

Российская индустрия печатного монтажа

должна идти в ногу с цивилизованным миром

Зеленоградский завод «Компонент», будучи опытным производством НИИ микроприборов в объединении «ЭЛАС», всегда отличался передовыми решениями в технологиях печатного монтажа. Инженерная среда «русской Силиконовой Долины» с ее микроэлектронным производством способствовала сближению макро- и микротехнологий межсоединений. Именно здесь произошло объединение достижений в области микроэлектронных технологий с достижениями в других областях науки и техники: телеметрии, вычислительной техники, систем автоматизированного управления, радиосвязи, дистанционного зондирования Земли из космоса.

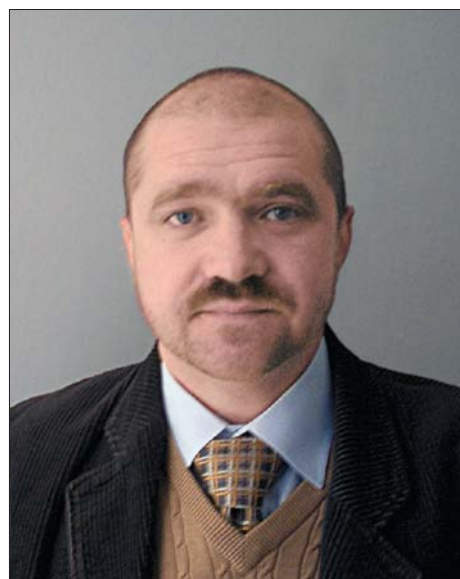
Успехи в конструировании микроэлектронной аппаратуры были бы невозможны без реализованных в производстве новых технологий межсоединений на основе многокристалльных модулей. И если в то время НИЦЭВТ осваивал технологии массового производства ЕС ЭВМ, копируя базовые конструктивно-технологические решения известной фирмы IBM, а ИТМ и ВТ шел по пути больших габаритов и большой сложности плат, строя гигантские вычислительные комплексы, завод «Компонент» вслед за лабораторией НИИМП в 80-х годах реализовал технологию полиимидных многоуровневых печатных плат с глухими отверстиями, о которых теперь так много говорят на международных конференциях. Настало время опубликовать имена авторов этих разработок: Г. Я. Гуськов, И. Н. Воженин, Г. А. Блинов, Э. В. Трайнис, Г. А. Плаксин. На этих технологиях воспитано новое поколение молодых российских специалистов. Среди них — потомственный технолог Петр Владимирович Семенов, прошедший на заводе «Компонент» школу от начальника техбюро до начальника специального технологического производства, включающего производство многослойных печатных плат, многослойных полиимидных плат, гибридных схем, общую гальванику и лакокраску. Он отличался редкой для производственников активностью в освоении новых технологий, которая позволила ему успешно управляться с таким сложным и неоднородным хозяйством. Сегодня Петр Владимирович директор инженеринговой компании «Электрон-Сервис-Технология», занимающейся разработкой и реализацией проектов производства печатных

плат, а также сборки-монтажа электронных модулей. Он объездил весь мир, выбирая новые технологии печатного монтажа и оценивая эффективность их использования в России. И сегодня он, пожалуй, один из самых информированных, высококвалифицированных специалистов, хорошо ориентирующийся в этой области высоких технологий.

— *Петр Владимирович, что нового наблюдается в мире технологий печатных плат?*

— Мне бы хотелось отметить сегодня в первую очередь новинки, которые появились на рынке в химических технологических процессах производства печатных плат. Первая тенденция — все шире применяются концентраты для изготовления печатных плат на различных этапах изготовления, прежде всего на процессах очистки отверстий после сверления от наноса смолы, на металлизации, на гальванике. Они обладают хорошей повторяемостью результатов и стабильностью в широких температурных диапазонах. Если сравнить эти процессы с фотографическими, то увидим, что сложную цветную фотографию, которую десять-пятнадцать лет назад в России делали с большими искажениями цвета, сегодня фирмы изготавливают на концентратах и на автоматическом оборудовании, и мы видим результат — качество. Это увеличило и рентабельность данного производства, улучшилось качество, и эта продукция получила широкое распространение. Примерно то же можно ожидать и при производстве печатных плат.

Второе, что сегодня является актуальным, это применение в гальванике импульсных источников тока. Все больше увеличивается



соотношение между минимальным диаметром отверстия и толщиной платы. И в этой связи мы вынуждены уменьшать плотность тока и увеличивать время нанесения гальванического покрытия для того, чтобы достичь минимально необходимой толщины металлизации в отверстии. В ряде случаев это недопустимо уменьшает производительность гальванической линии, которая и так является узким местом в производстве печатных плат. Применение импульсных источников тока позволяет расширить это узкое место, улучшить отношение толщины металлизации в отверстии к толщине металлизации на поверхности платы. А в ряде случаев при правильном подборе режимов импульсного тока в соответствии с конструкцией печатной платы даже иметь толщину в отверстии больше, чем на поверхности.

И третье: применение материалов с высокой температурой стеклования, что сегодня для России является новинкой, и только несколько предприятий начинают работать с такими материалами. Известно, что стеклотекстолит имеет по осям X, Y, Z различные коэффициенты температурного расширения. Температурный коэффициент по оси Z — величина непостоянная, возрастающая после температуры стеклования практически в де-



сятки раз. При достаточно большой толщине печатной платы столбик медного отверстия подвергается очень сильному механическому воздействию на растяжение. В ряде случаев это может приводить к отрыву контактных площадок слоев от столбика металлизации. Применение материалов с повышенной температурой стеклования позволяет отодвинуть барьер, когда резко меняется коэффициент температурного расширения по оси Z, перенести с 200 до 250 °C и выше. Благодаря этому можно достичь повышенной надежности печатных плат. Кроме того, эти материалы и по осям X и Y обладают лучшей температурной стабильностью и поэтому пригодны для изготовления сложных многослойных структур.

Хотелось бы отметить необходимость применения автозагрузчиков на сверлильные станки, поскольку средневзвешенная себестоимость шпинделя на станке порядка пяти-семи долларов в час независимо от того, работает станок или нет. Это те деньги, которые были израсходованы на его приобретение. То есть станок должен быть загружен в три смены, и применение загрузчиков позволяет оптимизировать процесс при меньшем количестве персонала, а также выполнять работу в праздничные дни и в ночное время.

— **Вы настоятельно рекомендуете внедрять системы совмещения MASS-LAM. Почему?**

— Сразу оговорюсь, что это не мы рекомендуем. У изготовителей печатных плат, как отечественных, так и зарубежных, всегда существовали проблемы при производстве многослойных структур. В первую очередь они были связаны с тем, что материал при обработке дает усадку или деформацию, как правило, неравномерную. При ламинировании многослойных структур применялись пресс-формы со штифтами, хотя хорошо известно, что чем тоньше материал, тем меньше штифт предохраняет от смещения слоев при прессовании. Мы знаем многие фирмы, которые делают многослойные структуры с большим количеством слоев. Им приходится склеивать слои между собой, потому что штифт фактически не держит при маленькой толщине слоя. Другая проблема заключается в том, что смещение каждого слоя происходит индивидуально. В этом смысле рассовмещение увеличивается. Когда идет прессование по технологии MASS-LAM, слои перед прессовкой жестко скреплены между собой. И если идет деформация в момент прессовки, то смещение идет синхронно: это либо расширение в этой данной зоне, либо смещение к центру заготовки. Таким образом, гораздо удобнее и точнее можно откорректировать программу сверления либо расположение базовых отверстий при установке на сверлильном станке. Это удобно и потому, что размер заготовки может быть любым: при проектировании технологической заготовки можно компоновать ее таким образом, чтобы отход материала был минимальным. В нынешней ситуации, когда базовые материалы резко подорожали, эта эконо-

мия становится еще более актуальной. Очень большую ошибку совершило подавляющее большинство наших предприятий при модернизации производства, отказавшись от использования системы автоматического совмещения при экспонировании. Посмотрите, что получилось. Люди вкладывали деньги в другое оборудование, в более качественные и точные пресс-формы, в установки формирования базовых отверстий в фотошаблонах, в установки формирования базовых отверстий в слоях после травления. А погрешности, которые гораздо больше, чем при пробивке фотошаблонов, возникали при экспонировании. Допустим, размер заготовки — 305 на 457 мм. Фотошаблон при колебании температуры на один градус и влажности на пять процентов по диагонали будет иметь изменение размеров на плюс-минус 28 микрон. Если к этому добавить еще тепловое воздействие ламп при экспонировании, пускай это даже будет холодный источник света, а также воздействие паров фоторезиста на фотошаблон при неоднократном экспонировании, то даже при таких габаритах заготовки изменение размеров может составить более ста микрон. Применение установки экспонирования с автоматическим оптическим совмещением позволяет задавать необходимую точность и не производить экспонирование, если параметры совмещения превышают эти допуски. Таким образом, реально можно не только контролировать, но и управлять технологическим процессом. При этом обратите внимание, что результат будет наиболее достоверный по сравнению с ручными установками, даже если условия микроклимата, рекомендованные для этого процесса, не будут соблюдаться. Таким образом, можно делать селективную выборку при экспонировании.

— **А чем, собственно, отличается компания «Электрон-Сервис-Технология», где вы работаете, от других фирм, выступающих на рынке оборудования печатных плат?**

— Основное отличие нашей компании от других заключается в том, что она инжиниринговая. Что это означает? Компании, которые традиционно присутствуют на российском рынке, заключают эксклюзивные договоры с поставщиками оборудования и свою политику по рекламе строят исходя из того, какое они набрали оборудование. Мы же в первую очередь сделали оценку себестоимости продукции в российских условиях, посчитали все затраты. Затем, исходя из параметров окупаемости, которые позволяли бы в течение трех лет окупать оборудование, а в течение шести лет зарабатывать на новое для обновления, выбрали комплект оборудования, который отвечает по качеству и производительности текущим задачам и позволит вернуть средства в планируемое время. Ясно, что рынок может развиваться только при тех условиях, когда существует окупаемость. Нельзя до бесконечности списывать деньги за счет других производств, за счет сборки, за счет ноу-хау изделия в целом и кормить этим печатные платы. Такая поли-

тика позволяет содержать производство печатных плат только под собственные нужды. Но совершенно ясно, что до тех пор, пока производство печатных плат не станет контрактным, говорить о расширении рынка и о формировании цивилизованного рынка печатных плат в России невозможно. На это влияет еще один очень важный фактор. Пока печатные платы являются продуктом, который потребляет собственный завод, нет никакой возможности создать единые технические условия или стандарты или применить действующие за рубежом. Общие стандарты, по которым можно было бы разграничить ответственность заказчика и изготовителя, не могут быть сформулированы до тех пор, пока не будет развито контрактное производство печатных плат. Поэтому увеличение рынка и стандартизация тесно связаны, и разделить их нельзя.

Одним словом, мы создаем проекты производства, где оборудование — лишь один из компонентов производства. Наши проекты — это и технологии, и оборудование, и материалы, и инструмент, и обучение персонала, и пуск производства, и техническое сопровождение, т. е. все, что нужно для полноценного становления или модернизации производства.

— **Как вы полагаете, какое место может занять Россия в международном разделении труда в производстве печатных плат?**

— В первую очередь это изготовление опытных образцов по достаточно высоким стандартам и по конкурентоспособным ценам — конкурентоспособным по отношению к Европе. И, естественно, сохранится достаточно большая собственная потребность на специальную аппаратуру.

Технико-экономические расчеты, которые сопровождают наши проекты, при правильной организации производства демонстрируют конкурентоспособность российских производителей относительно даже китайских и по цене, и по техническому уровню. Нужно все-таки учитывать, что у нас дешевле энергоресурсы и зарплата не так уж высока. Кстати, китайские производители подняли цены на все полуфабрикаты на 30%, нужно ждать повышения цен и на электронную продукцию. Мы рассчитываем на то, что российские производители смогут развернуть поток заказов печатных плат из Юго-Восточной Азии в Россию. Что касается сборочно-монтажного производства, то его рентабельность доказана эффективной работой московских фирм FASTWEL, LVS-Electronics, «Альтоника» и др.

— **Расскажите, пожалуйста, как соотносится ваша деятельность на заводе «Компонент» с разработкой проектов современных производств?**

— Очень интересный вопрос. Дело в том, что завод «Компонент» — опытный завод, и он до сих пор сохранил такой статус. Большое количество конструкций впервые производилось на этом заводе и после отработки технологий передавалось на серийные предприятия. Это относится в первую очередь к многослойным структурам с попарными переходами и с толщиной плат до шести миллиметров к многослойным полиимидным пла-

там до 24 слоев повышенной плотности монтажа с проектными нормами 80 микрон для проводников, зазоров и переходных отверстий в тонком слое. Завод «Компонент» характеризовался тем, что выпускал гибридные микросхемы на керамических подложках поликорсилитал-сапфир, схемы, предназначенные для работы в СВЧ-диапазоне с резисторами и индуктивностями, выполненными в одной схеме. Вот это последнее производство на заводе «Компонент», которое существует до сегодняшнего дня, как раз включает технологию обычных, традиционных многослойных печатных плат и производство полиимидных гибких и СВЧ-НЧ-микросхем. То есть номенклатура и технологические процессы на заводе были очень широкими, практически охватывали весь диапазон стандартно применяемых сейчас за рубежом технологий. Также на заводе «Компонент» мы занимались технологией многокристалльных модулей, и первоочередной задачей нашего подразделения было изготовление подложки для установки кристаллов. Естественно, там присутствовали жесткие проектные нормы. Можно сказать так: на одном квадратном сантиметре в полиимидной структуре располагалось 1600 переходных отверстий. Стояла задача выполнения таких гибких пленочных структур. Собственно говоря, участие именно в этом проекте вывело фирму ЭСТ на систему регистрации MASS-LAM и PRINTPROCESS AG. Когда мы стали заниматься этой проблемой, выяснилось, что в России сегодня не применяется система регистрации, которая позволяла бы стабильно с высоким уровнем годных делать плотные насыщенные структуры на различных материалах. В первую очередь это было связано с тем, что полиимид при обработке давал усадку, тонкие подложки при обработке давали усадку, фотошаблоны давали колебания своих размеров в зависимости от условий электронной вакуумной гигиены. И необходимо было найти систему, которая бы позволяла на всех этапах минимизировать и сокращать набегающие ошибки. Лучше всего подходила для этого система MASS-LAM, где базирование было относительно простым и в нем практически не участвовали штампы. В первую очередь это достигалось применением автоматических светокопировальных рам, которые позволяли работать с фотошаблонами без базовых отверстий и усреднять набегающие ошибки при экспонировании. При этом совмещение контролируется до экспонирования. При внимательном анализе тех предложений по системам регистрации, которые существовали на рынке, мы определили, что система PRINTPROCESS, в отличие от систем других фирм, обладает большей гибкостью. В первую очередь это относится к установке TARGOMAT, которая позволяет формировать базовые отверстия на слоях после травления и на спрессованных заготовках толщиной до семи миллиметров, что в общем-то для этих систем является рекордом. Система имеет беспрецедентную точность при формировании отверстий на самой толстой подложке — плюс-минус семь с половиной микрон. Это также относится и к автоматическим ра-

мам. Основное отличие автоматической рамы экспонирования фирмы PRINTPROCESS — возможность быстро менять форматы и задания. Смена задания — переход на другую плату — тридцать секунд. Это сегодня рекорд для автоматических установок. То есть, собственно говоря, за тридцать секунд происходит перезагрузка информации при смене задания.

— **При разработке проектов вы делаете запас на будущее?**

— Да, естественно — в отличие от зарубежных интеграторов, которые выполняют техническое задание, чтобы минимизировать свои затраты на комплект оборудования и выиграть в тендерах. Они, как правило, просто по пунктам выполняют задание заказчика. Если вы указали, что вам нужно производство плат с толщиной до полутора миллиметров, вы получите комплект оборудования, где можно будет делать платы толщиной до полутора миллиметров. А два миллиметра вы уже делать не сможете. Мы же, зная российский менталитет и специфику наших предприятий (задания меняются очень быстро, и, как правило, люди не знают, что они будут делать даже в ближайшем будущем), делаем запасы в проектах как по параметрам точности, так и по параметрам производительности и по параметрам конструктивного характера. То есть наше производство стандартно для многослойных печатных плат, которые мы сегодня предлагаем на рынке, позволяет делать как многослойные печатные платы толщиной до 4–7 мм, так и гибкие печатные платы, а также комбинированные гибко-жесткие печатные платы.

Так что профессиональный задел, полученный на заводе «Компонент», позволяет осознанно подходить к проектированию производств, хорошо понимать технологические потребности Заказчиков, разговаривать с ними на одном родном языке, вплоть до сленга, свойственного технологам. Мы хорошо понимаем друг друга. И я не единственный такой на нашей фирме. У нас работает бывший начальник цеха Пинус Юрий Ильич, бывший главный технолог отрасли по печатным платам, начальник отдела НИЦЭВТ, д. т. н., заслуженный технолог России, профессор Медведев Аркадий Максимович, молодые инженеры-технологи, поработавшие в производстве, инженеры-наладчики, стажировавшиеся за рубежом. Все, кто с нами работал, думаю, высоко оценили их профессиональный уровень.

— **Как вы считаете, какие главные трудности сегодня ждут российских производителей в развитии производства?**

— Есть несколько трудностей. Первая — это отсутствие понимания экономического обещания той модернизации, которую они производят. Ясно, что оборудование устарело, его надо модернизировать, но представления, когда реально все это окупится и какой комплект оборудования надо ставить для того, чтобы минимизировать затраты, на сегодняшний день наши производители, как правило, не имеют представления. Они не понимают, что на одни и те же деньги можно получить совершенно разные качество и потребительские свойства поставляемого оборудования. Второе, чем

страдают наши производители, — нежелание технологов, определяющих состав закупок, считать деньги (с одной стороны) и невнимательность руководителей, распоряжающихся деньгами, к нуждам технологов (с другой стороны). Большие аппетиты технологов и ограниченность средств — это противоречие можно разрешить только грамотным технико-экономическим обоснованием закупок. И третье. Как бы ни были грамотны наши технологи, им не доступен весь объем современной информации о подробностях новых технологий. Только специалисты инженеринговых фирм могут позволить себе регулярное общение с зарубежными специалистами и современными производствами, с продуктами этого производства. На этой основе они способны реально оценить все новинки в области технологий, материалов и оборудования. Мы гордимся тем, что наш коллектив инженеров все это видел и еще многое увидит, многое знает, хорошо профессионально подготовлен, чтобы активно содействовать развитию отечественного производства.

— **Как вы оцениваете подготовку специалистов в освоении новых технологий?**

— На самом деле российские специалисты, как правило, получили достойное образование. Недаром во всем мире считается, что образование в Советском Союзе — лучшее. Другой вопрос, что мы длительное время имели отрыв от информационной базы. И в каком направлении двигалась индустрия за рубежом, представляло ограниченное количество людей. Сегодня наши технологи недостаточно информированы в технологиях и оборудовании, которое применяется во всем мире. Дело не в том, что эта информация не поступает, а в том, что невозможно посмотреть реально действующее производство на предприятиях, которые проводили перевооружение без остановки. Для того чтобы понять назначение каждого процесса, реальное получение прибыли от его использования, его надо видеть вживую.

Но все же самое главное преимущество российских технологов — их профессиональная подготовленность к восприятию новых технологий, новым принципам работы оборудования, что является залогом ускоренного развития российского производства на новом качественном уровне. Лишь бы руководители наших производств умели привлекать инвестиции в производство, а уж российские технологи смогут эффективно их использовать для становления и модернизации электронных производств. Русские технологи всегда отличались широтой профессиональной подготовки, которая позволила им выжить в трудных условиях погибающего производства. Тем более они воспрянут, когда получат долго ожидаемое обновление.

Мы на нашей фирме видим обилие заказов на развитие и модернизацию производства, видим оживление деловой активности в электронной индустрии, и мы рады, что являемся участниками исторического процесса возрождения российской электронной промышленности.

Интервью провела Ольга Зайцева