

РАЗРАБОТКА ЧАСТНОЙ МОДЕЛИ ЭЛЕКТРОДИФФУЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В АЛЮМИНИЕВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ

Тукмаков К.Н., Арефьев М.В.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Архипов А.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева

С уменьшением площади сечения элементов металлизации, увеличивается доля отказов ИМС, вызванных локальным разрушением сильноточных коммутационных структур (проводники постоянного тока высокой плотности), т.е. для современных ИМС коммутационная структура начинает вносить вклад в общую надежность ИМС наравне с пассивными элементами. Причиной отказов сильноточной металлизации является не только термический перегрев металла вследствие протекания тока высокой плотности, но и процесс электродиффузионного переноса массы (ЭПМ - миграция ионов кристаллической решетки под действием тока большой плотности), приводящий к уносу массы и образованию обширных дефектов в виде трещин, усов, раковин и т.д. Интенсивность ЭПМ резко возрастает с увеличением плотности тока начиная со значений плотности тока $10^6 - 10^7 \text{ A/cm}^2$, которые характерны для многих современных ИМС. Плотность тока – не единственный фактор, определяющий интенсивность ЭПМ, на его интенсивность влияют локальные перегревы проводников (вследствие наличия дефектов, близкого расположения элементов с большой рассеиваемой мощностью и т.д.), структура пленки проводника, рельеф и топология проводника.

Актуальной задачей является разработка рекомендаций для технологического процесса изготовления металлизации ИМС, позволяющих качественно увеличить электродиффузионную надежность металлизации ИМС. Для ее решения нами разрабатывается частная модель электродиффузионных процессов в алюминиевых пленках, которая позволит оценить время наработки на отказ алюминиевой металлизации с учетом параметров технологического процесса ее создания. Модель реализована на основе методики вероятностного клеточного автомата (ВКА) и рассматривает процессы ЭПМ в продольном сечении проводника. Достоинства подхода ВКА: возможность рассмотрения любой структуры кристаллитов пленки; задание начального распределения технологических дефектов; наглядность и отображение динамики процессов. Такой подход позволит выбрать рациональную с точки зрения электродиффузионной надежности структуру металлизации, создать которую можно с использованием модели эпитаксиального роста пленки.

Работа программы, реализующей модель основана на следующих предпосылках. Некоторый участок проводника разбивается на локальные области – ячейки, каждая из которых имеет набор усредненных параметров, таких как структура кристаллической решетки, ее температура, концентрация активированных ионов, структура и тип дефекта и т.д. Основной динамический фактор модели – поток свободных носителей зарядов (электронный ветер), который осуществляет теплоперенос по проводнику, активирование ионов кристаллической решетки и их миграцию в направлении своего движения. Параметры ячеек пересчитываются для каждого цикла программы модели с учетом электронного ветра и параметров соседних ячеек. Временной шаг программы определяется параметрами электронного ветра и изменяется в процессе моделирования.