

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи

Направленность (специальность) 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины по выбору

«Контроль качества и надежность полупроводниковых приборов»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ДВ.1.2

Всего: 108 часов

Семестр 1, в том числе

6 часов – контактная работа,  
84 часа – самостоятельная работа,  
18 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки 11.06.01 Электроника, радиотехника и системы связи, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 876, и паспорта специальности 05.27.01 Твердотельная электроника, радиоэлектронные компоненты, микро- и нанoeлектроника, приборы на квантовых эффектах, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

### **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Целью** изучения дисциплины является формирование знаний современных методов определения качества и надежности изделий электронной техники и умений их применения в научной, проектной и производственной деятельности.

**Задачами** дисциплины являются:

- освоение современных методов определения качества и надежности полупроводниковых приборов,

- развитие способности эффективной организации и проведения экспериментальных исследований качества и надежности изделий с последующим анализом полученной информации.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной профессиональной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3),

способность анализировать состояние научно-технической проблемы путем подбора, изучения и анализа литературных и патентных источников (ПК-1);

- готовностью обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления (ПК-5).

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

### **знать:**

- новейшие методы определения качества и надежность полупроводниковых приборов, количественные показатели надежности и связь между ними, основные типы статистических распределений, используемых при анализе надежности (ОПК-3);

### **уметь:**

- обеспечивать технологичность изделий электронной техники и процессов их изготовления (ПК-5);
- собирать, обрабатывать, анализировать и систематизировать научно-техническую информацию по надежности полупроводниковых приборов (ПК-1).

### **владеть:**

- приемами и методами оценки надежности полупроводниковых приборов с использованием стандартных и специально разработанных инструментальных и программных средств (ОПК-3).

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основные понятия

Проблемы надежности изделий микроэлектроники (МЭ) и ее значение для современной техники.

Основные термины и определения теории надежности. Количественные показатели надежности и связь между ними. Основные типы статистических распределений, используемых при анализе надежности.

### Надежность изделий МЭ на современном уровне развития техники

Количественные показатели надежности и связь между ними. Испытания МЭ на надежность. Виды и системы испытаний на надежность. Основные принципы контроля качества приборов. Планирование испытаний на надежность. Выборочный контроль. Оперативная характеристика.

Пути повышения отказоустойчивости интегральных схем. Методы резервирования. Повышение надежности за счет последовательного и параллельного включения элементов. Общее и раздельное резервирование элементов.

### Ускоренные испытания

Проблема ускоренных испытаний (УИ) в форсированных режимах. Модели УИ, Уравнения Аррениуса и Эйринга. Автомодельность механизмов отказов и условия применимости УИ. Практические примеры применимости УИ.

### Аспекты надежности, связанные с проектированием и разработкой

Факторы надежности, обусловленные явлениями в объеме кристалла. Эффекты сильного электрического поля (лавинный и туннельный пробой), явление смыкания. Тепловой пробой, микроплазменные явления в р-п переходе. Деградиационные явления в светоизлучающих и туннельных диодах.

Факторы надежности, обусловленные явлениями на границе раздела полупроводник-диэлектрик. Характеристики границы раздела полупроводник-диэлектрик. Механизмы отказов, обусловленные изолирующими слоями в биполярных и МДП приборах. Отказы в затворах МДП структур.

Надежность систем металлизации полупроводниковых приборов и ИС. Электро - и термомиграция. Коррозия металлизации.

Надежность, обусловленная герметизацией и сборкой в корпус.

#### Технологические отбраковочные испытания

Последовательность технологических испытаний. Связь видов технологических испытаний с дефектами структур МЭ. Диагностические методы отбраковки потенциально ненадежных изделий МЭ.

#### Надежность изделий МЭ при специальных внешних воздействиях

Дестабилизирующие факторы космического пространства. Основные виды отказов космической аппаратуры. Основные методы создания космической аппаратуры.

#### Система сертификации

Понятие сертификации. Возможные схемы сертификации изделий МЭ. Обязательная и добровольная сертификация. Отечественные и международные нормативные документы, регламентирующие сертификацию изделий МЭ. Системы и службы сертификации.

Основные задачи и принципы стандартизации. Отечественные и международные стандарты в области электронной техники. Основные виды нормативно - технической документации. Органы и службы стандартизации.

### **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 1 семестр – дифференцированный зачет.

1. Основные термины и определения теории надежности. Количественные показатели надежности и связь между ними.
2. Основные типы статистических распределений, используемых при анализе надежности.
3. Основные принципы контроля качества приборов. Виды и системы испытаний на надежность. Выборочный контроль. Оперативная характеристика.
4. Пути повышения отказоустойчивости интегральных схем. Методы резервирования.
5. Повышение надежности за счет последовательного и параллельного включения элементов. Общее и раздельное резервирование элементов.
6. Проблема ускоренных испытаний (УИ) в форсированных режимах.
7. Модели УИ, Уравнения Аррениуса и Эйринга.
8. Автомодельность механизмов отказов и условия применимости УИ.
9. Факторы надежности, обусловленные явлениями в объеме кристалла.
10. Эффекты сильного электрического поля (лавинный и туннельный пробой), явление смыкания.
11. Тепловой пробой, микроплазменные явления в p-n переходе.
12. Деградиационные явления в светоизлучающих и туннельных диодах.
13. Факторы надежности, обусловленные явлениями на границе раздела полупроводник - диэлектрик. Характеристики границы раздела полупроводник - диэлектрик.
14. Механизмы отказов, обусловленные изолирующими слоями в биполярных и МДП приборах. Отказы в затворах МДП структур.

15. Надежность систем металлизации полупроводниковых приборов и ИС. Электро - и термомиграция. Коррозия металлизации.
16. Последовательность технологических испытаний. Связь видов технологических испытаний с дефектами структур МЭ.
17. Диагностические методы отбраковки потенциально ненадежных изделий МЭ.
18. Дестабилизирующие факторы космического пространства. Основные виды отказов космической аппаратуры. Основные методы создания космической аппаратуры.
19. Понятие сертификации. Возможные схемы сертификации изделий МЭ. Обязательная и добровольная сертификация.
20. Отечественные и международные нормативные документы, регламентирующие сертификацию изделий МЭ. Системы и службы сертификации.
21. Основные задачи и принципы стандартизации. Отечественные и международные стандарты в области электронной техники. Основные виды нормативно - технической документации. Органы и службы стандартизации.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

## **РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная литература:**

1. Старосельский В.И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники: учебное пособие для вузов по направлению 210100 "Электроника и микроэлектроника" / В. И. Старосельский . – М. : Юрайт, 2011 . – 463 с. – (Основы наук) . - ISBN 978-5-9916-0808-4 . .
2. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок. СПб.: Издательство «Лань», 2008. ISBN: 978-5-8114-0766-8.

### **Дополнительная литература:**

3. Sze S.M., Kwok Kwok Ng. Physics of semiconductor devices John Wiley and Sons, 2007 – 815 p.
4. Щука А.А. Наноэлектроника. – М. Физматкнига, 2007. – 464 с. ISBN 978-5-89155-163-8. ISBN 978-5-89155-163-3
5. Лебедев А.И. Физика полупроводниковых приборов. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 488 с. ISBN 978-5-9221- 0995-6
6. Таперо К.И. Основы радиационной стойкости изделий электронной техники космического применения. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения. Курс лекций. 2011. ISBN 978-5-87623-415-5.
7. Таперо К.И. Радиационные эффекты в кремниевых интегральных схемах космического применения / К.И. Таперо, В.Н. Улимов, А.М. Членов. - Москва : Бинوم. Лаборатория знаний, 2012. - 304 с. : ил.; ISBN 978-5-9963-0633-6