

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТРАНЗИСТОРОВ В МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИХ МИКРОКОРПУСАХ

А.С. ТУРЦЕВИЧ¹, С.С. ВОЛКЕНШТЕЙН², А.Ф. КЕРЕНЦЕВ¹, А.А. ХМЫЛЬ³

¹ОАО «ИНТЕГРАЛ»-управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»,
ул. Казинца И.П., 121А, г. Минск, 220108, Республика Беларусь,
akerentsev@integral.by

²УП «КБТЭМ-СО», пр-т Партизанский, 2, г. Минск, 220033, Республика Беларусь,
wolkenstein@kbttem.by

³Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
ул. П. Бровки, 6, г. Минск, 220013, Республика Беларусь
alesvsh@bsuir.by

Миниатюризация компонентов электронной техники и микроэлектроники приводит к необходимости ужесточения мониторинга технологического процесса герметизации сваркой. При этом незаменимым средством неразрушающего контроля неразъёмных соединений, формирующих герметизирующие швы корпусов с визуализацией их внутренней структуры, является лазерная фотоакустическая микроскопия.

Ключевые слова: транзистор, металлокерамический корпус, герметичность, неразрушающий контроль, лазерная фотоакустическая микроскопия.

Транзисторы средней мощности (5 Вт) в металлокерамическом корпусе для поверхностного монтажа широко используются в различных блоках радиоэлектронной аппаратуры (усилителях, электронных коммутационных устройствах, преобразовательной аппаратуре, а также в термостатированных и термостабилизированных кварцевых генераторах). В процессе эксплуатации в экстремальных условиях возможно снижение надежности в результате потери герметичности из-за привнесенных дефектов в процессе сварки крышки с основанием корпуса. Поэтому повышение надежности транзистора в металлокерамическом корпусе путем улучшения качества герметизации является актуальной задачей.

В данной работе представлены результаты по повышению качества герметизации микрокорпусов типа КТ-99-1, размером 4,6x4,2x1,7 мм³ (рис. 1, а, б). Присоединение крышек к основанию корпуса выполнялось на полуавтомате 03КС-700-2 методом односторонней шовно-роликовой сваркой в импульсном режиме с дискретно-регулируемой длительностью паузы между пачками сварочных импульсов. В результате конвейерного перемещения герметизируемых корпусов и прохождения электрического тока через две пары роликовых электродов (рис. 1, с) происходит мгновенный нагрев до 1450°С (температура плавления кобальта) в локальной области крышки и ободка корпуса с образованием сварного шва в виде перекрывающихся сварных зон по наружному периметру крышки [1]. При этом варьированием амплитуды тока сварки и длительностью сварочных импульсов определены условия формирования микротрещин, приводящих к потере герметичности корпуса. Визуализация дефектов с помощью цветного пенетранта, проникающего под действием капиллярных сил, выявила присутствие микротрещин (микротрещин) в металлокерамических спаях (рис. 2, а, б).

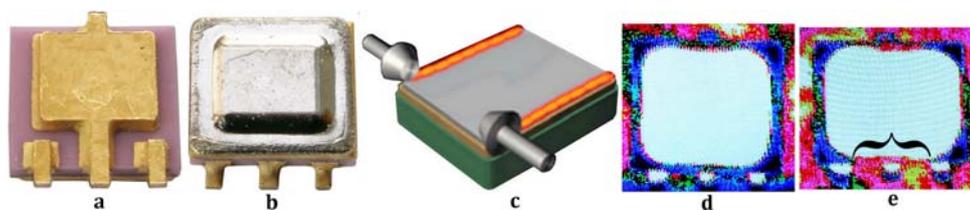


Рис. 1. Внешний вид корпуса (а – снизу, b – сверху), схема шовно-роликовой сварки (с), лазерные фотоакустические топограммы герметичного (d) и негерметичного (e) корпусов. Негерметичный участок шва показан фигурной скобкой

Установлено, что увеличение длительности сварочного импульса (t) способствует росту мощности сварки и повышению тепловой энергии (Q), выделяемой в сварочном шве, согласно закону Джоуля-Ленца $Q = I_{св}^2 R_{св} t$. Это создает дополнительный перегрев основания из алюмооксидной керамики, обладающей пониженной теплопроводностью (13 Вт/м·К). В условиях ограниченных размеров герметизируемого изделия (максимальная толщина корпуса не превышает 1,7 мм), возникающий термический удар приводит к росту механических напряжений в металлокерамических спаях и образованию микротрещин (микротрещин).

Ограничение мощности сварочных импульсов осуществлялось уменьшением длительности до 4 мс фазоимпульсным методом путем выставления углов включения и выключения тиристоров, а также выбором допустимого тока сварки. Установлено образование микротрещин при токах сварки более 80 А и ухудшение качества сварки при токах менее 50 А из-за локальных непроваров сварного шва с уменьшением его ширины с 85 до 20 мкм (рис. 1, e) [2]. Это приводило не только к ухудшению герметичности и снижению выхода годных, но и формированию потенциально ненадежных узлов, способствующих медленному натеканию и росту относительной влажности внутри корпуса (рис. 2, b).

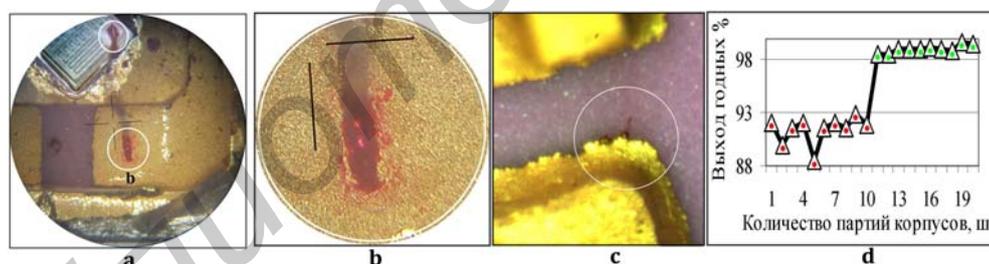


Рис. 2. Выявление родамина в металлокерамическом соединении (а), (b – увеличено), (с) и динамика выхода годных по герметичности (d) для разного тока сварки (80 А для партий № 1-10 и 65А для партий № 11-20)

Таким образом, выбор оптимальных режимов шовно-роликовой сварки и диагностики лазерной фотоакустической микроскопией приводит к росту выхода годных по герметичности и повышению надежности транзисторов в металлокерамических микрокорпусах за счет исключения скрытых дефектов в процессе сварки.

Список литературы

1. Солодуха В.А., Турцевич А.С., Керенцев А.Ф. Металлокерамические корпуса мощных п/п приборов. Министерство Образования РБ.-Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. 16 С.
2. Волкеништейн С.С., Хмыль А.А. // Сб. тезисов докладов III МНПК «Прецизионное оборудование и технологии производства изделий микро- и радиоэлектроники». Минск 2012. С. 88-90.