

TDK伴您安心驾驶



导电性树脂端子型

积层陶瓷贴片电容器



优异的“接合可靠性”支持安全、舒适行驶

伴随着电子化的进一步发展，现在的汽车就像在严酷环境中使用的电子机器。在运行时，发动机舱温度达到 125℃，而发动机周围则高达 150℃，并且持续处于一种受强烈的震动、冲击状态。因此，车载电子元件不仅其本身需要有高度的可靠性，而且在搭载于组件上时，需要具备优异的“接合可靠性”。TDK 的导电性树脂端子型积层陶瓷贴片电容器，是在端子电极的铜底层和镍镀层之间插入导电性树脂层的新产品。导电性树脂层吸收并缓和由高温及冲击产生的基板弯曲应力，大幅度抑制焊接接合部以及陶瓷素体内部的开裂。

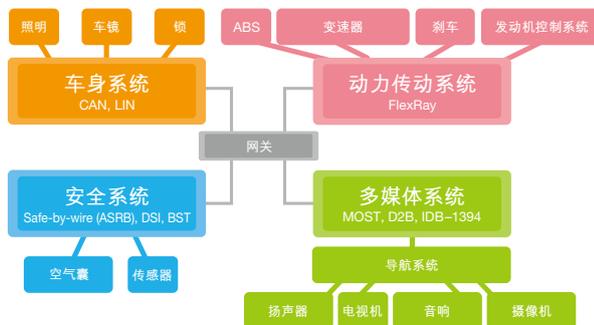
车载LAN是连接众多ECU（电子控制单元）的网络

在现代，汽车除了具备“行驶、转弯、停止”等基本功能外，还具备ABS、电力助力转向系统、安全气囊以及导航仪等多种子系统，是一个综合了各种子系统的高度的电子设备。ECU（电子控制单元）作为车载电脑，其搭载量高达几十个，通过动力传动系统（Power Train）、车身系统、安全系统以及多媒体系统等各种车载LAN互相连接，以支持安全、舒适的汽车生活。

汽车电装系统由2至3万个以上的电子元件组成。其中积层陶瓷贴片电容器占1000个以上。积层陶瓷贴片电

容器具有长寿命并高可靠性的特点，而车载电子设备的使用环境及其严酷，比如说温度高、振动大、外气湿度高等。而且，近几年来，在把电子元件安装在基板的工艺上，开始使用不含环境负荷物质铅的无铅焊锡。但是，无铅焊料与以往的铅锡共晶焊料（锡、铅合金）相比有坚硬且脆弱的特点。因此，基板在受到热冲击或机械压力等弯曲时，接合部容易产生开裂。如何提高接合可靠度成为非常重要的一个课题。

□ 连接ECU的各种车载LAN



□ ECU电路组成图



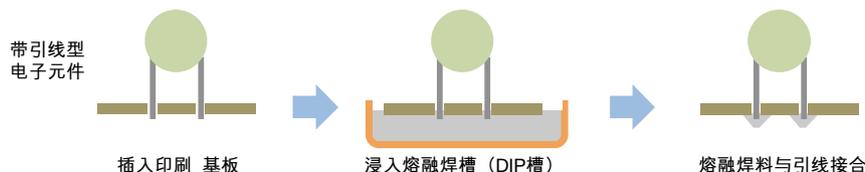
元件实装技术与焊接（Soldering）的变迁

将电子元件搭载于印刷基板上的实装技术，随着贴片元件的普及发生了巨大的变化。以前，电子元件多带有引线，实装技术以将引线插入印刷基板的引线孔的THT方式（通孔插装技术）为主流。而现在，随着元件的贴片化，即无引线化，实装技术向在印刷基板上贴装元件的SMT（表面贴装技术）方式过渡。对应这种实装方式的元件被称为SMD（表面贴装元件）。

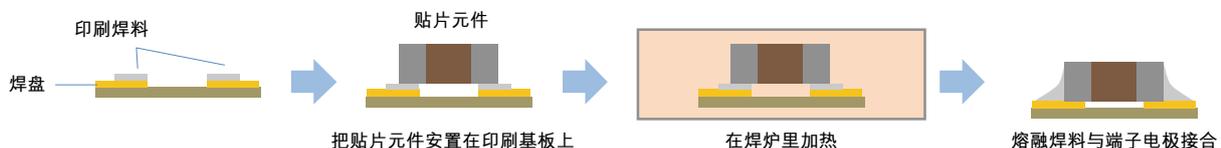
实装技术的变化同时带来了焊接（Soldering）方式的

变化。焊接可大分为流体焊接和回流焊接两种。流体焊接的过程是这样的。先将电子元件插入印刷基板或用粘着剂暂时粘上，然后把它浸在熔化了了的焊槽里进行焊接。在带引线的电子元件居多的时代，这种方式多被利用。随着电子元件的SMD化，回流焊接成了焊接的主流。回流焊接的过程是这样的。先在印刷基板的接合部位（焊盘）上印刷焊料，并在焊盘上安置电子元件，然后将其放进焊炉里，再利用红外线或热风等熔融焊料进行焊接。

□ 通孔插装与流体焊接方式



□ 表面贴装与回流焊接方式



焊料与端子电极的金属形成合金完成接合

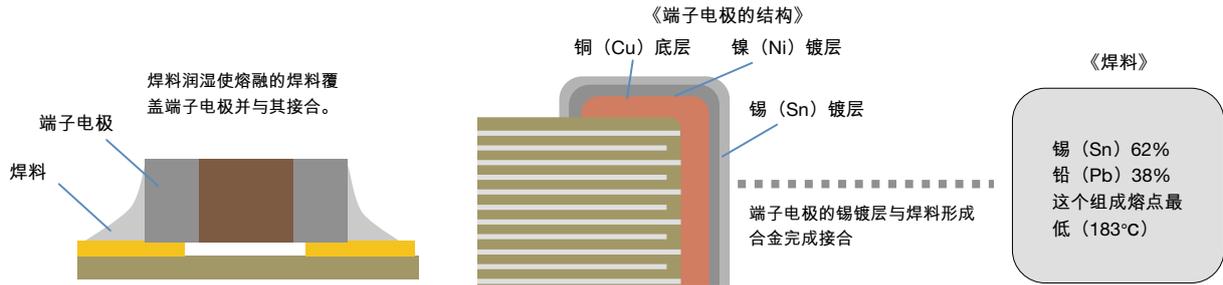
积层陶瓷贴片电容（标准品）的端子电极是由铜（Cu）底层、镍（Ni）镀层、锡（Sn）镀层构成的。铜底层使多层累积的内部电极得到电气连接，其次镀上镍镀层，再镀上锡镀层以提高“焊料润湿性”。

焊料润湿性是指熔融焊料象润湿电极一样铺展开来的状态。这是因其表面形成合金而造成的。焊料是锡和铅的

合金，容易与端子电极的锡镀层形成合金，焊料润湿性很高。

但是如果表面有氧化膜的话，就不容易形成合金，润湿性也因此降低。在焊接过程中使用助焊剂（松香等），就是为了除掉表面的氧化膜。焊炉在氮气氛围中进行焊接，也是为了防止焊料的氧化。焊接，就物理角度来看也是非常深奥的。

□ 积层陶瓷贴片电容器的焊接接合



提高回流焊接技术解决“曼哈顿现象”

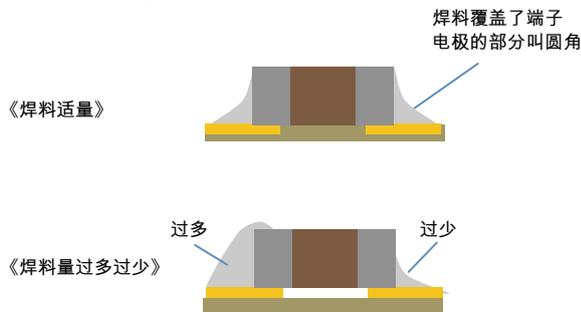
近几年，电子元件的小型化以及高密度实装技术带来了电子设备的小型化，其中，回流焊接技术的进步也起了很大的作用。将搭载了贴片元件的印刷基板放在焊炉里加热后，焊料熔化润湿贴片元件的端子电极，冷却凝固后完成接合。焊料覆盖了端子电极的部分叫圆角。如果焊料适量，圆角沿着左右边的端子电极形成八字坡形，如果焊料偏少，圆角不能漂亮成形导致接合力低下。

另外，安置在基板上的贴片元件在焊炉加热过程中会发生违抗重力翘立起来的现象。人们把它比作高楼大厦，称之为“曼哈顿现象”，也有人把它比作墓碑，称之为“竖

碑现象”。熔化在端子电极中的焊料具有表面应力，当左右两边的端子的焊料量不同，或者加热温度不均匀时，表面应力会不平衡，从而引起立片现象。

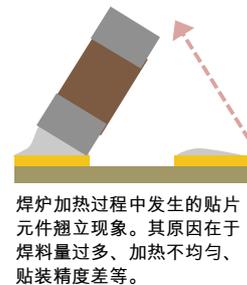
在回流焊炉的使用初期，立片现象就出现在积层陶瓷贴片电容上。为了克服这一难题，人们改进了焊盘形状、尺寸精度和焊料量，提高了品质，开发了专用的印刷机，并且使焊炉的温度控制（预热及升温曲线）达到了最优化。问题由此而得到了解决。可是，近年来，随着含铅焊料向无铅焊料过渡，我们又面临了新的问题，那就是接合可靠性的低下。

□ 焊料量以及圆角的形状



□ 曼哈顿现象（竖碑现象）

熔融焊料表面应力的左右不平衡引起贴片元件翘立。



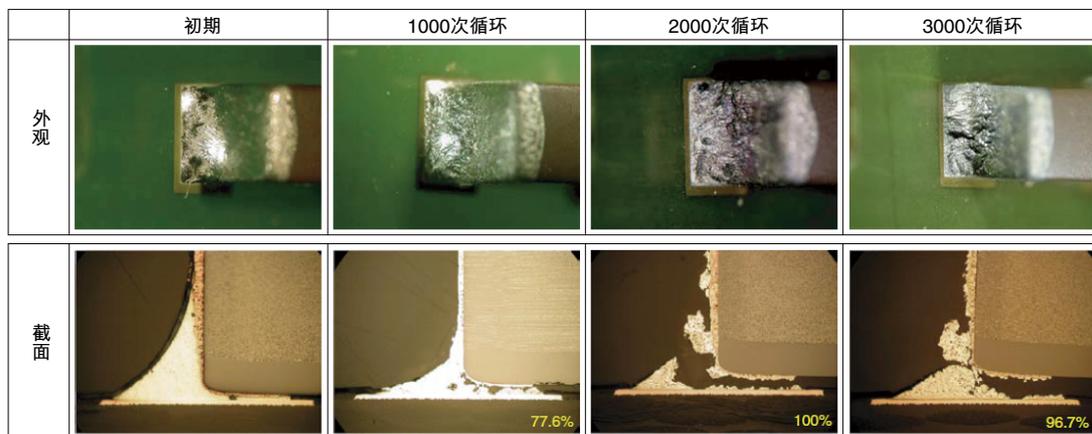
无铅焊料的采用带来了新技术课题

铅锡共晶焊料具有熔点低、价格便宜的优点，但由于铅对人体有害污染环境，近年来不含铅的无铅焊料，如锡 (Sn)、银 (Ag)、铜 (Cu) 系焊料逐渐被大量使用。一方面，无铅焊料与以往的含铅焊料相比弹性模数大易受膨胀收缩的影响，并且有坚硬脆弱的特点。因此，如果对安装了贴片元件的印刷基板施加弯曲或歪斜等应力，焊料接合部容易劣化导致开裂。这叫“焊点裂化”。

还有，无铅焊料容易产生微小的气孔 (Voids)，人们称之为“柯肯德尔空洞” (Kirkendall Void)，这气孔也成了减

低接合力的原因之一。把两种不同的金属紧密结合并加热，会引起原子扩散。柯肯德尔空洞效果的名称起源于这个现象的发现人名。由于扩散速度因原子种类不同而不同，如果反复加热·冷却的温度循环，焊料接合部容易产生气孔，并逐渐形成焊点裂化。尤其是汽车的发动机舱，在汽车行驶时其温度高达 100℃ 以上，实装基板容易膨胀、收缩，从而产生弯曲应力，因此焊料接合部容易产生开裂和气孔，严重降低接合可靠性。

热冲击 (温度循环) 试验验证“焊点裂化”形成过程



截面相片的数值为裂化率

温度循环: -55℃ ~ +125℃

无铅焊料: 96.5Sn (锡) / 3.0Ag (银) / 0.5Cu (铜)

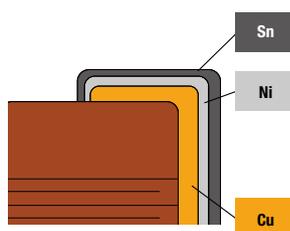
导电性树脂端子产品解决焊点裂化问题

通过改良无铅焊料的物性，或者推进使用元件的小型化等手段可以改善积层陶瓷贴片电容贴装于基板时的接合可靠性问题，但却不能从根本上解决问题。

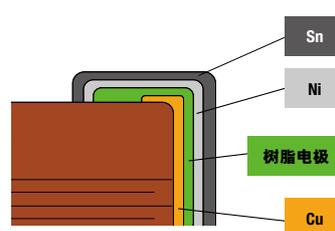
在这样的情况下，为了确保其结合可靠性，TDK 开发了导电性树脂端子型积层陶瓷贴片电容。在端子电极的铜

底层和镍镀层之间设置了树脂电极层，以缓和基板的弯曲应力，从而抑制焊点裂化的产生。导电性树脂通过在环氧树脂等合成树脂中拌入一种叫填充剂的导体 (银等) 微粒制成，为提高其导电性，一般使用扁平的填充剂，而不是球形。

镀锡产品 (标准品)



导电性树脂端子产品



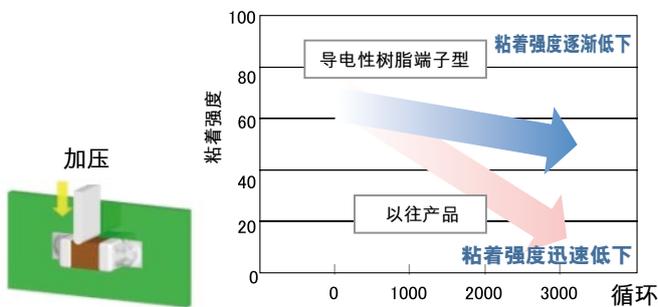
导电性树脂层实现优异的耐热冲击、耐板弯性

JIS 规格规定了各种试验方法，来调查夹在印刷基板中的积层陶瓷贴片电容器的耐热性和耐机械强度性。关于安装在发动机舱中的 ECU，除了震动以及冲击带来的基板弯曲外，由基板热膨胀·收缩的热冲击（温度循环）引起开裂的危险性也很高。下图（上）显示了 $-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$ 温度循环热冲击试验的数据，试验共重复 3000 次。以往产品的粘着强度降低约 90%，而导电性树脂端子型只降低 50%。并且，以往产品产生了焊点裂化，而导电性树脂端

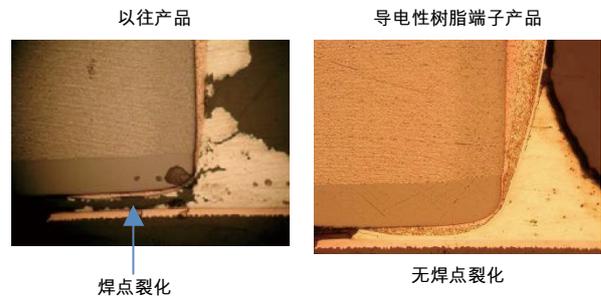
子产品只是在镍镀层和导电性树脂层之间产生了一点剥离。

下图（下）显示了耐弯曲性（弯曲极限）的试验数据。以往产品在仅仅 4mm 左右的弯曲度下陶瓷素体就会产生开裂，而导电性树脂端子产品能轻松地对应其 2 倍以上的弯曲度。持续加压后，以往产品陶瓷素体产生裂缝，而导电性树脂端子产品只是在镍镀层和导电性树脂层之间产生了剥离，没有产生开裂。由此可以看到，导电性树脂层具有优异的抑制开裂效果。

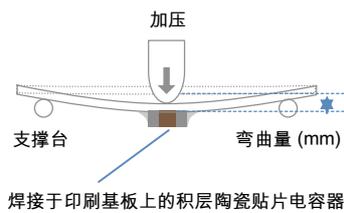
热冲击（温度循环）试验



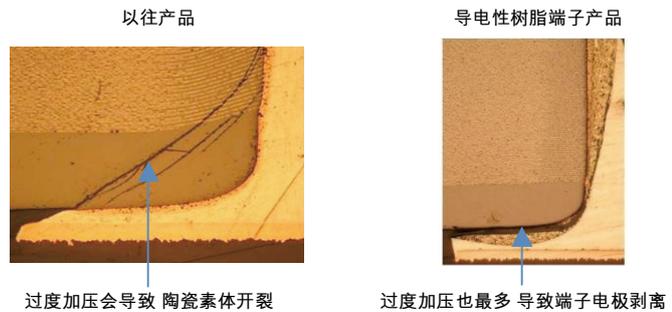
《热冲击（温度循环）后加压试验比较接合强度》



弯曲应力试验实例



《耐弯曲试验》



同样最适用于使用环境严酷的野外设备

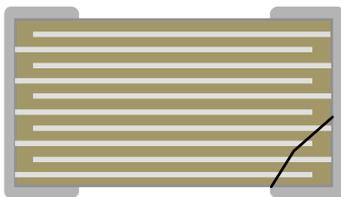
比焊点裂化更严重的是电容器素体自身的开裂。因为裂缝有可能切断内部电极，引起绝缘击穿。电容器素体产生开裂有这样的特点。当端子电极由焊接被牢固固定时，弯曲应力集中在端子电极的接合部上，并以端子电极为起点扩散到陶瓷素体，从而引起开裂。

在元件实装后的印刷基板的使用过程中经常会发生电容器素体开裂，应该多加注意。这是有原因的。为了提高工作效率，在实装生产线上，通常采用先统一把元件搭载在长条的印刷基板上，然后将其切成单个印刷基板（割板）的方式。在割板时，如果不使用切割机或其他专用治具，

而是随意进行手工分割，就容易产生弯曲应力而引起电容器素体开裂。另外，如下图所示，电容的搭载方向也和开裂的发生概率有关系。

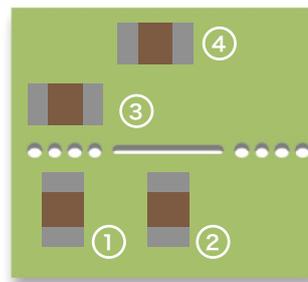
TDK 的导电性树脂端子型积层陶瓷贴片电容，通过在端子电极内部插入导电性树脂层解决了无铅焊料带来的接合性可靠性问题。该产品还有一个优点，就是它也能对应静电容量大的大型电容，这为组件设计者带来了很大的设计自由度。该产品不仅在汽车电子设备上，还能在使用环境严酷的野外电子设备上发挥优异的性能。

□ 电容器素体发生开裂

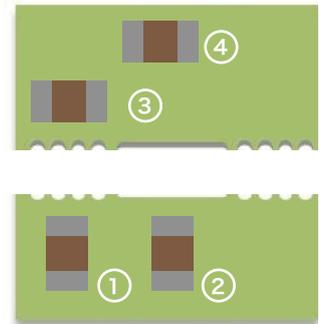


陶瓷素体大多以端子电极为起点发生开裂。裂缝有可能切断内部电极，导致绝缘击穿。

□ 印刷基板分割时发生的开裂



如果不用专用治具随意进行手工割板，容易因弯曲应力引起电容素体开裂。



与搭载方向也有关系。开裂发生概率按以下顺序排列：
①>②>③>④

□ 主要特点

- 1 设置于端子电极内的导电性树脂层，能吸收高温以及冲击等外部应力。
- 2 通过提高耐弯曲性和耐落下冲击性，抑制陶瓷素体开裂的发生。
- 3 抑制热冲击以及温度循环时发生的焊点裂化，确保接着固定性。

□ 主要用途

发动机控制ECU、传感器模块、HID、ABS组件等车载电子设备。

□ 对应产品

- 2端子DC6.3V~630V产品全般
- 阵列电容全般（2素子类型）
- 对应150℃高温（X8R特性等）

形状	C2012						C3216						C3225					C4532			C5750					
	2W 450V	2E 250V	2A 100V	1H 50V	1V 35V	1C 16V	2J 630V	2W 450V	2E 250V	2A 100V	1H 50V	1V 35V	1E 25V	2J 630V	2W 450V	2E 250V	2A 100V	1H 50V	2J 630V	2W 450V	2E 250V	2J 630V	2W 450V	2E 250V	2A 100V	
103																										
223																										
473																										
104																										
224																										
474																										
105																										
225																										
475																										
106																										

截至2010年8月

★导电性树脂端子电极还能对应其他中耐压产品和COG特性产品等。