

# AVX 多层陶瓷电容 FLEXITERM™: 预防电容破裂失效指南

作者: Mark Stewart  
陶瓷电容产品市场技术部经理  
AVX 责任有限公司  
Coleraine, 北爱尔兰,

## 摘要

MLCC 电容的巨大普及性与可选择性技术的比较, 首先是他们出色的可靠性记录和低成本。但是在某一特定环境下由于元器件的陶瓷部分破裂会发生一些问题。当元器件焊接到电路板后, 这些失效通常由机械破坏产生; 当电路板误操作或在极其苛刻的环境条件下组装, 也会导致失效。

这篇文章阐述了 AVX 公司 FlexiTerm™ 产品的主要好处和特性, 一个软的终端系统通过减轻施加在陶瓷上的机械力来使这类失效最小化。

## 破裂问题

正如电容在元器件数量方面占的统治地位, 多层陶瓷电容 (MLCC) 因为其高可靠性及低成本被普遍应用于电路设计。即使因为陶瓷材料的特性, MLCC 本身很有可能在组装的过程中因为操作不当或是在特殊的环境下出现破裂。因为这个原因, 破裂成为贴装到电路板上的 MLCC 的最普遍的失效模式。

弯曲附有元件的印刷电路板, 最普遍的一个结果就是导致 MLCC 元件的破裂。这种弯曲是在组装生产和恶劣的操作条件下机械导致的外力造成的。最坏的情形, 一个低阻值的电阻破裂失效会导致极高的温度, 当其直接连接到电源线并有充足电流通过时电路板的直接区域将会造成毁灭性的破坏。

很典型的, 板子的弯曲会导致陶瓷电容焊接到印刷电路板的部分产生裂痕, 并且裂痕会继续扩大至陶瓷电容焊接部分高度的一半。如图 1 所示

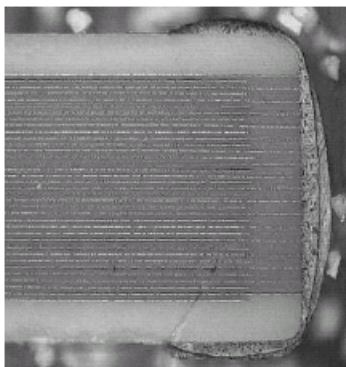


图 1, 标准的 MLCC 终端展示典型的板子弯曲造成的破裂

## FLEXITERM™ 吸收压力

AVX 已经认识到有必要改善陶瓷电容的机械性能，以保证元器件在受到巨大外力时有更好的可靠性。FlexiTerm™ 作为一个附加韧性的终端外层来开发，它被附加到原器件终端上以保证原器件在受到外力时保持完整的电气性能。（如图 2）FlexiTerm™ 被用于联接 BME（基础金属电极）技术，这项技术提供了一个优点——消除了用铅银连接电容技术所花费的较高的物料费用，同时也增加了可靠性。这种在韧性和热量性能的改变更可靠的解决电路板在生产中弯曲的问题和元器件在操作过程中对环境要求过于严格的问题。

在元器件和电路板之间的热膨胀(CTE)不匹配系数也会在不同材料的连接处产生过大的力。在功率转换模块中这是一个显著的问题，因为过多的负载引起了温度的巨大波动。FlexiTerm™ 的韧性特性减少了原件上的压力从而降低了系统失效的风险。

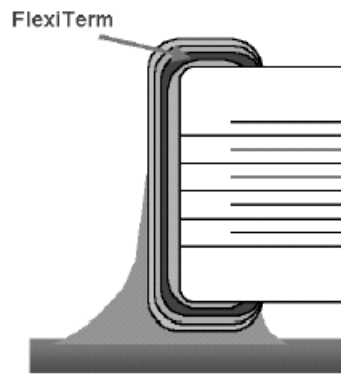


图 2. 附加了 FlexiTerm™ 层对机械弯曲增加了阻力

AVX 提供的 FlexiTerm 采用了 X7R 电解质，有较宽的选值范围，应用于汽车电容，电源输入电容以及标准的常用电容。

## 应用于需要防止破裂失效

多层陶瓷电容破裂可以说是高成本高能量应用的最大问题，因为在应用高电流的电路上将会造成更大的破坏。高风险应用包括汽车，电源，转换器，电信，基站，个人电脑和笔记本电脑，PDA，医学和使用仪器上。一般来说所有电路板组装的产品在生产过程中都容易受到陶瓷电容失效的影响，另外一些因为苛刻的工作环境易受失效的攻击。

汽车部分就是行业中的一个例子，在这个行业中陶瓷电容失效已经被广泛的公认是其应用中的一个危急的失效。陶瓷电容在汽车电子领域新兴的趋势包括为可靠性比较高的原件作驱动，原件小型化，多功能化以及安置在汽车上高温及高要求环境中的集成电路中譬如引擎，传动器，和传动箱里。汽车电子系统制造商因此在认可陶瓷电容器的极限和帮助为陶瓷电容产品定义一个更合适的将来充当一个重要角色。

电源和转换器技术也同样要求防止破裂失效。预先发展陶瓷电容技术是为了使它能更多的应用在电源上，这些发展包括与原来电容技术相比更高的电容值和更低的等效串联电阻（ESR）。

原器件的失效，譬如陶瓷电容那样在许多应用中由于机械力和机械热力可以危及安全系统并且停止整个系统的操作。另外对汽车和电源制造商而言，高端模块产品失效带来的不仅是经济上的问题，同样也会影响到公司的名誉。更令人不安的是当陶瓷电容在 48 伏电压时，

或者是线性提供一个带有少量 **amps** 的 12 伏电压（很容易存在于汽车电池中）时短路，将会达到 1000 摄氏度左右的温度，这将会潜在的引起巨大的破坏。

## 破裂失效的定位

对于特殊多层陶瓷生产商来说是不会因为破裂失效而被制约的，但是却制约了那些主要和次要的供应商。对于电子组装生产商而言失效的原因是很容易理解的。最普遍的失效发生在电路板折板，元器件放置，板子组装插入的部分和放置陶瓷电容十分接近于电路板边缘的地方。

通过量测来减少失效已经被很好的证明了，但是当这种失效增加时，这将无法被预防，检测，并且很难找到根本原因。组装生产商每月花费数以千计的美元用来检测，围堵和维修的例子是很不普遍的。解决方案正如元器件布线的重新设计，在获得确认它将会解决问题时需要一个很长的转变时间。这种破裂失效对于签约的生产商来说有时很普遍并且也很容易理解在组装过程中造成，以至于他们不会对供应商和客户突出这个问题。在某些情况下只有品质工程师知道问题的程度并且知道问题发身在哪些不被生产人员记录和跟踪的地方。假如更严重的失效位于组装测试端，这种失效也许会发生。一个严重的错误将因为在初段电容和 **Q** 参数测试中无法发现而产生。实际上多层陶瓷电容的使用将不会受到影响，直到潮气进入裂纹在电解质层之间形成一个路径，这种情况也许只有在原器件暴露在潮湿的大气中才会变得显著。因为这个原因电容中陶瓷的破裂将会通过量测绝缘电阻（**IR**）的改变而被发现。**IR** 测试是一种确认电容被正确使用标准测试，但是一旦元器件焊接到电路板上将不可能进行这种测试。

## FLEXITERM™ — 解决裂纹的方案

**AVX** 公司发现若要阻止陶瓷破裂的发生，电容端部的结构需要有韧性；经过大量的研究和不断发展，最终定义出 “**FlexiTerm**”。这种具有韧性特点的高传导性终端材料被加入 **AVX** 的标准 **X7R** 介质陶瓷电容中，从而生产出新的范围值的 **FlexiTerm**™ 多层陶瓷电容。这种韧性端子被特殊的设计成增强机械和温度弯曲特性的元器件，用于防止系统产生的失效。例如对于生产过程中未知原因电路板弯曲造成的失效，有经验的电容使用者为了完全消除这种失效会接受使用 **AVX FlexiTerm**™ 系列的产品来代替这些电容。

无论是电路设计者还是生产工程师在使用成熟元器件时成本往往是一个决定因素。这可能要依赖于通过品质工程师介绍 **FlexiTerm**™ 来确定消除电路板弯曲失效而节省的成本。低成本低容值的电容将是更合适的。随着容值的增大，电容的成本会随之上涨，这样一来 **FlexiTerm**™ 对价钱的影响就不是很显著了。对于高电容值电容，**AVX** 可以像标准品一样提供 **FlexiTerm**™ 电容，因为附加的材料和生产成本只占元器件所有成本的很小一部分。当其他生产商知道提供带有韧性终端技术的陶瓷电容的时候，**AVX** 已是当前唯一可以在 **BME** 电容上提供 **FlexiTerm**™ 技术的生产商，而 **BME**（碱金属电极）电容为那些使用贵重金属材料的元器件提供一个较低成本的选择。同时，有些制造商正在提供一个供选择的保护弯曲的方法。这种方法是用一个合适的内部电极设计，在电极末端和芯片侧面之间增加一个空隙。这种设计方式有助于减少由于高机率破裂造成的低阻抗和电路短路失效，但是这种设计只能通过单电极电解质组不包括最坏的情况——两个电极间短路。由于电极的断开招致电容损失的增加取决于裂纹扩散有多快，这种技术的另一个缺点是这种元器件可利用的最大容值在超过正常尺寸厚度来补偿电极端损失电容性的区域不能使用。

## FLEXITERM™ 是如何工作的

FlexiTerm™ 是一个灵活的终端包括一种导电性聚合物以保证电流在外力对器件作用期间及之后的完整性。FlexiTerm™ 与 BME（碱金属电极）技术一起应用。BME 将花费更高成本的钯银(PdAg)替换为镍电极和铜终端。FlexiTerm™ 将铜终端套上导电聚合体，随后被镍和锡电镀。

FlexiTerm™ 有减少元器件机械压力转换的能力可以防止机械故障。在正常操作中这样可以保护元器件在制造过程及外部环境的影响所造成的电路板曲变下不受破坏，如振动和温度扩张。FlexiTerm™ 提供更好的机械和机械热性能，它的这种设计即便如果由于曲变发生故障，也会是在终端区域和开放式模式下的。更倾向于开放式电路的故障模式，它可以停止电流供应，因而去除了短路电路损伤而损坏电路的可能。这对于由于短端电路故障可能出现火灾的电力线十分重要。

在使用 FlexiTerm™ 情况下开放电路发生在终端的一个很小范围里，很少或没有退化电容器的性能。

## 测试 FLEXITERM™ 的机械韧性

电子元器件性能在汽车电子领域被关注，福特、克莱斯勒和通用在 1993 年创建了汽车电子委员会。

这个委员会的目标是建立共同资格标准作为促进供应商注意力的一个可能的方式。

尔后汽车电子委员会技术分委员会在 AEC-Q200 文件中制定了一个资格要求和测试方法来精确定义被动器件的压力测试资格。

AVX 公司使用 AEC-Q 来评估电容器承受机械压力的能力；两个相关的测试被用于比较标准终端和 FlexiTerm™，分别是板曲变测试和温度循环测试。

板曲变测试要求器件被回流焊接到印制电路板并被放置在图 3 中两个接触点距 90 毫米之间的位置。

然后电路板以 1 毫米/秒的速度向上弯起至 10 毫米。

一旦装载被应用，在开始崩折部分的偏转将被高敏感电流监测器或在被定义的弯折偏转之后被记录。

AEC-Q200 指定了曲变测试定义一个最小弯曲要求为 2 毫米。



图3. 板子弯曲折曲由AEC-Q200测试认证

电路板弯曲测试发现，AVX 公司的 FlexiTerm™ 组件在弯曲达到 5 毫米时不会失效。

与标准电容技术相比，这种改进可以达到 2-4 倍对弯曲的抵制。

温度循环是 AVX 公司掌握的另一种自动测试，这种测试确定组件变换暴露在极高温和极低温条件下的抵抗程度。

组件装上 FR4 PCB 使得测试可以模拟由组件和电路板之间温度扩张的造成不匹配引起

的压力。

AEC-Q200 要求标准陶瓷 X7R 电容可以经受从 -55 度到 125 度的 1000 次循环。

FlexiTerm™ 可以达到 3000 次这样的循环而不使组件受损。

这意味着 FlexiTerm™ 在极度温度变化应用中可以提供更先进的可靠性能，例如，在汽车和航空应用中的外部客舱巡回。

等效串联电阻(ESR) 是高 rms- current 运载能力必需的一个重要参量。

一项调查显示如果在 AVX 使用长期可靠性测试带来的 FlexiTerm™ 和电容中等效串联电阻发生任何变化，运转寿命和温度循环都被 AEC-Q200 规格所定义。

等效串联电阻值在长期测试期间的间隔中被证明了，而且在推荐测试期间发现也没有改变。

这证明了电极和终端之间的互联即使在严格的电压和温度的运转条件下也没有衰弱。

## 张力测试项目中板子的弯曲测试

在板子弯曲过程中元器件外部的的外力量测结果可以通过使用张力计显现出来。因此一个最大允许张力值被提供给多层陶瓷电容，允许一个安全极限被应用在生产过程中。由 FlexiTerm™ 提供增加对张力的阻抗，为电路设计者和组装过程工程师在有很强张力无法避免或安全对应用非常重要的地方提供了元件选择的指导。

在同样的范围内倾斜电路板，它的张力是可以量测出来的。这提供了屈服于元件和由 AEC 倾斜度以 mm 测试的方法之间的关系。这种计算方法是用张力计量测板子弯曲折曲测试来验证的，如图 4 所示。在应用中将张力计附着在电路板上指定的元件区域，高弯曲区域的张力可能会被量测出。对于电容定义张力的要求，现在可以与元件所容许的张力比较。如果有需要，一个像 FlexiTerm™ 这样的产品可供选择来替代标准的元件以改善可靠性。

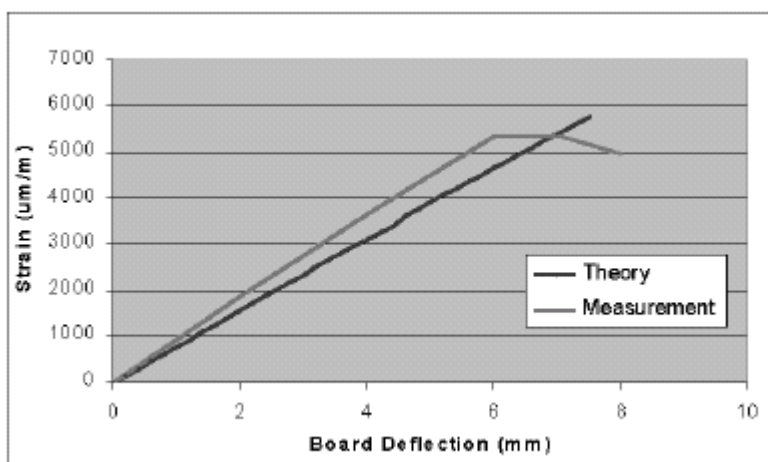


图 4. 板子折曲测试中计算值和量测值张力偏差比较

## 可靠性可降低成本

FlexiTerm™ 的关键好处是它的能力，它表现出出色的机械和机械热性能从而提供更高等级的可靠性。

印刷电路板上元器件的位置可能影响到其暴露区域的热力和机械力的等级。FlexiTerm™ 使生产商对板子的布线有了更多的处理方式。这样有时可能降低了设计和制造

业的制约，同时也减轻了问题电路板再设计的昂贵费用。

进一步，FlexiTerm™ 技术提供的性能使它自身被应用于可靠性更高并且一旦失效将意味着高成本的领域，如电信服务器，移动电话基站和细微的量测系统，同样也应用在高端价值的设备上。

## 扩展 FLEXITERM™ 产品范围

一个标准的大范围的 X7R 多层陶瓷电容产品可供选择使用 FlexiTerm。这被首先提供给我们的汽车客户，现在正在提供给其他的产品生产商，如使用仪器，电源等。AVX 持续投资于研发和提高生产工艺，目的是使此项技术能扩展到高容值陶瓷电容。像更高容值 X7R 电容一样变得可以使用不同的尺寸，他们将被包括在 FlexiTerm 的范围中。

AVX 的多层陶瓷高电容产品在功率分配系统上应用较多。X5R 50V 和 100V 范围的产品首先被发展作为 DC-DC 转换器中的输入滤波器，多层陶瓷电容这种产品固有的低等效串联电阻降低了贯穿输入端子的纹波电压。FlexiTerm™ 的另一特点就是对于输入电容范围没有额外的花费，购买 AVX 元器件的显著优点是出色的弯曲测试和温度周期性能，对于设计者来说这是明显的好处。其他输入电容的使用包括以太网上电源的应用。

## 结论

在发展提高终端系统减少由机械损害造成的多层陶瓷电容失效上取得了显著的进步。基于 FlexiTerm™ 系统的聚合体将传输给多层陶瓷电容的力最小化，从而提高了系统的性能和可靠性。使用增强型终端技术的装置带来了比标准板子高两倍的弯曲能力。另外，这种转化为温度周期的能力（粗略的计算 3 倍于标准终端设备）。现在 FlexiTerm™ 的应用已经不仅仅局限于汽车部分，已经大量的应用于电源，电信，基站和使用仪器。