

позволило выявить высокую вероятность отказа ($P > 0,5$) в группе образцов с высокими значениями ΔU и ΔU_j .

Другим эффективным методом прогнозирования надежности является измерение низкочастотного шума, который обычно связывается с дефектами структуры, состоянием поверхности и контактов. Измерялось среднеквадратическое значение флуктуаций обратного тока в диапазоне напряжений 200...900 В. Коэффициент корреляции флуктуаций и ΔU оказался равным 0,85.

Причины понижения напряжения пробоя до значения 300...400 В, а также возникновения "мягкой" обратной ВАХ изучались с целью диагностики брака. Для диагностики использовались четырехзондовый метод измерения удельного сопротивления, измерения вольт-фарадных характеристик, послойное и селективное травление, измерение тока, индуцированного световым зондом.

С помощью четырехзондового метода при послойном травлении установлено, что причиной понижения напряжения пробоя является аномальная диффузия бора по дислокациям (рис. 2). Установлено прямыми наблюдениями, что причиной "мягкой" ВАХ являются локальные дефекты механической обработки.

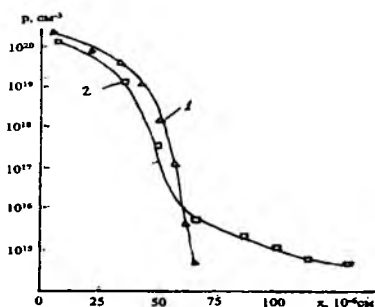


Рисунок 2 – Распределение концентрации дырок в р-области для контрольного (1) и бракованного (2) выпрямительных элементов

УДК 681

НАДЕЖНОСТЬ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ В ПЛАСТМАССОВОМ КОРПУСЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

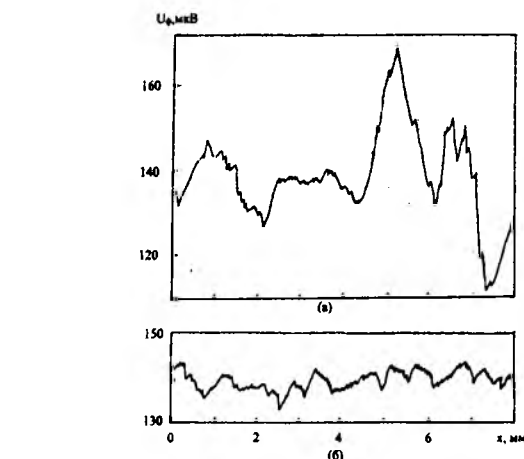
Турцевич А.С.¹, Волкенштейн С.С.², Керенцев А.Ф.¹, Хмыль А.А.³

¹ ОАО «ИНТЕГРАЛ», Минск, Республика Беларусь

² УП «КБТЭМ-СО», Минск, Республика Беларусь

³ УО «БГУИР», Минск, Республика Беларусь

В современной автомобильной электронике широко применяются мощные транзисторы в пластмассовых корпусах для поверхностного



а - кремниевая пластина с неоднородным распределением электрофизических параметров; б - контрольная пластина/
Рисунок 3 – Распределение фото-ЭДС на межфазовой границе полупроводник-электролит

В работе показана возможность применения метода измерения фото-ЭДС на межфазовой границе полупроводник-электролит для неразрушающего входного и операционного контроля полупроводниковых пластин и структур, используемых в производстве силовых диодов. Их особенностью является наличие поверхностного нарушенного слоя. Метод измерения фото-ЭДС, однако, дает хорошие результаты на пластинах с удаленным нарушенным слоем. Применение аммиачно-перекисной отмычки кремниевых пластин, поступающих в производство, а также выпрямительных элементов позволило выявить на излучении He-Ne лазера с длиной волны $\lambda = 0,63$ мкм образцы с макрофлуктуациями сигнала до $\pm 30\%$ на длине 1 мм (рис. 3). Исследование влияния длины волны излучения показали, что при $\lambda = 0,8$ мкм, что соответствует ширине запрещенной зоны кремния, величина фото-ЭДС возрастает в 7...8 раз. Такие измерения с высоким соотношением сигнал-шум можно также проводить с использованием интерференционного фильтра или источника "белого" света.

монтажа, которые обеспечивают более высокую плотность монтажа не только за счет уменьшения площади, занимаемой компонентами, но и

благодаря устранению монтажных отверстий, снижают массогабаритные показатели, способствуют полной автоматизации технологического процесса с высокой надежностью. Также отмечается уменьшение расхода материала, улучшение электрических характеристик схем за счёт сокращения длины проводников и возможность применения двухстороннего монтажа компонентов. В тоже время при использовании технологии поверхностного монтажа мощных транзисторов остро стоит проблема отвода тепла, вследствие малого расстояния между корпусами компонентов. Нагрев кристалла электрическим током снижает надежность, а слишком высокая температура приводит к его повреждению или полному разрушению. Поэтому при проектировании электронных блоков особое внимание уделяют температурному режиму. Особенно это актуально для блоков, размещаемых в моторном отсеке автомобиля, где температура может превышать 100°C. Для повышения эффективности отвода тепла корпус D-Pak содержит кристаллодержатель и внешние выводы из меди или медного сплава, обладающих высокой теплопроводностью не менее 360 Вт /м·К. Эффективность отвода тепла от активной структуры можно повысить за счет использования полимерного корпуса с повышенной теплопроводностью, но это приведет к существенному росту стоимости изделия и снижению конкурентоспособности на рынке изделий микроэлектроники, что неприемлемо в условиях массового производства [1].

В данной работе исследованы факторы, определяющие надежность мощного транзистора в корпусе для поверхностного монтажа при эксплуатации. Формирование полимерного корпуса выполнялось методом трансферного прессования при температуре 170÷175°C с использованием пресс-материала типа LMC-300T, обладающего пониженным содержанием ионных примесей (Cl-, K-, Na-) и стандартным уровнем теплопроводности (1,48 Вт/м·К).

Для обеспечения надежной работы транзистора в безопасном тепловом режиме, следует учитывать следующие тепловые характеристики радиоэлектронных устройств (РЭУ):

– рассеиваемую тепловую мощность, т.к. температура кристалла повышается при увеличении рассеиваемой мощности. Поэтому необходимо минимизировать это рассеивание.

– тепловое сопротивление «переход-корпус» $R_{\text{тпк}}$ должно быть как можно меньше.

В качестве примера рассмотрим плату РЭУ с нарушением теплового режима эксплуатации, которая была забракована из-за перегрева выходного транзистора КТ817Г9 (рис. 1).

Был проведен анализ качества сборки платы РЭУ с использованием лазерной фотоаку-

стической диагностики. Анализ лазерной фотоакустической топограммы напаянного транзистора (рис.2,б) показывает, что в областях 3 и 4 (показаны стрелками) отмечается хорошее сцепление припоя с монтажными поверхностями внешних выводов и контактных площадок. Это зоны чёрного и синего цвета, согласно градиционной шкале [2].

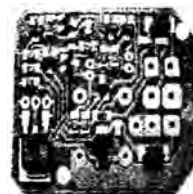


Рисунок 1 – Общий вид платы (а) и транзистор в корпусе D-Pak смонтированный на припой (указано стрелкой)



Рисунок 2 – Оптическое изображение транзистора КТ817Г на плате (а), лазерная фотоакустическая топограмма (б) и вид транзистора на плате сбоку (в)

На топограмме (рис.2,б) также видна хорошая адгезия пресс-материала к поверхности выводной рамки, а также качественная защита активной зоны (область 2, рис.2, а) п/п прибора, что видно по чёрно-синей окраске периметра пластмассового корпуса. В тоже время для монтажного соединения теплоотвода транзистора с контактной площадкой на плате (область 1) площадь зон хорошего сцепления составляет менее 10% от общей площади, что недопустимо, т.к. вызывает нарушение условий рассеивания тепловой мощности. Было установлено, что данный перегрев выходного транзистора обусловлен нарушением условий поверхностного монтажа. Между теплоотводом корпуса транзистора и металлизированной площадкой на плате выявлено нарушение плоскостности и образование зазора около 0,57 мм (рис.2,в)

Полученные результаты показывают, что одним из важных факторов, определяющих безопасный тепловой режим, является качество поверхностного монтажа мощного транзистора на плату на припой.

Также следует иметь ввиду, что применение транзисторов в корпусах с низким тепловым сопротивлением повышает эффективность отвода тепла от кристалла. Однако в некоторых случаях отмечается существенный разброс уровня теплового сопротивления, что связано с

особенностями технологии сборки мощного транзистора в корпус [1]. Проведены исследования и выявлены факторы, влияющие на образование дефектов в паяном соединении под кристаллом транзистора и вызывающие повышенный разброс уровня теплового сопротивления.

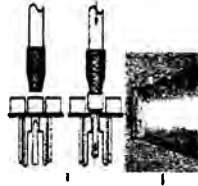


Рисунок 3 – Устройство с иглой подкола для снятия кристалла с адгезионного носителя (а) и игла подкола с затупленным острием (б)

До проведения процесса монтажа кристаллов на припой осуществлена оценка качества снятия кристалла с адгезионного носителя с использованием иглы подкола (рис.3). При этом было установлено, что если игла подкола частично затуплена, то это способствует переносу клеевого слоя с адгезионного носителя на обратную сторону кристаллов (рис.4 а, б).

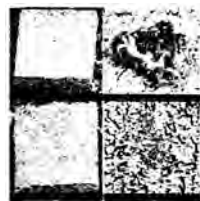


Рисунок 4 – Качество снятия кристалла с адгезионного носителя: а) общий вид кристалла с частицей клея; б) частица клея на обратной стороне кристалла; в) общий вид кристалла без частицы клея; г) след от иглы подкола на обратной стороне кристалла

УДК 681

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ В ДАЛЬНОМЕРНОМ КАНАЛЕ ПРИБОРА НАБЛЮДЕНИЯ

Фуфаев А.В., Фёдорцев Р.В.

Белорусский национальный технический университет,
Минск, Республика Беларусь

Прибор наблюдения представляет собой малогабаритный переносной оптико-электронный прибор с тремя основными встроенными каналами: телевизионный низкоуровневый канал на фотоприёмной матрице; тепловизионный канал спектрального диапазона 8 – 12 мкм на неохлаждаемой микроболометрической матрице и дальномерный канал на базе полупроводникового лазера с рабочей длиной волны 905 ± 20 нм.

Основные компоненты и узлы прибора наблюдения представлены на рисунке 1.

Это приводит к образованию пустот в паяном соединении под кристаллом и способствует увеличению разброса уровня теплового сопротивления «переход-корпус» с $1,7^\circ\text{C}/\text{Вт}$ до $6,0^\circ\text{C}/\text{Вт}$ при допустимом уровне $8,3^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Это особенно заметно, когда непропай под кристаллом находится в области расположения эмиттера (рис.5).

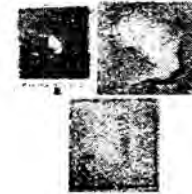


Рисунок 5 – Дефект в паяном соединении под кристаллом: а) рентгеновская топограмма дефекта; б) оптическое изображение дефекта после травления кремния; в) без дефекта

Таким образом, в процессе исследования выявлены основные факторы, определяющие безопасный тепловой режим эксплуатации мощного транзистора в корпусе для поверхностного монтажа.

1. Ануфриев, Л.П. Повышение устойчивости транзисторов в корпусе D-Pak к поверхностному монтажу. / Л.П. Ануфриев, А.Ф. Керенцев, В.Л. Ланин // Электроника и электротехника Каунас: Технология. - 2003. - № 7. - (49).
2. Волкенштейн, С.С. Неразрушающие методы контроля качества монтажа полупроводниковых кристаллов в корпуса ИМС/ С.С. Волкенштейн, А.А. Хмыль // Технологии в электронной промышленности - №2/ - 2011. - С. 18-22.