

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента по учебной работе

Ким М.Ю.

«29» 10 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**СБОРКА, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ И ИСПЫТАНИЕ НА НАДЕЖНОСТЬ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ**

Уровень образования: **высшее образование - магистратура**

Направление подготовки / специальность: **27.04.05 Инноватика**

Направленность (профиль) / специализация: **Бизнес-аналитика и управление наукоемкими проектами**

Форма обучения: **очная**

Факультет: **Передовая инженерная школа «Электронное приборостроение и системы связи» (ПИШ)**

Кафедра: **передовая инженерная школа (ПИШ)**

Курс: **2**

Семестр: **3**

Учебный план набора 2026 года

Объем дисциплины и виды учебной деятельности

Виды учебной деятельности	3 семестр	Всего	Единицы
Лекционные занятия	18	18	часов
Практические занятия	18	18	часов
Самостоятельная работа	108	108	часов
Общая трудоемкость	144	144	часов
(включая промежуточную аттестацию)	4	4	з.е.

Формы промежуточной аттестации	Семестр
Зачет с оценкой	3

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ким М.Ю.
Должность: Директор департамента по учебной работе
Дата подписания: 29.10.2025
Уникальный программный ключ:
ed789cd8-2cc6-4431-a59e-8f386b1d44fa

Томск

Согласована на портале № 85511

1. Общие положения

1.1. Цели дисциплины

1. Формирование у студентов системных знаний и практических навыков в области современных технологий сборки, методов функционального контроля и испытаний на надежность интегральных схем (ИС) СВЧ-диапазона, основанных на использовании передовых достижений науки и техники.

1.2. Задачи дисциплины

1. 1. Изучить основные типы, конструктивные особенности и специфику применения корпусов СВЧ ИС. 2. Освоить общие принципы выполнения измерений параметров СВЧ устройств, познакомиться с современным измерительным оборудованием и методиками его калибровки. 3. Изучить методы оценки надежности изделий твердотельной электроники, освоить анализ основных физико-химических процессов, приводящих к отказам разрабатываемых изделий.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Блок дисциплин: Б1. Дисциплины (модули).

Часть блока дисциплин: Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Модуль дисциплин: Модуль проектно-профессиональной подготовки.

Индекс дисциплины: Б1.В.01.ДВ.06.03.

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-5. Способен использовать современные достижения науки и передовые технологии в профессиональной деятельности	ПК-5.1. Знает современные подходы к исследованию и разработке объектов профессиональной деятельности	Знает классификацию, конструктивные особенности и области применения современных корпусов СВЧ ИС; физические принципы, архитектуру и возможности современного СВЧ измерительного оборудования; теоретические основы, математический аппарат и нормативную базу оценки надежности изделий микроэлектроники.
	ПК-5.2. Умеет проводить исследование и разработку с использованием современных достижений науки и передовых технологий при решении задач профессиональной деятельности	Умеет обоснованно выбирать тип корпуса и технологию корпусирования ИС с учетом требований к паразитным параметрам и теплоотводу; применять современные методики калибровки и проводить функциональный контроль СВЧ параметров с использованием векторных анализаторов цепей (ВАЦ) и зондовых станций; применять методы ускоренных испытаний, выявлять и анализировать физико-химические механизмы деградации и отказов ИС.
	ПК-5.3. Владеет современными технологиями проектирования объектов профессиональной деятельности	Владеет методиками калибровки измерительных трактов (SOLT, TRL, LRM) и проведения СВЧ зондовых измерений на пластине; методами расчета и прогнозирования надежности СВЧ ИС на основе анализа физико-химических процессов; инструментарием передовых технологий сборки (Flip-Chip, TSV, 3D-интеграция) при конструировании СВЧ ИС.

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

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

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

Таблица 4.1 – Трудоемкость дисциплины по видам учебной деятельности

Виды учебной деятельности	Всего часов	Семестры
		3 семестр
Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	36	36
Лекционные занятия	18	18
Практические занятия	18	18
Самостоятельная работа обучающихся, в т.ч. контактная внеаудиторная работа обучающихся с преподавателем, всего	108	108
Подготовка к зачету с оценкой	50	50
Выполнение практического задания	6	6
Подготовка к тестированию	48	48
Написание отчета по практическому занятию (семинару)	4	4
Общая трудоемкость (в часах)	144	144

Общая трудоемкость (в з.е.)	4	4
------------------------------------	----------	----------

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы (темы) дисциплины и виды учебной деятельности

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Лек. зан., ч	Прак. зан., ч	Сам. раб., ч	Всего часов (без экзамена)	Формируемые компетенции
3 семестр					
1 Технологии сборки и корпуса интегральных схем	6	6	36	48	ПК-5
2 Функциональный контроль и измерения параметров СВЧ устройств	6	6	34	46	ПК-5
3 Испытания на надежность и физика отказов ИС	6	6	38	50	ПК-5
Итого за семестр	18	18	108	144	
Итого	18	18	108	144	

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
3 семестр			
1 Технологии сборки и корпуса интегральных схем	Особенности СВЧ ИС и требования к их конструктивному исполнению. Понятие паразитных параметров на СВЧ. Требования к теплоотводу и экранированию.	2	ПК-5
	Типы корпусов СВЧ ИС: металлокерамические, полимерные, с воздушной полостью, безкорпусные исполнения. Анализ современных зарубежных и отечественных аналогов.	2	ПК-5
	Передовые технологии сборки СВЧ ИС. Проволочная разварка (Wire Bonding), перевернутый кристалл (Flip-Chip), сквозные кремниевые отверстия (TSV). Влияние технологии сборки на СВЧ характеристики.	2	ПК-5
	Итого	6	

2 Функциональный контроль и измерения параметров СВЧ устройств	Общие принципы измерений параметров СВЧ устройств. Матрицы рассеяния (S-параметры). Измерения коэффициента шума и нелинейных параметров.	2	ПК-5
	Современное измерительное оборудование. Архитектура, принципы построения и возможности векторных анализаторов цепей (ВАЦ), анализаторов спектра.	2	ПК-5
	Методики калибровки измерительного оборудования. Модели ошибок ВАЦ. Калибровки SOLT, TRL, LRM. Зондовые измерения: устройство зондовых станций и СВЧ зондов.	2	ПК-5
	Итого	6	
3 Испытания на надежность и физика отказов ИС	Основы теории надежности изделий твердотельной электроники. Законы распределения отказов. Количественные показатели надежности.	2	ПК-5
	Физико-химические процессы, приводящие к отказам ИС: электромиграция, термомиграция, коррозия, диффузионные процессы, деградация диэлектриков.	2	ПК-5
	Методы ускоренных испытаний на надежность и анализ отказов. Ускоряющие факторы. Методы разрушающего и неразрушающего контроля.	2	ПК-5
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

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
3 семестр			
1 Технологии сборки и корпуса интегральных схем	Анализ топологий и выбор типа корпуса СВЧ ИС для заданных технических характеристик.	2	ПК-5
	Расчет паразитных параметров и теплового режима корпусов СВЧ ИС.	2	ПК-5
	Сравнительный анализ технологий сборки (Wire Bond и Flip-Chip) для СВЧ применений.	2	ПК-5
	Итого	6	

2 Функциональный контроль и измерения параметров СВЧ устройств	Измерение S-параметров пассивных СВЧ структур с использованием ВАЦ.	2	ПК-5
	Калибровка измерительного тракта и методы верификации качества калибровки.	2	ПК-5
	Проведение зондовых измерений СВЧ параметров кристаллов на пластине.	2	ПК-5
	Итого	6	
3 Испытания на надежность и физика отказов ИС	Расчет показателей надежности и интенсивности отказов ИС.	2	ПК-5
	Моделирование и анализ физики отказов (электродиффузия, термоциклирование).	2	ПК-5
	Планирование ускоренных испытаний на надежность и обработка их результатов.	2	ПК-5
	Итого	6	
Итого за семестр		18	
Итого		18	

5.4. Лабораторные занятия

Не предусмотрено учебным планом

5.5. Курсовой проект / курсовая работа

Не предусмотрено учебным планом

5.6. Самостоятельная работа

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

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

Названия разделов (тем) дисциплины	Виды самостоятельной работы	Трудоемкость, ч	Формируемые компетенции	Формы контроля
3 семестр				
1 Технологии сборки и корпуса интегральных схем	Подготовка к зачету с оценкой	16	ПК-5	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ПК-5	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	16	ПК-5	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-5	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	36		

2 Функциональный контроль и измерения параметров СВЧ устройств	Подготовка к зачету с оценкой	16	ПК-5	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ПК-5	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	16	ПК-5	Тестирование
	Итого	34		
3 Испытания на надежность и физика отказов ИС	Подготовка к зачету с оценкой	18	ПК-5	Зачёт с оценкой
	Выполнение практического задания	2	ПК-5	Практическое задание
	Подготовка к тестированию	16	ПК-5	Тестирование
	Написание отчета по практическому занятию (семинару)	2	ПК-5	Отчет по практическому занятию (семинару)
	Итого	38		
Итого за семестр		108		
Итого		108		

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

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

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

Формируемые компетенции	Виды учебной деятельности			Формы контроля
	Лек. зан.	Прак. зан.	Сам. раб.	
ПК-5	+	+	+	Зачёт с оценкой, Отчет по практическому занятию (семинару), Практическое задание, Тестирование

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
3 семестр				
Зачёт с оценкой	0	0	30	30
Практическое задание	5	5	5	15
Тестирование	5	10	5	20
Отчет по практическому занятию (семинару)	10	10	15	35
Итого максимум за период	20	25	55	100

Нарастающим итогом	20	45	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
$\geq 90\%$ от максимальной суммы баллов на дату ТК	5
От 70% до 89% от максимальной суммы баллов на дату ТК	4
От 60% до 69% от максимальной суммы баллов на дату ТК	3
$< 60\%$ от максимальной суммы баллов на дату ТК	2

6.3. Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку представлен в таблице

6.3.

Таблица 6.3 – Пересчет суммы баллов в традиционную и международную оценку

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

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Белоус, А. И. Основы технологии микромонтажа интегральных схем / А. И. Белоус, В. А. Емельянов. — Москва: ДМК Пресс, 2013. — 216 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/9120>.

2. Афонский, А. А. Электронные измерения в нанотехнологиях и микроэлектронике : монография / А. А. Афонский, В. П. Дьяконов. — Москва : ДМК Пресс, 2011. — 688 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/900>.

3. Бочкарев, С. В. Диагностика и надежность автоматизированных систем: учебное пособие / С. В. Бочкарев, А. И. Цаплин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Пермь: ПНИПУ, 2008. — 485 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/160311>.

7.2. Дополнительная литература

1. Никифоров, И. К. Радиоэлектронная и силовая электронная аппаратура. Микро- и нанoeлектроника. Материалы, технологии : учебное пособие / И. К. Никифоров ; под редакцией Н. Н. Николаева. — Чебоксары : ЧГУ им. И.Н. Ульянова, 2020. — 354 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/209531>.

7.3. Учебно-методические пособия

7.3.1. Обязательные учебно-методические пособия

1. Антенны и устройства СВЧ. Микроволновые антенны и устройства СВЧ : Лабораторный практикум / А. С. Шостак, И. И. Горелкин, В. П. Зайцев - 2018. 54 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/7266>.

2. Тимошенко, С. П. Основы теории надежности : учебник и практикум для вузов / С. П. Тимошенко, Б. М. Симонов, В. Н. Горошко. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. 445 с. [Электронный ресурс]: — Режим доступа: <https://urait.ru/bcode/536405>.

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

7.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины рекомендуется обращаться к современным базам данных, информационно-справочным и поисковым системам, к которым у ТУСУРа 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 лабораторного типа; 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 124 ауд.

Описание имеющегося оборудования:

- Компьютер Intel(R) Core (TM)2 CPU (13 шт.);
- Проектор Benq;
- Комплект специализированной учебной мебели;
- Рабочее место преподавателя.

8.3. 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, 101 ауд.;
- 634045, Томская область, г. Томск, ул. Красноармейская, д. 146, 107 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 47, 126 ауд.;
- 634034, Томская область, г. Томск, Вершинина улица, д. 74, 130 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.

8.4. 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 Технологии сборки и корпуса интегральных схем	ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий
2 Функциональный контроль и измерения параметров СВЧ устройств	ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий

3 Испытания на надежность и физика отказов ИС	ПК-5	Зачёт с оценкой	Перечень вопросов для зачета с оценкой
		Практическое задание	Темы практических заданий
		Тестирование	Примерный перечень тестовых заданий
		Отчет по практическому занятию (семинару)	Темы практических занятий

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.
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. Технология корпусирования на основе использования низкотемпературной керамики называется:
 - а) LCC;
 - б) LTCC;
 - в) HTCC;
 - г) LTCT.
2. Назначение интерпозера заключается в:
 - а) электрическое соединение одного блока с другим;
 - б) изоляция одного блока от другого;
 - в) термоинтерфейс между блоками;
 - г) минимизация влияния внешних воздействующих факторов.
3. При расчёте тепловыделения системы учитывают:
 - а) теплопроводность материалов;
 - б) температурные коэффициенты расширения материалов;
 - в) уровень рассеиваемой мощности источника тепла;
 - г) всё вышеперечисленное.
4. Какими методами компьютерного моделирования проводится расчёт параметров СВЧ корпусов?
 - а) линейный анализ;
 - б) нелинейный анализ;
 - в) электромагнитное моделирование;
 - г) схемотехнический анализ.
5. Понятие «система-в-корпусе» может включать в себя:
 - а) интегрированную антенну с одной из сторон корпуса;
 - б) множество функциональных узлов интегральных схем;
 - в) интегральные схемы, изготовленные по различным технологиям;
 - г) всё вышеперечисленное.
6. Наиболее дешевым типом корпусов является:
 - а) WLP;
 - б) Plastic QFN;
 - в) LTCC;
 - г) PBGA.
7. Наиболее оптимальным корпусом для интегральных схем усилителей мощности является:
 - а) PBGA;
 - б) металлокерамический корпус с балочными выводами;
 - в) металлокерамический корпус с коаксиальными выводами;

- г) flip-chip с андерфилом.
8. Классический корпус BGA изготавливается на:
- а) керамическом основании;
 - б) кремниевом интерпозере;
 - в) металлическом основании;
 - г) печатной плате.
9. Что такое WL μ E?
- а) корпусирование кристаллов на уровне отдельных микросхем;
 - б) корпусирование кристаллов на уровне пластины методом «пластина-к-пластине»;
 - в) корпусирование кристаллов в боросиликатное стекло;
 - г) корпусирование кристаллов методом тонких плёнок.
10. Метод корпусирования на уровне пластины называется:
- а) DLP;
 - б) WLP;
 - в) LTCC;
 - г) HTCC.
11. В каком случае применяется, как правило, радиоимпульсный метод измерения частотных характеристик СВЧ устройств?
- а) мощных интегральных СВЧ устройств на высоком уровне мощности.
 - б) маломощных интегральных транзисторов СВЧ на малом уровне мощности.
 - в) мощных интегральных транзисторов СВЧ на малом уровне мощности.
 - г) маломощных интегральных транзисторов СВЧ на высоком уровне мощности.
12. Почему при лавинном пробое не происходит необратимого теплового пробоя транзистора?
- а) Этот экспериментальный результат до сих пор не имеет теоретического объяснения.
 - б) Из-за того, что структура не успевает перегреться вследствие очень короткой длительности импульса.
 - в) Из-за того, что структура не успевает перегреться вследствие малой амплитуды импульса.
 - г) На самом деле при лавинном пробое структура перегревается и происходит необратимый тепловой пробой транзистора.
13. Сколько портов (плеч) в направленном ответвителе СВЧ?
- а) это 1-портовое устройство;
 - б) это 2-портовое устройство;
 - в) это 3-портовое устройство;
 - г) это 4-портовое устройство;
14. Какие условные названия имеют порты (плечи) в любом направленном ответвителе СВЧ?
- а) входное, связанное, развязанное, проходное
 - б) входное, импедансное, адмитансное, реактансное
 - в) входное, вспомогательное, основное, трансформирующее
 - г) входное, эластансное, резистивное, аттенюаторное
15. Какие типы направленности ответвителей известны?
- а) Прямой
 - б) Обратный
 - в) Поперечный
 - г) Продольно-поперечный
16. Какие типы направленных ответвителей, различающиеся по виду направленности, существуют?
- а) противонаправленный,
 - б) сонаправленный,
 - в) транснаправленный,
 - г) сверхнаправленный,
17. Как называется направленный ответвитель с 3-дБ связью?
- а) Мост
 - б) Полумост
 - в) Гиратор
 - г) Циркулятор

18. Как классифицируются направленные ответвители по критерию фазового соотношения сигналов в выходных плечах?
 - а) Квадратурный
 - б) Синфазно-противофазный
 - в) Квадратный
 - г) Двухшейфный
19. На каких элементах можно построить направленный ответвитель?
 - а) На отрезках одиночных линий передачи
 - б) На связанных линиях
 - в) На пассивных сосредоточенных элементах
 - г) На полевых транзисторах
20. Назвать основные параметры направленных ответвителей?
 - а) Согласование
 - б) Связь
 - в) Развязка
 - г) Циркуляция
21. Что такое надежность изделия?
 - а) качество изделия;
 - б) дизайн изделия;
 - в) свойство изделия;
 - г) состояние изделия.
22. Что такое отказ изделия?
 - а) изменение параметров изделия;
 - б) нарушение работоспособности изделия;
 - в) изменение условий эксплуатации изделия;
 - г) электрические испытания изделия.
23. Что такое работоспособность изделия?
 - а) готовность изделия к использованию;
 - б) способность изделия выполнять заданные функции;
 - в) состояние изделия после испытаний;
 - г) утрата основных параметров.
24. Что такое долговечность изделия?
 - а) износ изделия;
 - б) сохранение работоспособности до износа;
 - в) способность выдерживать нагрузки;
 - г) сохранение надежности.
25. Что такое сохраняемость изделия?
 - а) условия хранения изделия;
 - б) способность изделия к транспортировке;
 - в) свойство сохранять работоспособность в течение хранения и после хранения;
 - г) упаковка изделия в герметичную тару.
26. Что такое вероятность отказа изделия $Q(t)$?
 - а) вероятность того, что в отказ возникает в заданных пределах времени;
 - б) Вероятность того, что в заданное время отказ не возникает;
 - в) вероятность того, что изделие работоспособно;
 - г) вероятность наработки изделием заданного времени.
27. Гамма-процентная наработка до отказа?
 - а) суммарная наработка изделия;
 - б) наработка изделия на отказ;
 - в) наработка, в течении которой отказ не возникает с некоторой вероятностью;
 - г) процентная наработка на отказ.
28. Какой математический закон положен в основу ускоренных испытаний?
 - а) закон нормального распределения;
 - б) закон Гаусса;
 - в) закон Мура;
 - г) закон Аррениуса.
29. Что такое граничные испытания?

- а) определение режимов испытаний;
 - б) определение времени испытаний;
 - в) определение предельно-допустимых параметров изделий;
 - г) определение условий эксплуатации изделий.
30. Что такое случайная выборка изделий?
- а) выборка изделий с заданными параметрами;
 - б) выборка изделий для испытаний;
 - в) отбор изделий из генеральной совокупности;
 - г) выборка качественных изделий

9.1.2. Перечень вопросов для зачета с оценкой

Блок I. Сборка и корпуса СВЧ ИС

1. Классификация и особенности применения корпусов СВЧ ИС. Влияние паразитных параметров корпуса на работу ИС.
2. Металлокерамические и полимерные корпуса СВЧ ИС: достоинства, недостатки и области применения.
3. Технологии межсоединений в микроэлектронике: Wire Bonding, Flip-Chip, TSV. Физические ограничения на СВЧ.
4. Особенности сборки СВЧ ИС с использованием технологий 3D-интеграции и кремниевых интерпозеров.
5. Методы обеспечения теплоотвода в корпусах мощных СВЧ ИС.

Блок II. Функциональный контроль и измерения

1. Понятие S-параметров и их физический смысл при измерении СВЧ устройств.
2. Архитектура и основные характеристики современных векторных анализаторов цепей (ВАЦ).
3. Назначение и принцип работы анализаторов спектра при функциональном контроле СВЧ ИС.
4. Суть, необходимость и математические модели ошибок при калибровке измерительного СВЧ тракта.
5. Методики калибровки SOLT, TRL, LRM: особенности, точность и области применения.
6. Устройство и принципы работы СВЧ зондовой станции. Особенности проведения зондовых измерений на пластине.

Блок III. Надежность и физика отказов

1. Основные показатели безотказности и долговечности изделий микроэлектроники. Законы распределения отказов.
2. Физические модели электромиграции и термомиграции в тонкопленочной металлизации ИС.
3. Механизмы деградации диэлектриков и коррозионные процессы в корпусах ИС.
4. Понятие ускоренных испытаний: ускоряющие факторы и модели ускорения.
5. Методы разрушающего и неразрушающего анализа отказов. Применение электронной микроскопии и рентгеновского контроля.
6. Планирование, проведение и статистическая обработка результатов ускоренных испытаний на надежность.
7. Взаимосвязь топологии СВЧ ИС, технологии сборки и доминирующих механизмов отказов.

9.1.3. Темы практических заданий

1. Проанализировать топологии и выбрать тип корпуса СВЧ ИС для заданных технических характеристик.
2. Рассчитать паразитные параметры и тепловой режим корпусов СВЧ ИС.
3. Провести сравнительный анализ технологий сборки (Wire Bond и Flip-Chip) для СВЧ применений.
4. Смоделировать и проанализировать физику отказов ИС.
5. Составить план ускоренных испытаний на надежность ИС и обработать их результаты.

9.1.4. Темы практических занятий

1. Анализ топологий и выбор типа корпуса СВЧ ИС для заданных технических характеристик.
2. Расчет паразитных параметров и теплового режима корпусов СВЧ ИС.
3. Сравнительный анализ технологий сборки (Wire Bond и Flip-Chip) для СВЧ применений.
4. Моделирование и анализ физики отказов (электродиффузия, термоциклирование).
5. Планирование ускоренных испытаний на надежность и обработка их результатов.

9.2. Методические рекомендации

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

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

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

При самостоятельном изучении тем следуйте рекомендациям:

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

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

- осмысливайте прочитанное и изученное, отвечайте на предложенные вопросы.

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

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

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

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

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

Категории обучающихся	Виды дополнительных оценочных материалов	Формы контроля и оценки результатов обучения
С нарушениями слуха	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы	Преимущественно письменная проверка
С нарушениями зрения	Собеседование по вопросам к зачету, опрос по терминам	Преимущественно устная проверка (индивидуально)
С нарушениями опорно-двигательного аппарата	Решение дистанционных тестов, контрольные работы, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету	Преимущественно дистанционными методами

С ограничениями по общеmedizinским показаниям	Тесты, письменные самостоятельные работы, вопросы к зачету, контрольные работы, устные ответы	Преимущественно проверка методами, определяющимися исходя из состояния обучающегося на момент проверки
---	--	--

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

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

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

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

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

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

Для лиц с нарушениями зрения:

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

Для лиц с нарушениями слуха:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в форме электронного документа;
- в печатной форме.

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

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПИШ
протокол № 3 от «21» 10 2025 г.

СОГЛАСОВАНО:

Должность	Инициалы, фамилия	Подпись
Заведующий выпускающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4- 9a8a-4ff4e15b36fe
Заведующий обеспечивающей каф. ПИШ	А.С. Перин	Согласовано, a0f1668d-d020-4ff4- 9a8a-4ff4e15b36fe
Начальник учебного управления	Г.А. Цой	Согласовано, 8a5745e4-63a0-4946- bbb0-ce4977ac113e

ЭКСПЕРТЫ:

Заместитель директора по образованию, каф. Передовая инженерная школа "Электронное приборостроение и системы связи" им. А.В. Кобзева	А.В. Жечева	Согласовано, 10222954-0bcd-4026- 99f7-5b18919a1928
Заведующий кафедрой, каф. РСС	А.В. Фатеев	Согласовано, 595be322-a579-4ae5- 8d93-e5f4ee9ceb7d

РАЗРАБОТАНО:

Доцент, каф. ФЭ	Ю.С. Жидик	Разработано, db64d8d8-4523-45e4- 9f1c-901117524a6a
-----------------	------------	--