

Влияние различных факторов на точность совмещения при изготовлении МПП

При увеличении класса точности, габаритных размеров заготовок МПП и количества слоев значительно возрастает важность точности совмещения, как фотошаблонов и заготовок на участках экспонирования внутренних и наружных слоев, так и слоев при сборке пакета МПП, а также точности пробивки базовых отверстий. Но на точность совмещения при производстве ПП оказывает влияние не только точность оборудования. В статье перечислены все важные факторы, которые могут повлиять на возможность изготовления ПП высокого класса точности.

Андрей Алкаев

Инструментальные точностные характеристики технологического оборудования

Не привязываясь ни к какой системе базирования, рассмотрим влияние на точность только оборудования, предназначенного для изготовления прецизионных МПП (табл. 1).

Сложив точностные характеристики технологического оборудования из таблицы № 1, определим наибольшую ошибку совмещения. Суммарно получаем точность $\pm(85-95)$ мкм. Исходя из ГОСТа 23751-86 «Печатные платы. Основные параметры конструкции», для ПП с размером по одной стороне свыше 360 мм значение позиционного допуска расположения осей отверстий составляет ± 100 мкм. Отсюда следует, что данное оборудование позволяет нам изготавливать печатные платы 5-го класса точности с высоким выходом годной продукции.

Рассмотрим теперь факторы, которые могут свести на нет работу высокоточного оборудования.

Таблица 1. Точностные характеристики технологического оборудования

Совмещение фотошаблонов с внутренними слоями МПП	± 10 мкм
Совмещение фотошаблонов со спрессованной заготовкой МПП	± 10 мкм
Совмещение внутренних слоев	± 10 мкм
Сдвиг слоев при скреплении	± 5 мкм
Экспонирование	± 5 мкм
Вскрытие базовых отверстий	± 10 мкм
Сверление	$\pm 15-20$ мкм
Точность травления слоев	± 5 мкм
Точность травления спрессованной МПП	± 5 мкм
Изготовление фотошаблонов	$\pm 10-15$ мкм

Усадка базового материала

Базовый фольгированный материал, как правило, изменяет свои линейные размеры после травления, то есть дает усадку. Величина усадки сильно зависит от площади медного рисунка, которая включает в себя не только площадь рисунка схемы, но и различные технологические рамки и тест-купоны. Чем больше размер заготовки, тем сильнее влияние усадки материала на последующее качество совмещения.

Приведем пример. По результатам анализа центральной заводской лаборатории при прохождении входного контроля материала на пригодность изготовления МПП мы определили, что стеклотекстолит толщиной 0,15 мм дал усадку на 0,3 мкм/мм. При размере заготовки 457 мм получаем общее изменение размеров $457 \times 0,3 = 137$ мкм. Но! Эта усадка зависит от количества оставшейся меди на базовом материале после травления. Допустим, на слое после травления остается 80% меди, тогда усадка будет составлять 0,04 мкм/мм. При этом получаем общую усадку $0,04 \times 457 = 18$ мкм. Если остается 20% меди, то усадка будет составлять 0,25 мкм/мм. При этом изменение линейных размеров составило $0,25 \times 457 = 114$ мкм. Получается, что уже при усадке только базового материала мы «упираемся в потолок» возможности изготовления ПП 5-го класса точности. Отсюда следует, что при изготовлении внутренних слоев необходимо учитывать эту усадку. Для этого по каждому отдельному слою МПП следует вносить поправки в фотошаблоны на стадии подготовки производства.

В ГОСТе 26246.11-89 «Материал электроизоляционный фольгированный тонкий нормированной горючести для многослойных печатных плат на основе стеклоткани, пропитанной эпоксидным связующим» указывается, что для ламинатов толщиной 0,05–0,3 мм

допускается изменение линейных размеров до $\pm 0,8$ мкм/мм [1]. При размере заготовки по одной стороне 457 мм получаем общую усадку $\pm 0,365$ мм. В ситуации, когда входной контроль опирается на ГОСТ 26246.11-89, в производство поступают ламинаты, не удовлетворяющие требованиям для производства МПП от 3-го до 5-го класса точности. Отсюда следует, что следует внести более жесткие правки при входном контроле ламинатов [2].

Количественные размеры усадки материала зависят не только от площади оставшейся медной фольги на заготовке, но и от толщины материала. Причем чем больше толщина материала, тем меньше изменяются линейные размеры. По этой причине не рекомендуется использовать в одном комплекте МПП внутренние слои разной толщины и разных марок, или необходимо тщательно контролировать линейные деформации слоев.

Влияние препрега

Оценим влияние препрега в процессе прессования. Препрег может оказывать влияние на общую усадку будущей МПП, как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения линейных размеров заготовки. Чем меньше толщина базового материала, применяемого в изготовлении МПП, тем сильнее влияние препрега на общие размеры МПП.

Величина изменения линейных размеров препрега напрямую зависит от таких показателей, как:

- максимальная текучесть;
- время гелеобразования;
- реологические свойства препрега при прессовании;
- температура стеклования.

Если показатели текучести и времени гелеобразования высокие (выше 40 и 100 соответственно), то это может привести в процессе прессования к увеличению общего размера спрессованных заготовок МПП. И наоборот, если препрег имеет низкие показатели текучести и времени гелеобразования, при прессовании заготовка несколько уменьшится в своих размерах за счет полимеризации связующего.

Внося поправки в фотошаблоны на усадку, также следует учитывать случаи, связанные с изменениями не только базового материала, но и препрега: смена производителя, типа сетки стекловолкна, марки связующего. При смене производителя или марки материала нужно проводить перерасчет изменения линейных размеров и учитывать их при производстве МПП. Метод постоянной замены фотошаблонов очень дорог и трудоемок, поэтому лучшим решением в этом случае будет постоянное использование материала одного производителя — как препрега, так и базового материала.

Усадка заготовки ПП в процессе прессования

С увеличением класса точности изготавливаемых ПП возрастают требования не только к оборудованию, что связано с совмещением и прочими точностными характеристиками,

но и к оснасткам: пресс-формам, прокладочным листам и термобуферу. На стадии прессования при использовании прессформ и прокладочных листов важны такие факторы, как плоскостность и параллельность плит пресса; равномерность распределения тепла по всей поверхности каждой из нагревательных плит; плоскостность и равномерность по толщине пресс-форм; материал, используемый при их изготовлении. Все перечисленные факторы влияют на равномерность давления и распределения тепла по всей заготовке ПП и, как следствие, на одинаковость изменения линейных размеров оснастки и материала [3].

Плоскостность пресс-форм обеспечивается:

- стойкостью материала пресс-форм к термостатированию и воздействию давления;
- толщиной основания и крышки пресс-форм (приемлемое значение — 8–12 мм);
- качеством обработки поверхности пресс-форм.

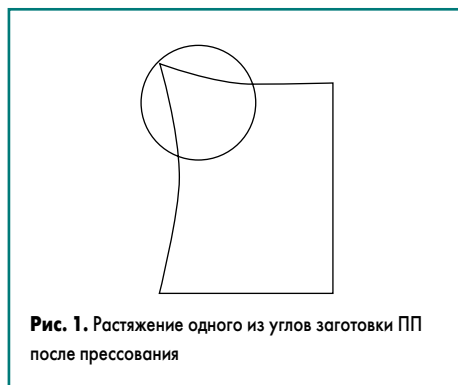


Рис. 1. Растяжение одного из углов заготовки ПП после прессования

Допуск на неплоскостность и непараллельность пресс-форм и плит пресса должен быть не более 100 мкм. Если не соблюдать эти условия, то равномерного удельного распределения давления в процессе прессования не будет. На участках заготовки, где давление выше, выбег смолы препрега будет больше, чем на участках, где давление меньше. В результате после прессования заготовки будут принимать неправильные формы. На рис. 1 изображено растяжение одного из углов заготовки ПП после прессования вследствие воздействия на него более сильного давления, чем на остальную поверхность заготовки ПП.

В процессе прессования МПП следует также учитывать степень влагосодержания в препрегах, базовом материале и термобуферах.

Завышенное содержание влаги будет сказываться на увеличении времени гелеобразования препрега. Увеличенное время гелеобразования (более 100 с) и высокая текучесть (более 35%) приводят не к усадке, а к обратному явлению — увеличению линейных размеров заготовки.

Система базирования и тип фиксации заготовок в пресс-пакетах во время прессования МПП

В настоящее время используются разные системы крепления пресс-пакета МПП. Основные — это Pin-Lam и Mas-Lam.

Систему базирования Mas-Lam на российском рынке предлагают две компании: швейцарская Printprocess (в ее системе используются заклепки или быстросохнущий клей) и итальянская Cedal (она использует Pinless — бесштифтовую технологию фиксации за счет сварки пакета в определенных точках) [4].

Pin-Lam является штифтовой системой базирования.

Есть три вида штифтового крепления пакета МПП. На рис. 2 красными линиями указаны направления, вдоль которых направлен вектор смещения материала прессуемого пакета. Легко заметить, что при жесткой фиксации прессуемого пакета МПП на штифтах на выходе велика вероятность выхода спрессованных заготовок МПП с деформацией. Деформация спрессованной заготовки будет тем сильнее, чем нестабильнее по изменениям линейных размеров будут базовый материал и препрег для производства.

Что скрывать: многие производители печатных плат на операции сверления прибегают к приему масштабирования программы сверления, подгоняя ее под полученный результат спрессованной заготовки. Это может привести к тому, что элементы при пайке просто не встанут на полагающееся для них место. Так как координаты пайки и габариты паяемых элементов строго закреплены в базе сверления, то применение такого «приема» непозволительно. Особенно это актуально для плат 4–6-го класса точности. Но вследствие деформаций, возникающих из-за жесткой фиксации на штифтах, не получится применить и этот «прием» с масштабированием базы сверления. Применение систем фиксации Mas-Lam или технологии Pinless полностью избавляет от таких видов деформаций.

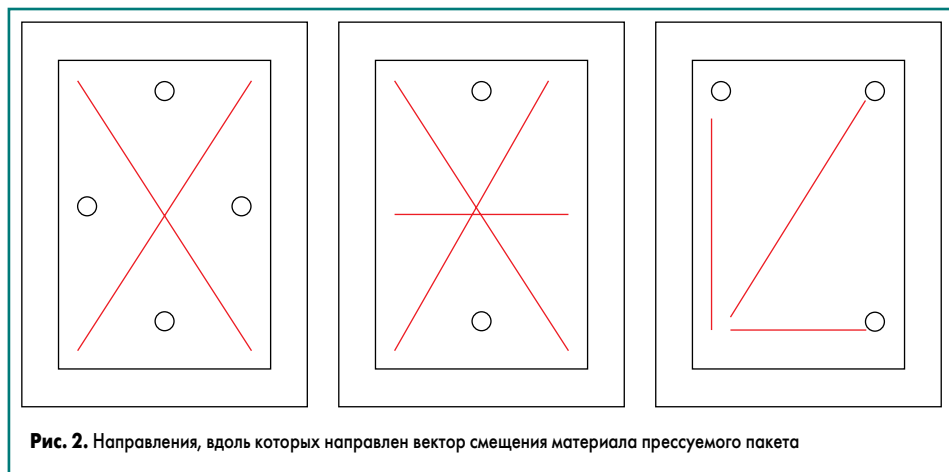


Рис. 2. Направления, вдоль которых направлен вектор смещения материала прессуемого пакета

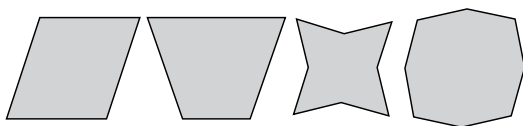


Рис. 3. Искажения размеров фотошаблонов при перепадах температуры и влажности

Усадка фотошаблонов

Фотошаблон, как любая полимерная пленка, чувствителен к климатическим изменениям окружающей среды. При перепадах температуры и влажности происходит изменение линейных размеров фотошаблонов. Однако изменение размеров фотошаблонов может происходить не только из-за влияния температуры окружающей среды, но и в процессе нагрева при экспонировании. Согласно ГОСТу Р 53432-2009 «Платы печатные. Общие требования к производству» температура и влажность на участках экспонирования и хранения фотошаблонов должна быть:

- для 1–4-го класса точности ПП
 $t = +19...23\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 45\text{--}55\%$;
- для 5–7-го класса точности
 $t = +20...22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 45\text{--}55\%$ [5].

Если не соблюдать эти условия, фотошаблон будет вести себя непредсказуемо. Его размеры будут изменяться в разных направлениях (произодейдет нелинейная деформация), а это критично при изготовлении МПП. Фотошаблоны могут принимать форму трапеций, ромбов, параллелограммов и проч. (рис. 3).

В таблицу 2 сведены все факторы, которые могут повлиять на возможность совмещения и, как следствие, изготовления МПП.

Учитывая все вышеперечисленные факторы, влияющие на точность совмещения

(инструментальные точностные характеристики производственного оборудования, изменение линейных размеров материала и фотошаблонов, изменение линейных размеров при прессовании), мы получим общую технологическую точностную характеристику производства ПП, равную $\pm 500\text{ мкм}$. Исходя из этого, изготовление платы даже 3-го класса становится практически невозможным.

Закключение

Можно сделать вывод, что владеть высокоточным оборудованием для изготовления прецизионных плат недостаточно. Необходимо знать все факторы, которые могут повлиять на возможность изготовления прецизионных плат с приемлемым количеством выхода годной продукции и использовать приемы по максимальному уменьшению влияния этих факторов.

Для этого следует:

- Вводить в фотошаблоны на стадии подготовки производства поправочные коэффициенты.
- Использовать климатические установки для сохранения стабильных значений влажности и температуры на участках фотолитографии и хранения фотошаблонов.
- Применять качественные материалы, которые мало подвержены линейным изменениям в технологическом цикле производства.

Таблица 2. Факторы, которые могут повлиять на возможность совмещения

Суммарная точность оборудования	$\pm 85\text{ мкм}$
Усадка базового материала	$\pm 120\text{ мкм}$
Влияние препрега (адгезива)	$\pm 120\text{ мкм}$
Изменение линейных размеров ПП при прессовании	$\pm 100\text{ мкм}$
Влияние микроклимата на изменение линейных размеров фотошаблонов	$\pm 80\text{ мкм}$
Суммарное влияние всех факторов	$\pm 500\text{ мкм}$

При этом желательно использовать одни и те же тип и марку материала от одного производителя.

- Применять систему фиксации при прессовании МПП Mas-Lam либо технологию фирмы Cedal (установку PinLess) вместо жесткой фиксации на штифтах.
- Обеспечить присутствие на производстве грамотных специалистов, которые обязаны уметь использовать теоретические знания на практике, замечать многие тонкости и нюансы производства.

Литература

1. ГОСТ 26246.11-89. Материалы изоляционные фольгированные для печатных плат. — Введ. 1991-01-01. М.: Издательство стандартов, 2002.
2. Семенов П. «Прямая и непосредственная угроза», или Мартышкин труд. Системы совмещения // Технологии в электронной промышленности. 2010. № 7.
3. Новокрещенов С. Коробление многослойных печатных плат // Электронные компоненты. 2004. № 2.
4. www.elcp.ru
5. ГОСТ Р 53432-2009. Платы печатные. Общие требования к производству. Введ. 2009-11-30. М.: Стандартинформ, 2010.