

Конференция

«Совершенствование производства радиоэлектронной аппаратуры с использованием смешанных и бессвинцовых технологий пайки»

Спустя почти три года после введения Европейской директивы RoHS об ограничении применения определенных опасных материалов, в том числе свинца, в производстве электронных изделий для многих российских специалистов электронной промышленности проблема надежного использования бессвинцовых паяльных материалов и компонентов до конца не решена. Наиболее остро стоят вопросы совместимости импортной электронной компонентной базы (ЭКБ), которая за редким исключением доступна только в бессвинцовом исполнении, со стандартными свинецсодержащими материалами и соответствующими им технологическими параметрами процессов монтажа, а также вопрос конечной надежности электронных узлов, изготовленных по комбинированной технологии.

Андрей Новиков

andrej.novikov@uni-rostock.de

В связи с актуальностью данной темы на базе Головного технологического института ОАО «Авангард» по поручению Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ и при организационной поддержке НТФ «Технокон» была проведена международная научно-практическая конференция по совершенствованию производства РЭА с использованием бессвинцовых и смешанных технологий. В ходе подготовки организаторам удалось составить интересную и насыщенную программу, включающую в себя доклады как российских специалистов, так и представителей зарубежных научных организаций и компаний, активно занимающихся решением технологических проблем, связанных с переходом на бессвинцовые технологии.

Информация о проведении конференции была широко представлена в Интернете на сайтах Департамента радиоэлектронной промышленности Мин-

промторга РФ, Государственной корпорации «Ростехнологии», ОАО «Авангард» и в журнале «Технологии в электронной промышленности», что сыграло существенную роль в привлечении внимания к данному мероприятию. В работе конференции приняли участие около 100 представителей предприятий радиоэлектронной промышленности, крупных инжиниринговых компаний и высших учебных заведений. Участники представляли практически все регионы РФ (рис. 1).

Открыл конференцию заместитель директора Департамента радиоэлектронной промышленности Минпромторга РФ Александр Евгеньевич Суворов (рис. 2). В своем вступительном докладе он подчеркнул важность проведения подобных научно-практических мероприятий для предприятий радиоэлектронной промышленности РФ и пожелал всем ее участникам успешной и плодотворной работы.



Рис. 1. Участники конференции



Рис. 2. Открытие конференции (слева направо: А. Е. Суворов, Н. Н. Иванов, В. М. Критский)

Далее с докладом выступил заместитель генерального директора ОАО «Авангард» по новым технологиям Николай Николаевич Иванов. В своем докладе он описал актуальные проблемы российских предприятий, связанные с введением директивы RoHS, а также представил цели и задачи работ, проводимых ОАО «Авангард» в области бессвинцовых технологий. Главная проблема российских предприятий заключается в вынужденном применении импортной ЭКБ и в вопросе совместимости и надежности свинцосодержащей и бессвинцовой технологий. По итогам проведенного на ОАО «Авангард» опытно-конструкторского проекта «Разработка базовой технологии сборки ЭКБ широкой номенклатуры с применением бессвинцовых материалов для поверхностного монтажа при производстве РЭА» были перечислены следующие рекомендации по первоочередным мероприятиям в связи с освоением элементов бессвинцовых технологий:

- применение полностью бессвинцовой технологии только для аппаратуры, поставляемой в Европу и подпадающей под ограничения RoHS;
- ускоренные испытания различных конструкций комбинированных паяных соединений, определение их надежности и ограничений на применение;
- сертификация материалов и компонентов (в части материала покрытия выводов);
- формирование комплектов материалов для сборки РЭА взамен импортных, организация их производства;
- разработка базовой технологии монтажа с учетом выбора эвтектического оловянно-свинцового припоя в качестве основы комбинированного паяного соединения;
- разработка отраслевых стандартов по применению новых базовых технологий.

В общем докладе Андрея Новикова, (Институт приборостроения и схемотехники Университета г. Ростов) был представлен немецко-российский проект NEFEAT (Network for Environmental Friendly Electronic Assembly Technologies — «Сеть (предприятий) развития и поддержки экологичных технологий производства электроники»), в рамках которого было инициировано проведение данной конференции. Проект направлен на укрепление существующих и установление новых партнерских отношений между Россией и Германией в сфере производства электроники и проводится при поддержке Министерства образования и науки Германии и Немецкого центра авиации и космонавтики. Партнер с российской стороны в данном проекте — профессор Аркадий Максимович Медведев, представляющий Гильдию профессиональных технологов приборостроения и Московский авиационный институт (МАИ).

В докладе были перечислены основные мероприятия первой части проекта, которые проходили в 2007 году. К ним относятся проведение гостевой лекции профессора А. М. Медведева в Университете г. Ростов и посещение лабораторий Института надежности и микроинтеграции им. Фраунгофера в Берлине, про-

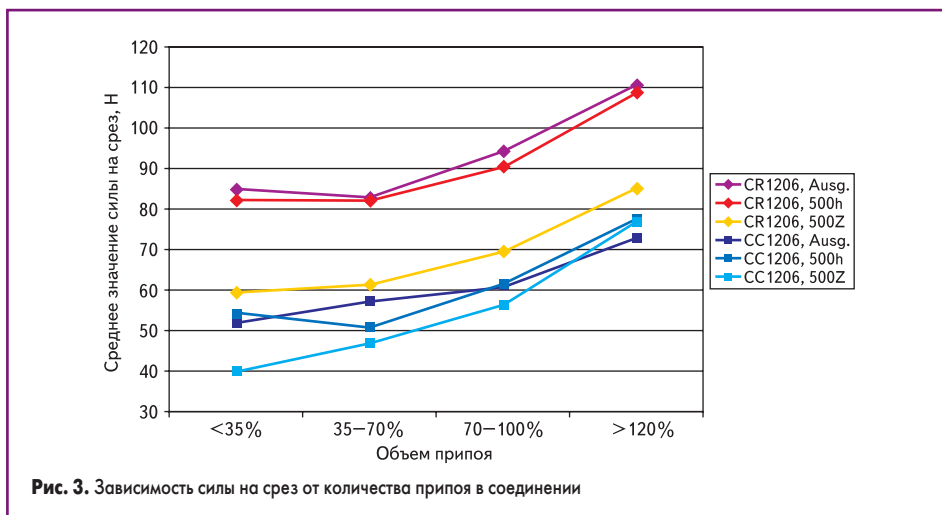


Рис. 3. Зависимость силы на срез от количества припоя в соединении

ведение семинара на тему «Бессвинцовые технологии пайки» в марте 2007 года в Москве совместно с компанией Остек, а также двусторонние визиты во время работы крупнейших национальных выставок в области электроники. В качестве одного из достижений первой части проекта было указано соглашение о двустороннем обмене публикациями между журналами «Технологии в электронной промышленности» и PLUS (Produktion von Leiterplatten und Systemen — «Производство печатных плат и электронных узлов»). При этом специалисты обеих стран могут не только знакомиться с актуальными разработками электронных изделий и технологий, но и использовать опыт специалистов других стран в организации производства и в проведении исследовательских проектов. В соответствии с целями проекта Институт приборостроения и схемотехники также дает заинтересованным российским студентам и аспирантам возможность прохождения практики и проведения ряда научных исследований. В конце доклада был представлен план второй части проекта NEFEAT, проходящего в этом году.

Учитывая повышенный интерес к вопросу надежности паяных соединений и электронных узлов, профессор Матиас Новотник, также представляющий Институт схемотехники и приборостроения Университета г. Ростов, прочел обширный доклад на тему «Надежность бессвинцовых паяных соединений. Состояние и перспективы ее повышения. Рекомендации по выбору паяльных материалов». В начале доклада были представлены факторы влияния на надежность соединений, такие как термомеханическая нагрузка и геометрические размеры соединений. При рассмотрении термомеханической нагрузки было указано на важность параметра гомологической температуры. Под гомологической температурой понимается отношение температуры обработки или последующей эксплуатации припоя к температуре его плавления, выраженной в градусах Кельвина. Допустимой температурной нагрузкой для мягких припоев является значение гомологической температуры в пределах 0,8–0,85 К. Исходя из этого значения, для отдельных припоев может быть определена следующая максимальная температура нагрузки: SnBi58 — 76 °С, SnPb37 — около 100 °С; SnAg3,8Cu0,7 — 125 °С

и т. д. Это обуславливает большее сопротивление усталостной деформации (ползучести) паяных соединений из SAC-припоя при повышенной температуре эксплуатации.

Далее были представлены последние результаты исследований влияния количества припоя в паяном соединении и связанной с ним формы соединения на его надежность. С этой целью был измерен объем отпечатков паяльной пасты, после чего проведены монтаж и пайка чип-резисторов и чип-конденсаторов типоразмера 1206. Надежность определялась с помощью испытания силы на срез после нагрузки 500 часов при 125 °С и 500 термоциклов –40...+125 °С. Была зафиксирована явная тенденция увеличения силы на срез при большем количестве припоя (рис. 3). После нагрузки 500 часов при 125 °С значение силы на срез лишь незначительно уменьшается, что может быть объяснено ростом интерметаллических фаз. После нагрузки термоциклированием сила на срез чип-резисторов уменьшается примерно на 25%, что связано с возникновением и ростом трещин в соединении. Сила на срез чип-конденсаторов существенно ниже, чем у чип-резисторов, что обусловлено другим распределением припоя в соединении: чип-конденсаторы имеют дополнительную боковую металлизацию. Также было выявлено, что после термоциклирования значение силы на срез чип-конденсаторов уменьшается лишь при небольшом количестве припоя (менее 50% от нормального). В остальных случаях прочность соединений до и после ускоренных испытаний примерно одинакова. Увеличение зазора паяного соединения происходит лишь при превышении нормального объема припоя и изменении формы мениска от вогнутого на выпуклый.

Продолжающаяся тенденция к миниатюризации электронных узлов и их отдельных компонентов приводит к необходимости модифицировать паяльные материалы. Для более точного нанесения отпечатков паяльной пасты для компонентов с малым шагом выводов нужно применять паяльные пасты с порошком все меньшего диаметра. Ведущие производители паяльных паст изготавливают образцы и тестируют порошки с диаметром частиц менее 10 мкм (тип 7). Одна из проблем, с которой они сталкиваются при этом, заклю-

чается в увеличении эффективной площади поверхности и ее большем окислении.

Тенденция к миниатюризации не только сталкивает разработчиков и производителей с новыми проблемами, но и, безусловно, дает шанс для разработки и использования новых технологий и материалов. Так, например, немецкая компания Würth Elektronik разработала и уже внедрила в серийное производство новую технологию монтажа активных компонентов (ИС) в печатную плату (рис. 4). Технология состоит из следующих шагов: с помощью лазера изготавливается углубление, в которое заливается полимер, содержащий частицы припоя, после чего устанавливается перевернутый кристалл с шариковыми контактами микросварных соединений, и при определенном давлении и температуре происходит процесс контактирования и одновременно процесс отверждения анизотропно проводящего полимера. На конечном этапе производится ламинирование данной конструкции. Электрическое соединение представляет собой комбинацию клевого и паяного соединения и может выдерживать очень большую термомеханическую нагрузку.



Рис. 4. Интеграция кристалла в печатную плату (источник: компания Würth Elektronik)

В перспективе — применение в электронных модулях наноструктурированных материалов. При уменьшении размеров материалов < 100 нм происходит изменение их физических свойств. В Университете г. Росток ведутся исследования наноструктурированных паяльных материалов с целью уменьшения их температуры плавления и последующего применения этих материалов в области низкотемпературного монтажа электронных компонентов.

На конференции были представлены основные бессвинцовые припои. При этом было подчеркнуто, что на данный момент не для всех свинецсодержащих припоев найдена бессвинцовая альтернатива. Так, например, проблематична замена припоя Pb90Sn10 с температурой плавления около 300 °С. Параллельно с дальнейшим поиском ведутся исследования с целью модификации уже ставшего стандартным бессвинцового припоя сплава SnAgCu. Одна из целей этой модификации — уменьшение стоимости за счет сокращения содержания серебра. Первые результаты показали, что сокращение содержания серебра >1% ведет к расширению зоны плавления до 10 К. Данное свойство может быть использовано для уменьшения дефекта «надгробного камня». Дальнейшие исследования направлены на определение границы минимального содержания серебра при допустимом уровне качества и надежности паяных соединений.

При рассмотрении надежности процесса пайки внимание аудитории было сфокусиро-

вано на выборе оптимальной температуры процесса пайки, которая влияет на свойства смачиваемости различных припоев и на активизацию и срок действия отдельных компонентов паяльной пасты.

С начала применения бессвинцовых паяльных паст в центре внимания специалистов по пайке также находится проблема образования пор или пустот в паяных соединениях. За последние годы появилось большое количество публикаций на эту тему. Обобщая результаты последних исследований, можно сделать заключение, что образование пор зависит в первую очередь от используемого паяльного материала (паяльной пасты) и параметров процесса пайки. Наиболее критично образование пустот в паяных соединениях компонентов силовой электроники, особенно в плоских паяных соединениях, так как они представляют собой области прерывания электрического тока и теплопередачи, а также механически ослабляют соединение. Один из методов сокращения количества пор — подсушивание отпечатков паяльной пасты в течение 1 часа при температуре в 120 °С перед оплавлением. Однако данный метод имеет сильную зависимость от конкретно применяемой пасты. Гарантированно сократить количество пустот до минимума можно с помощью вакуумной пайки. В данном методе оплавление паяльной пасты происходит при нормальном давлении, после чего давление уменьшается, что ведет к вытягиванию пор из соединений. Сегодня на рынке технологического оборудования присутствует несколько различных печей оплавления с функцией вакуума. Альтернативой пайке при вакууме является пайка при повышенном давлении. В данном методе оплавление, напротив, происходит при повышенном давлении (до 6 бар), а после расплавления пасты давление уменьшается до нормального, и поры выходят из соединения за счет созданной разницы давления. Уже были проведены первые лабораторные испытания, которые показали хорошие результаты (рис. 5).



Рис. 5. Припаянный кристалл; паяное соединение, изготовленное при нормальном давлении; паяное соединение, изготовленное при повышенном давлении



Рис. 6. Паяные соединения, изготовленные с помощью различных флюсов: а) хорошая смачиваемость; б) удовлетворительная смачиваемость; в) плохая смачиваемость

Затем с докладом на тему «Выбор материалов и оптимизация процесса бессвинцовой ремонтной пайки» выступил Андрей Новиков, который представил последние результаты исследований в области оптимизации процессов ремонтной пайки, полученные в Институте приборостроения и схемотехники в совместном проекте со швейцарской компанией ZEVAC и немецкой компанией Heraeus. Было проведено сравнение процессов выпайки и повторной запайки компонентов в корпусах QFP и BGA на установках с ручным и полуавтоматическим управлением. В качестве показателя для сравнения использовалась температурная нагрузка электронного узла, измеряемая *in situ* (на месте), и итоговая толщина интерметаллических фаз, рассчитанная аналитически и измеренная при металлографическом анализе паяных соединений. Ремонт компонентов в корпусе BGA сложен как в ручном, так и в полуавтоматическом режиме. Однако преимуществом последнего является возможность контролируемого удаления остатков припоя, что может иметь положительное влияние на последующую надежность данных соединений, особенно для паяных соединений, изготовленных по комбинированной технологии.

Также в этом проекте были проведены сравнительные исследования различных флюсов. Для быстрого и надежного процесса ремонтной пайки необходимо широкое температурное окно работы флюса. Были проведены исследования свойств паяемости флюсов при трех различных температурах: 230, 250 и 270 °С. При низкой температуре у некоторых флюсов было зафиксировано замедленное смачивание, в то время как при высокой температуре некоторые флюсы ведут к нестабильности значения силы смачивания (рис. 6). Кроме того, были протестированы адгезионные и коррозионные свойства флюсов.

Тему стандартизации проектирования и производства электроники в России поднял в своем выступлении профессор МАИ Аркадий Максимович Медведев (рис. 7). Как это ни печально, но в который раз он констатировал отсталость России в области разработки и внедрения новых стандартов. Специфические для электронного производства отечественные стандарты относятся к прошлому веку и по существу с тех пор не обновлялись, в то время как международные стандарты обновляются каждые 3–5 лет. Было проведено сравнение между стандартами МЭК (Международная Электротехническая Комиссия) и стандартами IPC. Несмотря на то, что обновление стандартов IPC происходит чаще



Рис. 7. Профессор А. М. Медведев с докладом о стандартах в России

стандартов МЭК, последние представляют собой лучшую альтернативу для России, так как имеют более широкое распространение. Были названы первоочередные задачи для российского комитета МЭК, а именно: перевод недостающих стандартов на русский язык в течение трех лет, создание российских стандартов на основе русских редакций стандартов МЭК, которые отражают национальную специфику проектирования и производства, и обеспечение доступности стандартов МЭК. Для успешного выполнения этих задач необходима государственная финансовая поддержка и активное участие предприятий электронной промышленности.

В продолжение к предыдущему докладу г-н Хартмут Пошманн (рис. 8) (Немецкое отраслевое объединение по дизайну и производству печатных плат и электронных узлов) сделал доклад о роли применения стандартов на современном предприятии. Было показано, что даже наиболее прогрессивные стандарты



Рис. 8. Хартмут Пошманн с докладом о стандартах в Европе

IPC отражают лишь средний уровень технологического развития, так как для разработки стандарта необходимо как минимум 2–3 года для накопления опыта достаточного количества передовых компаний. Только после этого могут быть сформулированы стандарты, которые пригодны для широкого применения. С другой стороны, эти стандарты могут быть эффективно использованы лишь в случае регулярного согласования с актуальным уровнем развития технологии. При современном уровне развития электроники стандарты должны обновляться каждые 3–4 года. Многие стандарты IPC, в отличие от стандартов МЭК, выполняют это требование. Эти стандарты особенно важны для предприятий, стремящихся стать ведущими.

Доклад г-на Дирка Шаде (компания XYZtec BV) был посвящен мультифункциональному оборудованию для автоматического механического тестирования электронных модулей. Было представлено актуальное состояние в области тестирования механической прочности соединений и указано на необходимость постоянного усовершенствования тестового оборудования в связи с дальнейшей миниатюризацией электронных компонентов. Далее была анонсирована последняя разработка компании — модуль для тестирования ударной и усталостной прочности. В качестве рабочего элемента данный модуль оснащен маятником, который в зависимости от массы и скорости удара представляет собой альтернативу тесту на падение, либо при небольшой периодической нагрузке позволяет исследовать усталостную прочность соединений. Было указано на нетривиальность анализа результатов измерений в данном методе, что связано с комплексной нагрузкой.

В рамках исследовательского проекта папоPAL «Разрушающие и неразрушающие методы тестирования для характеристики наномасштабных механизмов старения паяных соединений с высокой степенью миниатюризации» компания XYZtec активно участвует в разработке нового оборудования, которое позволяет проводить испытание прочности миниатюрных паяных соединений, в том числе и компонентов 01005. Новая установка включает в себя систему АОИ для автоматического позиционирования инструмента относительно тестируемых компонентов (рис. 9).

Второй день работы конференции был открыт докладом г-на Вольфганга Хертеля, пред-

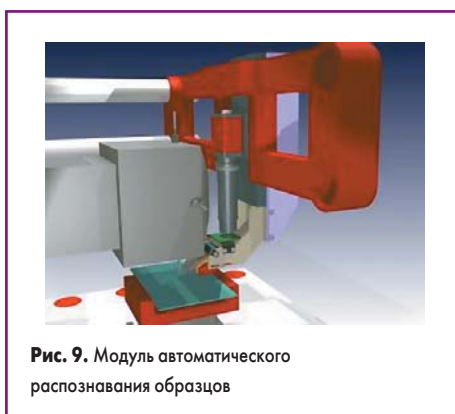


Рис. 9. Модуль автоматического распознавания образцов

ставляющего компанию Speziallotpaste Wolfgang Haertel. Наряду с производством стандартных паяльных паст данная компания занимается разработкой и изготовлением специальных реакционных паяльных паст. Характерная особенность данных паяльных материалов — образование конечного сплава припоя в ходе самого процесса пайки. В ходе оплавления происходит экзотермическая реакция отдельных компонентов пасты, что обеспечивает лучшую паяемость. Конечный сплав обладает более высокой температурой распайки, и электронные узлы, изготовленные с помощью данной пасты, можно эксплуатировать при температуре до +160 °С. Эти материалы уже успешно серийно используются в автомобильной электронике. Прочие области применения — это сенсоры, силовая электроника, светодиодная техника, управление промышленными установками, грузовые автомобили, военная техника, гибридная электроника (рис. 10).



Рис. 10. Применение реакционных паяльных паст в светодиодной технике

Большой интерес у аудитории вызвал доклад начальника отдела радиоэлектронных технологий ОАО «Авангард» Владимира Дмитриевича Ивина, который представил результаты НИОКР по бессвинцовой и смешанной технологии монтажа электроники. Главная цель проводимых испытаний — сравнительные ускоренные испытания паяных соединений на надежность и определение наиболее надежных конструкций паяных соединений из большого числа вариантов, отличающихся геометрическими размерами и различными комбинациями применяемых материалов, в том числе покрытий выводов компонентов, типов припоя и финишных покрытий контактных площадок ПП, а также выработка рекомендаций по технологии автоматизированного поверхностного монтажа и области применения. Программа испытаний состоит из 127 различных вариантов бессвинцовых и комбинированных паяных соединений и 3 вариантов классических паяных соединений. В исследовании были задействованы следующие материалы:

- Материалы покрытий электронных компонентов: Sn100, Sn98Cu2, Sn97Bi3, NiAu, NiPd, SAC305, SnPb.
- Материалы печатной платы: FR-4, FR-4 + полиимид, СТНФ, ФАФ, СОНФ.
- Финишные покрытия печатных плат: OSP-Cu, хим. олово, HALS SnPb, HALS Pb-free, ENIG, ImmSn, ImmAg.
- Припой: SAC305, Bi58Sn42, Castin, ПОС61, Sn63Pb37, Sn62.

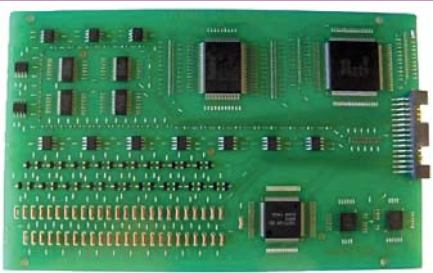


Рис. 11. Типовой образец тестового узла

После сборки электронные узлы (рис. 11) подвергались всевозможным нагрузкам: быстрое термоциклирование (термошок) $-65...+125\text{ }^{\circ}\text{C}$, медленное термоциклирование и механические воздействия (Sin вибрация 30g, 1–2000 Гц + удары 150g). Исходя из анализа полученных результатов были сформулированы следующие рекомендации:

- Бессвинцовую технологию монтажа ЭМ можно применять только при производстве отечественной продукции гражданского назначения в экспортном исполнении в строгом соответствии с директивой RoHS для обеспечения ее выхода на рынки Европы, Азии и Америки.
- При производстве отечественной бытовой электроники для внутреннего потребления рекомендуется осуществлять монтаж на ПП, имеющие различные финишные покрытия контактных площадок, импортной и отечественной ЭКБ широкой номенклатуры по комбинированной технологии пайки с применением оловянно-свинцовых припоев. При этом применяемые ЭКБ и ПП могут содержать в своем составе свинец.
- Не рекомендуется при производстве отечественной электронной аппаратуры в процессе монтажа импортной и отечественной ЭКБ на одну и ту же ПП последовательно использовать бессвинцовую и комбинированную технологии пайки ЭМ с применением бессвинцового и оловянно-свинцового припоев.
- При оптимизации параметров дозированной нанесения припойной пасты и температурно-временных режимов пайки ИС в корпусе BGA с шариковыми выводами, состоящими из бессвинцового припоя Sn96.5Ag3.0Cu0.5, с использованием оловянно-свинцового припоя рекомендуется добиться полного смешивания двух сплавов. При этом свинец должен равномерно распределиться по всему объему образовавшегося паяного соединения.

От компании Остек выступили два докладчика: Антон Большаков и Вячеслав Ковенский. Доклад Антона Большакова был посвящен теме «Повышение надежности паяных соединений BGA и CSP, выполненных по комбинированной технологии». Были подробно рассмотрены как образование пустот в комбинированных паяных соединениях, так и факторы, влияющие на их образование, а также предложены решения для избежания данных дефектов. Повысить надежность паяных соединений компонентов с шариковыми выводами (BGA, CSP) можно с помощью технологии Underfilling. Сложность перевода англоязыч-

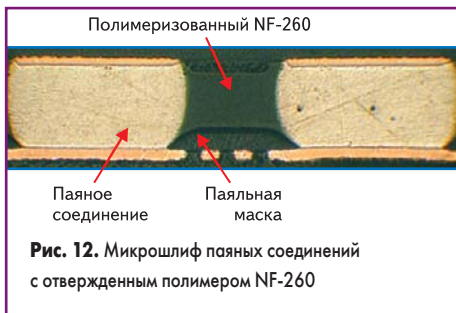


Рис. 12. Микрорезультат паяных соединений с отвержденным полимером NF-260

ного термина Underfilling подтвердил блиц-опрос аудитории, проведенный докладчиком. Данная технология заключается в заполнении пространства под корпусом между шариковыми контактами полимерным материалом, после чего этот материал отверждается. За счет подобранного коэффициента линейного расширения полимерная заливка (Underfiller) значительно сокращает термомеханическую нагрузку на паяные соединения, а также герметизирует пространство под корпусом (рис. 12). На примере материала NF-260 компании Indium Corporation была продемонстрирована ремонтпригодность смонтированных таким образом компонентов.

Вячеслав Ковенский выступил с докладом на тему «Отмывка печатных узлов, собранных по бессвинцовой технологии». Принимая решение об отмывке, необходимо учитывать класс используемых паяльных материалов, класс производимых электронных устройств, наличие влагозащитного покрытия, условия последующей эксплуатации устройства, требования к надежности устройства и требования, предъявляемые заказчиком. Отличие бессвинцового процесса относительно процесса отмывки заключается в изменении в составе флюса (содержание трудноудаляемых активаторов и большего количества канифоли) и в изменении технологических параметров процесса пайки (более высокая температура ведет к запеканию остатков флюсов). Докладчик подчеркнул, что процесс отмывки не имеет универсального решения и требует комплексного подхода. Были представлены различные жидкости для отмывки бессвинцовых материалов, как, например, ZESTRON FA+ на основе растворителей или Vigon 250 на основе MPC-технологии, а также специальный набор для контроля качества отмывки компании ZESTRON (рис. 13).

Следующий доклад «Оптимизация процесса оплавления припоя и процесса пайки в жид-

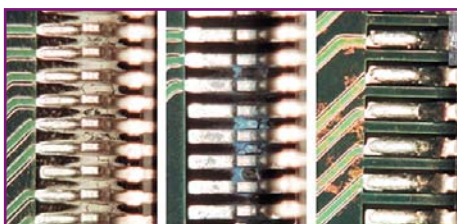


Рис. 13. Результаты применения тестов ZESTRON: а) проблема «белый налет»; б) результаты теста ZESTRON FLUX TEST на остатки активаторов; в) на остатки канифоли

кой фазе» прочел г-н Барбини из компании Vitronics Soltec. Он подробно рассмотрел процесс смешанного монтажа компонентов в корпусе BGA. Для равномерного распределения элементов сплава в паяном соединении и самовыравнивания компонентов необходимо проводить процесс пайки с параметрами, типичными для бессвинцового припоя. Был подробно описан дефект под названием «голова на подушке», который заключается в оплавлении соединения с шариком припоя и может быть вызван как окислением шариков припоя во время нагрева, так и недостаточной активностью флюса в паяльной пасте.

При использовании плат с органическим покрытием (OSP/Cu) рекомендовано проводить процессы пайки в среде азота для формирования качественных паяных соединений, соответствующих требованиям стандарта IPC 610D. Дальнейшая рекомендация касалась применения припоя сплава SnCuNi, в качестве альтернативы эвтектике SnAgCu. Были исследованы различные комбинации материалов. При проведении процесса пайки эти различия не оказывают большого влияния, однако при анализе механической прочности соединений было установлено, что смешанные соединения (SnAgCu/SnCuNi) более подвержены образованию трещин при термомеханической нагрузке (рис. 14). В конце доклада были рассмотрены процессы волновой и селективной пайки.

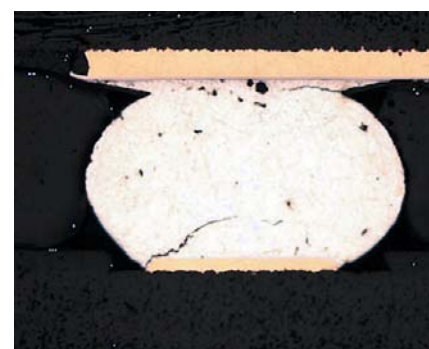


Рис. 14. Трещины в угловом шариковом соединении из припоя SnCuNi

Доклад представителя американской компании-производителя паяльных материалов Cookson Electronics г-на Ласло Редעי был посвящен проблемам смешанного монтажа. В начале доклада были представлены процессы нанесения паяльной пасты и ее оплавления и всевозможные проблемы и дефекты, которые могут возникнуть в ходе этих процессов. При рассмотрении процессов смешанной технологии было указано на повышенные требования к термостойкости печатных плат при бессвинцовой пайке, необходимость полного расплавления бессвинцовых шариков припоя в смешанном процессе и возможное достижение критической температуры нагрузки компонентов. В подтверждение актуальности возникновения дефекта «голова на подушке» были подробно описаны причины его возникновения и рекомендации для его избежания (рис. 15). Особое внимание должно уделяться при этом

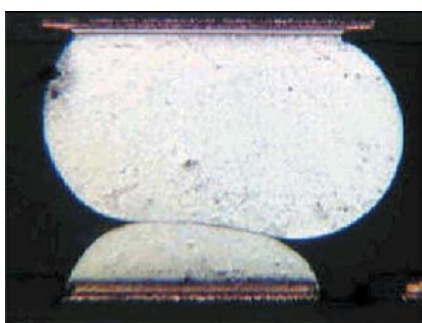


Рис. 15. Дефект «голова на подушке»

установке температурного профиля оплавления пасты. В конце доклада была дана рекомендация по применению свинцоводержащей пасты (OM-5300) сплавов SnPb37 и SnPb36Ag2, в том числе для смешанного монтажа.

Немецкую компанию ASSCON представлял руководитель отдела технологического оборудования НПФ «Диполь» Сергей Рыбаков. После перехода на бессвинцовую технологию монтажа метод конденсационной или парофазной пайки приобретает все большую популярность в Европе, однако многим технологам данный метод пока не очень хорошо знаком. В связи с этим в начале доклада был объяснен физический принцип данного метода. В качестве преимуществ метода конденсационной пайки по сравнению с методом конвекционного оплавления были названы следующие:



Рис. 16. Конденсационная печь VP-800 компании ASSCON

- Градиент температуры в пиковой зоне значительно меньше, чем при конвекционной пайке.
- Максимальная температура меньше, чем при конвекции.
- Максимальная температура ограничена температурой кипения рабочей жидкости.
- Для надежного оплавления паяльной пасты эвтектического сплава SnAgCu может быть использована жидкость с температурой кипения 230 °С.
- Легкий переход на бессвинцовые материалы: в машине меняется только жидкость с рабочей температурой 200 °С на жидкость с рабочей температурой 230 °С.
- Более низкое энергопотребление по сравнению с конвекционными печами.
- Пайка в инертной среде.

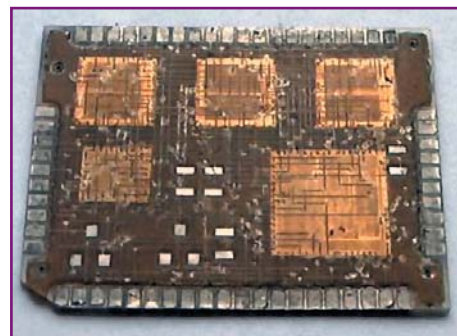


Рис. 17. Внутренний монтаж кристаллов

- Коэффициент передачи тепла примерно в 10 раз выше по сравнению с конвекционным методом пайки.

Также были представлены различные конденсационные печи компании ASSCON (рис. 16), начиная от лабораторных моделей и заканчивая конвейерными печами для крупносерийного производства. Для избежания образования пустот в паяных соединениях возможна комбинация конденсационной пайки с вакуумом.

В докладе директора российского производителя технологического оборудования для электронной промышленности компании НПФ «КВП Радуга» Евгения Назарова было представлено все многообразие продукции этой компании: от пневмодозаторов для нанесения паяльной пасты до сушильных терморadiационных печей. В дополнение к этому докладчик рассказал о технологии внутреннего монтажа кристаллов, позволяющей значительно повысить плотность монтажа (рис. 17).

Затем участники конференции посетили производственный участок ОАО «Авангард» (рис. 18а), включающий в себя современную линию контрактного монтажа и сборки РЭА, установки монтажа и демонтажа, в том числе компонентов в корпусе BGA, и рентгеноскопический контроль качества пайки. Следующим пунктом экскурсии был учебный и демонстрационный центр НПФ «Диполь» (рис. 18б), расположенный на территории ОАО «Авангард», где можно было ознакомиться с технологическим оборудованием, представленным данной компанией, в том числе с конденсационной печью VP-800 фирмы ASSCON. В заключение участники ознакомились с основными этапами механосборочного производства несущих конструкций ОАО «Авангард», начиная от прецизионной обработки листового металла на автоматизированном оборудовании и заканчивая порошковым покрытием готовых изделий.

В результате итоговой дискуссии был принят ряд важных решений, направленных на обеспечение возможности применения импортной элементной базы в отечественной РЭА, в том числе ответственного назначения, а также на расширение экспортных возможностей предприятий, производящих аппаратуру общепромышленного и гражданского применения в соответствии с требованиями ЕС RoHS.

Учитывая успех данного мероприятия, организаторы рассматривают возможность ежегодного проведения научно-практической международной конференции такого уровня (рис. 19).



Рис. 18. Во время экскурсии по: а) производственному участку ОАО «Авангард»; б) демонстрационному центру НПФ «Диполь»



Рис. 19. Докладчики первого дня с организаторами конференции (слева направо: А. Г. Новиков, В. Д. Ивин, А.М. Медведев, В. М. Критский, Н. Н. Иванов, В. Хертель, Д. Шаде, М. Новотник)