

4. Yao, L. Self-assembly of diverse alumina architectures and their morphology-dependent wettability / L. Yao [et al.] // Materials Research Bulletin. – 2011. – Vol. 46. – P. 1403–1408.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ПРОЧНОСТИ ДВУХСТОРОННИХ АЛЮМООКСИДНЫХ ОСНОВАНИЙ С ОТВЕРСТИЯМИ ДЛЯ МНОГОКРИСТАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ

Шиманович Д. Л.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ShDL@tut.by

Аннотация. Проведен сравнительный анализ влияния оптимизированных технологических методов, приемов и режимов на повышение электроизоляционной прочности диэлектрических покрытий двухсторонних алюмооксидных оснований как на сплошной поверхности, так и в сквозных переходных отверстиях для потенциальных применений в силовых многокристальных модулях. 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. Показано, что после применения соответствующих технологических приемов значения пробивных напряжений изготовленных тестовых образцов составляли до ~6 кВ на рабочих поверхностях без отверстий и до ~2 кВ в переходных отверстиях.

摘要。对优化的技术方法、技术和制度对提高固体表面和通孔中的双面氧化铝涂层的介电强度的影响进行了比较分析,以便在功率多芯片模块中的潜在应用。已经确定,为了确保高击穿电压,有必要在超声波浴中用有机硅清漆填充(填充孔隙)多孔阳极氧化铝并修复通孔中有缺陷的 Al_2O_3 微裂纹。结果表明,在应用适当的工艺方法后,制造的测试样品的击穿电压值在无孔工作表面上高达~6 kV,在通孔中高达~2 kV。

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 [1–3].

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 (по углом до 45°), 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 многостадийного анодирования для выгодной (с точки зрения увеличения пробивных напряжений в переходных отверстиях) структурной перестройки Al_2O_3 и формирования многослойных 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 ~ 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 $\sim 280^\circ\text{C}$.

Фото различных вариантов двухсторонних алюмооксидных оснований с переходными отверстиями представлены на рисунке 1.

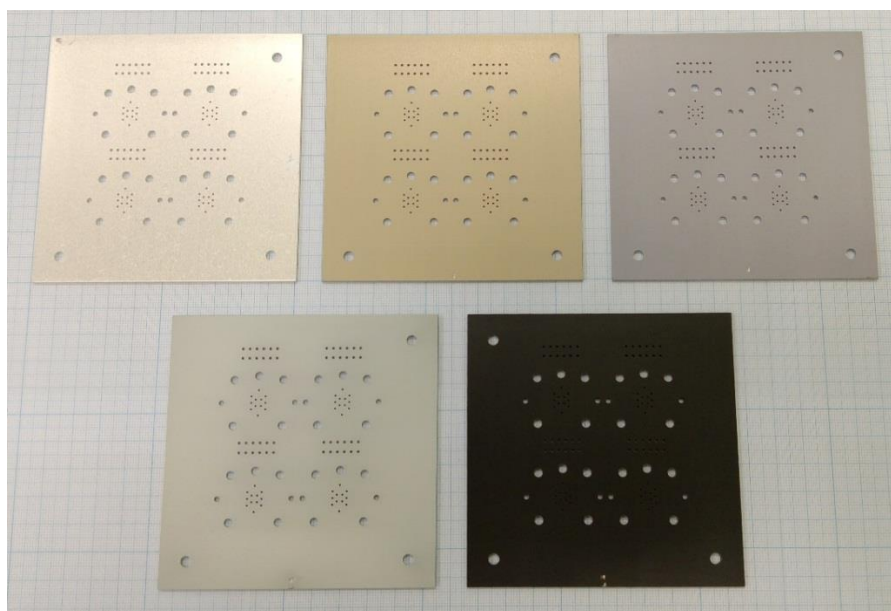


Рисунок 1 – Фото различных вариантов двухсторонних алюмооксидных оснований с переходными отверстиями

Был проведен сравнительный анализ влияния оптимизированных технологических методов, приемов и режимов на повышение электроизоляционной прочности диэлектрических покрытий двухсторонних алюмооксидных оснований как на сплошной поверхности, так и в сквозных переходных отверстиях для потенциальных применений в силовых многокристальных модулях (рисунок 2).

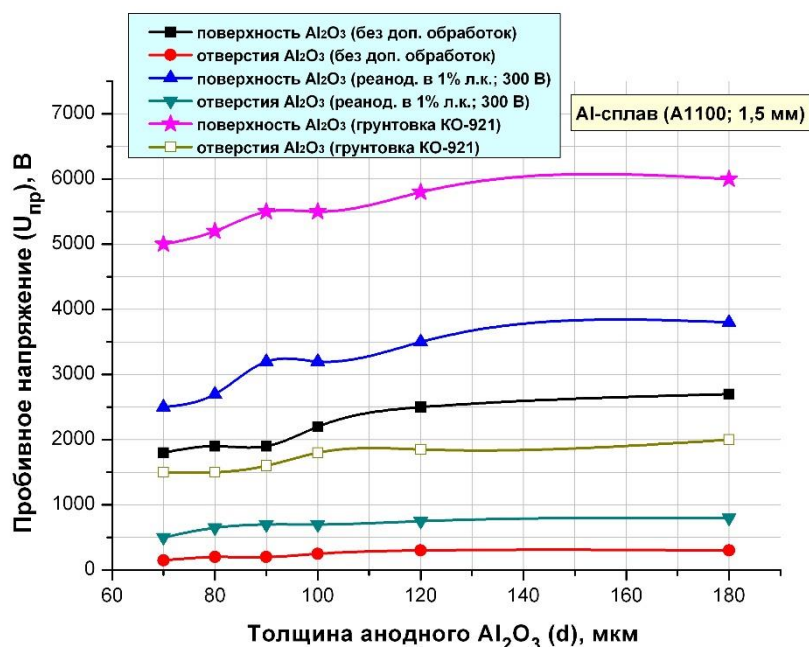


Рисунок 2 – Сравнительный анализ влияния технологических методов на пробивные напряжения диэлектрических покрытий двухсторонних алюмооксидных оснований со сквозными отверстиями

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

Список использованных источников

1. Шиманович, Д. Л. Электрохимическая алюмооксидная технология для приборов силовой электроники / Д. Л. Шиманович, В. А. Яковцева // Доклады БГУИР. – 2019. – № 3 (121). – С. 5–11.
2. Шиманович, Д. Л. Методы формирования алюмооксидных микроструктур для мощных систем электромеханики // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2014. – Т. 14. – № 3. – С. 170–173.
3. Шиманович, Д. Л. Технологические режимы для снижения внутренних напряжений, улучшения термической устойчивости к образованию трещин и повышения электрической прочности в анодных структурах $Al-Al_2O_3$ / Д. Л. Шиманович, В. А. Сокол, Г. В. Литвинович // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. – 2015. – Т. 15. – № 3. – С. 79–82.