

# Многослойные компоненты

## Syfer FlexiCap

Влад ЕФРЕМЕНКО  
efremenko@apls.ru

**Многослойные керамические конденсаторы (MLCC) и компоненты на их базе известны своей надежностью, однако они чувствительны к изломам при изгибах печатной платы (ПП). Подобные дефекты могут не проявляться сразу и в явном виде, но в конечном итоге всегда приводят к отказам оборудования.**

**В** MLCC поверхностного монтажа в основном используются три типа диэлектриков: C0G [NP0], X7R и Y5V. Размеры корпусов чипов стандартизированы и имеют диапазон от 0201 (0,5×0,25 мм) до 8060 (20,3×15,24 мм).

MLCC — это маленькие блоки из керамического диэлектрика с внутренними слоями из металла. Эти слой-электроды связаны в параллельную листовую структуру и выведены к металлическим «крышкам», терминалам, расположенным на концах блоков (рис. 1).

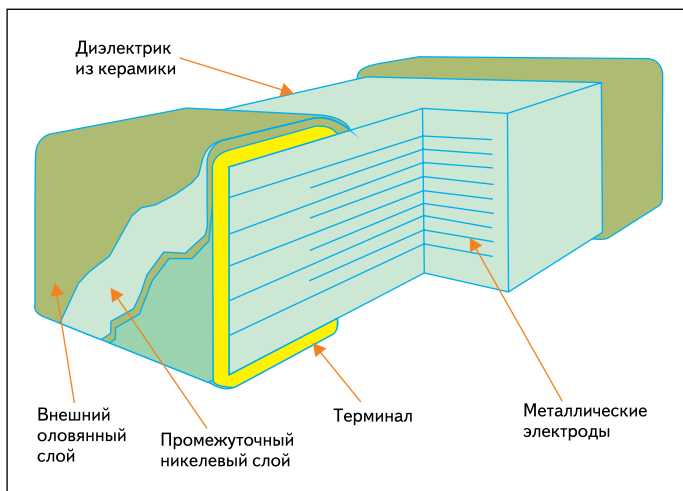


Рис. 1. Базовая структура MLCC

MLCC — одни из наиболее надежных компонентов для поверхностного монтажа, однако и они могут разрушаться под действием механических напряжений, например из-за изгиба ПП.

При изгибе ПП стремится принять форму окружности. Внешняя поверхность при этом растягивается, расстояние между контактными площадками, на которые припаян чип, увеличивается. При этом на чип действуют силы растяжения (рис. 2).

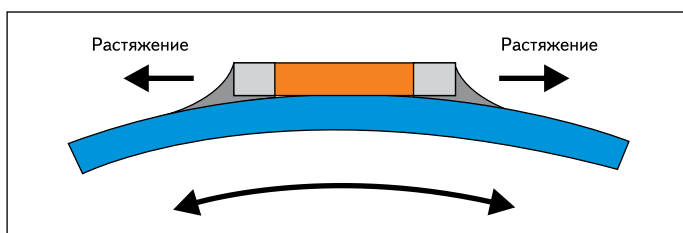


Рис. 2. Растяжение компонента при изгибе ПП

Если при этом область пайки будет деформироваться, чип может сломаться. Сгибание ПП приводит к возникновению трещин в теле чипа, идущих, как правило, от нижнего края по направлению к терминалу (рис. 3). Если они проникнут в область перекрытия разнополярных электродов, то может произойти даже короткое замыкание.

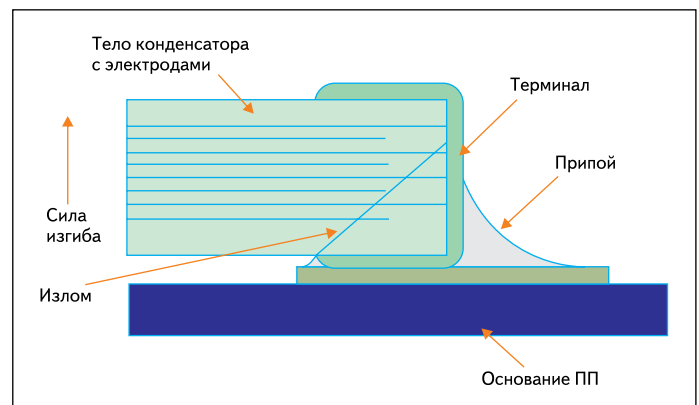


Рис. 3. Типичный механический дефект MLCC при изгибе ПП

Подобные дефекты остаются необнаруженными в течение длительного времени, так как могут вызывать кратковременные изменения основных электрических параметров, носящие «случайный характер», то есть когда невозможно при тестировании или поиске неисправности смоделировать ситуацию устойчивого проявления дефекта (рис. 4).



Рис. 4. Короткое замыкание при механическом дефекте

Например, попадание влаги или другого токопроводящего вещества в трещину может вызывать уменьшение сопротивления изоляции IR (Insulation Resistance), которое может позже восстановиться.

Электрические дефекты могут быть «случайными» и из-за воздействия температуры, когда ПП функционирует только некоторое время до проявления дефекта.

Это приводит к тому, что изготовитель ПП для решения проблем поиска и устранения неисправностей обязан использовать дорогостоящее тестовое оборудование и сложные методы анализа и поиска, которые все равно не обеспечивают выявления 100% дефектов, так как часть компонентов в конкретный момент времени может быть работоспособна и выполнять свои функции.

Обычно при анализе эксплуатационных отказов около 60% дефектов в компонентах связаны с изменением IR, но только малая часть этих дефектов распознается производителем ПП на этапе выходного контроля. Изменение емкости является критерием дефекта не более чем в 10% треснутых чипов, а визуально треснутые чипы определяются менее чем в 2% всех случаев неисправностей.

Прочность компонентов поверхностного монтажа на изгиб оценивается в соответствии с требованиями спецификации IEC 60068-2-21:1999. На рис. 5 показано расположение испытываемого конденсатора на тестовой плате, которая находится в перевернутом состоянии на двух горизонтальных круглых стержнях. Плата изгибается с помощью пуансона, имеющего размеры 20×50 мм и выпуклую рабочую поверхность с радиусом 340 мм. Плата изгибается с некоторым усилием известной величины, после чего производится оценка параметров тестируемых компонентов и определяется максимально допустимое значение изгиба ПП.

Основным электрическим параметром, определяющим меру неисправности компонента при испытании на изгиб, по умолчанию является изменение величины емкости. Однако результаты программы комплексного анализа дефектов методом микросреза (более 15000 образцов, прошедших испытания на изгиб), проведенные компанией Syfer, одним из мировых лидеров в разработке

и производстве MLCC, показали, что появление «реального дефекта» не всегда вызывает изменение величины емкости. А изменение IR вообще наблюдалось меньше чем в 1% случаев, сопровождающихся впоследствии растрескиванием.

При сопоставлении результатов, полученных при проведении микросрезов, с результатами измерений величины емкости стало очевидно, что изменение емкости обнаружено только у части дефектных компонентов. Оказалось также, что маленькие конденсаторы не прочнее больших, а тонкие — не слабее толстых. Этот факт опровергает предположение о том, что толстые конденсаторы прочнее.

Результаты микросрезов продемонстрировали, что компоненты на титановой основе (Barium Titanate — основной материал в диэлектриках X7R и Y5V) менее прочны по сравнению с компонентами на основе оксида неодима (Neodymium Oxide — основной материал диэлектрика C0G [NP0]). Конденсаторы C0G [NP0] трескаются примерно при удвоенной величине изгиба платы, при которой трескаются аналогичные конденсаторы X7R и Y5V.

Разработчики оборудования должны применять предупредительные меры для снижения чувствительности ПП к изгибам. Основных метода три:

1. Правильная разработка механической конструкции изделия.
2. Правильная разработка топологии и технологических процессов изготовления ПП.
3. Правильный выбор компонентов поверхностного монтажа.

Рассмотрим кратко эти методы.

### Разработка механической конструкции изделия

Большинство изломов и других механических дефектов происходит в процессе монтажа/демонтажа печатных модулей в корпусе изделия. Поэтому для таких операций в конструкции изделия должны быть предусмотрены специальные приспособления: ловители, направляющие, доводчики-фиксаторы и пр. Необходимо применять дополнительные меры для увеличения жесткости материнских плат, кросс-плат и других объединительных плат, наиболее часто подвергающихся внешним механическим воздействиям.

### Разработка топологии ПП и технологических процессов изготовления

Важную роль здесь играют:

- форма контактной площадки;

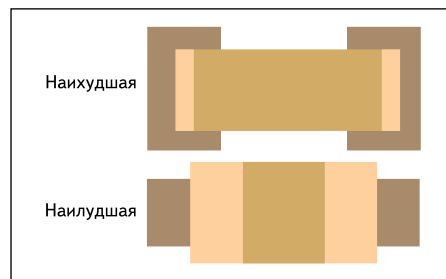


Рис. 6. Варианты топологии контактных площадок ПП

- метод скрайбирования (разрезание ПП) и соответствующее расположение и ориентирование компонентов;
- тип применяемого припоя.

Подтверждено испытаниями, что при ширине контактной площадки, которая несколько уже, чем ширина чипа, значительно повышается разрывная сила (рис. 6).

В зависимости от плотности расположения компонентов на ПП и планируемых объемов производства необходимо правильно выбирать метод разрезания (depanelisation) ПП после сборки. При разделении ПП ручным способом следует располагать компоненты как можно дальше от «линии разлома», а также ориентировать компоненты так, чтобы их продольные оси симметрии были, по возможности, параллельны «линии разлома».

### Выбор компонентов поверхностного монтажа

Важным фактором устойчивости ПП к механическим воздействиям является тип применяемого припоя. Известно, что Pb-припой мягче, чем их Lead free аналоги, и могут компенсировать часть механических напряжений, но сегодня в большинстве случаев запрещено использование материалов и компонентов, содержащих свинец.

Специалисты компании Syfer провели долговременный анализ влияния различных типов припоя на устойчивость компонентов к излому и получили следующие результаты (таблица):

- Были исследованы два основных типа припоя: свинцовый 60/40 SnPb и бессвинцовый SAC 95,5/3,8/0,7 SnAgCu.
- Бессвинцовый припой ухудшает допустимый изгиб ПП в среднем на 0,2 мм.
- После выдерживания ПП в течение 1000 часов при нормальной температуре значение допустимого изгиба улучшается и становится одинаковым или даже лучшим по сравнению со свинцовым припоем.

То есть рекомендуется перед эксплуатацией выдерживать собранные ПП в течение

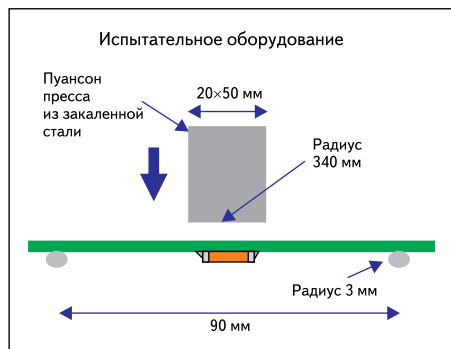


Рис. 5. Испытание на изгиб

Таблица. Результаты анализа устойчивости компонентов к излому

Размер Chip Size	Тип вывода Termination	Средний прогиб с SnPb-припоем, мм	Средний прогиб с SnAgCu-припоем, мм	Изменение после 1000 ч при 25 °С, мм	Средний прогиб с SnAgCu припоем после 1000 ч при 25 °С, мм
1206	Стандартный Ni-барьер	3,4	3,2	-0,2	3,5
	FlexiCap	6,7	6,5	-0,2	6,7

минимум 1000 часов при нормальной температуре.

Какие еще способы и методы можно использовать для увеличения устойчивости к изгибу? Установленный на ПП чип можно рассматривать как последовательность, или цепочку материалов:

- плата;
- контактная площадка;
- припой;
- вывод (терминал) чипа;
- керамика чипа.

При механических воздействиях «слабое звено» рвется, и чаще всего — это керамика. Необходимо добиться, чтобы любое из звеньев цепи было прочным в эксплуатации.

Компания Syfer Technology освоила и внедрила в производство полимерные выводы Syfer FlexiCap для MLCC, что допускает большие нагрузки на ПП без разрушения конденсаторов. Новый материал терминации состоит из эпоксидного полимера, наполненного серебром. Материал является гибким и уменьшает механические напряжения между ПП и жестким керамическим корпусом MLCC. Новый материал наносится с использованием стандартных технологических процессов, но вместо спекания при 800 °С в случае со стеклокерамикой (большинство современных MLCC) полимер отверждается уже при 180 °С.

Полимер компании Syfer имеет пористую структуру и обеспечивает повышенную гибкость (рис. 7), при этом другие механические и электрические свойства остаются неизмен-

ными, в том числе в экстремальных температурных и химических условиях.

После нанесения полимера терминалы покрываются никелем и оловом с использованием стандартных технологических процессов, применяемых при изготовлении серебряносодержащих компонентов. Это гарантирует неизменность параметров пайки.

Электрические параметры компонентов Syfer FlexiCap идентичны параметрам «классических» аналогов, широко представленных на рынке. Расширенные испытания на надежность подтвердили, что полимер не оказывает негативного воздействия ни на электрические, ни на климатические параметры компонентов.

Новые MLCC Syfer FlexiCap с диэлектриками X7R или Y5V и новым полимером выдерживают нагрузки при испытаниях на изгиб, в два раза и более превышающие соответствующие нагрузки для обычных конденсаторов (таблица).

Компания Syfer выпустила уже около 50 млн конденсаторов FlexiCap, которые используются в приложениях, ранее имевших частые проблемы с дефектами, связанными с изломами. В течение специально проводимых периодов наблюдений ни один конденсатор не вышел из строя, в том числе из-за механических воздействий.

Syfer выпускает весь спектр MLCC с технологией FlexiCap с диапазоном емкости 0,47 пкФ – 22,0 мкФ, напряжением 10 В – 6 кВ и типом корпуса 0603–8060.

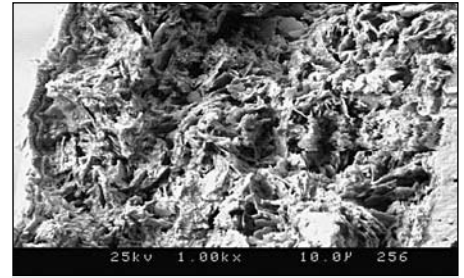


Рис. 7. Микроструктура полимерной терминации Syfer

Применение разработчиками компонентов поверхностного монтажа с использованием технологий, подобных Syfer FlexiCap, повышает надежность работы электронного оборудования, его технологические и эксплуатационные параметры.

## Литература

1. FlexiCap, Application Note, 2008. URL — <http://syfer.apls.ru/assets/files/flexicap.pdf>
2. FlexiCap Termination, Application Note, 2008. URL — [http://syfer.apls.ru/assets/files/an0001\\_flexicap\\_termination.pdf](http://syfer.apls.ru/assets/files/an0001_flexicap_termination.pdf)
3. Mechanical Cracking, Application Note, 2009. URL — [http://syfer.apls.ru/assets/files/an0005\\_mechanical\\_cracking.pdf](http://syfer.apls.ru/assets/files/an0005_mechanical_cracking.pdf)
4. The Effect of Lead Free Soldering on Bend Test Performance, Application Note, 2009. URL — [http://syfer.apls.ru/assets/files/an0010\\_lead-free\\_soldering\\_bend\\_testing.pdf](http://syfer.apls.ru/assets/files/an0010_lead-free_soldering_bend_testing.pdf)