

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ
Директор Института физики

" 31 " 2021 г.

Программа производственной практики

Производственная технологическая практика

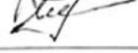
Направление подготовки магистратуры
22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль подготовки магистратуры
Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Филимонов Ю.А.		31.08.21
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		31.08.21
Заведующий кафедрой	Филимонов Ю.А.		31.08.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели производственной технологической практики

Целями технологической практики являются знакомство студентов с основными технологическими процессами создания современных наноматериалов, в том числе, магнитных материалов и микро- и наноструктур для электроники и методами их диагностики, областями применения магнитных материалов и микро- и наноструктур, технологическим и аналитическим оборудованием используемом в процессе изготовления магнитных микро- и наноструктур.

Задачи технологической практики:

- Формирование и углубление теоретических и практических знаний технологических процессов создания современных наноматериалов, в том числе, магнитных материалов и магнитных микро- и наноструктур для электроники и методов их диагностики, а также областей применения магнитных микро- и наноструктур;
- Формирование владений навыками работы с технологическим и аналитическим оборудованием, используемом в процессе изготовления современных наноматериалов, в том числе, магнитных материалов и магнитных материалов и микро- и наноструктур.

2. Тип (форма) производственной технологической практики и способ ее проведения

Производственная технологическая практика относится по типу к технологической практике. Способ проведения – стационарная.

3. Место производственной технологической практики в структуре ООП

Технологическая практика относится к производственным практикам части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б2 «Практики», проводится у студентов очной формы обучения института физики СГУ, обучающихся в магистратуре по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (профиль подготовки «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»), в конце 2-ого семестра.

Практика базируется на ранее приобретённых знаниях, полученных при освоении дисциплин: «Моделирование свойств материалов и процессов», «Методы исследования, экспертиза материалов и процессов», «Метрологическое обеспечение в научных организациях и на производстве», «Автоматизация технологических процессов», «Современные аспекты металловедения» или «Современные перспективные материалы и методы их обработки», «Анализ технологического процесса как объекта управления» или «Информационные технологии имитационного моделирования в области производственного менеджмента и профессиональной деятельности» и др. Технологическая практика подготавливает студентов к изучению таких дисциплин, как: «Магнитные материалы и структуры для электроники и наноэлектроники», «Микро- и наноэлектроника», «Многослойные микро- и наноструктуры», «Влияние излучений различной природы на свойства материалов».

4. Результаты обучения по производственной технологической практике

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p>ОПК-1. Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов</p>	<p>М.ОПК-1.1. Организует, выполняет экспериментальные исследования материалов на современном уровне и анализирует их результаты с использованием известных физико-химических закономерностей и принципов; М.ОПК-1.3. Обобщает и систематизирует результаты экспериментальных исследований, выявляет закономерности и вносит предложения по реорганизации технологического процесса для достижения поставленных производственных и (или) исследовательских задач.</p>	<p>Знать: технологические процессы создания современных наноматериалов, в том числе, магнитных материалов и магнитных микро- и наноструктур для электроники и методов их диагностики, а также областей применения магнитных микро- и наноструктур; знать методы моделирования и оптимизации, стандартизации и сертификации для оценки и прогнозирования свойств материалов и эффективности технологических процессов</p> <p>•Уметь: осуществлять выбор технологических алгоритмов создания современных наноматериалов, в том числе, магнитных материалов и магнитных микро- и наноструктур для электроники и методов их диагностики, а также областей применения магнитных микро- и наноструктур; выполнять исследования на современном оборудовании и приборах; проводить анализ, систематизацию и обобщение научно-технической информации по теме исследований с использованием современных информационно-коммуникационных технологий, программных продуктов.</p>
<p>ОПК-2. Способен разрабатывать научно-техническую, проектную и служебную документацию, оформлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии</p>	<p>М.ОПК-2.1. Разрабатывает технологические процессы и создает технологические карты получения материалов и их обработки для достижения требуемого уровня их физико-химических свойств М.ОПК-2.2. Грамотно оформляет научно-технические отчеты, обзоры, публикации, рецензии; М.ОПК-2.3. Использует различные программные продукты для оформления и представления научно-технических результатов</p>	<p>•Владеть: навыками работы с технологическим и аналитическим оборудованием, используемом в процессе изготовления современных наноматериалов, в том числе, магнитных материалов и магнитных микро- и наноструктур.</p>
<p>ОПК-5. Способен оценивать результаты научно-технических разработок, научных исследований и обосновывать собственный выбор, систематизируя и обобщая достижения в области материаловедения и технологии материалов,</p>	<p>М.ОПК-5.1. Проектирует инновационные технологические процессы получения и обработки современных материалов для достижения требуемого комплекса свойств с учетом экологических, экономических, и других факторов. М.ОПК-5.3. Использует результаты научно-технических разработок в смежных областях для решения поставленных задач</p>	

смежных областях		
<p>ПК-3 Способен осуществлять анализ новых технологий производства материалов и разрабатывать рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности</p>	<p>М.ПК-3.1. Разрабатывает рекомендации по составу и способам обработки конструкционных, инструментальных, композиционных и иных материалов с целью повышения их конкурентоспособности</p> <p>М.ПК-3.2. Анализирует технологические процессы, осуществляет их автоматизацию с целью повышения конкурентоспособности материалов</p> <p>М.ПК-3.3. Оценивает конкурентоспособность материалов и технологических и других производственных процессов</p>	

5. Структура и содержание производственной технологической практики

Общая трудоемкость учебной/производственной практики составляет 7 зачетных единиц, 252 часа.

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды учебной работы на практике, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)		Формы текущего контроля
		Практика	СРС	
1	Подготовительный этап, включающий инструктаж по технике безопасности	40	8	<i>Опрос по основам ТБ и охраны труда, проверка знаний по инструкциям и пр. документам; дискуссия</i>
2	Экспериментальный этап	100	12	<i>Письменные промежуточные отчеты</i>
3	Подготовка проекта отчета	80	12	<i>Проект отчета, презентация</i>
	Итого за 2 семестр – 252 часа	220	32	Зачет с оценкой

Содержание производственной технологической практики

1. *Подготовительный этап*, включающий инструктаж по технике безопасности и охране труда, а также формирование плана проведения учебной ознакомительной практики. Проведение опроса по теме техники безопасности и охране труда на производстве и в научно-исследовательской лаборатории. Подготовительный этап также включает вводный курс лекций по технологии создания микро- и наноструктур на основе магнитных материалов и углеродных нанотрубок и методам диагностики параметров, а также знакомство с технологическим и измерительным оборудованием, размещенным в помещениях лаборатории магнитоэлектроники СВЧ СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.
2. *Экспериментальный этап*, включающий привлечение студентов к научно-исследовательской работе сотрудников СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН по разработке технологии создания микро- и наноструктур для электроники и исследования параметров наноструктур. При этом студенты получают практические навыки в работе с современным технологическим и аналитическим оборудованием.
3. *Подготовка отчета по практике*. На данном этапе планируется обсуждение вопросов, связанных с анализом и обработкой полученных данных, оформлением и подготовкой отчетов в соответствии с общепринятыми требованиями, публичная защита.

Формы проведения производственной технологической практики

Форма проведения производственной технологической практики – лабораторная. Практика проводится в форме лабораторных работ на технологическом и аналитическом оборудовании лабораторий СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, чтения обзорных лекций по основным направлениям технологии создания материалов и структур для электроники и наноэлектроники, знакомства с технологическим оборудованием по созданию и анализу параметров микро- и наноструктур для микро- и наноэлектроники. Практика проходит под контролем руководителя научно-исследовательского подразделения (лаборатории, предприятия).

Место и время проведения производственной технологической практики

Местом прохождения производственной технологической практики являются лаборатории Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Время прохождения практики – 4 и 2/3 недели в конце 2 семестра.

Формы промежуточной аттестации (по итогам практики)

Аттестация (зачет с оценкой) по итогам производственной технологической практики проводится на основании оформленного в соответствии с установленными требованиями письменного отчета, отзыва руководителя практики. Итоги производственной технологической практики подводятся на собеседовании или в процессе публичной защиты. По итогам дифференцированного зачета выставляются оценки (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

6. Образовательные технологии, используемые на производственной технологической практике

При прохождении практики используются следующие технологии:

- чтение вводных лекций с целью ознакомления студентов с технологиями создания микро- и наноструктур на основе магнитных материалов и углеродных нанотрубок и методами диагностики параметров, а также знакомство с технологическим и измерительным оборудованием, размещенным в помещениях лаборатории магнитоэлектроники СВЧ СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН;

- лабораторные индивидуальные занятия с целью закрепления полученных знаний и приобретения практических навыков работы с технологическим и аналитическим оборудованием, используемом в процессе изготовления магнитных микро- и наноструктур;

- самостоятельная внеаудиторная работа.

Условия обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья:

- предоставление инвалидам по зрению или слабовидящим возможностей использовать крупноформатные наглядные материалы;

- организация коллективных занятий в студенческих группах с целью оказания помощи в получении информации инвалидам и лицам с ограниченными возможностями по здоровью;

- проведение индивидуальных коррекционных консультаций для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья;

- использование индивидуальных графиков прохождения практики;

- использование дистанционных образовательных технологий.

7. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов на производственной технологической практике

Самостоятельная работа студентов проводится в течение всего периода прохождения практики и заключается в чтении и изучении литературы по теме практики, выполнении заданий руководителя практики по изучению отдельных теоретических вопросов, изучении технического описания и паспортов технологического и аналитического оборудования, составлении промежуточных или итоговых отчетов, подготовке презентаций, научных публикаций и пр.

Примерные темы для самостоятельной работы

- Требования к чистым помещениям для микро- и наноэлектроники
- Методы получения ориентированных нанотрубок
- Вакуумные технологии получения тонких пленок
- Методы определения параметров магнитных микро- и наноструктур
- Методы фото- и импринт литографии микро- и наноструктур для электроники и наноэлектроники
- Метод локального анодного окисления и зондовая микроскопия
- Технологии создания устройств спинтроники
- Метаматериалы для электроники и устройства на их основе

Контрольные вопросы и задания для проведения текущей аттестации определяются темой конкретного исследования и индивидуальным планом прохождения практики, конкретизируются руководителем практики и/или начальником лаборатории

8. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1.1 - Максимальные баллы по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2		0	30	30	0	0	40	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Не предусмотрено.

Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

Практические занятия 0-30 баллов

Посещаемость – от 0 до 10 баллов.

Участие в дискуссиях и обсуждении результатов: аргументированность рассуждений, эрудиция, способность представить и доказать свою точку зрения, глубина (поверхностность) анализа – от 0 до 20 баллов.

Самостоятельная работа 0-30 баллов

Самостоятельное изучение тем по заданию научного руководителя, систематизация и анализ результатов экспериментов - от 0 до 20 баллов.

Оформление отчета и подготовка презентации - от 0 до 10 баллов.

Автоматизированное тестирование

Не предусмотрено.

Другие виды учебной деятельности:

Не предусмотрено.

Промежуточная аттестация 0-40 баллов

При проведении промежуточной аттестации в форме публичной защиты результатов:

- ответ на «отлично» оценивается от 36 до 40 баллов;
- ответ на «хорошо» оценивается от 25 до 35 баллов;
- ответ на «удовлетворительно» оценивается от 16 до 24 баллов;
- ответ на «неудовлетворительно» оценивается от 0 до 15 баллов.

При этом, если на публичной защите был дан ответ на «неудовлетворительно», то получение зачета по практике возможно только после проведения повторной защиты.

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента по производственной технологической практике при проведении промежуточной аттестации в форме зачёта составляет 100 баллов.

Таблица 2.1 - Пересчет полученной студентом суммы баллов по производственной технологической практике в оценку (зачёт с оценкой).

86- 100 баллов	«отлично» \ «зачтено»
75 - 85 баллов	«хорошо» \ «зачтено»
60 - 74 баллов	«удовлетворительно» \ «зачтено»
0-59 баллов	«неудовлетворительно» \ «не зачтено»

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение производственной технологической практики

а) литература:

1. Рамбиди Н. Г. Физические и химические основы нанотехнологий / Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 454 с. Экземпляры всего: 70
2. Рыжонков Д. И. Наноматериалы : учеб. пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2008. – 365 с. Экземпляры всего: 58
3. Шелованова Г.Н. Современные проблемы микро- и наноэлектроники : учеб. пособие / Г.Н. Шелованова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. — 128 с. - ISBN978-5-7638-3775-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032113>
4. Величко А. А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II / Величко А.А., Филимонова Н.И. - Новосибирск : НГТУ, 2014. - 227 с.: ISBN 978-5-7782-2534-3.-Текст: электронный.- URL: <https://znanium.com/catalog/product/546528>
5. Елисеев А. А. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 452 с. Экземпляры всего: 5.
6. Каганов М.И. Природа магнетизма [Текст] / М. И. Каганов, В. М. Цукерник. - Москва : Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1982. - 191, [1] с. : ил. - (Библиотечка "Квант" ; вып. 16). Экземпляры всего: 4.
7. Пул Ч. П. (мл.). Нанотехнологии [Текст] : учеб. пособие / Ч. П.Пул, Ф. Дж. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина. - 5-е изд., испр. и доп. - Москва : Техносфера, 2010. – 33. Экземпляры всего: 5.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

1. Microsoft Windows XP Professional, Microsoft Windows 7, Microsoft Windows 8 – лицензия № 61137891 от 09.11.2012
2. Microsoft Office профессиональный 2007 (Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, InfoPath, Publisher) – лицензия № 42226296

10. Материально-техническое обеспечение производственной технологической практики

Технологическая практика проводится на базе лабораторий кафедры технологии материалов на базе Саратовского филиала ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Для чтения лекций выделяется конференцзал СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН с мультимедийным оборудованием. Практические занятия проводятся в помещениях лаборатории магни-тоэлектроники СВЧ и объединенной научно-исследовательской лаборатории СГУ-ИРЭ. При этом процесс организован таким

образом, что практические занятия являются частью научно-исследовательского процесса в лабораториях СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН.

Используется вакуумное технологическое оборудование для нанесения пленочных покрытий методами магнетронного распыления и молекулярно-лучевой эпитаксии.

Для создания микро- и наноструктур на основе пленок используются установки фото- и импринт литографии, а также метод локального анодного окисления.

Параметры структур определяются методами электронной сканирующей и зондовой микроскопии, методами ферромагнитного резонанса, вибромагнетометрии, магнитно-силовой микроскопии.

Для проведения практических занятий по изготовлению микроструктур методом фотолитографии на установке совмещения и экспонирования в чистой комнате студентам выдается комплект спецодежды. В качестве расходных материалов (шаблоны, подложки, пленки, фоторезист, хим. реактивы и др.) используются материалы для научных исследований, проводимых сотрудниками кафедры.

Основное используемое оборудование:

1. Двухлучевой электронно-ионный микроскоп AURIGA
2. Оборудование для регистрации топографии поверхности Dektak 150+
3. Установка совмещения и экспонирования MJB4 с опцией для наноимпринт литографии
4. Центрифуга для нанесения фоторезистов SM-180BT.
5. Шкаф химический, вытяжной металлический ЛАБ-1200 ШВОТ
6. Оптический инспекционный микроскоп Olympus MX51
7. Зондовый мультимодовый (AFM, STM, MFM) сканирующий микроскоп Solver P47 NT-MDT
8. Прецизионные электроплитки HP-20D для сушки фоторезиста.
9. Холодильник для хранения реактивов.
10. Установка ионного травления на базе пушки Кауфмана, Vico
11. Установки (4шт.) магнетронного (на постоянном токе и ВЧ) и термического распыления пленочных покрытий на базе вакуумных универсальных постов ВУП-5.
12. Установка молекулярно-лучевой эпитаксии на базе электронного спектрометра ЭС2301, в составе напылительной камеры (с 4-мя кнудсеновскими ячейками, дифрактометром быстрых электронов и масс-спектрометром), шлюзовой/загрузочной камеры, аналитической камеры с установленным дифрактометром медленных электронов и Ожэ-спектрометром. Вакуум 0,001 Па.
13. Дифрактометр рентгеновский общего назначения (ДРОН-4) для рентгеноструктурного анализа материалов
14. Установка криогенная замкнутого цикла Janis-350, для измерения вольт-амперных характеристик в широком диапазоне температур (7-300 К)
15. Вибромагнетометр ВМ-1
16. Спектрометр электронного парамагнитного резонанса (СЭПР-1) на частоту 9.9 ГГц.
17. Зондовая СВЧ-станция.
18. СВЧ оборудование (векторный анализатор цепей, анализатор спектра, осциллографы, СВЧ генераторы и др.) для измерения СВЧ параметров микро- и

наноструктур в диапазоне 0.01-7 ГГц.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилем подготовки «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»

Автор: зав. кафедрой технологии материалов на базе СФ ФГБУ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, д.ф.-м.н. Филимонов Ю.А.

Программа разработана в 2019 г. и одобрена на заседании кафедры технологии материалов на базе СФ ФГБУ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН от 13 мая 2019 года, протокол № 11.

Программа актуализирована в 2021 г. и одобрена на заседании кафедры технологии материалов на базе СФ ФГБУ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН от 30 августа 2021 года, протокол № 1.