

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ И МЕТОДЫ ЕЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

М.С. Иброхимов¹, А.И. Заревич¹, Е.В. Грошева¹, А.В. Шпинев¹

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

Аннотация. В статье разбираются основные факторы, влияющие на долговечность интегральных схем, а также анализируются методы прогнозирования их срока службы. Особое внимание уделено механизмам износа и старения, таким как электромиграция, горячий носитель и окислительное стрессирование. Изложены современные подходы к оценке надежности ИС, включая математическое моделирование и ускоренные испытания. Результаты работы представляют собой комплексное руководство по пониманию и прогнозированию жизненного цикла интегральных схем, имеющее целью повышение их надежности и продление срока службы.

Ключевые слова: интегральная схема, оценивание надёжности, моделирование, жизненный цикл.

DURABILITY OF INTEGRATED CIRCUITS AND METHODS OF ITS FORECASTING

M.S. Ibragimov¹, A.I. Zarevich¹, E.V. Grosheva¹, A.V. Shpinev¹

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

Abstract. The article examines the main factors affecting the durability of integrated circuits, as well as analyzes methods for predicting their service life. Special attention is paid to the mechanisms of wear and aging, such as electromigration, hot carrier and oxidative stress. Modern approaches to assessing the reliability of ICS, including mathematical modeling and accelerated testing, are described. The results of the work are a comprehensive guide to understanding and predicting the life cycle of integrated circuits, with the aim of increasing their reliability and extending their service life.

Keywords: integrated circuit, reliability assessment, modeling, life cycle.

Введение

В современном мире, где технологии развиваются с невероятной скоростью, вопрос долговечности интегральных схем (ИС) приобретает особенную актуальность. Эти миниатюрные устройства лежат в основе большинства электронных устройств, от мобильных телефонов до космических аппаратов, и их надежность напрямую влияет на долговечность и эффективность всей системы. С течением времени, факторы вроде температурных колебаний, воздействия радиации и электромиграции могут привести к деградации материалов и, как следствие, к отказу ИС.

Прогнозирование долговечности интегральных схем является сложной задачей, требующей учета множества переменных и использования передовых методов анализа. Разработчики постоянно ищут новые подходы и технологии, которые помогали бы точнее предсказывать срок службы ИС и предупреждать потенциальные отказы. В данной статье мы рассмотрим основные механизмы старения интегральных схем и подходы к их прогнозированию, что позволит лучше понять, как можно повысить надежность и продлить срок службы этих критически важных компонентов.

Интегральные схемы (ИС) подвержены износу и деградации из-за физических, электрических и термических воздействий. Долговечность ИС зависит от множества параметров, включая качество материалов, процесс производства и условия эксплуатации. Важными факторами являются электромиграция, горячий электрон, временной сдвиг порогового напряжения (ВТИ) и износ диэлектрика. Прогнозирование надежности включает методы ускоренных испытаний и моделирования. Такие технологии как High-K metal gates и FinFET помогают увеличить продолжительность жизни ИС.

Факторы, влияющие на долговечность интегральных схем

Интегральные схемы (ИС) подвержены износу и деградации из-за физических, электрических и термических воздействий. Долговечность ИС зависит от множества параметров, включая качество материалов, процесс производства и условия эксплуатации. Важными факторами являются электромиграция, горячий электрон, временной сдвиг порогового напряжения (ВТИ) и износ диэлектрика. Прогнозирование надежности включает методы ускоренных испытаний и моделирования. Такие технологии как High-K metal gates и FinFET помогают увеличить продолжительность жизни ИС.

Срок службы ИС может существенно влиять на эксплуатационные расходы и безопасность. Методы прогнозирования долговечности, такие как ускоренные испытания и моделирование усталостных процессов, позволяют предвидеть возможные отказы и способствуют разработке более надежной электроники. С учетом продолжительной эксплуатации и требований к минимизации обслуживания, точный прогноз долговечности является ключевым компонентом проектирования ИС.

Долговечность интегральных схем зависит от множества факторов. Среди ключевых - качество материалов, использованных при производстве, условия эксплуатации, температурные режимы и напряжения, на которые схема подвергается в процессе работы. Также значительное влияние оказывают процессы старения и коррозии, вызванные влажностью и химическим воздействием окружающей среды. Не менее важными являются методы упаковки и интеграции компонентов, а также качество контроля на этапе производства. Все эти факторы требуют тщательного учета при проектировании для обеспечения максимальной долговечности интегральных схем.

Методы прогнозирования долговечности интегральных схем

Для оценки срока службы интегральных схем используются различные методы. Одним из них является ускоренное тестирование: при повышении температуры, напряжения и других стресс-факторов имитируется ускоренное старение схемы. Этот метод помогает предсказать отказы, рассчитав коэффициенты ускорения. Аналитические методики, такие как модель Аррениуса, учитывают термические и электрические нагрузки. Ещё один подход - мониторинг параметров схемы в реальном времени позволяет наблюдать за её состоянием и предсказывать потенциальные отказы. Моделирование отказов на основе статистических данных дополняет комплексный анализ долговечности.

Использование моделей надежности для прогнозирования долговечности

Интегральные схемы (ИС) — основа современной электроники. Их долговечность зависит от различных факторов, таких как температурные циклы, влажность и напряжения, вызывающие физические и химические изменения. Модель надежности — мощный инструмент для оценки срока службы ИС. Эти модели анализируют данные об ускоренных испытаниях и исторические данные о работе устройства. Применение статистических и физических моделей надежности

позволяет предсказать отказы и гарантировать требуемый срок службы компонентов. Точные прогнозы надежности помогают производителям минимизировать затраты на гарантийное обслуживание и увеличили время безотказной работы продукции.

Практические рекомендации по повышению долговечности интегральных схем

Для увеличения срока службы интегральных схем (ИС) важно контролировать температуру эксплуатации, так как высокая температура ускоряет деградацию материалов и компонентов. Использование качественных материалов и защита от электростатических разрядов (ЭСР) также способствуют повышению надежности. Разработчикам следует тщательно проектировать линии питания и земли, чтобы минимизировать шумы и помехи. Регулярное тестирование и мониторинг состояния схем помогут выявить потенциальные проблемы раньше, позволяя предотвратить отказы.

Список литературы

1. Методы контроля надежности при разработке микросхем / К.В. Зольников, С.А. Евдокимова, Т.В. Скворцова, А.Е. Гриднев // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 39-45.

2. Определение мероприятий по программе обеспечения качества работ проектирования и серийного производства микросхем и оценки их эффективности на примере СБИС 1867ВН016 / К.В. Зольников, А.С. Ягодкин, С.А. Евдокимова, Т.В. Скворцова // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 46-53.

3. Журавлева, И.В. Основные факторы ионизирующих излучений космического пространства, действующие на микросхемы / И.В. Журавлева // Моделирование систем и процессов. – 2019. – Т. 12, № 3. – С. 11-16.

4. Схемотехнический базис и проверка микросхем на работоспособность / В.К. Зольников, С.А. Евдокимова, А.В. Фомичев [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2018. – Т. 11, № 4. – С. 25-30.

5. Разработка проектной среды и оценка технологичности производства микросхемы с учетом стойкости к специальным факторам на примере СБИС 1867Ц6Ф / В.А. Складар, В.А. Смерек, К.В. Зольников [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 77-82.

6. Создание тестового окружения и порядок загрузки тестов в процессе проектирования микросхем / К.А. Чубур, А.Ю. Кулай, А.Л. Савченко [и др.] // Моделирование систем и процессов. – 2020. – Т. 13, № 1. – С. 83-87.

References

1. Methods of reliability control in the development of microcircuits / K.V. Zolnikov, S.A. Evdokimova, T.V. Skvortsova, A.E. Gridnev // Modeling of systems and processes. – 2020. – Vol. 13, No. 1. – pp. 39-45.

2. Definition of measures for the quality assurance program for the design and serial production of microcircuits and evaluation of their effectiveness on the example of VLSI 1867VN016 / K.V. Zolnikov, A.S. Yagodkin, S.A. Evdokimova, T.V. Skvortsova // Modeling of systems and processes. - 2020. – vol. 13, No. 1. – pp. 46-53.

3. Zhuravleva, I.V. The main factors of ionizing radiation of cosmic space acting on microcircuits / I.V. Zhuravleva // Modeling of systems and processes. – 2019. – Vol. 12, No. 3. – pp. 11-16.

4. Circuit engineering basis and verification of microcircuits for operability / V.K. Zolnikov, S.A. Evdokimova, A.V. Fomichev [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2018. – vol. 11, No. 4. – pp. 25-30.

5. Development of the design environment and assessment of the manufacturability of the microcircuit, taking into account resistance to special factors on the example of VLSI 1867C6F / V.A. Sklyar, V.A. Smerek, K.V. Zolnikov [et al.] // Modeling of systems and processes. – 2020. – Vol. 13, No. 1. – pp. 77-82.

6. Creation of a test environment and the order of loading tests in the process of designing chips / К.А. Чубур, А.Ю. Кулай, А.Л. Савченко [et al.] // Modeling of systems and processes. - 2020. – vol. 13, No. 1. – pp. 83-87.