

ИЩЕТЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ?

ВИЗИТ НА ПРОИЗВОДСТВО ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ КИРОВСКОГО ФИЛИАЛА АО "КОНЦЕРН "ОКЕАНПРИБОР"

В.Мейлицев

Изначально предприятие, называющееся сегодня Кировским филиалом АО "Концерн "Океанприбор", создавалось для внедрения и сопровождения в серийном производстве продукции ЦНИИ "Морфизприбор" – гидроакустических комплексов различного назначения. Постепенно сформировался круг тематических направлений, в которых филиал сам имеет статус головного разработчика. В основном это гидроакустические средства ближней зоны, а также тренажеры для всех комплексов, создаваемых объединением предприятий, в котором он состоит. Под эти задачи создавалась его производственная инфраструктура.

В 2006 году был образован концерн, в составе которого объединены российские предприятия, работающие в области гидроакустики; ФГУП "ЦНИИ "Морфизприбор" стал его головной компанией, преобразовавшись в АО "Концерн "Океанприбор". В новом организационном формате средства, в том числе получаемые по федеральным целевым программам, направляются прежде всего на развитие производственной деятельности предприятий концерна. В 2011 году руководство приняло решение о разворачивании на территории Кировского филиала современного высокотехнологичного производства, способного производить платы любой сложности в интересах всего объединения и, шире, других потребителей продукции такого класса.

Вот это производство мы и приехали посмотреть. Как обычно, разговор начался в кабинете директора филиала Александра Анатольевича Войтова.

Круг задач Кировского филиала был далек от такой специальной деятельности, как изготовление печатных плат. Александр Анатольевич, расскажите, пожалуйста, как создавалось это производство.

Действительно, мы создавали все с нуля – и производственное помещение, и коллектив. На площадях, закупленных под новое производство, ранее располагались испытательные

лаборатории, склады – ничего общего с тем, что было нужно нам. Пришлось сносить все, кроме несущих перегородок, но в этом был и немалый плюс: свобода в определении состава и компоновки технологических цепочек, производственных участков.

Тендер на поставку технологий выиграла Группа компаний Остек, с которой у "Океанприбора" уже имелся опыт сотрудничества. Для



А.А.Войтов

проектирования очистных сооружений привлекли литовскую компанию Inесо, строительные работы выполнялись фирмой "Форт" по проектной документации "ФабЦентра" – дочерней компании холдинга ГК Остек.

Получилась кооперация предприятий, фактически возглавляемая Остеком, и в этом заключается один из факторов успеха всего проекта. Процесс производства печатных плат очень сложен, в таких условиях наиболее эффективна организация работы по типу генерального подряда,

когда за все, начиная от выбора технологий и заканчивая гарантийным сопровождением производства, отвечает одна компания.

Другим фактором, сыгравшим положительную роль, как это ни странно, было почти полное отсутствие профильных специалистов по изготовлению печатных плат на стартовой стадии работ. Квалифицированных сотрудников было буквально два-три человека, да и их опыт тоже не совсем подходил, так как он был наработан на оборудовании производства 1980-х годов; но эти люди глубоко знали суть основных процессов производства и имели навыки его организации. Остальных набирали по принципу наличия общих технических знаний и желания работать на таком производстве. Их было легко научить, так как они не имели предубеждений, сформировавшихся на прежних местах работы аналогичного профиля. Им выдали карты технологических процессов, инструкции по работе на оборудовании. И через два



Промышленные коммуникации тоже могут выглядеть красиво. Поначалу предполагалось проложить их в каналах, но потом решили сделать внешний монтаж: наглядно, удобно для обслуживания и по-своему эстетично

месяца после запуска оборудования в опытную эксплуатацию – он состоялся в апреле 2015 года – были выпущены первые двухсторонние печатные платы, а еще через два месяца – многослойные.

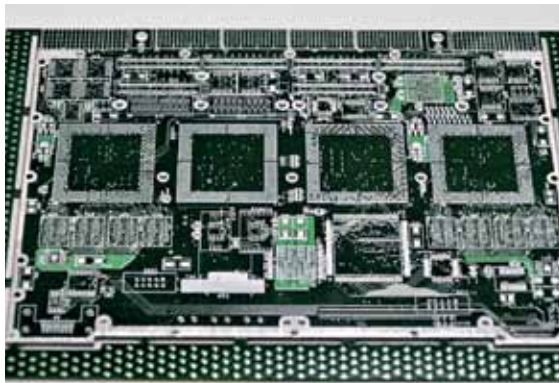
Каков уровень сложности плат, которые вы в принципе можете и уже научились делать?

Оборудование позволяет изготавливать платы 6-го класса точности с элементами 7-го в первую очередь по параметрам совмещения и элементам схемы, применять практически все виды базовых материалов: стеклотекстолиты, фторопласты, различные материалы компании Rogers, полиимиды, материалы с керамическим наполнением и на алюминиевом основании благодаря использованию процессов металлизации J-Kem.

Что касается того, что мы научились делать, – есть хороший пример.

В прошлом году получили задачу: изготовить очень сложную плату для ЭВМ из многослойного армированного полиимида с цепями с заданным волновым сопротивлением;

Плата из армированного полиимида с заданным волновым сопротивлением в двух вариантах – с разным финишным покрытием: слева – горячее лужение Sn-Pb, справа – иммерсионное золото



клиент раньше заказывал их в Англии. Дело в том, что этот материал деформируется при прессовании сильнее эпоксидных стеклопластиков и весьма капризен при металлизации. Можно себе представить, насколько трудно сделать из него многослойную печатную плату высокой точности.

Мы вместе со специалистами Остека взяли за эту задачу – и через месяц получили плату. Это очень высокий технологический уровень и очень короткий срок даже для давно налаженного, устоявшегося производства.

Как вы охарактеризуете ваше производство с точки зрения номенклатуры, общей мощности?

На сегодня номенклатура выпускаемых изделий составляет более 2,5 тыс. единиц. Серийность – от одиночных изделий до нескольких сотен. В 2016 году цех заработал на этом около 100 млн руб.

Можно ли говорить о рентабельности вашего производства, или она не рассматривается отдельно от рентабельности конечной продукции концерна?

У нас свой баланс, и сегодня наше производство по соотношению затрат и выручки достаточно рентабельно. Мы получаем ориентиры из пятилетней программы концерна, которая, в свою очередь, основана на Государственной программе вооружений. Правда, сейчас сроки последней имеют тенденцию к сдвигу вправо, и концерн не сможет обеспечить нам 100% загрузки. Поэтому перед нами стоит задача искать заказчиков вне концерна.

Вы занимаетесь поиском внешних заказчиков? Предлагаете себя в качестве контрактного производителя?

Нет, такая форма работы для нас пока не представляет интереса. Мы ищем заказчиков, сходных с нами по специфике работы. У нас технологический цикл курируется военным представительством, 196 ВП МО, применяются только допущенные к использованию материалы, ведется жесткий контроль за качеством продукции. Соответственно, нам интересны заказчики, работающие в таких же условиях.

На этом пути уже достигнуты результаты. Сегодня, в связи с явно наметившейся

тенденцией ужесточения требований заказчика, многие из тех, кто раньше, не задумываясь, заказывал платы за границей, начали искать отечественного производителя. С другой стороны, производители электроники отказываются от своих традиционных поставщиков, так как новые поколения их продукции требуют более сложных, более качественных печатных плат. Здесь наша позиция достаточно сильна, ведь в последние годы в регионе Санкт-Петербурга не создавалось производств, подобных нашему.

Мы начали предлагать свои услуги предприятиям Северо-Запада, с которыми у нас имеются налаженные связи. Уже найден круг заказчиков, которые постоянно работают с нами. Часть заказов получаем через электронные торги – это уже рынок. Ну и вообще – пошел слух, что в Кировске есть производство печатных плат, и к нам приходят новые потребители. На сегодня работы по программе концерна составляют порядка 80% от нашей общей загрузки, остальное – внешние заказы.

Ищем новые ниши. Например, вступили в ассоциацию предприятий – производителей автокомпонентов. Пока эти контакты находятся в начальной стадии, оцениваем потребности и возможности друг друга, но там речь может идти уже о стотысячных сериях.

Но ведь цех создавался под определенные объемы, ограниченные потребностями "Океанприбора". Откуда же возьмутся мощности для выполнения заказов внешних потребителей, когда их станет действительно много?

В проект с самого начала было заложено требование – обеспечить потребности концерна при односменной, максимум полуторасменной работе. Другое дело, что новые задачи требуют новых возможностей от производства. И мы его развиваем, планируем закупку дополнительного оборудования, стараемся удерживаться на уровне самых современных, самых перспективных технологий в своей области. В частности, изучаем подходы к платам со встроенными компонентами – цех к этому почти готов, намеченное к приобретению оборудование нужно, скорее, для увеличения выхода годных и улучшения условий труда.

Как вы оцениваете партнерство с Остekom?

В сущности, компания "Остек Сервис Технология" сопровождает всю нашу деятельность. У компании хороший опыт, интересные наработки, обширная практика. Возникают вопросы – мы всегда получаем оперативную помощь, специалисты Остека делятся опытом решения аналогичных проблем на других предприятиях, в случае необходимости привлекают представителей фирм – производителей оборудования. Партнерство с Остekom обеспечивает нам надежную поддержку и в целом – комфортное самочувствие.

Цех нам показывали два специалиста: со стороны завода – начальник цеха Надежда Михайловна Макарова; со стороны компании – поставщика технологий – генеральный директор ООО "Остек-СТ" Петр Владимирович Семенов. Первый вопрос мы задали им еще на пути от директорского кабинета к цеху.



П.В.Семенов

Александр Анатольевич рассказал о планах по производству плат для автомобильной электроники, что означает многотысячные серии одинаковых изделий. С другой стороны, по своему базовому назначению цех должен быть оптимизирован для изготовления малых серий сложной продукции, вплоть до единичных образцов. Принято считать, что для каждой из этих задач необходим свой, особенный тип технологического оснащения. Как можно сочетать это в одном производстве?

П.Семенов. Эта проблема решается на двух уровнях. Первый – общие подходы. Разумная автоматизация – вы увидите, что почти все машины оснащены системами автоматической загрузки-разгрузки, межоперационная логистика минимизирована. Операторы обучены работе на нескольких машинах, так как отдельные единицы оборудования имеют большую производительность.

Унификация. В цеху приняты два типоразмера заготовок: 305×457 мм и 457×610 мм,

в отдельных случаях применяется нестандартная малая заготовка 230×200 мм. Естественно, платы маленького размера мультиплицируются – объединяются по несколько штук в одной групповой заготовке.

Наконец, мы применили единую локальную сеть цеха. Установленное программное обеспечение не только автоматизирует трудоемкие и чреватые ошибками этапы производственного процесса – оптимизацию топологии, просмотр конструкторских ошибок, подготовку производства и т.п.; оно еще готовит исполнительные программы для каждого станка. Это важнейший момент: после получения САD-файла от конструктора специальный программный модуль в едином процессе генерирует САМ-программы для всех технологических установок от фотолитографии до финального электрического контроля.

Все эти меры в большей или меньшей степени снижают зависимость эффективности производства от серийности производимого изделия. Они же способствуют реализации концепции экономного производства – численность персонала цеха составляет всего 37 человек – секвестированный штат, что пока не очень распространено на российских предприятиях. Это, пожалуй, рекордно мало для государственной компании с такой номенклатурой оборудования и технологий; обычно цех сравнимой мощности в госкомпаниях обслуживается коллективом из 150 и более человек.

Второй уровень – технологический, относящийся к той или иной технологической установке или процессу. Например, на линии химико-гальванической металлизации применяются растворы, которые обеспечивают качественную металлизацию на различных базовых материалах, в том числе и на СВЧ-материалах, таких как RT/duroid, тефлон и т.д. Применяемое оборудование в случае необходимости легко перестраивается на другие нестандартные размеры заготовок. Естественно, большое значение для эффективности производства имеет применение качественных материалов, обеспечивающих надежность выпускаемой продукции. Вот здесь пока не все хорошо. Базовых материалов российского происхождения с необходимыми свойствами мы не встречали, а те, которые используются в технике специального назначения за рубежом, не разрешены к применению в спецтехнике в России.

Из какого материала были платы, на которых вы запустили производство?

Н.Макарова. Запуск производства мы осуществляли на материалах класса FR-4: MI1222 и DE104.

Наша военная приемка строго следит за тем, чтобы в изделиях использовались только сертифицированные материалы. Поэтому из каждой партии, поступающей на производство, отбираются образцы и отправляются на сертификацию в соответствии с нормативными документами, согласованными с 196 ВП МО РФ.

Сейчас возникла необходимость вплотную заняться СВЧ-материалами: ФЛАН, ФАФ-4Д, Rogers. Все чаще в технических требованиях чертежа появляется требование замера волнового сопротивления, что ставит нас перед необходимостью дооснащения цеха.

Изготавливаем также платы из материала ТП1, состоящего из теплопроводящего полимера на основе керамики с алюминиевым основанием.

У вас установлены сверлильные станки Rosalux Ultraspeed Mono Combi. Почему именно они?

Н.Макарова. Эти станки имеют по два шпинделя, один для сверления со скоростью вращения 170 000 об/мин., другой – для фрезерования, его скорость до 80 000 об/мин. Фрезерование нужно при изготовлении металлизированных торцов и рельефных поверхностей топологии ПП с жесткими технологическими допусками, что достигается сверлением и фрезерованием с одной установки на станок. Эта операция выполняется перед химической металлизацией.



П.Семенов. Эти станки приобретались на перспективу, в расчете на изготовление плат для СВЧ-устройств. Кроме того, это еще одна позиция унификации: любой из станков может сверлить либо фрезеровать – в зависимости от того, что необходимо в данный момент, – без потери точности на шпинделях со временем. Такая гибкость упрощает адаптацию производственного процесса к условиям, когда серийность изделия может колебаться в самых широких пределах, от единиц до тысяч.

Какие машины вы применяете для нанесения фоторезиста, маски, для экспонирования?

Н.Макарова. Эти процессы реализованы у нас в нескольких вариантах. Имеется установка трафаретной печати компании GILCO с шаговым двигателем и инверторным управлением, на которой можно производить нанесение



Н. М. Макарова

Высокоскоростной двухшпиндельный сверлильно-фрезерный станок Ultraspeed Mono Combi компании Rosalux (Швейцария) (слева); установка трафаретной печати компании GILCO (справа)

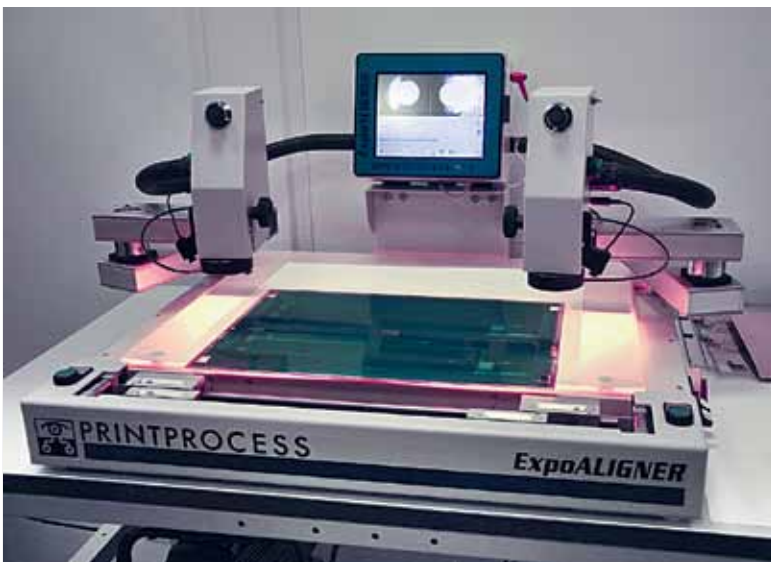


Установка прямого светодиодного экспонирования Apollon-D1-A11

защитных масок с широким диапазоном значений вязкости.

Для работы с фоточувствительными материалами используются два метода: с фотошаблоном и без него – на установке прямого светодиодного экспонирования Apollon-D1-A11 швейцарской компании Printprocess с автопереворотом, с системой загрузки-разгрузки. Прямое экспонирование обеспечивает разрешение, на которое не способен традиционный фотолитографический метод. Это лучшая технология для работы со сложными платами высокого класса точности. Кроме того, отсутствие фотошаблона сокращает время подготовки производства и расширяет технологическое окно участка фотолитографии по электронно-вакуумной гигиене.

Установка автоматического оптического совмещения ExpoAligner



Экспонирование через шаблон применяется в первую очередь для плат 3-го класса точности. Причина в том, что систему прямого экспонирования перенесли на второй этап, из-за недостаточного финансирования. Несмотря на то что маски имеют очень низкую светочувствительность, установка Apollon позволяет их экспонировать при производстве печатных плат высокого класса точности.

П.Семенов. Вводя в проект технологию экспонирования через шаблон, мы решили отказаться от приобретения машины с автоматическим совмещением, которая многократно дороже, чем устройство без этой опции. Задача совмещения решается отдельной настольной установкой ExpoAligner производства компании Printprocess. Она тоже стоит сравнительно недорого, поскольку процесс реализуется способом, значительно более простым, чем в "полном" автомате.

ExpoAligner имеет две камеры, соответственно, работает с двумя реперными знаками. Заготовка предварительно базируется с помощью лазерного указателя, после чего на шаблон спускаются две направляющие головки с вакуумным прижимом, производится окончательное совмещение меток с точностью ± 3 мкм, и шаблон фиксируется на заготовке. Далее происходит переворот заготовки и совмещение шаблона второй стороны. Остается только закрепить этот шаблон на заготовке.

Положительный эффект отказа от установки с автоматическим совмещением не ограничивается экономией средств вследствие сравнительно низкой цены приобретения двух простых устройств. Совмещение на отдельной машине дает возможность перехода к изготовлению плат более высокого класса точности, специфических конструкций, особо тонких ПП, плат с рельефной или липкой поверхностью и т. д.

ExpoAligner разработан фирмой Printprocess по техническому заданию нашей компании – "Остек-Сервис-Технология". Интересно отметить, что швейцарцы долго не хотели этого делать, но потом не пожалели, что согласились: после того, как мы купили первую установку, они продали в КНР целую сотню таких машин.



На каком оборудовании вы проводите "мокрые" процессы?

Н.Макарова. Для этого у нас установлен целый ряд конвейерных линий: линия проявления фоторезиста; линии щелочного и кислого травления; линия струйного удаления фоторезиста; линия струйного снятия металлорезиста; линия проявления паяльной маски; установка финишной отмывки плат. Почти все эти машины у нас от одного производителя – Universal P.С.В. Equipment (КНР, г. Шеньчжень). Такой подход – как можно меньше производителей – был выбран нами совместно с Остеком на стадии проработки проекта. Так проще и дешевле содержать и эксплуатировать оборудование – в частности, потому, что у машин множество одинаковых деталей и агрегатов: насосы, электрическая арматура и т.п.

Хочу обратить ваше внимание – у всех линий Universal блоки управления расположены сверху. Мы специально заказали такой вариант исполнения. Во-первых, так экономится место, оставляя запас на будущее развитие; во-вторых, блоки управления гарантированно защищены от повреждения агрессивными средами в случае неаккуратного обращения с жидкостями.

П.Семенов. "Китайское" давно уже не значит "низкокачественное". Благодаря государственной программе поддержки производителей технологического оборудования китайские предприятия ушли далеко вперед, в том числе и в области машин для производства печатных плат. Продолжая оставаться бюджетным, это оборудование по качеству и эксплуатационным характеристикам не уступает известным европейским брендам,

а при одинаковой стоимости – значительно превосходит.

Однако не следует думать, что мы стремились оснастить цех, исходя прежде всего из соображений бюджета. На первом месте все-таки качество. Например, машина для финишной отмывки плат: Universal делает такие установки, но мы предпочли приобрести ее у итальянской компании Pola & Massa, потому что эта фирма – признанный лидер среди производителей оборудования для механической обработки поверхностей. Как,

Конвейерные линии производства компании Universal: слева – линия снятия металлорезиста; справа – линия проявления паяльной маски



Верхнее расположение блока управления на одной из машин производства компании Universal

Установка финишной отмычки компании Pola & Massa PeM Washer. Одной из характерных особенностей этой машины является кинематика привода щеток, имитирующая круговые движения руки хозяйки, протирающей тарелку (слева). Одна из двух установок регенерации травильного раствора ЭРБ, изготовленных в Нижнем Новгороде. К сожалению, это единственные машины отечественного производства, которым нашлось место среди технологического оборудования современного цеха изготовления печатных плат (справа)

Химико-гальваническая линия PAL-Calvour: слева – общий вид; справа – ванны крупным планом



впрочем, и Posalux, и Printprocess – каждая в своей области.

Теперь пора познакомиться с вашей гальваникой.

Н.Макарова. У нас установлены две линии компании PAL. Первая – перманганатная подготовка стенок отверстий, прямая металлизация, гальваническая затяжка. На второй производится гальваническая металлизация с последующим нанесением металлорезиста.

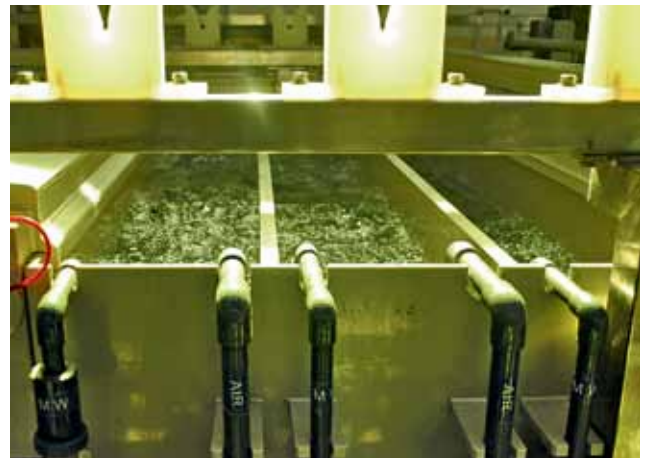
Прямая металлизация ведется палладием, сразу образующим на поверхности диэлектрика проводящий слой, который отлично металлизует различные типы диэлектриков. Такая технология сокращает количество операций на гальванической линии, предоставляет широкие операционные окна, облегчает очистку промывной воды, поскольку в растворе не содержится комплексообразующих веществ и тяжелых металлов. Наконец, этот процесс дает преимущество при работе

с СВЧ-материалами. У этих диэлектриков слабая адгезия к меди, к тому же процесс химического меднения нельзя повторить в случае обнаружения дефектов в покрытии. Палладий хорошо ложится на фторопласты, материалы компании Rogers и т.п. и допускает повторение покрытия без ухудшения надежности.

Почему именно PAL?

П.Семенов. Сегодня в мире работает более 1800 линий PAL. У этих линий очень грамотное оснащение и высокое качество. Если немецкие компании, производящие аналогичное оборудование, с целью сохранения уровня рентабельности порой устанавливают дешевые комплектующие, то китайские производители не могут себе этого позволить. У них нет развитой сервисной сети по всей географии их поставок, и частые поломки обойдутся им дороже, чем примененные сразу качественные материалы и комплектующие.

Кроме того, в линиях PAL реализовано немало удачных конструкторских решений.





Например, плавающий экран, погружающийся в ванну вместе с заготовкой. Это запатентованное изобретение позволяет достичь разброса толщины медного слоя по всему гальваническому окну не более 10%; у одного заказчика в сибирском регионе мы даже достигли разброса $\pm 3\%$. Гарантированные значения отклонений у других компаний, в том числе европейских, составляют значительно большие величины – порядка 20%.

Какие финишные покрытия вы применяете?

Н.Макарова. У нас есть линия иммерсионного золочения, но она еще не запущена. Пока применяем горячее лужение, олово-свинец – классический HASL. Установка тоже китайского производства, но другой фирмы – Dalux LTD. А линии подготовки к лужению и последующей обработки – опять Universal. И здесь тоже есть новация, применяемая в серийных машинах только этим производителем, – приемный стол линии пост-обработки. Там нет роликов, вместо них – отверстия, из которых под плату подается сжатый воздух. На этой подушке плата передвигается, не касаясь никаких твердых элементов конструкции. Двойное преимущество: активное охлаждение – нельзя пускать в отмывку горячую плату – и ни малейших следов на нанесенном покрытии.

Как контролируются изготовленные платы?

Н.Макарова. Во-первых, проводится визуальный контроль. Для него используется установка автоматической оптической инспекции серии ASL 2128, которая при разрешении 8 мкм способна работать с минимальной шириной проводника и зазора 50 мкм. Машина сравнивает топологию платы с чертежом, полученным из сети, время сканирования одной



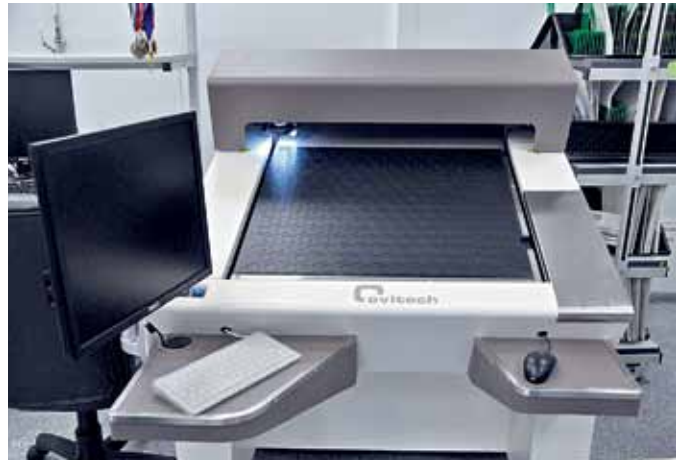
Установка горячего лужения (справа) и линия подготовки к нему

стороны платы при топологии 75/75 мкм составляет 16 с. Места, определенные как возможные дефекты – короткое замыкание, разрыв проводника, окисление, неравномерность покрытия – выводятся на экран, окончательное решение принимает оператор. Результаты инспекции поступают в сеть, откуда их могут получить ремонтники на своих рабочих местах.

Имеется также станция верификации и ремонта от того же производителя. Станция берет координаты дефектов из файла, сформированного АОИ, и показывает их оператору; на ее рабочей поверхности можно

Плата в зоне охлаждения приемного стола линии Post-HASL. После снижения температуры до заданного значения пальцы, препятствующие движению платы, будут автоматически убраны, и воздушная подушка перенесет плату в зону отмывки





Машины для визуального контроля компании Zhejiang Ovi Technology (КНР): слева – установка автоматической оптической инспекции ASL 2128; справа – сопряженная с ней станция верификации и ремонта

Установка электрического тестирования с "летающими щупами" Space Light ESL-610 производства фирмы Slec, КНР: слева – рабочая зона; справа – экран оператора

произвести необходимый ремонт и тут же увидеть на экране его результаты.

Электрический контроль считается обязательным для многослойных печатных плат, но мы проводим его и для одно- и двухсторонних. Используем автоматический тестер с "летающими щупами" модели Space Light ESL-610 – высокопроизводительный, с постоянным контролем силы давления щупа, с возможностью работы с тонкими (от 0,1 мм) материалами, с точным совмещением при помощи видеокамер, с отображением на экране проверяемого в данный момент участка платы.

П.Семенов. Обратите внимание: вся механическая часть дрожит при перемещениях головки со щупами, но сама установка неподвижна. Это опять изобретение китайских специалистов – они запатентовали мягкую, на резиновых амортизаторах, подвеску всего механизма вместе с гранитной базовой плитой, и за счет этого получили возможность переставлять щупы с гораздо большим ускорением. Японские машины аналогичного

назначения при вдвое большей стоимости не могут достичь такой производительности. Там инженеры пошли другим путем: для увеличения быстродействия они стараются максимально облегчить механическую часть установки. Вероятно, им это удастся; но также вероятно, что при этом они потеряют в точности, ведь облегчение грозит снижением жесткости конструкции.

Н.Макарова. Визуальный и электрический контроль дают информацию о функциональной годности платы, но мало что сообщают о ее потенциальной надежности. Надежная плата должна иметь толщину элементов топологического рисунка, соответствующую заданной, высокое качество металлизации переходных отверстий. Эти параметры мы проверяем средствами разрушающего контроля, для чего в каждой групповой заготовке уже на этапе конструирования предусматривается минимум пять расположенных в разных местах тестовых купонов. Купоны содержат самые информативные с точки зрения оценки качества

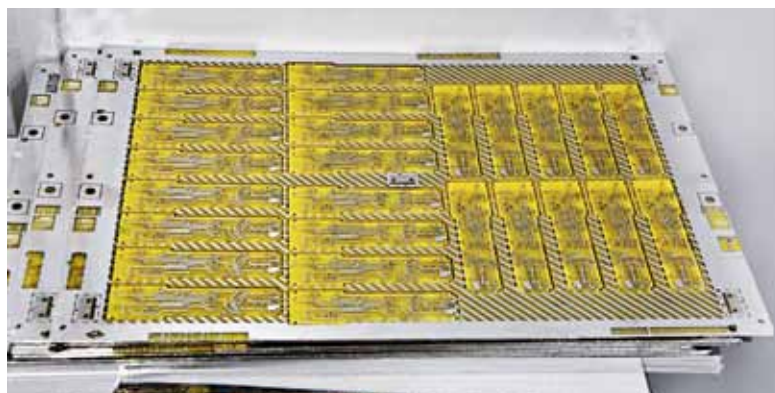


изготовления конструктивные элементы, в них даже предусмотрены базовые отверстия для позиционирования на рабочем столе шлифовальной машинки. Купоны сохраняются на тот случай, если придется разбираться с претензиями заказчика.

Как налажен контроль за поддержанием параметров технологического процесса?

Н.Макарова. Этим занимается химико-аналитическая лаборатория, а направлений контроля много. Регулярно берутся на анализ образцы растворов, некоторых – ежедневно, перед началом работы. При необходимости вырезается купон для исследования – уже не специальный тестовый, а выбираемый произвольно из любого места на плате либо места, рассматриваемого как проблемное. Проводим на разрывной машине анализ пластичности меди, для чего наращиваем ее слой на пластине из нержавеющей стали, чтобы результаты испытания не искажались адгезией. Впрочем, адгезия к пластиковому основанию платы тоже проверяется.

П.Семенов. Пластичность оценивается по относительному удлинению образца при растяжении. Пределы нормы – от 5 до 25%. Однако здесь принято при уменьшении относительного удлинения до 10% корректировать раствор или менять его, выполнять профилактику в гальванической ванне. Результат этих действий считается успешным, если удлинение



возрастает до 20%. Это очень высокий показатель; на многих предприятиях продолжают работать при 10, 8 и даже 6%.

Достигается такой результат не только за счет использования хорошего электролита – здесь применяются технологические растворы шведской фирмы J-Kem – но и потому, что лаборатория оснащена высококласным аналитическим оборудованием. Например, имеется цикловольтамперметрический прибор CV Smart (Франция) для измерения содержания в электролите органических добавок, обеспечивающих пластичность, – такие приборы в России имеют не более 10 предприятий подобного профиля. Измерение занимает около часа, но точность результатов значительно выше, чем у любого другого из применяемых косвенных методов аналогичного анализа.

На этой мультизаготовке пять тестовых купонов: четыре по углам и еще один посередине; их можно различить по наличию пары базовых отверстий сравнительно большого диаметра



Приборы из оснащения химико-аналитической лаборатории: слева – шлифовальный станок Buehler Automet 300; справа – полу-автоматическая дозирующая система Hamilton Microlab 500 и прибор цикловольтамперметрии для измерения содержания добавок в электролитах меди



Основные агрегаты первой ступени очистки стоков: слева – генератор ферроферригидрозоля; справа – один из двух реакторов очистки

На такого рода производствах экскурсия всегда заканчивается на очистных сооружениях...

Н.Макарова. Оборудование очистных сооружений мы скомпоновали на трех уровнях – сэкономили площадь. Здесь недалеко производится забор воды из Невы для нужд Санкт-Петербурга, так что требования по очистке стоков крайне жесткие – до норм ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения.

Очистка идет в два этапа. Первый – очистка от тяжелых металлов путем сорбции на ферроферригидрозоле. Это вещество имеет примерно такую же активную поверхность, как активированный уголь – 700–1200 м² на 1 мл раствора. Сорбент готовится тут же, на очистных сооружениях, в генераторе, где происходит анодное растворение отходов металлообработки, таких как сталь 3, сталь 45, низколегированные стали. Продукт неядовитый, экологически чистый. Приготовление ферроферригидрозоля длится 24 ч – три рабочих смены.

Очистка ферроферригидрозоле происходит в двух реакторах, реакция занимает от 40 мин до 1,5 ч. Затем вода проходит через механические песчаные фильтры – первый этап завершен, вода примерно соответствует московским нормам.

За одну ступень достичь требуемых значений ПДК невозможно, на втором этапе очистка производится на ионообменных смолах, после чего получается практически деионизованная вода.

П.Семенов. Очистка ферроферригидрозоле – новейшая технология для России. Процесс примерно на 30% дешевле традиционных технологий, работает исключительно на отечественных расходных материалах, и при этом у него очень широкое технологическое окно, то есть он "ошибкоустойчив". Технология была разработана в последние годы существования СССР на базе института "Станколит", потом у нас о ней забыли, а вот в Литве, в фирме Inесо, смогли довести до промышленного применения.

При всей кажущейся простоте идеи автоматического управления очисткой потребовало весьма сложной алгоритмики. Полтора года работали в ручном и полуавтоматическом режиме, прежде чем она родилась.

Н.Макарова. Водоподготовка у нас – отдельный процесс. Вода для производства берется из водопровода. Здесь тоже две ступени: после катионитных колонн вода 2-й категории поступает в сборник, предназначенный для всех промывных процессов, а некоторая часть, пройдя доочистку на ионитных колоннах, биоочистку до 3-й категории, используется для приготовления технологических растворов.

Спасибо за интересный рассказ.

В 21 веке очистные сооружения тоже управляются сложной программируемой автоматикой

