

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА ТОНКИХ ПРОВОДЯЩИХ ПЛЕНОК

Е. Пантелей, А.В. Архипов
Самарский университет, г. Самара

Тонкие металлические пленки используются в интегральной оптике, микроэлектронных изделиях, технике высокого вакуума [1]. Свойства таких пленок зависят от микроструктуры пленки. В случае металлических тонких пленок следует принимать во внимание электронные свойства, такие как подвижность носителей зарядов, электродиффузионная надежность, снижение удельного сопротивления. Высокая плотность упаковки микроэлектронных изделий, как следствие уменьшение геометрических параметров металлических проводников, выполненных тонкопленочной технологией, приводит в существенному увеличению плотности тока. Высокая плотность тока приводит к отказам, одной из важнейших причин которых является электродиффузия [2]. При микроскопическом рассмотрении все границы зерен пленок представляют из себя локальные дефекты пленки. В случае небольших плотностей тока, они не опасны для надежности готовых устройств. В реальных же ситуациях, границы зерен являются распространенной причиной отказов вследствие электродиффузии. Активация электродиффузии происходит за счет сильного разогрева пленки в местах локальных дефектов и наличия ускоренных путей переноса массы, которыми и являются по своей сути границы зерен.

На данный момент размеры проводящих пленок в поперечном сечении составляют оценочно от 50 нм до 100 микрометров [3], толщина тонких пленок составляет не более 0,5 мкм [4]. При массовой технологии можно создавать островки размером порядка единиц - десятков нанометров. Экспериментально, в единичном исполнении получалось достичь диаметра островков в 450 нм.

Достичь желаемого результата, можно 1) уменьшением ширины проводников; 2) увеличением размера зерен. Работы в области уменьшения размера проводников ведутся, но разработчики сталкиваются с технологическими и физическими ограничениями. В нашей работе внимание уделяется именно увеличению размера зерен. Для увеличения размера зерен могут использоваться различные воздействия, такие как ионная бомбардировка подложки, электронная бомбардировка, создание энергетического микрорельефа и различного рода температурные воздействия.

Целью работы было методом компьютерного моделирования, воспроизвести процесс роста тонкой металлической пленки при локальном изменении энергии связи различных участков подложки.

За основы моделирования были взяты механизм роста Фольмера-Вебера, физические основы неориентированного роста пленок, разработанные Гиваргизовым [5] и модель роста, разработанная Архиповым А.В. Использовались языки программирования Python и Java. Моделирование проводили методом вероятностных клеточных автоматов. За элементарный объект моделирования (клетку) принималось вакантное место. В работе были рассмотрены элементарные процессы роста пленки: адсорбция, десорбция, диффузия, миграция, зародышеобразование, коалесценции. Намеренным образом на подложке создавались различные тепловые «узоры», представляющие из себя области с разной температурой подложки. Генератором случайных чисел определяли вероятность свершения вероятностных событий.

В результате получена рабочая модель, которую можно использовать для подбора параметров роста тонких металлических пленок с увеличенным размером зерен.

Список использованных источников

1. Майссел, Л. Технология тонких пленок: справочник/Л. Майссел, Р. Глэнг. – Т.1 - М.: Советское радио, 1977. – 664 с.
2. Архипов, А.В. Электродиффузионная надежность тонкопленочных проводников на основе эпитаксиальной пленки алюминия: дисс. канд. тех. Наук: 05.27.01/ Архипов Алексей Владимирович. – СПб.: 1996. – 128 с.
3. Валиев, К.А. Моделирование разрушения и долговечности тонкопленочных металлических проводников интегральных микросхем/К.А. Валиев, Р.В. Гольдштейн, Ю.В. Житников// Физическая мезомеханика. – 2008. – .11. Вып.2. С.57-88.
4. Mori, T. Fabrication of silver thin film for single-crystalline nanopillar: effects of thickness and grain size/T. Mori, Y. Tanaka, Y. Suzuki, K. Yamaguchi//Appl. Phys. A. – 2015. –P.1359-1363.
5. Givargizov, E.I. Oriented crystallization on amorphous substrates/ E. I. Givargizov//Plenum Press, 1991. –p.377