

Исследование износа контактных площадок методом атомно-силовой микроскопии

Зубарь Т.И.¹, Кузнецова Т.А.^{1,2}, Чижик С.А.^{1,2}, Лапицкая В.А.¹
Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси¹
Белорусский национальный технический университет²

Неотъемлемой частью электронных устройств микросистемной техники являются пассивные элементы микросхем, в том числе тонкопленочные контактные площадки. Оценка механических свойств тонких покрытий требует применения новых подходов, современных методик и оборудования, позволяющих работать на субмикронном и нанометровом уровне. Последнее десятилетие прогресс в материаловедении неразрывно связан с атомно-силовой микроскопией (АСМ). Изменяя геометрические и физико-механические характеристики зонда можно расширить исследовательские возможности прибора, повысить точность измерений. Зондовые методы исследования в полной мере удовлетворяют современным требованиям к точности измерения микро-механических параметров наноструктурных материалов, в том числе и тонкопленочных контактов.

В данной работе производилась оценка износа тонких пленок алюминия и меди методом атомно-силовой микроскопии алмазным острием на стальной консоли с коэффициентом жесткости $k = 2 \cdot 10^3$ Н/м при нормальной нагрузке, прикладываемой к зонду, $P = 1,89$ мкН. Контактные напряжения Герца между алмазным острием и пленками алюминия и меди составили 58,35 и 44,37 ГПа соответственно. Истирание слоев материала проводилось послойно в 10 проходов. Результат износа оценивался высокочувствительным кремниевым зондом (коэффициент жесткости $k = 8 \cdot 10^{-2}$ Н/м и радиус кривизны острия $R \approx 20$ нм) после 1, 5 и 10 циклов.

Опыт показал, что средняя глубина модифицированного участка, на пленке алюминия, после 5 циклов истирания составила ~ 194 нм, а после 10 циклов в том же режиме ~ 460 нм. На медной пленке уже после 1 цикла износа образовался участок глубиной около 150 нм, а после 5 циклов его глубина достигла величины в 300 нм. На начальных этапах износа материала процесса идет более активно. После некоторого количества проходов пленка упрочняется, и скорость истирания значительно замедляется.

Полученные данные позволяют прогнозировать количество циклов коммутации до разрушения контакта, выполненного в виде тонкой пленки алюминия или меди. При данных условиях износа алюминиевый контакт толщиной 1 мкм полностью разрушится после 30 циклов коммутации, а контакт, представляющий собой медную пленку той же толщины, – после 25 циклов.