



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)**

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

«СОГЛАСОВАНО»  
Руководитель ОП

Саранин А.А.  
(подпись) (Ф.И.О. рук.ОП)  
« 19 » сентября 2018 г.

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заведующий кафедрой  
физики низкоразмерных структур  
(название кафедры)

Саранин А.А.  
(подпись) (Ф.И.О. зав. каф.)  
« 19 » сентября 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**  
Научно-исследовательское проектирование

**Направление подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника**  
магистерская программа "Нанотехнологии в электронике"

**Квалификация (степень) выпускника Магистр**

Владивосток

2018

## **1. НОРМАТИВНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩАЯ ПРОЦЕСС ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОХОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

- Программа практики разработана в соответствии с требованиями:
  - - Федерального закона от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
  - - Образовательного стандарта, самостоятельно устанавливаемого федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования – программ магистратуры (далее – ОС ВОДФУ) по направлению подготовки 11.04.04 Электроника и наноэлектроника, принят решением Ученого совета ДВФУ, протокол от (31.05.2017 № 04-17,) и введен в действие приказом ректора ДВФУ от 13.06.2017 № 12-13-1206;
  - - Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 05.04.2017 N 301 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры";
  - - Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 27.11.2015 г. № 1383 «Об утверждении положения о практике обучающихся, осваивающих основные профессиональные образовательные программы высшего образования»;
  - - Устава ДВФУ, утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 06 мая 2016 года № 522.

## **2. ЦЕЛИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

Производственная практика, являясь обязательной частью подготовки магистров по направлению 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника», предназначена для общей ориентации студентов в реальных условиях будущей деятельности по выбранной специальности на предприятиях, учреждениях и организациях и получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности; закрепления, расширения, углубления и систематизацию

теоретических знаний, полученных студентами при изучении дисциплин.

Целью производственной практики является освоение студентами профессиональных умений и навыков проектно-технологической и научно-исследовательской деятельности.

При проведении производственной практики студенты закрепляют теоретическую подготовку, приобретают практические навыки и умения, формируют компетенции в процессе выполнения определенных видов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

### **3. ЗАДАЧИ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

Задачами производственной практики являются:

- приобретение опыта профессиональной деятельности;
- приобретение опыта профессиональных умений;
- ознакомление с принципами разработки технологической карты;
- разработка и изготовление предложенной в задании наноструктуры (гетероструктуры);
- проведение анализа качества изготовленной наноструктуры (гетероструктуры);
- исследование свойств сформированной наноструктуры (гетероструктуры);
- закрепление и расширение теоретических и практических навыков применительно к профилю будущей работы;
- подготовка отчёта по производственной практике.

### **4. МЕСТО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Производственная практика проводится в целях получения профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

Производственная практика относится к практикам профиля «Нанотехнологии в электронике» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника». Для успешного прохождения практики обучающиеся используют знания, умения, сформированные в ходе изучения дисциплин циклов учебного плана. Данная практика относится к блоку Б2 «Практики», то есть к вариативной части учебного плана по профилю «Нанотехнологии в электронике» по направлению подготовки 11.04.04 «Электроника и наноэлектроника» и имеет индекс Б2.В.02.03(Н).

Продолжительность производственной практики составляет 432 часа, 12 зачетных единиц.

Данный тип практики проводится на 1 и 2 курсе.

Знания, умения и навыки, полученные в ходе производственной практики, необходимы для успешного прохождения преддипломной практики. Результаты

прохождения практики необходимы обучающимся для подготовки выпускной квалификационной работы.

## **5. ВИДЫ, ТИПЫ, ФОРМЫ, СПОСОБЫ, МЕСТО И ВРЕМЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

Вид практики - производственная практика.

Тип практики –технологическая практика.

Способ проведения - стационарная.

Форма проведения практики - рассредоточенная.

В соответствии с графиком учебного процесса практика реализуется в 1 и 2 семестре 1 курса и 3 семестре 2 курса.

Местом проведения практики являются структурные подразделения ДВФУ (кафедра Физики низкоразмерных структур (ФНС), лаборатории кафедры).

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов выбор мест прохождения практики согласуется с требованием их доступности для данных обучающихся и практика проводится с учетом особенностей их психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья.

## **6. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРОХОЖДЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

В результате прохождения производственной практики обучающийся должен приобрести следующие практические навыки, умения, общекультурные (ОК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК):

- способностью творчески адаптировать достижения зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике, высокой степенью профессиональной мобильности (ОК-1);
- готовностью проявлять качества лидера и организовать работу коллектива, владеть эффективными технологиями решения профессиональных проблем (ОК-2);
- способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом (ОК-9);
- способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения (ОПК-1);
- способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры (ОПК-2);
- способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области (ОПК-4);
- способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов (ПК-4);
- способностью разрабатывать технические задания на проектирование

технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники (ПК-12);

- способностью разрабатывать архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм (ПК-16).

По окончании прохождения производственной практики обучающийся должен демонстрировать следующие результаты:

**Знать:**

- основы архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм;

- достижения зарубежной науки, техники и образования в области профессиональной деятельности;

- основные проблемы в своей предметной области и методы и средства их решения.

**Уметь:**

- проводить экспериментальные исследования с применением современных средств и методов;

- разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники;

- проявлять высокую степень профессиональной мобильности;

- самостоятельно приобретать новые знания и умения в своей предметной области;

- использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры.

**Владеть:**

- навыками организации экспериментальных исследований с применением современных средств и методов;

- навыками творческой адаптации достижений зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике;

- навыками использования в практической деятельности новых знаний и умений в своей предметной области;

- эффективными технологиями решения профессиональных проблем

- навыками организации исследовательских и проектных работ.

## **7. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

Общая трудоемкость производственной практики составляет 432 часа, 12 зачетных единиц, проводится в 1 и 2 семестре 1 курса и 3 семестре 2 курса магистратуры.

№ п/п	Разделы (этапы) практики	Виды производственной работы на практике, включая самостоятельную работу студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля
1	Организационный этап	Инструктаж по технике безопасности. Ознакомление с программой практики. Получение индивидуального задания.	6	Опрос по правилам техники безопасности (ТБ), подпись в журнале по ТБ. Проверка и отметка в дневнике по практике.
2	Подготовительный этап	Изучение необходимой учебной, справочной и научной литературы. Ознакомление с научным оборудованием, необходимым для решения задач, поставленных в индивидуальном задании. Разработка плана формирования наноразмерных структур (гетероструктур), указанных в задании, для ростовой установки, на которой планируется её сформировать.	93	Проверка и отметка в дневнике по практике. Проверка разделов отчета на их соответствие заданию.
3	Технологический этап	Изготовление наноразмерных структур (гетероструктур) на ростовой установке согласно разработанного плана. Оценка качества изготовленных наноразмерных структур (гетероструктур). Исследование свойств наноразмерных структур (гетероструктур) соответствующих заданию.	228	Проверка и отметка в дневнике по практике. Проверка разделов отчета на их соответствие заданию.
4	Заключительный этап	Доклад о полученных результатах на семинаре лаборатории. Консультации по составлению отчета по практике. Оформление отчета по практике и подготовка презентации. Защита отчета по практике.	105	Проверка готового отчета. Защита отчета.
	Итого		216	

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ НА ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ**

Самостоятельная работа студента - необходимый элемент проведения практики. Целью самостоятельной работы студента на практике является адаптация к будущей профессиональной деятельности.

В период практики студент должен решать следующие вопросы самостоятельно:

- восполнять пробелы в образовании, которые выявляются во время практики;

- изучать научную литературу в области профессиональной деятельности в соответствии с поставленными задачами практики;
- анализировать справочную документацию, необходимую для выполнения поставленных задач практики;
- организовывать свою деятельность в процессе прохождения практики;
- развивать умения и навыки работы в коллективе, общения с руководителями и коллегами;
- обращаться к работникам предприятия за консультацией и/или информацией по вопросам, связанным с выполнением заданий практики;
- изучать функциональные возможности и пользовательский интерфейс программного обеспечения, применяемого на базе практики для моделирования, проектирования и выполнения расчетов в области профессиональной деятельности;
- готовить обзоры и отчеты на основе систематизированной информации в области профессиональной деятельности;
- изучать информационные материалы из различных источников, включая библиотечные фонды вуза, базы практики, патентные отделы и Интернет-ресурсы.

#### **Темы индивидуальных заданий**

1. Нульмерная структура (магические кластеры) на поверхности полупроводника: формирование, свойства.
2. Одномерная структура (нанопроволоки) на поверхности полупроводника: формирование, свойства.
3. Двумерная структура (поверхностная реконструкция) на поверхности полупроводника: формирование, свойства.
4. Пористый полупроводниковый материал: формирование, свойства.
5. Нанокристаллы на поверхности полупроводника: формирование, свойства.
6. Тонкая плёнка на поверхности полупроводника: формирование, свойства.
7. Многослойная структура со встроенными нанокристаллами на поверхности полупроводника (нанокристаллы либо локализованы на поверхности слоёв, либо распределены в объёме структуры): формирование, свойства.
8. Многослойная гетероструктура: формирование, свойства.
9. Плёнка на поверхности диэлектрика: формирование, свойства.
10. Плёнка на поверхности металла: формирование, свойства.

### **9. ФОРМЫ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ПРАКТИКИ**

#### **9.1 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ПРАКТИКЕ**

Форма контроля по итогам практики по получению первичных профессиональных умений и навыков – зачёт с оценкой.

**9.1.1. Перечень компетенций, описание показателей и критериев их оценивания на различных этапах формирования, шкала оценивания.**

При проведении аттестации оценивается уровень сформированности следующих компетенций:



## Уровни сформированности компетенций

Код и формулировка компетенций	Этапы формирования компетенций		Критерии	Показатели
<b>ОК-1</b> - способностью творчески адаптировать достижения зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике, высокой степенью профессиональной мобильности	знает (пороговый уровень)	Основные достижения зарубежной науки, техники и образования.	Знание основных достижений зарубежной науки, техники и образования.	Способность перечислить основные достижения зарубежной науки, техники и образования, касающиеся темы индивидуального задания.
	умеет (продвинутый уровень)	Проявлять высокую степень профессиональной мобильности.	Умение быстро осваивать технические средства, технологические процессы.	Способность быстро освоить новое оборудование и новые технологические процессы формирования материала предложенного в задании.
	владеет (высокий уровень)	Навыками творческой адаптации достижений зарубежной науки, техники и образования к отечественной практике.	Владение навыками тщательного анализа и использования достижений зарубежной науки, техники и образования для решения сформулированных задач.	Способность использовать некоторые достижения зарубежной науки, техники и образования, для решения сформулированных задач.
<b>ОК-2</b> - готовностью проявлять качества лидера и организовать работу коллектива, владеть эффективными технологиями решения профессиональных проблем	знает (пороговый уровень)	Основные методы рациональной организации работы коллектива.	Знание основных методов рациональной организации работы коллектива исследователей.	Способность перечислить основные методы рациональной организации работы коллектива исследователей и изложить их суть.
	умеет (продвинутый уровень)	Проявлять качества лидера и организовать работу коллектива.	Умение проявлять качества лидера и организовать работу коллектива исследователей.	Способность проявить качества лидера при организации научных исследований и организовать работу коллектива студентов для решения поставленных перед ними задач.
	владеет (высокий уровень)	Эффективными технологиями решения профессиональных проблем.	Владение эффективными технологиями решения профессиональных проблем.	Способность применить эффективные технологии решения профессиональных проблем, возникающих при прохождении практики.

<b>ОК-9</b> - способностью использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом	знает (пороговый уровень)	Основные методы рациональной организации исследовательских и проектных работ.	Знание основных методов рациональной организации исследовательских и проектных работ .	Способность перечислить основные методы рациональной организации исследовательских и проектных работ и изложить их суть.
	умеет (продвинутый уровень)	Организовать исследовательские и проектные работы.	Умение организовать исследовательские и проектные работы.	Способность организовать исследовательскую и проектную работу по предложенной теме во время практики.
	владеет (высокий уровень)	Навыками управления коллективом.	Владение навыками управления коллективом исследователей.	Способность управлять коллективом студентов для решения требуемых задач и достижения поставленной цели исследования.
<b>ОПК-1</b> - способностью понимать основные проблемы в своей предметной области, выбирать методы и средства их решения	знает (пороговый уровень)	Основные проблемы в своей предметной области.	Знание основных проблем возникающих в своей предметной области .	Способность перечислить основные проблемы возникающие при формировании наноструктур (гетероструктур) и исследовании их свойств.
	умеет (продвинутый уровень)	Выбирать методы и средства решения проблем в своей предметной области.	Умение выбирать методы и средства решения проблем возникающих в своей предметной области.	Способность выбрать методы и средства решения проблем возникающих при формировании наноструктур (гетероструктур) и исследовании их свойств.
	владеет (высокий уровень)	Навыками решения проблем в своей предметной области.	Владение навыками решения проблем возникающих в своей предметной области .	Способность решать проблемы возникающие при формировании наноструктур (гетероструктур) и исследовании их свойств.
<b>ОПК-2</b> - способностью использовать результаты освоения дисциплин программы магистратуры	знает (пороговый уровень)	Физику и технологии создания наноструктур (гетероструктур).	Знание физики и технологии создания наноструктур (гетероструктур).	Способность и перечислить основные технологии создания наноструктур (гетероструктур) и описать физику процессов .
	умеет (продвинутый уровень)	Проводить исследование свойств наноструктур (гетероструктур).	Умение проводить исследование свойств наноструктур (гетероструктур).	Способность провести исследование свойств наноструктур (гетероструктур), предложенных в индивидуальном задании.
	владеет (высокий уровень)	Навыками создания наноструктур (гетероструктур).	Владение навыками создания наноструктур (гетероструктур).	Способность сформировать наноструктуры (гетероструктуры), предложенные в индивидуальном задании.

<b>ОПК-4</b> - способностью самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области	знает (пороговый уровень)	Основные методики поиска новых знаний и способы получения опыта в своей предметной области.	Знание основных методик поиска новых знаний и способов получения опыта в своей предметной области.	Способность перечислить основные методики поиска новых знаний и способы получения опыта в области физики наноструктур (гетероструктур).
	умеет (продвинутый уровень)	Самостоятельно приобретать новые знания и умения в своей предметной области.	Умение самостоятельно приобретать новые знания и умения в своей предметной области.	Способность получить необходимые для решения поставленных задач новые знания и опыт в области физики наноструктур (гетероструктур).
	владеет (высокий уровень)	Навыками использования в практической деятельности новых знаний и умений в своей предметной области.	Владение навыками использования в практической деятельности новых знаний и умений в своей предметной области.	Способность использовать новые знания и полученный опыт во время формирования наноструктур (гетероструктур) и исследования их свойств.
<b>ПК-4</b> - способностью к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	знает (пороговый уровень)	Основные современные средства и методы организации и проведения экспериментальных исследований.	Знание основных современных средств и методов организации и проведения экспериментальных исследований.	Способность перечислить основные современные средства и методы организации и проведения экспериментальных исследований.
	умеет (продвинутый уровень)	Организовать экспериментальные исследования, привлекая современные методы и средства.	Умение организовать экспериментальные исследования, привлекая современные методы и средства.	Способность организовать экспериментальное исследование по заданной теме, привлекая современные методы и средства.
	владеет (высокий уровень)	Навыками проведения экспериментальных исследований, используя современные методы и средства.	Владение навыками проведения экспериментальных исследований, используя современные методы и средства.	Способность провести экспериментальное исследование по заданной теме, используя современные методы и средства.
<b>ПК-12</b> - способностью разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники	знает (пороговый уровень)	Методики разработки технического задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники.	Знание методик разработки технического задания на проектирование технологических процессов производства материалов и изделий электронной техники.	Способность перечислить методики разработки технического задания на проектирование технологических процессов производства наноструктур (гетероструктур).
	умеет (продвинутый уровень)	Разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов.	Умение разрабатывать технические задания на проектирование технологических процессов производства материалов.	Способность разработать техническое задание на проектирование технологических процессов производства, предложенных в задании наноструктур (гетероструктур).

	владеет (высокий уровень)	Навыками разработки технических заданий на проектирование технологических процессов производства изделий электронной техники.	Владение навыками разработки технических заданий на проектирование технологических процессов производства изделий электронной техники.	Способность разработать техническое задание на проектирование технологических процессов производства предложенного в задании изделия из наноструктуры (гетероструктуры).
<b>ПК-16</b> - способностью разрабатывать архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм	знает (пороговый уровень)	Методики разработки архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.	Знание методик разработки архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.	Способность сформулировать методики разработки архитектуры и технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.
	умеет (продвинутый уровень)	Разрабатывать архитектуру функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.	Умение разрабатывать архитектуру функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.	Способность разработать архитектуру предложенного в задании функционального материала электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.
	владеет (высокий уровень)	Навыками разработки технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.	Владение навыками разработки технологии производства функциональных материалов электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.	Способность разработать технологию производства данного в задании функционального материала электроники с топологическими размерами элементов, не превышающими 100 нм.

## 9.1.2. Шкала оценивания и критерии оценки результатов защиты отчета по практике

Основные объекты оценивания результатов прохождения практики:

- активность студента в процессе практики;
- производственная дисциплина студента;
- качество выполнения индивидуального задания;
- оформление дневника практики;
- качество выполнения и оформления отчета по практике;
- уровень ответов при сдаче зачета (защите отчета);
- характеристика и оценка работы студента руководителем практики с места прохождения практики.

При выставлении зачёта с оценкой принимаются во внимание следующие показатели:

- глубина раскрытия выбранной темы исследования;
- научная новизна и самостоятельность проведенного исследования;
- соответствие отчетных документов по практике основным требованиям;
- характеристика с места прохождения практики;
- участие в итоговой конференции;
- мнение научного руководителя.

### Критерии выставления оценки студенту на зачете по практике

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он полностью выполнил программу практики, умеет использовать теоретические знания при выполнении задания по практике, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, умеет приводить примеры, ответил на все вопросы во время защиты практики, ответы отличаются логичностью, глубиной и полнотой раскрытия темы
<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он полностью выполнил программу практики, умеет использовать теоретические знания при выполнении задания по практике, хорошо справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, ответил на основные вопросы во время защиты практики, ответы отличаются логичностью и полнотой раскрытия темы, однако допускается одна - две неточности в ответе.
<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он выполнил основную часть программы практики, но с трудом умеет использовать теоретические знания при выполнении задания по практике, в целом справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, ответы на вопросы во время защиты практики отличаются недостаточной глубиной и полнотой

«неудовлетворительно»	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не выполнил программу практики, не умеет использовать теоретические знания при выполнении задания по практике, не справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, не ответил на основные вопросы во время защиты практики
-----------------------	---

Студент, не выполнивший программу практики по уважительной причине, направляется на практику повторно в свободное от аудиторных занятий время. Студент, не выполнивший программу практики без уважительной причины или получивший неудовлетворительную оценку, считается имеющим академическую задолженность. Ликвидация этой задолженности проводится в соответствии с нормативными документами ДВФУ.

### 9.1.3 Типовые задания для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности

За время практики студенту необходимо выполнить индивидуальное задание по более углубленному изучению отдельных направлений работы или видов деятельности организации, решению конкретных задач в интересах базы практики и ДВФУ.

#### Пример индивидуального задания на производственную практику

Сформировать 3 гетероструктуры в соответствии с требованиями приведёнными ниже.

Гетероструктура №1: двухслойная гетероструктура со встроенными нанокристаллами GaSb на поверхности Si подложки. Нанокристаллы GaSb должны быть локализованы на поверхности слоёв. Формирование гетероструктуры проводить в ростовой установке в условиях вакуума, при давлении остаточных газов не выше

$10^{-9}$  Тор. В качестве подложки использовать монокристаллический Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.1 Ом·см. Буферный слой формировать из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см на очищенной подложке. Толщина буферного слоя должна быть 50 нм. Поверхностная концентрация нанокристаллов GaSb в каждом слое должна быть в диапазоне  $2 \cdot 10^{10} - 7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Первый слой нанокристаллов GaSb формировать сверху буферного слоя. Далее нужно сформировать слой прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 50 нм. Второй слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя прослойки. Покрывающий слой нужно сформировать сверху второго слоя

нанокристаллов GaSb. Он должен быть изготовлен из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см и толщина его - 50 нм. Поверх этого слоя создайте контактный слой из монокристаллического Si n-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.001 Ом·см толщиной 300 нм. Выращенную гетероструктуру извлеките из ростовой установки.

Гетероструктура №2: трёхслойная гетероструктура со встроенными нанокристаллами GaSb на поверхности Si подложки. Нанокристаллы GaSb должны быть локализованы на поверхности слоёв. Формирование гетероструктуры проводить в ростовой установке в условиях вакуума, при давлении остаточных газов не выше

$10^{-9}$  Тор. В качестве подложки использовать монокристаллический Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.1 Ом·см. Буферный слой формировать из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см на очищенной подложке. Толщина буферного слоя должна быть 50 нм. Поверхностная концентрация нанокристаллов GaSb в каждом слое должна быть в диапазоне  $2 \cdot 10^{10}$  -  $7 \cdot 10^{10}$  см<sup>-2</sup>. Первый слой нанокристаллов GaSb формировать сверху буферного слоя. Далее нужно сформировать слой первой прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 30 нм. Второй слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя первой прослойки. Следом за ним нужно сформировать слой второй прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 30 нм. Третий слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя второй прослойки. Покрывающий слой нужно сформировать сверху третьего слоя нанокристаллов GaSb. Он должен быть изготовлен из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см и толщина его - 30 нм. Поверх этого слоя создайте контактный слой из монокристаллического Si n-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.001 Ом·см толщиной 250 нм. Выращенную гетероструктуру извлеките из ростовой установки.

Гетероструктура №3: четырёхслойная гетероструктура со встроенными нанокристаллами GaSb на поверхности Si подложки. Нанокристаллы GaSb должны быть локализованы на поверхности слоёв. Формирование гетероструктуры проводить в ростовой установке в условиях вакуума, при давлении остаточных газов не выше

$10^{-9}$  Тор. В качестве подложки использовать монокристаллический Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.1 Ом·см. Буферный слой формировать

из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см на очищенной подложке. Толщина буферного слоя должна быть 50 нм. Поверхностная концентрация нанокристаллов GaSb в каждом слое должна быть в диапазоне  $2 \cdot 10^{10}$  -  $7 \cdot 10^{10}$  см<sup>-2</sup>. Первый слой нанокристаллов GaSb формировать сверху буферного слоя. Далее нужно сформировать слой первой прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 20 нм. Второй слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя первой прослойки. Следом за ним нужно сформировать слой второй прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 20 нм. Третий слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя второй прослойки. Далее нужно сформировать слой третьей прослойки из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см толщиной 20 нм. Четвёртый слой нанокристаллов GaSb формировать сверху слоя третьей прослойки. Покрывающий слой нужно сформировать сверху четвёртого слоя нанокристаллов GaSb. Он должен быть изготовлен из монокристаллического Si p-типа проводимости с удельным сопротивлением 2000 Ом·см и толщина его - 20 нм. Поверх этого слоя создайте контактный слой из монокристаллического Si n-типа проводимости с удельным сопротивлением 0.001 Ом·см толщиной 200 нм. Выращенную гетероструктуру извлеките из ростовой установки.

Исследуйте поверхность выращенных гетероструктур на атомно-силовом микроскопе. Оцените влияние количества слоёв нанокристаллов GaSb в гетероструктуре на шероховатость поверхности. Исследуйте фотоотклик выращенных гетероструктур в диапазоне энергии фотонов 0.5-1.5 эВ на измерительном стенде. Оцените влияние количества слоёв нанокристаллов GaSb в гетероструктуре на величину фотоотклика.

**Типовые контрольные вопросы для подготовки к защите отчета по практике:**

1. Способ очистки подложки в ростовой установке.
2. Методы контроля качества очистки подложки в ростовой установке.
3. Методы определения скорости осаждения вещества в ростовой установке.
4. Методы определения температуры образца в ростовой установке.
5. Определение элементного состава поверхности исследуемого образца по спектру оже-электронной спектроскопии.
6. Определение энергии объёмного и поверхностного плазмонов по



спектру характеристических потерь энергии электронов.

7. Определение периодов поверхности (или постоянных решётки) для сформированной низкоразмерной структуры по изображению дифракции медленных электронов.

8. Определение размеров нанобъектов, их концентрации и доли площади ими занятой, а также шероховатости поверхности из изображения рельефа поверхности.

9. Особенности получение изображения сканирующей туннельной микроскопии от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

10. Определение суммарной площади островков на изображении сканирующей туннельной микроскопии от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

11. Особенности получения спектра фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

12. Определение расщепления уровней в валентной зоне на спектре фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением от поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры).

13. Построение контура Ферми уровня для поверхности сформированного образца (низкоразмерной структуры) с помощью фотоэмиссионной спектроскопии с угловым разрешением.

14. Определение энергии фононов из спектра комбинационного рассеяния от сформированного образца.

15. Определение коэрцитивной силы из петли намагниченности полученной для сформированного образца.

16. Определение подвижности и концентрации основных носителей заряда для сформированного образца.

17. Определение коэффициента выпрямления и коэффициента неидеальности из вольтамперной характеристики, полученной для сформированного образца.

18. Определение вклада нанокристаллов (плёнки) на спектре фотоотклика полученном для сформированного образца.

19. Определение вклада нанокристаллов (плёнки) на спектре фотолюминесценции полученном для сформированного образца.

#### **9.1.4 Методические материалы, определяющие процедуру оценивания**

Для получения зачёта с оценкой по результатам практики студент должен полностью выполнить программу практики, своевременно оформить и представить на кафедру все необходимые отчетные документы.

Результаты проделанной работы должны получить отражение в отчёте о практике. Отчет проверяется и подписывается руководителем практики от предприятия (организации), затем представляется руководителю практики от вуза на последней неделе практики в установленный срок. В случае, если местом прохождения практики является кафедра ДВФУ, отчет оформляется студентом и сдается руководителю практики от вуза.

Итоговая оценка за практику выставляется на основании всех представленных документов, посредством которых выявляется регулярность посещения места практики, тщательность составления отчета, инициативность студента, проявленная в процессе практики и способность к самостоятельной профессиональной деятельности.

Результаты прохождения практики оцениваются по следующим критериям:

- уровню освоения компетенций;
- отзыву руководителя практики от организации;
- практическим результатам проведенных работ и их значимости;
- правильности ответов студента на вопросы по существу отчета.

По результатам проведения практики и защиты отчетов студентов, преподавателем - руководителем практики составляется сводный отчет.

Зачет по практике приравнивается к оценкам по теоретическому обучению и учитывается при подведении итогов общей успеваемости студентов. Оценка, полученная студентами на зачете, учитывается при назначении стипендии.

Студенту, не выполнившему программу практики по уважительной причине, продлевается срок ее прохождения без отрыва от учёбы. В случае невыполнения программы практики, непредставления отчёта о практике, либо получения отрицательного отзыва руководителя практики от предприятия (организации), где практиковался студент, и неудовлетворительной оценки при защите отчёта студент может быть отчислен из университета.

#### **Оформление отчёта по практике**

Отчет по учебной практике составляется в соответствии с подготовительным и технологическим этапами программы практики и отражает выполнение индивидуального задания. Объем отчета должен составлять 15-25 страниц машинописного текста (без учета приложений). Отчет оформляется на бумаге

формата А4 (210x297 мм) и брошюруется в единый блок. Текст отчета излагается на одной стороне листа, шрифтом Times New Roman, 14 размером, через 1.5 интервала. Каждая страница работы оформляется со следующими полями: левое - 30 мм; правое - 10 мм; верхнее - 20 мм; нижнее - 20 мм. Абзацный отступ в тексте – 1.5 см. Все структурные элементы отчета о практике брошюруются (сшиваются).

Страницы отчета нумеруют арабскими цифрами, с соблюдением сквозной нумерации по всему тексту, включая приложения. Номер проставляется в центре нижней части листа (выравнивание от центра) без точки в конце номера. Титульный лист включается в общую нумерацию страниц, однако номер страницы на титульном листе не проставляется. Отчет должен быть иллюстрирован таблицами, графиками, схемами, заполненными бланками, рисунками. Если они не могут быть приведены в варианте компьютерной графики, их следует выполнять черными чернилами или тушью. Результаты вычислений и измерений должны быть оформлены в виде таблиц. Таблицу следует располагать в отчете непосредственно после текста, в котором она упоминается впервые, или на следующей странице. На все приводимые таблицы должны быть ссылки в тексте отчета. Таблицы следует нумеровать арабскими цифрами. Номер следует размещать над таблицей слева без абзацного отступа после слова «Таблица». Каждая таблица должна иметь заголовок, который помещается в одну строку с её номером. Рисунки (чертежи, графики, схемы, компьютерные распечатки, диаграммы, фотоснимки) следует располагать в работе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Схемы, рисунки, таблицы и другой иллюстративный материал, расположенный на отдельных листах, включаются в общую нумерацию страниц.

### **Содержание разделов отчёта**

Титульный лист (приложение 1)

Содержание

Введение

Основная часть

- Общая характеристика базы практики (лаборатории)
- Описание рабочего места (использованного оборудования и методик исследования) и функциональных обязанностей
- Индивидуальное задание для прохождения практики (приложение 2)

Заключение о результатах практики

Список использованных источников и литературы

Приложения.

### **Рекомендации по содержанию отчета**

Во введении необходимо описать цели и задачи практики, дать краткую характеристику места практики (лаборатории), сформулировать основные направления работ (исследований) места практики (лаборатории).

Основная часть должна содержать описание использованного при выполнении практики оборудования лаборатории, его возможностей и использованных методик исследования свойств сформированных наноразмерных структур (гетероструктур). Также в основной части следует описать исследуемые наноразмерные структуры (гетероструктуры), их свойства исследованные другими учёными. Если какая-нибудь из этих структур исследуется впервые, то это нужно обязательно указать в отчёте и привести информацию об одной схожей с ней структуре и её свойствах.

Далее описываются этапы выполнения работ (а именно, подготовительный и технологический этапы) в соответствии с индивидуальным заданием. Приводится план формирования каждой наноразмерной структуры (гетероструктуры), указанной в задании, для ростовой установки, на которой она была сформирована студентом. Пример плана формирования гетероструктуры приведён в приложении 4. Указываются использованные методы контроля формирования наноразмерных структур (гетероструктур) и полученную с их помощью информацию. Оценивается качество сформированных наноразмерных структур (гетероструктур).

Заключение отражает полученные результаты исследования свойств сформированных наноразмерных структур (гетероструктур), их анализ и выводы, выстроенные в логической последовательности. Отчет должен содержать обоснованное мнение студента о новизне полученных результатов и перспективах дальнейшего применения.

К отчету о прохождении практики прилагаются:

- отзыв руководителя практики от принимающей стороны: характеристика отношения практиканта к работе, дисциплинированность, наличие необходимых навыков работы, общая оценка всей работы практиканта за период практики, в произвольной форме (в случае если местом прохождения практики является ДВФУ, отзыв руководителя практики не оформляется);
- дневник практики, заверенный руководителем практики от принимающей стороны, включающий перечень и краткое описание ежедневных видов работ, выполненных студентом во время практики в соответствии с календарным планом прохождения практики (приложение 3).

### **Требования к презентации доклада по практике**

Доклад по практике и презентация доклада являются обязательными

элементами защиты отчета по практике.

В докладе и в презентации должны быть:

- определены задачи практики, соотнесенные с целью производственной практики;
- представлены исследуемые наноразмерные структуры (гетероструктуры) и информация об их основных свойствах;
- раскрыто содержание основных этапов выполнения индивидуального задания по практике;
- представлены основные результаты выполнения заданий;
- сделаны выводы о решении поставленных задач на практику.

## **10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКИ**

### **Основная литература**

1. Сергеев Н.А. Физика наносистем [Электронный ресурс]: монография/ Сергеев Н.А., Рябушкин Д.С.— Электрон. текстовые данные. — М.: Логос, 2016.— 192 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66410.html>

2. Величко А.А. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Часть II [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Величко А.А., Филимонова Н.И. — Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 227 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45105.html>

3. Филимонова Н.И. Методы исследования микроэлектронных и наноэлектронных материалов и структур. Сканирующая зондовая микроскопия. Часть I [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Филимонова Н.И., Кольцов Б.Б.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013. — 134 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45104.html>

4. Витязь П.А. Наноматериаловедение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Витязь П.А., Свидуневич Н.А., Куис Д.В. — Электрон. текстовые данные. — Минск: Вышэйшая школа, 2015. — 512 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/35501.html>

5. Природа невозпроизводимости структуры и свойств материалов для микро- и наноэлектроники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.В. Бодягин [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2019. — 70 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79783.html>

## Дополнительная литература

(печатные и электронные издания)

1. Шабатина Т.И. Нанохимия и наноматериалы [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Шабатина Т.И., Голубев А.М. — Электрон. текстовые данные. — М.: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2014.— 64 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30893.html>
2. Орлова М.Н. Нанoeлектроника [Электронный ресурс]: курс лекций/ Орлова М.Н., Борзых И.В.— Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2013. — 50 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/56246.html>
3. Беркин А.Б. Физические основы вакуумной техники [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Беркин А.Б., Василевский А.И.— Электрон. текстовые данные. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014. — 84 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45189.html>
4. Головин Ю.И. Основы нанотехнологий [Электронный ресурс]/ Головин Ю.И.— Электрон. текстовые данные. — М.: Машиностроение, 2012.— 656 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/18532.html>
5. Вознесенский Э.Ф. Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Вознесенский Э.Ф., Шарифуллин Ф.С., Абдуллин И.Ш. — Электрон. текстовые данные. —Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 184 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/61986.html>

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

### «Интернет»

1. Официальный сайт отдела физики поверхности ИАПУ ДВО РАН. <http://ntc.dvo.ru/lecture/>
2. База статей по физике поверхности и наноструктурам <http://silicon.dvo.ru/library/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY проект РФФИ [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
4. Атлас спектров оже-электронной спектроскопии разных химических элементов <http://silicon.dvo.ru/aes/album.php>
5. База изображений дифракции медленных электронов для периодических структур <http://silicon.dvo.ru/leed/leed.php>

## Перечень информационных технологий и программного обеспечения

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине а также для проведения простых расчетов и построения графиков может использоваться стандартное программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows, Microsoft Office).

### 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по практике, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень основного оборудования
Оборудование лаборатории пленочных технологий	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Система электронной литографии Raith E-LINE (101400000026344)</li> <li>2. Сверхвысоковакуумная установка MBE system (101400000026343)</li> <li>3. Сверхвысоковакуумная установка PVD module (101400000025715)</li> <li>4. Сверхвысоковакуумная установка Multiprobe (101400000025714)</li> <li>5. Система измерения магнитных свойств со сверхпроводящим магнитом MPMSXL5 EVERCOOL (101400000026043, 101400000025932)</li> <li>6. Установка для комплексного исследования поверхностей и наноструктур в комплекте (101400000025712)</li> <li>7. Photolithography system Suss MicroTech MJB6 (Germany)</li> <li>8. Automated vibrating sample magnetometer LakeShore 7401 with possibility of samples cooling and heating (USA)</li> <li>9. Kerr microscope Evico Magnetics (Germany)</li> <li>10. Magneto optic magnetometer "NanoMOKE- 2" with possibility of investigation of the nanoobjects with the size more than 200 nm and attachment for cooling and heating samples (UK).</li> <li>11. 16 multiprocessor calculation cluster for micromagnetic modeling using MagPar and OOMMF software</li> <li>12. Microsupercomputer with graphic processors for MuMax3 simulations</li> <li>13. Automated four probe station for magnetotransport properties measurements</li> <li>14. Analyzer Agilent for measurement of dynamic properties of magnetic nanostructures (USA)</li> </ol>
Оборудование ИАПУ ДВО РАН	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сверхвысоковакуумная установка поверхностного анализа MULTIPROBE ARUPS «Omicron»: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 40 до 500К), - ультрафиолетовая фотоэлектронная спектроскопии с угловым разрешением</li> <li>2. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка "Omicron" STM VT-25: - сканирующая туннельная микроскопия (в диапазоне температур от 77 до 700 К) - электронная оже-спектроскопия, - дифракция медленных электронов.</li> </ol>

	<p>3. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Катунь»: - дифракция отраженных быстрых электронов, - быстродействующий лазерный эллипсомер ЛЭФ-754.</p> <p>4. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Riber» DEL-300: - дифракция медленных электронов, - четырехзондовый метод измерения электрического сопротивления.</p> <p>5. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Omicron» STM-1: - сканирующая туннельная микроскопия, - сканирующая туннельная спектроскопия.</p> <p>6. Сверхвысоковакуумная двухкамерная установка «Riber» LAS 600: - дифракция медленных электронов, - электронная оже-спектроскопия.</p> <p>7. Сверхвысоковакуумная установка для молекулярно пучковой эпитаксии, оборудованная эффузионными ячейками Кнудсена (производства Dr. Erbell) и дифрактометром быстрых электронов Specs RHD-30.</p> <p>Возможность доступа к БД Web of Science, открыт доступ к десяти электронным библиографическим и полнотекстовым ресурсам при поддержке консорциума НЭИКОН, создана собственная БД (silicon.dvo.ru) научных публикаций по физике поверхности полупроводников Si, Ge.</p>
<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)</p>	<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW,GigEth,Wi-Fi,BT,usb kbd/mse,Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty</p> <p>Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек.</p> <p>Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувелечителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно - навигационной поддержки.

Составитель Член-корр. РАН, проф., д.ф.-м.н., зав. кафедрой  
физики низкоразмерных структур ШЕН

 Саранин А.А.

Программа практики обсуждена на заседании кафедры физики  
низкоразмерных структур, протокол № 1 от « 19 » сентября 2018 г.





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**  
Кафедра Физики низкоразмерных структур

**ОТЧЁТ ПО ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ**  
**Научно-исследовательское проектирование**

в период с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_

В \_\_\_\_\_  
(наименование базы практики)

Выполнил (а), студент М\_\_\_\_ : \_\_\_\_\_  
подпись (Ф.И.О.)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ года

Оценка \_\_\_\_\_  
Руководитель практики:  
от университета \_\_\_\_\_  
подпись И.О.)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ года

Оценка \_\_\_\_\_  
Руководитель практики:  
от базы практики \_\_\_\_\_  
подпись И.О.)  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ года

**Владивосток**  
**201\_\_**

**Индивидуальное задание по производственной практике  
Научно-исследовательское проектирование**

Студенту группы М \_\_\_\_\_

Место прохождения практики \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Сроки прохождения практики с \_\_\_\_\_ по \_\_\_\_\_ 20 \_\_ года

Виды работ и требования по их выполнению \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Руководитель практики от ДВФУ

Полномочность

Подпись

ИО

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20 \_\_ г.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
**(ДФУ)**

---

---

**ШКОЛА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

**ДНЕВНИК**  
**Прохождения практики**  
**Научно-исследовательское проектирование**

Студент \_\_\_\_\_

Группа \_\_\_\_\_

Владивосток  
20\_\_г

## Форма дневника

Дата выполнения работ	Место	Краткое содержание выполняемых работ	Отметка о выполнении работы

Руководитель практики от предприятия (*при наличии*) \_\_\_\_\_  
ФИО, должность, подпись

Руководитель практики от университета \_\_\_\_\_  
ФИО, должность, подпись

### ***Рекомендации по ведению дневника практики***

*Студент проходит практику в соответствии с утвержденным календарным графиком учебного процесса.*

*Каждый студент в период практики обязан вести дневник о прохождении практики.*

*Заполнение дневника производится регулярно и аккуратно. В дневнике отражается фактическая работа студента и мероприятия, в которых он принимает участие. Дневник периодически просматривается руководителем практики. Подробное описание всех выполненных работ приводится в отчете по практике.*

*По окончании практики дневник заверяется руководителем практики.*

### План формирования гетероструктуры

Подложка: Si(001)КДБ-0.1

Размер подложки: 17.0 × 5.3 × 0.35 мм

Источники Si: p-Si (Si(100)FZ-2000), n-Si (Si(100)КЭМ-0.001)

Источник Ga: тигельный Ga 99.9999%

Источник Sb: тигельный Sb 99.9999%

№ п/п	Выполняемое на ростовой установке действие и требуемые параметры	Отметка о выполнении
1	<b>Высокотемпературная очистка подложки:</b> температура подложки $T_{\text{sub}} = 1250^{\circ}\text{C}$ , количество - 2 раза, суммарное время $t_{\Sigma} \approx 90\text{с}$ .	+
2	<b>Формирование буферного слоя p-Si (2000 Ом см) толщиной 50 нм:</b> температура подложки $T_{\text{sub}} = 650^{\circ}\text{C}$ , скорость осаждения $v_{\text{Si}} = 27 \text{ \AA}/\text{мин}$ , время осаждения $t_{\text{oc}} = 37 \text{ мин}$ , ток источника $I_{\text{ист}} = 10.0 \text{ А}$	+
3	<b>Формирование 1-го слоя нанокристаллов GaSb</b> <b>1. Соосаждение Ga и Sb,</b> время осаждения $t_{\text{осажд.}} = 4'30''$ Ga: толщина 4 $\text{ \AA}$ , скорость ( $V_{\text{Ga}} = 0.78 \text{ \AA}/\text{мин}$ ), ток $I_{\text{p}} = 12.6 \text{ А}$ Sb: толщина 4 $\text{ \AA}$ , скорость ( $V_{\text{Sb}} = 0.99 \text{ \AA}/\text{мин}$ ), ток $I_{\text{p}} = 5.5 \text{ А}$	+
4	<b>2. Отжиг смеси Ga-Sb,</b> температура образца $T = 500^{\circ}\text{C}$ (ток $J = 0.435 \text{ А}$ ), время отжига $t = 20 \text{ мин}$	+
5	<b>Формирование слоя прослойки p-Si (2000 Ом см) толщиной 50 нм:</b> температура образца $T_{\text{sub}} = 650^{\circ}\text{C}$ , скорость осаждения $v_{\text{Si}} = 27 \text{ \AA}/\text{мин}$ , время осаждения $t_{\text{oc}} = 37 \text{ мин}$ , ток источника $I_{\text{ист}} = 10.0 \text{ А}$	+
6	<b>Формирование 2-го слоя нанокристаллов GaSb</b> <b>1. Соосаждение Ga и Sb,</b> время осаждения $t_{\text{осажд.}} = 4'30''$ Ga: толщина 4 $\text{ \AA}$ , скорость ( $V_{\text{Ga}} = 0.78 \text{ \AA}/\text{мин}$ ), ток $I_{\text{p}} = 12.6 \text{ А}$ Sb: толщина 4 $\text{ \AA}$ , скорость ( $V_{\text{Sb}} = 0.99 \text{ \AA}/\text{мин}$ ), ток $I_{\text{p}} = 5.5 \text{ А}$	+
7	<b>2. Отжиг смеси Ga-Sb,</b> температура образца $T = 500^{\circ}\text{C}$ (ток $J = 0.435 \text{ А}$ ), время отжига $t = 20 \text{ мин}$	+
8	<b>Формирование покрывающего слоя p-Si (2000 Ом см) толщиной 50 нм:</b> температура образца $T_{\text{sub}} = 650^{\circ}\text{C}$ , скорость осаждения $v_{\text{Si}} = 27 \text{ \AA}/\text{мин}$ , время осаждения $t_{\text{oc}} = 37 \text{ мин}$ , ток источника $I_{\text{ист}} = 10.0 \text{ А}$	+
9	<b>Формирование контактного слоя n-Si (0.001 Ом см) толщиной 300 нм:</b> температура образца $T_{\text{sub}} = 650^{\circ}\text{C}$ , скорость осаждения $v_{\text{Si}} = 21 \text{ \AA}/\text{мин}$ , время осаждения $t_{\text{oc}} = 2 \text{ часа } 23 \text{ мин}$ , ток источника $I_{\text{ист}} = 12.2 \text{ А}$	+
10	Выгрузка образца из ростовой установки	+

Разработал студент группы М \_\_\_\_\_

Проверил руководитель практики от университета \_\_\_\_\_