

ТЕРМОШОКОВЫЕ КАМЕРЫ TSD-100

Марат Кашапов
test@ostec-smt.ru

Мировой лидер в разработке и производстве испытательного оборудования компания ESPEC (Япония), ранее известная под названием TABAI, представляет новую модель камеры теплового удара. Отличительной особенностью данной камеры является обеспечение скорости изменения температуры испытуемого образца до 15°C в минуту при нагреве и охлаждении.

В современных условиях производителям приходится постоянно решать задачи обеспечения надежности и качества выпускаемой продукции при снижении временных и материальных затрат. Эти, поистине вечные задачи являются признаком непрерывного развития и усовершенствования техники. Всегда их решали объединением пары противоположностей: цена-время и надежность-качество.

Расширяющаяся сфера деятельности человека ведет к ужесточению условий эксплуатации техники, новые технологии ведут к усложнению технических средств. Ужесточаются стандарты, призванные обеспечить необходимый уровень надежности изделий. К примеру, в стандарте MIL-STD-883-C указываются следующие условия испытаний: 30 минут при температуре -68°C, 30 минут при температуре +155°C, количество циклов не менее 10. Эти условия ужесточают требования не только для самих испытуемых образцов, но и для оборудования проведения испытаний – в стандарте отмечается, что указанным температурным режимам должны соответствовать показания датчиков, находящихся в «труднодоступных» для конвекции местах, например, показания термопар, расположенных между образцами.

С другой стороны, в соответствии с уравнением Арениуса, чем жестче условия испытаний, тем сильнее «старится» изделие, и тем меньше времени занимает сам процесс, а это существенно сокращает затраты времени и электроэнергии на проведение указанных испытаний.

Компания ESPEC предлагает искусственному организатору испытательного «Колизея» климатическую термошоковую камеру, удовлетворяющую требованиям та-

ких стандартов, как: MIL-STD-883-C, JIS C 0025, JASO. На рисунке 1 можно видеть показания термопар, расположенных на образце.

Камера была загружена корпусами интегральных микросхем общим весом 10 кг. На образцы прикреплялись следующие термопары. Верхняя и нижняя температуры цикла составляли соответственно +150°C и -65°C. Как вид-

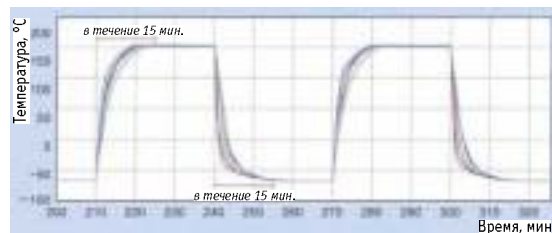


Рис. 1. Температурные циклы, реализованные на камере TSD-100

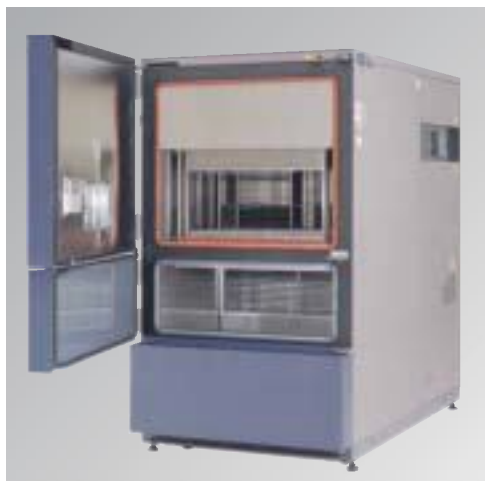
но из рисунка, переходный процесс занимает менее 15 мин. При этом неравномерность распределения параметров по времени на участках экспозиции: не более ±0,8 °C на верхней границе цикла и не более ±0,5 °C на нижней.

В общих чертах камера имеет обычную конструкцию. Она состоит из двух зон: горячей и холодной. Горячая зона представляет собой обычную конвекционную печь. Поддержание температуры в холодной зоне, до -75°C, обеспечивается каскадной холодильной установкой. Для обеспечения высоких скоростей охлаждения испытуемых образцов, температуру в холодной зоне нередко поддерживают немного ниже необходимой для испытаний.

Выполнение указанных требований стандартов – высокой скорости изменения температуры и необходимой равномерности температуры в рабочем пространстве с установленными образцами в довольно большом для таких установок объеме (100 литров) – обеспечивается не только новыми, но и забытыми и хорошо проверенными временем инженерными решениями.

Несоответствие реальных температур на образце заявленным значениям в стандартах на проведение испытаний, неравномерность распределения температур по образцу, в том числе из-за наличия «теплофизически неблагоприятных» зон, приводит к нежелательным с точки зрения обеспечения качества и надежности изделий последствиям. Самое нежелательное последствие – недостаточный прогрев. Его хорошо можно видеть на показаниях дополнительных независимых термопар в местах с недостаточной конвекцией или областью большой тепловой инертностью.

Это несоответствие происходит по следующей причине: в обычных испытательных установках на термодар для управления переходными процессами и параметрами экспозиции использовались датчики, расположенные перед образцом, что называется «на поток», и за образцом – «по потоку». В этом случае, система управления камеры «ощущает» температуру воздуха как косвенный параметр регулирования теплового состояния образца, а реальная температура образца остается вещью в себе, плодом математического моделирования и эмпирических экстраполяций. В связи с этим исполь-



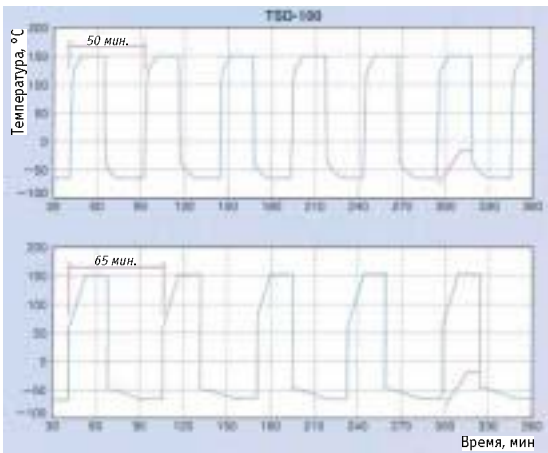


Рис. 2. Температурные циклы, реализованные предыдущей моделью (нижний график) и новой моделью (верхний график). Хорошо видна разница в продолжительности цикла. При 3000 циклах новая камера позволяет сократить общую продолжительность испытаний с 4,5 до 3,5 месяцев

зование температурных характеристик атмосферы в рабочей зоне камеры в качестве входных сигналов и параметров наблюдения за тепловым состоянием испытываемых деталей для системы управления камерой является явно недостаточной мерой для выполнения поставленной задачи, поэтому японские конструкторы приняли решение ориентировать управление камерой непосредственно на показания термодатчиков, закрепляемых на образцах. Термодатчики закрепляются в нескольких характерных с точки зрения теплообмена, значимости, надежности, исследовательского интереса местах. По показаниям этих температурных датчиков система управления переключается с режимов, обеспечивающих переходный процесс, на режимы, обеспечивающие стационарную заданную экспозицию температурного цикла.

В предыдущих моделях каждая функциональная единица камеры – «холодная» и «горячая» зоны, а также механизм перемещения – имели свою собственную систему управления и, соответственно, алгоритм. Оптимизация параметров регулирования проводилась внутри систем с эмпирическими поправками на взаимосвязанную работу. В результате параметрическое пространство оптимальной совместной работы было «освоено» частично. В новой модели, путем завязывания всех функционально значимых единиц камеры на одну систему управления и проведения оптимизации, удалось получить вектор параметров, наиболее полно удовлетворяющий условиям обозначенной задачи.

«Чуткая» электронная система пропорционально-интегрально-дифференциального регулирования с продуманно сбалансированными характеристиками обеспечивает нужную неравномерность на стационарных участках цикла, нужное время, ошибку регулирования и неравномерность на переходных процессах.

Усовершенствован механизм перемещения клетки. В предыдущих моделях время перемещения определялось соображениями отсутствия механических воздействий, угрожающих целостности образцов. Необходимо было устранить нежелательные вибрации, недопустимые ударные ускорения, а также предупредить смещение и падение образцов в результате ускорений и торможений в «горячей» камере. Поэтому не было возможности максимально сократить время перемещения клетки, что отрицательно сказывалось на качестве теплового удара, а также приводило к взаимодействию атмосфер горячей и холодной зоны. В новой камере клетка перемещается по специальному закону, учитывающему все вышеперечисленные противоречия. Систе-

ма управления, механизм перемещения и конструкция подвески уменьшают механические воздействия в нижней и верхней «мертвых» точках и уменьшают время перемещения клетки.

Немаловажный фактор – улучшение конвекции внутри камеры и эффективности нагревателей. Результат: при уменьшении мощности практически в два раза по сравнению с предыдущей моделью, камера позволяет реализовать более жесткие условия тепловой нагрузки.

Резюмируя вышесказанное, можно еще раз подчеркнуть основные отличия новой модели:

- использование в качестве исходных данных температуру самих образцов;
- высокоэффективная система управления камерой, связывающая все процессы и функциональные единицы камеры: скорость потоков, мощность тепловых источников и стоков, механический закон перемещения клетки;
- быстрый процесс перемещения клетки с образцами между зонами и исключение влияния механических факторов;
- продуманная и хорошо выверенная организация конвекции в рабочей зоне камеры.

Помимо всего прочего предусмотрено окно наблюдения, предусмотрена возможность восстановления атмосферных условий после испытаний, предусмотрен ряд мер, обеспечивающих безопасность персонала и целостность образцов. Благодаря оригинальной компоновке – панель управления расположена прямо на двери – удалось дополнительно уменьшить габаритные размеры камеры.

Камера обеспечивает проведение испытаний в соответствии с требованиями следующих стандартов:

IEC 60749-25 (JESD22-A104B) A, B, C, H, M;
IEC-60068-2-14 Na (JIS C 025 Na, DIN EN 60068-2-14 Na, BS EN 60068-2-14 Na)

IEC-961747-5 Na (EIAJ ED-2531 A Na)

MIL-202G метод 107G

MIL-883F метод 1010.8

IPC-TM-650 2.6.6

SAE J1879

JASO-D001

JASO-D902

EIAJ ED-4701

EIAJ ED-4702

EIAJ ED-7407

Для справки, стандарт IEC-60068-2-14 Na регламентирует проведение испытаний с параметрами:

- количество циклов – 5;
- максимальная температура цикла $+200 \pm 2^\circ\text{C}$;
- минимальная температура цикла $-65 \pm 3^\circ\text{C}$;
- время выдержки – 3 часа;
- рекомендуемое время переходного процесса – 18 мин.

В процессе производства изделий высокого класса надежности камера позволяет ощутимо сократить время производственного цикла испытаний (время старения изделий), сократить затраты, уменьшить количество не выявленных скрытых дефектов. Основным преимуществом применения подобного оборудования является создание высокоэффективных производств на базе самых передовых технологий, что позволяет выпускать ответственные изделия высокого качества, существенно экономить средства и время и добиваться максимального успеха.

ТЕСТЕР ОЦЕНКИ ИОННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ «ZERO ION»

Марат Кашапов
test@ostec-smt.ru

В условиях незапланированного перехода на бессвинцовые технологии пайки, когда сверхвысокая плотность компонентов на печатных узлах превратилась в обычное явление, когда работать без систем менеджмента качества при производстве современных электронных модулей становится невозможным, оценка степени загрязнения печатных плат является необходимым условием обеспечения качества и надежности независимо от их «классовой» принадлежности.

В «смутное время» перехода на технологию бессвинцовой пайки необходимо решать поставленные задачи со старыми и новыми мехами, и молодым и выдержанным вином, причем эффективно и с наименьшими потерями.

Калейдоскоп компонентной базы – компоненты поставляются из разных источников, как для старой доброй пайки свинцовым припоем, так и для новомодной бессвинцовой.

Неизведанная география новых материалов – опасения как тот или иной флюс или припой поведут себя именно для данного конкретного изделия со своими конструктивными, технологическими и эксплуатационными особенностями.

Как отыскать единственно верное решение, которое позволит производству с минимальными потерями пережить «великую свинцовую депрессию»?

В условиях «Lead Free-экзорцизма» высокая плотность монтажа компонентов является отягчающим обстоятельством. Такая ситуация – благоприятнейшее условие для активной эволюции дендритов. Сразу встает вопрос: какое качество отмывки нужно обеспечить, чем обеспечить и как его контролировать. Как будут влиять новые материалы на надежность и качество изделий?

Основным критерием оценки качества отмывки плат, в соответствии с принятым в начале 70-х годов прошлого столетия стандартом, является определение проводимости раствора с вымываемыми ионными загрязнениями (Resistivity of Solvent Extract R.O.S.E.).

Со временем несколько

компаний разработали установки для автоматизации процедуры оценки ионных загрязнений. Упоминания о лидерах увековечены в военных стандартах.

Были определены различия в степени чувствительности разных установок и систем. Критерий теста R.O.S.E., проводимого вручную, устанавливал максимально возможное значение измеренных загрязнений – 10 мкг NaCl на квадратный дюйм. Эмпирически было показано, что определяемая тестом R.O.S.E цифра 10 соответствовала машинному значению 14 (так как данная установка чувствительнее ручного теста R.O.S.E.). Сотрудники Центра Вооружений Морской Авиации (Naval Aviation Weapon Center, NAWC) подобрали для оборудования по оценке ионных загрязнений аналогичный критерий в виде коэффициента соответствия. Эти коэффициенты можно отыскать в стандартах MIL-P-28809, WS6536, MIL-2000, MIL-2000A и MIL-P-55110.

В таблице 1 приведены значения коэффициентов соответствия для некоторых видов тестеров. Из приведенной таблицы можно видеть, что установка «Zero Ion», выпускаемая компанией «Aqueous Technologies», США, обладает максимальной чувствительностью среди оборудования, рекомендуемого NAWC.

Краткая историческая справка

Компания «Aqueous Technologies» была образована в 1992 году молодыми инженерами-технологами и на момент образования состояла из 3 человек. Деятельность компании была ориентирована на разработку и производство установок для отмывки печатных плат. Благодаря простым и оригинальным инженерным решениям и хорошо продуманной стратегии, в считанные годы компания смогла не только выйти на мировой уровень, но и стать бесспорным лидером в этом сегменте рынка. В номенклатуру входят автономные и встраиваемые в линию системы отмывки, а также тестеры оценки качества отмывки по критериям количества ионных загрязнений и сухих канифольных остатков.

Рис. 1. Общий вид установки «Zero Ion»



Таблица 1. Значения коэффициентов соответствия для различных установок контроля качества отмывки

Оборудование	Метод / Условия	Коэффициент соответствия	Чувствительность
Ручной тест R.O.S.E.	Статический / Без подогрева	1.0	10 мкг Na на кв. дюйм
Zero-Ion	Динамический / Без подогрева	3.7	37 мкг Na на кв. дюйм
Ionograph	Динамический / С подогревом	2.0	20 мкг Na на кв. дюйм
Omega-Meter	Статический / С подогревом	1.4	14 мкг Na на кв. дюйм

Тестер оценки ионных загрязнений «Zero Ion» реализует динамический метод, позволяющий провести количественную оценку, в том числе и слабо выраженных ионных загрязнений от безотмывочных флюсов. Экстрагирующий раствор изопропилового спирта непрерывно прокачивается через образец с остатками флюса. Раствор постоянно очищается в ионообменных колонках, что позволяет исключить эффект насыщения раствора, присущий устройствам, реализующим статический метод.

1. Ионные загрязнения (и канифольные остатки), смываемые с поверхности образца, повышают электрическую проводимость раствора, измеряемую в тестовом модуле (рис. 2).

2. Система замеряет электрическую проводимость приблизительно каждые 2 секунды и сохраняет результаты в памяти.

3. Показатели электрической проводимости пересчитываются в эквивалентные значения микрограммов хлорида натрия на квадратный дюйм.

4. Затем раствор очищается в высокоэффективных ионообменных колонках (рис. 3) и снова прокачивается через образец.

5. Процесс продолжается до тех пор, пока измеряемое значение проводимости не установится на нулевой точке отсчета.

Окончательное значение вычисляется как сумма результатов за все время проведения измерений.

Перед началом испытания определяется постоянная составляющая проводимости при циркуляции раствора в отсутствие образца в резервуаре. Это значение принимается в качестве нулевой точки отсчета. На графике (рис. 2) показан процесс отмывки и изменения измеряемой проводимости, а также положение линии отсчета. Проводимость возрастает по мере того, как экстрагирующий раствор вымывает загрязнения из образца, а затем снижается по мере его очистки.

Точность определения нулевой точки отсчета имеет большое значение для точности измерений, поскольку позволяет исключить из окончательного результата постоянную составляющую, причиной которой, в основном, является атмосферная двуокись углерода. Область под заштрихованной частью рисунка отображает проводимость, возникшую в результате поглощения двуокиси углерода.

Система создает направленные потоки в рабочей зоне, за счет этого обеспечивает хорошее перемешивание рабочего раствора, снижает поглощение содержащейся в атмосфере двуокиси углерода в процессе из-

Рис. 2. Типовая диаграмма изменения проводимости раствора в тестовой ячейке установки



Рис. 3. Ионообменные колонки



Рис. 4. Система управления установки «Zero Ion»



мерения. Таким образом, устраняются основные недостатки, присущие аналогичным системам других производителей. Комбинация погружения и создания потоков в жидкости позволяет создавать циркуляцию жидкости у поверхности испытываемых образцов в трех направлениях. Именно данная мера повышает точность системы «Zero Ion» по отношению к другим тестерам в несколько раз.

Указанная организация потоков влияет и на время отмывки. Типичное значение для системы «Zero Ion» составляет 5–8 минут (для системы «Ionograph» этот процесс занимает 25–30 мин).

В отличие от других систем, «Zero Ion» не требует подогрева рабочей жидкости, что упрощает организацию производства (рабочий раствор относится к горючим веществам), снижает затраты на оплату электроэнергии, исключает затраты времени на нагрев раствора и уменьшает скорость испарения раствора.

«Бортовой» компьютер автоматически подсчитывает эквивалент NaCl на единицу поверхности, позволяет проводить измерения как автоматически, так и вручную. Встроенная память обеспечивает хранение до 50 результатов испытаний (рис. 4).

Тестер оборудован самописцем, регистрирующим результаты испытаний, номер замера, параметры хода испытаний.

Соответствие требованиям стандартов по чистоте отмывки

Тестер оценки ионных загрязнений «Zero Ion» рекомендован к применению для контроля чистоты отмывки печатных узлов в соответствии с требованиями следующих стандартов: MIL-STD-2000A, MIL-P-28809, IPC-TM-650 и ANSI/J-STD-001B.

В случае необходимости применения влагозащитных покрытий, следует обеспечить качественную отмывку и контроль остатков флюса после отмывки. В противном случае нельзя гарантировать качественную адгезию покрытий и возникновение коррозии под ним.

Назначение покрытия – предотвращение попадания загрязнений на поверхность. Покрытия не обеспечивают полную защиту от проникновения относительно небольших молекул воды. Не обеспечивая необходимую чистоту печатной платы или узла, и, тем самым, оставляя всю «таблицу Менделеева» на поверхности платы под покрытием, производитель оставляет возможность проявления скрытых дефектов при эксплуатации и/или хранении в условиях повышенной влажности и/или температуры. В большинстве случаев после таких отказов изделия становятся неремонтопригодными.

Предлагаемая система, позволяя контролировать качество отмывки печатных узлов, обеспечивает качество и надежность выпускаемых изделий.