


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ  
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
Институт физики

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института физики

 С.Б. Вениг  
04 09 2023 г.

Программа производственной практики

**Производственная технологическая практика**

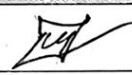
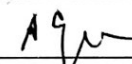
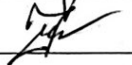
Направление подготовки бакалавриата  
22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

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

Квалификация (степень) выпускника  
Бакалавр

Форма обучения  
очная

Саратов,  
2023

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Филимонов Ю.А.		04.09.23
Председатель НМК	Скрипаль Ан.В.		04.09.23
Заведующий кафедрой	Филимонов Ю.А.		04.09.23
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 производственным практикам обязательной части блока Б2 «Практики», проводится у студентов очной формы обучения института физики СГУ, обучающихся в бакалавриате по направлению 22.03.01 «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», «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> методы, соответствующие ресурсы, современные методики и оборудование для проведения научных исследований.</p> <p><b>Умеет</b> обрабатывать и представлять полученные экспериментальные данные.</p> <p><b>Владеет</b> навыками проведения эксперимента в сфере профессиональной деятельности.</p>

<p><b>ОПК-5.</b> Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств</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 средств при решении научно-исследовательских задач</p> <p><b>ОПК-5.3</b> Демонстрирует умение выбора и применения современных информационных технологий в соответствии с поставленной задачей при решении научно-исследовательских задач</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 применения современных информационных технологий в соответствии с поставленной задачей</p>
<p><b>ОПК-6.</b> Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии</p>	<p><b>ОПК-6.1</b> Демонстрирует знание технологий и технических средств, позволяющих синтезировать материалы заданного компонентного состава и функционального назначения</p> <p><b>ОПК-6.2</b> Аргументирует выбор технологии и технических средств для получения материалов с учетом их эффективности, безопасности, экологичности и инновационного потенциала</p> <p><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</p> <p><b>ОПК-6.4</b> Применяет компьютерные технологии и программные продукты для обоснования выбора технических средств</p>	<p><b>Знает</b> технологии и технические средства, позволяющие синтезировать материалы заданного компонентного состава и функционального назначения</p> <p><b>Умеет</b> аргументировать выбор технологии и технических средств для получения материалов</p> <p><b>Владеет</b> компьютерными технологиями и программными продуктами для обоснования выбора технических средств</p>
<p><b>ОПК-7.</b> Способен анализировать, составлять и</p>	<p><b>ОПК-7.1</b> Ориентируется в технической документации, связанной с</p>	<p><b>Знает</b> программные продукты и компьютерные технологии для оформления технической</p>

применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, соответствию действующими нормативными документами соответствующей отрасли	с в с в	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.	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 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>Итого за 6 семестр – 180 часов</b>	<b>148</b>	<b>32</b>	Дифференцированный зачет

### 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 в 7 семестре 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 наноэлектроники
- 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 тестиров	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого

					ание	ости		
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 дифференцированного зачёта составляет 100 баллов.

Пересчет полученной студентом суммы баллов по практике в оценку (дифференцированный 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, 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 22.03.01 «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 разработана в 2021 г. и одобрена на заседании кафедры технологии материалов на базе СФ ФГБУ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН от 20.09.2021 протокол № 2.

Программа актуализирована в 2023 г. и одобрена на заседании кафедры технологии материалов на базе СФ ФГБУ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН от 04.09.2023 протокол № 1.