

УДК 62-97/-98

АНАЛИЗ СИСТЕМ БАЗИРОВАНИЯ И СОВМЕЩЕНИЯ СЛОЕВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Максим Александрович Золотарев

*Студент 6 курса,**кафедра «Электронные технологии в машиностроении»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Ю.Б. Цветков,**доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные технологии в машиностроении»*

Все более жесткие требования к печатным платам, предъявляемые изготовителями электроники, вынуждают производителей печатных плат постоянно совершенствовать технологию изготовления и обновлять технологическое оборудование. Этот процесс неизбежен и требует высококвалифицированной работы технологов по разработке техпроцесса и выбору технологического оборудования, позволяющего изготовить печатную плату по выбранной технологии с заданной точностью. Задача технолога усложняется, если речь идет не об обычных двухсторонних или односторонних, а многослойных платах (МПП). В данном случае, помимо прочего, очень важную роль в качестве выпускаемой продукции играет совмещение и прессование слоев МПП.

Структура многослойной печатной платы предусматривает сборку в единый пакет ее отдельных слоев с точным координатным сопряжением функциональных элементов, например, сквозных отверстий и микропереходов с контактными площадками и внутренними слоями, паяльной маски с контактными площадками внешних слоев (рис.1).

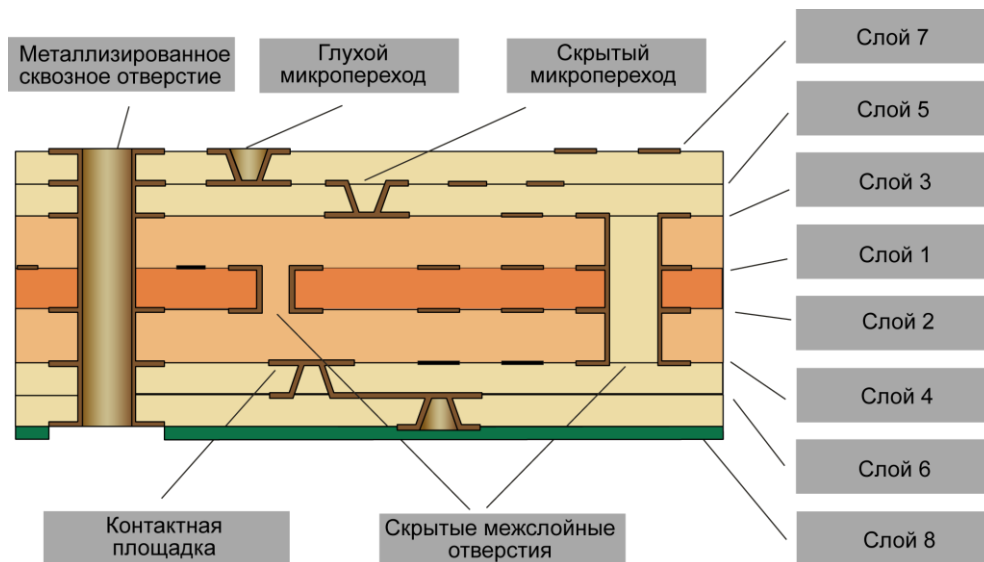


Рис. 1. Структура многослойной печатной платы

Поэтому в процессе изготовления МПП многократно проводятся операции совмещения: фотшаблонов с внутренними и внешними слоями при формировании топологий, слоев с системами механического и лазерного сверления, а также слоев между собой при прессовании.

Наибольшее распространение в промышленном производстве МПП получили системы механического совмещения при совместном базировании совмещаемых объектов по штифтам и базовым отверстиям. Однако данная технология не всегда отвечает требованиям точности современных печатных плат. Следующим шагом стало автоматическое оптическое совмещение с использованием вакуумного захвата совмещаемых элементов. Однако даже

усовершенствованная технология имеет свои недостатки и в некоторых аспектах уступает классическому штифтовому совмещению.

Цель данной статьи - анализ факторов, определяющих точность совмещения слоев МПП при базировании на штифтах и оптическом совмещении, классификация схем базирования и совмещения, позволяющая обоснованно оценивать область применения различных вариантов схем, их возможности и ограничения.

Совмещение по штифтам

Остановимся подробнее на совмещении по штифтам. Ограничение перемещений объекта по двум координатам и его вращения в общем случае может быть обеспечено двумя штифтами. Ось X проходит через центры штифтов и является базовой линией, ось Y перпендикулярна ей, начало координат ($X = Y = 0$) – в центре левого штифта. Точки на базируемом объекте имеют текущие координаты. Для обеспечения посадки отверстий на штифты между ними предусматривают гарантированный зазор C , который является причиной неопределенности положения совмещаемых объектов (на рис. 2 зазор показан утрированно большим для ясности построений).

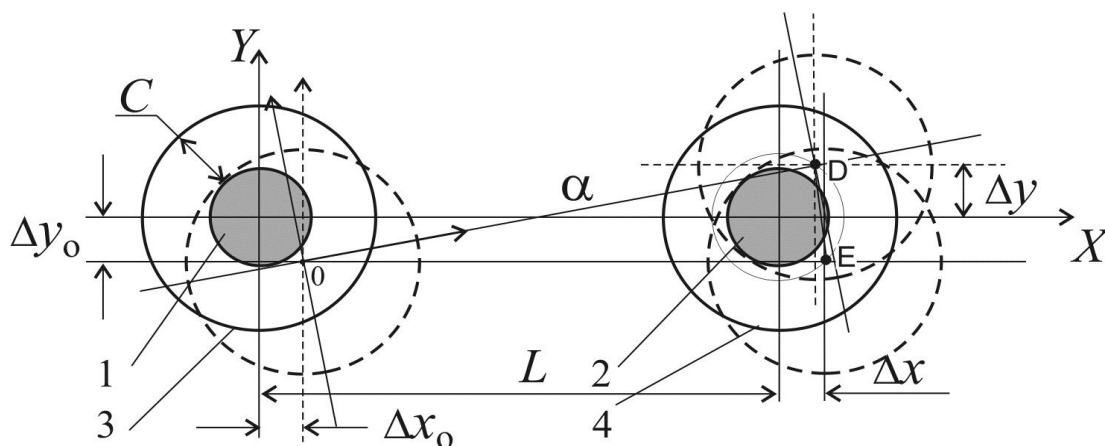


Рис. 2. Базирование объекта на штифтах

1,2 – штифты, 3,4 – отверстия

Уменьшение зазора C и увеличение межцентрового расстояния L , очевидно, приводят к уменьшению возможных координатных сдвигов и углового разворота. При этом уменьшение C сопряжено с капиталоемким повышением точности всего процесса обработки изделий и собственно системы базирования, а увеличение L – предельно экономичный и эффективный способ уменьшения угловых погрешностей, весьма существенных на периферии объекта. К сожалению, это решение, очевидное с точки зрения инженерной интуиции, не всегда применяется в полной мере.

Компенсация возможных масштабных погрешностей за счет увеличения зазора С возможна при дополнительном обеспечении базирования по перпендикулярной координате или при особом расположении и форме базовых отверстий. При этом необходима конструктивная модификация системы базирования. Уменьшение влияния случайных погрешностей, неустранимых в процессе изготовления объектов, так же возможно лишь при изменении системы базирования.

В зависимости от последующей технологической операции к совмещению объектов предъявляются различные требования. Например, если деформации платы заранее измерены, для проведения координатного сверления достаточно точно совместить ее базовую точку с центром координатной системы и выбрать угловой разворот. Масштабные искажения платы корректируются системой управления сверлильного станка. Однако в большинстве случаев при

совмещении требуется не только точно совместить базовые точки и координатные оси объектов, но и уменьшить влияние масштабных искажений.

Проведем классификацию систем базирования объектов на штифтах по их основным конструктивным особенностям – виду замыкания контактирующих элементов и способу центрирования объектов. Первая особенность определяет степень устранения неопределенности положения объектов из-за гарантированного зазора между штифтами и отверстиями. Вторая – возможность уменьшения влияния масштабных погрешностей как вдоль одной из осей, так и для координатной системы объекта в целом. Известные технические решения, в той или иной степени реализующие эти особенности, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Классификация базирующих систем

ЗАМЫКАНИЕ ЦЕНТРИРОВАНИЕ	НЕТ	ШТИФТ ПО ОТВЕРСТИЮ	ОБЪЕКТ ПО БАЗОВОЙ ЛИНИИ	ОБЪЕКТ ПО ЦЕНТРИРУЮЩИМ ШТИФТАМ
ПО ОДНОМУ ШТИФТУ				
ПО ОДНОЙ ОСИ				
КООРДИНАТНОЙ СИСТЕМЫ				

Рассмотрим представленные в классификации схемы базирования, обозначая их номерами I.J, где I - номер строки, J - номер столбца.

Схема 1.1: ось первого штифта определяет базовую точку системы базирования, а сам он предотвращает смещения объекта по координатным осям. Второй ромбический штифт ограничивает лишь угловой разворот объекта и за счет срезанных участков компенсирует размерные и координатные погрешности штифтов и отверстий, обеспечивая их соединение. Данной схеме базирования присущи все погрешности, представленные на рис. 2 – координатные сдвиги и угловой разворот, определяемые величиной зазора C и межосевым расстоянием L . Такая схема используется при установке заготовки печатной платы на сверлильные и фрезерные станки для последующей механической обработки.

Схема 1.2 позволяет устранить влияние зазора за счет замыкания и самоцентрирования штифта по отверстию. Для этого могут применяться разжимные штифты, которые в исходном состоянии имеют меньший, чем у отверстия диаметр, а при разжипе - самоцентрируются по нему.

В современной модификации этой схемы замыкание отверстия и штифта выполняется за счет изменения его формы (рис. 3, а). Каждый штифт 1 выполнен в виде четырехгранной пирамиды с квадратным основанием 2 со скругленными углами, грани которой срезаны по конической образующей 3. На вершине пирамиды - заходная часть 4 со скругленной вершиной. Квадратное основание штифта базирует объекты с прямоугольными отверстиями 5, а

коническая часть – с круглыми 6. Штифты подпружинены снизу, при этом коническая часть штифта контактирует с отверстием независимо от погрешностей его размеров (рис. 3, б), обеспечивая его самоустановку. Один из штифтов расположен в углу рабочего поля в вершине прямого угла, образованного дополнительными штифтами по сторонам базирующей системы.

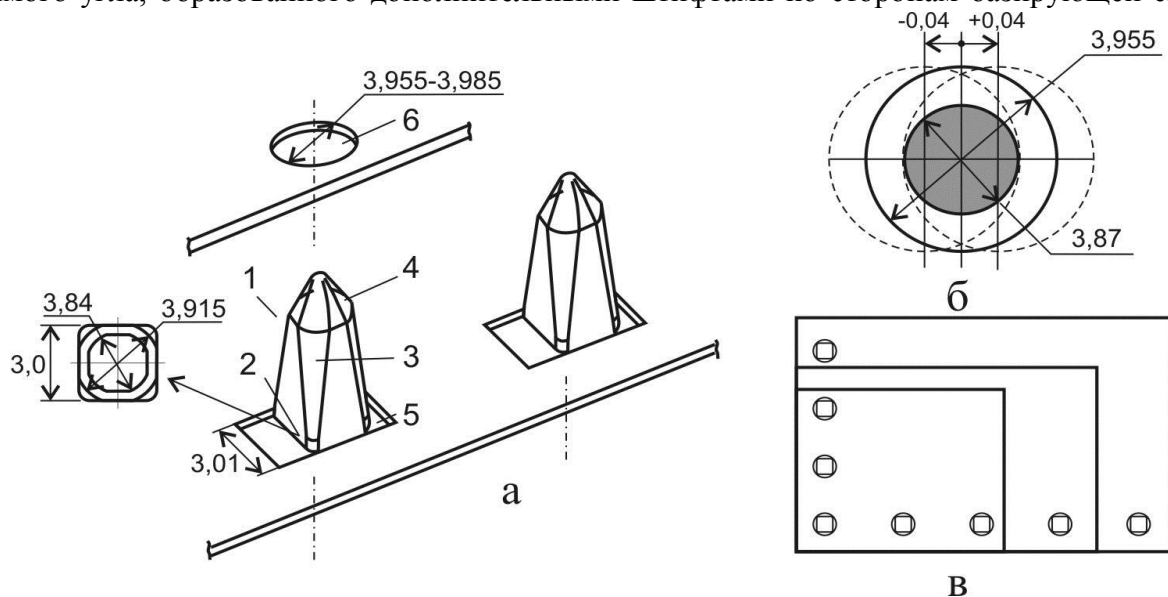


Рис. 3. Замыкание по конической поверхности

а – базирование объектов с прямоугольными и круглыми отверстиями, б – расчетная схема, в – расположение штифтов в базирующей системе

Это позволяет использовать одну и ту же конфигурацию штифтов для базирования плат разного размера (рис. 3, в).

Схема 1.3 обеспечивает самоустановку отверстия по центрирующему штифту за счет выбора формы базирующих отверстий. Одно из них – квадратной формы, развернутое на угол 45 град., центрируется по штифту при контакте по образующим. Второе – продолговатое отверстие – расположено параллельно одной из осей объекта и позволяет сопряженному с ним штифту самоустановиться при базировании. Прижим отверстий объекта к штифтам происходит с помощью разжимного штифта на противоположной стороне рабочего поля.

Заметим, что рассмотренные варианты обеспечивают центрирование объекта относительно одного из штифтов. Масштабные погрешности при этом не устраняются, они нарастают пропорционально координате X.

Центрирование по одной из осей объекта обеспечивается размещением базирующего отверстия на одной из осей и частичной или полной заменой круглых базирующих отверстий пазами (слотами).

Схема 2.1: при использовании круглого отверстия оно размещается на центральной оси заготовки, а слоты – слева и справа от нее. При наличии масштабных погрешностей штифты самоустанавливаются в слотах вдоль соответствующей координаты. Центрирующий слот может быть дополнительно размещен на противоположной стороне рабочего поля для увеличения межцентровых расстояний.

Схема 2.2 повышает точность базирования за счет замыкания центрального отверстия с разжимным штифтом.

Схема 2.3, в которой часть слотов размещена под углом к центральным осям, позволяет базировать слои с взаимными масштабными искажениями по 2 осям. Как и в схеме 1.3, в данном случае предусмотрено кинематическое замыкание слотов и штифтов под действием силы тяжести при наклоне базовой плоскости или с помощью разжимного штифта.

В результате применения схем 2.1 – 2.3 одна из осей заготовки совмещается с соответствующей осью системы базирования, при этом абсолютные значения масштабных погрешностей вдоль этой оси уменьшаются вдвое.

Центрирование координатной системы объекта должно обеспечить совмещение его центра и координатных осей с центром и координатными осями системы базирования. Результатом является уменьшение вдвое абсолютных значений масштабных погрешностей по обеим осям.

Схема 3.1 позволяет центрировать координатную систему при наличии существенных масштабных погрешностей благодаря использованию слотов, разнесенных по перпендикулярным осям. Недостатком является то, что между штифтами и отверстиями предусматривается гарантированный зазор, являющийся причиной неопределенности положения объектов.

Схема 3.2 предназначена для замыкания штифтов и отверстий при центрировании объекта. Все штифты выполнены в виде продолговатых поворотных кулачков, способных после установки объекта выбрать зазоры в слотах и центрировать объект.

Схема 3.3 имеет целью замыкание осей объекта и базирующей системы при центрировании его координатной системы. Для этого одна из сторон каждого клиновидного штифта размещена на центральной оси базирующего устройства. Геометрически соответствующие стороны штифтов и отверстий составляют единые прямые линии, сопрягающие между собой координатные системы объекта и базирующего устройства. Данная схема не получила практического применения, так как очень чувствительна к неортогональности осей и случайным погрешностям.

Схема 3.4 осуществляет выборку зазора при центрировании объекта с кинематическим замыканием штифтов и отверстий, что устраняет неопределенность положения объекта. При перемещении штифтов под углом к центральным осям происходит их кинематическое замыкание с отверстиями, формируется система равновесных сил и за счет этого осуществляется разворот и центрирование объекта[1].

Несмотря на все многообразие технических приемов уменьшения погрешности, штифтовая технология совмещения не может обеспечить точность, необходимую для производства современных плат 5 класса точности и выше. Также использование штифтов уменьшает ресурс фотошаблонов и повышает риск их механического повреждения. Следующим шагом в технологии совмещения явилось оптическое совмещение, но не «на глаз», как это было на заре технологии печатных плат, а с использованием высокоточной системы машинного зрения.

Автоматическое оптическое совмещение

Новый тип совмещения открывает новые возможности для проектирования установок экспонирования и сборки пакетов МПП. Суть заключается в отказе от скрепления совмещаемых объектов друг с другом посредством штифтов и применении системы реперных знаков и машинного зрения для взаимного позиционирования. Закрепление при этом, как правило, производится вакуумным захватом, что позволяет продлить срок службы фотошаблонов в случае с фотолитографией. Помимо этого, с помощью оптического совмещения становится возможной технология прямого экспонирования, при которой засветка фоторезиста производится без фотошаблонов, напрямую. Итак, рассмотрим подходы, применяемые в установках автоматического оптического совмещения для фотолитографии.

Совмещение с помощью подвижной рамы – самое распространенное решение, применяемое в высокоточных установках для экспонирования через фотошаблоны. В данном случае закрепление фотошаблонов может производиться с двух сторон заготовки посредством вакуумного захвата к верхней и нижней створке рамы. Разрежение подается через желоба, выполненные на плоскости стекла и задающие требования к размеру фотошаблонов. Рассмотрим типовую раму совмещения, применяемую в промышленных установках (Рис.4).

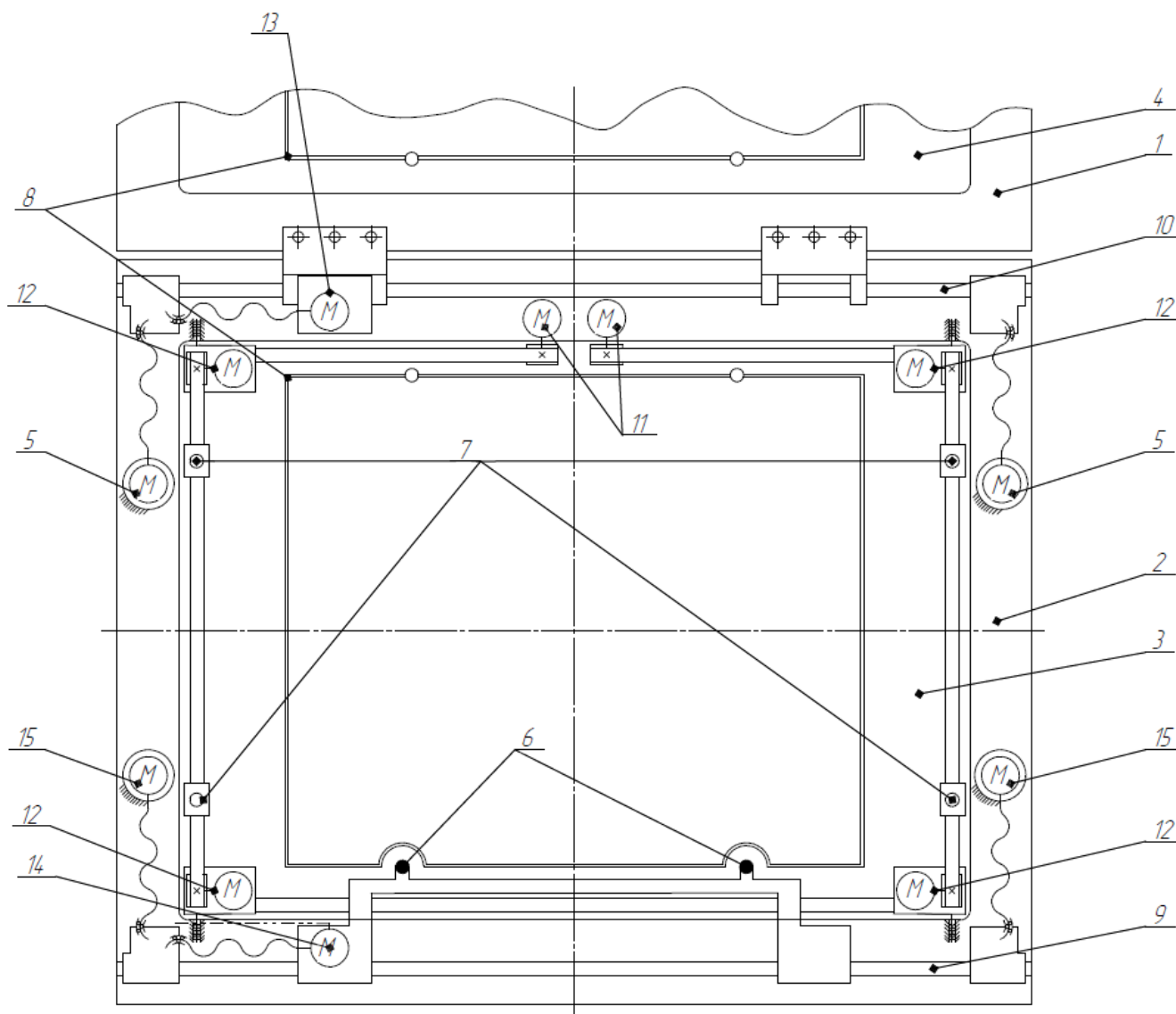


Рис.4. Схема типовой рамки автоматического оптического совмещения

1 – верхняя створка; 2 – нижняя створка; 3 – стекло нижней створки; 4 – стекло верхней створки;
 5 – двигатель верхней створки ось Y; 6 – пара штифтов на подвижной каретке; 7 – камера машинного зрения; 8 – желоб вакуумного захвата; 9 – направляющая штифтов; 10 – направляющая верхней створки;
 11 – двигатель камер ось X; 12 – двигатель камер ось Y; 13 – двигатель верхней рамки ось X;
 14 – двигатель штифтов ось X;

Пара фотошаблонов кладется на нижнюю створку 2 на базирующие штифты 6 для первичной ориентации. Отверстия для этих штифтов выполняют большим диаметром, исключая возможные деформации. Затем верхняя створка 1 закрывается и включается откачка. Разрежение подается через штуцеры в вакуумные желоба 8, выполненные в стеклах створок 3 и 4. Таким образом, выполнен захват фотошаблонов. Далее заготовка печатной платы кладется на штифты по предварительно просверленным базовым отверстиям, если на ней был уже сформирован рисунок отверстий. Если экспонированию подлежит слой, который еще не был просверлен, то он располагается вручную с упором нижней стороной в штифты, так как не к чему осуществлять привязку топологии на фотошаблонах. Стоит отметить, что штифты в первом случае играют роль манипулятора заготовки, они не связаны с фотошаблонами, так как в них отверстия для первичной ориентации заведомо больше.

Теперь можно закрывать верхнюю створку для автоматического совмещения. Камеры машинного зрения 7 захватывают специальные метки, расположенные на каждом элементе совмещения. Для фотошаблонов это обычно специальный рисунок, который разнесен на 2 шаблона и должен воссоединиться на просвет при верном совмещении. Для платы – базовое

отверстие, выполненное при сверлении. Что касается слоев, то совмещение в этом случае ведется только для фотошаблонов, так как слой представляет собой чистый лист, привязываться не к чему. Камеры обычно выставляются с помощью двигателей 11 и 12 по заранее выставленным координатам реперных знаков. Захватив метки, система обрабатывает изображение и выдает необходимые команды на соответствующие двигатели для позиционирования.

Фотошаблоны совмещаются посредством перемещения верхней створки, подвижно закрепленной на оси 10. Для перемещения по оси Y оба двигателя 5 вращаются синхронно и перемещают посредством передачи винт-гайка ось верхней створки. Движение по оси X осуществляется двигателем 13 через передачу винт-гайка. Двигатель или гайка может быть связана с петлями верхней створки. При вращении он отталкивается от закрепленной на валу бобышки и перемещает створку вдоль её оси. Угловой разворот осуществляется движением одного из двигателей 5. При этом, для предотвращения заклинивания, двигатели располагаются на поворотных опорах при жестком закреплении к оси створки. Также возможна реализация посредством гибкой части на винте, например передача вращения через трос или карданную передачу.

Совмещение с платой происходит через штифты 6, позволяющие перемещать заготовку. Штифты закреплены на подвижной каретке, которая также имеет свою ось 9 и может скользить вдоль неё. Перемещения платы происходит аналогично перемещению верхней створки, через двигатели 15 по оси Y и на заданный угол и через двигатель 14 вдоль оси X.

После того, как элементы будут совмещены с заданной точностью, включается откачка пространства между двумя створками для плотного прилегания шаблонов к заготовке. При этом, если совмещение меток оказалось сбито, вакуум сбрасывается, и происходит корректировка положения элементов, после чего снова происходит откачка. В итоге, когда картина совмещения находится в допуске в состоянии прижима, рамка уезжает в камеру засветки, где производится экспонирование.

В качестве примера рассмотрим установку совмещения и экспонирования Oles AT30, показанную на рис.5.



Рис. 5. Установка совмещения и экспонирования Oles AT30

Установка оборудована 4-х камерной автоматической системой совмещения для каждой из двух независимых рамок экспонирования (всего в установке 8CCD-камер). Эта установка экспонирования позволяет добиться точности совмещения до 10 мкм. Она подходит для производства плат 5 класса точности и ниже[2].

Рассмотрим на её примере систему реперных знаков, применяемых для совмещения (Рис.6). Нижняя пленка имеет метку в виде прямого креста. Верхняя пленка имеет метку в виде диагонального креста, а диаметр контрольного отверстия обеспечивает позиционную

информацию для платы. При экспонировании внутренних слоев контрольное отверстие отсутствует, так как еще не сформирован массив отверстий. Совмещение производится по 2 меткам-крестам.



Рис. 6. Плата, нижняя пленка, верхняя пленка, совмещение

Такие установки обычно используют крупные производства, так как цена относительно велика. Зато экспонирование и совмещение производится на одной установке, экономится и время и место. Существует упрощенный вариант, если уже имеется установка экспонирования, и бюджет ограничен.

Одностороннее совмещение вакуумным захватом представляет собой установку оптического совмещения без возможности экспонирования. Совмещение в таких установках производится по предварительно сформированным отверстиям в заготовках и меткам на фотошаблонах. При этом возможно совмещение только одного шаблона с платой за одну установку. При этом для экспонирования внутренних слоев без сформированных отверстий можно совместить шаблон с шаблоном, скрепить их и использовать как пакет для многократного экспонирования. Такой подход обеспечит ускорение процесса, однако можно потерять в точности. Совмещение на отдельной машине дает возможность использовать имеющиеся установки экспонирования при переходе на повышенные точности совмещения. Рассмотрим схему типовой установки на рис.7.

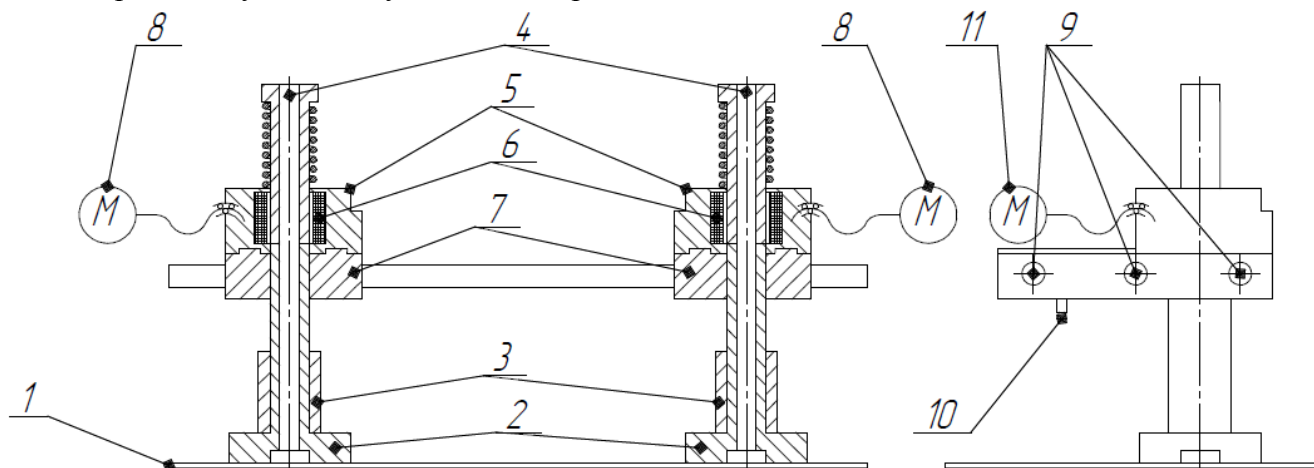


Рис.7. Схема одностороннего совмещения вакуумным захватом

- 1 – заготовка; 2 – прижимная ножка; 3 – упор ножки; 4 – канал подвода вакуума; 5 – держатель ножки; 6 – катушка; 7 – подвижные каретки с рельсами; 8 – двигатели осей X; 9 – направляющие кареток; 10 – камера машинного зрения; 11 – двигатели оси Y

Реализация намного проще, чем в предыдущем варианте. Заготовка 1 располагается на центрирующих штифтах или с упором нижней части в штифты. Сверху кладется фотошаблон, при этом предварительное ориентирование производится либо по штифтам, либо наведением реперных меток на лазерный указатель. Метками являются отверстия для заготовки и окружности для фотошаблонов. После предварительного позиционирования подается ток на катушку 6 и ножка опускается на плату, так как её верхняя часть является сердечником и втягивается внутрь катушки. Реализация прижима ножки может быть различной, например, с

помощью двигателя или под собственным весом. После этого подается разрезание в канал 4, и фотошаблон прихватывается к пяте прижимной ножки.

Далее с помощью камер 10 производится захват реперных знаков и обработка изображения. Исходя из полученной картины, машина выдает команды на соответствующие двигатели для перемещения шаблона. По оси X позиционирование происходит посредством двигателей 8 и передачи винт-гайка. По оси Y – посредством двигателей 11 и передачи винт-гайка. Угловой разворот осуществляется скоординированным движением двигателей по X и Y.

После удачного совмещения, шаблон необходимо скрепить с печатной платой. Обычно для этого используется скотч. В случае с платой, приходится проводить совмещение с 2 сторон, тогда как при изготовлении внутренних слоев, в качестве заготовки можно использовать нижний шаблон. Таким образом, после совмещения и закрепления получится пакет из фотошаблонов, между которыми можно будет помещать внутренние слои несколько раз. Однако следует быть осторожным, это может уменьшить точность. Когда комплект закреплен, остается только перенести его на классическую установку экспонирования для засветки.

Примером такого технического решения является установка автоматического совмещения **Printprocess ExpoAligner** (Рис.8.).



Рис. 8. Установка автоматического совмещения ExpoAligner

Представленная установка использует для совмещения 2 камеры и, соответственно, 2 реперных знака. Заявленная точность совмещения $\pm 7,5$ мкм [3]. Заготовка предварительно базируется с помощью штифтов или лазерного указателя-точки. Оператор кладет заготовку и фотошаблон на специальные штифты, либо на рабочее поле так, чтобы метки примерно совпали с лазерной точкой. Далее спускаются 2 направляющие головки с вакуумным прижимом, и производится окончательное совмещение меток. После совмещения закрепление следует выполнять вручную с помощью скотча. Меткой на заготовке является отверстие, а на шаблоне – окружность меньшего диаметра. Совмещение меток показано на рис. 9.

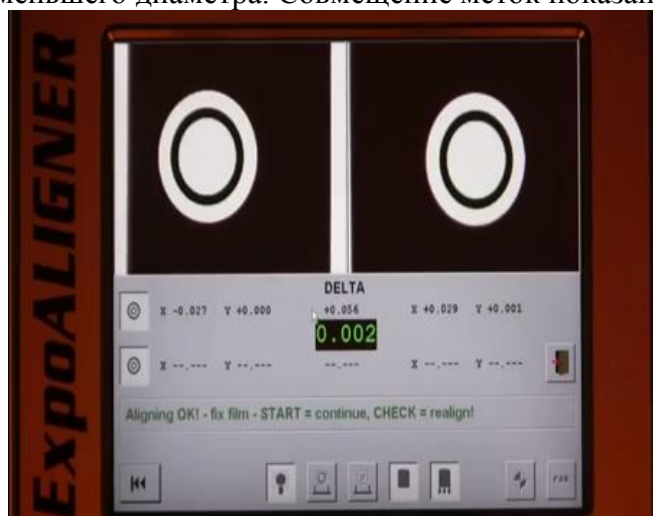


Рис.9. Совмещение меток на установке ExpoAligner

По такой схеме, помимо экспонирования, может происходить и совмещение при сборке МПП из внутренних слоев перед прессованием. Для многослойных плат повышенной точности недостаточно просто спозиционировать верхний рисунок относительно нижнего на каждом из слоев, также очень важно точно совместить слои друг с другом. После совмещения 2 слоев, они скрепляются друг с другом, как правило, за счет спекания друг с другом, поэтому этот процесс называют бондированием (от английского bonding). Рассмотрим полуавтоматическую установку бондирования **DIS PRS 77** (Рис.10).



Рис. 10. Установка оптического совмещения и бондирования

Совмещение в этой установке происходит аналогично установке, рассмотренной ранее. Особенность заключается в том, что меткой является вытравленное отверстие с медной точкой в центре, то есть метка непрозрачная (Рис.11).

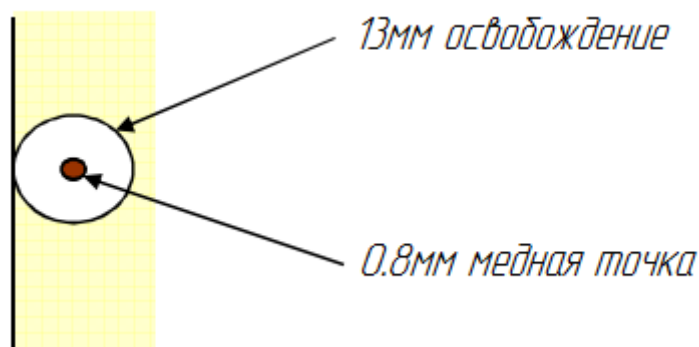


Рис.11. Метки для установки бондирования DIS PRS77

Поэтому машина привязывает все слои к координатам первого слоя, которые считываются в начале работы с новой сборкой. В итоге не получается суммирования погрешности от слоя к слою, что было бы неизбежно при совмещении каждого нового слоя с предыдущим. Помимо этого, установка делит погрешность пополам, симметрично относительно центра платы. Она оборудована 2 камерами машинного зрения и требует 2 метки на слоях. Манипулирование слоем происходит 2 захватами – спереди и сзади. Принцип совмещения аналогичен представленной на рис.7 схеме. Заявленная точность позиционирования ± 17 мкм, весьма неплохо[4].

После совмещения каждого слоя машина сваривает его с предыдущими слоями в 4 точках, образуя надежно закрепленный пакет. Эта особенность и скрывает основной недостаток таких установок. При последующем прессовании слои претерпевают серьезные масштабные искажения под влиянием температуры. Так как все слои разные, то и ведут они себя по-разному, какие-то сильнее расширяются, какие-то слабее. Но все они собраны в пакет с сварены

друг с другом, поэтому при повышении температуры некоторые слои пытаются растянуть, а другие, наоборот, сдавить своих соседей. Такая картина довольно непредсказуема и несет в себе много случайных погрешностей. Для предотвращения этого используют штифтовую сборку на слотах по схеме 3.1 в таблице 1. При этом слои лишены сдвига и углового разворота, но могут независимо друг от друга растягиваться и усаживаться. Точность совмещения, конечно, будет меньше, но зато получаем предсказуемую картину после прессования. Так, измерив на наладочной заготовке масштабные изменения слоев после пресса, можно достаточно точно выбрать погрешности масштабными коэффициентами на этапе подготовки к производству.

В качестве завершения, следует отметить технологию прямого экспонирования, активно набирающую популярность в наше время. Она также стала возможной благодаря точной системе автоматического совмещения с помощью машинного зрения. Однако в этой технологии нет необходимости совмещать фотошаблоны с заготовкой с помощью хитрых механизмов, так как фотошаблонов в этой технологии нет.

Прямое экспонирование – засвечивание фоточувствительного материала и формирование топологического рисунка напрямую, без использования шаблонов. Этот процесс обеспечивается непосредственным облучением резистивного материала в местах, которые необходимо защитить от травления. Не будем останавливаться на плюсах этой технологии, так как существует довольно много описательных статей, в которых подробно раскрыты все преимущества и недостатки. Остановимся на системе совмещения. В этой технологии все совмещение заключается в привязке системы координат машины к реперным знакам на заготовках. Как обычно, на просверленных платах метками являются отверстия. Внутренние слои также поступают в установку без меток. Однако тут есть одно отличие. Экспонирование может производиться только с одной стороны, поэтому после засветки заготовку необходимо перевернуть и экспонировать обратную сторону. Тут то и вновь возникает необходимость совмещения слоев друг с другом. С платами дело обстоит легче, базовые отверстия читаемы с 2 сторон, система вновь находит метки и снова привязывается к ним. А вот на слоях метки отсутствуют, а совмещать стороны друг с другом также необходимо. Поэтому установка должна сама поставить необходимые реперные знаки. Когда слой поступает в машину, она засвечивает на фоторезисте метки, с привязкой к которым рисует изображение. После переворота, система ищет засвеченные метки на оборотной стороне и экспонирует новую сторону относительно оборотной. В итоге получаем засвеченную с двух сторон заготовку, готовую к химическим операциям.

Рассмотрим установку прямого экспонирования PrintProcess Apollon-DI-A11 (Рис. 12).



Рис.12. Установка прямого экспонирования Apollon-DI-A11

Установка дает возможность выбора местоположения реперных знаков на заготовках. Для достижения лучшего результата точности, необходимо расположить метки на большом расстоянии друг от друга. Местоположение меток должно быть определено на 2 сторонах специальными апертурами программы CAM350 и специальным кодом (D-Code), которые нужно отметить в программе установки. Для внутренних слоев используются метки в программе экспонирования, а для внешних – в программе сверления. Для внешнего слоя даже предусмотрена система защиты от неверной ориентации сторон заготовки. В программе сверления предусматриваются 4 больших отверстия диаметром 3-4 мм и 3 маленьких отверстия диаметром $0,8 \pm 0,1$ мм. Как и в случае с внутренними слоями, отверстия должны быть выполнены специальной апертурой с уникальным кодом (D-Code). Большие отверстия служат для привязки топологии, а маленькие – для определения стороны заготовки. Расположение меток на внутреннем и внешнем слое показано на рис.13.

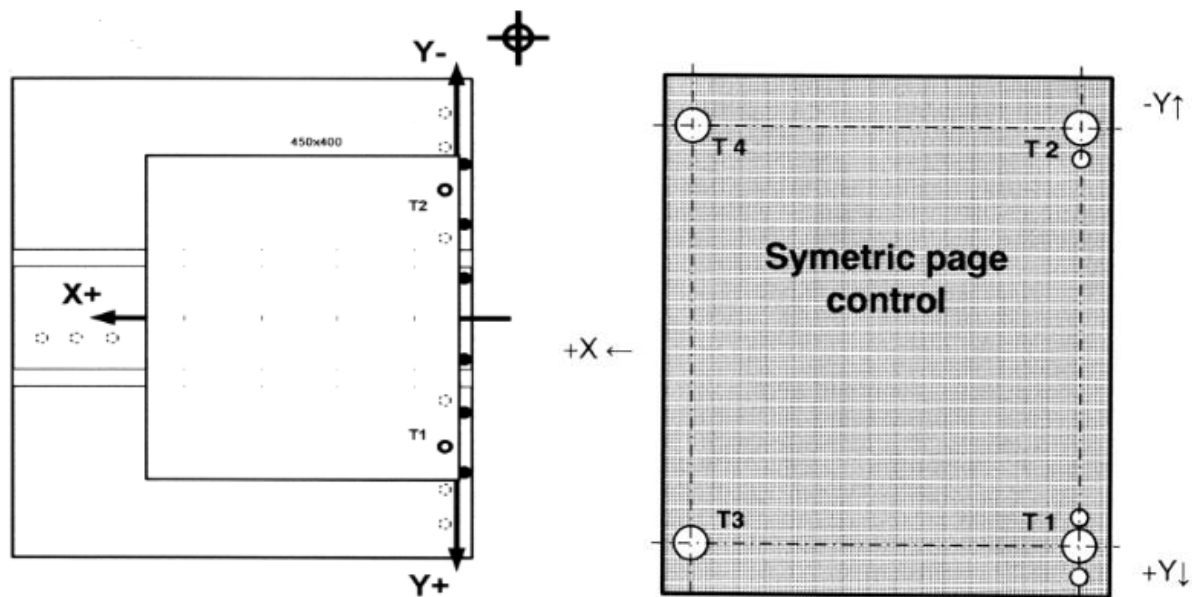


Рис.13. Метки для внутреннего слоя слева, метки внешнего слоя справа

Плата всегда центрируется по оси Y в начало координат машины. По оси X заготовка выравнивается по стопорным штифтам.

Заявленная точность совмещения ± 5 мкм [5]. Это с учетом того, что отсутствуют погрешности фотошаблонов, которые вносят ощутимый вклад в погрешность классической технологии с фотошаблонами. Заявленная минимальная ширина проводника/зазора 25/25 мкм. Это открывает путь в 7 класс точности печатных плат и даже выше.

В заключение стоит отметить тенденцию к упрощению и автоматизации процессов совмещения. При штифтовой технологии сильно влияют человеческий фактор и случайные погрешности. Процесс многокомпонентный, и общая погрешность складывается из суммы всех операций и элементов. При переходе на автоматическое совмещение фотошаблонов суммарное отклонение расположения будет складываться из погрешности оптической системы и погрешности топологии фотошаблонов. Помимо этого, из процесса исключен человеческий фактор в случае автоматического совмещения и экспонирования, что выдвигает этот процесс вперед. Однако и это еще не предел. Следующий шаг исключает еще и погрешность фотошаблонов, а точнее сказать, вообще исключает фотошаблоны. Человеческий фактор отсутствует, нет изменяющихся со временем в размерах фотошаблонов, остается только оптическая система и высокоточные приводы. Однако в полученной последовательности технологий возрастает не только точность позиционирования, но и стоимость оборудования. Выбор остается за конкретным производителем и его требованиями.

Литература

1. Семенов П.В., Цветков Ю.Б. Анализ точности базирования при совмещении слоев многослойных печатных плат // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2010. № 11. С. 32–40
2. Установка экспонирования AT30 CL. Инструкция по эксплуатации и обслуживанию. 2008г.
3. http://www.ostec-st.ru/pcb/catalogue/34/view_item/227
4. <http://petrocom.ru/katalog/oborudovanie/sovmeshhenie-i-sborka-paketa-mpp/ustanovka-besshtiftovogo-opticheskogo-sovmeshheniya,-sborki-i-bondirovaniya-paketa-mpp.html>
5. PrintProcess Apollon-DI-A11. Service manual. 2014г.