

УДК 621.396.6-76

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ГЕРМЕТИЗАЦИИ КОРПУСОВ ДАТЧИКОВ ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ЭЛЕКТРОННО- ЛУЧЕВОЙ СВАРКОЙ

Представлены результаты экспериментальных работ по герметизации макетных образцов датчиков электронно-лучевой сваркой. Установлено, что электронно-лучевая сварка может быть рекомендована для герметизации блоков микроэлектронной аппаратуры из различных сплавов, в том числе алюминиевых, если их элементная база не содержит деталей, обладающих магнитными полями, и допускает вакуумирование. Для герметизации корпусов блоков перспективны установки типа ЭЛУ-5, в которых целесообразно введение программного управления механизмом перемещения блока под электронным лучом.

**Н.В. Замирец, *В.Г. Котух,
С.А. Нестерцова

**Государственное предприятие
Научно-исследовательский технологический
институт приборостроения.*

*ул. Примакова, 40 / 42, г. Харьков, Украина, 61010.
e-mail: nitip@kharkov.ukrtel.net.
e-mail: yankovsky@kture.kharkov.ua*

1. Введение

Улучшение массо-габаритных характеристик современной радиоэлектронной аппаратуры может быть достигнуто применением бескорпусных интегральных схем и микросборок частного применения. Для обеспечения их надежности на уровне корпусированных ИС необходима герметизация с заполнением корпусов датчиков инертными газами. Герметичные блоки имеют следующие основные достоинства:

1. Повышенный уровень интеграции за счет одновременного использования тонко- и толстопленочных

интегральных схем, микросборок, пленочной и печатной коммутации.

2. Хорошие тепловые характеристики вследствие увеличенной поверхности теплоотдачи корпуса блока и возможность применения искусственного охлаждения.

3. Высокая надежность вследствие общей герметизации и прямого внутриблочного монтажа.

4. Повышенная механическая прочность.

5. Наличие общего экранирования металлическим корпусом.

6. повышенная в 8-10 раз плотность компоновки.

Необходимость общей герметизации блока накладывает ряд ограничений и требований к конструкции и технологии соединения элементов корпуса блока, например, требование ремонтпригодности, ограничение нагрева корпуса при герметизации (70-100°C), состава и давления газовой среды внутри блока и др.

Основным источником негерметичности является узел «корпус -крышка», который имеет большую протяженность (до 1500 мм) соединения корпуса с крышкой, испытывает постоянную силовую нагрузку из-за разности давления внутри (до 1,3 кг/см²) и вне блока (1,0 кг/см² и менее), а также из-за перепадов давлений при испытаниях на герметичность и термоциклических.

Анализ опыта предприятий Украины и стран СНГ показал, что паяный вариант узла герметизации «корпус-крышка» не обеспечивает надежной герметизации приборов при увеличении механических нагрузок на паяный шов. Поэтому, наряду с исследованиями конструктивно-технологических решений (КТР) паяного варианта узла герметизации «корпус-крышка» была поставлена задача разработать новые КТР в сварном исполнении, обеспечивающие сохранение требуемой герметичности блоков при повышенных механических нагрузках на шов [1, 2].

2. Экспериментальные исследования технологических режимов герметизации и их результаты

В Государственном предприятии «Научно-исследовательский технологический институт приборостроения» (ГП НИТИ) были разработаны и изготовлены макетные образцы корпусов блоков датчиков для герметизации электронно-лучевой сваркой. Параметры макетных образцов приведены в табл. 1

Параметры макетных образцов корпусов блоков датчиков

№ макетного образца	Обозначение	Материал	Габариты, мм
1	02.Э11.602.04.00.000 СБ	Ал2 (корпус) АМц (крышка)	120×130×85
2	02.Э11.603.00.000 СБ	АМц	200×170×14
3	02.Э11.603.00.000 СБ	АМц	200×170×14
4	02.Э11.603.00.000 СБ	АМг6	90×75×20
21	02Э11.600.01.00.000 СБ	АМц	58×25
22	02Э11.600.01.00.000 СБ	АМц	58×25
01	01.Э11.600.04.00.000 СБ	АМц	58×25
02	01.Э11.600.04.00.000 СБ	АМц	58×25

Все макетные образцы выполнены со вставной крышкой. Экспериментальные исследования проводились в ГП НИТИ приборостроения на установке ЭЛУ-5 и А.306.13 (макеты №№01, 02, 21, 22. – цилиндрические)

После откачки вакуумной камеры включали электронный луч на минимальном токе и регулировали его положение на свариваемых кромках макетов, затем включали механизм перемещения (вращения), увеличивали ток луча и производили сварку. На установке А.306.13 за один

цикл вакуумирования поочередно герметизировали все макеты, установленные в камере; на установке ЭЛУ-5 из-за отсутствия механизма перемещения во взаимно-перпендикулярных направлениях герметизацию каждой стороны производили поочередно.

Перед сваркой зачищали торцы и сопрягаемые поверхности свариваемых кромок по периметру стыка крышки и корпуса шабрением. Сварку проводили не позже, чем через 1 час после подготовки кромок. Сопряжение кромок контролировали микроскопом МБС-2. Зазор между сопрягаемыми поверхностями кромок составлял 0,05-0,15 мм на боковых кромках и 0,1-0,3 мм на кромках радиуса скругления прямоугольных макетных образцов. Зазор между кромками цилиндрических макетов не превышал 0,05 мм. Превышение высот кромок у всех образцов макетов не превышало 0,15 мм.

Режимы сварки на установках ЭЛУ-5 и А.306.13 приведены в табл. 2

Таблица 2.

Режимы сварки

№№ макетов	Тип установки	Ток луча, мм	Скорость сварки, см/мин
1	ЭЛУ-5	10	80
2	ЭЛУ-5	10	80
3	ЭЛУ-5	10	80
4	ЭЛУ-5	10	80
21	А.306.13	35	109
22	А.306.13	35	109
01	А.306.13	35	109
02	А.306.13	35	109

На цилиндрических образцах, заваренных на установке А.306.13, получен сварной шов, удовлетворительный по внешнему виду.

На прямоугольных образцах, заваренных на установке ЭЛУ-5, получен удовлетворительный шов на прямолинейных участках боковых кромок. На угловых радиусах наблюдался пережог кромок. Для его предотвращения необходимо применять технологические уголки.

Таблица 1.

Затем макетные образцы испытывали на герметичность методом вакуумирования внутренней полости и обдува гелием по ОСТ 92-9555-82. Использовали течеискатель ПТИ-10. Макеты №№3,4, имевшие после первой герметизации в углах течи более 5 10-5 л мкм/с, были повторно загерметизированы проходом электронного луча по местам утечки.

Загерметизированные макеты испытывали серией "бароударов" из 10 циклов. Каждый цикл состоял из повышения внутреннего давления в макете от 1 до 2,5 атм., понижения внутреннего давления до 0,2 атм. и возврата давления к атмосферному. Длительность цикла 50-60 с. Результаты испытаний приведены в табл. 3.

Таблица 3.
Результаты испытаний макетов на герметичность

№№ макетов	После первой герметизации	После повторной герметизации	После 10 циклов «бароударов»
1	$4 \cdot 10^{-5}$	–	$4 \cdot 10^{-5}$
2	$4 \cdot 10^{-5}$	–	$5 \cdot 10^{-5}$
3	$1 \cdot 10^{-2}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$
4	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$
21	$1 \cdot 10^{-5}$	–	$1 \cdot 10^{-5}$
22	$1 \cdot 10^{-5}$	–	$1 \cdot 10^{-5}$
01	$2 \cdot 10^{-5}$	–	$2 \cdot 10^{-5}$
02	$2 \cdot 10^{-5}$	–	$2 \cdot 10^{-5}$

Заключение

На основании проверенных экспериментальных исследований могут быть сделаны следующие выводы:

1. Электронно-лучевая сварка обеспечивает получение герметичных сварных соединений.
2. Из-за несовершенства механизма перемещения свариваемого блока под электронным лучом и системы

управления этим лучом в блоках прямоугольной формы в углах образуются непровары.

3. Для герметизации корпусов блоков перспективны установки типа ЭЛУ-5, в которых необходимо ввести программное управление механизмом перемещения блока под электронным лучом, с целью обеспечения сварки всех 4-х сторон кромок и радиусов скругления по заданной программе.

4. Электронно-лучевая сварка может быть рекомендована для герметизации блоков микроэлектронной аппаратуры из различных сплавов, в том числе алюминиевых, если их элементная база не содержит деталей, обладающих магнитными полями, и допускает вакуумирование.

Литература

1. Лазерная и электронно-лучевая обработка материалов: Справ. /Н.Н. Ракалин, Л.Л. Утлов, И.В. Зуль, Л.Н. Кокора. М.: Машиностроение, 1985, 496 с.
2. Технологическая концепция лазерной герметизации радиоэлектронных модулей в корпусах из алюминиевых сплавов / Замирец Н.В., Котух В.Г., Шур В.А., Алтухова Т.Л. // Технология приборостроения 1996. №1 с.54-57.
3. Экспериментальные исследования технологических режимов герметизации корпусов датчиков из алюминиевых сплавов микроплазменной и лазерной сваркой / Котух В.Г., Нестерцова С.А.// Вестник ХГПУ 2002. №7, т.2 с.69-75.