

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.

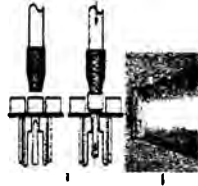


Рисунок 3 – Устройство с иглой подкола для снятия кристалла с адгезионного носителя (а) и игла подкола с затупленным острием (б)

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).

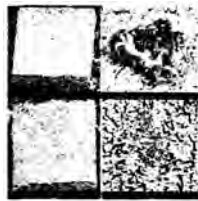


Рисунок 4 – Качество снятия кристалла с адгезионного носителя: а) общий вид кристалла с частицей клея; б) частица клея на обратной стороне кристалла; в) общий вид кристалла без частицы клея; г) след от иглы подкола на обратной стороне кристалла

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).

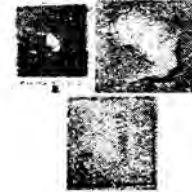


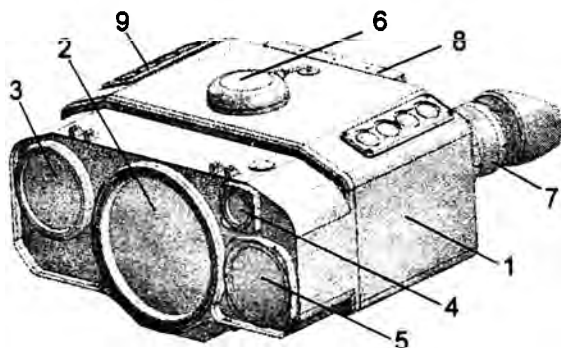
Рисунок 5 – Дефект в паяном соединении под кристаллом: а) рентгеновская топограмма дефекта; б) оптическое изображение дефекта после травления кремния; в) без дефекта

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.

$\geq 0,25$, в условиях МДВ ≥ 10 км 50 ± 2000 м;

- абсолютная погрешность измерения ± 2 м;
- расходимость лазерного излучения дальномера $2,0 \pm 0,5$ мрад;



1 – корпус; 2 – объектив тепловизионного канала; 3 – объектив телевизионного канала; 4 и 5 – объективы соответственно передающего и приемного дальномерного канала; 6 – внешняя активная антенна ГЛОНАСС/GPS; 7 – окуляр с малоомощным AMOLED микро-дисплеем для отображения видеoinформации; 8 – батарейный отсек; 9 – встроенный блок управления.

Рисунок 1 – Прибор наблюдения

Принимая во внимание требования ТЗ по габаритным размерам, массе, температурному диапазону работы, устойчивости к ударным нагрузкам и электропитанию изделия, можно сделать вывод, что единственно приемлемым источником лазерного излучения, удовлетворяющим этим условиям в комплексе, может быть полупроводниковый лазерный диод. При этом энергия импульса излучения такого диода должна составлять не менее 1 мДж.

Анализ представленных на рынке различных конструктивных решений показал, что наиболее оптимальным с точки зрения выбора является излучатель со следующими техническими характеристиками:

- длина волны излучения – 905 нм;
- номинальная мощность излучения в импульсе – 75 Вт;
- номинальная длительность импульса – 100 нс;
- угловое поле излучения – $10^\circ \times 25^\circ$;

Для повышения КПД использования энергии лазерного диода в качестве объектива излучателя применена оптическая схема объектива с цилиндрическим телескопом. Такая схема объектива излучателя позволяет повысить КПД использования энергии лазерного диода до 70 – 80%, а также сформировать пучок излучения с постоянной расходимостью по направлениям.

Таким образом, дальномерный канал имеет следующие параметры:

- длина волны излучения лазерного дальномера 905 ± 10 нм;
- расходимость лазерного излучения на выходе передающего канала не более 1,7 мрад;
- диапазон измерения расстояний 20 ± 2000 м;
- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения не более ± 1 м;

Измерение расстояний осуществляются путем посылы к объекту серии импульсов лазерного излучения с последующим измерением времени распространения оптического сигнала до объекта и обратно. Определение расстояний осуществляется расчетным методом с помощью встроенного процессора. Наведение дальномера на объект осуществляется по прицельной марке (перекрестию) визирного канала.

Основное отличие дальномеров с п/п лазером от дальномеров с твердотельным лазером – работа в режиме статического накопления [1]. Он подразумевает многократное повторение лазерного зондирования цели, регистрацию смеси принятого сигнала и шума приёмного тракта и суммирование (накопление) сохранённых результатов, после чего принимается решение о наличии цели и расстоянии до неё. Аппаратная реализация этой процедуры производится средствами цифровой техники, которые обеспечивают аналого-цифровое преобразование принимаемого сигнала с дискретизацией его по времени и амплитуде, статистическую обработку полученных числовых массивов и принятие решения по результатам обработки.

Частота дискретизации по времени F_t (период дискретизации $\delta_t = 1/F_t$) определяется заданной дискретностью измерения дальности δR : $F_t = 1/\delta t = c/2\delta R$, где c – скорость света. Так, если задан период дискретизации по дальности $\delta R = 1$ м, то тактовая частота $F_t = 150$ МГц. Интервалы дискретизации (дискреты) пронумерованы соответственно своему положению на шкале измеряемых времен (или дальностей). Таким образом, номер дискрета (адрес) соответствует определенной дальности. Сам дискрет реализуется выделением ячейки памяти с данным адресом, в которой и производится накопление сигналов, соответствующих этой дальности по своей временной задержке. Следовательно, дискрет дальности, представленный соответствующей ячейкой памяти, является каналом накопления локационной информации, так называемым "каналом дальности".

Очевидно, что количество каналов дальности $K_R = (R_{\max} - R_{\min})/\delta R$, где R_{\max} и R_{\min} – максимальная и минимальная измеряемая дальность. Например, если $R_{\max} - R_{\min} = 5000$ м, а $\delta R = 1$ м,

то количество каналов дальности и соответствующее количество сумматоров накопителя $K_R = 5000$. Рассмотрим метод обработки накопленных данных, позволяющий уменьшить тактовую частоту (и, соответственно, K_R) на порядок при сохранении требований по точности. Это позволяет не только упростить аппаратуру, но и повысить энергетический потенциал прибора, а следовательно, и дальность действия.

В каждом дискрете времени (канале дальности) производится двухэтапная пороговая обработка. На первом этапе аналоговый сигнал квантуется по амплитуде с помощью одно- или многопорогового преобразователя, а результаты квантования регистрируются в цифровой форме. Однопороговое квантование называется бинарным [1]. На втором этапе производится суммирование накопленных чисел в каждом дискрете, сравнение результата накопления с известным пороговым числом и принимается решение о присутствии сигнала в данном канале дальности.

Вследствие случайной природы шумового процесса среднее квадратическое отклонение σ_N накопленных шумовых выбросов в каждом канале дальности растет в процессе накопления по квадратичному закону $\sigma_N^2 = N\sigma_1^2$, где σ_1 – среднее квадратическое значение шума в каждом единичном зондировании. В то же время сигнальная составляющая S_N накопленного результата растет линейно, пропорционально объему накопления N . Таким образом, метод накопления позволяет улучшить отношение сигнал/шум в $(S_N/\sigma_N)/(S_1/\sigma_1) = \sqrt{N}$ раз, где S_1 – средняя амплитуда принятого сигнала в каждом зондировании.

Случайный процесс, который наблюдается на выходе приемного тракта, представляет собой сумму сигнала и шума (рисунок 2).

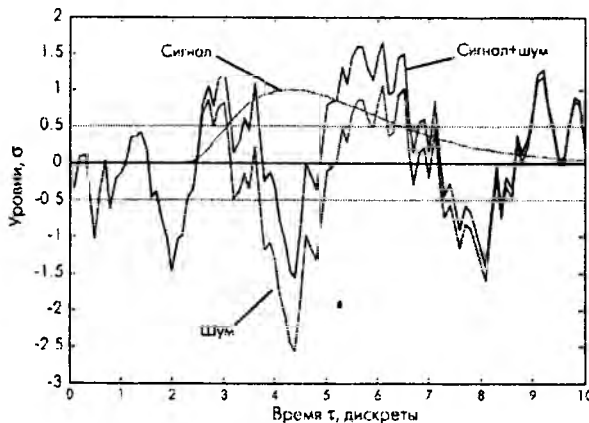


Рисунок 2 – Реализация случайного процесса сигнал+шум на входе двухуровневого порогового устройства. Пороговые уровни +0,5 и -0,5 показаны пунктиром. Отношение сигнал/шум $S/N = 1$

Как показано в [2], режим накопления оптимально реализуется при преобразовании смеси

S^* (сигнал+шум) двухпороговой структурой с симметричным положением порогов относительно нуля (см. рисунок 2). В этом случае процедура накопления заключается в добавлении 1 в дискрет (тайм-слот), если в этом дискрете $S^* > u_+$, или вычитании 1, если $S^* < u_-$, где u_+ и u_- – положительный и отрицательный пороги срабатывания порогового устройства соответственно (на рисунке 2 уровень этих порогов составляет, соответственно, $+0,5\sigma_1$ и $-0,5\sigma_1$). Пороги u_+ и u_- расположены так, чтобы частота их превышения выбросами шума была одинаковой. Это достигается, например, с помощью автоматической регулировки одного или обоих порогов [3]. При таком построении накопителя быстродействующая цифровая аппаратура задействуется минимально, а энергетическая эффективность накопления приближается к теоретическому пределу – \sqrt{N} .

Важно, что накопление дает не только энергетический выигрыш, но и повышает точность измерений. Поэтому можно и желательно устанавливать длительность зондирующего импульса в несколько (2 – 10) раз больше длительности периода дискретизации измерителя временных интервалов (ИВИ), поскольку при этом энергетический потенциал прибора возрастает, а точность остается в требуемых пределах.

Существует еще один ресурс повышения точности дальномеров с накоплением. Речь идет о дальномеров с синхронным стартом [2]. При синхронном старте лазерный зондирующий импульс излучается синхронно с тактовым импульсом преобразователя "время-цифра" (при асинхронном – в произвольный момент времени). Схема с синхронным стартом обеспечивает значительно более высокую точность (рисунок 3).

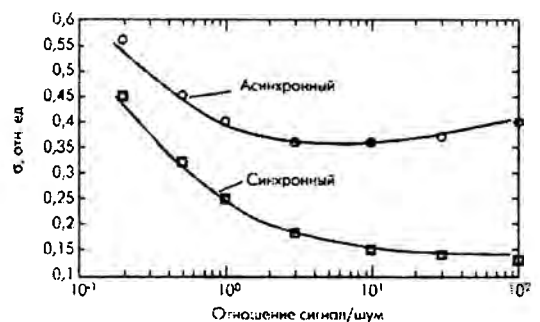


Рисунок 3 – Зависимость СКВО оценки дальности от отношения сигнал/шум. Двухуровневый накопитель: $U_{01} = 6$, $U_{02} = -6$, $N = 200$

При этом среднее квадратическая ошибка (СКВО) монотонно уменьшается с ростом отношения S/N . При асинхронном же старте погрешность возрастает как при уменьшении, так и при увеличении отношения S/N – в первом случае из-за возрастания влияния шума, а во втором – из-за

усиления роли ошибок округления. Это обстоятельство необходимо учитывать при проектировании приборов с повышенными требованиями по точности, тем более что синхронизация излучения п/п-лазеров с тактовой частотой ИВИ не представляет особых затруднений, больших материальных затрат или значительного усложнения конструкции прибора.

Таким образом, сейчас существуют новые технические решения, позволяющие значительно уменьшить ошибки определения дальности дальномеров с п/п лазером и тем самым повысить точность измерений без значимого усложнения аппаратной части.

УДК 006.065:658.62.018.012

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ НА БАЗЕ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Хорлоогийн А.С.

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь*

Развитие материально-технической базы и инновационного потенциала метрологического обеспечения контроля и испытаний в промышленности Республики Беларусь как основы качественной подготовки инженеров различного профиля (машиностроение, автомобилестроение, тракторостроение, приборостроение, робототехника, металлургия, обработка металлов и сплавов, дорожное и энергетическое строительство, энергетика, строительство и др.) требует применения современных методов в обучении и подготовке специалистов данного профиля.

В связи с этим в Белорусском национальном техническом университете реализуется совместный с компанией Hexagon Metrology (Швейцария) проект по созданию учебно-производственного центра. Основное наполнение проекта – организация совместной учебной лаборатории для подготовки, переподготовки и повышения квалификации инженеров, в том числе инженеров-метрологов промышленных предприятий, организация на базе БНТУ Центра компетентности, проведение демонстраций и семинаров.

Важным этапом данного проекта является создание лабораторного комплекса измерительного контроля линейно-угловых параметров макро- и микрогеометрии деталей и узлов технических систем для обучения в зависимости от специализации студентов по следующим направлениям:

- 1) Базовый курс производственного контроля качества продукции;
- 2) Развитие более точных и совершенных знаний о производственной метрологии;
- 3) Развитие детальных измерительных подходов, методов и анализов результатов.

1. Ширман, Я.Д. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех / Я.Д. Ширман, В.Н. Манжос – М.: Радио и связь, 1981.
2. Вильнер, В. Оценка возможностей светолокационного измерителя дальности с накоплением / В. Вильнер, А. Ларюшин, Е. Рудь – Фотоника, 2007, №6, С. 22 – 26.
3. Вильнер, В.Г. Проектирование пороговых устройств с шумовой стабилизацией порога / В.Г. Вильнер – Оптико-механическая промышленность, 1984, №5, С. 39 – 41.

Основными целями данного лабораторного комплекса являются:

1. Обучение координатному контролю макрогеометрических параметров изделий машиностроительного и приборостроительного профиля. В процессе осуществляется:

а) изучение методов измерения линейных размеров деталей, приобретение практических навыков выполнения измерений с использованием простейших универсальных средств измерений, ознакомление с работой координатно-измерительной машины (КИМ) при выполнении таких измерений. В качестве простейших универсальных средств измерений используются для наружных размеров микрометр гладкий (МК) 75-100 мм ГОСТ 6507-78; для внутренних размеров нутромер индикаторный (НИ) 50-100 мм ГОСТ 868-82 совместно с концевыми мерами длины ГОСТ 9038-90; для определения длин ступеней элементов детали штангенциркуль (ШЦ) 0-125 мм ГОСТ 166-80.

В качестве КИМ используется мобильная координатно-измерительная машина ROMER Multi Gage (рис. 1), основные метрологические характеристики которой следующие:

- рабочая зона 1200 мм;
- погрешность измерения на всей длине рабочей зоны согласно ISO 10360-2 составляет $E=5+L/40$ мкм, но не более 18 мкм (L – измеряемая размер в миллиметрах).

б) изучение методов измерения отклонений формы поверхностей деталей, приобретение практических навыков выполнения измерений с использованием простейших универсальных средств измерений, ознакомление с работой КИМ при выполнении таких измерений. В качестве