

Лаборатория передовых техпроцессов компании Universal Instruments — стратегический партнер для производителей электроники

Николай Васюнькин

nikolay@clever.ru

Алексей Курносенко

akurnosenko@elinform.ru

Американская компания Universal Instruments известна во всем мире как производитель высокотехнологичного сборочного оборудования для производства электроники, однако не меньшую мировую известность эта компания получила благодаря основанной ей в далеком 1987 году Лаборатории передовых техпроцессов (Advanced Process Lab, APL). И в те годы, и тем более в настоящее время, в условиях жесткой конкурентной борьбы между производителями ключом к рыночному успеху являются прежде всего знания, полученные в результате комплексной научной проработки. Очевидно, что конкурентным преимуществом будут обладать только те компании, в структуре затрат которых значительная доля отводится финансированию передовых научных и прикладных исследований. Базой для таких работ и служит открытая компанией Universal Instruments лаборатория. Ее работа позволяет компании не только продолжать выпуск конкурентоспособного сборочного оборудования, но и оказывать поддержку многочисленным производителям и поставщикам электроники, помогая им внедрять современные материалы, процессы и технологии, определять причины отказов, оптимизировать надежность и поддерживать изделие на протяжении всего жизненного цикла.

APL располагается в г. Бингхэмптон (штат Нью-Йорк, США), где находится и головной офис компании Universal Instruments. Лаборатория состоит из трех взаимодействующих между собой подразделений: международного консорциума A. R. E. A. (Advanced Research in Electronics Assembly, «Передовые исследования в области сборки электроники»), группы поддержки техпроцессов и анализа отказов (рис. 1).



История консорциума началась еще в 1992 году, когда лаборатория поверхностного монтажа (SMT Laboratory) компании Universal Instruments привлекла ряд крупных компаний из списка Fortune 100 для проведения масштабного исследования, целью которого была разработка процесса сборки с применением компонентов со сверхмалым шагом выводов и компонентов на ленте-носителе. Таким образом, стало возможным распределить высокие затраты и технические риски на всех участников проекта. Результат оказался настолько успешным, что преобразовался в целый ряд исследовательских проектов, а сформировавшаяся структура положила начало организации, известной в настоящее время под названием консорциум A. R. E. A.

Сейчас консорциум объединяет в своем составе более 30 ведущих компаний отрасли сборки электроники. Работы охватывают исследования в области материалов, надежности и разработки техпроцессов. Основная цель работ — фундаментальное понимание сборочных процессов и материалов, при этом особое внимание уделяется максимизации выхода годных, обеспечению долговременной надежности выпускаемых изделий, сокращению сроков проектирования, затрат и ресурсов, облегчению выбора материалов. Каждый год специалисты APL на основе мнения членов консорциума, академических исследователей и представителей отрасли выбирают набор значимых проектов в области традиционных и передовых технологий, после чего проводят аналитические и экспериментальные исследования по намеченным темам. Работа выполняется коллективом штатных сотрудников, экспертов и консультантов, в котором задействованы ученые и представители академического сообщества — профессора, докторанты, выпускники университетов, магистры профильных университетов. Результаты в виде научных отчетов, руководств по процессам, протоколов испытаний, рекомендаций по применению и пр. публикуются на закрытом веб-сайте, а также демонстрируются на трех ежегодных выездных совещаниях. В работе принимают участие и сотрудники предприятий-членов консорциума, некоторые из которых проводят в лаборатории длительное время.

Среди текущих направлений работы консорциума можно выделить, например, исследования механизма накопления повреждений и характеров отказов в микроструктуре бессвинцовых паяных соединений, изучение материалов для заливки под корпус, определение влияния ускоренного термоциклирования на надежность, изучение техпроцессов на основе передовых компонентов и технологий (PoP, SiP, CSP,



Рис. 2. Образцы оборудования, используемого для проведения исследований в APL

Flip-Chip и пр.), процессов пайки в паровой фазе, пайки высокотемпературными припоями, корпусирования оптоэлектронных компонентов, решение типичных проблем отрасли — роста «усов», дендритов, проблемы образования кратеров под контактными площадками и др.

Все научные и прикладные исследования проводятся в APL на современном оборудовании — как сборочном, так и аналитическом (рис. 2). Важно отметить, что возможности этой лаборатории, не только относительно оборудования, но и того, что касается широты знаний и опыта специалистов, намного превосходят таковые у подавляющего большинства коммерческих компаний — OEM-производителей и предприятий контрактной сборки, для которых поддержка лаборатории такого уровня стала бы непосильным бременем по финансовым и прочим соображениям.

Помимо двух полностью автоматизированных сборочных линий, оснащенных автоматами установки компонентов Universal Instruments и оборудованием для

остальных операций техпроцесса от ведущих мировых производителей — членом консорциума A. R. E. A., лаборатория обладает аналитическим подразделением, способным выполнять широчайший спектр научных исследований на современном уровне. Среди применяемых методов можно выделить:

- неразрушающий контроль с применением рентгеновского оборудования и сканирующего акустического микроскопа;
- сканирующую электронную микроскопию;
- различные методы тепловых анализов, включая дифференциальную сканирующую калориметрию, термогравиметрию, ИК-спектроскопию с преобразованием Фурье и пр.;
- методы исследования характеристик материалов, среди которых вискозиметрия, испытания на электромиграцию и смачиваемость;
- точные измерения размеров и линейных перемещений, включая, например, измерение столбиковых выводов на полупроводниковой пластине;

- ионную и газовую хроматографию, масс-спектрометрию и многие другие.

Отдельно следует отметить полную готовность лаборатории к проведению различных испытаний на механические воздействия и воздействия окружающей среды: к услугам специалистов большое количество климатических камер, вибростендов, конвекционных и вакуумных печей.

Вторая часть работ, проводимых в APL, направлена на поддержку техпроцессов заказчика и призвана обеспечить для таких процессов высокий выход годных, надежность как самих процессов, так и выпускаемых изделий, быстрый возврат вложенных средств, сокращение затрат на материалы и трудовые ресурсы, оптимизацию стратегии испытаний.

Важно отметить, что APL оказывает поддержку на всем протяжении жизненного цикла изделия — от концепции до окончания срока службы и предлагает ряд услуг на каждом этапе (рис. 3). Выполняются работы различного характера — от разработки техпроцесса, подготовки производства, выпуска опытных



Рис. 3. Услуги APL в течение всего жизненного цикла изделия

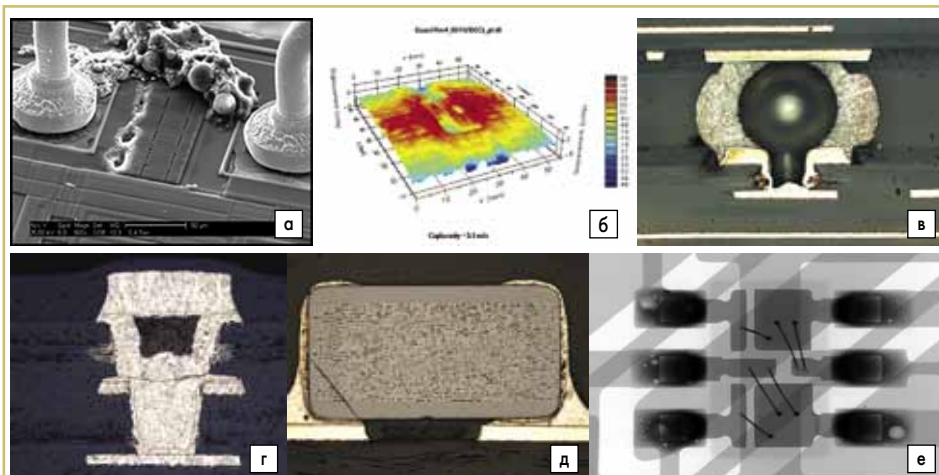


Рис. 4. Примеры исследований, проводимых в APL:

- а) результат электрического перенапряжения кристалла; б) оценка коробления корпуса BGA-компонента; в) несоответствие микропереходного отверстия требованиям; г) микрошлиф стекрированных глухих отверстий; д) растрескивание многослойного керамического конденсатора; е) рентгеновское изображение годного компонента SOIC

образцов и небольших партий изделий и их оценки до комплексного аудита предприятия и разработки решений «под ключ», часто с использованием нестандартных компонентов и материалов. Также проводятся испытания и выбор технологических материалов, оценка конструкций печатных плат, трафаретов и пр. Разумеется, все общение с сотрудниками APL происходит строго конфиденциально, без доступа к информации третьих лиц.

Наконец, последнее, но не менее важное направление работы APL — анализ первопричин отказов. Локализация отказов и определение основной причины их возникновения — комплексная задача, которая еще более усложняется, если в создании изделия применяются высокотехнологичные компоненты, материалы и методы сборки. Чтобы быстро и безошибочно определить причину отказа, необходимы не только сложные инструменты, позволяющие заглянуть, например, под поверхность CSP-компонентов, паяных соединений, печатных плат, но и, что не менее важно, умение управлять этим инструментарием и наличие знаний, опыта и квалификации во многих смежных дисциплинах, что позволяет правильно интерпретировать полученные результаты.

В APL были разработаны ключевые производственные процессы для всех семейств электронных компонентов, и в совокупности с экспертными знаниями по каждому типу корпуса и технологии сборки это дает возможность не только выявлять основную причину отказа, но и оперативно устранять ее, предотвращать появление таких отказов в будущем, повышать эксплуатационную надежность, а также предоставлять доказательства в случае возникновения претензий по качеству изделий и возврата изделий производителю. Все это избавляет производителя от больших расходов, связанных с ремонтом, отбраковкой и исполнением гарантийных обязательств. Работы по анализу отказов в APL проводятся в интересах отраслевых компаний разнообразной специализации — помимо OEM- и контрактных

производителей, это поставщики печатных плат, материалов и компонентов, конечные потребители продукции и даже конкуренты компании Universal Instruments.

Не считая традиционных компонентов, плат и сборок, анализу могут быть подвергнуты и такие высокотехнологичные/сложные компоненты и материалы изделия, как кабельная разводка, гибкие платы и платы с высокой плотностью межсоединений (HDI), финишные покрытия, адгезивы, материалы для герметизации и заливки, припои и флюсы всех типов и форм и пр. (рис. 4).

Возможности APL по анализу дефектов чрезвычайно широки. Вот лишь некоторые из типовых применяемых исследований:

- оптическая инспекция, рентгеновский 2D-контроль;
- ионная хроматография, анализ ионных загрязнений;
- получение микрошлифов;
- энергорассеивающий рентгеновский анализ;
- цветная дефектоскопия;
- механические испытания на отрыв и сдвиг;
- климатические испытания, включая тепловой удар и термоциклирование;
- акустическая микроскопия;
- измерение толщины металлизации с помощью рентгенофлуоресцентного анализа и многие другие.

За многие годы работы в APL накоплено множество примеров решений проблем заказчиков и экономии ими средств. Так, например, была эффективно найдена причина перемежающихся отказов в партии светодиодов, используемых в изделии — приборной панели. Исследования в поляризованном свете помогли быстро обнаружить серьезные трещины в конструкции светодиодов, а анализ отказов позволил установить, что эти трещины наличествовали уже на этапе приемки светодиодов. Суммарная экономия средств OEM-производителя составила более \$250 000. В другом случае использование сканирующей электронной микроскопии и энергорассеивающего рентгеновского анализа позволило пре-



Рис. 5. Объекты исследования APL:

- а) ширина проводника/зазор составляет 14 мкм; б) компонент Flip-Chip с шагом 70 мкм

доставить неоспоримые доказательства того, что финишное покрытие поставляемых плат не соответствует требованиям заказчика, что дало ему возможность вернуть платы, получив возмещение, и настоять на соблюдении своих технических требований, сэкономив, по оценкам, около \$100 000.

В заключение остановимся на двух реальных проектах, выполненных в APL и демонстрирующих ее технологические и научные возможности.

В первом из них в сотрудничестве с производителем была выполнена паяная сборка на гибком основании с участием компонентов Flip-Chip с самым маленьким в мире шагом выводов (рис. 5) для использования в медицинском катетере, предназначенном для получения ультразвукового изображения стенок коронарной артерии.

В рамках этой работы в APL была разработана новая концепция монтажа, далее в соответствии с ней перепроектировано монтажное основание, предложено патентованное решение по автоматизации и соответствующая оснастка, разработан сборочный процесс «под ключ», выполнена сборка опытных образцов, проведена передача процесса заказчику и обучение специалистов, выполнены аналитические исследования и испытания на надежность.

Вторым проектом, который хотелось бы отметить, является магнитный компас для 3-осевого GPS-устройства SiP.

Здесь специалистами лаборатории была разработана технология сборки устройства в составе трех компонентов Flip-Chip, один из которых устанавливался на боковую грань. Лаборатория отвечала за все применяемые материалы и процессы: скрайбирование полупроводниковых пластин, проектирование и приобретение подложек, процесс сборки и выбор материалов, конструкцию литьевых пресс-форм и операцию литья под давлением,

разделение и маркировку, а также собственно за мелкосерийное производство на мощностях APL. Разработанное в результате комплексное решение по сборке было передано заказчику в Малайзию.

Таким образом, APL несомненно вносит существенный вклад в развитие производства электроники. С одной стороны, ее научные исследования обеспечивают для компании

Universal Instruments конкурентные преимущества при разработке сборочного оборудования, позволяя оперативно реагировать на постоянно изменяющиеся технологии электронной промышленности, с другой, лаборатория, активно участвуя во всем процессе проектирования изделия заказчика, снабжает его современными технологиями и техпроцессами, проводит контроль и испытания, анализирует

отказы, а также предоставляет производственные мощности для отработки процесса, выпуска и анализа опытных образцов, обучает специалистов и в результате передает готовый процесс на предприятие заказчика.

Услугами APL пользуются предприятия во всем мире, и российские заказчики, вне всякого сомнения, также могут извлечь большую выгоду из подобного сотрудничества. ■