МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____Сенченко П.В.
«22» _____02_____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Уровень образования: **высшее образование - бакалавриат**
Направление подготовки / специальность: **28.03.01 Нанотехнологии и микросистемная техника**
Направленность (профиль) / специализация: **Нанотехнологии в электронике и микросистемной технике**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **3**
Семестр: **5**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	5 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	36	36	часов
Практические занятия	18	18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	18	18	часов
Лабораторные занятия	16	16	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	16	16	часов
Самостоятельная работа	38	38	часов
Подготовка и сдача экзамена	36	36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	144	часов
	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	5

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Сенченко П.В.
Должность: Проректор по УР
Дата подписания: 22.02.2023
Уникальный программный ключ:
a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c

Томск

Согласована на портале № 69040

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Целью освоения дисциплины является формирование базовых знаний в области технологии электронной компонентной базы, позволяющего выпускнику обладать предметно-специализированными компетенциями.

1.2. Задачи дисциплины

1. Данная учебная дисциплина имеет перед собой задачу показать физическую сущность используемых в микро- и наноэлектронике технологических процессов и привить обучающемуся комплексный научный подход к выбору методов и процессов формирования электронной компонентной базы.

2. Результатом обучения должно быть приобретение компетенций по основным, базовым процессам технологии для применения их в научных исследованиях, разработке и производстве изделий микро- и наноэлектроники.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль направленности (профиля) (major).

Индекс дисциплины: Б1.В.02.07.

Реализуется с применением 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		

Согласована на портале № 69040

ПК-2. Готов проводить экспериментальные исследования по синтезу и анализу материалов и компонентов нано- и микросистемной техники	ПК-2.1. Знает методы синтеза наноматериалов и компонентов	знает физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций
	ПК-2.2. Умеет выбрать и применить метод анализа материалов и компонентов микрои наносистемной техники	умеет рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами
	ПК-2.3. Владеет основными методиками постановки и проведения экспериментальных исследований	владеет навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы
ПК-4. Готов к применению современных технологических процессов и технологического оборудования на этапах разработки и производства изделий микро- и наноэлектроники, твердотельной электроники и микросистемной техники	ПК-4.1. Знает основное технологическое оборудование для производства изделий микро-, нано- и твердотельной электроники	знает физико-технологические основы процессов производства изделий электронной компонентной базы, особенности проведения отдельных технологических операций
	ПК-4.2. Умеет обосновывать выбор технологического процесса и оборудования для его реализации	умеет рассчитать физико-технологические режимы проведения технологических процессов для получения активных и пассивных элементов электронной компонентной базы с требуемыми конструктивными и электрофизическими параметрами
	ПК-4.3. Владеет навыками практической работы на технологическом оборудовании	владеет навыками выбора и применения основных операций технологии создания элементов электронной компонентной базы с учетом их особенностей и конкретных целей; владеет навыками работы на оборудовании, используемом в производстве элементов электронной компонентной базы

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

Согласована на портале № 69040

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		5 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	70	70
Лекционные занятия	36	36
Практические занятия	18	18
Лабораторные занятия	16	16
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	38	38
Подготовка к тестированию	9	9
Подготовка к контрольной работе	6	6
Выполнение индивидуального задания	10	10
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	8	8
Выполнение практического задания	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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
5 семестр						
1 Введение, цели и задачи дисциплины	2	-	-	1	3	ПК-4
2 Производственная чистота, гигиена и безопасность	2	-	-	2	4	ПК-2, ПК-4
3 Литографические процессы в технологии электронных средств	6	6	4	7	23	ПК-2, ПК-4
4 Технология плазменных процессов	4	-	-	1	5	ПК-2, ПК-4
5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	6	4	4	6	20	ПК-2, ПК-4
6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	6	4	4	7	21	ПК-2, ПК-4
7 Технология формирования тонкопленочных ИМС	4	2	4	7	17	ПК-2, ПК-4
8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	4	2	-	5	11	ПК-2, ПК-4
9 Технология сборочных процессов	2	-	-	2	4	ПК-2, ПК-4
Итого за семестр	36	18	16	38	108	
Итого	36	18	16	38	108	

5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины

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

Согласована на портале № 69040

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
5 семестр			
1 Введение, цели и задачи дисциплины	Цели и задачи курса. Требования к объему знаний по дисциплине. Этапы развития и современное состояние технологии материалов и приборов макро-, микро- и наноэлектроники. Основные процессы технологии электронной компонентной базы.	2	ПК-4
	Итого	2	
2 Производственная чистота, гигиена и безопасность	Чистые помещения: классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты. Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля. Технологические среды: чистота материалов, воды, газовых сред и жидкостей. Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин. Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов.	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
3 Литографические процессы в технологии электронных средств	Классификация процессов литографии. Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства. Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ. Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ. Оптические эффекты при фотолитографии. Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.	6	ПК-2, ПК-4
	Итого	6	

Согласована на портале № 69040

4 Технология плазменных процессов	Взаимодействие энергетических ионов с материалами. Физико-химические процессы в низкотемпературной газоразрядной плазме. Процессы травления и очистки материалов с использованием НГП. Основы ионного травления, плазмохимического травления и ионно-химического травления материалов.	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	Формирование молекулярного потока. Физика термического испарения в вакууме. Скорость конденсации. Механизм испарения соединений и сплавов. Способы испарения	6	ПК-2, ПК-4
	Итого	6	
6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	Физика ионного распыления. Модель ионного распыления. Закономерности распыления. Теория ионного распыления. Скорость осаждения пленок. Получение пленок ионно-плазменным распылением.	6	ПК-2, ПК-4
	Итого	6	
7 Технология формирования тонкопленочных ИМС	Подложки. Тонкопленочные резисторы, конденсаторы, индуктивности. Выбор материалов. Технологические погрешности. Проводники и контактные площадки.	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	Формирование тонкопленочных ИМС с применением прямых и обратных контактных масок.	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
9 Технология сборочных процессов	Разделение пластин на кристаллы. Методы крепления кристаллов в корпусе прибора. Методы присоединения внешних выводов. Сборка приборов на ленточный носитель. Методы герметизации корпусов приборов.	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		36	
Итого		36	

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
5 семестр			

Согласована на портале № 69040

3 Литографические процессы в технологии электронных средств	Технология получения рисунка интегральных микросхем	4	ПК-2, ПК-4
	Технология изготовления фотошаблонов	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	6	
5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
7 Технология формирования тонкопленочных ИМС	Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС	2	ПК-2, ПК-4
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

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
5 семестр			
3 Литографические процессы в технологии электронных средств	Технологический процесс фотолитографии	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	Осаждение резистивных и проводящих плёнок	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
7 Технология формирования тонкопленочных ИМС	Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов	4	ПК-2, ПК-4
	Итого	4	
Итого за семестр		16	
Итого		16	

Согласована на портале № 69040

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

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
5 семестр				
1 Введение, цели и задачи дисциплины	Подготовка к тестированию	1	ПК-4	Тестирование
	Итого	1		
2 Производственная чистота, гигиена и безопасность	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	2		
3 Литографические процессы в технологии электронных средств	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	1	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	7		
4 Технология плазменных процессов	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	1		
5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	1	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	6		

Согласована на портале № 69040

6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	1	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	7		
7 Технология формирования тонкопленочных ИМС	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	2	ПК-2, ПК-4	Лабораторная работа
	Выполнение практического задания	1	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	7		
8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	Выполнение индивидуального задания	2	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание
	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Выполнение практического задания	1	ПК-2, ПК-4	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	5		
9 Технология сборочных процессов	Подготовка к контрольной работе	1	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-2, ПК-4	Тестирование
	Итого	2		
Итого за семестр		38		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
Итого		74		

Согласована на портале № 69040

5.7. Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности

Соответствие компетенций, формируемых при изучении дисциплины, и видов учебной деятельности 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-2	+	+	+	+	Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, Тестирование, Экзамен
ПК-4	+	+	+	+	Индивидуальное задание, Контрольная работа, Лабораторная работа, Практическое задание, 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
5 семестр				
Индивидуальное задание	5	5	5	15
Контрольная работа	0	10	10	20
Лабораторная работа	0	7	7	14
Практическое задание	5	5	5	15
Тестирование	0	0	6	6
Экзамен				30
Итого максимум за период	10	27	33	100
Нарастающим итогом	10	37	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

Согласована на портале № 69040

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

7.1. Основная литература

1. Процессы микро- и нанотехнологии : учебное пособие для вузов / Т. И. Данилина [и др.] ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (Томск). - Томск : ТУСУР, 2005. - 316 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 74 экз.).

2. Данилина, Тамара Ивановна. Технология тонкопленочных микросхем : Учебное пособие. - Томск : ТУСУР , 2007. - 151 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 49 экз.).

7.2. Дополнительная литература

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

2. Микроэлектроника: Физические и технологические основы, надежность : Учебное пособие для вузов / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь, Ю. И. Горбунов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1986. - 464 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 54 экз.).

3. Технология микросхем : Учебное пособие для вузов / О. Д. Парфенов. - М. : Высшая школа, 1986. - 318[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 317. (наличие в библиотеке ТУСУР - 121 экз.).

4. Готра, Зенон Юрьевич. Технология микроэлектронных устройств : Справочник. - М. : Радио и связь , 1991. - 528 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 44 экз.).

5. Тонкопленочные микросхемы для приборостроения и вычислительной техники : / В. Д. Гимпельсон, Ю. А. Радионов. - М. : Машиностроение, 1976. - 328 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 40 экз.).

6. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем [] : учебное пособие для вузов: в 2 ч. / ред. Ю. А. Чаплыгин. - (Электроника). Ч. 1 : Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2010. - 397 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 10 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Чистоедова, Инна Анатольевна. Основы технологии электронной компонентной базы : учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов направлений подготовки 11.03.04 "Электроника и наноэлектроника", 28.03.01 "Нанотехнологии и микросистемная техника". - Томск : Издательство ТУСУРа , 2022. - 80 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 50 экз.).

2. Т.И. Данилина Ю.В. Сахаров. Основы технологии электронной компонентной базы: Методическое пособие по выполнению лабораторных работ - Томск: ТУСУР - 2020. - 60 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://miel.tusur.ru/dwn/umo/id/29a9c0e39223/f/OTKB.pdf.

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

Согласована на портале № 69040

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

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

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 тематические иллюстрации по лекционным разделам дисциплины.

8.2. Материально-техническое и программное обеспечение для практических занятий

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, 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; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 117 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка совмещения и экспонирования ЩА-310;
- Установка для нанесения фоторезиста;
- Электронный микроскоп УЭМВ-100К;
- Дистиллятор воды;
- Лабораторное оборудование и приборы: микроскоп МБС-9, микроскоп стерео МС-1, микроинтерферометр МИИ-4, химическая посуда, реактивы;
- Учебная доска;
- Проектор Benq;
- Ноутбук ASUS;
- Экран для проектора;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для лабораторных работ

Лаборатория технологии интегральных схем: учебная аудитория для проведения занятий лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 116 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Установка вакуумного напыления УРМ-3 (2 шт.);
- Установка вакуумного напыления УВН-2М-1;
- Установка вакуумного напыления ВУП-5;
- Насос Вакуумный 2 НВР-5ДМ;

Согласована на портале № 69040

- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания HY 3003;
- Микроскоп ММУ-3;
- Микроскоп МИИ-4;
- Микроскоп МБС-9;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.4. Материально-техническое и программное обеспечение для самостоятельной работы

Для самостоятельной работы используются учебные аудитории (компьютерные классы), расположенные по адресам:

- 634050, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 40, 233 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 209 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 207 ауд.

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.

8.5. 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.

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

Согласована на портале № 69040

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Введение, цели и задачи дисциплины	ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Производственная чистота, гигиена и безопасность	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Литографические процессы в технологии электронных средств	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Технология плазменных процессов	ПК-2, ПК-4	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Технология формирования тонкопленочных покрытий методом термического испарения в вакууме	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 69040

6 Ионно-плазменные методы получения тонких пленок	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Технология формирования тонкопленочных ИМС	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Технологические процессы изготовления тонкопленочных ИМС	ПК-2, ПК-4	Индивидуальное задание	Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий
		Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Технология сборочных процессов	ПК-2, ПК-4	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов

Шкала оценки сформированности отдельных планируемых результатов обучения по

Согласована на портале № 69040

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
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.

Согласована на портале № 69040

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. Негативный ФР под действием света:
   а) разлагается; б) полимеризуется; в) не меняется; г) испаряется.
2. Какой способ экспонирования следует выбрать для обеспечения высокой разрешающей способности ФЛ и большого срока службы ФШ:
   а) контактная ФЛ;
   б) бесконтактная с малым зазором;
   в) бесконтактная с большим зазором;
   г) проекционная ФЛ.
3. В методе последовательной ФЛ (прямые маски) первой операции является:
   а) нанесение пленки рабочего материала на подложку;
   б) нанесение слоя ФР на подложку;
   в) удаление пленки рабочего материала;
   г) удаление слоя ФР.
4. В методе обратной ФЛ первой операции является:
   а) нанесение пленки рабочего материала на подложку;
   б) нанесение слоя ФР на подложку;
   в) удаление пленки рабочего материала;
   г) удаление слоя ФР.
5. В трехслойных контактах "хром – медь - никель" пленка никеля выполняет функции:
   а) адгезионного слоя;
   б) проводящего слоя;
   в) защитного слоя;
   г) пассивирующего слоя.
6. Для испарения тугоплавкого тантала рекомендуется способ испарения:
   а) резистивный испаритель из вольфрама;
   б) тигель из керамики;
   в) электронный испаритель;
   г) тигель из графита.
7. Для испарения резистивных сплавов, состоящих из нескольких компонентов (более двух), рекомендуется:
   а) резистивный испаритель;
   б) взрывное испарение;
   в) тигель;
   г) метод "трех температур".
8. Какой электрод при ионно-плазменном распыление выполняется из распыляемого материала?
   а) анод; б) катод; в) подложка; г) экран вокруг катода.
9. В виде каких частиц происходит распыление материала катода?
   а) положительных ионов; б)отрицательных ионов; в) электронов; г) нейтральных частиц.
10. Коэффициент распыления с увеличением энергии ионов в широком диапазоне:
    а) возрастает ;
    б) уменьшается;
    в) сначала возрастает, затем уменьшается;
    г) не меняется.

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

Согласована на портале № 69040

1. Технологические среды. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин.
2. Литографические процессы. Разрешающая способность литографии
3. Физико-химические основы процесса фотолитографии. Материалы фоторезистов и их свойства.
4. Способы экспонирования: контактная фотолитография, фотолитография с зазором, проекционная ФЛ.
5. Технология изготовления фотошаблонов (ФШ). Погрешности изготовления ФШ.
6. Оптические эффекты при фотолитографии.
7. Методы и технология формирования рисунка интегральных схем.
8. Физика термического испарения в вакууме. Получение пленок методом термического испарения.

9.1.3. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Вариант 1
   1. Рассчитать выход годных кристаллов для одной фотолитографической операции, если площадь кристалла 0,2 см2, а толщина резиста 1 мкм.
   2. Какой масштаб оригинала выбрать для получения резистора в пленочной схеме шириной 200 мкм с
   точностью 1 %?
   3. В каком случае можно получить контакты к полоске резистора методом обратной ФР-маски:
   a) ФР-позитив, ФШ – позитив;
   b) ФР – негатив; ФШ – негатив;
   c) ФР – негатив; ФШ – позитив.
   4. Какое оборудование необходимо выбрать для получения эталонного ФШ, если увеличение оригинала М10:1?
2. Вариант 2
   1. Погрешности геометрии тонкопленочного резистора, рисунок которого получен с помощью контактной
   маски.
   2. Рассчитать параметры проекционной системы для получения размера элемента b = 0,8 мкм.
   3. Какой масштаб оригинала выбрать для получения резистора шириной 30 мкм с точностью 1 % для
   полупроводниковой ИМС?
   4. Какое оборудование необходимо выбрать для получения эталонного ФШ для пленочной схемы, если увеличение оригинала М20:1?
3. Вариант 1
   1. Что определяет давление насыщенных паров металлов при термическом испарении в вакууме?
   2. Модель ионного распыления. Какая минимальная энергия необходима для распыления?
   3. Рассчитать скорость испарения алюминия при температуре выше условной на 10 %. Для алюминия: A
   = 11,11; B = 15630; M=27; Tусл=1423 K.
   4. Представить зависимость коэффициента распыления от энергии иона в диапазоне 50-150 эВ для мишени из меди при бомбардировке ионами аргона, если при E = 50 эВ S= 0,05 атом/ион.
4. Вариант 2
   1. Чем определяется количество вещества, испаренного в угол dv для точечного испарителя?
   2. Зависимость коэффициента распыления от энергии для легких и тяжелых ионов.
   3. Рассчитать время напыления пленок меди толщиной 1 мкм в центре подложки. Медь испаряется из
   поверхностного испарителя площадью 1 см2. Расстояние от испарителя до подложки 10 см, скорость испарения 7×10-3 кг/м2×с. Плотность меди g = 8,96×103 кг/м3.
   4. Представить зависимость S от E в диапазоне от пороговой до 200 эВ. Мишень – тантал,

Согласована на портале № 69040

ион – аргон. S =0,01 при E = 50 эВ; S = 0,1 при E = 100 эВ; S = 0,4 при E= 200 эВ. M1 = 40, M2 = 181; Есуб = 8,7 эВ.

5. Вариант 3

   1. Для каких целей рекомендуется метод термического испарения с помощью электронных испарителей?

   2. Модель ионного распыления. В каком случае максимально передаваемая энергия от иона атомам мишени будет больше: для легких или тяжелых ионов?

   3. Рассчитать время напыления пленок меди толщиной 0,2 мкм в центре подложки. Медь испаряется из поверхностного испарителя площадью 1 см2. Расстояние от испарителя до подложки 10 см, скорость испарения 1×10-3 кг/м2×с. Плотность меди g = 8,96×103 кг/м3.

   4. Рассчитать скорость распыления мишени из тантала. S=1,48; j= 10 А/м2; N0 = 5,52×1028 атом/м3.

9.1.4. Примерный перечень вариантов индивидуальных заданий

1. Вариант 1

   Предлагается получить пленку сернистого кадмия (CdS) двумя методами: термическим испарением и высокочастотным распылением. Объяснить механизм испарения CdS, рассчитать скорости испарения отдельных компонент соединения и ответить на вопрос, каким способом при испарении получить пленки CdS стехиометрического состава? Объяснить механизм высокочастотного распыления мишени из CdS, рассчитать отношение потока серы к потоку кадмия при распылении. На основе полученных результатов рекомендовать способ получения пленок CdS.

2. Вариант 2

   Предлагается получить пленки тантала и окиси тантала (Ta2O5), используя катодное распыление. Рассчитать режимы напыления и определить время напыления структуры Ta – Ta2O5 - Ta со следующими толщинами: Ta – 0,2 мкм, Ta2O5 - 0,5 мкм.

3. Вариант 3

   Обосновать выбор технологии напыления пленок вольфрама с разбросом толщины пленки на подложке 60х48 мм2 не более 5 %. Каким образом обеспечить требуемую скорость конденсации, чтобы время напыления пленки толщиной 0,03 21 мкм не превышало 1-2 мин? T = 3500 – 4000 К. M = 183,8; A =9,24; B = 40260; g = 19,3 г/см3.

4. Вариант 4

   Исследовать влияние энергии ионов на коэффициент распыления в широком диапазоне энергий от Eпор до Emax для легких (He) и тяжелых (Ar) ионов. Мишень – Cu.

5. Вариант 1

   Разработать техмаршрут изготовления резистивной матрицы, содержащей резисторы двух групп:

   · первая группа – хром;

   · вторая группа – кермет, проводники – алюминий.

   Предложить способы получения пленок и рассчитать время напыления алюминия.

6. Вариант 2

   Разработать техпроцесс RC-схемы, состоящей из резисторов на основе пленок хрома и конденсаторов алюминий – моноокись кремния – алюминий. Предложить способы получения пленок и рассчитать время напыления хрома.

7. Вариант 3

   Разработать техпроцесс изготовления фрагмента ИМС, состоящего из резисторов - тантал и конденсаторов: тантал – окись тантала – золото. Технология получения пленок. Рассчитать время напыления пленок тантала.

8. Вариант 4

   Требуется изготовить тонкопленочную индуктивность на основе пленочной системы: хром – медь – золото с суммарной толщиной 6 мкм. Предложить способы напыления пленок. Рассчитать время напыления пленок.

9.1.5. Темы лабораторных работ

Согласована на портале № 69040

1. Технологический процесс фотолитографии
2. Осаждение резистивных и проводящих плёнок
3. Изготовление и исследование тонкопленочных конденсаторов
4. Изучение погрешности изготовления тонкопленочных резисторов

9.1.6. Темы практических заданий

1. Технология получения рисунка интегральных микросхем
2. Технология изготовления фотошаблонов
3. Расчет режимов напыления пленок методом термического испарения в вакууме
4. Расчет режимов напыления пленок методом ионно-плазменного распыления в вакууме
5. Расчет технологической погрешности изготовления элементов ИМС
6. Разработка технологического маршрута изготовления тонкопленочных ИМС

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
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)

Согласована на портале № 69040

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 № 69040

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ
протокол № 140 от «31» 1 2023 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
Заведующий обеспечивающей каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820
И.О. начальника учебного управления	И.А. Лариошина	Согласовано, c3195437-a02f-4972-a7c6-ab6ee1f21e73

ЭКСПЕРТЫ:

Доцент, каф. ФЭ	В.В. Каранский	Согласовано, c2e55ae8-0332-4ed9-a65a-afbb92539ee8
Заведующий кафедрой, каф. ФЭ	П.Е. Троян	Согласовано, 1c6cfa0a-52a6-4f49-aef0-5584d3fd4820

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. ФЭ	И.А. Чистоедова	Разработано, 2114f42c-7cf2-4826-9f35-9a75ea4961b2

Согласована на портале № 69040