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

СОВРЕМЕННЫЕ МИКРО- И НАНОТЕХНОЛОГИИ

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**
Направление подготовки / специальность: **11.04.04 Электроника и наноэлектроника**
Направленность (профиль) / специализация: **Твердотельная электроника**
Форма обучения: **очная**
Факультет: **Факультет электронной техники (ФЭТ)**
Кафедра: **Кафедра физической электроники (ФЭ)**
Курс: **1**
Семестр: **1, 2**
Учебный план набора 2023 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	1 семестр	2 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	26		26	часов
Практические занятия	18		18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки	18		18	часов
Курсовой проект		18	18	часов
в т.ч. в форме практической подготовки		18	18	часов
Самостоятельная работа	64	54	118	часов
Подготовка и сдача экзамена	36		36	часов
Общая трудоемкость (включая промежуточную аттестацию)	144	72	216	часов
	4	2	6	з.е.

Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен	1
Курсовой проект	2

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 № 71956

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Сформировать представление о явлениях и процессах, на которых основаны современные технологии микро и наноэлектроники.

1.2. Задачи дисциплины

1. Изучение технологии создания структур кремниевой наноэлектроники с учетом технологичности и экономической эффективности технологических процессов.
2. Формирование способности к организации и проведению экспериментальных исследований изделий кремниевой наноэлектроники с применением современных средств и методов.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).
Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.
Модуль дисциплин: Модуль профессиональной подготовки (major).
Индекс дисциплины: Б1.В.01.04.
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		
ПК-4. Готов обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления, оценивать экономическую эффективность технологических процессов	ПК-4.1. Знает основные виды затрат при изготовлении изделий электронной техники	знает физические и химические принципы, лежащие в основе технических процессов кремниевой наноэлектроники; знает базовые маршруты создания приборов кремниевой наноэлектроники; знает принципы разработки технологических маршрутов наноразмерных интегральных схем;
	ПК-4.2. Умеет оценивать экономическую эффективность технологических процессов	умеет разрабатывать наноразмерные кремниевые интегральные схемы и технологические маршруты их изготовления
	ПК-4.3. Владеет методами оптимизации затрат при выполнении технологических процессов	владеет навыками разработки базовых технологических процессов; владеет умением разрабатывать технологическую документацию на процессы и маршруты

Согласована на портале № 71956

ПК-9. Способен к организации и проведению экспериментальных исследований с применением современных средств и методов	ПК-9.1. Знает методы и оборудование при выполнении экспериментальных работ	знает физические и химические принципы, лежащие в основе технических процессов кремниевой наноэлектроники; знает базовые маршруты создания приборов кремниевой наноэлектроники; знает принципы разработки технологических маршрутов наноразмерных интегральных схем;
	ПК-9.2. Умеет планировать экспериментальные работы с применением современных средств и методов	умеет разрабатывать наноразмерные кремниевые интегральные схемы и технологические маршруты их изготовления
	ПК-9.3. Владеет навыками организации и постановки экспериментальных работ	владеет навыками разработки базовых технологических процессов; владеет умением разрабатывать технологическую документацию на процессы и маршруты

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 6 зачетных единиц, 216 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	
		1 семестр	2 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	62	44	18
Лекционные занятия	26	26	
Практические занятия	18	18	
Курсовой проект	18		18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	118	64	54
Подготовка к контрольной работе	18	18	
Подготовка к тестированию	9	9	
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	37	37	
Написание отчета по курсовому проекту	50		50
Подготовка к защите курсового проекта	4		4
Подготовка и сдача экзамена	36	36	
Общая трудоемкость (в часах)	216	144	72
Общая трудоемкость (в з.е.)	6	4	2

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 № 71956

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Курс. пр.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1 семестр						
1 Анализ современных структур и технологий в микро- и наноэлектронике	2	2	-	7	11	ПК-4, ПК-9
2 Субмикронная литография	4	4	-	11	19	ПК-4, ПК-9
3 Ионное легирование полупроводников	4	4	-	11	19	ПК-4, ПК-9
4 Быстрый термический отжиг	2	-	-	3	5	ПК-4, ПК-9
5 Травление микро- и наноструктур	4	2	-	7	13	ПК-4, ПК-9
6 Осаждение металлов и диэлектриков. Планаризация рельефа	2	2	-	7	11	ПК-4, ПК-9
7 Формирование транзисторов в приповерхностных слоях кремния	4	2	-	8	14	ПК-4, ПК-9
8 Масштабирование межсоединений и межуровневой разводки	2	-	-	3	5	ПК-4, ПК-9
9 Системы на кристалле	2	2	-	7	11	ПК-4, ПК-9
Итого за семестр	26	18	0	64	108	
2 семестр						
10 Получение заданий на курсовой проект	-	-	18	4	22	ПК-4, ПК-9
11 Анализ литературы по теме курсового проекта	-	-		10	10	ПК-4, ПК-9
12 Анализ актуальности, научной и практической значимости	-	-		4	4	ПК-4, ПК-9
13 Выполнение необходимых расчетов по проекту	-	-		10	10	ПК-4, ПК-9
14 Анализ полученных результатов	-	-		10	10	ПК-4, ПК-9
15 Выполнение графических материалов	-	-		6	6	ПК-4, ПК-9
16 Оформление курсового проекта	-	-		10	10	ПК-4, ПК-9
Итого за семестр	0	0	18	54	72	
Итого	26	18	18	118	180	

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
1 семестр			
1 Анализ современных структур и технологий в микро- и наноэлектронике	Масштабирование МОП транзисторов. Конструктивно-технологические особенности FINFEET	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	

Согласована на портале № 71956

2 Субмикронная литография	Основные понятия и тенденции. Иммерсионная литография КУФ-диапазона. Литография ЭУФ-диапазона. Импринтинг. Электронная литография. Технология электронно-лучевой литографии	4	ПК-4, ПК-9
	Итого	4	
3 Ионное легирование полупроводников	Технология ионного легирования. Взаимодействие ионов с твердым телом. Распределение внедренной примеси по глубине. Радиационные дефекты при ионном легировании. Области применения ионного легирования	4	ПК-4, ПК-9
	Итого	4	
4 Быстрый термический отжиг	История развития импульсного отжига. Методы и оборудование быстрого термического отжига. Быстрый отжиг ионно-легированных слоёв. Быстрая термическая обработка при формировании плёнок силицидов металлов, а также плёнок термического оксида кремния или оксинитрида кремния. Новые методы импульсного отжига	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
5 Травление микро- и наноструктур	Классификация методов травления. Жидкостное химическое травление. Физика ионного травления. Разрешающая способность ионно-лучевого травления. Выбор и обработка маскирующих материалов при ионном травлении. Модель процесса травления материалов энергетическими и химически активными частицами. Методы плазменного травления. Устройства для реализации плазмохимического травления	4	ПК-4, ПК-9
	Итого	4	
6 Осаждение металлов и диэлектриков. Планаризация рельефа	Атомно-слоевое химическое осаждение из газовой фазы. Ионное и ионно-плазменное осаждение тонких пленок в технологии интегральных схем. Селективная эпитаксия. Оборудование для химико-механической планаризации. Технология химико-механической планаризации.	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
7 Формирование транзисторов в приповерхностных слоях кремния	Основные понятия и тенденции развития. Инженерия канала транзистора. Инженерия затвора МОП-транзистора. Технологический маршрут FEOL	4	ПК-4, ПК-9
	Итого	4	

Согласована на портале № 71956

8 Масштабирование межсоединений и межуровневой разводки	Инженерия межуровневой разводки. Инженерия межуровневого диэлектрика. Технологический маршрут BEOL – двойной дамасский процесс. Время задержки сигнала в сверхбольших интегральных схемах. Масштабирование межсоединений для логических устройств на основе finFET	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
9 Системы на кристалле	Системы на кристалле	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
	Итого за семестр	26	
2 семестр			
10 Получение заданий на курсовой проект	Выдача заданий на КП. Требования к содержанию и оформлению курсового проекта.	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
11 Анализ литературы по теме курсового проекта	Согласование списка литературных источников и плана обзорной части КП.	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
12 Анализ актуальности, научной и практической значимости	Согласование списка литературных источников и плана обзорной части КП.	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
13 Выполнение необходимых расчетов по проекту	Основные этапы написания расчетной части. Консультация по расчетной части.	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
14 Анализ полученных результатов	Проверка графических материалов работы	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
15 Выполнение графических материалов	Содержание презентации и подготовка доклада.	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
16 Оформление курсового проекта	Защита курсового проекта.	-	ПК-4, ПК-9
	Итого	-	
	Итого за семестр	-	
	Итого	26	

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
1 семестр			

Согласована на портале № 71956

1 Анализ современных структур и технологий в микро- и наноэлектронике	Формирование подзатворных диэлектриков в технологии наноразмерных МОП интегральных схем	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
2 Субмикронная литография	Разрешающая способность проекционной литографии для формирования субмикронных размеров маски в слое резиста на подложке	2	ПК-4, ПК-9
	Разрешающая способность электронной литографии для формирования субмикронных размеров маски в слое резиста на подложке	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	4	
3 Ионное легирование полупроводников	Получение сверхмелких p-n переходов в МОП – транзисторах	2	ПК-4, ПК-9
	Формирование структур кремний на изоляторе (КНИ) по SIMOX технологии с помощью ионной имплантации	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	4	
5 Травление микро- и наноструктур	Формирование глубоких тренчей в технологии кремниевой наноэлектроники	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
6 Осаждение металлов и диэлектриков. Планаризация рельефа	Формирование подзатворных диэлектриков в технологии наноразмерных МОП интегральных схем	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
7 Формирование транзисторов в приповерхностных слоях кремния	Формирование LDD областей в технологии МОП СБИС	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
9 Системы на кристалле	Формирование гетеробиполярных транзисторов с базой pSiGe с помощью ионной имплантации	2	ПК-4, ПК-9
	Итого	2	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект

Содержание, трудоемкость контактной аудиторной работы и формируемые компетенции в рамках выполнения курсового проекта представлены в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Содержание контактной аудиторной работы и ее трудоемкость

Согласована на портале № 71956

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
2 семестр		
Выдача заданий на КП. Требования к содержанию и оформлению курсового проекта.	2	ПК-4, ПК-9
Согласование списка литературных источников и плана обзорной части КП.	2	ПК-4, ПК-9
Основные этапы написания расчетной части. Консультация по расчетной части.	4	ПК-4, ПК-9
Проверка графических материалов работы	2	ПК-4, ПК-9
Содержание презентации и подготовка доклада.	2	ПК-4, ПК-9
Защита курсового проекта	6	ПК-4, ПК-9
Итого за семестр	18	
Итого	18	

Примерная тематика курсовых проектов:

1. Ионное легирование стенок и дна тренчей для создания конденсаторов в ИС
2. Получение мелкозалегающих p-n переходов с помощью ионов бора различных масс
3. Синтез структур кремний на изоляторе: SIMOX
4. Технология КМОП-схемы с легированными областями
5. Синтез структур кремний на изоляторе: Smart Cut
6. Сканирующая ионная литография
7. Анизотропное глубокое травление кремния с большим аспектным числом
8. Формирование силицидных пленок путем ионной имплантации
9. Инженерия затворов в технологии МОП-СБИС с субмикронными размерами
10. Разработка технологии изготовления КМОП-СБИС с ретроградным распределением примеси в канале
11. Формирование СБИС на основе гетероструктур SiGe с помощью ионной имплантации
12. Формирование супермелкозалегающих p-n переходов с помощью наклонной ионной имплантации в технологии МОП-СБИС
13. Применение ионной имплантации в технологии МОП-СБИС для управления пороговым напряжением
14. Проблемы металлизации в технологии СБИС
15. Инженерия затвора в технологии МОП-СБИС с субмикронными размерами
16. Разработка технологии МОП-СБИС с LDD областями и самосовмещением
17. Формирование гетеробиполярного транзистора с базой p-SiGe с помощью ионной имплантации
18. Формирование элементов наноэлектроники с субмикронными размерами с помощью пучковых технологий

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
1 семестр				

Согласована на портале № 71956

1 Анализ современных структур и технологий в микро- и наноэлектронике	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	7		
2 Субмикронная литография	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	8	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	11		
3 Ионное легирование полупроводников	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	8	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	11		
4 Быстрый термический отжиг	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Итого	3		
5 Травление микро- и наноструктур	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	7		

Согласована на портале № 71956

6 Осаждение металлов и диэлектриков. Планаризация рельефа	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	7		
7 Формирование транзисторов в приповерхностных слоях кремния	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	5	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	8		
8 Масштабирование межсоединений и межуровневой разводки	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Итого	3		
9 Системы на кристалле	Подготовка к контрольной работе	2	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа
	Подготовка к тестированию	1	ПК-4, ПК-9	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	ПК-4, ПК-9	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	7		
	Итого за семестр	64		
	Подготовка и сдача экзамена	36		Экзамен
2 семестр				
10 Получение заданий на курсовой проект	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	4		
11 Анализ литературы по теме курсового проекта	Написание отчета по курсовому проекту	10	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	10		

Согласована на портале № 71956

12 Анализ актуальности, научной и практической значимости	Написание отчета по курсовому проекту	4	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	4		
13 Выполнение необходимых расчетов по проекту	Написание отчета по курсовому проекту	10	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	10		
14 Анализ полученных результатов	Написание отчета по курсовому проекту	10	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	10		
15 Выполнение графических материалов	Написание отчета по курсовому проекту	6	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	6		
16 Оформление курсового проекта	Подготовка к защите курсового проекта	4	ПК-4, ПК-9	Защита курсового проекта
	Написание отчета по курсовому проекту	6	ПК-4, ПК-9	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	10		
Итого за семестр		54		
Итого		154		

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.	Курс. пр.	Сам. раб.	
ПК-4	+	+	+	+	Защита курсового проекта, Контрольная работа, Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен
ПК-9	+	+	+	+	Защита курсового проекта, Контрольная работа, Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту, Отчет по практическому занятию (семинару), Тестирование, Экзамен

6. Рейтинговая система для оценки успеваемости обучающихся

6.1. Балльные оценки для форм контроля

Согласована на портале № 71956

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
1 семестр				
Контрольная работа	6	6	0	12
Тестирование	6	6	6	18
Отчет по практическому занятию (семинару)	20	10	10	40
Экзамен				30
Итого максимум за период	32	22	16	100
Нарастающим итогом	32	54	70	100

Балльные оценки для курсового проекта представлены в таблице 6.1.1.

Таблица 6.1.1 – Балльные оценки для курсового проекта

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
2 семестр				
Отчет по курсовому проекту	20	40	40	100
Итого максимум за период	20	40	40	100
Нарастающим итогом	20	60	100	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)

Согласована на портале № 71956

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. Современные технологии микро- и наноэлектроники [Текст] : учебное пособие / Т. И. Данилина, И. А. Чистоедова ; рец.: В. П. Кривобоков, Е. В. Шестериков ; Минобрнауки России (М.), Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство ТУСУРа, 2020. - 340 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 46 экз.).
2. Технология кремниевой наноэлектроники [Текст] : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей, Е. В. Анищенко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - 2-е изд. - Томск : ТУСУР, 2015. - 319 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 29 экз.).
3. Технология кремниевой наноэлектроники: Учебное пособие / Е. В. Анищенко, Т. И. Данилина, В. А. Кагадей - 2011. 263 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/552.

7.2. Дополнительная литература

1. Ионно-плазменные технологии в производстве СБИС : Учебное пособие / Т. И. Данилина, С. В. Смирнов ; Министерство образования Российской Федерации, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники. - Томск : Издательство ТУСУР, 2000. - 140 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 46 экз.).
2. 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.
3. 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 - 99 экз.).
4. Технология СБИС : учебное пособие / Т. И. Данилина, В. А. Кагадей ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. - Томск : ТУСУР, 2007. - 287 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 47 экз.).

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Технология кремниевой наноэлектроники: Практико-ориентированное учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе / Т. И. Данилина - 2017. 61 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6845.
2. Технология кремниевой наноэлектроники: Методические указания по выполнению курсового проекта / Т. И. Данилина - 2017. 45 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: https://edu.tusur.ru/publications/6844.

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:

Согласована на портале № 71956

– 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

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники: 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; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».
- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- Free Pascal;
- LibreOffice;
- Microsoft Visual Studio 2010;
- PDF-XChange Viewer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP;

8.3. Материально-техническое и программное обеспечение для курсового проекта

Лаборатория физики конденсированного состояния и материалов электронной техники:

Согласована на портале № 71956

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; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 119 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Лабораторные макеты: «Температурные свойства ферромагнитных материалов», «Температурные свойства проводящих материалов», «Объемное и поверхностное сопротивление изоляционных материалов», «Пробой тонкопленочных конденсаторов (ТПК)», «Температурная зависимость проводимости диэлектриков», «Фотоэлектрические свойства полупроводниковых материалов», «Определение ширины запрещенной зоны полупроводников», «Определение термо-ЭДС полупроводников», «Эффект Холла», «Эффект Пельтье».
- Лабораторное оборудование и приборы: измеритель Е7-8 (2 шт.), вольтметр В7-22А (5 шт.), амперметр Ф-195, М-253 (2 шт.), источник постоянного тока Б5-47, электрометр В7Э-42, мультиметр В7-22А (2 шт.), измеритель иммитанса Е7-20, тераомметр Е6-13, печь лабораторная (2 шт.), прибор для исследования пробоя ТПК, лабораторный стенд СФП-5 (2 шт.), вольтметр В7-26, вольтметр цифровой Ф4214, вольтметр Ф238,

источник постоянного тока Б5-47, измеритель иммитанса Е7-20;

- Компьютерные лабораторные работы (4 шт.);
- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (4 шт.);
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

Программное обеспечение:

- LibreOffice;
- PDF-XChange Viewer;
- PTC Mathcad 13, 14;
- Windows XP;

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

Согласована на портале № 71956

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
1 Анализ современных структур и технологий в микро- и наноэлектронике	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
2 Субмикронная литография	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 71956

3 Ионное легирование полупроводников	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
4 Быстрый термический отжиг	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Травление микро- и наноструктур	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
6 Осаждение металлов и диэлектриков. Планаризация рельефа	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

Согласована на портале № 71956

7 Формирование транзисторов в приповерхностных слоях кремния	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
8 Масштабирование межсоединений и межуровневой разводки	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
9 Системы на кристалле	ПК-4, ПК-9	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
10 Получение заданий на курсовой проект	ПК-4, ПК-9	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
11 Анализ литературы по теме курсового проекта	ПК-4, ПК-9	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
12 Анализ актуальности, научной и практической значимости	ПК-4, ПК-9	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
13 Выполнение необходимых расчетов по проекту	ПК-4, ПК-9	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
14 Анализ полученных результатов	ПК-4, ПК-9	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов
15 Выполнение графических материалов	ПК-4, ПК-9	Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов

Согласована на портале № 71956

16 Оформление курсового проекта	ПК-4, ПК-9	Защита курсового проекта	Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта
		Отчет по курсовому проекту	Примерный перечень тематик курсовых проектов

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
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.

Согласована на портале № 71956

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. Почему разрешающая способность электронно-лучевой литографии выше, чем оптической фотолитографии? а) энергия электронов меньше, чем энергия фотонов; б) длина волны излучения для ускоренных электронов меньше, чем длина волны УФ-излучения; в) длина волны для ускоренных электронов больше, чем длина волны УФ-излучения. г) энергия электронов больше, чем энергия фотонов.
2. Чем обусловлен размерный эффект близости в ЭЛЛ? а) уширением электронного пучка за счет рассеяния электронов; б) уменьшением диаметра электронного луча; в) увеличением расстояния между линиями. г) увеличением диаметра электронного пучка
3. Указать причину, по которой для ионной имплантации бора используют тяжелые молекулы, содержащие бор… а) увеличение энергии ионов бора; б) увеличение xp-n; в) уменьшение xp-n. г) уменьшение энергии ионов бора
4. Какую концентрацию германия надо обеспечить при формировании слоя Si0,7Ge0,3 в МОП-транзисторах с целью создания напряженного кремния для канала? Подложка – кремний с атомной плотностью N0. а) равную 0,7·N0; б) равную 0,3·N0; в) равную 0,3/0,7·N0. г) равную 0,7/0,3
5. Ионно-лучевое травление является результатом… а) физического распыления ионами инертных газов в высоком вакууме; б)физического распыления и химической реакции; в) травлением за счет радикалов. г) физического распыления ионами инертных газов в плазме
6. Какой получится размер линии в пленке толщиной 0,5 мкм в результате анизотропного травления с A=10, если размер маски 0,5 мкм? а) 0,5; б) 0,4; в) 0,6. г) 0,7
7. Для обеспечения высокой разрешающей способности ионно-лучевого травления необходимы маски: а) с высоким коэффициентом распыления материала маски; б) с низким коэффициентом распыления материала маски; в) коэффициент распыления не влияет г) с переменным коэффициентом распыления
8. Как связана минимальная ширина экспонируемой линии bmin с диаметром сфокусированного электронного луча dmin с учетом бокового рассеяния электронов Δy? а) b_min=d_min+Δy; б) b_min=d_min+2Δy; в) b_min=d_min+1/2 Δy. г) bmin=dmin+4Δy.
9. Время экспонирования одного элемента разложения в ЭЛЛ будет меньше, если… а) выбрать резист с более высокой чувствительностью S0; б) сфокусировать луч до меньшего размера dmin; в) уменьшить яркость источника электронов B. г) выбрать резист с более низкой чувствительностью
10. Определить дозу ионов кислорода при формировании захоронненого слоя SiO2 по SIMOX-технологии при атомной плотности кремния N0 и при проецированном пробеге ионов кислорода Rp. а) Q=2·N_0·R_p; б) Q=N_0·R_p; в) Q=1/2·N_0·R_p. г) Q=4 N0Rp

Согласована на портале № 71956

9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

1. Рассмотреть возможность уменьшения глубины залегания p-n перехода за счет аморфизации приповерхностных слоев кремния.
2. Сравнение электронной и ионной литографии.
3. Объяснить появление эффекта близости. Исследовать влияние толщины резиста на получение малых экспонируемых областей при их близком взаимном расположении.
4. Оценить глубину залегания p-n перехода при легировании моноионами бора и кластерными ионами
5. Применение ионного легирования для самосовмещения затвора с областями стока-истока в МДП-транзисторах.
6. Формирование подзатворных диэлектриков в технологии наноразмерных КМОП-интегральных схем.
7. Субмикронная фотолитография.
8. Формирование силицидных пленок с помощью ионной имплантации.
9. Технология электронно-лучевой литографии. Время экспонирования.
10. Транзисторы с каналом на основе напряженного кремния и SiGe

9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

1. Анализ ИМС. Какие элементы входят в данную схему, по какой технологии они выполняются, какие связи устанавливаются между элементами.
2. Методы получения элементов схемы и их рисунка.
3. Последовательность операций технологического процесса, технологический маршрут.
4. Основные технологические приемы, их назначение и суть.
5. Технологические режимы в данной конкретной технологии, а также оборудование, используемое для производства и контроля.
6. Рекомендации технологических режимов, пригодных для практической реализации при изготовлении данной схемы или структуры.

9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

1. Ионное легирование стенок и дна тренчей для создания конденсаторов в ИС
2. Получение мелкозалегающих p-n переходов с помощью ионов бора различных масс
3. Синтез структур кремний на изоляторе: SIMOX
4. Технология КМОП-схемы с легированными областями
5. Синтез структур кремний на изоляторе: Smart Cut
6. Сканирующая ионная литография
7. Анизотропное глубокое травление кремния с большим аспектным числом
8. Формирование силицидных пленок путем ионной имплантации
9. Инженерия затворов в технологии МОП-СБИС с субмикронными размерами
10. Разработка технологии изготовления КМОП-СБИС с ретроградным распределением примеси в канале
11. Формирование СБИС на основе гетероструктур SiGe с помощью ионной имплантации
12. Формирование супермелкозалегающих p-n переходов с помощью наклонной ионной имплантации в технологии МОП-СБИС
13. Применение ионной имплантации в технологии МОП-СБИС для управления пороговым напряжением
14. Проблемы металлизации в технологии СБИС
15. Инженерия затвора в технологии МОП-СБИС с субмикронными размерами
16. Разработка технологии МОП-СБИС с LDD областями и самосовмещением
17. Формирование гетеробиполярного транзистора с базой p-SiGe с помощью ионной имплантации
18. Формирование элементов наноэлектроники с субмикронными размерами с помощью пучковых технологий

Согласована на портале № 71956

9.1.5. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Почему разрешающая способность электронной литографии выше, чем оптической?
2. Объяснить, зачем при ионной имплантации ионов бора используют тяжелые молекулы, содержащие бор.
3. Как получается рисунок при последовательной ЭЛЛ?
4. Представить распределение бора по глубине при ионной имплантации моноионов бора и кластерных ионов при одинаковом ускоряющем напряжении и дозе облучения на установке. Кластер состоит из 50 атомов.
5. Рассмотреть взаимосвязь между минимальной шириной экспонируемой линии и диаметром сфокусированного луча.
6. Рассчитать параметры ионной имплантации для молекулы B10H14, если энергия моноионов бора составляет 0,1 кэВ, а доза облучения – 5·1013 ион/см2.

9.1.6. Темы практических занятий

1. Формирование подзатворных диэлектриков в технологии наноразмерных МОП интегральных схем
2. Разрешающая способность проекционной литографии для формирования субмикронных размеров маски в слое резиста на подложке
3. Разрешающая способность электронной литографии для формирования субмикронных размеров маски в слое резиста на подложке
4. Получение сверхмелких p-n переходов в МОП – транзисторах
5. Формирование структур кремний на изоляторе (КНИ) по SIMOX технологии с помощью ионной имплантации
6. Формирование глубоких тренчей в технологии кремниевой наноэлектроники
7. Формирование подзатворных диэлектриков в технологии наноразмерных МОП интегральных схем
8. Формирование LDD областей в технологии МОП СБИС
9. Формирование гетеробиполярных транзисторов с базой pSiGe с помощью ионной имплантации

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

Согласована на портале № 71956

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)
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:

Согласована на портале № 71956

– 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 № 71956

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 № 71956