

# ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ УЛУЧШЕНИЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ В ПЕРЕХОДНЫХ ОТВЕРСТИЯХ ДВУХСТОРОННИХ АЛЮМООКСИДНЫХ ОСНОВАНИЙ ДЛЯ СИЛОВЫХ МОДУЛЕЙ

Д.Л. Шиманович, Е.Д. Беспрозванный, Е.Е. Алясова

Целью исследований являлась разработка методов и приемов с применением оптимизированных технологических режимов для улучшения электроизоляционной прочности анодного  $Al_2O_3$  в переходных отверстиях двухсторонних алюмооксидных оснований для перспективного использования в силовых многокристальных модулях [1], в частности, в области аппаратных средств защиты информации. Предварительные экспериментальные исследования изготовленных алюмооксидных оснований с матрицами переходных отверстий показали, что в процессе электрохимического анодирования на стыке горизонтальной и вертикальной поверхностей в переходных отверстиях неизбежно появлялись микротрещины из-за конкурирующих в разных направлениях фронтов анодирования, перестройки пористой структуры и возникающих механических напряжений, даже если на сплошной поверхности алюмооксидных оснований микротрещины полностью отсутствовали.

Было показано, что электрическая прочность анодного оксида алюминия в переходных отверстиях повышалась за счет минимизации количества микротрещин, если на исходных образцах алюминиевых оснований механической обработкой формировались варианты тестовых переходных отверстий с фасками (под углом до  $45^\circ$ ), плавным профилем на входах с удовлетворительными показателями шероховатости и за счет залечивания микротрещин при реанодировании. Были разработаны и исследованы различные методы и методики, заключающиеся в выборе составов одно- и многокомпонентных электролитов и электрохимических условий для выгодной (с точки зрения увеличения пробивных напряжений в переходных отверстиях) структурной перестройки  $Al_2O_3$  и формирования эластичных и гибких покрытий с минимизацией количества микротрещин и внутренних механических напряжений. Было установлено, что для обеспечения высоких пробивных напряжений необходимо выполнять грунтовку (заполнение пор) пористого анодного оксида алюминия и залечивание дефектных микротрещин  $Al_2O_3$  в переходных отверстиях кремнийорганическим лаком в ультразвуковой ванне при частоте  $\sim 20\text{--}40$  кГц при максимальной мощности  $\sim 0,5$  кВт при температуре  $\sim 30^\circ\text{C}$  в течение  $\sim 20$  мин. Причем этот технологический прием необходимо проводить в два цикла, а после заполнения излишки лака в переходных отверстиях необходимо выдувать сжатым воздухом, а с поверхностей снимать ракелем и обрабатывать раствором толуола, после чего осуществлять многостадийную процедуру термообработки до максимальной температуры  $\sim 280^\circ\text{C}$ .

Таким образом, было показано, что после применения соответствующих технологических приемов значения пробивных напряжений изготовленных тестовых образцов составляли до  $\sim 6$  кВ на рабочих поверхностях без отверстий и до  $\sim 2,5$  кВ в переходных отверстиях.

## Литература

1. Шиманович Д.Л., Яковцева В.А. Электрохимическая алюмооксидная технология для приборов силовой электроники // Доклады БГУИР. 2019. № 3 (121). С. 5–11.