МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(СФУ)

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИИФиРЭ
А.В. Минаков
«05» 03 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ТЕХНОЛОГИЯ МИКРОСХЕМ И МИКРОСБОРОК

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **11.03.03 Конструирование и технология электронных средств**
Направленность (профиль) / специализация: **Проектирование электронных средств космических аппаратов**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Институт инженерной физики и радиоэлектроники**
Кафедра: **приборостроения и наноэлектроники**
Курс: **3**
Семестр: **6**
Учебный план набора 2025 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28	28	часов
Практические занятия	26	26	часов
Лабораторные занятия	14	14	часов
Самостоятельная работа	40	40	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Экзамен	6
Курсовой проект	6

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Нариманова Г.Н.
Должность: И.о. проректора по УРиМД
Дата подписания: 05.03.2025
Уникальный программный ключ:
eb4e14e0-de8d-48f7-bf05-ceacb167edfe

Красноярск

Согласована на портале № 83843

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является формирование знаний, умений и навыков, позволяющих освоить современные технологии электронных компонентов и интегральных схем.

1.2. Задачи дисциплины

1. Получение знаний по физико- технологическим основам процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенностям проведения отдельных технологических операций;
2. Развитие и углубление профессиональных компетенций на теоретическом и прикладном уровнях;
3. Формирование и закрепление навыков разработки технологических процессов изготовления электронной компонентной базы интегральных микросхем.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль направленности (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.09.
Реализуется без применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 3.1):
Таблица 3.1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Компетенция	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Универсальные компетенции		
-	-	-
Общепрофессиональные компетенции		
-	-	-
Профессиональные компетенции		
ПК-3. Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования	ПК-3.1. Знает основные методики расчета электрических схем, режимов работы электронных устройств и расчета их характеристик с применением специализированных САПР	Знает основные методики расчета электрических схем, расчета и выбора конструкции тонкопленочных элементов ГИС и элементов полупроводниковых интегральных микросхем, режимы работы, расчеты их параметров и характеристик с применением САПР
	ПК-3.2. Умеет проводить оценочные расчеты характеристик электронных устройств	Умеет проводить оценочные расчеты параметров и характеристик элементов микросхем различного типа (ГИС. СБИС, ПЛИС)
	ПК-3.3. Владеет навыками анализа характеристик схем электрических принципиальных, узлов и блоков электронных устройств	Владеет навыками анализа характеристик микросхем различного назначения

Согласована на портале № 83843

ПК-7. Способен выполнять работы по технологической подготовке производства электронных средств	ПК-7.1. Знает принципы технологической подготовки производства электронных средств и необходимые виды работ	Знает принципы технологической подготовки производства интегральных микросхем
	ПК-7.2. Умеет применять на практике принципы технологической подготовки производства электронных средств и выполнять необходимые виды работ	Умеет применять на практике принципы технологической подготовки производства интегральных микросхем
	ПК-7.3. Владеет навыками выполнения основных видов работ по технологической подготовке производства электронных средств	Владеет навыками выполнения основных видов работ по технологической подготовке производства интегральных микросхем

4. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной деятельности представлено в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		6 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	68	68
Лекционные занятия	28	28
Практические занятия	26	26
Лабораторные занятия	14	14
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	40	40
Подготовка к тестированию	14	14
Написание отчета по курсовому проекту	14	14
Выполнение индивидуального задания	4	4
Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	3	3
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	5	5
Подготовка и сдача экзамена	36	36
Общая трудоемкость (в часах)	144	144
Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Структура дисциплины по разделам (темам) и видам учебной деятельности приведена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

Согласована на портале № 83843

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
6 семестр						
1 Введение. Основы электронных технологий. Технология микроэлектроники	2	-	-	2	4	ПК-3, ПК-7
2 Компонентная база интегральных схем	2	4	-	3	9	ПК-3, ПК-7
3 Методы формирования тонкопленочных элементов. Фотолитография. Основные понятия и терминология фотолитографического процесса	2	10	-	3	15	ПК-3, ПК-7
4 Технология фотолитографического процесса. Фоторезисты. Фотошаблоны и методы их изготовления	2	-	-	2	4	ПК-3, ПК-7
5 Основные этапы тонкопленочной технологии. Методы получения тонких пленок	2	-	-	2	4	ПК-3, ПК-7
6 Методы переноса изображения ИС	2	-	-	2	4	ПК-3, ПК-7
7 Методы формирования топологии ИС	2	6	-	3	11	ПК-3, ПК-7
8 Разработка и оформление технологической документации по изготовлению ИС	2	6	-	3	11	ПК-3, ПК-7
9 Исходные материалы и структуры ИС	2	-	2	4	8	ПК-3, ПК-7
10 Основные этапы производства ИС	2	-	2	4	8	ПК-3, ПК-7
11 Понятие о структуре полупроводниковых ИС и особенности их производства. Частные технологические процессы производства полупроводниковых ИС	2	-	4	4	10	ПК-3, ПК-7
12 Обрабатывающая группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	2	-	4	3	9	ПК-3, ПК-7
13 Легирование в производстве полупроводниковых ИС	2	-	-	2	4	ПК-3, ПК-7
14 Сборочно-контрольная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	2	-	2	3	7	ПК-3, ПК-7
Итого за семестр	28	26	14	40	108	
Итого	28	26	14	40	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям) приведено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)

Названия разделов (тем) дисциплины	Содержание разделов (тем) дисциплины (в т.ч. по лекциям)	Трудоемкость (лекционные занятия), ч	Формируемые компетенции
6 семестр			

Согласована на портале № 83843

1 Введение. Основы электронных технологий. Технология микроэлектроники	Введение. Этапы развития электроники и микроэлектроники. Классификация ИС. Определение и сущность технологии, ее роль в процессе развития микроэлектроники. Ознакомление со структурой курса.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
2 Компонентная база интегральных схем	Компонентная база ИС. Подложка – основная конструкционная база ИС. Материалы подложек ГИС. Технология изготовления ГИС и. Материалы и технология элементов тонкопленочных ГИС. Материалы и технология толстопленочных ГИС. Резисторы и конденсаторы ИС. Проводники и контактные площадки ИС. Прочие элементы ИС.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
3 Методы формирования тонкопленочных элементов. Фотолитография. Основные понятия и терминология фотолитографического процесса	Масочный метод. Электронно-лучевая технология. Танталовая технология. Литографические процессы. Методы формирования топологии ИС. Процесс избирательного травления материалов. Методы изготовления и контроля фотошаблонов. Технологический процесс контактной фотолитографии. Технология проекционной фотолитографии.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
4 Технология фотолитографического процесса. Фоторезисты. Фотошаблоны и методы их изготовления	Фоторезисты, их характеристики. Технология фотолитографического процесса. Классификация и свойства применяемых материалов. Методы формирования пленок фоторезиста. Сушка фоторезиста. Режимы и виды сушки. Контроль фоторезистивных пленок.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83843

5 Основные этапы тонкопленочной технологии. Методы получения тонких пленок	Методы получения проводящих слоев. Оборудование и технология термического испарения в вакууме. Реактивный, электронно-лучевой и индукционный способы нагрева. Ионно-плазменные методы формирования тонких пленок. Метод катодного распыления. Формирование тлеющего разряда в системе катодного распыления. Оборудование для катодного распыления. ВЧ-метод получения диэлектрических пленок. Реактивное распыление. Технология магнетотронного распыления. Оборудование для магнетотронного распыления. Влияние факторов магентронного распыления на свойства пленок.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
6 Методы переноса изображения ИС	Методы переноса изображения. Технологический процесс контактной фотолитографии. Технология проекционной фотолитографии. Контроль качества совмещения с помощью тестовых структур.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
7 Методы формирования топологии ИС	Электрохимическая сущность процесса травление полупроводников. Технология химического травления кремния. Электронно-лучевая литография. Электронорезисты. Формирование изображения сканирующим электронным пучком. Сущность проекционной электронно-лучевой литографии. Оборудование для электронной литографии. Особенности совмещения и характерные дефекты при электронной литографии. Проявление фоторезиста. Условия обеспечения качества литографических операций. Требования к помещениям, оборудованию и материалам. Сравнительный анализ различных методов микролитографии.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83843

8 Разработка и оформление технологической документации по изготовлению ИС	Разработка технологических процессов изготовления полупроводниковых структур. Разработка и оформление конструкторско-технологической документации по изготовлению полупроводниковых, тонкопленочных структур и ГИС.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
9 Исходные материалы и структуры ИС	Методы получения и очистки полупроводниковых материалов. Резка слитков. Технология механической, химико-механической, химико-динамической, электрохимической и химической обработки полупроводниковых подложек. Контроль качества полупроводниковых подложек.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
10 Основные этапы производства ИС	Основные этапы производства ИС. Проектирование ИС. Технологическая реализация ИС. Конструктивные и технологические методы обеспечения требований к ИС. Технические условия на ИС.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
11 Понятие о структуре полупроводниковых ИС и особенности их производства. Частные технологические процессы производства полупроводниковых ИС	Понятие о структуре полупроводниковых ИС и особенности их производства. Классификация частных технологических процессов производства полупроводниковых ИС. Заготовительная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС. Обрабатывающая группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИМС.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83843

12 Обрабатывающая группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	Операции эпитаксии и окисления. Особенности технологии и оборудования. Типы эпитаксии. Технология получения эпитаксиальных пленок кремния. Получение и свойства гетероэпитаксиальных структур. Хлоридная и гидридная технологии. Факторы, влияющие на эпитаксиальный рост пленок. Основные свойства эпитаксиальных пленок. Формирование диэлектрических покрытий. Осаждение из газовой фазы. Термодинамическое испарение диэлектриков в вакууме. Технологические методы проведения процессов напыления диэлектриков. Влияние ориентации и степени легирования подложек на кинетику процесса оксидирования. Методы практической реализации оксидирования. Структуры и свойства термически выращенных оксидов. Химическое травление полупроводников. Электрохимическая сущность процесса. Технология химического травления кремния. Очистка и сушка подложек. Методы подготовки и контроля свойств деионизованной воды.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
13 Легирование в производстве полупроводниковых ИС	Легирование в производстве полупроводниковых ИМС. Метод термической диффузии. Легирование методом ионной бомбардировки. Методы легирования и перераспределения примесей. Технология диффузии. Механизмы диффузии атомов в полупроводнике Математические модели диффузионных процессов. Способы проведения диффузии. Влияние технологических факторов на параметры диффузии. Выбор легирующей примеси. Особенности проведения локальной диффузии и диффузии в окислительной среде. Образование и отжиг радиационных дефектов.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	

Согласована на портале № 83843

14 Сборочно-контрольная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	Сборочно-контрольная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС. Разделение пластин на кристаллы. Крепление подложек и других компонентов ИМС. Герметизация полупроводниковых ИМС. Сборка кристаллов. Основные сборочные операции и их классификация. Типы применяемых корпусов. Способы присоединения выводов и соединения кристаллов с корпусом. Способы присоединения внешних выводов к контактным площадкам и соединения кристаллов с корпусом. Технология проведения этих процессов. Технология герметизации кристаллов. Материалы, применяемые при герметизации кристаллов. Требования к герметизации микроэлектронных приборов. Технология герметизации и методы ее контроля.	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
	Итого за семестр	28	
	Итого	28	

5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3. – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
2 Компонентная база интегральных схем	Разработка и оформление конструкторской документации ГИС. Оформление принципиальной электрической схемы и спецификации электронного устройства по ЕСКД	4	ПК-3, ПК-7
	Итого	4	
3 Методы формирования тонкопленочных элементов. Фотолитография. Основные понятия и терминология фотолитографического процесса	Разработка и оформление технологической инструкции на технологический процесс изготовления ГИС по ЕСТД	10	ПК-3, ПК-7
	Итого	10	
7 Методы формирования топологии ИС	Разработка и оформление топологического чертежа одного слоя и общей топологии ГИС по ЕСКД	6	ПК-3, ПК-7
	Итого	6	

Согласована на портале № 83843

8 Разработка и оформление технологической документации по изготовлению ИС	Разработка и оформление сборочного чертежа ГИС по ЕСКД	6	ПК-3, ПК-7
	Итого	6	
Итого за семестр		26	
Итого		26	

5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
6 семестр			
9 Исходные материалы и структуры ИС	Изучение установки вакуумно-термического напыления УВН-2М-1. Работа с технической документацией	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
10 Основные этапы производства ИС	Изучение оборудования для процессов фотолитографии. Работа с технической документацией	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
11 Понятие о структуре полупроводниковых ИС и особенности их производства. Частные технологические процессы производства полупроводниковых ИС	Разработка технологического процесса изготовления полупроводниковой интегральной микросхемы	4	ПК-3, ПК-7
	Итого	4	
12 Обрабатывающая группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	Технологическое моделирование элементов полупроводниковых интегральных схем в пакете TCAD	4	ПК-3, ПК-7
	Итого	4	
14 Сборочно-контрольная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	Изучение оборудования резки пластин на модули (Алмаз) и установки контактной сварки (Контакт-3А)	2	ПК-3, ПК-7
	Итого	2	
Итого за семестр		14	
Итого		14	

5.5. Курсовой проект

Контактная аудиторная работа по курсовому проекту проводится в рамках практических занятий.

Тематика КП связана с разработкой топологии и технологического процесса изготовления ГИС и оформлением конструкторско-технологической документации в 6 семестре на основе самостоятельно выбранной студентом электрической схемы какого-либо микроэлектронного устройства, блока, узла, элемента и согласованной с преподавателем.

5.6. Самостоятельная работа

Согласована на портале № 83843

Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции представлены в таблице 5.6.

Таблица 5.6. – Виды самостоятельной работы, трудоемкость и формируемые компетенции

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
6 семестр				
1 Введение. Основы электронных технологий. Технология микроэлектроники	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	2		
2 Компонентная база интегральных схем	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Выполнение индивидуального задания	1	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание
	Итого	3		
3 Методы формирования тонкопленочных элементов. Фотолитография. Основные понятия и терминология фотолитографического процесса	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	1	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	3		

Согласована на портале № 83843

4 Технология фотолитографического процесса. Фоторезисты. Фотошаблоны и методы их изготовления	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	2		
5 Основные этапы тонкопленочной технологии. Методы получения тонких пленок	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	2		
6 Методы переноса изображения ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	2		
7 Методы формирования топологии ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	1	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	3		
8 Разработка и оформление технологической документации по изготовлению ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Выполнение индивидуального задания	1	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	3		

Согласована на портале № 83843

9 Исходные материалы и структуры ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ПК-3, ПК-7	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-3, ПК-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	4		
10 Основные этапы производства ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ПК-3, ПК-7	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-3, ПК-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	4		
11 Понятие о структуре полупроводниковых ИС и особенности их производства. Частные технологические процессы производства полупроводниковых ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Подготовка к защите отчета по лабораторной работе	1	ПК-3, ПК-7	Защита отчета по лабораторной работе
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-3, ПК-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	4		

Согласована на портале № 83843

12 Обрабатывающая группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-3, ПК-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	3		
13 Легирование в производстве полупроводниковых ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	2		
14 Сборочно-контрольная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	Подготовка к тестированию	1	ПК-3, ПК-7	Тестирование
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	1	ПК-3, ПК-7	Лабораторная работа
	Написание отчета по курсовому проекту	1	ПК-3, ПК-7	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	3		
Итого за семестр		40		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		76		

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

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий представлено в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов занятий

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности				Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Лаб. раб.	Сам. раб.	
ПК-3	+	+	+	+	Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Тестирование, Экзамен

Согласована на портале № 83843

ПК-7	+	+	+	+	Защита отчета по лабораторной работе, Индивидуальное задание, Курсовой проект, Лабораторная работа, Отчет по курсовому проекту, Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Балльные оценки для форм контроля представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Балльные оценки

Формы контроля	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
6 семестр				
Защита отчета по лабораторной работе	0	5	10	15
Индивидуальное задание	6	11	16	33
Лабораторная работа	0	5	11	16
Тестирование	2	2	2	6
Экзамен				30
Итого максимум за период	8	23	39	100
Нарастающим итогом	8	31	70	100

6.2. Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Пересчет баллов в оценки за текущий контроль представлен в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Пересчет баллов в оценки за текущий контроль

Баллы на дату текущего контроля	Оценка
≥ 90% от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
< 60% от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Оценка	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)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Согласована на портале № 83843

7.1. Основная литература

1. Фенькова Н. Б., Семенова О. В. Интегральные устройства радиоэлектроники. Технология микросхем и микропроцессоров:лаб. практикум. – Красноярск: СФУ, 2010. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-612288.pdf.

2. Юзова В. А., Семенова О. В., Харлашин П. А. Материалы и компоненты электронных средств:учеб. пособие для студентов. –Красноярск: СФУ, 2012. – 138 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-674020.pdf.

3. Семенова О. В. Проектирование микросхем и микропроцессоров: лаб. практикум. – Красноярск: СФУ, 2012. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-503161.pdf.

7.2. Дополнительная литература

1. Семенова О.В. Микроэлектромеханика: лаб. практикум. – Красноярск: СФУ, 2012. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/elib/u62/i-578866.pd.

2. Патрушева Т. Н., Семенова О. В. Технология производства электронных средств: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины. – Красноярск: ИПК СФУ, 2007. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: http://lib3.sfu-kras.ru/ft/lib2/ELIB_DC/UMKD/i-251955.zip.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Юзова В. А. Материалы и элементы электронной техники:учеб.-метод. пособие по самостоят. работе. - Красноярск: СФУ, 2012. - 23 с. (кол-во экз. в библиотеке СФУ – 8).

2. Алексеева Н.А., Фенькова Н.Б., Семенова О.В. Технологические среды в микроэлектронике: метод. указания по лабораторным работам. - Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. - 64 с. (кол-во экз. в библ-ке СФУ – 1.).

7.3.2. Учебно-методические пособия для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Учебно-методические материалы для самостоятельной и аудиторной работы обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предоставляются 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.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа и СФУ открыт доступ: https://lib.tusur.ru/ru/resursy/bazy-dannyh, https://bik.sfu-kras.ru/elib/databases.

8. Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

8.1. Материально-техническое и программное обеспечение для лекционных занятий

Для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используется учебная аудитория с достаточным количеством посадочных мест для учебной группы, оборудованная доской и стандартной учебной мебелью. Имеются мультимедийное оборудование и учебно-наглядные пособия, обеспечивающие

Согласована на портале № 83843

тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации.

Описание имеющегося оборудования:

- Интерактивная панель;
- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Adobe Reader;
- Google Chrome;
- Microsoft Office 2013;
- Windows 10.
- КОМПАС-3D V9. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон. Система трехмерного твердотельного моделирования.
- SolidWorks Premium 2012. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория: учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы.

Описание имеющегося оборудования:

- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя. Программное обеспечение:
- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- Keysight Advanced Design System (ADS);
- Keysight Electromagnetic Professional (EMPro);
- LibreOffice;
- Microsoft Windows 8.1 и ниже;
- PDFCreator;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Qucs;
- Scilab;
- Velleman PcLab2000LT;
- WinDjView;
- КОМПАС-3D V9. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон. Система трехмерного твердотельного моделирования.
- SolidWorks Premium 2012. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий практического типа, учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, помещение для курсового проектирования (выполнения курсовых работ), помещение для проведения групповых и индивидуальных консультаций, помещение для проведения текущего контроля и

Согласована на портале № 83843

промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы.

Описание имеющегося оборудования:

- Магнитно-маркерная доска;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- 7-Zip;
- Adobe Acrobat Reader;
- Google Chrome;
- LibreOffice;
- Microsoft Office 2010 и ниже;
- Microsoft Windows 8.1;
- Mozilla Firefox;
- PDF-XChange Viewer;
- PDFCreator;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Qucs;
- КОМПАС-3D V9. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон. Система трехмерного твердотельного моделирования.
- SolidWorks Premium 2012. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.

8.5. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы).

Описание имеющегося оборудования:

- учебная мебель;
- компьютеры;
- компьютеры подключены к сети «Интернет» и обеспечивают доступ в электронную информационно-образовательную среду ТУСУРа.

Перечень программного обеспечения:

- Microsoft Windows;
- OpenOffice;
- Kaspersky Endpoint Security 10 для Windows;
- 7-Zip;
- Google Chrome;
- КОМПАС-3D V9. Инженерное программное обеспечение для проектирования компании Аскон. Система трехмерного твердотельного моделирования;
- SolidWorks Premium 2012. Расширенная версия программы для проектирования изделий с учетом требований промышленного производства.

8.6. Материально-техническое обеспечение дисциплины для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Освоение дисциплины лицами с ограниченными возможностями здоровья и инвалидами осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями слуха** предусмотрено использование звукоусиливающей аппаратуры, мультимедийных средств и других технических средств приема/передачи учебной информации в доступных формах, мобильной системы преподавания для обучающихся с инвалидностью, портативной индукционной системы. Учебная аудитория, в которой занимаются обучающиеся с нарушением слуха, оборудована компьютерной техникой, аудиотехникой, видеотехникой, электронной доской, мультимедийной системой.

При занятиях с обучающимися с **нарушениями зрения** предусмотрено использование в лекционных и учебных аудиториях возможности просмотра удаленных объектов (например, текста на доске или слайда на экране) при помощи видеоувеличителей для комфортного просмотра.

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

Согласована на портале № 83843

9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

Для оценки степени сформированности и уровня освоения закрепленных за дисциплиной компетенций используются оценочные материалы, представленные в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение. Основы электронных технологий. Технология микроэлектроники	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Компонентная база интегральных схем	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Методы формирования тонкопленочных элементов. Фотолитография. Основные понятия и терминология фотолитографического процесса	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Технология фотолитографического процесса. Фоторезисты. Фотошаблоны и методы их изготовления	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Основные этапы тонкопленочной технологии. Методы получения тонких пленок	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 83843

6 Методы переноса изображения ИС	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Методы формирования топологии ИС	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Разработка и оформление технологической документации по изготовлению ИС	ПК-3, ПК-7	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Исходные материалы и структуры ИС	ПК-3, ПК-7	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
10 Основные этапы производства ИС	ПК-3, ПК-7	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 83843

11 Понятие о структуре полупроводниковых ИС и особенности их производства. Частные технологические процессы производства полупроводниковых ИС	ПК-3, ПК-7	Защита отчета по лабораторной работе	Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
12 Обрабатывающая группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
13 Легирование в производстве полупроводниковых ИС	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
14 Сборочно-контрольная группа технологических процессов изготовления полупроводниковых ИС	ПК-3, ПК-7	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по дисциплине приведена в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Шкала оценки сформированности планируемых результатов обучения по дисциплине

Оценка	Баллы за ОМ	Формулировка требований к степени сформированности планируемых результатов обучения		
		знать	уметь	владеть
2 (неудовлетворительно)	< 60% от максимальной суммы баллов	отсутствие знаний или фрагментарные знания	отсутствие умений или частично освоенное умение	отсутствие навыков или фрагментарные применение навыков

Согласована на портале № 83843

3 (удовлетворительно)	от 60% до 69% от максимальной суммы баллов	общие, но не структурированные знания	в целом успешно, но не систематически осуществляемое умение	в целом успешное, но не систематическое применение навыков
4 (хорошо)	от 70% до 89% от максимальной суммы баллов	сформированные, но содержащие отдельные проблемы знания	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы умение	в целом успешное, но содержащие отдельные пробелы применение навыков
5 (отлично)	≥ 90% от максимальной суммы баллов	сформированные систематические знания	сформированное умение	успешное и систематическое применение навыков

Шкала комплексной оценки сформированности компетенций приведена в таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Шкала комплексной оценки сформированности компетенций

Оценка	Формулировка требований к степени компетенции
2 (неудовлетворительно)	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале или Знать на уровне **ориентирования**, представлений. Обучающийся знает основные признаки или термины изучаемого элемента содержания, их отнесенность к определенной науке, отрасли или объектам, узнает в текстах, изображениях или схемах и знает, к каким источникам нужно обращаться для более детального его усвоения.
3 (удовлетворительно)	Знать и уметь на **репродуктивном** уровне. Обучающихся знает изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на **аналитическом** уровне. Зная на репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на **системном** уровне. Обучающийся знает изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим элементом и другими элементами содержания дисциплины, его значимость в содержании дисциплины.

9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

1. Низкий вакуум считается от 10^{-1} до 10^{-5} Торр:

а) Верно;

б) Неверно.

2. Какой метод получения тонких пленок не относится к ионно-плазменному?

а) вакуумно- термическое напыление;

б) реактивное распыление;

в) магнетронное распыление;

г) катодное распыление;

3. Схема, которая содержит несколько бескорпусных диодов, бескорпусных транзисторов и(или) других электронных активных компонентов называется:

а) Гибридно-интегральная ИМС;

Согласована на портале № 83843

б) Пленочная ИМС;
в) Смешанная ИМС;
г) Полупроводниковая ИМС;

4. Схема, на которой все элементы и межэлементные соединения выполнены на одном полупроводниковом кристалле (например, кремния, германия, арсенида галлия, оксида гафния) называется:

а) Толстопленочная ИМС;
б) Тонкопленочная ИМС;
в) Гибридно- интегральная микросхема;
г) Полупроводниковая ИМС;

5. Какое требование к тонкоплёночным элементам неверное?

а) стабильность во времени;
б) высокий ТКС;
в) малая занимаемая площадь;
г) низкий уровень шумов.

6. В тонкоплёночной технологии размеры верхней и нижней обкладок конденсаторов должны быть...

а) одинаковыми;
б) не имеет никакого значения;
в) нижняя обкладка должна быть меньше верхней обкладки конденсатора;
г) верхняя обкладка должна быть меньше нижней обкладки конденсатора.

7. Средний вакуум подразумевает под собой…

а) $P = 10^{-5(-6)} \div 10^{-9}$ Торр;
б) $P = 10^{-2(-3)} \div 10^{-9}$ Торр;
в) $P = 10^{-3} \div 10^{-5}$ Торр;
г) P до $10^{-1(-2)}$ Торр.

8. Какой вид сушки фоторезиста неверный?

а) конвективный – в термошкафах;
б) СВЧ сушка;
в) в инфракрасных лучах;
г) обдувом горячим воздухом;

9. Что подразумевает под собой понятие "планарная технология"?

а) технология, которая использует ультрафиолетовое облучение для создания элементов схемы;
б) планируемая по разработанному ранее конструкторскому документу;
в) схема, выполненная только из пассивных пленочных элементов;
г) элементы сформированы послойно в одной плоскости полупроводниковой подложки.

10. К недостатку балочных жёстких выводов навесных элементов относится…

а) низкая интеграция;
б) низкая надежность;
в) сложность изготовления.

11. Какую степень интеграции подразумевает под собой термин "средняя интегральная схема СИС)"?

а) до 1000 элементов на кристалле;
б) до 10000 элементов на кристалле;
в) до 100 элементов на кристалле;
г) свыше 1000 элементов на кристалле.

12. От чего зависит удельное сопротивление n-типа кремния?

а) подвижности электронов и их концентрации в кремнии;
б) подвижности электронов и дырок и их концентрации соответственно Ng и Na;
в) подвижности дырок и их концентрации в кремнии;
г) подвижности дырок и концентрации электронов в кремнии.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Электроника и тенденции ее развития. Особенности производства электронных приборов и устройств.
2. Микроэлектроника. Этапы ее развития. Основные технологии изготовления микроэлектронных устройств. Классификация микросхем.
3. Классификация ИМС.

Согласована на портале № 83843

4. Полупроводниковые ИМС, их особенности, преимущества и недостатки.
5. Гибридно-интегральные схемы. Технология изготовления. Возможности ГИС и недостатки.
6. Толстопленочные ИМС. Толстопленочная технология. Особенности толстопленочных ИМС. Возможности и существующие проблемы данной технологии.
7. Материалы подложки для ГИС. Требования к материалам подложки.
8. Резистивные материалы. Зависимость сопротивления тонких резистивных пленок от температуры.
9. Тонкопленочные резисторы (ТПР). Конфигурация и расчет ТПР.
10. Диэлектрические пленки. Группы диэлектрических материалов.
11. Проводящие пленки. Тонкопленочные индуктивности.
12. Вакуумные технологии получения тонких пленок. Условия получения тонких пленок. Общие требования к методам получения ТП. Основные методы тонкопленочной технологии. Основные этапы ТП технологии.
13. Термическое вакуумное напыление. Система ВТИ. Технология.
14. Структура и свойства пленок при ВТИ.
15. Тонкопленочные конденсаторы (ТПК). Требования к материалам обкладок и диэлектрических конденсаторов. Расчет и конфигурация ТПК.
16. Конструирование и расчет тонкопленочных индуктивностей.
17. Вакуумная система. Пластинчато-роторный (механический) насос, принцип действия насоса.
18. Пароструйный – диффузионный насос, принцип его действия.
19. Контроль параметров вакуума. Типы вакуумметров и принцип их действия.
20. Типы испарителей. Конструкции и принцип действия.
21. Измерение состава откачиваемого газа.
22. Измерение параметров конденсируемых слоев.
23. Рабочие режимы испарения. Термодинамический расчет температуры испарения.
24. Испарение сплавов. Методы испарения сплавов.
25. Процесс конденсации при напылении пленок.
26. Навесные элементы и их параметры.
27. Ионно-плазменный метод. Механизм аккумуляции импульсов.
28. Зависимость коэффициента распыления от размеров и энергии ионов.
29. Методы получения тонких пленок.
30. Метод катодного распыления.
31. Высокочастотный метод получения тонких пленок.
32. Формирование ионных потоков.
33. Движение зарядов в тлеющем разряде.
34. Магнетронное распыление.
35. Диодная система. Триодная система.
36. Характеристики ионно-плазменных методов.
37. Масочный метод.
38. Формирование резистивного и проводящего слоев.
39. Литографические процессы. Фотолитография.
40. Основные операции ФЛГ.
41. Фоторезисты. Методы нанесения фоторезиста.
42. Подготовка поверхности подложки перед процессом нанесения тонких пленок.
43. Способы сушки поверхности подложек и фоторезистов.
44. Контактная и бесконтактная ФЛГ (ФЛГ на микрозазоре, проекционная ФЛГ).
45. Операции совмещения, экспонирования и проявления в процессах ФЛГ.
46. Оценка качества проведения фотолитографических операций.
47. Комбинированный метод.
48. Электронно-лучевая технология.
49. Танталовая технология.
50. Стабилизация и подгонка тонкопленочных элементов. Методы подгонки.
51. Сборка и защита ИМС.
52. Методы разделения пластин на кристаллы.
53. Метод микроконтактирования. Проволочный и беспроволочный монтаж.
54. Методы защиты ИМС. Способы герметизации ИМС. Типы корпусов ИМС.

Согласована на портале № 83843

55. Применение и разновидности клеев в производстве ИМС.
56. Методы пайки и разновидности припоев. Требования к флюсам.
57. Химические и электрохимические методы получения тонких пленок.
58. Классификация и система обозначения ИМС.
59. Диффузия и ее движущие силы. Решение дифференциального уравнения Фика.
60. Диффузия примесей из ограниченного источника.
61. Диффузия примесей из неограниченного источника.
62. Коэффициент диффузии. Его энергетические характеристики.
63. Окисление кремния при изготовлении твердотельных ИМС.
64. Пиролитическое осаждение материалов для получения защитных пленок.
65. Эпитаксиальное наращивание. Требования к процессу и механизмы роста.
66. Особенности гидридной и хлоридной технологии кремния.
67. Химическое травление. Кинетика процесса.

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Разработка конструкторской и технологической документации электронного охранного устройства.
2. Разработка конструкторской и технологической документации электронного таймера времени.
3. Разработка конструкторской и технологической документации электронного музыкального звонка.
4. Разработка конструкторской и технологической документации ИК датчика
5. Разработка конструкторской и технологической документации игрушки с лазерным управлением.

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Требования по оформлению топологии ГИС?
2. Требования к оформлению сборочного чертежа?
3. Требования к оформлению принципиальной электрической схеме и спецификации?
4. Основные этапы разработки топологического чертежа ГИС?
5. Основные требования разработки технологической документации в соответствии с ЕСТД?
6. Основные требования разработки конструкторской документации в соответствии с ЕСКД?
7. Обоснование выбора метода получения тонких пленок для формирования тонкопленочных элементов ГИС?
8. Обоснование выбора метода формирования тонкопленочных элементов ГИС?
9. Обоснование выбора метода изоляции полупроводниковой интегральной схемы?
10. Принципы разработки технологического процесса изготовления микросхем?

9.1.5. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Разработка конструкторской и технологической документации электронного охранного устройства.
2. Разработка конструкторской и технологической документации электронного таймера времени.
3. Разработка конструкторской и технологической документации электронного музыкального звонка.
4. Разработка конструкторской и технологической документации ИК датчика.
5. Разработка конструкторской и технологической документации игрушки с лазерным управлением.

9.1.6. Примерный перечень вопросов для защиты лабораторных работ

1. Сущность метода ВТИ.
2. Получение высокого вакуума в системе.
3. Контроль вакуума в системе.
4. Этапы технологии ВТИ.
5. Основные этапы фотолитографии.
6. Выбор режимов процесса напыления тонких пленок.

Согласована на портале № 83843

7. Методы микроконтактирования элементов микросхем.
8. Принципы работы с вакуумным оборудованием.
9. Сборочно-монтажные операции при изготовлении микросхем.
10. Операции разделения пластин на кристаллы.

9.1.7. Темы лабораторных работ

1. Изучение установки вакуумно-термического напыления УВН-2М-1. Работа с технической документацией
2. Изучение оборудования для процессов фотолитографии. Работа с технической документацией
3. Разработка технологического процесса изготовления полупроводниковой интегральной микросхемы
4. Технологическое моделирование элементов полупроводниковых интегральных схем в пакете TCAD
5. Изучение оборудования резки пластин на модули (Алмаз) и установки контактной сварки (Контакт-3А)

9.2. Методические рекомендации

Учебный материал излагается в форме, предполагающей самостоятельное мышление студентов, самообразование. При этом самостоятельная работа студентов играет решающую роль в ходе всего учебного процесса.

Начать изучение дисциплины необходимо со знакомства с рабочей программой, списком учебно-методического и программного обеспечения. Самостоятельная работа студента включает работу с учебными материалами, выполнение контрольных мероприятий, предусмотренных учебным планом.

В процессе изучения дисциплины для лучшего освоения материала необходимо регулярно обращаться к рекомендуемой литературе и источникам, указанным в учебных материалах; пользоваться через кабинет студента на сайте Университета образовательными ресурсами электронно-библиотечной системы, а также общедоступными интернет-порталами, содержащими научно-популярные и специализированные материалы, посвященные различным аспектам учебной дисциплины.

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

– чтение или просмотр материала осуществляйте со скоростью, достаточной для индивидуального понимания и освоения материала, выделяя основные идеи; на основании изученного составить тезисы. Освоив материал, попытаться соотнести теорию с примерами из практики;

– если в тексте встречаются незнакомые или малознакомые термины, следует выяснить их значение для понимания дальнейшего материала;

– осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

Студенты могут получать индивидуальные консультации, в т.ч. с использованием средств телекоммуникации.

По дисциплине могут проводиться дополнительные занятия, в т.ч. в форме вебинаров. Расписание вебинаров и записи вебинаров публикуются в электронном курсе / электронном журнале по дисциплине.

9.3. Требования к оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены дополнительные оценочные материалы, перечень которых указан в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка

Согласована на портале № 83843

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, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки

9.4. Методические рекомендации по оценочным материалам для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов 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.

Лицам с ограниченными возможностями здоровья и инвалидам увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких обучающихся предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

– письменно на бумаге;
– набор ответов на компьютере;
– набор ответов с использованием услуг ассистента;
– представление ответов устно.

Процедура оценивания результатов обучения лиц с ограниченными возможностями здоровья и 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 лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

Согласована на портале № 83843

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры приборостроения и наноэлектроники
протокол № 5 от «21» 1 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий обеспечивающей каф. ПиН СФУ	А.А. Левицкий	
Заведующий выпускающей каф. КУДР ТУСУР	С.А. Артищев	
Начальник учебного управления ТУСУР	И.А. Лариошина	

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. КУДР ТУСУР	С.А. Артищев	
Доцент, каф. КУДР ТУСУР	Е.И. Тренкаль	

РАЗРАБОТАНО:

Доцент каф. ПиН СФУ	О.В. Семенова	

Согласована на портале № 83843