

УДК 621.385.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ ШОВНО-РОЛИКОВОЙ СВАРКИ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ФОТОАКУСТИЧЕСКОЙ ИНТРОСПЕКЦИИ

Волкенштейн С.С.<sup>1</sup>, Керенцев А.Ф.<sup>2</sup>, Соловьев Я.А.<sup>2</sup>, Хмыль А.А.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>ОАО «Планар-СО»

Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>ОАО «ИНТЕГРАЛ»

Минск, Республика Беларусь

<sup>3</sup>УО БГУИР

Минск, Республика Беларусь

Шовно-роликовая сварка (рисунок 1) применяется на последнем этапе изготовления микросхем для герметичной (отсутствия течей) изоляции внутреннего объема металлостеклянных корпусов с целью исключения негативного воздействия внешней среды (влага, агрессивные вещества и др.) на полупроводниковую структуру изделий микроэлектроники.

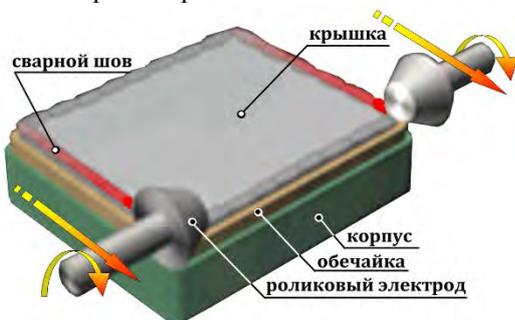


Рисунок 1 – Схематическое изображение шовно-роликовой сварки

Оптимизация режимов сварки позволяет при сохранении качественного образования шва уменьшить нежелательное воздействие вредных факторов (время нагрева, давление) на конструкцию прибора при проведении операции герметизации. В качестве примера эффективности оперативного выявления и локализации лазерным фотоакустическим (ЛФА) методом течи (отслоение обечайки от корпуса), образовавшейся вследствие воздействия высокой температуры на конструкцию корпуса (рисунок 2) во время проведения шовно-роликовой сварки, на рисунке 3 приведены ЛФА топограммы годного (а) и некачественного (б) приборов (разрешение X,Y – 50 мкм).

Визуальный контроль внешнего вида шва после проведения сварки не даёт стопроцентной гарантии его герметичности по причине наличия в сварной конструкции внутренней, невидимой структуры, которая должна образовывать качественную, герметическую перегородку при взаимодействии двух свариваемых материалов.

Рентгеноскопия, традиционный неразрушающий метод интроскопии, позволяет выявлять только внутренние воздушные полости и явные непровары, легко обнаруживаемые при проведе-

нии визуального контроля.



Рисунок 2 – Внешний вид керамического корпуса

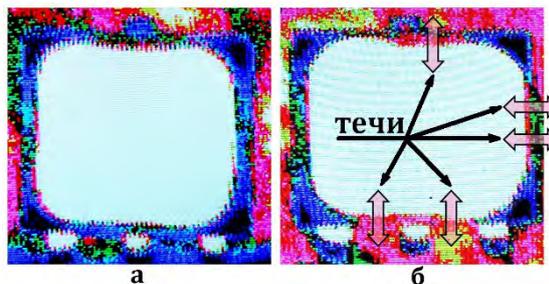


Рисунок 3 – ЛФА топограммы годного (а) и некачественного (б) приборов, стрелками показаны течи (разрешение X, Y – 50 мкм)

Как правило, малые характерные размеры течей исключают возможность их визуального наблюдения или обнаружения всеми другими традиционными методами дефектоскопии, кроме методов проникающих веществ [1].

Однако, метод ЛФА интроскопии [2], имеющий высокую пространственную разрешающую способность X,Y (500 нм) и высокую чувствительность к нарушению сплошности на уровне зарождающейся окисной плёнки, составляющей толщину порядка единиц нанометра, позволяет визуализировать внутреннюю структуру герметизирующего шва (его реальную ширину, «слабые» места, микротечи).

Контроль качества герметизации корпусов (рисунок 4), структуры сварных швов, выполненных шовно-роликовой сваркой при различных режимах (таблица 1), а также измерение эффективной ширины герметизирующей перегородки швов до и после испытаний проводились методом ЛФА интроскопии. На первом этапе скани-

рование проводилось с разрешением X, Y – 50 мкм для общей оценки сплошности (отсутствие нарушения регулярности образования шва, стационарность процесса сварки) герметизирующей шовной перегородки по всему периметру крышки прибора (рисунок 5). На втором этапе проводилось сканирование небольших участков сварного шва с оптимальным пространственным (X, Y) разрешением (0,5 мкм÷3 мкм), позволяющим детализировать и измерить ширину шовной герметизирующей перегородки.

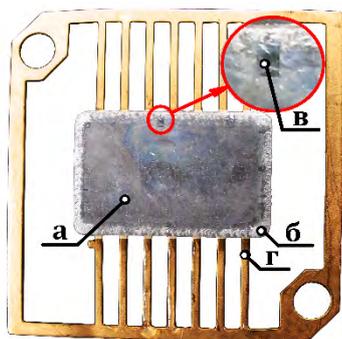


Рисунок 4 – Внешний вид контролируемого прибора: а – крышка; б – сварной шов; в – прямоугольный участок выборочного лазерного зондирования (увеличено); г – внешний вывод

Таблица 1

Испытание	Корпус	Режим паузы	Ток сварки, А	Примечание	Количество, шт
До испытаний	401.14-5м	1	50	«1-15» «1-16»	2
		0	50	«0-50»	2
		1	80	«1-48» «1-53»	2
		0	80	«0-80»	2
После испытаний	401.14-5м	1	50	«1-3» «1-9» «циклы»	2
		0	50	«0-50» «циклы»	2
		1	80	«1-55» «циклы»	1
		0	80	«0-80» «циклы»	2

На рисунке 6 приведен фрагмент внешнего вида образца корпуса №0-50\_2 с областью ЛФА зондирования «2», которая визуализировалась вследствие абляционного воздействия импульсного лазерного излучения ( $\tau_n=10$  нс;  $P_{cp}=3$  мВт;  $d_{pet}=2$  мкм) на поверхностные загрязнения, привнесённые в процессе проведения циклических

испытаний корпуса.

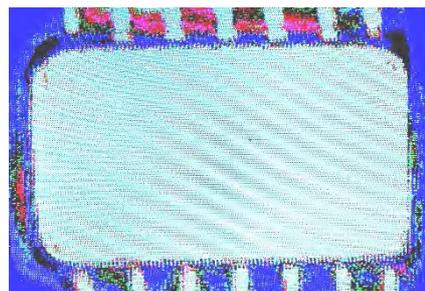


Рисунок 5 – Лазерная фотоакустическая топограмма металлостеклянного корпуса со стороны крышки (разрешение X, Y – 50 мкм)

На ЛФА топограмме (рисунок 7) вышеуказанной области зондирования «2» зарегистрировались зона максимальной сплошности герметизирующей шовной перегородки шириной 135 мкм (синие тона) и переходная зона приблизительно равной ширины со сложной внутренней структурой (зелёно-красные тона).

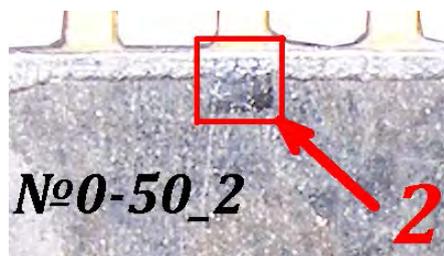


Рисунок 6 – Фрагмент внешнего вида образца корпуса №0-50\_2 с областью ЛФА зондирования «2»

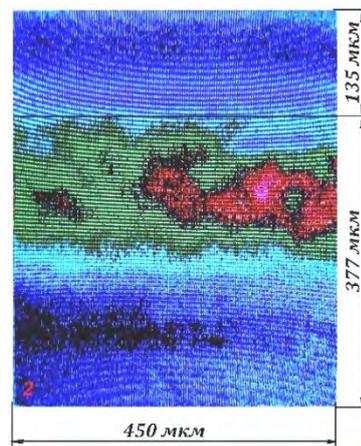


Рисунок 7 – ЛФА топограмма области зондирования «2» соответствующая рисунку 6. (разрешение X, Y – 2 мкм)

Анализ всех ЛФА топограмм позволяет сделать вывод, что качество шовной герметизирующей перегородки всех исследуемых приборов не зависит от режимов сварки, видимо, вследствие значительного перекрытия зон фазового перехода от импульса к импульсу. Также следует

отметить, что испытания не повлияли на структуру швов этой группы корпусов.

1. Неразрушающий контроль и диагностика: Справочник / под ред. Клюева: Машиностроение. – 2003.

2. Волкенштейн С.С., Хмыль А.А. Неразрушающие методы контроля качества монтажа полупроводниковых кристаллов в корпусе ИМС. Технологии в электронной промышленности. – №2. – 2011. – С. 18-22.

УДК 681

## КАЛИБРОВКА СИСТЕМЫ РАМОЧНЫХ АНТЕНН ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЙ ТОКА, НАВОДИМОГО МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ В ДИАПАЗОНЕ ЧАСТОТ ОТ 9 КГЦ ДО 30 МГЦ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИЗМЕРЕНИЙ ИЗЛУЧАЕМЫХ РАДИОПОМЕХ ОТ СВЕТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вольнец А.С.

Белорусский государственный институт метрологии  
Минск, Республика Беларусь

В настоящее время магнитные составляющие напряженности поля радиопомех от светового оборудования в диапазоне частот от 9 кГц до 30 МГц стандартами рекомендовано оценивать по силе тока, наводимого в системе рамочных антенн (далее – системе LCA), внутри которой устанавливают испытуемый образец [1]. Данные требования для светового и аналогичного оборудования в республике регламентированы в СТБ ЕН 55015-2006. В статье рассматривается система LCA, состоящая из трех взаимно перпендикулярных больших рамочных антенн (далее – антенн LLA), образующих три координаты X, Y и Z диаметром по 2 м. Особенности конструкции системы LCA и её составных частей, а также требования к характеристикам и методам их проверки, установлены в ГОСТ CISPR 16-1-4-2013.

Калибровку каждой антенны LLA (координаты X, Y и Z) выполняют по отдельности путем измерения тока, наводимого в антенне LLA системой «симметрирующее устройство – дипольная антенна» (далее – диполем) и определения коэффициентов калибровки. Диполь предназначен для одновременного излучения магнитного поля, которое измеряют с помощью антенны LLA, и электрического поля, которое антенна LLA не должна воспринимать [2].

Диполь размещают на подставке из изоляционного материала в центре рабочей зоны антенны LLA в первой из восьми позиций, как указано на рисунке 2, и подключают к генератору. Для улучшения согласования в коаксиальном тракте между генератором и диполем возможно использование аттенюатора 6 дБ, затухание которого необходимо дополнительно учесть при расчете коэффициентов калибровки. Антенну LLA подключают к измерителю радиопомех. В диапазоне частот от 0,009 до 0,15 МГц измерения проводят при полосе пропускания измерителя радиопомех 0,2 кГц; в диапазоне частот от 0,15 до 30,0 МГц – при полосе пропускания 9 кГц.

С генератора сигналов на диполь подают синусоидальный сигнал требуемой частоты, напряжением  $U_r$  не менее 1 В. Производят отсчет показаний уровня напряжения сигнала  $U_{ИЗМ_i}$ , дБ(мкВ), на входе измерителя радиопомех, подключенного к выходу антенны LLA. При этом значение  $U_{ИЗМ_i}$  должно быть не менее чем на 10 дБ выше уровня внешних электромагнитных полей (определяется при выключенном генераторе). Выключают генератор и поворачивают диполь приблизительно на  $45^\circ$  в следующую из восьми позиций. Включают генератор и производят отсчет показаний уровня напряжения сигнала  $U_{ИЗМ_i}$ , дБ(мкВ). Таким образом, проводят отсчет восьми показаний уровня напряжения сигнала  $U_{ИЗМ_i}$  на каждой частоте при разных ориентациях диполя. Проверяют, выполняются ли условия:

$$|U_{ИЗМ_{max}} - \bar{U}_{ИЗМ}| \leq 2 \text{ и } |U_{ИЗМ_{min}} - \bar{U}_{ИЗМ}| \leq 2, \quad (1)$$

где  $\bar{U}_{ИЗМ}$  – среднее арифметическое измеренных значений уровня напряжения  $U_{ИЗМ_i}$  в каждой из восьми диполя, дБ(мкВ);  $U_{ИЗМ_{max}}$  – максимальное из измеренных  $U_{ИЗМ_i}$ , дБ(мкВ);  $U_{ИЗМ_{min}}$  – минимальное из измеренных  $U_{ИЗМ_i}$ , дБ(мкВ).

Если условия (1) выполнены, производят обработку результатов измерений. Если условия (1) не выполнены, проверяют точность установки диполя в центре рабочей зоны антенны LLA и повторяют измерения на соответствующей частоте. В случае повторного невыполнения измерений условия (1), систему LCA бракуют как не соответствующую требованиям ГОСТ CISPR 16-1-4-2013. Далее диполь поочередно располагают в плоскости второй и третьей координаты (оси) повторяют перечисленные выше операции. Обработку результатов измерений выполняют для каждой антенны LLA и каждой частоты из-