Бауманский учебный центр «Специалист»

Программа курса Обеспечение радиационной стойкости изделий электронной техники

Код курса: **ОБЕРАД**

Тема	Ак. часов
Модуль 1. Базовые механизмы формирования радиационных эффектов в полупроводниковых приборах (ПП) и интегральных схемах (ИС). • **Лекция 1.** Ионизирующие излучения ядерного взрыва, космического пространства, ядерных энергетических установок и аварий типа LOCA на атомных электростанциях. Состав, амплитудно-временные и спектрально-энергетические характеристики излучений. • **Лекция 2.** Классификация радиационных эффектов в материалах, полупроводниковых приборах и ИС. Образование первичных и вторичных структурных дефектов в полупроводниковых материалах под действием излучений, приводящих к изменению свойств полупроводниковых материалов и деградации основных параметров полупроводниковых приборов и ИС. • **Лекция 3.** Поверхностные и объемные ионизационные эффекты в изолирующих окислах и КМОП-структурах. Проблема возникновения токов утечки под толстым изолирующим окислом. Устойчивость сложных микропроцессорных схем к полной накопленной дозе. Эффект низкой интенсивности в биполярных микросхемах, предложения по решению проблемы прогнозирования биполярных и БиКМОП микросхем на этот эффект. • **Лекция 4.** Объемные ионизационные эффекты в ПП и ИС при воздействии импульсного ИИ. Переходные процессы в полупроводниковых приборах и ИС, инициированные излучением, их зависимость от электрофизических характеристик полупроводниковых материалов и конструкции приборов. • **Лекция 5.** Влияние спектрально-энергетических и амплитудно-временных характеристик импульсных излучений на длительность переходных процессов. Проблемы учета этого влияния при радиационных испытаниях. Требования стандартов и потенциальные возможности экспериментального моделирования. Зарубежный подход к учету влияния длительности импульса ИИ на стойкость ПП и ИС. • **Лекция 6.** Специфика ИИ КП. Вероятностный характер воздействия ИИ КП. Одиночные события (ОС) как проявление радиационных эффектов в изделиях электронной техники (ИЭТ) в условиях воздействия ИИ КП. Классификация одиночных событий (SEU, SET, SEB, SEGR и т.д.). Физические причины их возникновения и особенности проявления в различных классах ИЭТ. • **Лекция 7.** Влияние технологии изготовления изделий, вида, энергии и линейных потерь энергии ИИ на вероятность появления ОС. Методы моделирования ОС в лабораторных условиях. Расчетно-экспериментальные методы оценок интенсивности возникновения ОС в ИЭТ и РЭА на борту космических аппаратов. • **Лекция 8.** Уровень бессбойной работы – один из основных показателей радиационной стойкости ИЭТ. Методы определения УБР по результатам испытаний на МУ.Вероятностные оценки УБР по непрерывно изменяющимся параметрам (ток потребления) и пороговым сбоям (тиристорный эффект). • **Лекция 9.** Зависимость УБР от формы импульса ИИ. Методы приведения УБР, определенных при испытаниях на МУ, к типовой или заданной форме импульса ИИ. Проблема обеспечения сопоставимости результатов испытаний на различных МУ.	**8**

Модуль 2. Методические основы радиационных испытаний • **Лекция 10.** Методология подтверждения показателей радиационной стойкости ЭКБ. Концепция моделирования радиационных эффектов. Моделирующие установки (МУ), имитирующие установки (ИУ). Технические средства радиационных испытаний ЭКБ. • **Лекция 11.** Высокопроизводительные источники (ВИ) электронного и рентгеновского излучений типа «Аргумент», «АРСА», «МИРА» и др. Технические характеристики МУ. Методы регистрации полей нагружения. Расчет норм испытаний. Особенности совместного использования ИУ, ВИ и МУ для проведения радиационных испытаний ИС и ПП. Примеры из практики испытаний. • **Лекция 12.** Типы ИУ, используемые в практике радиационных испытаний ЭНПО «СПЭЛС» - импульсные лазерные имитаторы «Радон-5» и «Радон-8» и рентгеновские имитаторы «РЕИС-ИМ» и «РЕИМ-2». Формирование эквивалентной поглощенной дозы в активных областях типовых ПП и ИС под действием лазерных излучений установок «Радон-5» и «Радон-8». Особенности проведения экспериментальных исследований на ИУ. • **Лекция 13.** Отечественная и зарубежная (США) нормативно-методическая база по обеспечению и подтверждению радиационной и электромагнитной стойкости аппаратуры. Основные нормативно-методические документы, регламентирующие порядок задания требований по радиационной и электромагнитной стойкости материалов, ЭРИ и аппаратуры и методы их подтверждения. Краткая характеристика и порядок применения. • **Лекция 14.** Этапы разработки РЭА и решаемые задачи по обеспечению стойкости. Программа обеспечения стойкости (ПОСТ) - как организационная основа работ по обеспечению стойкости РЭА. Требования к ПОСТ и содержание основных разделов ПОСТ. • **Лекция 15.** Авионика и радиационная обстановка в атмосфере. Высокоэнергетичные частицы в атмосфере и SEE (SEU, SET, SEB, SEGR и т.д.), характерные для современной и перспективной элементной базы авионики. Проблемные вопросы разработки бортового электронного оборудования летательных аппаратов с учетом SEE (одиночных событий). • **Лекция 16.** Специфика радиационной обстановки и методы оценки устойчивости элементной базы к воздействию атмосферной радиации. Содержание стандартов серии IEC 62396 (2012) для разработчиков бортового электронного оборудования, устойчивого к атмосферной радиации (состав и характеристики ИИ, методы обеспечения и подтверждения устойчивости авионики к атмосферной радиации, в том числе высоковольтной аппаратуры и аппаратуры с использованием высокоинтегрированной элементной базы). • **Лекция 17.** Обеспечение стойкости радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов с длительными сроками активного существования к воздействию заряженных частиц космического пространства. Расчет локальных радиационных условий, применение конструктивных методов защиты, проведение расчетной и экспериментальной оценки стойкости составных частей аппаратуры. • **Лекция 18.** Эффекты воздействия электромагнитных импульсов (ЭМИ) на аппаратуру, ПП и ИС. Источники и параметры ЭМИ. Формирование сигнала наводки в узлах и модулях аппаратуры. Основные эффекты, вызванные воздействием одиночных импульсов напряжения (ОИН) на ПП и ИС. Моделирование воздействия ОИН. Методы и средства экспериментального определения показателей импульсной электр	**8**
Аудиторная нагрузка в классе с преподавателем	**16 ак.ч.**

По окончании обучения на курсе проводится итоговая аттестация. Аттестация проводится в виде теста на последнем занятии или на основании оценок практических работ, выполняемых во время обучения на курсе.

Контакты центра

Для частных лиц
+7 (495) 232-32-16

Для организаций
+7 (495) 780-48-44

E-mail
info@specialist.ru