

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ТЕРМОУСТОЙЧИВОСТИ АНОДНЫХ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ В Al-Al₂O₃-СТРУКТУРАХ

Д.Л. Шиманович

Из-за существенного различия температурных коэффициентов линейного расширения алюминия и его оксида (при комнатной температуре $22,2 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$ и $7,2 \cdot 10^{-6} \text{C}^{-1}$ соответственно) возникают внутренние механические напряжения на границе фазового перехода Al-Al₂O₃ как в процессе роста анодного Al₂O₃, так и в его сформированном состоянии, что приводит при осуществлении ряда технологических операций (термоотжига, напыления пленок, травления и др.) к растрескиванию наноструктурированных пленок Al₂O₃. Поэтому весьма актуальным является вопрос улучшения термостойкости формируемых Al₂O₃-слоев для их применения в технологии создания алюмооксидных оснований для устройств и систем защиты информации.

Проведены анализ и сравнительная оценка влияния потенциала анодирования на внутренние напряжения в пористых пленках Al₂O₃, сформированных при анодировании Al-заготовок толщиной 1 мм в 5% H₂C₂O₄ и 10% H₂SO₄, которые показали, что с увеличением напряжения формовки и с ростом толщины анодного Al₂O₃ внутренние напряжения снижаются. Осуществлен ряд сравнительных экспериментов по различным электрохимическим режимам анодирования Al и по оптимизации термоударов сформированных пленок нанопористого Al₂O₃ для повышения его термостойкости. Оптимальным оказалась реализация следующих электрохимических приемов и температурных условий анодирования Al-оснований толщиной 1 мм. Предварительный термоотжиг Al проводился при температуре 400°C в течение 30 мин. Первый этап анодирования осуществлялся в 10% H₂SO₄ при постоянном потенциале 10 В в течение 40 мин при температуре 13°C с целью формирования наноструктурированного Al₂O₃ с малыми геометрическими размерами пор. Основной этап толстослойного анодирования проводился в 5% H₂C₂O₄ в гальваностатическом режиме при плотности тока 40 мА/см², а затем в потенциостатическом режиме при напряжении 120 В в течение 1 ч 30 мин при температуре 18°C. Заключительный этап анодирования осуществлялся в 10% CrO₃ в течение 10 мин при потенциале 70 В и повышенной температуре 30°C, что позволило получить эластичные слои оксидных пленок Al₂O₃, обладающих более высоким ТКЛР. Толщина сформированного Al₂O₃ составляла ~80 мкм. Далее образцы подвергались термоудару при температуре 400°C в течение 1 ч с плавным ее понижением до комнатной в течение 10 ч. Таким образом, в результате осуществления многостадийного электрохимического режима со сменой электролитов (10% H₂SO₄; 5% H₂C₂O₄; 10% CrO₃) анодные диэлектрические пленки Al₂O₃ обладали повышенной термостойкостью к трещинообразованиям после термоударов. Сравнительный анализ образцов показал, что это выражалось либо в отсутствии трещин, сколов, либо в их единичном характере по случайным дефектам обработки поверхности, в отличие от тех образцов, которые анодировались традиционным способом в 5% H₂C₂O₄, и где трещины Al₂O₃ после термоударов располагались в виде густой сетки.

УСКОРЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ БИПОЛЯРНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ НА ДЛИТЕЛЬНУЮ НАРАБОТКУ

Е.Н. Шнейдеров, И.А. Бурак, А.И. Бересневич, И.П. Станюш, А.А. Хатьков

Организация и проведение ускоренных испытаний на длительную наработку биполярных транзисторов (БТ) является составной частью исследования деградации их функциональных параметров и прогнозирования надёжности. Для БТ ускорение испытаний («сжатие» наработки) обычно достигается форсированием температурных и электрических нагрузок (повышенные температура, ток, напряжение) [1]. Сами форсированные испытания проводят на типовых или специально созданных установках, контролируя по заранее разработанной программе работоспособность и параметры исследуемых БТ.

Для проведения ускоренных форсированных испытаний БТ большой мощности типа КТ872А, КТ8225А была разработана экспериментальная установка, позволяющая исследовать выборку БТ объёмом $n = 200$ в условиях повышенной температуры с подачей максимально допустимого по ТУ обратного постоянного напряжения на переход коллектор–эмиттер (коллектор–база). Основу экспериментальной установки составляла камера типа КТ-0,05-315М, позволяющая устанавливать температуру в диапазоне 40...315°C. БТ исследуемой выборки вставлялись в гнезда специальных контактных колодок, распаянных на стендовой плате, а сама плата помещалась в печь.