

## СВАРИВАЕМОСТЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ КОРПУСОВ ИНТЕГРАЛЬНЫХ СХЕМ

Корпуса современных микроэлектронных устройств обеспечивают защиту от воздействия окружающей среды, внешних механических нагрузок и электромагнитных полей, электрическое соединение выводов и монтаж кристалла, отвод тепла от кристалла. Для выполнения этих функций металлические части корпусов интегральных схем (ИС), больших интегральных схем (БИС) и микросборок в настоящее время гальванически защищаются функциональными покрытиями. Материал покрытий должны иметь низкое электрическое сопротивление, хорошее сцепление с основным металлом корпуса, обладать хорошей паяемостью и свариваемостью [1].

Важным свойством гальванического покрытия корпусов ИС является хорошая свариваемость при подсоединении проволочных выводов. В настоящее время до 60% приборов имеют проволочные выводы из золота или алюминия, для подсоединения которых используют термокомпрессионную или ультразвуковую (УЗ) сварку. Ее прочность должна обеспечивать для проволоки диаметром 39 мкм усилие отрыва 20–24 г, диаметром 27 мкм – 10–12 г. Такие сочетания контактов, как золотая проволока – алюминиевая пленка или алюминиевая проволока – золотая пленка, не обеспечивают достаточную надежность при повышенных рабочих температурах ИС в результате встречной диффузии алюминия и золота. Образующиеся в результате диффузии фазы имеют низкую прочность и высокое электрическое сопротивление.

Использование никелированных корпусов позволяет отказаться от золотого покрытия и выполнить УЗ сварку алюминиевой проволоки и контактной площадки с никелевым покрытием толщиной 1–2 мкм при тех же режимах, что и в случае алюминиевых контактных площадок. При гальваническом покрытии контактных площадок никелем или его химическом нанесении необходимо обеспечить высокую пластичность металла, малую высоту микронеровностей – не более 2,5 мкм (10-й класс чистоты поверхности) и отсутствие пор [2].

Для повышения качества и надёжности микросварных соединений в процессе УЗ микросварки корпусов ИС, не содержащих драгоценных металлов, пропускали электрический ток через оба соединяемых элемента в направлении, обеспечивающем электроперенос диф-

фузионно-подвижного металла в соединении [3]. Реализация процесса осуществлена по схеме на рисунке 1. Схема устройства содержит систему крепления 3, пьезоэлектрический преобразователь 4, волновод 5, сварочный капилляр 6, генератор УЗ колебаний 7, блоки питания 8, управления 9 и токовой активации 10.

При микросварке алюминиевой проволоки 2 к контактной площадке 1 корпуса ИС один из полюсов блока токовой активации подавался на акустический трансформатор УЗ технологической системы, а другой подключался к выводной рамке. При токовой активации процесса УЗ микросварки прочность контактных соединений увеличивается до 12–15 сН при производительности 14000–15000 соедин/час. Длительность импульса тока составляла 30–100 мс. Поскольку в соединении Al-Ni алюминий обладает большим коэффициентом диффузии, чем никель, то пропускание импульса электрического тока через соединение стимулирует процесс диффузионного взаимодействия в процессе микросварки.

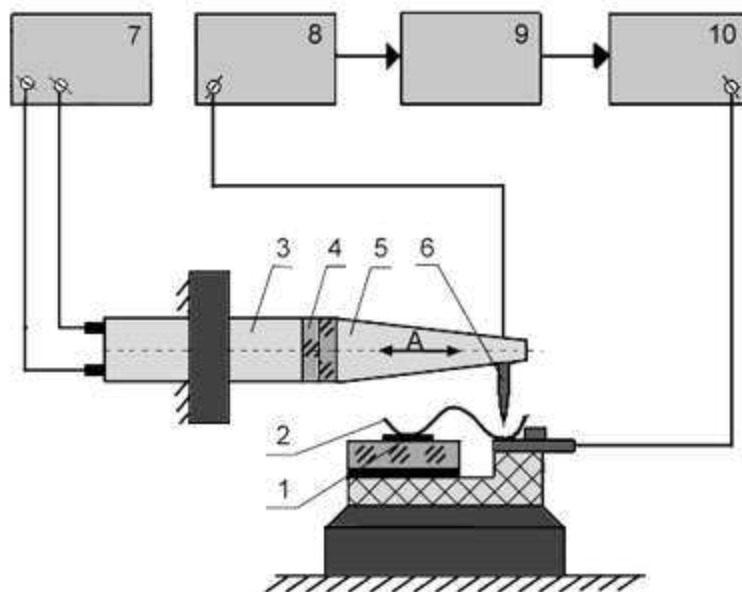


Рисунок 1 – Схема УЗ микросварки с токовой активацией

Качество микросварных соединений оценивали по внешнему виду и испытанием на прочность полученных перемычек тянущим усилием с помощью крючка, как показано на рисунке 2. При этом усилия

$$F = F_1 + F_2 \quad \text{при} \quad \beta_1 = \beta_2 = 30^\circ (1)$$

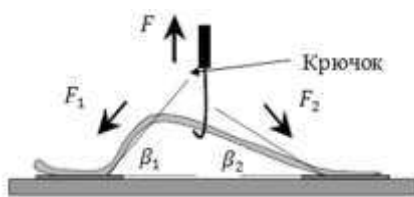


Рисунок 2 – Испытание на прочность перемычек тянущим усилием

Результаты измерения прочности микросварных соединений без активации и с токовой активацией с длительностью импульса 100 мс для никелевого покрытия представлены на рисунках 3 и 4.

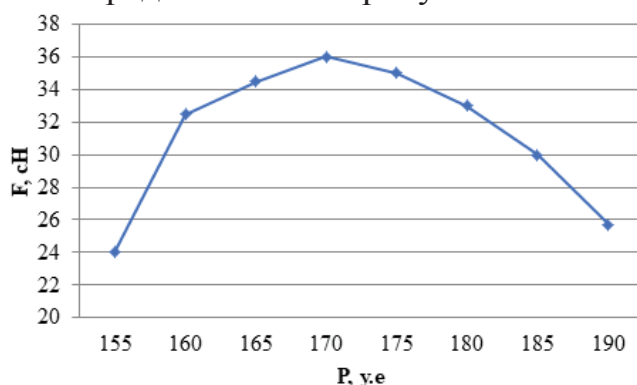


Рисунок 3 – Зависимость усилия отрыва от мощности для никеля

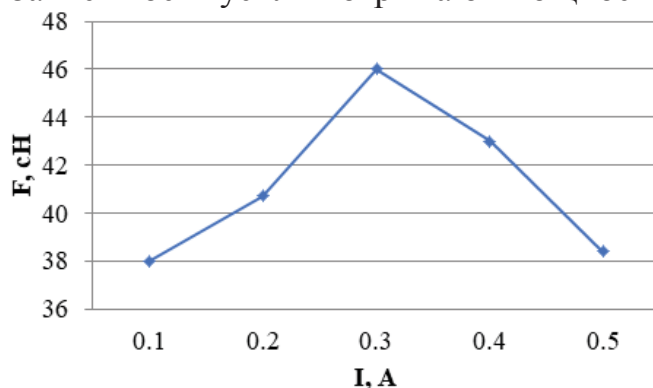


Рисунок 4 – Зависимость усилия отрыва от силы тока при  $P = 170$  у.е для никеля

Из рисунков 3 и 4 видно, что при токовой активации прочность микросварных соединений в процессе УЗ микросварки увеличивается и достигает 46 сН.

В пакете Ansys 19.2 проведено моделирование распределения механических напряжений на поверхности УЗ системы (рисунок 5) и получены зависимости амплитуды колебания в инструменте от частоты УЗ (рисунок 6).

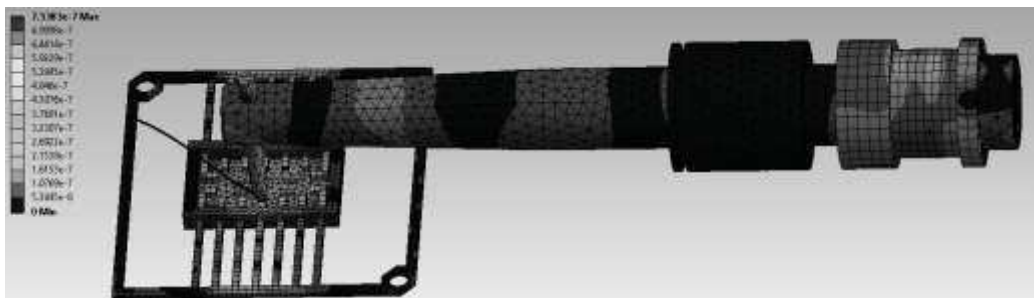


Рисунок 5 – Распределение механических напряжений на поверхности УЗ системы на частоте 93 кГц

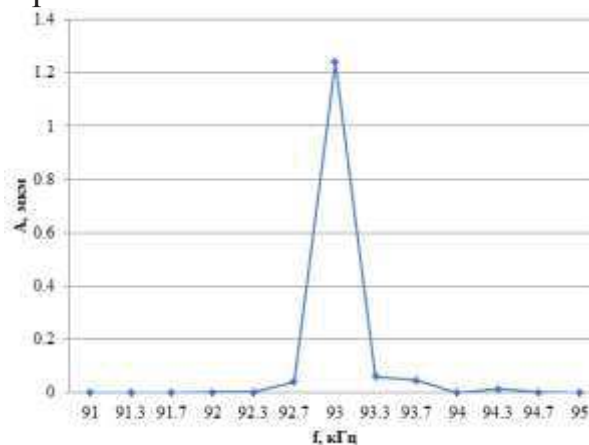


Рисунок 6 – Зависимость амплитуды колебаний в инструменте от частоты

Из рисунка 5 видно, что механические напряжения, возникающие в процессе УЗ микросварке сосредоточены на поверхности контактных площадок микросхем. Из рисунка 6 следует, что максимальная амплитуда колебания в инструменте достигается 1,24 мкм на частоте 93 кГц. Таким образом, токовая активация УЗ микросварки позволяет получить высокую прочность микросварных соединений по никелевым покрытиям корпусов интегральных схем.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хмыль, А.А. Гальванические покрытия в изделиях электроники / А.А. Хмыль, В.Л. Ланин, В.А. Емельянов. – Минск: Интегралполиграф, 2017. – 480 с.
2. Шмаков, М. Микросварка при производстве микросборок и гибридных интегральных схем / М. Шмаков // Технологии в электронной промышленности, 2007. – № 1. – С. 60–66.
3. Ланин, В. Активация процессов ультразвуковой микросварки изделий электроники / В. Ланин // Технологии в электронной промышленности, 2009. – № 1. – С. 63–66.