

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета Небольсин В.А.
«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

**«Физические основы надежности интегральных
микросхем»**

Направление подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Профиль Микроэлектроника и твердотельная электроника

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

 / М.И. Горлов /

Заведующий кафедрой
Полупроводниковой
электроники и
наноэлектроники

 / С. И Рембеза /

Руководитель ОПОП

 / С.И Рембеза /

Воронеж 2017

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 «Физические основы надежности интегральных микросхем» относится к дисциплинам вариативной части (дисциплина по выбору) блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Физические основы надежности интегральных микросхем» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-7 - способностью учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности

ОПК-8 - способностью использовать нормативные документы в своей деятельности

ПК-2 - способностью аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-7	знать основные понятия теории надежности; основные показатели надежности, указываемые

	в технических условиях на ИС
	уметь оценивать годность структуры ИС визуально и на фотографии
	владеть статистическими и графическими методами обработки результатов длительных испытаний ИС
ОПК-8	знать основные международные и российские нормативные документы в области микро- и наноэлектроники
	уметь использовать международные и отечественные стандарты в области микро- и наноэлектроники для разработки состава технологических отбраковочных испытаний и корректировки технологического процесса
	владеть навыками работы с системами поиска научных публикаций elibrary, sciencedirect, а также поиска патентной информации в системах ФИПС и Google Patents
ПК-2	знать общие сведения об отказах ИС, структурных дефектах компонентов ИС и механизмах отказов ИС, о методах повышения надежности ИС в процессе серийного производства, о коллективных и индивидуальных мерах защиты ИС от воздействия ЭСР, о влиянии радиации на ИС
	уметь проводить экспресс-анализ отказавших ИС
	владеть методами расчета надежности ИС по конструктивно-технологическим данным

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Физические основы надежности интегральных микросхем» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
Аудиторные занятия (всего)	54	54
В том числе:		

Лекции	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа	126	126
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость академические часы з.е.	216 6	216 6

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	Основные понятия в теории качества и надежности. Часть 1	Цели и задачи дисциплины. Возникновение проблемы надежности. Состояние проблемы надежности за рубежом и в России. Стоимость качества и надежности изделий электронной техники (ИЭТ).	4	-	12	16
2	Основные понятия в теории качества и надежности. Часть 2	Качество. Надежность. Обеспечение надежности при изготовлении изделий. Признаки деления и виды отказов. Критерии и количественные показатели надежности.	4	4	12	20
3	Общие представления об отказах ИС. Часть 1	Общие дефекты в твердых телах. Дефекты в кремниевой подложке. Дефекты пленок поликристаллического кремния. Дефекты структуры диэлектрических слоев. Методы предотвращения указанных дефектов.	4	4	14	22
4	Общие представления об отказах ИС. Часть 2	Механизмы внезапных и постепенных отказов диодов и биполярных транзисторов ИС. Отказы пассивных элементов ИС. Дефекты металлизации на кристалле ИС. Механизмы отказов МДП ИС. Методы предотвращения указанных дефектов.	4	4	14	22
5	Общие представления об отказах ИС. Часть 3	Требования к конструкции корпусов. Классификация корпусов по технологии изготовления и используемым материалам. Конструкция и надежность различных типов корпусов.	4	4	12	20
6	Методы повышения надежности ИС в процессе серийного производства	Состав отбраковочных испытаний. Тренировки. Электротренировка,	4	2	14	20

		термотренировка, электротренировка. Выбор режима тренировки.				
7	Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия (ППИ). Часть 1	Природа возникновения электростатических зарядов при производстве ИС и радиоэлектронной аппаратуры	2	-	12	14
8	Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия (ППИ). Часть 2	Катастрофические и скрытые повреждения ИС под воздействием электростатических разрядов (ЭСР). Порог чувствительности и энергия, необходимая для повреждения ИС. Зависимость количества разрядных импульсов ЭСР, приводящих к катастрофическим отказам ИС, от величины напряжения ЭСР.	2	-	12	14
9	Влияние радиации на ИС. Часть 1	Источники радиации. Влияние радиации на кремниевые биполярные логические и аналоговые ИС.	4	-	12	16
10	Влияние радиации на ИС. Часть 2	Источники радиации. Влияние радиации на кремниевые биполярные логические и аналоговые ИС. Воздействие радиации на МДП-схемы. Отжиг радиационных повреждений ИС.	4	-	12	16
Итого			36	18	126	180

5.2 Перечень лабораторных работ

1. Контроль внешнего вида арматур ИС перед герметизацией.
2. Анализ отказов ИС и предлагаемые меры по их устранению.
3. Измерение электрических информативных параметров ИС.
4. Моделирование электрических информативных параметров ИС.

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

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсового проекта (работы) или контрольной работы.

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
ОПК-7	знать основные понятия теории надежности; основные показатели надежности, указываемые в технических условиях на ИС	выполнение теста, решение задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь оценивать годность структуры ИС визуально и на фотографии	выполнение лабораторной работы, защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть статистическими и графическими методами обработки результатов длительных испытаний ИС	решение практического задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-8	знать основные международные и российские нормативные документы в области микро- и нанoeлектроники	выполнение теста	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать международные и отечественные стандарты в области микро- и нанoeлектроники для разработки состава технологических отбраковочных испытаний и корректировки технологического процесса	выполнение лабораторной работы, защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с системами поиска научных публикаций elibrary, sciencedirect, а также поиска патентной информации в системах ФИПС и Google Patents	решение практического задания	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-2	знать общие сведения об отказах ИС, структурных дефектах компонентов ИС и механизмах отказов ИС, о методах повышения надежности ИС в процессе серийного производства, о коллективных и индивидуальных мерах защиты ИС от воздействия ЭСР, о влиянии радиации на ИС	выполнение теста	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить экспресс-анализ отказавших ИС	выполнение лабораторной работы, защита лабораторной работы	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть методами расчета надежности ИС по конструктивно-технологическим данным	решение практического задания	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 7 семестре:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-7	знать основные понятия теории надежности; основные показатели надежности, указываемые в технических условиях на ИС	Тест, решение стандартных практических задач	Выполнение теста на 90- 100%. Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Выполнение теста на 80-90%. Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Выполнение теста на 70-80%. Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	В тесте менее 70% правильных ответов. Задачи не решены
	уметь оценивать годность структуры ИС визуально и на фотографии	Выполнение лабораторной работы, защита лабораторной работы	Работа выполнена. Получены верные результаты. Отчет оформлен верно. Работа защищена.	Работа выполнена. Получены верные результаты. Основные расчеты в отчете проведены верно. Работа защищена.	Работа выполнена. Отчет оформлен. Работа защищена.	Работа не выполнена. Работа не защищена
	владеть статистическими и графическими методами обработки результатов длительных испытаний ИС	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
ОПК-8	знать основные международные и российские нормативные документы в области микро- и нанoeлектроники	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь использовать международные и отечественные стандарты в области микро- и нанoeлектроники для разработки состава технологических отбраковочных испытаний и корректировки технологического процесса	Выполнение лабораторной работы, защита лабораторной работы	Работа выполнена. Получены верные результаты. Отчет оформлен верно. Работа защищена.	Работа выполнена. Получены верные результаты. Основные расчеты в отчете проведены верно. Работа защищена.	Работа выполнена. Отчет оформлен. Работа защищена.	Работа не выполнена. Работа не защищена
	владеть навыками работы с системами поиска научных публикаций 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

ПК-2	знать общие сведения об отказах ИС, структурных дефектах компонентов ИС и механизмах отказов ИС, о методах повышения надежности ИС в процессе серийного производства, о коллективных и индивидуальных мерах защиты ИС от воздействия ЭСР, о влиянии радиации на ИС	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить экспресс-анализ отказавших ИС	Выполнение лабораторной работы, защита лабораторной работы	Работа выполнена. Получены верные результаты. Отчет оформлен верно. Работа защищена.	Работа выполнена. Получены верные результаты. Основные расчеты в отчете проведены верно. Работа защищена.	Работа выполнена. Отчет оформлен. Работа защищена.	Работа не выполнена. Работа не защищена
	владеть методами расчета надежности ИС по конструктивно-технологическим данным	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. Возникновение проблемы надежности обусловлено

А	Б	В
1. Ростом сложности РЭА 2. Отставанием надежности элементов РЭА от их количественного применения 3. Повышением ответственности функций, выполняемых РЭА 4. Исключением человека-оператора 5. Сложностью условий эксплуатации РЭА	1. Ростом сложности РЭА 2. Увеличением цены РЭА 3. Увеличением количества применяемых ИЭТ 4. Исключением человека-оператора 5. Сложностью условий эксплуатации РЭА	1. Ростом сложности РЭА 2. Увеличением количества применяемых ИЭТ 3. Появлением теории надежности РЭА 4. Исключением человека-оператора 5. Сложностью условий эксплуатации РЭА

2. Стоимость качества ИЭТ на различных стадиях оценивается:

А	Б	В
---	---	---

По принципу пяти	По принципу десяти	По принципу пятидесяти
------------------	--------------------	------------------------

3. Закладывается и сохраняется надежность изделия на этапах:

А	Б	В
Закладывается при изготовлении, сохраняется при эксплуатации	Закладывается при конструировании, сохраняется при изготовлении	Закладывается при конструировании, сохраняется при эксплуатации

4. Надежность изделия обеспечивается при:

А	Б	В
конструировании	эксплуатации	изготовлении

5. На этапе жизненного цикла изделия соблюдается правило $P = P_0 \mp \Delta P$

А	Б	В
При конструировании	При изготовлении	При эксплуатации

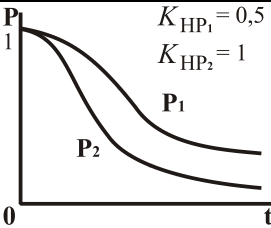
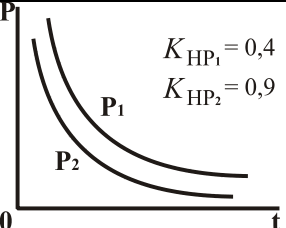
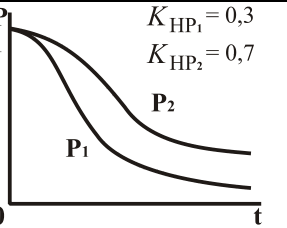
6. Формула для гамма-процентного срока сохраняемости правильна в варианте:

А	Б	В
$T_\gamma = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{\gamma}{100}$	$T_\gamma = \bar{T} \ln \left(\frac{-\gamma}{100} \right)$	$T_\gamma = -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{100}{\gamma}$

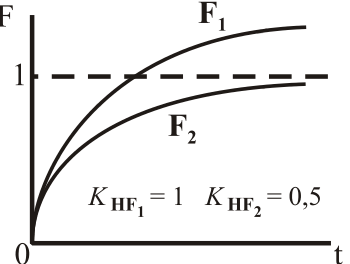
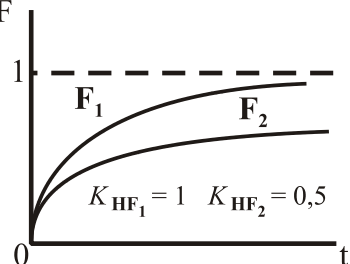
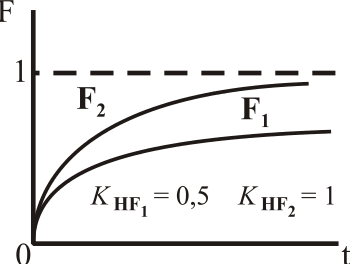
7. Из переводов на различные единицы правилен вариант:

А	Б	В
$\lambda = 10^{-6} \text{ 1/ч} = 1000 \text{ фит} = 0,1 \text{ \% /1000 ч}$	$\lambda = 20 \text{ фит} = 20^{-8} \text{ 1/ч} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ \% /1000 ч}$	$\lambda = 3 \cdot 10^{-4} \text{ \% /1000 ч} = 3 \cdot 10^{-8} \text{ 1/ч} = 30 \text{ фит}$

8. Из графиков правилен для зависимости функции $P(t)$ вариант:

А	Б	В
		

9. Из графиков правилен для зависимости функции $F(t)$ вариант:

А	Б	В
		

10. Определение интенсивности отказов дается по формуле:

А	Б	В
$\lambda = \frac{K_p^*}{NT}$	$\lambda = \frac{n}{NT}$	$\lambda_i = \frac{\Delta n_i}{(N - n_i) \Delta t_i}$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Дайте определение качества полупроводниковых изделий.
2. Какими основными показателями качества пользуются изготовители ППИ?
3. Какие показатели качества используются потребителями изделий?
4. Дайте определение надежности полупроводниковых изделий.
5. Когда закладывается и сохраняется надежность изделий?
6. Когда обеспечивается надежность изделия?
7. Объясните $P = P_0 \pm \Delta P$. Приведите пример.
8. Что такое отказ изделия?
9. Объясните понятия: вид и механизм отказа, признаки деления отказов.
10. Какие отказы называются самоустраняющимися?

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Вопросы для защиты лабораторных работ.

1. Какие ИС должны обязательно подвергаться 100 %-му анализу?
2. Что обеспечивает проведение анализов отказов?
3. Последовательность проведения анализа отказов.
4. Какие уровни анализа различают в зависимости от сложности и требований к оперативности анализа?
5. Технология удаления защитного покрытия.
6. Методы вскрытия корпусов ИС.
7. Способы вскрытия пластмассовых корпусов.
8. Технология вскрытия пластмассовых корпусов.
9. Механизм обрыва металлизированных дорожек на ступеньках оксида, причины отказа и мероприятия по их устранению.
10. Причины растрескивания полупроводникового кристалла ИС.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Чем обусловлено возникновение проблемы надежности? Примеры цены надежности. Стоимость качества ИС на различных стадиях применения.
2. Качество. Надежность. Три этапа обеспечения надежности в процессе конструирования, изготовления, эксплуатации.
3. Исправное и работоспособное состояние. Долговечность и

сохраняемость.

4. Понятие отказа изделия. Признаки деления и виды отказов. Механизмы отказов ИЭТ.

5. Вероятность безотказной работы. Определения, свойства, функции.

6. Вероятность появления отказов, свойства функции.

7. Интенсивность отказов, определение, единицы измерения, зависимость от времени и нагрузки.

8. Классификация уровней надежностей для ИЭТ. Зависимость между основными характеристиками надежности.

9. Гамма-процентный срок сохраняемости.

10. Общие дефекты в твердых телах.

11. «Ростовые» и «технологически вносимые», первичные и вторичные дефекты.

12. Механизмы образования отрицательных нитевидных кристаллов.

13. Механизмы растворения кремния алюминием. Способы уменьшения отрицательных эффектов.

14. Механизмы возникновения нитевидных кристаллов.

15. О чем говорит рост аморфных нитей на пластинах кремния?

16. Понятие дефектности или сплошности оксида. Привести примеры сплошности оксида на различных технологических операциях.

17. Причины короткого замыкания в диодах, транзисторах и ИС.

18. Туннельный пробой. Лавинный пробой, причины.

19. Причины вторичного пробоя транзисторов. Прокол базы. Эффект «бильярдного шара».

20. Причины изменения обратного тока планарного p^+-n – диода.

21. Причины изменения обратного тока n^+-p – диода.

22. Причины дрейфа обратных токов и коэффициента усиления по току транзисторов.

23. Виды и причины отказов резисторных и емкостных элементов.

24. Надежность металлизации, основные виды отказов металлизации. Пустоты в форме трещин и клина.

25. Электродиффузия. Какие виды дефектов электродиффузия.

26. Виды дефектов внутренних соединений.

27. Внезапные и постепенные отказы параметров МДП-транзисторов.

28. Пробой подзатворного диэлектрика. Тепловой пробой подзатворного оксида. Пробой перехода сток-подложка.

29. Механизмы химической коррозии.

30. Механизм электрохимической коррозии. Анодные и катодные процессы.

31. Механизм щелочной коррозии.

32. Механизм электролитической коррозии.

33. Капиллярная коррозия.

34. Коррозия в присутствии галогенов. Локальная коррозия.

35. Гальваническая коррозия.

36. Катодная коррозия.

37. Типовая зависимость интенсивности ИЭТ от времени без отбраковочных и с отбраковочными испытаниями. Задачи отбраковочных испытаний. Состав отбраковочных испытаний (визуальные, климатические, механические, электрические) и их комбинации.

38. Что такое тренировка ИЭТ? Критерий правильности выбранного режима тренировки.

39. Методы электротренировки.

40. Статический метод электротермотренировки.

41. Динамические методы электротермотренировки.

42. Что такое тестирование, проводимое одновременно с электротермотренировкой.

43. Продолжительность тренировок и особенности контроля параметров ТТ.

44. Как определить время ЭТТ при малом и большом количестве испытуемых ИС?

45. Количество отказов и их распределение, ЭТТ при неуправляемом процессе и при стабильном техпроцессе. Когда можно перейти от ЭТТ к ТТ ИС? Привести пример, когда необходимо применять два метода ЭТТ (статический и динамический).

46. Какие виды испытаний и их периодичность проводятся на заводе изготовителе ИС?

47. Природа возникновения электростатических зарядов при производстве ИЭТ.

48. Модель тела человека для ЭСР.

49. Модель заряженного прибора для ЭСР. Модель воздействующего поля для ЭСР.

50. Катастрофические и скрытые повреждения ИС под воздействием ЭСР. Порог чувствительности и энергия, необходимая для повреждения ППИ.

51. Зависимость количества разрядных импульсов ЭСР, приводящих к катастрофическим отказам ИС от воздействия ЭСР.

52. Конструктивные методы защиты ИС от напряжения ЭСР.

53. Методы встроенной защиты ИС от воздействия ЭСР. Примеры схем защиты МДП и биполярных ИС от воздействия ЭСР.

54. Характеристики источников радиационного излучения.

55. Влияние радиации на биполярные логические и аналоговые ИС.

56. Влияния радиации на МДП схемы.

57. Воздействие электромагнитных импульсов на ИС при ядерных взрывах.

58. Воздействие рентгеновского излучения на ИС.

59. Влияние конструктивных факторов на радиационную стойкость биполярных БИС.

60. Влияние конструктивных факторов на радиационную стойкость МДП – схем.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении

промежуточной аттестации

Экзамен 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 «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 0-1 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал 2-3 балла.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент 4 балла.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал 5-6 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия в теории качества и надежности. Часть 1	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Тест, решение задач
2	Основные понятия в теории качества и надежности. Часть 2	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Ответы на контрольные вопросы, решение задач.
3	Общие представления об отказах ИС. Часть 1	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Тест, защита лабораторных работ.
4	Общие представления об отказах ИС. Часть 2	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Ответы на контрольные вопросы, защита лабораторных работ.
5	Общие представления об отказах ИС. Часть 3	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Выполнение практического задания, защита лабораторных работ.
6	Методы повышения надежности ИС в процессе серийного производства	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Ответы на контрольные вопросы, выполнение практического задания, защита лабораторных работ
7	Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия (ППИ). Часть 1	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Тест
8	Воздействие электростатических зарядов на полупроводниковые изделия (ППИ). Часть 2	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Ответы на контрольные вопросы.
9	Влияние радиации на ИС. Часть 1	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Тест
10	Влияние радиации на ИС. Часть 2	ОПК-7, ОПК-8, ПК -2	Ответы на контрольные вопросы.

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.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие	Годы издания. Вид издания
Основная литература			
1	Горлов М.И., Данилин Н.С.	Физические основы надежности интегральных схем	2008 печат., 1,0
2	Ануфриев Д.М., Горлов М.И., Достанко А.П.	Конструкционные методы повышения надежности интегральных схем	2007 печат., 0,5
Дополнительная литература			
3	Горлов М.И., Сергеев В.А.	Современные диагностические методы контроля качества и надежности полупроводниковых изделий	2016 печат., электрон
4	Горлов М.И., Емельянов А.В., Плебанович В.И.	Электростатические заряды в электронике	2006 печат.
5	Горлов М.И., Емельянов В.А., Ануфриев Д.Л.	Технологические отбраковочные и диагностические испытания полупроводниковых изделий	2006 печат.,

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:

<http://e.lanbook.com> Электронно-библиотечная система «Лань»
<http://elibrary.ru/defaultx.asp> Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
Лаборатория, оснащенная оптическими микроскопами для проведения лабораторных работ.

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Физические основы надежности интегральных микросхем».

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

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем защиты студентами лабораторных работ и ответов на контрольные вопросы.

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: следует 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 усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - 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 экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.