

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета радиотехники и электроники

Небольсин В.А.

«31» августа 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Конструкционные методы повышения надежности интегральных
схем»

Направление подготовки 11.04.04 Электроника и микроэлектроника

Профиль Интегральные системы и устройства в микро- и микроэлектронике

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года/2 года 3 месяца

Форма обучения очная/заочная

Год начала подготовки 2020

Автор программы

Винокуров А.А. Винокуров А.А.

Заведующий кафедрой
полупроводниковой электроники
и микроэлектроники

Рембеза С.И. Рембеза С.И.

Руководитель ОПОП

Рембеза С.И. Рембеза С.И.

Воронеж 2020

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины – изучение основных понятий теории надежности, физических моделей появления отказов, механизмов внезапных и постепенных отказов, влияния электростатических разрядов и ионизирующего излучения на надежность интегральных схем (ИС), механизмов развития отказов ИС при этом и конструктивно-технологических методов повышения надежности ИС.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

- ознакомление студентов с основами теории надежности применительно к полупроводниковым изделиям, с физикой отказов, с требованиями ГОСТов по надежности транзисторов и интегральных микросхем;
- освоение студентами последовательности и методов анализа отказавших изделий;
- практическое освоение студентами экспресс-анализа отказавших изделий, методом статистической обработки данных, методов расчета надежности интегральных микросхем, методов расчета тепловой деформации внутренних проводников, методов расчета тепловых параметров ИС.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.01.01 «Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем» относится к дисциплинам части блока Б1 учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-4: способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия;

ПК-1: готовность формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, способностью обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач;

ПК-4: способность делать научно-обоснованные выводы по результатам теоретических и экспериментальных исследований, давать рекомендации по совершенствованию устройств и систем, готовить научные публикации и заявки на изобретения.

Компе-тенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-4	знать алгоритмы решения задач по моделированию информативных

	параметров цифровых ИС; уметь решать задачи по моделированию информативных параметров ИС с разделением задачи и ориентацией на работу в команде; владеть навыками совместного использования и модификации проекта в САПР применительно к задачам моделирования информативных параметров ИС.
ПК-1	знать основные механизмы отказов диодов, биполярных и МДП-транзисторов, КМОП ИС; основные методы неразрушающей диагностики ИС, условия использования методов, пути обеспечения необходимой достоверности диагностики; уметь определять состав системы информативных параметров и функциональных тестов для диагностики ИС; на основе анализа результатов испытаний определять причины отказов ИС; владеть алгоритмами построения тестов цифровых ИС и основами сигнатурного анализа; алгоритмами проведения технологических отбраковочных испытаний ИС.
ПК-4	знать основные нормативные документы по проведению испытаний ИС, а также основные периодические издания по тематике надежности и испытаний ИС; уметь готовить научные публикации на уровне изданий, индексируемых в РИНЦ и заявки на изобретения; владеть навыками поиска в базах цитирования elibrary, sciencedirect, а также поиска патентной информации в системах ФИПС и Google Patents.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем» составляет 4 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
Аудиторные занятия (всего)	32	32
В том числе:		
Лекции	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	112	112
Курсовая работа	+	+
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы	144	144
з.е.	4	4

заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		3
Аудиторные занятия (всего)	8	8
В том числе:		
Лекции	4	4
Лабораторные работы (ЛР)	4	4
Самостоятельная работа	132	132
Курсовая работа	+	+
Контрольная работа	+	+
Часы на контроль	4	4
Виды промежуточной аттестации - зачет с оценкой	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	144 4	144 4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Способы обеспечения качества и надежности изделий электронной техники.	Предмет и содержание курса. Проблема обеспечения качества и надежности изделий электронной техники. Технологические отбраковочные испытания. Корректировка параметров технологического процесса по результатам испытаний.	2	-	14	16
2	Информативные параметры ИС. Неразрушающая диагностика	Эффективность методов прогнозирования надежности. Информативность параметров ИС. Чувствительность параметров ИС к различным видам дефектов. Диагностические методы оценки качества и надежности ИС. Методы неразрушающей диагностики по электрическим параметрам. Контроль параметров ИС при пониженных напряжениях питания.	2	-	14	16
3	Дестабилизирующие факторы	Использование внешних дестабилизирующих факторов при диагностике ИС. Способы диагностики по информативным параметрам, использующие воздействие повышенной и пониженной температуры.	2	2	14	18
4	Научные публикации по тематике надежности ИС	Основные нормативные документы по проведению испытаний ИС. Периодические издания по тематике надежности и испытаний ИС на русском и английском языке. Системы поиска научных публикаций и патентов. Оформление научной статьи по тематике надежности ИС.	2	-	14	18
5	Тестирование ИС	Тестирование цифровых устройств. Методы построения тестов. Генераторы тестов. Сигнатурный анализ. Использование тестирования совместно с контролем электрических информативных параметров.	2	4	14	18
6	Механизмы отказов ИС и их компонентов.	Механизмы отказов диодов и биполярных транзисторов. Механизмы отказов МДП ИС. Технические требования к конструкции ИС. Требования к конструкции корпусов. Дegradация электрических параметров ИС.	2	-	14	16
7	Моделирование информативных электрических параметров ИС	Использование SPICE-моделей электронных компонентов для получения значений информативных параметров. Моделирование критического напряжения питания. Система информативных параметров. Совместное использование проекта в САПР. Разделение задачи моделирования информативных параметров.	2	4	14	20

8	Моделирование неэлектрических параметров ИС.	Моделирование механической прочности элементов корпуса ИС в САПР конечно-элементного анализа. Моделирование теплового сопротивления кристалл-корпус. Методы контроля качества и надежности ИС, использующие измерение теплового сопротивления.	2	6	14	22
Итого			16	16	112	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Способы обеспечения качества и надежности изделий электронной техники.	Предмет и содержание курса. Проблема обеспечения качества и надежности изделий электронной техники. Технологические отбраковочные испытания. Корректировка параметров технологического процесса по результатам испытаний.	1	-	16	17
2	Информативные параметры ИС. Неразрушающая диагностика	Эффективность методов прогнозирования надежности. Информативность параметров ИС. Чувствительность параметров ИС к различным видам дефектов. Диагностические методы оценки качества и надежности ИС. Методы неразрушающей диагностики по электрическим параметрам. Контроль параметров ИС при пониженных напряжениях питания.	1	-	16	17
3	Дестабилизирующие факторы	Использование внешних дестабилизирующих факторов при диагностике ИС. Способы диагностики по информативным параметрам, использующие воздействие повышенной и пониженной температуры.	1	-	16	17
4	Научные публикации по тематике надежности ИС	Основные нормативные документы по проведению испытаний ИС. Периодические издания по тематике надежности и испытаний ИС на русском и английском языке. Системы поиска научных публикаций и патентов. Оформление научной статьи по тематике надежности ИС.	-	-	16	16
5	Тестирование ИС	Тестирование цифровых устройств. Методы построения тестов. Генераторы тестов. Сигнатурный анализ. Использование тестирования совместно с контролем электрических информативных параметров.	-	2	16	18
6	Механизмы отказов ИС и их компонентов.	Механизмы отказов диодов и биполярных транзисторов. Механизмы отказов МДП ИС. Технические требования к конструкции ИС. Требования к конструкции корпусов. Дegradация электрических параметров ИС.	-	-	16	16
7	Моделирование информативных электрических параметров ИС	Использование SPICE-моделей электронных компонентов для получения значений информативных параметров. Моделирование критического напряжения питания. Система информативных параметров. Совместное использование проекта в САПР. Разделение задачи моделирования информативных параметров.	1	2	18	21
8	Моделирование неэлектрических параметров ИС.	Моделирование механической прочности элементов корпуса ИС в САПР конечно-элементного анализа. Моделирование теплового сопротивления кристалл-корпус. Методы контроля качества и надежности ИС, использующие измерение теплового сопротивления.	-	-	18	18
Всего			4	4	132	140
Контроль						4
Итого						144

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Испытания ИС на воздействие повышенной и пониженной температур.
2. Построение тестов цифровых ИС методом активизации одномерного пути.
3. Моделирование электрических информативных параметров ИС в SPICE-симуляторе.
4. Моделирование тепловых параметров ИС в САПР конечно-элементного анализа.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины «Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем» предусматривает выполнение курсовой работы в 1 семестре для очной формы обучения, в 3 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсовой работы: «Моделирование электрических информативных параметров ИС с использованием SPICE-моделей»

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Составление обзора литературы по тематике курсовой работы с использованием отечественных и зарубежных источников информации. Поиск научных публикаций в системах цитирования elibrary, sciencedirect и т.д.

- Построение модели исследуемой ИС в САПР. Получение значений информативных параметров.

- Определение эффективности выбранных информативных параметров для выявления потенциально ненадежных ИС.

Курсовая работа включает в себя расчетно-пояснительную записку.

Учебным планом по дисциплине «Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем» предусмотрено выполнение контрольной работы в 3 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика контрольной работы:

1. Испытания ИС на воздействие ЭСР.
2. Испытания ИС на воздействие рентгеновского излучения.
3. Испытания ИС на воздействие термоциклов
4. Испытания ИС на воздействие термоудара
5. Испытания ИС на воздействие линейного ускорения
6. Электротренировка ИС
7. Термотренировка ИС
8. Электротермотренировка ИС
9. Контроль внешнего вида кристаллов ИС
10. Контроль электрических параметров элементов ИС на пластине
11. Контроль электрических параметров ИС в корпусе
12. Испытания ИС на герметичность
13. Контроль качества монтажа кристалл ИС в корпус

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-4	знать алгоритмы решения задач по моделированию информативных параметров цифровых ИС;	Выполнение и защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь решать задачи по моделированию информативных параметров ИС с разделением задачи и ориентацией на работу в команде;	Выполнение и защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками совместного использования и модификации проекта в САПР применительно к задачам моделирования информативных параметров ИС.	Выполнение и защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-1	знать основные механизмы отказов диодов, биполярных и МДП-транзисторов, КМОП ИС; основные методы неразрушающей диагностики ИС, условия использования методов, пути обеспечения необходимой достоверности диагностики;	Устный ответ на вопрос, тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь определять состав системы информативных параметров и функциональных тестов для диагностики ИС; на основе анализа результатов испытаний определять причины отказов ИС;	Выполнение и защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть алгоритмами построения тестов цифровых ИС и основами сигнатурного анализа; алгоритмами проведения технологических отбраковочных испытаний ИС.	Выполнение и защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-4	знать основные нормативные документы по проведению испытаний ИС, а также основные периодические издания по тематике надежности и испытаний ИС;	Устный ответ на вопрос, тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь готовить научные публикации на уровне изданий, индексируемых в РИНЦ и заявки на изобретения;	Устный ответ на вопрос, тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками поиска в базах цитирования elibrary, sciencedirect, а также поиска патентной информации в системах ФИПС и Google Patents.	Устный ответ на вопрос, тест	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения, 3 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;
«хорошо»;
«удовлетворительно»;
«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
УК-4	знать алгоритмы решения задач по моделированию информативных параметров цифровых ИС;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь решать задачи по моделированию информативных параметров ИС с разделением задачи и ориентацией на работу в команде;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками совместного использования и модификации проекта в САПР применительно к задачам моделирования информативных параметров ИС.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-1	знать основные механизмы отказов диодов, биполярных и МДП-транзисторов, КМОП ИС; основные методы неразрушающей диагностики ИС, условия использования методов, пути обеспечения необходимой достоверности диагностики;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь определять состав системы информативных параметров и функциональных тестов для диагностики ИС; на основе анализа результатов испытаний определять причины отказов ИС;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть алгоритмами построения тестов цифровых ИС и основами сигнатурного анализа; алгоритмами проведения технологических отбрако-	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продemonстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продemonстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

	вочных испытаний ИС.					
ПК-4	знать основные нормативные документы по проведению испытаний ИС, а также основные периодические издания по тематике надежности и испытаний ИС;	Тест	Выполнение теста на 90 – 100 %	Выполнение теста на 80 – 90 %	Выполнение теста на 70 – 80 %	В тесте менее 70 % правильных ответов
	уметь готовить научные публикации на уровне изданий, индексируемых в РИНЦ и заявки на изобретения;	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками поиска в базах цитирования elibrary, sciencedirect, а также поиска патентной информации в системах ФИПС и Google Patents.	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. В модели тела человека R и C имеют значения:

1. $R = 1000 \text{ Ом}$, $C = 100 \text{ пФ}$;
2. $R = 1000 \text{ кОм}$, $C = 100 \text{ нФ}$;
3. $R = 1000 \text{ кОм}$, $C = 100 \text{ мкФ}$.

2. Отказ под воздействием ЭСР по модели воздействующего поля происходит под действием:

1. тока;
2. мощности;
3. напряжения.

3. На рис. 1, 2 изображены модели электростатических разрядов, а именно:

1. Рис.1- МТЧ, Рис.2-МВП;
2. Рис.1- МЗП, Рис.2-МВП;
3. Рис.1- МЗП, Рис.2-МТЧ.

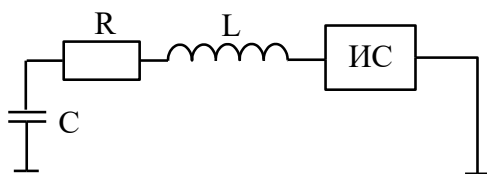


Рис.1

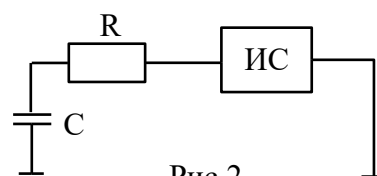
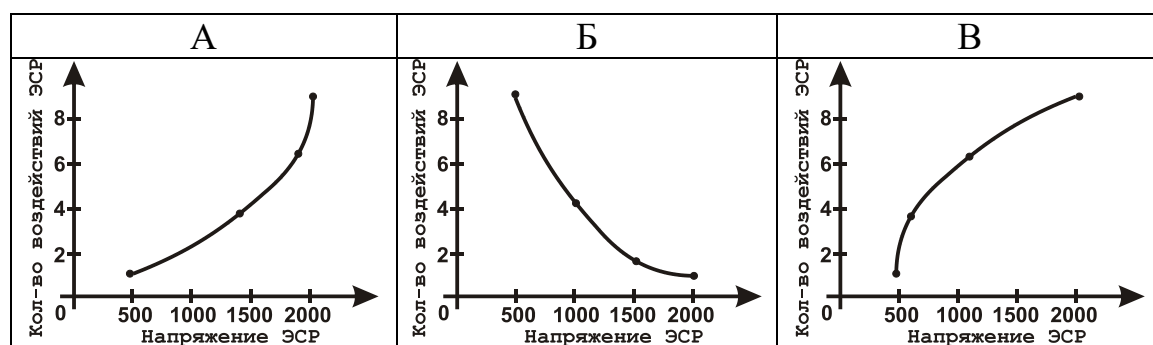


Рис.2

4. Отказ под воздействием ЭСР по модели заряженного прибора происходит под действием:
1. мощности или тока;
 2. только мощности;
 3. только напряжения.
5. Отказ под воздействием ЭСР по модели тела человека происходит под действием:
1. мощности или напряжения;
 2. только мощности;
 3. только напряжения.
6. По относительной чувствительности ИС можно расположить, начиная с наименее чувствительной, в ряд:
1. ТТЛ ИС, МОП ИС, линейные ИС;
 2. ТТЛ ИС, линейные ИС, МОП ИС;
 3. МОП ИС, линейные ИС, ТТЛ ИС.
7. Наиболее распространенные повреждения из-за воздействия ЭСР у биполярных ИС следующие:
1. повреждения переходов;
 2. повреждения металлизации;
 3. повреждения диэлектрика.
8. Ряд по энергии ЭСР, необходимый для повреждения, ППИ имеют:
1. МОП структуры, транзисторы, диоды;
 2. диоды, МОП структуры, транзисторы;
 3. транзисторы, МОП структуры, диоды.
9. Зависимость количества разрядных импульсов ЭСР, приводящих к катастрофическим отказам ППИ, имеет вид:

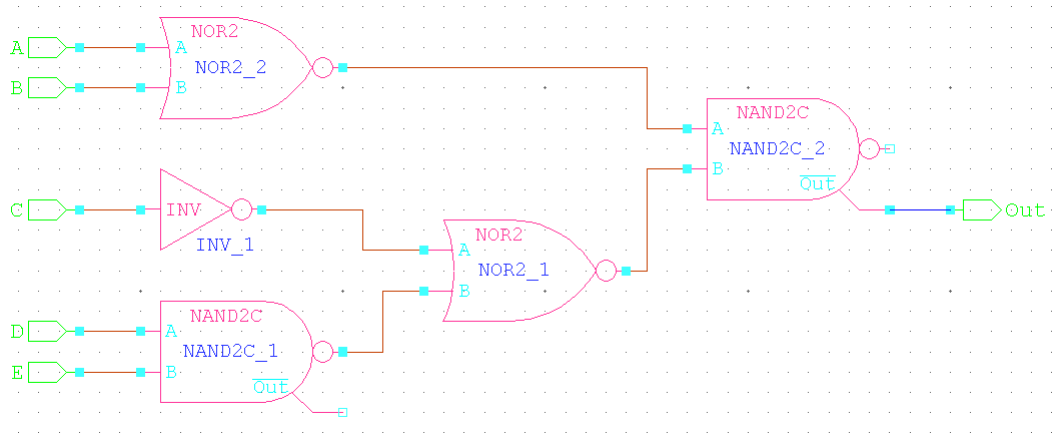


10. Сопротивление у проводящего браслета должно быть:
1. менее 1 МОм;
 2. от 1 до 100 МОм;
 3. более 100 МОм.

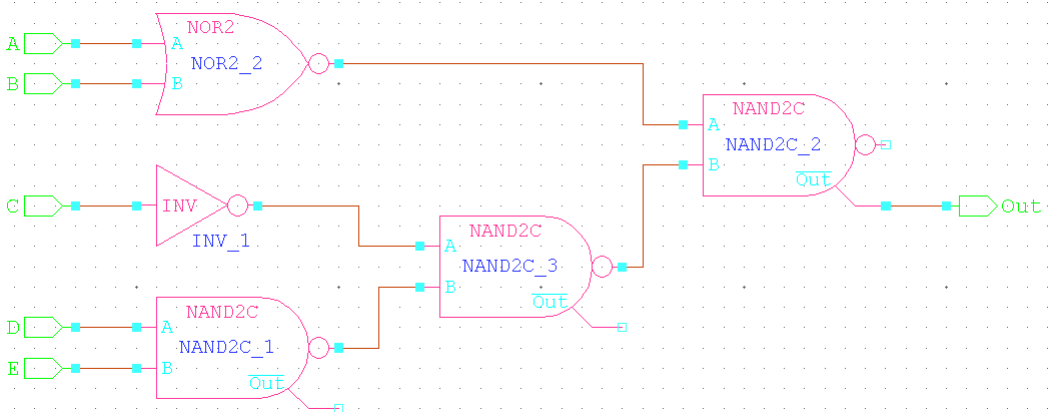
7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Разработать тестовый набор по методу активизации одномерного пути, который выявляет любую одиночную константную неисправность для схемы согласно варианту:

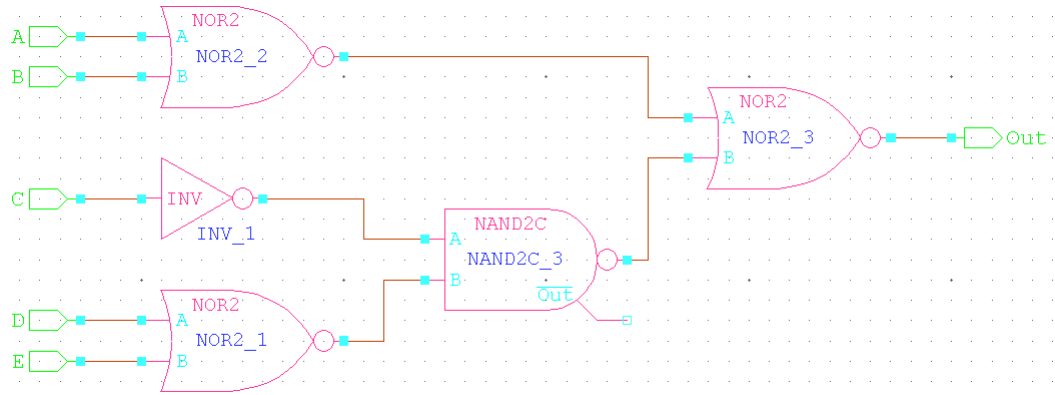
Вариант 1.



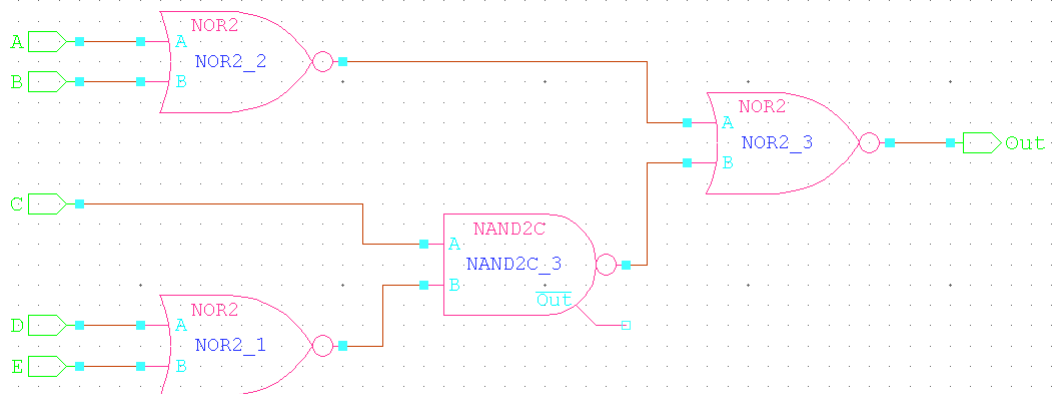
Вариант 2.



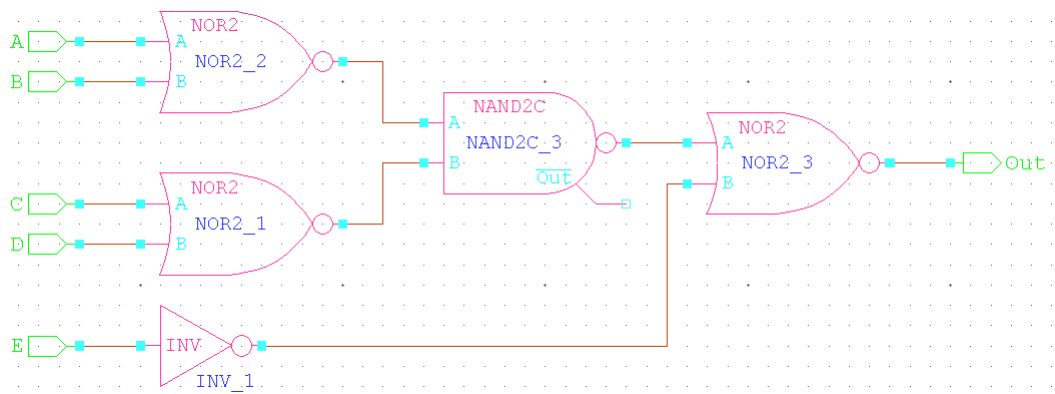
Вариант 3.



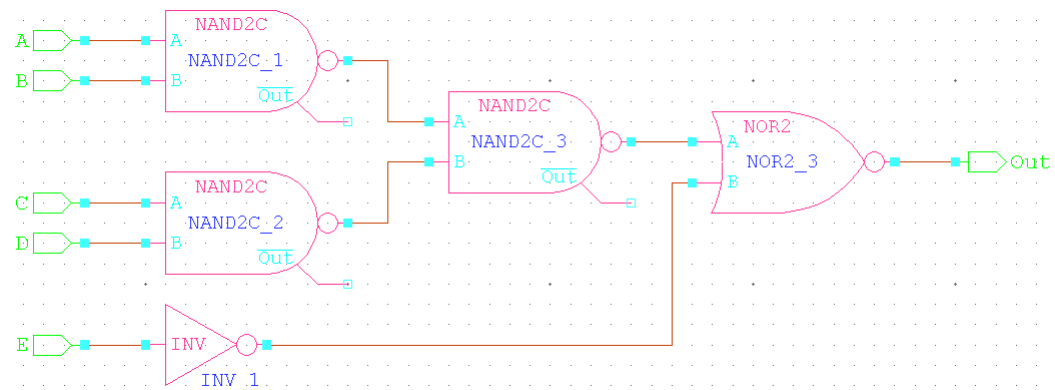
Вариант 4.



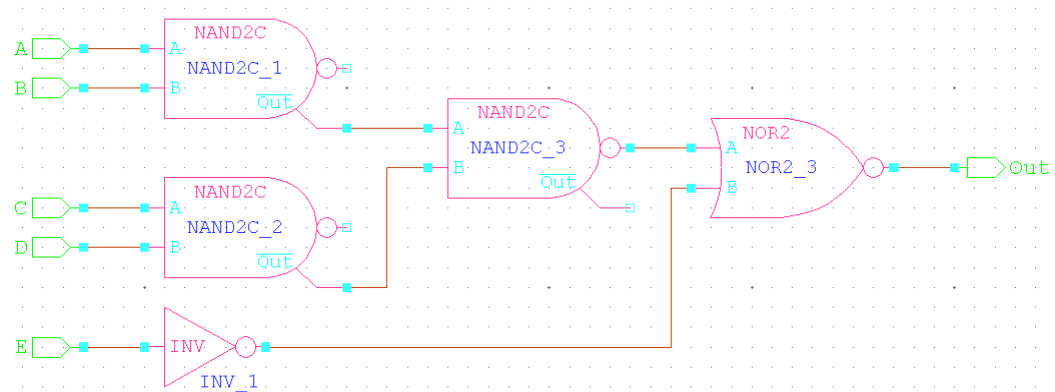
Вариант 5.



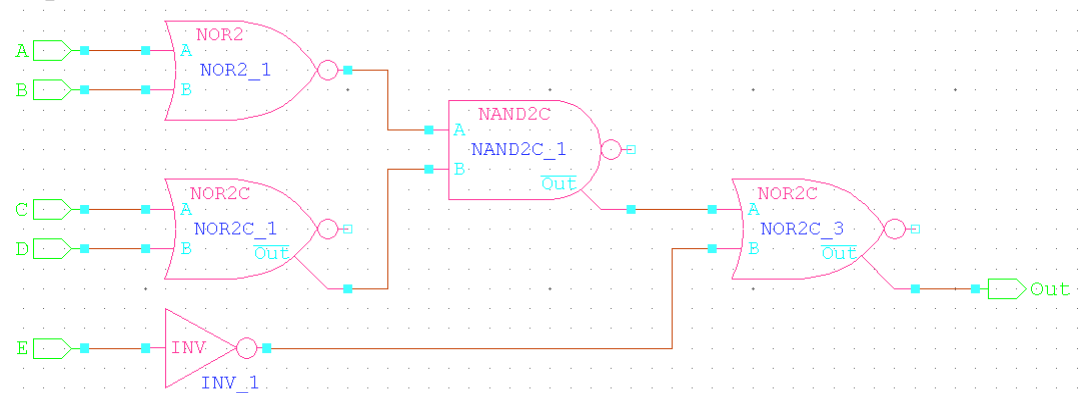
Вариант 6.



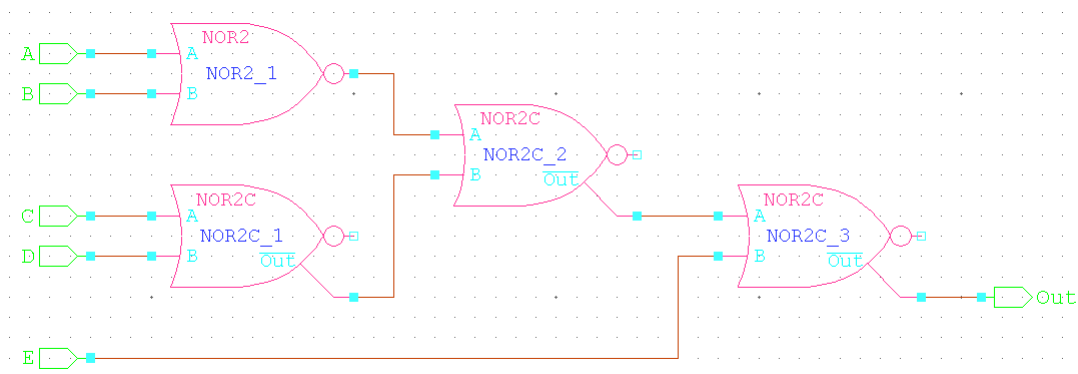
Вариант 7.



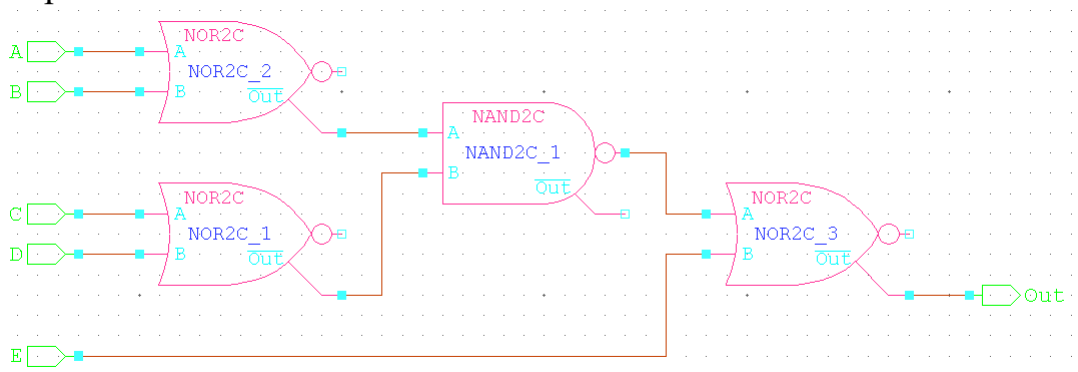
Вариант 8.



Вариант 9.



Вариант 10.



7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Оборудование для тестирования интегральных схем».
2. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Системы сбора данных с цифровых интегральных схем»
3. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Ускоренные испытания интегральных схем. Оборудование для ускоренных испытаний»
4. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Методы функционального контроля интегральных схем»
5. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Моделирование аналоговых неисправностей элементов интегральных схем»
6. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Контроль интегральных схем по измерению тепловых параметров»
7. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «JTAG-интерфейс и тесты интегральных схем»
8. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Тестопригодность электронных компонентов»
9. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science,

Sciencedirect по теме «Моделирование цифровых неисправностей элементов интегральных схем»

10. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Методы отбраковки интегральных схем со скрытыми дефектами»
11. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Испытания интегральных схем на долговечность»
12. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Механизмы деградации электрических параметров интегральных схем»
13. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Модели отказов интегральных схем»
14. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Визуальный контроль интегральных схем»
15. Провести обзор литературы по базам elibrary, Scopus, Web of Science, Sciencedirect по теме «Построение тестов для контроля интегральных схем»

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Электрические информативные параметры полупроводниковых приборов.
2. Электрические информативные параметры ИС.
3. Неэлектрические информативные параметры.
4. Состав технологических отбраковочных испытаний ИС.
5. Методы неразрушающей диагностики ИС.
6. Чувствительность информативных параметров к различным видам дефектов. Примеры.
7. Контроль параметров ИС при пониженных напряжениях питания.
8. Критическое напряжение питания как информативный параметр.
9. Токовые характеристики полупроводниковых приборов и ИС как информативные параметры.
10. Дестабилизирующие факторы, используемые при диагностике ИС.
11. Использование воздействия электростатических разрядов при диагностике ИС. Повреждения, вызываемые ЭСР.
12. Тепловые характеристики полупроводниковых изделий как информативные параметры.
13. Теплоэлектрические характеристики полупроводниковых изделий как информативные параметры.
14. Тестирование цифровых устройств. Задачи тестирования. Метод активизации одномерного пути.
15. Тестирование цифровых устройств. Задачи тестирования. Метод активизации многомерного пути.
16. Тестирование последовательностных схем.

16. Модели неисправностей. Неисправности в аналоговых схемах. Неисправности в цифровых схемах.
17. ИС с возможностью самотестирования.
18. Генераторы тестовых последовательностей.
19. JTAG-тестирование ИС.
20. Диагностика ИС с использованием сигнатурного анализа.
21. Общие дефекты в твердых телах. «Ростовые» и «технологически вносимые», первичные и вторичные дефекты.
22. Механизмы возникновения нитевидных кристаллов.
23. Механизмы растворения кремния алюминием. Способы уменьшения отрицательных эффектов.
24. Понятие дефектности или сплошности оксида. Сплошность оксида на различных технологических операциях.
25. Причины короткого замыкания в диодах, транзисторах и ИС.
26. Туннельный пробой. Лавинный пробой, причины.
27. Причины вторичного пробоя транзисторов. Прокол базы. Эффект «бильярдного шара».
28. Причины изменения обратного тока планарного $p^+ - n$ – диода.
29. Причины дрейфа обратных токов и коэффициента усиления по току транзисторов.
30. Виды и причины отказов резисторных и емкостных элементов.
31. Надежность металлизации, основные виды отказов металлизации. Пустоты в форме трещин и клина.
32. Виды дефектов внутренних соединений.
32. Внезапные и постепенные отказы МДП-транзисторов.
33. Пробой подзатворного диэлектрика. Тепловой пробой подзатворного оксида. Пробой перехода сток-подложка.
34. Механизмы коррозии металлизации.
35. Обеспечение надежности монтажа кристаллов в корпуса при их напайке.
36. Факторы, влияющие на качество микросварки. Оценка качества микросоединений.
37. Классификация корпусов по технологии изготовления и используемым материалам. Обеспечение качества корпусов.
38. Моделирование информативных параметров ИС при помощи SPICE-моделей. Границы применимости.
39. Использование САПР конечно-элементного анализа для моделирования неэлектрических характеристик ИС. Границы применимости.
40. Моделирование дефектов ИС при помощи SPICE-моделей.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация проводится по билетам, каждый из которых содержит 3 вопроса. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 2 баллами. Максимальное количество набранных баллов – 6.

1. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5 – 6 баллов.
2. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал 4 балла.
3. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 2 - 3 балла.
4. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 0 – 1 баллов.

При получении оценок «Отлично», «Хорошо» и «Удовлетворительно» требуемые в рабочей программе знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на промежуточном этапе считаются достигнутыми.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Способы обеспечения качества и надежности изделий электронной техники.	УК-4, ПК-1, ПК-4	Тест, устный ответ на вопрос
2	Информативные параметры ИС. Не-разрушающая диагностика	УК-4, ПК-1, ПК-4	Тест, устный ответ на вопрос
3	Дестабилизирующие факторы	УК-4, ПК-1, ПК-4	Выполнение и защита лабораторной работы.
4	Научные публикации по тематике надежности ИС	УК-4, ПК-1, ПК-4	Выполнение и защита курсовой работы
5	Тестирование ИС	УК-4, ПК-1, ПК-4	Выполнение и защита лабораторной работы.
6	Механизмы отказов ИС и их компонентов.	УК-4, ПК-1, ПК-4	Тест, устный ответ на вопрос
7	Моделирование информативных электрических параметров ИС	УК-4, ПК-1, ПК-4	Выполнение и защита лабораторной работы. Выполнение и защита курсовой работы
8	Моделирование неэлектрических параметров ИС.	УК-4, ПК-1, ПК-4	Выполнение и защита лабораторной работы.

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на

бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Горлов М.И. Современные диагностические методы контроля качества и надежности полупроводниковых изделий: учеб. пособие / М.И. Горлов, В.А. Сергеев. – Ульяновск: УлГТУ, 2015. – 406 с.

2. Коледов Л.А. Технологии и конструкции микросхем, микропроцессов и микросборок: учеб. пособие / Л.А. Коледов. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2009. – 400 с.

3. Турцевич А.С. Технология герметизации интегральных схем с пониженным содержанием подкорпусной влаги: монография / А.С. Турцевич и др. – Минск: Интегралполиграф, 2013. – 191 с.

4. Технология, конструкции и методы моделирования кремниевых интегральных микросхем: в 2 ч. Ч. 1: Технологические процессы изготовления кремниевых интегральных схем и их моделирование / М.А. Королёв и др.; под общей ред. Ю.А. Чаплыгина. – 3-е изд. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 397 с.

4. Зенин В.В. Монтаж кристаллов и внутренних выводов в производстве полупроводниковых изделий / В.В. Зенин, В.А. Емельянов, В.Л. Ланин. – Минск: Интегралполиграф, 2015. – 378 с.

6. Горлов М.И. Физические основы надежности интегральных схем: учеб. пособие / М.И. Горлов, Н.С. Данилин. – М.: МАКС Пресс, 2008. – 404 с.

7. Ануфриев Д.Л. Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем: учеб. пособие / Д.Л. Ануфриев, М.И. Горлов, А.П. Доستانко. – Минск: Интегралполиграф, 2007. – 263 с.

8. Горлов М.И. Технологические отбраковочные и диагностические испытания полупроводниковых изделий: монография / М.И. Горлов, В.А. Емельянов, Д.Л. Ануфриев. – Минск: Белорусская наука, 2006. – 367 с.

9. Горлов М.И. Электростатические заряды в электронике: монография / М.И. Горлов, В.А. Емельянов, В.И. Плебанович. – Минск: Белорусская наука, 2006. – 295 с.

10. ГОСТ 2.105-2019. ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. – М.: ФГУП «Стандартинформ», 2019. – 35 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

<https://old.education.cchgeu.ru> Образовательный портал ВГТУ
<http://elibrary.ru/defaultx.asp> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
<https://www.scopus.com/> База цитирования Scopus.
webofknowledge.com База цитирования Web of Science.
Scimedirect.com Система поиска научных публикаций Sciencedirect.
<https://www1.fips.ru> Система поиска патентной документации ФИПС.
<https://www.google.com/?tbs=pts> Система поиска патентной документации Google Patents.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой.
2. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для выполнения расчетов, и рабочими местами для проведения лабораторных работ и самостоятельной подготовки обучающихся с выходом в «Интернет».
3. Лабораторное оборудование кафедры полупроводниковой электроники и нанoeлектроники.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем» читаются лекции, проводятся лабораторные занятия, выполняются курсовая и контрольная работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Лабораторные занятия направлены на приобретение практических навыков освоения студентами последовательности и методов анализа отказавших изделий. Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-

методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы обучающиеся должны своевременно и в установленные сроки.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию о всех видах самостоятельной работы студенты получают на лекциях.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем тестирования, проверкой выполнения и защитой лабораторных работ, проверкой и защитой курсовой работы. Освоение дисциплины оценивается на зачете.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции, при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных, для подготовки к ним необходимо: разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата вне- сения из- менений	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1			
2			
3			
4			
5			