль за работой оборудования;            ПК-2.3. Составляет элементную базу изделия (операционные, маршрутные и контрольные карты) и вырабатывает рекомендации по ее модернизации</p>

#### 5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет в 1 семестре

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)		Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лабораторные работы		
		всего	в т.ч. ПП	
1. Подготовка образцов для исследований в оптических, электронных, зондовых микроскопах	18	7		11
2. Исследование дефектной структуры кристаллических материалов методом оптической микроскопии	12	6		6
3. Исследование кристаллов методом поляризационной оптической микроскопии	12	6		6
4. Исследование проводящих образцов методом растровой электронной микроскопии (РЭМ)	18	6		12
5. Исследование диэлектрических и органических образцов методом растровой электронной микроскопии (РЭМ)	12	6		6
6. Определение элементного состава различных образцов методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа	16	6		10
7. Исследование топографии поверхности кристаллических образцов методом сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	18	6		12
Зачет	2	2		
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>45</b>		<b>63</b>

**III. Образовательные технологии**

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
1. Подготовка образцов для исследований в оптических, электронных, зондовых микроскопах	Лабораторные работы	<i>Изложение теоретического материала (презентация) Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>
2. Исследование дефектной структуры кристаллических материалов методом оптической	Лабораторные работы	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>

микроскопии		<i>работ</i>
3. Исследование кристаллов методом поляризационной оптической микроскопии	Лабораторные работы	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>
4. Исследование проводящих образцов методом растровой электронной микроскопии (РЭМ)	Лабораторные работы	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>
5. Исследование диэлектрических и органических образцов методом растровой электронной микроскопии (РЭМ)	Лабораторные работы	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>
6. Определение элементного состава различных образцов методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа	Лабораторные работы	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>
7. Исследование топографии поверхности кристаллических образцов методом сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)	Лабораторные работы	<i>Самостоятельное изучение теоретического материала Выполнение лабораторных работ</i>

#### **IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации**

*Форма проведения промежуточного контроля:* студенты, освоившие программу курса «Дополнительный специализированный практикум по оптической, электронной и атомно-силовой микроскопии» могут получить зачет по итогам семестровой аттестации согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.).

<b>Результат (индикатор)</b>	<b>Типовые контрольные задания</b>	<b>Показатели и критерии оценивания, шкала оценивания</b>
<b>УК-3 Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели</b>		
УК-3.1. Вырабатывает стратегию командной работы и на ее основе организует отбор членов команды для достижения поставленной цели; УК-3.2. Организует и	Выполнение лабораторной работы по теме «Дефекты кристаллической решетки»	Задание выполнено полностью и самостоятельно – 10 баллов; Задание выполнено частично, с замечаниями и помощью преподавателя - 7 баллов;

<p>корректирует работу команды, в т.ч. на основе коллегиальных решений;  УК-3.3. Разрешает конфликты и противоречия при деловом общении на основе учета интересов всех сторон; создает рабочую атмосферу, позитивный эмоциональный климат в команде;  УК-3.4. Организует обучение членов команды и обсуждение результатов работы, в т.ч. в рамках дискуссии с привлечением оппонентов;  УК-3.5. Делегирует полномочия членам команды и распределяет поручения, дает обратную связь по результатам, принимает ответственность за общий результат.</p>		<p>Задание выполнено с ошибками - 5 баллов;  Задание выполнено частично, с ошибками - 3 балла;</p>
<p><b>ПК-2. Способен проводить разработку и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования</b></p>		
<p>ПК-2.1. Проводит измерение электрофизических и структурных параметров формируемых функциональных материалов и изделий электроники, анализирует результаты;  ПК-2.2 Оперировать технологическим и измерительным оборудованием, организует контроль за работой оборудования;</p>	<p>Выполнение лабораторной работы по теме «Дефекты кристаллической решетки»</p>	<p>Задание выполнено полностью и самостоятельно – 10 баллов;  Задание выполнено частично, с замечаниями и помощью преподавателя - 7 баллов;  Задание выполнено с ошибками - 5 баллов;  Задание выполнено частично, с ошибками - 3 балла;</p>
<p>ПК-2.3. Составляет элементную базу изделия (операционные, маршрутные и контрольные</p>	<p>Оформление отчета по лабораторной работе</p>	<p>Отчет содержит все обязательные разделы, расчеты верны, грамотно сформулирован вывод по</p>

карты) и вырабатывает рекомендации по ее модернизации		работе – 10 баллов; Отчет оформлен частично, с замечаниями - 7 баллов; Отчет содержит ошибки - 5 баллов; Отчет выполнен частично, с ошибками - 3 балла;
---	--	--

## V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 1) Рекомендуемая литература

#### а) основная литература:

1. Материаловедение и технология материалов: учебное пособие / под ред. А.И. Батышева, А.А. Смолькина. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 288 с..  
<http://znanium.com/go.php?id=814426>

2. Адаскин А.М., Красновский А.Н. Материаловедение и технология металлических, неметаллических и композиционных материалов: учебник / А.М. Адаскин, А.Н. Красновский. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2016. – 400 с., ил. – (Высшее образование). <http://znanium.com/go.php?id=544502>

#### б) дополнительная литература

1. Барыбин, А.А. Электроника и микроэлектроника. Физико-технологические основы: учебное пособие / А.А. Барыбин. - М. : Физматлит, 2008. - 424 с. : ил. - ISBN 978-5-9221-0679-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75443>

2. Композиционные материалы : Учебное пособие для вузов / под ред. Ильина А.А. - Москва : Юрайт, 2021. - 253 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/476225>

### 2) Программное обеспечение

#### а) Лицензионное программное обеспечение

#### б) Свободно распространяемое программное обеспечение

### 3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

<http://www.ineos.ac.ru/>

<http://tokyo-boeki.ru/web-sajtyi-nauchno-issledovatel'skogo-oborudovaniya.html>  
[researchpark.spbu.ru/methods-biomed-rus/1913-bio-metod-07-rus](http://researchpark.spbu.ru/methods-biomed-rus/1913-bio-metod-07-rus)

<http://www.jeol.com>

<http://www.zeiss.com>

<http://www.fei.com>

<http://www.edax.com>

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

1) текущий контроль успеваемости

При выполнении лабораторной работы главным является знание и понимание того, что предстоит сделать, как это можно осуществить с помощью данного оборудования, и умение объяснить физику процессов и явлений, изучаемых в работе. В организационном плане недопустимо сводить лабораторные работы только к снятию показаний с приборов. Весь процесс от предварительной подготовки, проведения экспериментов и до составления отчета и защиты является лабораторной работой и требует одинаково серьезного внимания ко всем этапам процесса. При подготовке необходимо предварительно до занятия изучить описание лабораторной работы.

Приступив к работе, следует строго соблюдать указанный порядок выполнения экспериментальной и расчетной частей работы. Особенно важно строго соблюдать все установленные в лаборатории правила техники безопасности.



В отчете о лабораторной работе и при ее защите на основе полученных экспериментальных данных, проведенных расчетов и погрешности необходимо дать толкование физических процессов, которые протекали в эксперименте.

Отчет о проделанной лабораторной работе должен содержать:

1. Стандартно оформленный титульный лист.
2. Теоретическую часть (цель работы, краткое описание лабораторной установки и методов измерений).
3. Расчетную часть (таблицы измерений, графики, расчет искомых величин и их погрешностей).

Промежуточная аттестация

Зачет ставится в 1 семестре после выполнения и защиты всех лабораторных работ.

2) контрольные вопросы к зачету

1. Теоретические основы микроскопии.
2. Типы и виды оптических микроскопов
3. Принципиальная схема оптического микроскопа и осветительной системы.
4. Сферическая и хроматическая аберрации, увеличение микроскопа: полезное и бесполезное, разрешающая способность.
5. Пробоподготовка образцов для исследований в оптическом микроскопе
5. Основные классы электронных микроскопов (просвечивающие и сканирующие) и принципы их работы
6. Устройство и принцип работы РЭМ
7. Этапы подготовки проводящих и непроводящих объектов к РЭМ (первичная обработка, фиксация, напыление)
8. Физические основы энергодисперсионного рентгеновского микроанализа
9. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов
10. Подготовка образцов к исследованиям в СЗМ.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование Специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p>Учебно-научная лаборатория микроэлектроники № 25 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. ПК Pentium 4                  2. Компьютер Intel Original LGA1155 Core i5-3470, монитор AOC 23" e2370Sd                  3. Компьютер iRU Corp 510 I5-2400/4096/500/G210-512/DVD-RW/W7S/монитор E-Machines E220HQVB 21.5"                  4. Принтер Samsung лазерный (2 шт)                  5. Спектрометр ИКС-29                  6. Программно-аппаратный комплекс для микроанализа и морфологического анализа поверхности (микроскоп)                  7. Дифрактометр рентгеновский ДСО-2 для уточнения ориентации монокристаллов                  8. Электронно-оптический комплекс для анализа морфологии кристаллов NanoMap-1000WLI                  9. Измеритель магнитной индукции                  10. Испытатель транзисторов и диодов Л2-54                  11. Линия волновод</p>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.                  MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.                  Kaspersky Endpoint Security для Windows - Акт на передачу прав №1842 30.11.2020                  Архиватор 7-Zip - бесплатно                  Acrobat Reader DC - бесплатно                  Google Chrome – бесплатно                  Unreal Commander - бесплатно                  Почта Outlook - бесплатно                  Origin 8.1 Sr2 - договор №13918/M41 от 24.09.2009 с ЗАО «СофтЛайн Трейд»;</p>
<p>Лаборатория оптических измерений № 218а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Микроскоп цифровой тринокуляр Levenhuk D670T                  2. Компьютер Intel Original LGA 1155 Core i5-3470, монитор AOC 23" e2370Sd (2 шт)</p>	<p>Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.                  MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.                  Kaspersky Endpoint Security для Windows - Акт на передачу прав №1842 30.11.2020                  Архиватор 7-Zip - бесплатно                  Acrobat Reader DC - бесплатно                  Google Chrome – бесплатно                  Unreal Commander - бесплатно                  Почта Outlook - бесплатно</p>

--	--	--

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

<b>№ п.п.</b>	<b>Обновленный раздел рабочей программы дисциплины</b>	<b>Описание внесенных изменений</b>	<b>Реквизиты документа, утвердившего изменения</b>
1.			
2.			