### 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 учебной работе

Документ подписан электронной подписью

Сертификат: a1119608-cdff-4455-b54e-5235117c185c Владелец: Сенченко Павел Васильевич Действителен: c 17.09.2019 по 16.09.2024

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ МИКРОЭЛЕКТРОНИКИ И МИКРОСИСТЕМНОЙ ТЕХНИКИ

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**, **4** Семестр: **6**, **7** 

Учебный план набора 2020 года

#### Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	6 семестр	7 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	28		28	часов
Практические занятия	14		14	часов
Лабораторные занятия	16		16	часов
Курсовой проект		18	18	часов
Самостоятельная работа	50	54	104	часов
Подготовка и сдача экзамена	36		36	часов
Общая трудоемкость	144	72	216	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	2	6	3.e.

	Формы промежуточной аттестация	Семестр
Экзамен		6
Курсовой проект		7

#### 1. Общие положения

#### 1.1. Цели дисциплины

1. Приобретение теоретических и практических навыков необходимых при проектировании изделий микроэлектроники и микросистемной техники.

#### 1.2. Задачи дисциплины

1. Изучить конструктивные особенности элементов гибридных и полупроводниковых интегральных схем, а также элементов микросистемной техники. Изучить основные этапы, а также набор конструкторской документации при проектировании гибридных и полупроводниковых интегральных схем, а также элементов микросистемной техники. Изучить материалы, применяемые при изготовлении гибридных и полупроводниковых интегральных схем, а также элементов микросистемной техники.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули). Часть блока дисциплин: Обязательная часть.

Модуль дисциплин: Модуль направления подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.О.03.09.

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	Планируемые результаты обучения по				
компетенции		дисциплине				
	Универсальные компетенции					
-	-	-				
	Общепрофессиональны	е компетенции				
ОПК-7. Способен	ОПК-7.1. Знает программы	Знает основные программы				
проектировать и	и средства	автоматизированного проектирования				
сопровождать	автоматизированного	приборов и устройств микроэлектроники и				
производство	проектирования в области	микросистемной техники				
технических объектов,	нанотехнологий и					
систем и процессов в	микросистемной техники					
области	ОПК-7.2. Умеет выбирать	Умеет проводить обоснованный выбор				
нанотехнологий и	средства	средств автоматизированного				
микросистемной	автоматизированного	проектирования при разработке приборов и				
техники	проектирования при	устройств микроэлектроники и				
	решении профессиональных	микросистемной техники				
	задач					
	ОПК-7.3. Владеет навыками	Владеет базовыми навыками				
	проектирования объектов,	проектирования приборов и устройств				
	систем и процессов в	микроэлектроники и микросистемной				
	области нанотехнологий и	техники				
	микросистемной техники					
	Профессиональные компетенции					

HICD 4 Conservation	ПКВ 4.1. Э	211
ПКР-4. Способен	ПКР-4.1. Знает методы	Знает методы оценки эффективности
проводить	оценки эффективности	технологических процессов и их
предварительное	технологических процессов	применимость при проектировании
технико-		приборов и устройств микроэлектроники и
экономическое		микросистемной техники
обоснование проектов	ПКР-4.2. Умеет составлять	Умеет проводить технико-экономическое
	бизнес-план технического	обоснование и учитывать его при
	проекта	проектировании приборов и устройств
		микроэлектроники и микросистемной
		техники
	ПКР-4.3. Владеет методами	Владеет методами рационализации
	рационализации	технологических процессов и их
	технологических процессов	использования при проектировании
	_	приборов и устройств микроэлектроники и
		микросистемной техники
ПКР-5. Готов	ПКР-5.1. Знает основные	Знает основные физические и
рассчитывать и	методики проектирования и	математические модели приборов и
проектировать	расчета компонентов нано-	устройств микроэлектроники и
компоненты нано- и	и микросистемной техники	микросистемной техники
микросистемной	ПКР-5.2. Умеет	Знает основные программные средства для
техники	рассчитывать параметры	физического и математического
	компонентов нано- и	моделирования приборов и устройств
	микросистемной техники	микроэлектроники и микросистемной
	P	техники
	ПКР-5.3. Владеет навыками	Умеет представлять приборы и устройства
	работы в прикладных	микроэлектроники и микросистемной
	программах для расчета и	техники в виде физических и
	проектирования	математических моделей
	компонентов нано- и	
	микросистемной техники	
ПКР-7. Готов	ПКР-7.1. Знает	Знает основные элементы проектно-
разрабатывать	нормативные документы	конструкторской документации при
проектно-	проектно-конструкторской	проектировании приборов и устройств
конструкторскую	деятельности	микроэлектроники и микросистемной
документацию в	деятельности	техники
соответствии с	ПКР-7.2. Умеет	Умеет разрабатывать основные элементы
требованиями		проектно-конструкторской документации
стандартов,	разрабатывать основные составляющие проектно-	при проектировании и конструировании
технических условий и	=	1 1 1
других нормативных	конструкторской	приборов и устройств микроэлектроники и
документов	документации	микросистемной техники
AOK MOIII OB	ПКР-7.3. Владеет навыками	Владеет навыками работы в программах по
	работы в программах по	разработке проектно-конструкторской
	разработке проектно-	документации при проектировании и
	конструкторской	конструировании приборов и устройств
	документации	микроэлектроники и микросистемной
		техники

	1	1
ПКС-2. Способен	ПКС-2.1. Знает принципы	Знает основные принципы проектирования
владеть современными	проектирования изделий	и конструирования приборов и устройств
методами расчета и	микро- и наносистемной	микроэлектроники и микросистемной
проектирования	техники	техники
изделий микро- и	HICCO A A M	***
наноэлектроники и	ПКС-2.2. Умеет	Умеет рассчитывать параметры и
микросистемной	рассчитывать параметры и	характеристики приборов и устройств
техники,	характеристики приборов и	микроэлектроники и микросистемной
изготовленных с	устройств микро- и	техники
применением	наносистемной техники	
нанотехнологий,	ПКС-2.3. Владеет навыками	Владеет навыками работы в прикладных
способностью к	работы в прикладных	программах для расчета, проектирования и
восприятию,	программах для расчета и	конструирования приборов и устройств
разработке и	проектирования устройств	микроэлектроники и микросистемной
критической оценке	микро- и наносистемной	техники
новых способов их	техники	ТСАПИКИ
проектирования	ГСАПИКИ	

# 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		Семе	естры
виды учеоной деятельности	часов	6 семестр	7 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с	76	58	18
преподавателем, всего			
Лекционные занятия	28	28	
Практические занятия	14	14	
Лабораторные занятия	16	16	
Курсовой проект	18		18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная	104	50	54
внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего			
Подготовка к тестированию	14	14	
Подготовка к контрольной работе	12	12	
Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	24	24	
Написание отчета по курсовому проекту	54		54
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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Лаб. раб.	Курс. пр.	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
1.0	2	<u>U</u>	Семес	TP	12	1	THE O
1 Введение	2	-	-	-	2	4	ПКС-2
2 Конструкция и расчет элементов гибридных микросхем	4	8	4	-	16	32	ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2
3 Проектирование топологии гибридных микросхем	4	6	8	-	18	36	ОПК-7, ПКР-7, ПКР-5, ПКС-2
4 Конструкция и расчет элементов полупроводниковых микросхем	6	-	4	-	8	18	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2
5 Изоляция элементов в полупроводниковых микросхемах	4	-	-	-	2	6	ОПК-7, ПКР-5
6 Проектирование топологии полупроводниковых микросхем	4	-	-	-	2	6	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2
7 Конструкции элементов микросистем	4	-	-	-	2	6	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5
Итого за семестр	28	14	16	0	50	108	
	•	7	семес	тр	•	•	
8 Курсовой проект	-	-	-	18	54	72	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2
Итого за семестр	0	0	0	18	54	72	
Итого	28	14	16	18	104	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
	6 семестр		
1 Введение	Основные проблемы и задачи курса. Классификация микросхем по функциональным, структурным и конструкторско-технологическим признакам. Система условных обозначений микросхем. Маркировка.	2	ПКС-2
	Итого	2	

2 Конструкция и	Типы подложек. Конструкции и расчет	4	ПКР-4, ПКР-5,
расчет элементов	тонкопленочных резисторов. Конструкции		ПКС-2
гибридных	и расчет тонкопленочных конденсаторов.		
микросхем	Конструкции и расчет тонкопленочных		
mmpoonom	индуктивностей. Расчет пленочных		
	проводников и контактных площадок.		
	Конструкции навесных компонентов.		
	Конструкции и расчет СВЧ ГИС.		
	Конструкции и расчет элементов		
	толстопленочных ИС.		
	Итого	4	
3 Проектирование	Особенности топологии гибридных ИС и	4	ОПК-7, ПКР-7
топологии гибридных	этапы ее проектирования. Паразитные	7	OTIK-7, TIKI -7
*	связи в гибридных микросхемах. Расчет		
микросхем	теплового режима гибридной микросхемы.		
	1 1 1		
	Герметизация ИМС. Требования к		
	герметизации. Типы корпусов. Разварка		
	корпуса. Способы разварки. Герметизация		
	корпусов, способы. Контроль		
	герметизации корпусов. Конструкторская		
	документация.		
	Итого	4	
4 Конструкция и	Подложки полупроводниковых	6	ПКР-5, ПКР-7,
расчет элементов	микросхем. Конструкции и расчет		ПКС-2
полупроводниковых	элементов полупроводниковых микросхем		
микросхем	(биполярных и полевых транзисторов,		
	диодов, резисторов, конденсаторов).		
	Интегральная инжекционная логика И2Л.		
	Инжекционно-полевая логика.		
	Конструкция многоэмиттерных и		
	многоколлекторных транзисторов.		
	Конструкции диодов и транзисторов с		
	барьером Шоттки.		
	Итого	6	
5 Изоляция элементов	Способы изоляции элементов	4	ОПК-7, ПКР-5
в полупроводниковых	полупроводниковых микросхем на		
микросхемах	биполярных транзисторах: изоляция		
	обратно смещенным р-п-переходом,		
	диэлектрическая изоляция,		
	комбинированная изоляция.		
	Итого	4	
6 Проектирование	Основные правила проектирования	4	ПКР-5, ПКР-7,
топологии	топологии полупроводниковых микросхем		ПКС-2
полупроводниковых	на биполярных и МДП-транзисторах.		
микросхем	Основные правила проектирования		
1	изолированных областей.		
	Итого	4	
	111010	•	İ

7 Конструкции элементов микросистем	Микроэлектромеханические системы (МЭМС). Фотонные кристаллы. Датчики. Сенсоры. Биочипы. Биореакторы. «Лаборатория на кристалле».	4	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5
	Итого	4	
	Итого за семестр	28	
	7 семестр		
8 Курсовой проект	Проектирование и расчет топологии полупроводниковых и гибридных микросхем. Корпусирование. Разварка выводов. Герметизация. Способы контроля герметичности корпусов.	-	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2
	Итого	-	
	Итого за семестр	-	
	Итого	28	

### 5.3. Практические занятия (семинары)

Наименование практических занятий (семинаров) приведено в таблице 5.3. Таблица 5.3 – Наименование практических занятий (семинаров)

Названия разделов (тем) дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции
	6 семестр	,	
2 Конструкция и расчет элементов гибридных	Расчет конструкции тонкопленочных резисторов	4	ПКР-5
микросхем	Расчет конструкции тонкопленочных конденсаторов	4	ПКР-5
	Итого	8	
3 Проектирование топологии гибридных	Расчет паразитных связей в гибридных микросхемах	2	ПКР-5
микросхем	Расчет тепловых режимов элементов гибридных микросхем	4	ПКР-5
	Итого	6	
	Итого за семестр	14	
	Итого	14	

### 5.4. Лабораторные занятия

Наименование лабораторных работ приведено в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Наименование лабораторных работ

Названия разделов (тем)	Наименование лабораторных	Трудоемкость,	Формируемые	
дисциплины	работ	Ч	компетенции	
6 семестр				
2 Конструкция и расчет	Определение погрешности	4	ПКР-5, ПКС-2	
элементов гибридных	изготовления			
микросхем	тонкопленочного резистора			
	Итого	4		

2 Продежирования	Vолотружния и опродологии	4	ОПК-7, ПКР-5,
3 Проектирование	Конструкция и определение	4	1 ' '
топологии гибридных	параметров тонкопленочного		ПКР-7, ПКС-2
микросхем	конденсатора		
	Конструкции и определение	4	ОПК-7, ПКР-5,
	параметров подгоняемых		ПКР-7, ПКС-2
	резисторов и конденсаторов		
	Итого	8	
4 Конструкция и расчет	Определение параметров	4	ПКР-5, ПКР-7,
элементов	диффузионных р-п переходов		ПКС-2
полупроводниковых микросхем	Итого	4	
1	16		
	16		

# 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

Содержание контактной аудиторной работы	Трудоемкость,	Формируемые
7 семестр	Ч	компетенции
Анализ схемы.	2	ОПК-7, ПКР-4
	2	ПКС-2
Моделирование электрической схемы с помощью	2	IIKC-2
специализированного программного обеспечения.		
Определение мощностей рассеивания на всех элементах схемы		
Разделение элементов на пленочные и навесные с учетом	2	ПКР-4, ПКС-2
предварительного технико-экономического обоснования.		111ct 1, 111ce 2
Расчет и оптимизация материала пленочных резисторов.	2	ПКР-4, ПКР-5,
Технико-экономическое обоснование выбора материала и	2	ПКС-2 ПКС-2
технологии изготовления тонкопленочных резисторов.		TIRC-2
Выбор конфигурации пленочных резисторов и расчет их		
топологических размеров		
Расчет и оптимизация материала пленочных конденсаторов.	2	ПКР-4, ПКР-5,
Технико-экономическое обоснование выбора материала и	2	ПКС-2
технологии изготовления тонкопленочных конденсаторов.		
Выбор конфигурации пленочных конденсаторов и расчет их		
топологических размеров		
Выбор навесных элементов. Технико-экономическое	2	ПКР-4, ПКС-2
обоснование выбора выбора навесных элементов и способа		ŕ
их монтажа на плату.		
Расчет паразитных связей между элементами. Тепловой	2	ПКР-5, ПКС-2
расчет. Расчет зон теплового влияния.		ŕ
Создания предварительной проектно-конструкторской	2	ОПК-7, ПКР-5,
документации: разработка коммутационной схемы,		ПКР-7, ПКС-2
предварительного топологического чертежа.		
Предварительный расчет площади платы, выбор типоразмера		
платы, выбор корпуса и способа монтажа платы в корпус.		

Оптимизация топологического чертежа и составление	2	ОПК-7, ПКР-7
полного комплекта проектно-конструкторской		
документации. Оформление пояснительной записки с учетом		
ОСТ ТУСУР.		
Итого за семестр	18	
Итого	18	

Примерная тематика курсовых проектов:

- 1. Проектирование микросхемы К237УЛЗ
- 2. Проектирование микросхемы К2УС2412
- 3. Проектирование микросхемы К237ХА5
- 4. Проектирование микросхемы К237ХА3
- 5. Проектирование микросхемы К237ХА1

### 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,	Формируемые компетенции	Формы контроля
	6 cc	еместр		
1 Введение	Подготовка к тестированию	2	ПКС-2	Тестирование
	Итого	2		
2 Конструкция и расчет элементов гибридных	Подготовка к тестированию	2	ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2	Тестирование
микросхем	Подготовка к контрольной работе	8	ПКР-5	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПКР-5, ПКС-2	Лабораторная работа
	Итого	16		
3 Проектирование топологии гибридных	Подготовка к тестированию	2	ОПК-7, ПКР-7	Тестирование
микросхем	Подготовка к контрольной работе	4	ПКР-5	Контрольная работа
	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	12	ОПК-7, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Лабораторная работа
	Итого	18		
4 Конструкция и расчет элементов	Подготовка к тестированию	2	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Тестирование
полупроводниковых микросхем	Подготовка к лабораторной работе, написание отчета	6	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Лабораторная работа
	Итого	8		
5 Изоляция элементов в полупроводниковых	Подготовка к тестированию	2	ОПК-7, ПКР-5	Тестирование
микросхемах	Итого	2		

6 Проектирование топологии	Подготовка к тестированию	2	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Тестирование
полупроводниковых микросхем	Итого	2		
7 Конструкции элементов микросистем	Подготовка к тестированию	2	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5	Тестирование
	Итого	2		
	Итого за семестр	50		
	Подготовка и сдача	36		Экзамен
	экзамена 7 се	еместр		
8 Курсовой проект	Написание отчета по курсовому проекту	54	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Курсовой проект, Отчет по курсовому проекту
	Итого	54		
	Итого за семестр	54		
	Итого	140		

# 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

<b>Запитии</b>						
Формируомило	Ви	іды учеб	чебной деятельности		сти	
Формируемые	Лек.	Прак.	Лаб.	Курс.	Сам.	Формы контроля
компетенции	зан.	зан.	раб.	пр.	раб.	
ОПК-7	+		+	+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой
						проект, Лабораторная работа,
						Тестирование, Экзамен
ПКР-4	+			+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой
						проект, Тестирование, Экзамен
ПКР-5	+	+	+	+	+	Контрольная работа, Отчет по курсовому
						проекту, Курсовой проект, Лабораторная
						работа, Тестирование, Экзамен
ПКР-7	+		+	+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой
						проект, Лабораторная работа,
						Тестирование, Экзамен
ПКС-2	+		+	+	+	Отчет по курсовому проекту, Курсовой
						проект, Лабораторная работа,
						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
		б семестр		
Контрольная работа	10	10	10	30
Лабораторная работа	0	10	10	20
Тестирование	5	5	10	20
Экзамен				30
Итого максимум за период	15	25	30	100
Нарастающим итогом	15	40	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	
7 семестр					
Отчет по курсовому проекту	20	20	60	100	
Итого максимум за период	20	20	60	100	
Нарастающим итогом	20	40	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 максимально	й 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

	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1
	Итоговая сумма баллов,	
Оценка	учитывает успешно сданный	Оценка (ECTS)
	экзамен	
5 (отлично) (зачтено)	90 – 100	А (отлично)
4 (хорошо) (зачтено)	85 – 89	В (очень хорошо)
	75 – 84	С (хорошо)
	70 – 74	D (удовлетворительно)
3 (удовлетворительно) (зачтено)	65 – 69	
	60 – 64	Е (посредственно)
2 (неудовлетворительно) (не зачтено)	Ниже 60 баллов	F (неудовлетворительно)

#### 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 7.1. Основная литература

- 1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем: учебное пособие / А. А. Жигальский; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. Томск: ТУСУР, 2007. 195 с (наличие в библиотеке ТУСУР 50 экз.).
- 2. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: Учебник для вузов / Л. А. Коледов. М.: Радио и связь, 1989. 400 с. (наличие в библиотеке ТУСУР 48 экз.).
- 3. Терехов, А. И. Технологические основы изготовления интегральных микросхем: учебное пособие / А. И. Терехов, И. А. Тихомирова. Иваново: ИГЭУ, 2018. 116 с [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/154591">https://e.lanbook.com/book/154591</a>.

### 7.2. Дополнительная литература

- 1. Справочное пособие по конструированию микросхем: справочное издание / Э. А. Матсон, Д. М. Крыжановский. Минск: Вышэйшая школа, 1982. 224 с. (наличие в библиотеке ТУСУР 51 экз.).
- 2. Конструкции и технология микросхем: Учебное пособие для вузов / Э. А. Матсон. Минск: Вышэйшая школа, 1985. 206 с (наличие в библиотеке ТУСУР 49 экз.).
- 3. Введение в системы автоматизированного проектирования интегральных микросхем: учебно-методическое пособие / составители А. В. Тучин [и др.]. Воронеж: ВГУ, 2017 Часть 1 2017. 111 с [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/154768">https://e.lanbook.com/book/154768</a>.

#### 7.3. Учебно-методические пособия

#### 7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

- 1. Проектирование и конструирование интегральных микросхем: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / А. А. Жигальский; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. Томск: ТУСУР, 2007. 40 с (наличие в библиотеке ТУСУР 51 экз.).
- 2. Микроэлектроника : методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу микроэлектроника для студентов специальности 210104 "Микроэлектроника и твердотельная электроника" / А А. Жигальский ; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Кафедра физической электроники. Томск : ТУСУР, 2007. 71 с (наличие в библиотеке ТУСУР 30 экз.).
- 3. Защита интегральных микросхем от электростатического разряда : учебно-методическое пособие / составители А. В. Тучин [и др.]. Воронеж : ВГУ, 2018. 57 с [Электронный ресурс]: Режим доступа: <a href="https://e.lanbook.com/book/171184">https://e.lanbook.com/book/171184</a>.
- 4. Проектирование и конструирование полупроводниковых приборов и интегральных микросхем. : Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 2002 "Микроэлектроника и полупроводниковые приборы" / Александр Анатольевич Жигальский; Министерство общего и профессионального образования Российской Федерации, Кафедра физической электроники. Томск: ТУСУР, 1999. 17 с. (наличие в библиотеке ТУСУР 15 экз.).

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

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

#### Для лиц с нарушениями зрения:

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

#### Для лиц с нарушениями слуха:

– в форме электронного документа;

– в печатной форме.

#### Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

# 7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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 практического 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, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU;
- Проектор Beng;
- 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;
- Вакуумметр ВИТ-2;
- Источник питания УИП-2 (2 шт.);
- Измеритель иммитанса Е7-20;
- Источник питания НҮ 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 курсового проекта

Учебная аудитория: учебная аудитория для проведения занятий практического 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, 222 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU;
- Проектор Beng;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

#### 8.5. 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, 201 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.

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

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

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

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

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

# 9. Оценочные материалы и методические рекомендации по организации изучения дисциплины

# 9.1. Содержание оценочных материалов для текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Таблица 9.1 – Формы контроля и оценочные материалы

Названия разделов (тем) дисциплины	Формируемые компетенции	Формы контроля	Оценочные материалы (ОМ)
------------------------------------	-------------------------	----------------	--------------------------

1 Введение	ПКС-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
2 Конструкция и расчет элементов гибридных микросхем	ПКР-4, ПКР-5, ПКС-2	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
3 Проектирование топологии гибридных микросхем	ОПК-7, ПКР-7, ПКР-5, ПКС-2	Контрольная работа	Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ
		Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
4 Конструкция и расчет элементов	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Лабораторная работа	Темы лабораторных работ
полупроводниковых микросхем		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
5 Изоляция элементов в полупроводниковых	ОПК-7, ПКР-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
микросхемах		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
6 Проектирование топологии полупроводниковых	ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
микросхем		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
7 Конструкции элементов микросистем	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5	Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Экзамен	Перечень экзаменационных вопросов
8 Курсовой проект	ОПК-7, ПКР-4, ПКР-5, ПКР-7, ПКС-2	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	< 60% от	отсутствие знаний	отсутствие	отсутствие
(неудовлетворительно)	максимальной	или фрагментарные	умений или	навыков или
	суммы баллов	знания частично		фрагментарные
			освоенное	применение
			умение	навыков
3	от 60% до	общие, но не	в целом успешно,	в целом
(удовлетворительно)	69% от	структурированные	но не	успешное, но не
	максимальной	знания	систематически	систематическое
	суммы баллов		осуществляемое	применение
			умение	навыков
4 (хорошо)	от 70% до	сформированные,	в целом	в целом
	89% от	но содержащие	успешное, но	успешное, но
	максимальной	отдельные	содержащие	содержащие
	суммы баллов	проблемы знания	отдельные	отдельные
			пробелы умение	пробелы
				применение
				навыков
5 (отлично)	≥ 90% ot	сформированные	сформированное	успешное и
	максимальной	систематические	умение	систематическое
	суммы баллов	знания		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	Не имеет необходимых представлений о проверяемом материале
(неудовлетворительно)	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	Знать и уметь на репродуктивном уровне. Обучающихся знает
(удовлетворительно)	изученный элемент содержания репродуктивно: произвольно
	воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых
	действиях.
4 (хорошо)	Знать, уметь, владеть на аналитическом уровне. Зная на
	репродуктивном уровне, указывать на особенности и взаимосвязи
	изученных объектов, на их достоинства, ограничения, историю и
	перспективы развития и особенности для разных объектов усвоения.
5 (отлично)	Знать, уметь, владеть на системном уровне. Обучающийся знает
	изученный элемент содержания системно, произвольно и доказательно
	воспроизводит свои знания устно, письменно или в демонстрируемых
	действиях, учитывая и указывая связи и зависимости между этим
	элементом и другими элементами содержания дисциплины, его
	значимость в содержании дисциплины.

# 9.1.1. Примерный перечень тестовых заданий

- 1. Какие из резистивных материалов применяются при изготовлении высокоомных резисторов?
  - а) керметы
  - б) сплавы
  - в) чистые металлы
- 2. Какому классу чистоты должны соответствовать подложки, применяемые в тонкопленочной технологии?
  - a) 14
  - б) 10
  - в) 8
- 3. Какие из резистивных материалов не применяется при изготовлении термостабильных резисторов?
  - а) керметы
  - б) сплавы
  - в) чистые металлы
- 4. Если шаг координатографа 1 мм, а масштаб 10:1, то какой будет топологическая ширина резистора, если bтехн=300 мкм, bточн=305 мкм, bp=350 мкм?
  - а) 350 мкм
  - б) 300 мкм
  - в) 400 мкм
- 5. С определения какого параметра начинается расчет резистора с коэффициентом формы 10>Кф>1?
  - а) с расчета ширины резистора, b
  - б) с расчета длины резистора, 1
  - в) с расчета мощности резистора, Р
- 6. При плавной подгонке сопротивления какой из надрезов обеспечивает «грубую»/ «плавную» подгонку?
  - а) вдоль/поперек
  - б) поперек/вдоль
  - в) под углом
- 7. Максимальная толщина диэлектрической пленки для тонкопленочных конденсаторов составляет?
  - а) 1 мкм
  - б) 0,1 мкм
  - в) 10 мкм
- 8. Какому классу чистоты должны соответствовать подложки, применяемые в полупроводниковых ИМС?
  - a) 14
  - б) 10
  - в) 8
- 9. Какие виды изоляции относятся к комбинированному способу?
  - а) изопланарная технология
  - б) полипланарная технология
  - в) эпипланарная технология
  - г) декаль метод
  - д) метод балочных выводов
  - е) коллекторная изолирующая диффузия
- 10. Какая из операций по формированию полупроводниковой ИМС выполняется самой первой, при условии использования подложки с эпитаксиальным слоем?
  - а) формирование изолированных областей
  - б) формирование базы транзисторов
  - в) формирование эмиттеров транзисторов
  - г) формирование защитного слоя
  - д) формирование металлизации

#### 9.1.2. Перечень экзаменационных вопросов

- 1. Подложки ГИС. Назначение. Требования к материалу подложек. Материалы подложек ГИС.
- 2. Материалы пленок тонкопленочных ИМС.
- 3. Конфигурации тонкопленочных резисторов. Расчет конструкции тонкопленочных резисторов.
- 4. Конструкции тонкопленочных резисторов с подгонкой сопротивления.
- 5. Конструкции пленочных конденсаторов. Ограничения при проектировании пленочных конденсаторов. Расчет пленочного конденсатора.
- 6. Конструкции подгоняемых тонкопленочных конденсаторов. Материалы тонкопленочных конденсаторов. Требования к материалам тонкопленочных конденсаторов.
- 7. Конструкции пленочных индуктивностей. Номиналы индуктивностей. Способы повышения номиналов индуктивностей.
- 8. Конструкции тонкопленочных распределенных RC-структур.
- 9. Навесные элементы ГИС.
- 10. Особенности проектирования СВЧ ГИС. Элементы СВЧ ГИС.
- 11. Характеристика основных этапов проектирования топологии.
- 12. Основные технологические операции изготовления толстопленочных гибридных микросхем.
- 13. Расчет конструкции толстопленочных резисторов.
- 14. Основные этапы теплового расчета ГИС. Зоны теплового влияния. Расчет зон теплового влияния.
- 15. Герметизация ИМС. Требования к герметизации. Типы корпусов.
- 16. Корпуса. Разварка корпуса. Способы разварки.
- 17. Корпуса. Герметизация корпусов сваркой.
- 18. Корпуса. Герметизация корпуса пайкой.
- 19. Корпуса. Бескорусная герметизация. Герметизация пластмассой.
- 20. Корпуса. Контроль герметизации корпусов.
- 21. Подложки полупроводниковых ИМС. Система условных обозначений полупроводниковых пластин.
- 22. Диэлектрические подложки полупроводниковых ИМС. Основные требования предъявляемые к материалу подложек. Система условных обозначений. Материалы для подложек.
- 23. Виды элементов, реализуемых в полупроводниковой технологии и способы их создания.
- 24. Интегральные транзисторы n-p-n. Конструкция, с указанием глубин залегания диффузионных областей. Этапы создания диффузионных областей транзистора, требования к их концентрации и размерам областей.
- 25. Интегральные транзисторы p-n-p. Конструкции p-n-p транзисторов. Основные недостатки p-n-p транзисторов и способы их устранения.
- 26. Многоэмиттерные транзисторы n-p-n. Конструкции, назначение. Основные проблемы при конструировании и способы их устранения.
- 27. Многоколлекторные транзисторы n-p-n. Конструкции, назначение, Основные проблемы при конструировании и способы их устранения.
- 28. Интегральная инжекционная логика И2Л с горизонтальным и вертикальным инжектором. Основные достоинства. Назначение.
- 29. Инжекционно-полевая логика ИПЛ.
- 30. Интегральные диоды. Конструкции. Проблемы при создании интегральных диодов и способы их решения. Параметры диодов при различных конструкциях.
- 31. Диоды Шотки. Технологические трудности при создании диодов Шоттки и способы их решения. Материалы, используемые при изготовлении диодов Шоттки.
- 32. Транзисторы с диодами Шотки. Конструкции, назначение.
- 33. Интегральные резисторы. Конструкции, параметры.
- 34. Интегральные конденсаторы. Конструкции, параметры.
- 35. Методы изоляции элементов ИМС. Диодная изоляция.
- 36. Методы изоляции элементов ИМС. Коллекторная изолирующая диффузия.
- 37. Методы изоляции элементов ИМС. Базовая изолирующая диффузия.
- 38. Методы изоляции элементов ИМС. Метод самоизоляции п-областью.
- 39. Методы изоляции элементов ИМС. Изоляция тонкой пленкой диэлектрика.

- 40. Методы изоляции элементов ИМС. Декаль-метод.
- 41. Методы изоляции элементов ИМС. Метод балочных выводов.
- 42. Методы изоляции элементов ИМС. Метод кремний на сапфире.
- 43. Методы изоляции элементов ИМС. Изопланар.
- 44. Методы изоляции элементов ИМС. Полипланар.
- 45. Разработка топологии ИМС. Правила проектирования изолированных областей.
- 46. Разработка топологии ИМС. Правила размещения элементов ИМС на площади кристалла.
- 47. Интегральные микросхемы на МДП-транзисторах. Типы МДП-транзисторов. Комплементарная пара.
- 48. Запоминающие устройства на МДП-транзисторах.
- 49. Базовый матричный кристалл.

#### 9.1.3. Примерный перечень вопросов для защиты курсового проекта

- 1. Анализ схемы. Назначение микросхемы, ее электрические параметры и условия эксплуатации. Расшифровка маркировки.
- 2. Методика проектирования и расчета элементов ИМС присутствующих в схеме.
- 3. Конструктивные и технологические ограничения при проектировании.
- 4. Методика теплового расчета и паразитных связей.
- 5. Выбор навесных компонентов.

### 9.1.4. Примерный перечень тематик курсовых проектов

- 1. Проектирование микросхемы К237УЛЗ
- 2. Проектирование микросхемы К2УС2412
- 3. Проектирование микросхемы К237ХА5
- 4. Проектирование микросхемы К237ХА3
- 5. Проектирование микросхемы К237ХА1

#### 9.1.5. Примерный перечень вариантов (заданий) контрольных работ

1. Вариант 1. Рассчитать размеры тонкопленочных резисторов.  $\gamma_{os}=2\%$ ,  $\gamma_{Rcr}=1\%$ ,  $\gamma_{Rk}=1\%$ 

Daphani I. I dec midib			размеры	conkonstene in	bix pesheropor	1 ps 2/0 , [RCT 1	70, /KK 170.
		Номинал,	Допуск,	Мощность	Диапазон	Шаг	Метод
	Резистор	Ом	допуск, %	рассеяния,	температур,	координатной	изготовления/
		ОМ	70	мВт	°C	сетки, мм	масштаб
	R1	600	10	10			Φ
	R2	10000	10	15	$-60 \div +55$	0.5	Масштаб
	R3	125000	15	10			10:1

2. **Вариант 9**. Рассчитать размеры тонкопленочных резисторов.  $\gamma_{ps}=2\%$ ,  $\gamma_{Rcr}=1\%$ ,  $\gamma_{Rk}=1\%$ .

Резистор	Номинал, Ом	Допуск, %	Мощность рассеяния, мВт	Диапазон температур, °С	Шаг координатной сетки, мм	Метод изготовления/ масштаб
R1	800	7	10			Φ
R2	5500	7	25	-30 ÷ +99	0.5	Масштаб
R3	80000	15	15			10:1

3. Вариант 1. Рассчитать размеры тонкопленочных конденсаторов. у<sub>C0</sub>=4%, у<sub>Ccr</sub>=1%,

	Номинал,	Частота,	Допуск,	Рабочее	Диапазон	Шаг	Метод
	пФ	МГп	допуск, %	напряжение	температур,	координатной	изготовления/
	пФ	МПЦ	70	В	°C	сетки, мм	масштаб
C1	80		15	10			M
C2	240	5	15	10	-60 ÷ +70	1	Масштаб
C3	650		15	15			10:1

4. Вариант 10. Рассчитать размеры тонкопленочных конденсаторов.  $\gamma_{C0}=4\%$ ,  $\gamma_{Ccr}=1\%$ ,

	Номинал,	Частота,	Допуск,	Рабочее	Диапазон	Шаг	Метод
	пФ	МГп	жопуск, %	напряжение	температур,	координатной	изготовления/
	пФ	МПЦ	70	В	°C	сетки, мм	масштаб
C1	1200		15	10			M
C2	1600	1	15	15	-60 ÷ +85	1	Масштаб
C3	2000		15	15			10:1

 Вариант №1 Произвести тепловой расчет и рассчитать зоны теплового влияния для следующих элементов:

Элемент	1, мм	b, мм	Рэ, мВт	Rт внут, град/Вт	Тмах,°С
R1	1,5	0,6	15		125
R2	2	0,8	10		125
R3	0,8	1,7	15		125
R4	1,1	0,5	15		125
VT1	1	1	15	600	85

Элементы размещены на плате размером 10х15 мм и толщиной 0,45 мм. Конструктивный вариант ИМС- вариант 4 со следующими параметрами:  $h_{\kappa 1}$ =100 мкм,  $h_{\kappa 2}$ =500 мкм,  $\lambda \kappa_1$ =0,5 Bt/(м\*град),  $\lambda \kappa_2$ =0,5 Bt/(м\*град),  $\lambda \kappa_1$ =1,5 Bt/(м\*град). Транзистор VT1 расположен на резисторе R2. Температура окружающей среды Токр.ср.=-60  $\div$  +60°C. Результаты расчета привести в виде таблицы:

6. Вариант №11 Произвести тепловой расчет и рассчитать зоны теплового влияния для следующих элементов:

Элемент	1, мм	b, мм	Рэ, мВт	Rт внут, град/Вт	Тмах,°С
R1	1,3	0,4	10		125
R2	1,8	0,6	15		125
R3	0,8	1,7	10		125
R4	1,1	0,5	25		125
VT1	1,1	1,1	18	720	85

Элементы размещены на плате размером 10x15 мм и толщиной 0,7 мм. Конструктивный вариант ИМС- **вариант 3** со следующими параметрами:  $h_{\kappa 1}$ =100 мкм,  $h_{\kappa 2}$ =100 мкм,  $\lambda \kappa_1$ =0,5 BT/(м\*град),  $\lambda \kappa_2$ =0,5 BT/(м\*град),  $\lambda \kappa_1$ =1,5 BT/(м\*град). Транзистор VT1 расположен на резисторе R1. Температура окружающей среды Токр.ср.=-60  $\div$  +55°C. Результаты расчета привести в виде таблицы:

#### 9.1.6. Темы лабораторных работ

- 1. Определение погрешности изготовления тонкопленочного резистора
- 2. Конструкция и определение параметров тонкопленочного конденсатора
- 3. Конструкции и определение параметров подгоняемых резисторов и конденсаторов
- 4. Определение параметров диффузионных p-n переходов

#### 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.

Конспектирование студентами лекционного материала обязательно. Обязательным условие допуска к экзамену является выполнение и защита всех лабораторных работ, а также написание контрольных работ на положительную оценку

# 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 9.2.

Таблица 9.2 – Дополнительные материалы оценивания для лиц с ограниченными

возможностями здоровья и инвалидов

возможностими эдоровых и иг	20011202		
Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных	Формы контроля и оценки	
категорий обучающихся	материалов	результатов обучения	
С нарушениями слуха	Тесты, письменные	Преимущественно письменная	
	самостоятельные работы, вопросы	проверка	
	к зачету, контрольные работы		
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к	Преимущественно устная	
	зачету, опрос по терминам	проверка (индивидуально)	
С нарушениями опорно-	Решение дистанционных тестов,	Преимущественно	
двигательного аппарата	контрольные работы, письменные	дистанционными методами	
	самостоятельные работы, вопросы		
	к зачету		
С ограничениями по	Тесты, письменные	Преимущественно проверка	
общемедицинским	самостоятельные работы, вопросы	методами, определяющимися	
показаниям	к зачету, контрольные работы,	исходя из состояния	
	устные ответы	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.

# ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ФЭ протокол № 103 от «31 » 10 2019 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
Начальник учебного управления	Е.В. Саврук	Согласовано, fa63922b-1fce-4a6a- 845d-9ce7670b004c
ЭКСПЕРТЫ:		
Старший преподаватель, 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:		
Профессор, каф. ФЭ	Ю.В. Сахаров	Разработано, dd1f7cbe-1ce6-48e6- b40d-074633a5bd8a