

Были разработаны технологические режимы формирования Al-Al₂O₃-Ni-Cu-структур, основанные на химическом осаждении Ni толщиной 1-1,5 мкм и электрохимическом осаждении Cu толщиной до 80 мкм на широкоформатные Al-основания толщиной 1,5-3,0 мм с односторонним модифицированным диэлектрическим слоем Al₂O₃ толщиной до 150 мкм, полученным в процессе электрохимического анодирования и прогрунтованным кремнийорганическим лаком. Разработанный нами технологический процесс формирования Al-Al₂O₃-Ni-Cu-структур позволил исключить операцию вакуумного напыления токопроводящих пленок в качестве подслоя с использованием дорогостоящего оборудования и основывался на использовании только химических, электрохимических и гальванических методов. Насущной проблематикой при таком подходе является улучшение электрофизических, теплофизических и механических параметров: увеличение электроизоляционной прочности анодного Al₂O₃, исключение возможных коммутационных соединений Cu-проводников с Al-основанием, снижение внутренних напряжений, улучшение термостойкости, теплопроводности и адгезионных свойств Cu в системе Al-Al₂O₃-Ni-Cu. При соблюдении оптимальных технологических режимов формирования пассивной части измеренные параметры показали следующие значения: напряжение пробоя изоляции ~ 3,5-6,0 кВ; теплопроводность ~ 41-71 Вт/м·К; термоустойчивость – до 300 °С; степень адгезии Cu ~ 7,0-8,7 кг/мм².

Таким образом, была показана перспективность использования полученных Al-Al₂O₃-оснований с элементами на основе толстослойной медной металлизации в качестве микрополосковых линий пассивной части систем СВЧ-диапазона.

Список литературы

1. Шиманович Д.Л. Оптимизация методов формирования толстослойных диэлектрических покрытий на основе анодного оксида алюминия при электрохимическом анодировании широкоформатных Al-подложек и теплопроводящих оснований с радиаторами // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2016. Т. 16, № 3. С. 116-119.

ФОРМИРОВАНИЕ АЛЮМООКСИДНЫХ СТРУКТУР СО ВСТРОЕННОЙ КОММУТАЦИОННОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИЕЙ ДЛЯ ЭЛЕМЕНТОВ СВЧ-ДИАПАЗОНА

Д.Л. Шиманович

Повышение функциональной сложности СВЧ-устройств при одновременном увеличении требований к их электрофизическим параметрам, надежности и технологичности требуют новых подходов к выбору несущих оснований и токопроводящих коммутационных структур, выполняющих функцию микрополосковых СВЧ-линий. Анализ возможностей алюмооксидной технологии и проведенных исследований [1] показал, что, используя комбинированное сочетание процессов фоторезистивного маскирования, двухстороннего сквозного анодирования и химического травления исходных алюминиевых пластин, можно одновременно формировать несущие основания и системы алюминиевых межсоединений, встроенных внутри диэлектрического тела пластин из свободного анодного оксида алюминия с односторонним или двухсторонним выходом на поверхность контактных площадок, что может найти применение при создании пассивной элементной базы СВЧ-систем. Связанное с этим научное направление является весьма актуальным, если учесть, что исключается применение процессов вакуумного напыления или электрохимического осаждения металлических пленок, и можно варьировать толщиной встроенных коммутационных элементов и глубиной их залегания в объеме диэлектрика.

Сущность разработанной технологии изготовления сквозных Al₂O₃-пластин, которые выполняют роль несущих диэлектрических оснований и одновременно служат межэлементной диэлектрической средой для встроенной металлизации, заключается в следующем. Вначале на предварительно подготовленную и отполированную Al-пластину толщиной 150-200 мкм наносили в два этапа фоторезистивные маски проводников и контактных площадок по схеме разнотемпературного задубливания (соответственно $T = 120$ °С и $T = 180$ °С). Затем открытые места Al анодировали на необходимую толщину в 7 % щавелевой кислоте (H₂C₂O₄) в гальваностатическом режиме при плотности тока 25-35 мА/см². Далее, селективным

химическим травлением в растворе $\text{CrO}_3:\text{H}_3\text{PO}_4:\text{H}_2\text{O}$ при температуре 85°C удаляли выращенный Al_2O_3 с образованием микрорельефа. Затем осуществляли вторую стадию анодирования в том же электролите, снимали слабозадубленные фоторезистивные маски с мест формируемых встроенных проводников и проводили двухстороннее сквозное анодирование уже всей открытой поверхности оснований. Так как толщина Al в местах, соответствующих будущим зонам межэлементного разделения меньше, то они анодировались полностью до смыкания встречнорастущих Al_2O_3 -слоев, а на других участках анодирование прекращалось с образованием встроенных внутри оксида проводников. Причем, какой величины был сделан уступ микрорельефа, такой же толщины формировались Al -проводники внутри Al_2O_3 -пластин. Таким образом, получены встроенные коммутационные элементы с толщиной Al от 5 до 100 мкм и различной глубиной их залегания в объеме Al_2O_3 -пластин.

Список литературы

1. Сокол В.А., Шиманович Д.Л., Литвинович Г.В. Технологические приемы формирования $\text{Al}-\text{Al}_2\text{O}_3$ микроструктур для мощных электромеханических систем // Доклады БГУИР. 2012. № 8 (70). С. 44–49.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ ВИРТУАЛЬНЫХ СРЕД

А.Н. Шляхтич, А.С. Шилов

На сегодняшний день виртуализация является одним из основных направлений развития информационных технологий. Это обусловлено тем, что путем применения указанной технологии можно значительно сократить затраты на создание информационных систем и сетей. Одной из основных задач, решаемых в ходе создания информационной системы или сети на основе технологии виртуализации (виртуальной среды) является разработка подходов по защите этих сред от угроз информационной безопасности. Один из таких подходов связан с выбором программного обеспечения для организации функционирования виртуальных сред.

Авторами проведен анализ уязвимостей программного обеспечения, используемого в настоящее время для организации функционирования виртуальных сред. На основе проведенного анализа определено, что наибольший уровень защищенности виртуальных сред может быть обеспечен в том случае, если для организации их функционирования применяется следующее программное обеспечение:

- платформа виртуализации VMware vSphere в составе гипервизора VMware ESXi и сервера управления VMware vCenter Server 5.1;
- платформа виртуализации и обеспечения безопасности сети VMware NSX версии 6.3;
- многофункциональное виртуальное устройство защиты информации FortiGate-VM под управлением программного обеспечения FortiOS v.5.6 для установки в среде виртуализации VMware.

Указанные программные продукты сертифицированы на территории Республики Беларусь.

РАСЧЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ ОТКАЗОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Н.С. Шматко

Надежность – одно из важнейших свойств изделий, в том числе электронных устройств, которое определяет их эксплуатационную пригодность. Особенно важно оценить эксплуатационную интенсивность отказов электронной аппаратуры в сфере защиты информации, так как преждевременный и незапланированный отказ средства защиты информации может привести к потере или утечке информации. Данные в компьютерных системах подвержены риску утраты из-за неисправности или уничтожения оборудования.