

Б.И. ИГНАТОВ

Государственное научное учреждение  
«ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ МЕТАЛЛОВ НАН Беларуси»

Могилев, Беларусь

Металлические пленки, сформированные на диэлектрических и ферритовых подложках, являются одним из основных конструктивных элементов в современных радио- и электротехнике, микроэлектронике, прецизионном приборостроении и других отраслях новой техники. Тонкие металлические пленки должны отвечать разнообразным требованиям: высокой адгезией к подложке, малым или большим электросопротивлением, стабильностью структуры и т.п. Физические свойства тонких металлических пленок существенно отличаются от свойств объемных образцов из того материала.

В данной работе металлические пленки формировались в вакууме  $10^{-4}$  Па испарением металла с танталового испарителя на подложки из поликристаллической керамики  $Ca_yBa_{0,5}Al_2Si_2O_8$  и иттриевого феррита-граната  $Y_3Fe_5O_{12}$ . Подготовка поверхностей перед осаждением тонких пленок является важным процессом для получения хорошей адгезии и других требуемых свойств на границе раздела. Металлизируемые поверхности шлифовались и полировались. Шероховатость полированной поверхности 0,04–0,05 мкм. Абразивное воздействие при полировке приводит к образованию поверхностного нарушенного слоя. Глубина нарушенного слоя определялась методами микротвердости и эллипсометрии и составила 140–160 мкм. Отполированные образцы керамики и феррита промывались в растворе поверхностно-активных веществ с применением ультразвуковых колебаний, в дистиллированной воде и спирте. Известно, что при самой тщательной подготовке поверхности на ней остается один-два слоя атомов кислорода. Поэтому сначала осаждался слой титана. Титан является активным металлом, с рядом легирующих металлов образует твердые растворы и способен растворять до 10 ат% кислорода без образования оксида. Для химического взаимодействия титана с оксидами керамики и феррита подложки нагревались до температуры 975–1025 К. В процессе осаждения титана образуется переходной слой в виде система твердых растворов внедрения и замещения титана с кислородом и восстановленными элементами подложек.

Для получения металлической пленки с температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) близким к ТКЛР подложек и малым электросопротивлением второй слой осаждался из меди и молибдена. Эти металлы также образуют с титаном твердые растворы внедрения. Псевдосплав меди и молибдена имеет ТКЛР близкий к ТКЛР керамики и

ферриту. Этим обеспечивается отсутствие температурных механических напряжений и стабильность структуры металлической пленки.

Адгезия металлической пленки к подложкам определялась методом отрыва припаянного титанового стержня. Стержень припаивался к образцам в вакууме припоем ПСр72 без флюса. Детали спаиваемых образцов сжимались с небольшим усилием, обеспечивающим получение паяного шва толщиной 0,09–0,1 мм. При испытании на растяжение разрушение образцов происходило по керамике и ферриту. Усилия измерялись образцовыми динамометрами ДОР-1,0 и ДОР-3,0.

Эксперименты с применением лазерного излучения для очистки и нагревания металлизированной поверхности образцов показали, что такие же результаты адгезии были получены при температуре подложки меньшей на 100–120 К. Это можно объяснить хорошим поглощением ИК-излучения CO<sub>2</sub>-лазера поверхностью оксидных материалов, и следствием этого, лучшей очисткой поверхности от адсорбированных веществ и повышенной её активацией. Поглощение ИК-излучения оксидными материалами происходит в поверхностном слое толщиной 0,5–0,8 мм и поэтому температура поверхности образцов будет выше измеренной на расстоянии 0,5 мм от поверхности.

Рентгеноспектральный микроанализ (РСМА) переходного слоя проводился на микроанализаторе MS-46 фирмы «Сатэка». Для повышения информативности РСМА выполнялся на косых шлифах образцов с углом скоса 6°, что позволило в 10 раз увеличить размер анализируемого участка переходного слоя. Результаты микроанализа показали, что в процессе пайки происходит диффузия элементов припоя в подложку и элементов подложки в паяный шов. Диффузия элементов припая происходит на глубину около 3–4 мкм. Это можно объяснить повышенной диффузионной активностью верхнего нарушенного слоя.

Металлические пленки, сформированные вышеизложенным способом, позволяют получить прецизионные неразъемные соединения путем пайки керамики и ферритов с металлами, а также керамики с ферритами. Для пайки керамических материалов разработан состав припоя на основе псевдосплава *CuMo* с температурой плавления 975–1050 К и температурным коэффициентом линейного расширения незначительно отличающимся от ТКЛР керамических материалов.

В заключение следует отметить, что лазерно-вакуумная обработка поверхности образцов излучением CO<sub>2</sub>-лазера позволяет сформировать металлическую пленку на оксидных материалах с высокой адгезией при меньшей температуре подложки в процессе осаждения металла.