

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

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

Институт физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института физики



" 20 " 2021 г.

Рабочая производственной практики

Производственная технологическая практика

Направление подготовки бакалавриата  
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Профиль подготовки бакалавриата  
«Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Филимонов Ю.А.		20.09.2021
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		20.09.2021
Заведующий кафедрой	Филимонов Ю.А.		20.09.2021
Специалист Учебного управления			

## **1. Цели производственной технологической практики**

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

Задачи технологической практики:

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

## **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 обязательным производственным практикам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б2 «Практики», проводится у студентов очной формы обучения института физики СГУ, обучающихся в бакалавриате по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов» (профиль подготовки «Нанотехнологии, диагностика и синтез современных материалов»), в конце 6-ого семестра.

Практика базируется на ранее приобретённых знаниях, полученных при освоении дисциплин: «Электричество и магнетизм», «Современные инструменты контроля высокотехнологичного производства», «Материалы для экотехнологий», «Основы материаловедения многокомпонентных материалов», «Физические процессы в материалах под действием оптического и СВЧ излучений», «Основы автоматизации технологических процессов производства наноматериалов». Практика подготавливает студентов к изучению дисциплин «Организация и управление производством, инноватика» (или по выбору «Стандартизация и сертификация материалов и процессов»), «Методы исследования и диагностики материалов и структур», «Основы молекулярной технологии», «Технология наноматериалов и наноструктурированных покрытий» и выполнению выпускной квалификационной работы.

## **4. Результаты обучения по практике**

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
<p><b>УК-3.</b> Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде</p>	<p><b>УК-3.1.</b> Понимает эффективность использования стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели, определяет свою роль в команде.</p> <p><b>УК-3.2.</b> Понимает особенности поведения выделенных групп людей, с которыми работает/взаимодействует, учитывает их в своей деятельности</p> <p><b>УК-3.3.</b> Предвидит результаты (последствия) личных действий и планирует последовательность шагов для достижения заданного результата.</p> <p><b>УК-3.4.</b> Эффективно взаимодействует с другими членами команды, в т.ч. участвует в обмене информацией, знаниями, опытом и в презентации результатов работы команды.</p>	<p><b>Знает</b> свою роль в команде</p> <p><b>Умеет</b> использовать стратегию сотрудничества для достижения поставленной цели, предвидеть результаты (последствия) личных действий.</p> <p><b>Владеет</b> навыками для подготовки презентации результатов работы команды.</p>
<p><b>ОПК-4.</b> Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p><b>ОПК-4.1.</b> Выбирает методы научных исследований физических объектов, систем и процессов и владеет навыками проведения эксперимента в сфере профессиональной деятельности.</p> <p><b>ОПК-4.2.</b> Выбирает и использует соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения экспериментальных исследований и измерений.</p> <p><b>ОПК-4.3.</b> Обрабатывает и представляет полученные экспериментальные данные для получения обоснованных выводов.</p>	<p><b>Знает</b> свою роль в команде</p> <p><b>Умеет</b> использовать стратегию сотрудничества для достижения поставленной цели, предвидеть результаты (последствия) личных действий.</p> <p><b>Владеет</b> навыками для подготовки презентации результатов работы команды</p>
<p><b>ОПК-5.</b> Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных</p>	<p><b>ОПК-5.1</b> Демонстрирует умение решать поставленные научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности.</p> <p><b>ОПК-5.2</b> Имеет представления о возможностях и сфере применения прикладных аппаратно-программных средствах при решении научно-</p>	<p><b>Знает</b> возможности и сферу применения прикладных аппаратно-программных средств при решении научно-исследовательских задач</p> <p><b>Умеет</b> решать поставленные научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности.</p> <p><b>Владеет</b> умением выбора и</p>

технологий и прикладных аппаратно-программных средств	исследовательских задач <b>ОПК-5.3</b> Демонстрирует умение выбора и применения современных информационных технологий в соответствии с поставленной задачей при решении научно-исследовательские задач	применения современных информационных технологий в соответствии с поставленной задачей
<b>ОПК-6.</b> Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	<b>ОПК-6.1</b> Демонстрирует знание технологий и технических средств, позволяющих синтезировать материалы заданного компонентного состава и функционального назначения <b>ОПК-6.2</b> Аргументирует выбор технологии и технических средств для получения материалов с учетом их эффективности, безопасности, экологичности и инновационного потенциала <b>ОПК-6.3</b> Использует химические и технологические знания при определении эффективности и безопасности применения технических средств и технологий для решения поставленной технической задачи <b>ОПК-6.4</b> Применяет компьютерные технологии и программные продукты для обоснования выбора технических средств	<b>Знает</b> технологии и технические средства, позволяющие синтезировать материалы заданного компонентного состава и функционального назначения <b>Умеет</b> аргументировать выбор технологии и технических средств для получения материалов <b>Владеет</b> компьютерными технологиями и программными продуктами для обоснования выбора технических средств
<b>ОПК-7.</b> Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными документами соответствующей отрасли	<b>ОПК-7.1</b> Ориентируется в технической документации, связанной с профессиональной деятельностью, необходимой для разработки и внедрения материалов и технологий <b>ОПК-7.2</b> Аргументированно осуществляет выбор нормативных документов в соответствующей отрасли <b>ОПК-7.3</b> Использует программные продукты и компьютерные технологии для оформления технической документации, связанной с профессиональной деятельностью.	<b>Знает</b> программные продукты и компьютерные технологии для оформления технической документации <b>Умеет</b> осуществлять выбор нормативных документов в соответствующей отрасли <b>Владеет</b> навыками использования технической документации, связанной с профессиональной деятельностью, необходимой для разработки и внедрения материалов и технологий

## 5. Структура и содержание производственной технологической практики

Общая трудоемкость учебной/производственной практики составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ 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	64	12	<i>Письменные промежуточные отчеты</i>
3	Подготовка проекта отчета	44	12	<i>Проект отчета, презентация</i>
	<b><i>Итого за 6 семестр – 180 часов</i></b>	<b><i>148</i></b>	<b><i>32</i></b>	<b><i>Дифференцированный зачет</i></b>

### **Содержание производственной технологической практики**

1. *Подготовительный этап*, включающий инструктаж по технике безопасности и охране труда, а также формирование плана проведения 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 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 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, отдела).

### **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 – 3 и 1/3 недели в конце 6 семестра.

### **Формы промежуточной аттестации (по итогам практики)**

Аттестация (дифференцированный зачет) 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 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 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 нанoeлектроники
- Методы получения ориентированных нанотрубок
- Вакуумные технологии получения тонких пленок
- Методы определения параметров магнитных микро- и наноструктур
- Метод локального анодного окисления и зондовая микроскопия
- Технологии создания устройств спинтроники

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
6		0	30	30	0	0	0	60
7		0	0	0	0	0	40	40
итого		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.

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.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по практике в оценку (зачёт) осуществляется в соответствии с таблицей 2, при этом, если на публичной защите был дан ответ на «неудовлетворительно», то получение зачета по практике возможно только после проведения повторной защиты.

Таблица 2 - Пересчет полученной студентом суммы баллов по производственной технологической практике в оценку (дифференцированный зачёт).

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 нанoeлектроники : 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 нанoeлектронных 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 магнитоэлектроники 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, вибромагнитометрии, 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, Viso
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 22.03.01 «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 одобрена на заседании кафедры технологии материалов на базе СФ ФГБУ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН от 20.09.2021 протокол № 2.