

УДК 539.216; 621.382

ФОРМИРОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА КЕРАМИЧЕСКИХ ПОДЛОЖКАХ

Б. И. ИГНАТОВ

Учреждение образования

«МОГИЛЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТ
ПРОДОВОЛЬСТВИЯ»

Могилев, Беларусь

Тонкопленочные металлические покрытия на керамических подложках получают широкое применение в связи с микроминиатюризацией при создании различных микроэлектронных устройств. Металлические пленки на диэлектрических подложках должны выдерживать высокотемпературные технологические операции, иметь высокую адгезию и быть металлургически совместимыми с другими материалами, применяемыми при монтаже микроэлектронных устройств. Для формирования тонких металлических пленок применяются три группы методов: испарение в вакууме, ионное распыление и химическое осаждение. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки. Для обеспечения воспроизводимости электрофизических характеристик тонких пленок необходимо применение методов их формирования, обеспечивающих получение металлопокрытия высокой чистоты.

В данной работе тонкие металлические пленки формировались в вакууме 10^{-5} Па на подложках из кварца и поликристаллической алюмооксидной керамики К95, 22-ХС. В качестве осаждаемого металла применялись молибден, тантал и вольфрам. Эти металлы имеют температурные коэффициенты линейного расширения (ТКЛР) незначительно отличающиеся от ТКЛР кварца и керамики в широком диапазоне температур. Поэтому остаточные термоупругие механические напряжения в металлической пленке будут незначительной величины. Особенностью примененного метода осаждения тонких пленок является формирование потока атомов напыляемых металлов за счет сублимации при температуре на 150...200 К ниже температуры плавления.

Необходимым условием получения покрытий с высокой адгезией и однородной структурой является качественная подготовка металлизированной поверхности. Шероховатость поверхности образцов полировкой доводилась до 0,02...0,04 мкм. В процессе абразивной обработки при полировке образуется приповерхностный нарушенный слой, глубина которого 100...140 мкм. Подготовленные образцы промывались с применением ультразвука в растворе поверхностно-активных веществ, дистиллированной воде и этиловом спирте. Известно, что при самой тщательной очистке на поверхности образцов остается 2...3 слоя атомов кислорода. С целью дополнительной очистки поверхности от адсорбированных газов образцы подвергались лазерной обработке. После лазерной обработки глубина

нарушенного слоя уменьшилась и составила 60...80 мкм. Глубина нарушенного слоя измерялась методами микротвердости и эллипсометрии.

Металлические пленки формировались в вакуумной камере установки ВУП-5. Осаждаемый металл в виде плоской спирали Архимеда располагался в 5 мм от металлируемой поверхности образца. Спираль нагревалась электротоком до температуры 2500 К при напылении молибдена или тантала и до 3000 К при напылении вольфрама. Предварительно образцы керамики нагревались излучением CO₂-лазера. Напыление металлов производилось при температуре поверхности образцов керамики 1000...1200 К. Температура измерялась термопарой, которая помещалась в глухое отверстие с обратной стороны образца. Расстояние от дна глухого отверстия до металлируемой поверхности было 0,3 мм. Температура, измеренная с обратной стороны образцов, была на 300...400 К меньше, то есть по толщине образца создавался градиент температуры 700...800 К.

Толщина металлической пленки измерялась с помощью интерферометра МИИ-11 по величине ступеньки между чистой поверхностью керамики и поверхностью металлического покрытия. Результаты измерений показали, что толщина пленки составила 0,2...0,3 мкм. Металлические пленки имели зеркальный вид.

Плотность пленки проверялась с помощью оптического микроскопа МБС-9 при 40-кратном увеличении. Дефектов пленки не обнаружено.

Электросопротивление металлической пленки измерялось четырехзондовым методом. Измерения показали, что удельное сопротивление пленок в 1,5...2,4 раза выше сопротивления массивных металлов.

Адгезия металлического покрытия к подложке определялась методом отрыва припаянного титанового стержня. Стержень припаявался к образцу в вакууме медно-молибденовым припоем без применения флюса. Соединяемые детали в процессе пайки сжимали с небольшим усилием, обеспечивающим получение паяного шва минимальной толщины. При испытании на растяжение разрушение происходило по керамике. Усилия измерялись образцовыми динамометрами ДОР-0,5, ДОР-1,0.

Тонкопленочные металлические пленки, сформированные на кварце и керамике, имеют поликристаллическую структуру, хорошую адгезию к подложке, незначительные термоупругие механические напряжения. Применение лазерного излучения для очистки металлируемой поверхности образцов перед осаждением металла и ее активации является одним из условий получения качественных металлических покрытий.

Тонкие металлические пленки на керамических подложках могут применяться для формирования микросхем, а также позволяют получать прецизионные неразъемные соединения керамики с металлами и керамики с металлизированными ферритами.