

- В. А. СЕЛЮНИНА, инж.-техн. лаб. печатного монтажа  
АО «НПЦ «Полюс», Томск
- А. А. БУЛДАКОВ, нач. лаб. печатного монтажа  
АО «НПЦ «Полюс», Томск
- А. В. ГРЕБЕНЮК, инж.-техн. лаб. печатного монтажа  
АО «НПЦ «Полюс», Томск
- В. Д. НЕМЛИЕНКО, инж.-техн. лаб. печатного монтажа  
АО «НПЦ «Полюс», Томск

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ДЕФОРМАЦИИ МНОГОСЛОЙНЫХ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ**

Рассмотрены причины возникновения деформации в многослойных печатных платах и способы ее уменьшения посредством изменения конструкции и технологии изготовления печатных плат.

Ключевые слова: многослойные печатные платы, деформация, центр симметрии, внутренние напряжения, полимеризация, технологические режимы, оценка деформации.

При монтаже и сборке печатных узлов на автоматических и полуавтоматических линиях серьезные проблемы может вызвать распротраненный дефект: отклонение от плоскостности платы в виде изгиба или скручивания. При установке коробленной печатной платы (ПП) с распаянными элементами в изделие ее с усилием выпрямляют в плоское состояние, вызывая напряжения в металлизированных отверстиях, корпусах радиоэлементов и паяных соединениях. Возникающие напряжения могут привести к нарушению внутренних межслойных соединений, а также к разрушению паяных соединений.

С 2022 г. в АО «НПЦ «Полюс» началось изготовление многослойных печатных плат (МПП) 3-го класса точности по ГОСТ Р 53429-2009 методом сквозной металлизации. Всего было изготовлено 154 МПП, из них 55,2% составили платы с превышением требований ГОСТ 55693-13 на изгиб и скручивание (для ПП с использованием технологии поверхностного монтажа). В ходе исследований возможных причин возникновения деформаций

МПП выявлены факторы, влияющие на плоскостность МПП, и разработаны способы уменьшения их влияния.

Основными причинами деформаций скручивания и изгиба в МПП являются ошибки в их конструкции, внутренние напряжения в исходных материалах, ошибки в подборе режимов прессования.

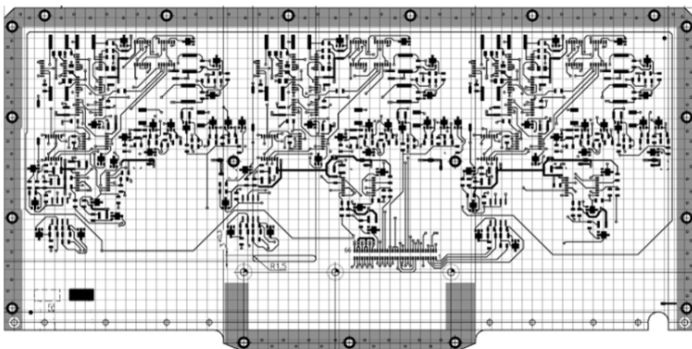
Понятие «конструкция МПП» включает в себя не только размещение элементов и разводку проводников, но и то, как она в целом сбалансирована по плотности проводников и полигонов относительно воображаемого центра симметрии. На начальных стадиях создания композиционных фольгированных диэлектриков на основе стеклотканей напряжения возникают в стеклянной пряже – в ее скрученных нитках, и фиксируются фольгой [1]. При вытравливании рисунка печатных проводников эти напряжения освобождаются, что сказывается на размерной стабильности слоев МПП. Но главное в том, что несимметричная плотность рисунка на двух сторонах платы вызывает коробление основания. Следует выравнять плотность меди на обеих сторонах слоя за счет использования сеточных полигонов (рисунок 1) [2].

В таблице 1 приведено 5 позиций МПП, изготовленных с большой разницей площадей проводящего рисунка.

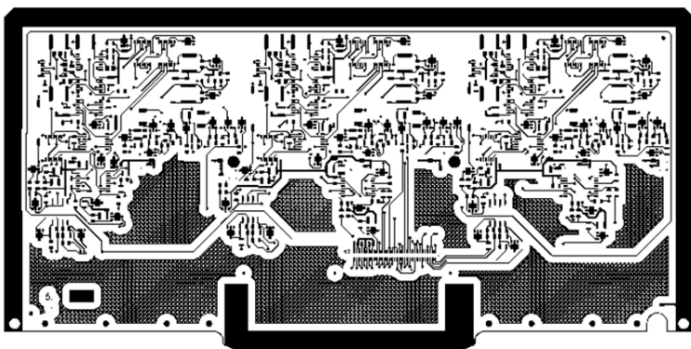
Заполнение пробельных мест на слоях МПП полигонами позволит сократить разницу площадей проводящего рисунка в среднем в 2 раза и уменьшить степень деформации.

Таблица 1 – Разница площадей проводящего рисунка на слоях платы

Позиция МПП	Площадь проводящего рисунка, см <sup>2</sup>			
	Слой 1	Слой 2	Слой 3	Слой 4
1	140,75	333,275	350,5	400,0
2	90,5	323,3	331,3	340,2
3	95,0	410,0	384,0	474,0
4	142,5	375,5	346,3	453,0
5	105,6	336,4	373,3	375,7



*a*



*б*

Рисунок 1 – Топологии рисунка платы: *a* – до заполнения свободных областей (площадь меди 142 см<sup>2</sup>);  
*б* – после заполнения (площадь меди 265 см<sup>2</sup>)

В процессе изготовления композиционных материалов производители не имеют возможности доводить связующее до полной полимеризации, так как для этого требуется гораздо больше времени нагрева, чем позволяет массовое производство. Производители фольгированных диэлектриков рассчитывают, что при изготовлении печатных плат диэлектрическое основание подвергается дополнительному нагреву, поэтому процесс полимеризации продолжится. Однако в последнем случае нагрев не является целенаправленным и однородным. Необходимо закончить процесс полимеризации связующего вещества и частичного

удаления летучих веществ (влаги и растворителя) из базового материала перед изготовлением плат [3].

В цехе ПП НПЦ «Полус» проводится термостабилизация заготовок для окончания процесса полимеризации связующего, однако этой технологической операции недостаточно для производства МПП, плоскостность которых крайне важна. Снижение внутренних напряжений в исходном материале необходимо проводить при температуре на 5 °С выше указанной в паспорте температуры стеклования. Длительность нахождения материала в печи (или прессе) составляет 3 ч с последующим постепенным охлаждением до температуры окружающего воздуха в течение 5–8 ч. Вакуум при термостабилизации желателен, но не является необходимым. Давление по оси Z можно обеспечить в прессе, выставив значение 2 кг/см<sup>2</sup>, или в печи нагрузкой, обеспечивающей полное сжатие заготовок в пакете [3].

Технологические режимы обработки диэлектрика являются основополагающим этапом в производстве МПП. Именно в момент прессования формируются диэлектрические свойства прессуемого материала, т. е. будущие эксплуатационные свойства ПП [1]. Полное смачивание внутренних слоев и хорошее растекание смолы по рельефу проводников имеют большое значение для обеспечения устойчивости плат к тепловым воздействиям при последующей обработке с помощью нагрева. В момент, когда смола начинает отверждаться и перестает растекаться, понижение давления в прессе может способствовать уменьшению внутренних напряжений в многослойной печатной плате. Обычно давление уменьшают до 2,5–4 кг/см<sup>2</sup> [4].

На основании приведенной информации в НПЦ «Полус» подготавливается программа исследования способов уменьшения деформации МПП. Целью программы является устранение причин деформации МПП за счет изменения их конструкции и технологии изготовления. По результатам изменений планируется увеличить жесткость МПП, предотвратить внутренние напряжения в процессе изготовления благодаря усовершенствованию технологии и применению ранее неиспользуемых в производстве материалов с высокой температурой стеклования. Оценка внедренных изменений будет проведена в процессе изготовления опытной партии МПП. В случае положительных результатов станет возможным значительно сократить трудо-

затраты за счет применения автоматизированной технологии поверхностного монтажа.

#### *ЛИТЕРАТУРА*

1. Медведев А., Мылов Г. Печатные платы. Причины коробления // Технологии в электронной промышленности. 2012. № 2. С. 18–20.
2. Новокрещенов С. Коробление многослойных печатных плат // Электронные компоненты. 2004. № 2. С. 1–5.
3. Медведев А., Мажаров В. Многослойные печатные платы. Способы улучшения размерной стабильности материалов слоев // Производство электроники: технологии, оборудование, материалы. 2011. № 5. С. 30–34.
4. Печатные платы: справ. В 2 кн. / под ред. К.Ф. Кумбза. М.: Техносфера, 2011.

V.A. Selunina, A.A. Buldakov, A.V. Grebenuk, V.D. Nemlienko

#### **The cause and solution of Multilayer Printed Circuit Boards deformation**

In this article various causes of deformation of Multilayer Printed Circuit Board are analyzed and ways to reduce it are researched.

Keywords: multilayer printed circuit board, deformation, center of symmetry, internal tension, polymerization, technological condition, assessment of deformation.