МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **8**
Учебный план набора 2015 года

Распределение рабочего времени

№	Виды учебной деятельности	8 семестр	Всего	Единицы
1	Лекции	20	20	часов
2	Практические занятия	20	20	часов
3	Лабораторные работы	8	8	часов
4	Всего аудиторных занятий	48	48	часов
5	Из них в интерактивной форме	8	8	часов
6	Самостоятельная работа	96	96	часов
7	Всего (без экзамена)	144	144	часов
8	Общая трудоемкость	144	144	часов
		4.0	4.0	З.Е

Зачет: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20787

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры
протокол № 194 от «13» 1 2017 г.

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа составлена с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 11.03.03 Конструирование и технология электронных средств, утвержденного 12 ноября 2015 года, рассмотрена и утверждена на заседании кафедры «___» _____ 20__ года, протокол №_____.

Разработчик:

доцент каф. КУДР _____ М. Н. Романовский

Заведующий обеспечивающей каф.
КУДР _____ А. Г. Лощилов

Рабочая программа согласована с факультетом, профилирующей и выпускающей кафедрами направления подготовки (специальности).

Декан РКФ _____ Д. В. Озеркин

Заведующий выпускающей каф.
КУДР _____ А. Г. Лощилов

Эксперт:

профессор каф. КУДР _____ С. Г. Еханин

Согласована на портале № 20787

1. Цели и задачи дисциплины

1.1. Цели дисциплины

Изучение микро- и нанотехнологий, инновационных электронных средств.

Развитие способностей выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

1.2. Задачи дисциплины

– знать: основные понятия, определения, термины, базовые процессы микро- и нанотехнологий электронных средств;

– уметь: разрабатывать технические задания на проектирование инновационных электронных средств;

– владеть: навыками разработки технической документации на проектируемые модули, блоки, системы, комплексы электронных средств.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств» (Б1.В.ОД.14) относится к блоку 1 (вариативная часть).

Предшествующими дисциплинами, формирующими начальные знания, являются следующие дисциплины: Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

– ОПК-2 способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

В результате изучения дисциплины студент должен:

– **знать** Основные понятия, определения, термины, базовые процессы микро- и нанотехнологий электронных средств;

– **уметь** Разрабатывать технические задания на проектирование инновационных электронных средств

– **владеть** Навыками разработки технической документации на проектируемые модули, блоки, системы, комплексы электронных средств.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4.0 зачетных единицы и представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		8 семестр
Аудиторные занятия (всего)	48	48
Лекции	20	20
Практические занятия	20	20
Лабораторные работы	8	8
Из них в интерактивной форме	8	8
Самостоятельная работа (всего)	96	96
Оформление отчетов по лабораторным работам	8	8
Подготовка к лабораторным работам	8	8
Проработка лекционного материала	40	40

Согласована на портале № 20787

Подготовка к практическим занятиям, семинарам	40	40
Всего (без экзамена)	144	144
Общая трудоемкость ч	144	144
Зачетные Единицы	4.0	4.0

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Разделы дисциплины и виды занятий приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы дисциплины и виды занятий

Названия разделов дисциплины	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
8 семестр						
1 Микроминиатюризация электронных средств.	2	0	0	4	6	ОПК-2
2 Основные технологические процессы.	8	0	8	24	40	ОПК-2
3 Эпитаксиальные методы.	2	0	0	8	10	ОПК-2
4 Нанолитография.	2	0	0	8	10	ОПК-2
5 Зондовые технологии.	2	0	0	4	6	ОПК-2
6 Проектирование интегральных устройств	4	20	0	48	72	ОПК-2
Итого за семестр	20	20	8	96	144	
Итого	20	20	8	96	144	

5.2. Содержание разделов дисциплины (по лекциям)

Содержание разделов дисциплин (по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Содержание разделов дисциплин (по лекциям)

Названия разделов	Содержание разделов дисциплины по лекциям	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
1 Микроминиатюризация электронных средств.	Миниатюризация радиоэлектронных средств. Классификация ИС. Сущность технологии полупроводниковых ИС. Основные направления функциональной электроники. Переход от микро- к наноэлектронике . Основные подходы к синтезу наноструктур.	2	ОПК-2

Согласована на портале № 20787

	Итого	2	
2 Основные технологические процессы.	Подложки. Проводящие слои. Полупроводниковые слои. Диэлектрические слои. Гетеропереходы. Квантоворазмерные структуры.	8	ОПК-2
	Итого	8	
3 Эпитаксиальные методы.	Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия. Самоорганизация квантовых точек при эпитаксии. Использование массивов квантовых точек в приборных структурах.	2	ОПК-2
	Итого	2	
4 Нанолитография.	Фотолитография, электронная литография, рентгенолитография, ионолитография, импринтинг	2	ОПК-2
	Итого	2	
5 Зондовые технологии.	Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующий туннельный микроскоп. Нанотехнологии на основе СТМ. Сканирующий атомно-силовой микроскоп. Нанолитография на основе АСМ.	2	ОПК-2
	Итого	2	
6 Проектирование интегральных устройств	Составление технических требований. Выбор физической структуры. Разработка принципиальной электрической схемы. Разработка конструкции и топологии. Оформление документации.	4	ОПК-2
	Итого	4	
Итого за семестр		20	

5.3. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечивающими (предыдущими) и обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами представлены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Разделы дисциплины и междисциплинарные связи

Наименование дисциплин	№ разделов данной дисциплины, для которых необходимо изучение обеспечивающих и обеспечиваемых дисциплин					
	1	2	3	4	5	6
Предшествующие дисциплины						
1 Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты		+				

5.4. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.4

Согласована на портале № 20787

Таблица 5.4 – Соответствие компетенций и видов занятий, формируемых при изучении дисциплины

Компетенции	Виды занятий				Формы контроля
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	
ОПК-2	+	+	+	+	Защита отчета, Отчет по лабораторной работе, Опрос на занятиях, Тест, Отчет по практическому занятию

6. Интерактивные методы и формы организации обучения

Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Технологии интерактивного обучения при разных формах занятий в часах

Методы	Интерактивные практические занятия	Интерактивные лекции	Всего
8 семестр			
IT-методы	4	4	8
Итого за семестр:	4	4	8
Итого	4	4	8

7. Лабораторные работы

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 7.1.

Таблица 7. 1 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
2 Основные технологические процессы.	Элементы кремниевых биполярных ИС	8	ОПК-2
	Итого	8	
Итого за семестр		8	

8. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 8.1.

Согласована на портале № 20787

Таблица 8. 1 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
8 семестр			
6 Проектирование интегральных устройств	Составление технических требований. Выбор физической структуры. Разработка принципиальной электрической схемы. Разработка конструкции и топологии. Оформление документации.	20	ОПК-2
	Итого	20	
Итого за семестр		20	

9. Самостоятельная работа

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 - Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
8 семестр				
1 Микроминиатюризация электронных средств.	Проработка лекционного материала	4	ОПК-2	Тест
	Итого	4		
2 Основные технологические процессы.	Проработка лекционного материала	8	ОПК-2	Защита отчета, Опрос на занятиях, Отчет по лабораторной работе, Тест
	Подготовка к лабораторным работам	8		
	Оформление отчетов по лабораторным работам	8		
	Итого	24		
3 Эпитаксиальные методы.	Проработка лекционного материала	8	ОПК-2	Тест
	Итого	8		
4 Нанолитография.	Проработка лекционного материала	8	ОПК-2	Тест
	Итого	8		
5 Зондовые технологии.	Проработка лекционного материала	4	ОПК-2	Тест
	Итого	4		
6 Проектирование интегральных устройств	Подготовка к практическим занятиям, семина-	40	ОПК-2	Защита отчета, Отчет по практическому занятию,

Согласована на портале № 20787

	рам			Тест
	Проработка лекционного материала	8		
	Итого	48		
Итого за семестр		96		
Итого		96		

9.1. Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

1. Проектирование интегральных устройств

9.2. Вопросы на проработку лекционного материала

1. Проектирование интегральных устройств
2. Зондовые технологии
3. Основные технологические процессы
4. Нанолитография
5. Эпитаксиальные методы

9.3. Вопросы по подготовке к лабораторным работам

1. Основные технологические процессы

10. Курсовая работа (проект)

Не предусмотрено РУП

11. Рейтинговая система для оценки успеваемости студентов

11.1. Балльные оценки для элементов контроля

Таблица 11.1 – Балльные оценки для элементов контроля

Элементы учебной деятельности	Максимальный балл на 1-ую КТ с начала семестра	Максимальный балл за период между 1КТ и 2КТ	Максимальный балл за период между 2КТ и на конец семестра	Всего за семестр
8 семестр				
Защита отчета		10	10	20
Опрос на занятиях	5	5	5	15
Отчет по лабораторной работе		5	5	10
Отчет по практическому занятию	10	10	10	30
Тест	5	10	10	25
Итого максимум за период	20	40	40	100
Нарастающим итогом	20	60	100	100

11.2. Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Пересчет баллов в оценки за контрольные точки представлен в таблице 11.2.

Таблица 11. 2 – Пересчет баллов в оценки за контрольные точки

Баллы на дату контрольной точки	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату КТ	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату КТ	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату КТ	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату КТ	2

Согласована на портале № 20787

11.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 11.3.

Таблица 11. 3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка (ГОС)	Итоговая сумма баллов, учитывает успешно сданный экзамен	Оценка (ECTS)
5 (отлично) (зачтено)	90 - 100	A (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 - 89	B (очень хорошо)
	75 - 84	C (хорошо)
	70 - 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 - 69	
	60 - 64	E (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

12. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

12.1. Основная литература

1. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебное пособие / Данилина Т. И. - 2012. 89 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3871, дата обращения: 27.05.2017.

2. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/537, дата обращения: 27.05.2017.

3. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие / Чистоедова И. А., Данилина Т. И. - 2011. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/547, дата обращения: 27.05.2017.

12.2. Дополнительная литература

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 123 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1304, дата обращения: 27.05.2017.

2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 127 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1309, дата обращения: 27.05.2017.

12.3 Учебно-методические пособия

12.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Элементы кремниевых биполярных ИС: Руководство к лабораторной работе / Романовский М. Н. - 2010. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/336, дата обращения: 27.05.2017.

2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Проектирование интегральных схем на арсениде галлия: Руководство к практическим занятиям / Романовский М. Н., Нефедцев Е. В. - 2010. 76 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/334, дата обращения: 27.05.2017.

3. Проектирование фильтров на ПАВ: Руководство к практическим занятиям и самостоятельной работе / Романовский М. Н. - 2016. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6604, дата обращения: 27.05.2017.

12.3.2 Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа инвалидов предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Для лиц с нарушениями зрения:

Согласована на портале № 20787

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

12.4. Базы данных, информационно-справочные, поисковые системы и требуемое программное обеспечение

1. Интернет

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины

13.1. Общие требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

13.1.1. Материально-техническое обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория, с количеством посадочных мест не менее 22-24, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются наглядные пособия в виде презентаций по лекционным разделам дисциплины.

13.1.2. Материально-техническое обеспечение для практических занятий

Для проведения практических занятий используется учебно-исследовательская вычислительная лаборатория, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 4 этаж, ауд. 425. Состав оборудования: Учебная мебель; Доска магнитно-маркерная - 1шт.; Коммутатор D-Link Switch 24 port - 1шт.; Компьютеры WS1 - 10 шт., WS2 - 1 шт. Используется лицензионное программное обеспечение, пакеты версией не ниже: Microsoft Windows XP Professional with SP3/Microsoft Windows 7 Professional with SP1; Microsoft Windows Server 2008 R2; OrCad; Microsoft Office Visio 2010; Microsoft Office Access 2003; VirtualBox 6.2. Имеется помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

13.1.3. Материально-техническое обеспечение для лабораторных работ

Для проведения лабораторных занятий используется учебно-исследовательская лаборатория физических основ микро- и наноэлектроники, расположенная по адресу 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 3 этаж, ауд. 316. Состав оборудования: Учебная мебель; Мультимедийный проектор TOSHIBA (1 шт.); Установка для измерения спектральных характеристик фото и электролюминесценции (1 шт.); Установка для комплексных измерений характеристик светодиодных гетероструктур (1 шт.); Вольтметры В7-20 (2 шт.), В7-21 (3 шт.), В7-23, В7-34. Измерители импеданса Е7-14, Л2-22, Л2-22/1, Л2-42, Л2-47, Л2-76, Х1-47; Источник питания Б5-43, Б5-44; Линейный источник питания HY3003 (2 шт.); Микроскоп МБС-9 (2 шт.), МИМ-7 (2 шт.); Монохроматоры ДМР-4 (2 шт.), МУМ (2 шт.); Осциллограф С1-72 (2 шт.); ПЭВМ DURON 800 (3 шт.); Цифровой мультиметр APPA 103 (1 шт.); Цифровой осциллограф GDS -806S (4 шт.); Спектромом 204 (1 шт.); Векторный анализатор цепей «Обзор-103»

13.1.4. Материально-техническое обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используется учебная аудитория (компьютерный класс), расположенная по адресу 634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, 2 этаж, ауд. 233. Состав оборудования: учебная мебель; компьютеры класса не ниже ПЭВМ INTEL Ce1егоп D336 2.8ГГц. - 5 шт.; компьютеры подключены к сети ИНТЕРНЕТ и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

13.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При обучении студентов **с нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи

Согласована на портале № 20787

учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями слуха, мобильной системы обучения для студентов с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой обучаются студенты с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При обучении студентов **с нарушениями зрениями** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для удаленного просмотра.

При обучении студентов **с нарушениями опорно-двигательного аппарата** используются альтернативные устройства ввода информации и другие технические средства приема/передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями опорно-двигательного аппарата, мобильной системы обучения для людей с инвалидностью.

14. Фонд оценочных средств

14.1. Основные требования к фонду оценочных средств и методические рекомендации

Фонд оценочных средств и типовые контрольные задания, используемые для оценки сформированности и освоения закрепленных за дисциплиной компетенций при проведении текущей, промежуточной аттестации по дисциплине приведен в приложении к рабочей программе.

14.2 Требования к фонду оценочных средств для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с инвалидностью предусмотрены дополнительные оценочные средства, перечень которых указан в таблице.

Таблица 14 – Дополнительные средства оценивания для студентов с инвалидностью

Категории студентов	Виды дополнительных оценочных средств	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами
С ограничениями по общемедицинским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, исходя из состояния обучающегося на момент проверки

14.3 Методические рекомендации по оценочным средствам для лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной форме;
- в печатной форме с увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- методом чтения ассистентом задания вслух;
- предоставление задания с использованием сурдоперевода.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге;
- набор ответов на компьютере;
- набор ответов с использованием услуг ассистента;

Согласована на портале № 20787

– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме увеличенным шрифтом.

Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

– в форме электронного документа;
– в печатной форме.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 20787

Приложение 1

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»
(ТУСУР)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
_____ П. Е. Троян
«___» _____ 20__ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Конструирование и технология микро- и наноэлектронных средств

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки (специальность): **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль): **Конструирование и технология наноэлектронных средств**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **РКФ, Радиоконструкторский факультет**
Кафедра: **КУДР, Кафедра конструирования узлов и деталей радиоэлектронной аппаратуры**
Курс: **4**
Семестр: **8**

Учебный план набора 2015 года

Разработчик:
- доцент каф. КУДР М. Н. Романовский

Зачет: 8 семестр

Томск 2017

Согласована на портале № 20787

1. Введение

Фонд оценочных средств (ФОС) является приложением к рабочей программе дисциплины (практики) и представляет собой совокупность контрольно-измерительных материалов (типовые задачи (задания), контрольные работы, тесты и др.) и методов их использования, предназначенных для измерения уровня достижения студентом установленных результатов обучения.

ФОС по дисциплине (практике) используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

Перечень закрепленных за дисциплиной (практикой) компетенций приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень закрепленных за дисциплиной компетенций

Код	Формулировка компетенции	Этапы формирования компетенций
ОПК-2	способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Должен знать Основные понятия, определения, термины, базовые процессы микро- и нанотехнологий электронных средств; ; Должен уметь Разрабатывать технические задания на проектирование инновационных электронных средств ; Должен владеть Навыками разработки технической документации на проектируемые модули, блоки, системы, комплексы электронных средств.;

Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций на всех этапах приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Общие характеристики показателей и критериев оценивания компетенций по этапам

Показатели и критерии	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	Обладает фактическими и теоретическими знаниями в пределах изучаемой области с пониманием границ применимости	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для развития творческих решений, абстрагирования проблем	Контролирует работу, проводит оценку, совершенствует действия работы
Хорошо (базовый уровень)	Знает факты, принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области	Обладает диапазоном практических умений, требуемых для решения определенных проблем в области исследования	Берет ответственность за завершение задач в исследовании, приспосабливает свое поведение к обстоятельствам в решении проблем
Удовлетворительно (пороговый уровень)	Обладает базовыми общими знаниями	Обладает основными умениями, требуемыми для выполнения простых задач	Работает при прямом наблюдении

2 Реализация компетенций

2.1 Компетенция ОПК-2

ОПК-2: способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Для формирования компетенции необходимо осуществить ряд этапов. Этапы формирования компетенции, применяемые для этого виды занятий и используемые средства оценивания представлены в таблице 3.

Согласована на портале № 20787

Таблица 3 – Этапы формирования компетенции и используемые средства оценивания

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Содержание этапов	основные понятия, определения, термины, базовые процессы микро- и нанотехнологий электронных средств	разрабатывать технические задания на проектирование инновационных электронных средств	навыками разработки технической документации на проектируемые модули, блоки, системы, комплексы электронных средств.
Виды занятий	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Интерактивные лекции; • Практические занятия; • Лабораторные работы; • Лекции; • Самостоятельная работа;	• Интерактивные практические занятия; • Лабораторные работы; • Самостоятельная работа;
Используемые средства оценивания	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Тест; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Опрос на занятиях; • Тест; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;	• Отчет по лабораторной работе; • Отчет по практическому занятию; • Зачет;

Формулировка показателей и критериев оценивания данной компетенции приведена в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели и критерии оценивания компетенции на этапах

Состав	Знать	Уметь	Владеть
Отлично (высокий уровень)	• Обладает теоретическими знаниями с пониманием границ их применимости;	• Обладает практическими умениями, необходимыми для самостоятельного решения задач повышенной сложности;	• Владеет навыками разработки технологической документации на проектируемые электронные средства; • Представляет адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики.;
Хорошо (базовый уровень)	• Знает принципы, процессы, общие понятия в пределах изучаемой области;	• Обладает практическими умениями, необходимыми для решения типовых задач в области исследования;	• Владеет терминологией, основами измерения, анализа и моделирования процессов в полупроводниковых структурах ;

Согласована на портале № 20787

Удовлетворительно (пороговый уровень)	• Обладает базовыми общими знаниями ;	• Обладает основными умениями, требуемыми для решения простых задач ;	• Может эффективно работать под руководством преподавателя;

3 Типовые контрольные задания

Для реализации вышеперечисленных задач обучения используются типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, в следующем составе.

3.1 Тестовые задания

– 1 Проводящие слои

– 1.1. Полупроводник легирован акцепторами. Обозначим φм и φп электрохимические потенциалы металла и полупроводника, соответственно. Для создания не инжектирующего контакта, обладающего малым электрическим сопротивлением, необходимо выполнить условия: 1) φм < φп; 2) φм > φп; 3) φм = φп; 4) φм <> φп. Укажите правильный ответ.

– 1.2. При термовакуумном испарении металлов степень влияния остаточных газов на структуру и состав образующейся пленки с повышением скорости осаждения: 1) увеличивается, 2) уменьшается, 3) не изменяется. Укажите правильный ответ.

– 1.3. При получении пленок металлов термовакуумным испарением повышению равномерности пленок по толщине способствуют: 1) повышение температуры испарителя; 2) увеличение расстояния от испарителя до подложки; 3) уменьшение давления остаточных газов в рабочей камере; 4) увеличение площади испарения; 5) снижение температуры подложки. Укажите все правильные ответы.

– 1.4. В технологии полупроводниковых ИС для осаждения пленок вольфрама используются методы: 1) термовакуумного испарения, 2) ионно-плазменного распыления, 3) вибродозирования, 4) химического осаждения из газовой фазы. Укажите все правильные ответы.

– 1.5. Какие методы используются в технологии полупроводниковых ИС для осаждения пленок алюминия: 1) электроннолучевого испарения, 2) ионно-плазменного распыления, 3) вибродозирования, 4) химического осаждения из газовой фазы. Укажите все правильные ответы.

– 1.6. К проводящим слоям, используемым в качестве затворов МДП-структур, предъявляются требования: 1) малой работы выхода электрона; 2) хорошей адгезии; 3) высокой геттерирующей способности для быстрых поверхностных состояний; 4) малой глубины проникновения в полупроводник; 5) инертности по отношению к оксидным пленкам на поверхности полупроводника. Укажите неправильные ответы.

– 1.7. При термовакуумном испарении металла с повышением температуры подложки размер кристаллитов в пленке: 1) увеличивается, 2) уменьшается, 3) не изменяется. Укажите правильный ответ.

– 1.8. Достоинствами алюминия как материала проводящих слоев для кремниевых ИС являются: 1) высокая растворимость кремния в алюминии в твердой фазе при повышенных температурах; 2) дешевизна; 3) подверженность электромиграции; 4) наличие естественного слоя оксида на поверхности; 5) пластичность. Укажите правильные ответы.

– 1.9. Медь не используют в качестве материала для омических контактов полупроводниковых ИС из-за: 1) высокой пластичности, 2) большого значения коэффициента диффузии в полупроводнике, 3) высокой электропроводности, 4) способности создавать в полупроводнике центры генерации-рекомбинации. Укажите все правильные ответы.

– 1.10. При термовакуумном испарении с повышением скорости осаждения размер кристаллитов в пленке металла: 1) увеличивается, 2) уменьшается, 3) не изменяется. Укажите правильный ответ.

– 2 Полупроводниковые слои: ионное легирование

– 2.1. В технологических процессах ионной имплантации примесей в полупроводник эффект каналирования ионов может приводить: 1) к появлению второго максимума концентрационного распределения примеси в мишени; 2) затягиванию ниспадающего участка распределения

Согласована на портале № 20787

примеси после максимума; 3) повышению температуры отжига радиационных дефектов. Укажите все правильные ответы.

– 2.2. В технологических процессах ионной имплантации примесей в полупроводник эффект каналирования ионов можно исключить или ослабить: 1) кристаллографической разориентацией подложки, 2) нанесением на поверхность аморфного слоя, 3) надлежащим выбором угла падения пучка по отношению к главным кристаллографическим направлениям, 4) понижением температуры мишени. Укажите все правильные ответы.

– 2.3. В магнитном поле анализатора масс ускоренные ионы перемещаются по дуге окружности. В зависимости от напряженности магнитного поля H радиус окружности изменяется пропорционально: 1) H, 2) 1/H, 3) , 4) 1/ , 5) H2, 2) 1/H2. Укажите правильный ответ.

– 2.4. В магнитном поле анализатора масс ускоренные ионы перемещаются по дуге окружности. В зависимости от ускоряющего напряжения U радиус окружности изменяется пропорционально: 1) U, 2) 1/U, 3) , 4) 1/ , 5) U2, 2) 1/U2. Укажите правильный ответ.

– 2.5. В магнитном поле анализатора масс ускоренные ионы перемещаются по дуге окружности. В зависимости от массы иона M радиус окружности изменяется пропорционально: 1) M, 2) 1/M, 3) , 4) 1/ , 5) M2, 2) 1/M2. Укажите правильный ответ.

– 2.6. При ионной имплантации примеси в полупроводник с увеличением энергии ионов максимум их концентрации: 1) остается на поверхности полупроводника; 2) перемещается вглубь полупроводника; 3) перемещается к поверхности полупроводника. Укажите правильный ответ.

– 2.7. При ионной имплантации примеси в полупроводник с увеличением энергии ионов поверхностная концентрация примеси: 1) остается неизменной; 2) увеличивается; 3) уменьшается. Укажите правильный ответ.

– 2.8. При ионной имплантации примеси в полупроводник доза облучения равна: 1) количеству ионов, бомбардирующих единицу поверхности подложки за время внедрения; 2) количеству ионов, бомбардирующих поверхность подложки за время внедрения; 3) количеству ионов, бомбардирующих единицу поверхности подложки в единицу времени; 4) количеству ионов, бомбардирующих поверхность подложки в единицу времени. Укажите правильный ответ.

– 2.9. На поверхность полупроводника направлен пучок однократно ионизованных атомов примеси. Плотность тока пучка составляет 100 мкА/см2. Определить время воздействия пучка (в секундах) для получения в полупроводнике легированного слоя толщиной 200 нм со средней концентрацией примеси 1020 см-3. Ответ дать с точностью до двух значащих цифр.

– 2.10. На поверхность полупроводника направлен пучок однократно ионизованных атомов примеси. Какова плотность тока пучка (в мкА/см2), если за время внедрения 2 секунды доза облучения составила 1014 см-2? Ответ дать с точностью до двух значащих цифр.

– 3 Полупроводниковые слои: эпитаксиальное наращивание

– 3.1. Наращивание монокристаллического слоя на инородной подложке называют: 1) гетероэпитаксией, 2) автоэпитаксией, 3) гомоэпитаксией, 4) макроэпитаксией, 5) моноэпитаксией. Укажите правильный ответ.

– 3.2. Химические реакции, происходящие при хлоридном процессе автоэпитаксии кремния, относятся к гетерогенным и, соответственно, включают этапы 1) переноса реагентов к поверхности, 2) адсорбции реагентов, 3) собственно химической реакции, 4) присоединения атомов полупроводника к подложке, 5) десорбции продуктов реакции, 6) отвода продуктов реакции. Какие из перечисленных этапов (стадий) сильно зависят от скорости газового потока?

– 3.3. Основными разновидностями газофазной эпитаксии кремния являются 1) хлоридный и 2) гидридный методы. Какой из этих методов позволяет получать достаточно совершенные эпитаксиальные слои при относительно низких температурах подложки?

– 3.4. Газовая система установки для автоэпитаксии кремния хлоридным методом обеспечивает подачу в реакционную камеру водорода H2, азота N2, их смеси и хлористого водорода HC1. В газовую систему включены барботеры, содержащие тетрахлорид кремния и галогениды тех примесей, которые должны быть введены в эпитаксиальную пленку в процессе роста. Подача H2 обусловлена необходимостью: 1) удаления воздуха из газовой системы и реакционной камеры, 2) обеспечения безопасного функционирования установки, 3) восстановления тетрахлорида кремния, 4) переноса паров тетрахлорида кремния и галогенидов примесей в реакционную зону, 5) газового

Согласована на портале № 20787

травления поверхностей подложек перед эпитаксиальным наращиванием. Укажите правильные ответы

– 3.5. Контроль параметров эпитаксиальных слоев непосредственно в процессе роста характерен для метода: 1) жидкофазного, 2) газофазного, 3) молекулярно-лучевого. Укажите правильный ответ.

– 3.6. На рис. представлена зависимость скорости эпитаксиального наращивания из газовой фазы от температуры подложек при двух значениях скорости газового потока. В какой температурной области (1 или 2) процесс наращивания характеризуется низким качеством эпитаксиального слоя?

– 3.7. Легирование эпитаксиального слоя в процессе роста осуществляют введением в газовую фазу галогенидов легирующих примесей. Концентрация легирующей примеси в слое варьируется изменением: 1) температуры барботера; 2) скорости водородного потока; 3) температуры подложки. Укажите все правильные ответы.

– 3.8. Легирование эпитаксиального слоя в процессе роста основано на использовании газовых источников легирующих элементов. Концентрация легирующей примеси в слое варьируется изменением: 1) температуры источника; 2) температуры подложки; 3) концентрации соответствующего гидрида в смеси гидрида с водородом. Укажите правильные ответы.

– 3.9. Хлоридному методу эпитаксиального наращивания кремния на сильнолегированных подложках свойственны процессы диффузии и автолегирования. Они ограничивают: 1) минимальную концентрацию примесей в растущем слое; 2) получение тонких эпитаксиальных слоев кремния с заданными свойствами; 3) получение толстых эпитаксиальных слоев кремния; 4) получение тонких эпитаксиальных слоев кремния. Укажите все правильные ответы.

– 3.10. Синтез многослойных эпитаксиальных структур за молекулярным экраном в космическом вакууме характеризуют: 1) глубокий вакуум, 2) почти неограниченная скорость откачки компонент рабочего молекулярного пучка, 3) отсутствие стенок рабочей камеры, 4) возможность пространственного удаления элементов технологической оснастки от зоны эпитаксиального роста, 5) значительное увеличение расстояния от подложки до источника молекулярного пучка, 6) использование токсичных летучих жидкостей и газов без загрязнения окружающей среды. Укажите все правильные ответы.

– 4 Литография

– 4.1. Характеристической кривой негативного фоторезиста называется: 1) зависимость скорости проявления от экспозиции; 2) зависимость толщины слоя, в котором произошло сшивание молекул, от логарифма экспозиции; 3) зависимость скорости травления от логарифма экспозиции. Укажите правильный ответ.

– 4.2. Критерием чувствительности негативного фоторезиста является: 1) полное удаление пленки фоторезиста в экспонированных участках; 2) полимеризация экспонированных участков на глубину, достаточную для защиты от воздействия травителей; 3) высокое качество рисунка. Укажите правильный ответ.

– 4.3. В технологии пленочных и гибридных ИМС для создания рисунка слоев применяют методы: 1) фотолитографии, 2) неконтактной маски, 3) контактной маски. Какой из этих методов характеризуется самой низкой разрешающей способностью?

– 4.4. Неконтактные маски (трафареты) используют для получения рисунка в слоях, создаваемых методом: 1) сеткографии, 2) термического испарения в вакууме, 3) химического осаждения из газовой фазы, 4) анодирования в электролите, 5) термодиффузии. Укажите все правильные ответы.

– 4.5. Технологический процесс фотолитографии включает операции: 1) проявление защитного рельефа; 2) нанесение фоторезиста; 3) сушка фоторезиста; 4) совмещение; 5) обработка подложки; 6) задубливание фоторезиста; 7) травление подложки; 8) удаление фоторезиста; 9) экспонирование. Расположите указанные операции в правильной последовательности.

– 4.6. Разрешающая способность фотолитографии с увеличением толщины слоя резиста 1) увеличивается, 2) уменьшается, 3) не изменяется. Укажите правильный ответ.

– 4.7. Разрешающая способность фотолитографии с применением проекционного экспонирования в монохроматическом свете ограничивается: 1) дифракционными явлениями, 2) неплос-

Согласована на портале № 20787

костностью подложки, 3) неоднородностью толщины слоя фоторезиста, 4) явлением интерференции при экспонировании. Укажите неправильный ответ.

– 4.8. Эталонные фотошаблоны изготавливают методами: 1) сканирующей электронолитографии; 2) оптико-механическим; 3) фотонабора; 4) рентгеновской литографии; 5) проекционной электронолитографии. Укажите все правильные ответы.

– 4.9. Рабочие фотошаблоны изготавливают: 1) методом сканирующей электронолитографии; 2) оптико-механическим методом; 3) методом фотонабора; 4) размножением первичных фотооригиналов; 5) размножением эталонных шаблонов. Укажите правильный ответ.

– 4.10. Разрешающая способность, характеризующая для данного фоторезиста фотолитографический процесс в целом, зависит от следующих факторов: 1) толщины слоя фоторезиста; 2) параметров источника излучения; 3) метода получения пленки, в которой создается рельеф; 4) предварительной обработки поверхности; 5) выбора травителя; 6) способа удаления фоторезиста. Укажите неправильные ответы.

3.2 Темы опросов на занятиях

- Основные подходы к синтезу наноструктур.
- Эпитаксиальные методы.
- Нанолитография.
- Зондовые нанотехнологии.
- Нанотрубки.
- Лучевые методы.
- Большие гибридные интегральные схемы.
- Проектирование технологических процессов.

3.3 Вопросы для подготовки к практическим занятиям, семинарам

– Составление технических требований. Выбор физической структуры. Разработка принципиальной электрической схемы. Разработка конструкции и топологии. Оформление документации.

3.4 Темы лабораторных работ

- Элементы кремниевых биполярных ИС

3.5 Зачёт

- 1. Основные подходы к синтезу наноструктур.
- 2. Газофазная, жидкостная и молекулярно-лучевая эпитаксия.
- 3. Самоорганизация квантовых точек при эпитаксии.
- 4. Использование массивов квантовых точек в приборных структурах.
- 5. Фотолитография.
- 6. Электронная литография.
- 7. Рентгенолитография.
- 8. Ионолитография.
- 9. Импринтинг.
- 10. Сканирующая зондовая микроскопия.
- 11. Сканирующий туннельный микроскоп (СТМ).
- 12. Нанотехнологии на основе СТМ.
- 13. Сканирующий атомно-силовой микроскоп (АСМ).
- 14. Нанолитография на основе АСМ
- 15. Методы получения и свойства углеродных нанотрубок.
- 16. Неуглеродные нанотрубки.
- 17. Перспективы применения нанотрубок в электронике.
- 18. Электронно-лучевая технология.
- 19. Лазерные микротехнологии.
- 20. Сущность золь-гель технологии.
- 21. Отличительные особенности и классификация БГИС.

Согласована на портале № 20787

– 22. Технические задания на проектирование технологических процессов.
– 23. Квантовые МОП транзисторы.
– 24. Технологии атомного масштаба.
– 25. Путь к квантовым компьютерам

4 Методические материалы

Для обеспечения процесса обучения и решения задач обучения используются следующие материалы:

– методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы фор-мирования компетенций, согласно п. 12 рабочей программы.

4.1. Основная литература

1. Вакуумно-плазменные методы получения наноструктур: Учебное пособие / Данилина Т. И. - 2012. 89 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/3871, свободный.
2. Наноэлектроника: Учебное пособие / Сахаров Ю. В., Троян П. Е. - 2010. 88 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/537, свободный.
3. Оборудование для создания и исследования свойств объектов наноэлектроники: Учебное пособие / Чистоедова И. А., Данилина Т. И. - 2011. 98 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/547, свободный.

4.2. Дополнительная литература

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 1. Основные структуры полупроводниковых интегральных схем: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 123 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1304, свободный.
2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Часть 2. Элементы интегральных схем и функциональные устройства: Учебное пособие / Романовский М. Н. - 2012. 127 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://edu.tusur.ru/publications/1309, свободный.

4.3. Обязательные учебно-методические пособия

1. Интегральные устройства радиоэлектроники. Элементы кремниевых биполярных ИС: Руководство к лабораторной работе / Романовский М. Н. - 2010. 15 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/336, свободный.
2. Интегральные устройства радиоэлектроники. Проектирование интегральных схем на арсениде галлия: Руководство к практическим занятиям / Романовский М. Н., Нефедцев Е. В. - 2010. 76 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/334, свободный.
3. Проектирование фильтров на ПАВ: Руководство к практическим занятиям и самостоятельной работе / Романовский М. Н. - 2016. 21 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6604, свободный.

4.4. Базы данных, информационно справочные и поисковые системы

1. Интернет

Согласована на портале № 20787