

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

"ПЕЧАТНЫЙ МОНТАЖ ДЛЯ РАЗРАБОТЧИКОВ И ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ РЭА"

2 июля в Политехническом музее прошел научно-практический семинар "Печатный монтаж для разработчиков и производителей РЭА". Он состоялся в рамках постоянного цикла научно-технических семинаров, проводимых журналом "ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес" и РИЦ "Техносфера" и посвященных наиболее актуальным проблемам практической электроники.

На семинаре присутствовало около 100 специалистов – генеральные директора, главные инженеры, ведущие инженеры-конструкторы, главные специалисты, инженеры-технологи и т.д. – от 60 организаций, в том числе ведущих предприятий в области разработки и производства РЭА (КБ "Луч", ПО "Старт", НПО "Агат", НИИ "Стрела", НИЦЭВТ, НПП "Связь" и др.) Были представлены доклады по важнейшим проблемам технологии производства печатных плат (ПП) и электронных узлов, вопросам приобретения оборудования для монтажа печатных узлов, а также о современных средствах проектирования (САПР) ПП. Ниже представлены доклады, посвященные вопросам производства ПП и оборудования для печатного монтажа. Информация, содержащаяся в докладах на тему САПР ПП, отражена в статьях раздела "Средства проектирования" нашего журнала (см. стр. 44–51).

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И ПЕЧАТНОГО МОНТАЖА

Илья Лазаревич Лейтес, заместитель главного инженера Института точной механики и вычислительной техники им. С.А.Лебедева (ИТМ и ВТ)



Слухи о смерти индустрии печатных плат в России сильно преувеличены. ИТМ и ВТ занимается освоением новых современных технологий производства ПП и поверхностного монтажа и на основе этих технологий изготавливает малые и средние партии ПП, в том числе и очень сложные. Последнее достижение предприятия и предмет его

гордости – это 20-слойная ПП с шириной проводников и зазоров 100 мкм, которая сделана по заказу НИИ МВС (Таганрог).

С учетом различных ограничений, которые имеет каждая технология, производимые ИТМ и ВТ печатные платы можно разделить на четыре категории: простые, типовые, сложные и сверхсложные. У простых ПП ширина проводника и зазора 200 мкм, слойность практически не ограничена, отношение толщина платы/диаметр сверла (h/d) равно 5:1. Типовые имеют ширину проводника и

зазора 150 мкм, слойность порядка 22, а $h/d = 8:1$. У сложных ПП эти параметры составляют, соответственно, 100 мкм, 20 слоев, 10:1. Предприятие может изготавливать и сверхсложные ПП с шириной проводников 75 мкм и отношением 10:1 и более, но пока заказов на них поступает мало.

Основные характеристики ПП, по которым можно их классифицировать, достаточно многообразны:

- часто используется только соотношение ширины проводника и зазора, хотя этот параметр характеризует всего лишь точность фотолитографического процесса и связан в основном с разрешением резиста и процедурой травления;
- одним из важных параметров является разность диаметр контактной площадки-диаметр сверла. Именно он главным образом определяет надежность ПП и связан с образованием так называемого гарантийного пояса. Наличие пояса говорит о том, что сверло не вышло за пределы контактной площадки и во время травления травильный раствор не проник внутрь отверстия; кроме того, этот параметр определяет точностные характеристики системы базирования и совмещения (следует отметить, что последнее время разработчики без достаточных технических обоснований уменьшают этот параметр до критических значений – 0,25 мм и менее);
- параметр h/d – основное соотношение в ПП. Это характеристика возможностей процессов металлизации;
- структура ПП: а) основная рабочая структура – "фольга на наружных слоях". При переходе на нее была решена проблема коробления; б) перспективная структура – плата с глухими отверстиями. Создается на оборудовании высокой точности, позволяющем определять глубину сверления (при этом следует иметь в виду, что для глухих отверстий существует принципиальное ограничение по h/d – не более 1:1); в) платы с тепловыми слоями: внутри платы вложены тепловые пластины, представляющие собой медную фольгу толщиной 100 или 200 мкм. Позволяют отводить тепло на периферию ПП и рассеивать до 25–30 Вт. Перспективны для бортовой РЭА; г) гибко-жесткие платы.

Предприятие занимается также и монтажом, который тесно связан с производством ПП. Продукцию, как правило, составляют специализированные вычислители, на которых смонтировано множество ИС с большим числом выводов. Поэтому необходимо прецизионное автоматизированное монтажное оборудование. Реализовать такие конструкции с помощью паяльника уже невозможно!

В перспективе мы видим освоение структур с глухими отверстиями; технологии прецизионного рисунка с проектными нормами 75 и 50 мкм, где перспективно лазерное формирование рисунка; освоение технологии встраивания в слои ПП резисторов и конденсаторов.

Не освоенные, но перспективные направления конструктивно-технологического развития – технология послойного наращивания. Здесь отсутствуют необходимые материалы, конструкторские решения, а главное, соответствующее оборудование. Кроме того, пер-

спективно формирование рисунка ПП с помощью принтеров.

Одна из серьезных проблем, с которой сталкивается производство, – низкий уровень технологичности конструируемых печатных плат и электронных модулей. В какой-то степени эту проблему решают "Конструктивно-технологические нормы", разработанные на предприятии и передаваемые разработчикам при заказе ПП. Более эффективно – привлечение технологов к проектированию на более ранних стадиях разработки.

В заключение хотелось бы разрушить еще один миф, деструктивно влияющий на функционирование отечественной индустрии ПП. На российских предприятиях, и ИТМ и ВТ – один из примеров такого предприятия, можно изготавливать не только ПП любой сложности, но делать это в четко установленные сроки (3–4 недели для МПП по стандартному графику и 1,5–2 недели – по срочному), по ценам, вполне конкурентным с ЕС и даже с ЮВА, с гарантийными обязательствами в соответствии с отечественными НТД. В этой связи разработчикам, главным конструкторам пора бы прекратить практику заказа ПП за рубежом, особенно, если речь идет о госзаказе, бюджете и деньгах налогоплательщиков. Да и за державу обидно.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ И УЗЛОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Аркадий Максимович Медведев, научный руководитель компании "Электрон-сервис-технология", профессор МАИ



Рассмотрим наиболее проблемные моменты развития производства. Во-первых, нужно определиться, куда двигаться, во-вторых, понять, где наше место в международном распределении труда, в-третьих, какие финансовые механизмы следует привлечь, чтобы справиться с нашими проблемами. И, наконец, как решить вопрос адаптации нашей

продукции к международным требованиям.

Основная тенденция в развитии электроники остается прежней – миниатюризация всех элементов. Применительно к платам ширина дорожки и зазора сейчас составляет 0,1 мм, а в ближайшее время достигнет 75 и даже 50 мкм. Компоненты уменьшаются в размерах до долей миллиметра. Одновременно с миниатюризацией остается актуальной проблема обеспечения высокой надежности.

В области базовых материалов рынок развивается в направлении роста их термостойкости, так как для бессвинцовых сплавов необходима высокая температура пайки. Кроме того, новые технологии монтажа требуют изменений флюсов и припойных паст, а также новых технологий пайки с использованием нейтральной среды для предотвращения окислений, термоокислительной деструкции компонентов и материалов, новых финишных покрытий, увеличения термостойкости паяльных масок, новых технологий очистки плат после пайки, технологий ремонта и восстановления бессвинцовых паяных соединений. Шире используются полиимид-



20-слойная МПП производства ИТМ и ВТ

ные материалы, в основном для послойного наращивания МПП с глухими отверстиями, гибких и гибко-жестких плат.

Намечен переход к полуаддитивным методам формирования рисунка проводников и далее к лазерному гравированию фольги – очень сложному процессу из-за большой разницы в энергии сублимации фольги и диэлектрика.

В фотолитографии сейчас все шире используются автоматические экспонирующие системы с автоматическим совмещением фотосаблонов с заготовкой платы.

В связи с распространением прямой металлизации хочется предупредить, что переходить на нее при нормальном состоянии химической металлизации нецелесообразно. Тем более, что предстоящее освоение полуаддитивных процессов предполагает проведение в них операции химической металлизации, создающей проводящий подслой для последующей электрохимической металлизации. Прямая металлизация для полуаддитивного процесса противопоказана.

В электрохимической металлизации появилась новинка, называемая импульсной реверсной металлизацией. Она позволяет не только эффективно выровнять металлизацию в глубине отверстий, но и даже достичь обратного эффекта – более толстого осаждения в отверстиях, чем на поверхности.

Определились тенденции в производстве электронных узлов. Смещение сборочно-монтажных технологий в сторону поверхностного монтажа не предвещает полного отказа от технологий монтажа штыревых выводов в отверстия. Чисто поверхностный монтаж используется в небольшом объеме изделий, как, кстати, и монтаж в металлизированные отверстия. Большей частью используется смешанный монтаж. Поэтому контрактные производства комплектуют свои технологические линии стандартным набором оборудования, которое позволяет изготавливать электронные модули по любому виду монтажа.

Повсеместно вкладываются средства в автоматическое тестирование: электрическое, рентгеновское, оптическое. Это нужно для избавления от человеческого фактора. Даже в Китае с его дешевой рабочей силой используется автоматическое оптическое тестирование, не говоря уж об обязательном электрическом.

Каково же место российских предприятий в международном разделении труда? Состояние нашей отрасли красноречиво характеризует структура себестоимости ПП. В Германии, например, 40% себестоимости составляет зарплата, в Китае она всего 8%, а у нас – 14–16%. Огромную долю себестоимости в России занимают инструменты и материалы, которые в основном импортируются. Зато наши ресурсы дешевле. А в Китае ресурсы дорожают. В Европе они всегда были дорогими. Если говорить о месте России на мировом рынке ПП, следует радоваться, что еще сохранился высокий интеллект российских специалистов, который позволяет осваивать высокие технологии и занять свою нишу: сложные платы и электронные узлы при невысокой зарплате. Еще большую конкуренцию Юго-Восточной Азии и Европе можно составить, если выступать на международном рынке с программно-аппаратными продуктами. В цене этого продукта стоимость производства составляет лишь 25–30%.

Для производства сложной продукции нужны значительные инвестиции в обновление основных фондов. К сожалению, в России для этого требуется гораздо больше средств из-за того, что моральный и физический износ оборудования достиг запредельного уровня. Сравните: обновление парка оборудования и технологий в Европе происходило и происходит в среднем каждые пять лет, в Китае из-за быстрой изнашиваемости оборудования при кругло-

суточной работе – каждые 2–3 года, у нас последнее обновление было в 80-х годах, т.е. 15–20 лет назад.

Создание современного производства печатного монтажа требует значительных инвестиций – от 100 тыс. (для прототипного производства) до миллионов долларов. Из трех путей – накопление прибыли, кредит и лизинг – наиболее выгоден последний. Лизинг позволяет как бы арендовать оборудование в долг, а затем постепенно возвращать его стоимость из той необлагаемой налогом прибыли, которую получают с первого дня его эксплуатации. В конце концов, оно переходит в собственность лизингополучателя.

Сегодня в России создалась противоречивая ситуация, при которой есть спрос на капитал и есть предложение капитала, но нет эффективного рынка, где они могут встретиться. В таких условиях предприятия вынуждены искать инвесторов, готовых принять бизнес-планы развития производства и финансировать их реализацию. Любопытно, что посредниками по привлечению инвестиций успешно выступают фирмы-поставщики оборудования. Наиболее продвинутые из них имеют в своем составе высокопрофессиональных опытных технологов, способных оценить реальное техническое состояние предприятий и на основе этих оценок разработать технические проекты реконструкции существующих производств или создания новых.

В связи с предстоящим вступлением России в ВТО серьезную проблему вызывает отсутствие в стране системы стандартизации.* Это затрудняет интеграцию с западным рынком и заимствование технических решений в международной кооперации электронной продукции. Здесь кардинальным решением был бы перевод на русский язык стандартов Международной электротехнической комиссии, полноправным членом которой является Россия. В этом мероприятии должны принять участие как можно больше специалистов.

Сложившаяся конъюнктура рынка капитала – уникальна в новейшей истории России и представляет реальный шанс для экономического возрождения отечественного производства электроники.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО МОНТАЖА

Евгений Семенович Назаров, директор НПП "Радуга"



Предприятие производит широкий спектр оборудования для поверхностного монтажа радиоэлектронных блоков. Это, во-первых, дешевые устройства трафаретной печати, которые вручную обеспечивают высокую производительность. Дозаторы паст с регулируемым давлением и длительностью импульса.

Но центральный процесс сборки – пайка, определяющая качество изделия и материалы, которые необходимо использовать при ее операциях. Поэтому главным видом оборудования, производимым на предприятии, можно считать печи для оплавления припойных паст.

Уже на очень ранних стадиях разработки проявилась одна из важнейших характеристик печей для групповой пайки оплавлением припойных паст – это равномерность распределения температуры. На зарубежных печах она не позволяет паять платы на нетермостойких текстолитах типа СФ. Измеряя температуру различных точек крупной ПП при прохождении ее через конвейерную печь, мож-

но обнаружить значительную разницу температуры (иногда до 40°C) в центре платы и на ее краях. То же самое наблюдается и при прохождении группы небольших плат через печь. Причем крайние платы нагреваются меньше, чем средние. Это означает, что материал ПП должен быть термостоек при температурах 240–250°C (при пайке припоями типа ПОС-61). Соответственно термостойким должен быть и материал защитной маски. Такие материалы существуют, но они дороги. Печи для оплавления припойных паст, выпускаемые сегодня НПП "КВП Радуга", отличаются равномерностью распределения температуры на оплачиваемых изделиях. Достигается это неравномерным воздействием тепла на изделие, что обеспечивается применением плоских нагревателей с переменным шагом укладки резистивных нитей – он становится короче к периферии нагревателя. Это увеличивает тепловое воздействие на края ПП или на крайние ПП в группе, что компенсирует краевые эффекты. В результате достигается равномерность распределения температур до $\pm 1^\circ\text{C}$, что позволяет производить распайку радиоэлектронных узлов на дешевых марках стеклотекстолита и даже на гетинаксовых основаниях в режиме экспоненциального оплавления.

Результатом применения специальных нагревательных элементов в печах НПП "Радуга" должен стать значительный экономический эффект для сотен и тысяч отечественных предприятий, которые освободятся от необходимости применять дорогие импортные материалы: стеклотекстолиты с высокой температурой стеклования, дорогие защитные маски и т.д. Множество элементов, традиционно не оплачиваемых в печах группового нагрева (например, разъемы), успешно паяются в печах НПП "Радуга" при температуре чуть более 200°C. В печах "Радуга-20" и "Радуга-21" установлены частотные преобразователи, надежные синхронные двигатели и самые надежные из всех известных регуляторы температуры. Все это предопределяет высокую надежность печей "Радуга-20", "Радуга-21" и "Радуга-23", в которой к тому же возможно варьирование режимов. Печи компактны, выпускаются в настольном и настенном вариантах с сетчатым, ленточным и цепным (спутниковым) конвейером, в соответствии с требованиями заказчика. Печь "Радуга-23" имеет от 6 до 12 зон управляемого нагрева, ширина ее конвейера 450 мм, длина нагревательной камеры 2400 мм. Предприятие запускает в производство новую печь "Радуга-25" для оплавления паст на основе бессвинцовых припоев.

В НПП "Радуга" создается также оборудование для установки компонентов на ПП. Комфортное рабочее место с вакуумным пинцетом, оснащенным микрокомпрессором, позволяет вручную устанавливать компоненты на поверхность ПП с производительностью до 1000 элемент/ч.

Предприятие не обходит вниманием ремонтные и демонтажные работы. Ремонтно-паяльные станции НПП "Радуга" позволяют ремонтировать печатные узлы любой сложности.

По мере внедрения поверхностного монтажа все заметнее проявляются присущие ему недостатки, из-за которых снижается качество и надежность РЭА. Предлагаемая НПП "Радуга" технология внутреннего монтажа кристаллов** устраняет множество основных факторов отказов электронных узлов. Для внедрения этой технологии предприятию требуются два основных устройства: напыления и ионного травления полиимидной маски.

Прозвучавшие доклады вызвали живой интерес и дискуссию со стороны собравшихся специалистов. Их обсуждение и вопросы к докладчикам продолжились и после докладов, во время непосредственного общения на фуршете.

Не пропустите наши следующие семинары!

* ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №4, с.50–52.

** ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ, 2004, №5, с.12–14; www.raduga-npp.ru