

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Ивановский государственный химико-технологический университет»

Факультет неорганической химии и технологии

Кафедра технологии приборов и материалов электронной техники



Программа практики

Производственная практика

Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика)

Направление подготовки **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**

Программа подготовки **Микро и нанотехнологии в производстве материалов и изделий твердотельной электроники**

Квалификация (степень) **Магистр**

Форма обучения **очная**

Нормативный срок обучения **2 года**

Иваново, 2017

1. Вид практики, способы и формы ее проведения

Тип производственной практики – практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика).

Способы проведения производственной практики: стационарная.

2. Цели освоения производственной практики

- закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении профессиональных дисциплин;
- получение профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности, накопление практического опыта ведения самостоятельной работы.

3. Место практики в структуре ООП

Производственная практика входит в Блок 2 программы подготовки магистров и базируется на результатах изучения естественнонаучных и технологических дисциплин основных образовательных программ бакалавриата по направлениям «Электроника и наноэлектроника» (например, профиль «Микроэлектроника и твердотельная электроника») и «Химическая технология» (например, профиль «Технология материалов и изделий электроники и наноэлектроники»), а также дисциплин основной образовательной программы магистратуры по направлению «Электроника и наноэлектроника».

Для успешного прохождения практики студент должен:

знать:

- тенденции и перспективы развития электроники и наноэлектроники, а также смежных областей науки и техники;
- технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях;
- физические и физико-химические основы технологии производства изделий электроники и наноэлектроники, физико-технологические и экономические ограничения интеграции и миниатюризации электронной компонентной базы;

уметь:

- применять математические методы, физические и химические законы для решения практических задач;
- решать задачи обработки данных с помощью современных инструментальных средств конечного пользователя;
- применять методы и средства измерения физических величин;
- обеспечивать технологическую и конструктивную реализацию материалов и элементов электронной техники в приборах и устройствах твердотельной электроники;

владеть:

- сведениями о технологии изготовления материалов и элементов электронной техники;
- методами экспериментальных исследований параметров и характеристик материалов, приборов и устройств вакуумной, плазменной, твердотельной, микроволновой и оптической электроники и наноэлектроники,
- навыками работы с информационными базами данных об отечественных и зарубежных электронных компонентах.
- практическими навыками работы с программными пакетами математического моделирования.

Производственная практика – практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика) – осуществляется в течение 3 семестра 1 курса обучения (распределенно) в магистратуре по данному направлению, прохождение которой как предшествующей необходимо при выполнении выпускной квалификационной работы магистра.

4. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения практики

- способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности (ОК-4);
- способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области (ОПК-4);

профессиональные:

- способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-5);
- готовность обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов (ПК-13).

В результате прохождения практики обучающийся должен:

знать:

- основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники (ОПК-4),
- основные виды и формы представления научной и технической информации (ОПК-4);
- методы и средства получения, хранения и систематизации научно-технической информации (ПК-5);
- понятие технологичности изделия электронной техники, виды технологичности изделия (ПК-13);
- факторы, определяющие технологичность, и пути повышения технологичности (ПК-13)

уметь:

- анализировать современную научно-техническую информацию, применяя язык поиска информационно-поисковых систем (ОПК-4);
- определять основные показатели технологичности изделия (ПК-13);

владеть:

- навыками критической оценки достижений науки, техники и технологий (включая свои собственные) (ОК-4);
- навыками самостоятельного проектирования и конструирования процесса обучения в новых условиях и видах деятельности (ОК-4);
- информацией об отечественных и зарубежных достижениях в области электроники, микро- и нанoeлектроники (ОПК-4);
- основными навыками обобщения, анализа научно-технической информации с целью постановки цели и задач научного исследования (ОПК-4);
- приемами обработки и анализа экспериментальных данных (ПК-5);
- навыками применения различных программных пакетов при обработке и интерпретации результатов исследования (ПК-5);
- методикой оценки технологичности изделия (ПК-12).

5. Структура производственной практики

Общая трудоемкость производственной практики составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Время проведения практики – 2 семестр.

Формы отчетности - зачет с оценкой.

По окончании практики студент составляет письменный отчет и сдает его руководителю практики от высшего учебного заведения.

В структуру отчета должны входить следующие разделы:

- титульный лист (**Приложение 1**);
- задание на практику (**Приложение 2**);
- введение, в котором отражаются цели и задачи практики;
- основная часть отчета;
- заключение или выводы;
- перечень источников информации, с которыми был ознакомлен обучающийся в период прохождения практики и использовал при составлении отчета.

Отзыв руководителя практики о работе студента прилагается к отчету по практике (**Приложение 3**).

6. Содержание практики

№ п/п	Наименование раздела (этапа)	Содержание раздела (этапа)
1.	Постановка целей и задач производственной практики	Получение задания на практику. Составление календарного плана.
2.	Подбор и анализ литературы по теме задания	Сбор, обработка, анализ и систематизация информации по теме задания. Описание устройства, принципа работы, технической характеристики изделия, его назначения и областей применения
3.	Выбор и обоснование технологической схемы производства, пооперационное описание технологического процесса	Разработка технологической схемы изготовления конкретного изделия/ прибора
4.	Анализ причин технологического брака изделий.	Расчет количественных показателей выхода годных по всем технологическим операциям. Нахождение путей совершенствования технологии и повышения общего процента выхода годных изделий
5.	Написание и оформление отчета по практике	Подготовка отчета по практике к сдаче.
6.	Защита отчета по практике	Обучающийся сдает отчет по практике.

№ п/п	Наименование раздела практики	Контактная работа	СРС	Всего час.
1.	Постановка целей и задач производственной практики	2	2	4
2.	Подбор и анализ литературы по теме задания	10	20	30
3.	Выбор и обоснование технологической схемы производства, пооперационное описание технологического процесса	10	20	30
4.	Анализ причин технологического брака изделий.	10	15	25
5.	Написание и оформление отчета по практике	5	10	15
6.	Защита отчета по практике	2	2	4

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся практике:

Приведен в приложении А к программе практики. С целью более подробного изложения этапов формирования компетенций по практике, обеспечивающих достижение планируемых результатов, в приложении ООП приведены паспорта компетенций.

8. Перечень учебной литературы и ресурсов сети «Интернет», рекомендуемой для проведения практики:

а) основная литература

1. Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий. В 2 т. Т. 2. Технологические аспекты / М. В. Акуленок [и др.] ; [под общ. ред. Ю. Н. Коркишко]. - М. : БИНОМ. Лаборатор. знаний, 2011. - 252 с.
2. Киреев, В. Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии / В. Ю. Киреев; Гос. науч. центр Рос. Федер., Федерал. гос. унитарное предприятие "Централ. науч.-исслед. ин-т химии и механики". - М. : ФГУП "ЦНИИХМ", 2008. 432 с.

б) дополнительная литература

1. Барыбин, А. А., Сидоров, В.Г. Физико-технологические основы электроники. СПб.: Лань, 2001. 268 с.
2. Галперин, В. А. Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях / В. А. Галперин, Е. В. Данилкин, А. И. Мочалов ; под общ. ред. Тимошенкова. - М. : БИНОМ. Лаборатор. знаний, 2010. - 284 с.
3. Моро, У. Микролитография: Принципы, методы, материалы . В двух томах.— М.: Мир, 1990 .— Т.1: 632 с. (14), Т.2: 606 с.
4. Образовательный портал Ивановского государственного химико-технологического университета <http://edu.isuct.ru/course/index.php?categoryid=2>
5. ЭБС «Лань». Пакет «Химия» <http://e.lanbook.com/books>
6. ЭБС «Библиотех» <https://isuct.bibliotech.ru>
7. ЭБС «Контекстум» <http://rucont.ru>
8. Национальная электронная библиотека <http://нэб.рф>

9. Перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

- Системные программные средства: Microsoft Windows (подписка DreamSpark Premium ЗАО «СофтЛайн Трейд» №51870/ЯР4393).
- Прикладные программные средства: Microsoft Office (Microsoft Open License №42882578 от 17.10.2007), LibreOffice (Лицензия ГНУ/Линуксцентр GNU GPL от 15.11.2017), Mozilla Firefox (Лицензия ГНУ/Линуксцентр GNU GPL от 15.11.2017).

10. Материально-техническое обеспечение практики

Набор химической посуды, аналитические весы ВЛР-200g-M, секундомер, электроплитка с водяной баней Erigon ET-113, оптические микроскопы МИН-5, и Digital Microscope (Motic), сушильный шкаф КВС G-100/250, установка высокотемпературного окисления, микроинтерферометр Линника МИИ-4М, установка нанесения фоторезиста методом центрифугирования, установка экспонирования ЛПК-1, набор контейнеров керамических для хранения образцов, набор керамических лодочек для обработки полупроводниковых кристаллов, микрометр ОИ-7, муфельная печь, выполняющая роль диффузионного реактора, установка для изготовления сферического шар-шлифа, установка для измерения параметров полупроводниковых. материалов 4-х зондовым методом, набор кассет с образцами печатных плат, источник питания постоянного тока

Б5-48, генератор водорода (кислорода) Кулон-6. 3 персональных компьютера с подключением к сети "Интернет" и доступом в электронную информационно-

15 персональных компьютеров с подключением к сети "Интернет" и доступом в электронную информационно-образовательную среду организации, сервер Supermicro 6016T-MTHF, коммутатор 3Com Baseline Switch 2024, ИБП APC Smart-UPS 1000, мультимедиа проектор Epson EB04X, экран 70", акустика Defender Mercury 35, WiFi точка доступа Asus WL-500G, сканнер Benq 5000, принтер HP LaserJet 5L.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО.

Заведующий кафедрой ТП и МЭТ  _____ Смирнов С.А.

Программа одобрена на заседании кафедры № протокола 10 от 01.06.2017 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования

Ивановский государственный химико-технологический университет

Кафедра *технологии приборов и материалов электронной техники*

ОТЧЁТ
о производственной практике

*Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной
деятельности (в том числе технологическая практика)*

Студент _____

Программа подготовки Микро- и нанотехнологии в производстве изделий твердотельной
электроники

Группа _____

База практики ФГБОУ ВО «ИГХТУ»

Сроки практики с « » 201 г. по « » 201 г.

Руководитель практики от ИГХТУ _____
ФИО, должность

Оценка работы _____

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**ИВАНОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Факультет Неорганической химии и технологии

Кафедра Технологии приборов и материалов электронной техники

Направление Химическая технология

Программа Микро- и нанотехнологии в производстве изделий твердотельной
электроники

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой _____ Смирнов С.А.

« _____ » _____ 20 ____ г.

З А Д А Н И Е

на производственную практику

*Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной
деятельности (в том числе технологическая практика)*

студенту _____ группа _____

База практики ФГБОУ ВО «ИГХТУ»

Сроки практики с « ____ » 201 ____ г. по « ____ » 201 ____ г.

Тема _____

Содержание задания на практику (перечень подлежащих рассмотрению вопросов):

Индивидуальное задание _____

Дата выдачи задания _____

Календарный план-график проведения практики

№ п/п	Наименование этапов практики	Срок выполнения этапов практики	Текущий контроль успеваемости
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

Руководитель практики _____ / _____ /
И.О.Фамилия

Зав. кафедрой _____ /С.А.Смирнов/

Ознакомлен _____ / _____ /
И.О.Фамилия (обучающегося)

« ____ » _____ 20__ г.

О Т З Ы В

о выполнении программы производственной практики
*практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной
 деятельности (в том числе технологическая практика)*

на кафедре Технологии приборов и материалов электронной техники
 студентом _____ курса _ группы 14
 по направлению Электроника и наноэлектроника
 программа подготовки Микро- и нанотехнологии в производстве изделий
 твердотельной электроники

Сроки практики от «» _____ 201 г. по «_____» _____ 201 г.

Тема практики: _____

Цель практики: _____

Самостоятельно изучил вопросы, связанные с

При прохождении практики студент проявил

Показатель	2	3	4	5
Личностные				
Отношение к делу (добросовестность)				
Работоспособность				
Организованность				
Инициативность				
Исполнительность				
Профессиональные				
Выполнение программы практики				
Освоение компетенций				

Руководитель практики _____

Замечаний по нарушению правил внутреннего распорядка не имеется.

Зав. кафедрой ТП и МЭТ _____ Смирнов С.А. «_____» _____ 20__ г.

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ по
ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ**

Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (в том числе технологическая практика)

Направление подготовки **11.04.04 Электроника и нанoeлектроника**

Программа подготовки **Микро- и нанотехнологии в производстве изделий твердотельной электроники**

Квалификация (степень) **Магистр**

Нормативный срок обучения **2 года**

1. Перечень компетенций, формируемых в результате прохождения практики.

- способность адаптироваться к изменяющимся условиям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности (ОК-4);
- способность самостоятельно приобретать и использовать в практической деятельности новые знания и умения в своей предметной области (ОПК-4);

профессиональные:

- способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения (ПК-5);
- готовность обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов (ПК-13).

Подробно этапы формирования данных компетенций в соответствии с учебным планом по данной образовательной программе приведены в приложении ООП.

2. Паспорт фонда оценочных средств по ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ПРАКТИКЕ

№ п\п	Контролируемые разделы	Контролируемые компетенции (или их части)	Оценочные средства
1	Постановка целей и задач производственной практики	ОК-4, ОПК-4, ПК-5, ПК-13	Технологическая схема изготовления изделия твердотельной электроники
2	Подбор и анализ литературы по теме задания		
3	Выбор и обоснование технологической схемы производства, пооперационное описание технологического процесса		
4	Анализ причин технологического брака изделий.		
5	Написание и оформление отчета по практике		
6	Защита отчета по практике	ОК-4, ОПК-4, ПК-5, ПК-13	Комплект вопросов к зачету

3. Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах формирования, шкалы и процедуры оценивания

Уровень освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (этапы достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения (по 5-ти бальной шкале)			
		2	3	4	5
Минимальный уровень	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники (ОПК-4), – основные виды и формы представления научной и технической информации (ОПК-4) – методы и средства получения, хранения и систематизации научно-технической информации (ПК-5); – понятие технологичности изделия электронной техники, виды технологичности изделия (ПК-13); <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать современную научно-техническую информацию, применяя язык поиска информационно-поисковых систем (ОПК-4); <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – информацией об отечественных и зарубежных достижениях в области электроники, микро- и нанoeлектроники (ОПК-4); – приемами обработки и анализа экспериментальных данных (ПК-5); – навыками применения различных программных пакетов при обработке и интерпретации результатов исследования (ПК-5); 		+		
Базовый уровень	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники (ОПК-4), – основные виды и формы представления научной и технической информации (ОПК-4) – методы и средства получения, хранения и систематизации научно-технической информации (ПК-5); – понятие технологичности изделия электронной техники, виды 			+	

	<p>технологичности изделия (ПК-13);</p> <ul style="list-style-type: none"> – факторы, определяющие технологичность, и пути повышения технологичности (ПК-13) <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать современную научно-техническую информацию, применяя язык поиска информационно-поисковых систем (ОПК-4); – определять основные показатели технологичности изделия (ПК-13); <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками критической оценки достижений науки, техники и технологий (включая свои собственные) (ОК-4); – информацией об отечественных и зарубежных достижениях в области электроники, микро- и нанoeлектроники (ОПК-4); – основными навыками обобщения, анализа научно-технической информации с целью постановки цели и задач научного исследования (ОПК-4); – приемами обработки и анализа экспериментальных данных (ПК-5); – навыками применения различных программных пакетов при обработке и интерпретации результатов исследования (ПК-5); 			+	
Продвинутый уровень	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные задачи, направления, тенденции и перспективы развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники (ОПК-4), – основные виды и формы представления научной и технической информации (ОПК-4) – методы и средства получения, хранения и систематизации научно-технической информации (ПК-5); – понятие технологичности изделия электронной техники, виды технологичности изделия (ПК-13); – факторы, определяющие технологичность, и пути повышения технологичности (ПК-13) <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – анализировать современную научно-техническую информацию, применяя 			+	+

	<p>язык поиска информационно-поисковых систем (ОПК-4);</p> <ul style="list-style-type: none"> – определять основные показатели технологичности изделия (ПК-13); <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками критической оценки достижений науки, техники и технологий (включая свои собственные) (ОК-4); – навыками самостоятельного проектирования и конструирования процесса обучения в новых условиях и видах деятельности (ОК-4); – информацией об отечественных и зарубежных достижениях в области электроники, микро- и нанoeлектроники (ОПК-4); – основными навыками обобщения, анализа научно-технической информации с целью постановки цели и задач научного исследования (ОПК-4); – приемами обработки и анализа экспериментальных данных (ПК-5); – навыками применения различных программных пакетов при обработке и интерпретации результатов исследования (ПК-5); – методикой оценки технологичности изделия (ПК-12). 				+
--	---	--	--	--	---

Более подробно критерии оценки и шкалы для оценки результатов рассмотрены в локальном акте университета «Порядок организации промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости студентов» (<http://isuct.ru/education/orders>).

4. Типовые контрольные задания и иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, с учетом этапов и уровней формирования компетенций

Индивидуальное задание:

Разработать технологическую схему изготовления

а) интегральных биполярных транзисторов с изоляцией, сформированной методами:

- коллекторной изолирующей диффузии
- базовой изолирующей диффузией
- двойной диффузии
- VIP

б) интегральных МОП структур с изоляцией оксидом (blank field oxide):

- n-МОП (n-MOS)
- p-МОП (p-MOS)

в) интегральные биполярные транзисторы в составе ИМС, сформированные по технологиям:

- Изопланар-1, 3 мкм, 2 металла
- Изопланар-2, 3 мкм, 2 металла

- E²IC, 1 поликремний, 2 металла
- APSA, 1 поликремний, 2 металла

г) интегральных КМОП инверторов, выполненных по технологии:

- Самосовмещенная КМОП (CMOS)-технология, LOCOS-изоляция, 0,35 мкм, 1 поликремний, 2 металла;
- Самосовмещенная КМОП (CMOS)-технология, STI-изоляция, 0,18 мкм, 1 поликремний, 2 металла.

Примерный перечень вопросов к зачету по производственной практике

1. Какие цели и задачи выполнены в ходе прохождения практики?
2. Какие трудности возникли в ходе решения целей и задач практики?
3. В каких случаях используется диффузионное легирование?
4. В каких случаях используется ионное легирование полупроводников?
5. Для каких целей используется окисление во влажном кислороде.
6. Какими достоинствами обладают пленки SiO₂, выращенные в среде сухого кислорода.
7. Для каких целей применяются пленки нитрида титана.
8. Перечислите этапы фотолитографического процесса.
9. Что такое взрывная фотолитография.
10. Перечислите методы нанесения фоторезистов.
11. Дайте сравнительную характеристику методов нанесения фоторезистов.
12. Как толщина пленки фоторезиста влияет на разрешающую способность фотолитографии.
13. В чем достоинства проекционного способа экспонирования и в каких случаях он применяется.
14. Перечислите методы определения глубины залегания n-p перехода.
15. Как повлияет на вид ВАХ n-p перехода увеличение концентрации легирующей примеси.
16. Объясните связь между характеристиками эпитаксиального слоя и параметрами создаваемого в нем биполярного эпитаксиально-планарного транзистора.
17. Предложите метод экспериментальной проверки свойств контакта межэлементной металлизации с активными областями ИМС.
18. Объясните, как повлияет на свойства контакта алюминиевой металлизации с полупроводником технологическая операция «вжигание».
19. Перечислите критерии, используемые для оценки качества МДП транзисторов.
20. Перечислите критерии, используемые для оценки качества биполярных транзисторов.

Критерии оценивания

Минимальный уровень (удовлетворительно)

Отвечающий достаточно понимает вопрос, отвечает в основном правильно, но не может обосновать некоторые выводы, в рассуждениях допускаются ошибки.

Базовый уровень (хорошо)

Отвечающий хорошо понимает вопрос, отвечает четко, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, делает необходимые выводы, но допускает отдельные неточности и ошибки общего характера.

Продвинутый уровень (отлично)

Отвечающий глубоко понимает вопрос, отвечает четко и всесторонне, умеет оценивать факты, самостоятельно рассуждает, отличается способностью обосновать выводы и разъяснять их в логической последовательности.

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов освоения образовательной программы приведены на сайте университета по адресу: <http://isuct.ru/education/orders> и включают:

1. Порядок организации промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости студентов.