

заготовки : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.07 / Д. А. Ямная ; Белорус. нац. техн. ун-т. – Минск, 2016. – 23 с.

2. Установка для обработки кристалла алмаза : пат. ВУ 20660 / М. Г. Киселев, А. В. Дроздов, Д. А. Ямная. – Опубл. 12.2016.

3. Епифанов, В. И. Технология обработки алмазов в бриллианты : учебник / В. И. Епифанов, А. Я. Песина, Л. В. Зыков ; под ред. В. И. Епифанова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1982. – 351 с.

УДК 621.385.6

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ ПРИ ЦИКЛИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕМПЕРАТУРЫ

Волкенштейн С.С.¹, Солодуха В.А.², Соловьев Я.А.², Керенцев А.Ф.², Хмыль А.А.³

¹ОАО «Планар-СО»

²ОАО «ИНТЕГРАЛ»

³УО «БГУИР»

Минск, Республика Беларусь

Мощные ДМОП транзисторы в металлокерамическом корпусе типа КТ-97В, С работают в основном в режиме электронного ключа при максимальной токовой нагрузке порядка 30÷40 А. В процессе эксплуатации периодически происходит нагрев активной структуры транзистора, который будет тем выше, чем больше переходное тепловое сопротивление «р-п переход - корпус». Поэтому повышение устойчивости мощного транзистора к циклическому тепловому воздействию является актуальной задачей.

Конструкция корпуса КТ-97В содержит термокомпенсатор, который выполняет важнейшую функцию согласования коэффициентов термического линейного расширения (КТЛР) кремниевого кристалла и медного основания для снижения термических напряжений в кристалле мощного транзистора. В качестве термокомпенсатора используют молибденовые псевдосплавы, например, МД-40. Недостатком таких термокомпенсаторов является недостаточная теплопроводность, что способствует росту переходного теплового сопротивления. Теплопроводность можно повысить за счет увеличения содержания меди с 40% до 50% (МД-50). Однако это создает условия для роста КТЛР и может способствовать возникновению термических напряжений в кристаллах, монтаж которых выполняется на эвтектику Au-Si. В данной работе представлены результаты сборки и испытаний мощного транзистора в металлокерамическом корпусе КТ-97В с разным финишным покрытием (хим. НЗ и хим. НЗЛ4) с использованием термокомпенсаторов двух типов МД-40, МД-50.

Монтаж кристаллов ДМОП транзисторов КП7209 в корпус с золотым покрытием выполнялся на эвтектику Au-Si на автомате ЭМ-4085, а в корпус с никелевым покрытием – в конвейерной печи на припой ПОС-10 по касетной технологии сборки. После сборки по полному маршруту годные транзисторы подвергались длительным воздействиям термоударов при минус 196 °С (5 мин) и плюс 200 °С (10 мин) с

последующей оценкой уровня теплового сопротивления.

В процессе исследований было установлено, что использование термокомпенсатора МД-50 для приборов в корпусе с никелевым покрытием способствует получению теплового сопротивления в пределах 0,55±0,72 °С/Вт, а для МД-40 уровень существенно выше и составляет 0,85±0,96 °С/Вт. После термоударов отмечается рост теплового сопротивления с 0,55 до 0,65 °С/Вт для МД-50 с пайкой кристаллов на припой при температуре 390 °С (рисунок 1, а).

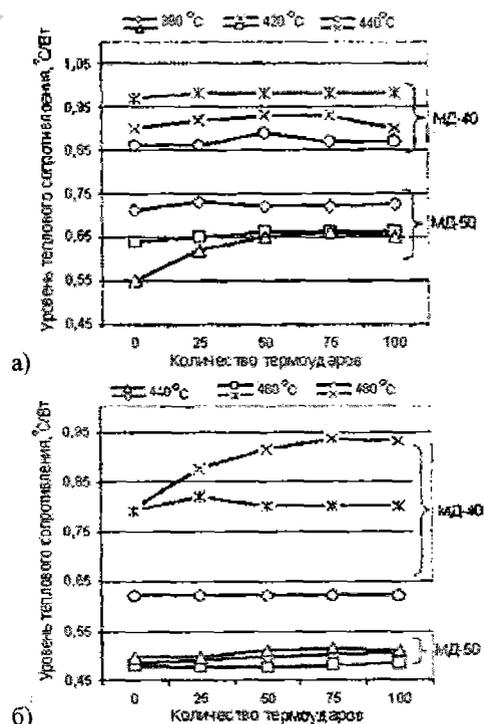


Рисунок 1 – Влияние термоударов на изменение теплового сопротивления транзистора с разным способом монтажа кристаллов: а – монтаж на припой; б – монтаж на эвтектику Au-Si

При воздействии длительных термоударов изменение уровня теплового сопротивления незначительные для эвтектической пайки с использованием MD-50. Для MD-40 в условиях пайки при максимальной температуре 480 °С отмечается рост теплового сопротивления от 0,77 до 0,93 °С/Вт, а при температуре пайки 440 °С изменения минимальны (рисунок 1, б).

Дополнительные исследования показали, что с ростом температуры пайки кристаллов отмечается увеличение дефектов в виде пустот и непропаев в соединительном слое под кристаллом (рисунок 2).

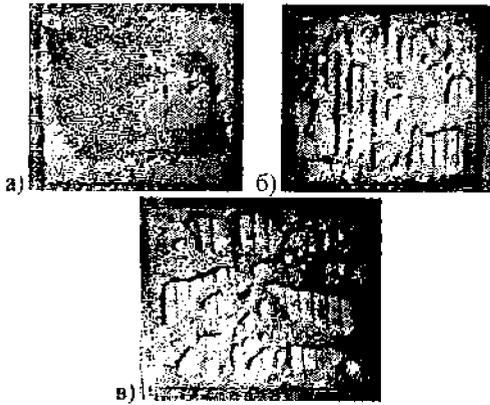


Рисунок 2 – Структура припоя под кристаллом после пайки при температуре 400°С (а), 420 °С (б), 440 °С (в)

Оценка качества восьми монтажных конструкций «подложка – припой – п/п кристалл» проводилась методом лазерной интерферометрии по критерию значения остаточных механических напряжений (ОМН) в структуре п/п кристаллов и характера искривления их планарной поверхности (рисунок 3), а также методом лазерной фотоакустической микроскопии (рисунок 4) с последующим удалением кремния травлением в щелочи (рисунок 5).

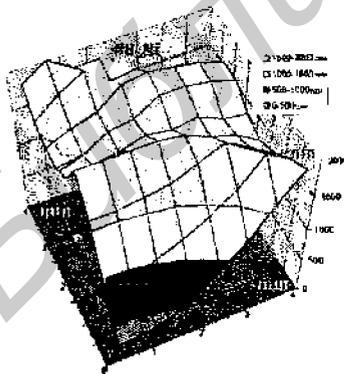


Рисунок 3 – Типовая 3D модель искривления поверхности кристалла (кассетная технология сборки)

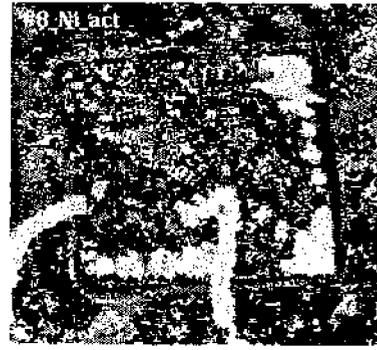


Рисунок 4 – Типовая лазерная фотоакустическая топограмма монтажной конструкции (кассетная технология сборки)



Рисунок 5 – Дефекты в припое под кристаллом после травления кремния

В процессе длительных термоциклических воздействий выявлено максимальное изменение переходного теплового сопротивления для приборов с напайкой кристаллов на легкоплавкой припой в результате усталостного разрушения и повышенной плотности непропаев под кристаллом.

Таким образом, для повышения устойчивости мощного транзистора в металлокерамическом корпусе к циклическому воздействию температуры в экстремальных условиях при -196...+200 °С целесообразно использовать термокомпенсатор МД-50 вместо МД-40, а монтаж кристаллов выполнять методом эвтектической пайки на автоматизированном оборудовании при оптимальных технологических режимах.

Литература

1. Волкенштейн С.С., Хмыль А.А. Неразрушающие методы контроля качества монтажа полупроводниковых кристаллов в корпуса ИМС / Технологии в электронной промышленности. – 2011. – №2. – С. 18-22.
2. Волкенштейн С.С., Дайняк И.В., Хмыль А.А. Сравнительная оценка альтернативных методов контроля качества и диагностики монтажных конструкций «п/п кристалл - подложка» // Доклады БГУИР. – 2016. – № 2. – С. 51-55.