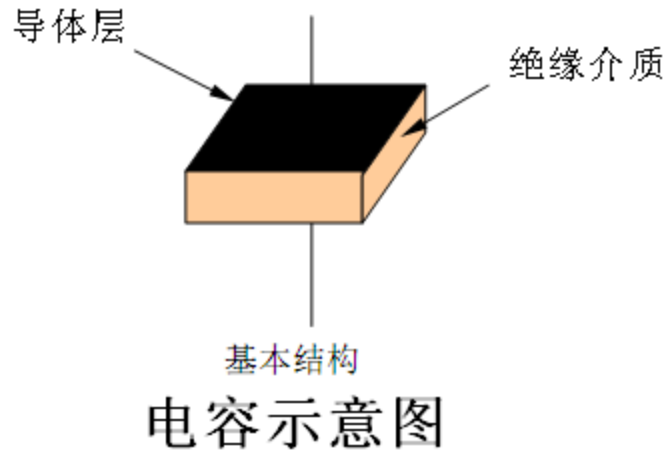


片式多层陶瓷电容器(MLCC)基本知识 简介

1. 电容器介绍及分类
2. 电容器分类方法
3. 关键性能指标
4. 片式多层陶瓷电容器(**MLCC**)简介

电容器就是两块导体中间夹着一块绝缘体构成的电子元件，有些像三明治.电容器是电子设备中最基础也是最重要的元件之一.电容器的产量占全球电子元器件产品（其它的还有电阻、电感等）中的40%以上.



实物图

1. 隔直流：作用是阻止直流通过而让交流通过.
2. 旁路（去耦）：为交流电路中某些并联元件提供低阻抗通路.
3. 耦合：作为两个电路之间的连接,允许交流信号通过并传输到下一级电路.
4. 滤波：通过由线圈和电容器组成的装置分离不同频率的电磁振荡,仅利用所需的振频.
5. 温度补偿：针对其它元件对温度的适应性不够带来的影响而进行补偿，改善电路的稳定性.
6. 计时：电容器与电阻器配合使用，确定电路的时间常数。
7. 调谐：对与频率相关的电路进行系统调谐，比如手机、收音机、电视机.
8. 整流：使交变电流形成单向电流.
9. 储能：储存电能，用于规定时候释放。

- 1 按照结构：固定电容器、可变电容器和微调电容器等。
- 2 按电解质：有机介质电容器、无机介质电容器、电解电容器和双电层电容器等。
- 3 按用途：隔直流、旁路、耦合、滤波、调谐、整流、储能等。
- 4 按原理：无极性可变电容器、无极性固定电容、有极性电容器等。
- 5 按材料：聚酯(涤纶)电容器(CL)、聚苯乙烯电容器(CB)、聚丙烯电容器(CBB)、云母电容器(CY)、高频瓷介电容器(CC)、低频瓷介电容器(CT)、玻璃釉电容器(CI)、铝电解电容器、钽电解电容器(CA)铌电解电容器(CN)、空气介质可变电容器、薄膜介质电容器、纸介电容器。

根据自己现有的情况,做了以下分类.

分类:

安规电容器、电解电容器、高压瓷片电容器、涤纶电容器、风机电容器、储能电容器、贴片电容器、独石电容器、钽电容器.

下面介绍一下部分电容器.

1 安规电容: 凡是通过安全认证的电容都叫安规电容.

安规电容是指用于这样的场合,电容器失效后,不会导致电击,不会危及人身安全.

在火线和地线之间及在零线和地线之间并接的电容,一般称之为Y电容。 在火线和零线抑制之间并联的电容,一般称之为X电容。

特别提示: Y和X电容为安全电容, 必须取得安全检测机构的认证。Y和X 电容的耐压一般都标有安全认证标志和 AC250V 或 AC275V 字样,但其真正的直流耐压高达Y电容 5000V 以上X电容 2000V以上.因此,Y 和X电容不能随意使用标称耐 AC250V,或 DC400V之类的普通电容来代用.

下表是安规电容的安全等级表:



安规电容安全等级	应用中允许的峰值脉冲电压	过电压等级（IEC664）
X1	$>2.5\text{kV} \leq 4.0\text{kV}$	III
X2	$\leq 2.5\text{kV}$	II
X3	$\leq 1.2\text{kV}$	——

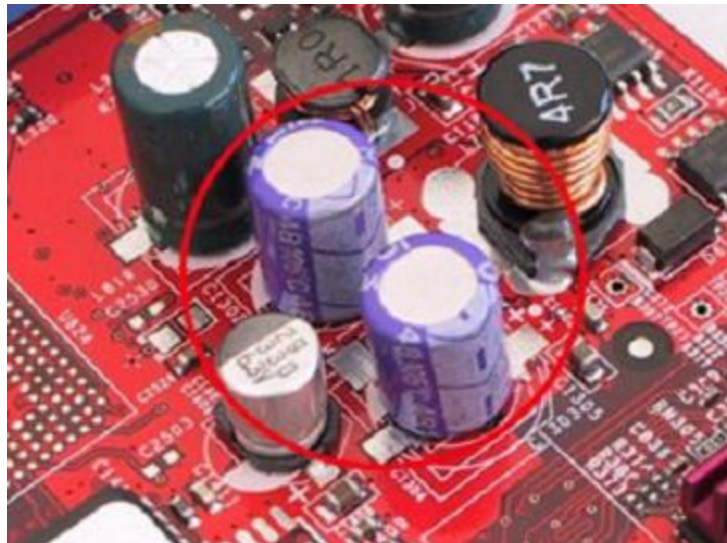
安规电容安全等级	绝缘类型	额定电压范围
Y1	双重绝缘或加强绝缘	$\geq 250\text{V}$
Y2	基本绝缘或附加绝缘	$\geq 150\text{V} \leq 250\text{V}$
Y3	基本绝缘或附加绝缘	$\geq 150\text{V} \leq 250\text{V}$
Y4	基本绝缘或附加绝缘	$< 150\text{V}$

Y 电容的电容量必须受到限制,从而达到控制在额定频率及额定电压作用下,流过它的漏电流的大小和对系统 EMC (Electro Magnetic Compatibility) 性能影响的目的. 一般地, 工作在亚热带的设备要求对地漏电电流不能超过 **0.7mA**; 工作在温带的机器, 要求对地漏电电流不能超过 **0.35mA**。因此, Y电容的总容量一般都不能超过**4700PF**。GJB151 规定 Y 电容的容量应不大于 **0.1uF**. Y 电容除符合相应的电网电压耐压外,还要求这种电容器在电气和机械性能方面有足够的安全余量,避免在极端恶劣环境条件下出现击穿短路现象,Y电容的耐压性能对保护人身安全具有重要意义.

对于X电容,安全标准规定,当正在工作之中的机器电源线被拔掉时, 在两秒钟内, 电源线插头两端带电的电压(或对地电位)必须小于原来额定工作电压的**30%**.

如果说电容是电子元器件中最重要和不可取代的元件的话，那么电解电容器又在整个电容产业中占据了半壁江山.我国电解电容年产量超过**350亿只**，且年平均增长率高达**30%**，占全球电解电容产量的**1/3**以上.

电解电容是一个国家的工业能力和技术水平的反映.世界上最先进的电解电容的设计和生产国是美国和日本，顶级的电解电容器的生产工艺要求非常高.虽然我国电解电容产量这么高，可是各项核心技术都掌握在其它国家手里，我国也就能算来料加工的“世界工厂”而已，自主力量还很薄弱，并且生产的产品也都以低档的为主.



SANYO OSCON TCNQ系列高档电容，采用直插封装

电解电容器的特点

特点一：单位体积的电容量非常大,比其它种类的电容大几十到数百倍.

特点二：额定的容量可以做到非常大,可以轻易做到几万 μf 甚至几f（但不能和双电层电容相比）.

特点三：价格比其它种类具有压倒性优势，因为电解电容的组成材料都是普通的工业材料,比如铝等等.制造电解电容的设备也都是普通的工业设备,可以大规模生产,成本相对比较低.

电解电容的安装方式:

1 径向引线式——radial(single ended); 2 片式——SMD; 3 咬接式——snap in; 4 轴向式——axial type ;5螺旋式——screw type; 6 耳状——lug; 7 4引脚咬接式——4pin snap and solder pins; 8 星状焊接式——soldering star.

电解电容分类

按照阳极分类: 有铝电解电容, 钽电解电容, 铌电解电容. 铌电解电容很少见.

按照阴极分类: 电解液, 二氧化锰, TCNQ, PPY(聚吡咯)以及PEDT此类固体聚合物.

1 电解液是最传统的电解质.

优点: 最高能耐**260度**的高温, 耐压性也比较强, 当介质被击穿的后, 只要击穿电流不持续, 那么电容能够自愈。

不足: 在高温环境下容易挥发、渗漏, 对寿命和稳定性影响很大, 在高温高压下电解液还有可能瞬间汽化体积增大引起爆炸(就是常说的爆浆); 另电解液所采用的离子导电其导电率很低, 只有**0.01S/CM**, 这造成电容的**ESR**值 (等效串联电阻) 特别高.



铝电解液电容爆浆

2 二氧化锰。二氧化锰是钽电容所使用的阴极材料。

优点:二氧化锰传导方式为电子导电，导电率是电解液离子导电的十倍(**0.1S/CM**),所以**ESR**比电解液低.耐高温特性也比较好.

不足:在极性接反的情况下容易产生高温，在高温环境下释放出氧气，同时五氧化二钽介质层发生晶质变化，变脆产生裂缝，氧气沿着裂缝和钽粉混合发生爆炸。另外这种阴极材料的价格也比较贵.

3 TCNQ是一种有机半导体，是一种络合盐。

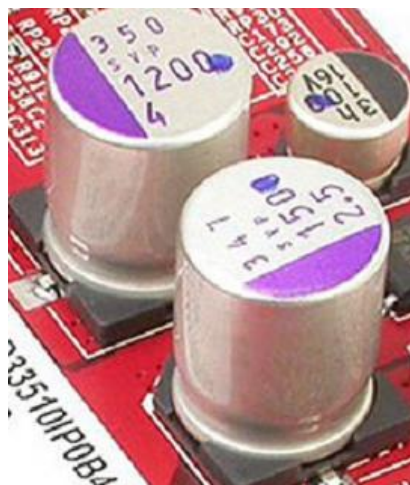
优点: **TCNQ**的导电方式是电子导电，其导电率为**1S/CM**，是电解液的**100**倍，二氧化锰的**10**倍.使用**TCNQ**作为阴极的有机半导体电容，其性能非常稳定，也比较廉价.

缺点:热阻性能不好,其熔解温度只有**230-240**摄氏度.**TCNQ**是一种氰化物,对环境有污染.在高温时容易挥发出剧毒的氰气,因此在生产和使用中会有限制.

4 PPY（聚吡咯）及PEDT这类固体聚合物导体. 使用PPY聚吡咯和PEDT做为阴极材料的电容，叫做固体聚合物导体电容.

优点: 其电导率可以达到 $100\text{S}/\text{CM}$ (银和铜的水平), 这是TCNQ盐的100倍, 是电解液的10000倍, 同时也没有污染。固体聚合物导体电容的温度特性也比较好, 可以忍耐300度以上的高温. 当遇到高温的时候, 电解质只是熔化而不会产生爆炸.

缺点: 固体聚合物导体电容的缺陷在于其价格相对偏高, 同时耐压性能不强.

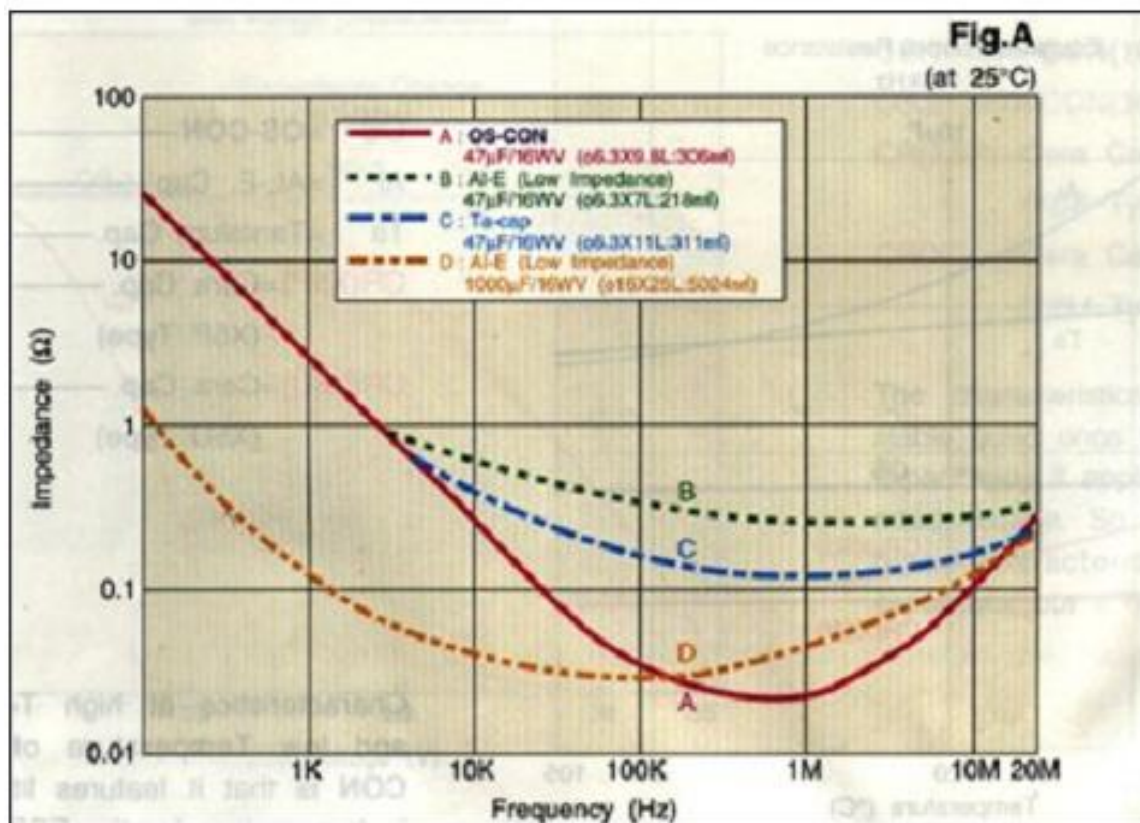


SANYO OSCON SVP系列铝固体聚合物导体电容



CHEMICON PS/16V电容 无防爆槽

电解电容阴极性能初步对比



红线代表铝聚合物导体电容，绿色虚线表示普通铝电解液电容，蓝色虚线表示钽二氧化锰电容，棕色虚线表示超大容量

（1000μF）、超大体积（后面的“Φ”符号代表了各自的体积）的铝电解电容。表格的X轴线表示频率，Y轴线表示阻抗，Y轴的阻抗数值越低，ESR值就越低，性能就越好。

高压瓷片电容是用高介电常数并耐高压的的电容器陶瓷圆片或圆盘作为介质，并将银层烧渗在陶瓷上作为电极制成。

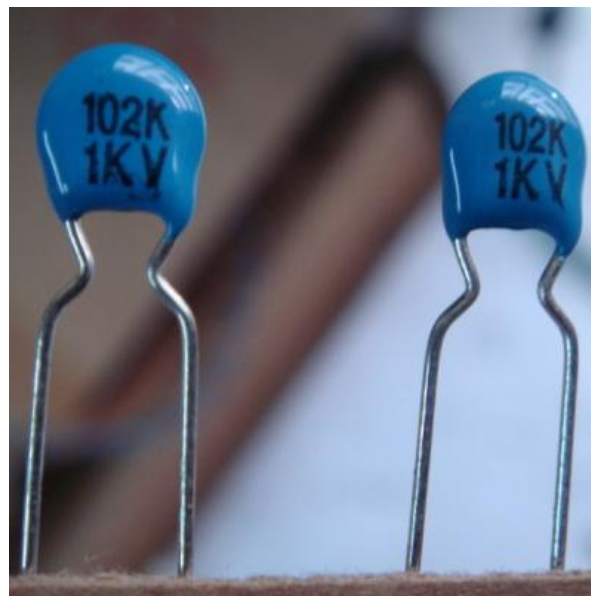
一般工作电压超过**250V**就称为高压. 我们公司采购的产品电压为**250V-25KV**, 现在一般用到的是**250V-3KV**.

因为工作电压较高,故而一般容量都较小.

主要特点:

- 1.容量损耗随温度频率具高稳定性
- 2.特殊的串联结构适合于高电压极长期工作可靠性
- 3.高电流爬升速率并适用于大电流回路无感型结构

应用：高频振荡，脉冲等要求较高的电路,消除高频干扰.



高压瓷片电容

聚酯（涤纶）电容（CL）

电容量：40p--4u

额定电压：63--630V

主要特点：小体积，大容量，耐热耐湿，稳定性差但是损耗较大（ $\text{tg}\delta < 0.01$ ），且随频率变化。

应用：对稳定性和损耗要求不高的低频电路。



涤纶电容

交流电机的旋转依靠电流产生的旋转磁场。三相电机流过的是相位互差**120度**的三相电流，能产生旋转磁场。而单相电机流过的单相电流不能产生旋转磁场，需要采取一定的方法使它产生旋转磁场，就是用移相电容的方式(较少见的也有用铜环来裂相的方式)。电容感应式电机有两个绕组，即启动绕组和运行绕组。在启动绕组上串连了一个容量较大的电容器，当运行绕组和启动绕组通过单项交流电时，由于电容器作用使启动绕组中的电流在时间上比运行绕组的电流超前**90度角**，先到达最大值。使定子与转子之间的气隙中产生了一个旋转磁场，在旋转磁场的作用下，电机转子中产生感应电流，电流与旋转磁场相互作用产生电磁场转矩，使电机启动及运行。此电容工作在交流电场合，是无极性的，容量根据电机功率定。**220V**电机中用的耐压一般选**400V**。

储能型电容器通过整流器收集电荷，并将存储的能量通过变换器引线传送至电源的输出端。电压额定值为 **40~450VDC**、电容值在 **220~150 000uF** 之间的铝电解电容器（如 **EPCOS** 公司的 **B43504** 或 **B43505**）是较为常用的。根据不同的电源要求，器件有时会采用串联、并联或其组合的形式，对于功率级超过 **10KW** 的电源，通常采用体积较大的罐形螺旋端子电容器。

超级电容器：

容量超大，通常为 **1-5000F**，现在已经有 **130,000F** 的牵引型超级电容器。根据储能机理，可以将超级电容器分为双电层电容器和法拉第准电容器两大类。双电层电容器是建立在双电层理论上。充电时，电解质发生离解，阴阳离子分别向着正负极运动并吸附在电极表面，形成双电层，电荷储存在双电层中。放电时，电子通过外负载运动到正极，与正极的阳离子发生了电中和，同时电极表面的阴阳离子发生了解吸，重新回到电解质主体中。法拉第准电容在法拉第电荷转移的电化学变化过程中产生。**H** 或一些碱性金属（**Pb, Bi, Cu**）在 **Pt** 或 **Au** 上发生单层欠电势沉积或多孔过渡金属氧化物（如 **RuO₂**、**IrO₂**）发生氧化还原反应时，电荷发生了迁移和存储。

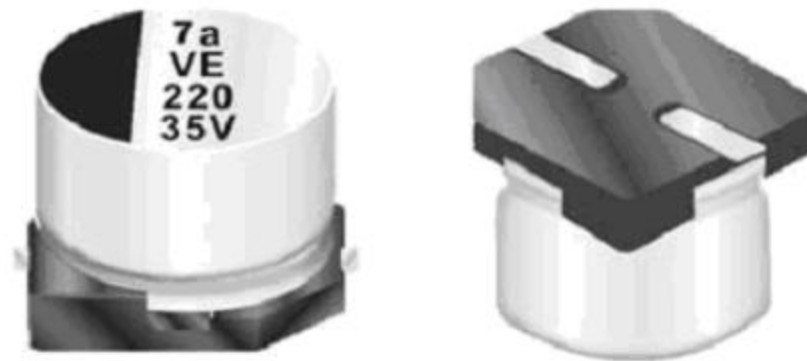
优点:

- 1、超级电容器是绿色能源（绿色电池），不污染环境；铅酸电池污染环境，这个性能，为汽车行业解决了一大污染源。
- 2、超级电容器寿命长（1-50万次）；铅酸电池寿命短（500次），易损坏，难管理，是铅酸电池的20~200倍，可以与设备同命运，寿命成本低。
- 3、超级电容器充电速度快(0.3秒~15分钟);铅酸电池充电时间长（5~8小时),很多电池就是充电时间长，续驶里程短。
- 4、超级电容器充放电效率高(98%);铅酸电池充放电效率低(70%);
- 5、超级电容器功率密度高（10.000W/kg）；铅酸电池功率密度低（300W/kg),差30多倍。
- 6、超级电容器彻底免维护，工作温度范围（-40~50）；铅酸电池电动车在-40℃续驶里程减少 90%，超级电容器只减少10%。
- 7、超级电容器电动大客车能量回收强，紧急制动能量回收高达75%；铅酸电池能量回收仅为 5%，这点对公共大客车太重要了，可以节约大量的燃料。
- 8、相对成本低。超级电容器价格比铅酸电池高三倍；但寿命，超级电容器比铅酸电池高 20 倍，这点对公共大客车产业化非常重要。

凡是能进行SMT(Surface mounting technology)组装的电容都叫贴片电容。

SMT贴装工艺的好处主要在于生产方面，其自动化程度高，精度也高，在运输途中不像插件式那样容易受损。平时我们能见到的多层陶瓷电容,以及部分电解电容(铝电容,钽电容,固体聚合物导体电容)都是贴片组装电容。

电解电容**SMT**贴片工艺安装的电容，有黑色的橡胶底座。在性能方面，插件式电容对频率的适应性差一些，不过不到**500MHz**以上的频率是很难体现出差异的。



钽电容也为电解电容. 它用烧结的钽块作正极, 电解质使用固体二氧化锰. 钽电容的介质为阳极氧化后生成的五氧化二钽, 它的介电能力 (通常用 ϵ 表示) 比铝电容的三氧化二铝介质要高。因此在同样容量的情况下, 钽电容的体积能比铝电容做得更小.

温度特性、频率特性和可靠性均优于普通铝电解电容器, 特别是漏电流极小, 贮存性良好, 寿命长, 容量误差小, 而且体积小, 单位体积下能得到最大的电容电压乘积. 对脉动电流的耐受能力差, 若损坏易呈短路状态.



黄色小块为贴装钽电容

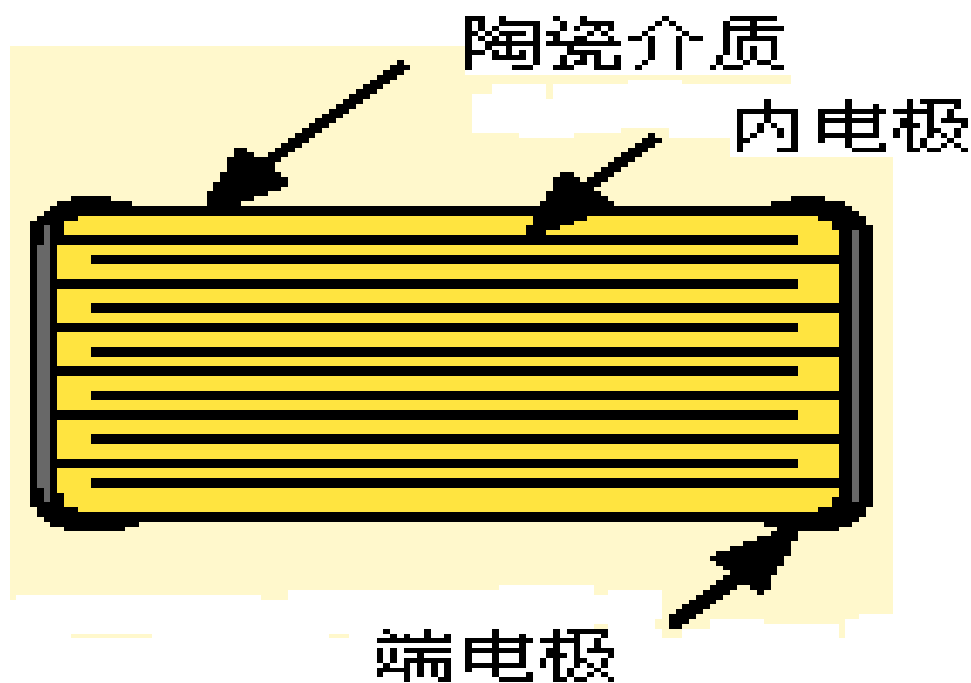
独石电容又名多层陶瓷电容(MLCC, Multilayer ceramic capacitor). 稳定性高,可靠性高. 对于电容器而言, 小型化和高容量是永恒不变的发展趋势。其中, 要数多层陶瓷电容 (MLCC) 的发展最快. 小型化、高速度和高性能、耐高温条件、高可靠性已成为陶瓷电容的关键特性.

下面我们简单介绍下MLCC.

片式多层陶瓷电容器(**MLCC**)基本知识简介

1. MLCC概述及基本结构
2. 瓷介的基本知识
3. 电极材料的基本知识
4. 生产工艺过程
5. MLCC型号规格说明
6. MLCC的一般电性能
7. 电容器的性能测试
8. 可靠性试验及失效的基本分析
9. 电容器老化
10. MLCC的选用
11. MLCC的发展趋势

独石电容器是由涂有电极的陶瓷膜素坯，以一定的方式叠层起来最后经过一次焙烧成一整体，故称为“独石”也称多层陶瓷电容器**MLCC**。独石电容器的特点是具有体积小、比容大、内电感小、耐湿、寿命长、可靠性高的优点。

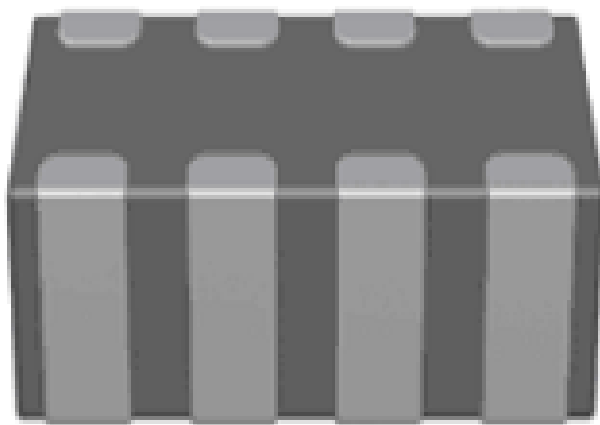




普通MLCC



馈通MLCC



联排MLCC

英制（通用	公制（日本	L(mm)	W(mm)	T(mm)
0402	1005	1.0	0.5	0.5
0603	1608	1.6	0.8	0.8
0805	2012	2.0	1.25	0.7~1.25
1206	3216	3.2	1.6	0.7~1.25
1210	3225	3.2	2.5	0.9~1.77



0603产品



0402产品

多层陶瓷电容器的起源可追逆到二战期间玻璃釉电容器的诞生，由于性能优异的高频发射电容器对云母介质的需求巨大，而云母矿产资源缺以及战争的影响，美国陆军通信部门资助陶瓷实验室开展了喷涂下班釉介质和丝网刷银电极经叠层层共烧，再烧附端电极的独石化工艺研究在战后得到进一步推广。并逐渐变为今天的湿法工艺. 干法工艺要追溯到二战期间诞生的流延工艺技术，在**1943---1945**后美国开始流延工艺技术的研究并组装一台流延机为钢带流延机，并在**1952**年获得专利。二战后苏联与美国电容器技术进入我国并形成一定的生产规模，为了改进性能，扩大生产规模，**60**年代我国产业界开始尝试用陶瓷介质进行轧膜成型，印刷叠层工艺制造独石结构的瓷介电容器。

在80年代随着SMT与MLC技术的发展，MLC的高比容介质薄层化趋势突破传统厚度范围，干法流延方式被世界大多类MLC生产厂家普遍使用。80年代以来我国引进了干法流延和湿法印刷成膜及相关生产技术，有效地改善了MLC制造工艺水平。随后92--96年日本引入了SLOT-DIE流延头的新技术实现厚度为2—25 μm 。代表了流延技术的最高水平（先后有康井、平野、横山生产的流延机）。

独石电容器是由涂有电极的陶瓷膜素坯，以一定的方式叠层起来最后经过一次焙烧成一整体，故称为“独石电容器”，也称多层陶瓷电容器MLCC。

独石电容器的特点是具有体积小、比容大、内电感小、耐湿、寿命长、可靠性高的优点；独石电容器的发展取决于材料（包括介质材料、电极浆料、粘合剂）和工艺技术的发展，其中陶瓷介质有决定性作用。独石瓷介电容器有两种类型：一种为温度补偿型（是 MgTiO_3 、 CaTiO_3 和 TiO_2 或以这些为基础再加入稀土氧化物、氧化铋、粘土等配制成的瓷料；而另一种是高介电系数型，以 BaTiO_3 主要成分高温烧成。

为了降低成本，采用低温烧成温度（**920度**以下）的银电极、钯、铂等贵金属匹配作电极浆料，电导率大、焊接方便、价格不高、工艺性好，但银电极在高温、高湿、强直流电场作用下银离子易迁移，是造成电容器失效的主要原因，故目前沿用低温烧结用银钯结合（**950---1100度**）材料的用途由其性能所决定，而材料的性能不是一成不变的，可以通过改变厚材料的纯度，粒度或各种添加剂和各工艺因素等进行改性。

由于**BaTiO₃**（烧结温度一般在**1300度**以上烧成）制作独石电容器需高熔点的贵金属，铂、钯、银作电极（内电极成本为**30%---80%**），其次是烧成时为避免内电极氧化，熔融、必需采用贵金属。所以采用贱金属镍，镍在空气中会氧化，因而用镍电极的**MLC**应在低氧分压下烧结，否则镍电极将氧化并向陶瓷内扩散。

独石电容器的可靠性：在长期使用过程中，在高温和直流电场作用下电性能逐渐变劣，表现损耗增加，绝缘下降甚至短路，（主要由于介质存在缺陷如微气孔、裂纹以陶瓷片薄的区域或由内电极靠得较紧的部分其属增加导致发热从而降低了绝缘电阻。

MLCC沿着小型化、高频化、多功能化方向发展。广泛应用于飞行仪器运载火箭、卫星定位、导航、雷达、电子对抗等微型电子。

MLCC结构特点：

（片状、多层次结构、平行排列使印刷有效面积增大）
陶瓷本身为多孔性，而**MLCC**要求孔洞越少越好，故此每个工序都能使**MLCC**产生致命的欠缺，严格控制每道工艺环节非常重要。

陶瓷是一个绝缘体。它在外加电场的作用下，正负电荷会偏离原有的位置，从而表现出正负两个极性。绝缘体的极化特性我们用介电常数 ϵ 来表示，即介质的K值。下面是不同材料的介电常数：

真空：	1.0
空气：	1.004
纸：	4~6
玻璃：	3.7~19
三氧化二铝（ Al_2O_3 ）：	9
钛酸钡（ BaTiO_3 ）：	1500
功能陶瓷：	10~20000

电容器瓷根据国标按其温度特性分为两类：I 类电容器瓷(C0G)和II类电容器瓷（X7R、Y5V、Z5U）。

高频热补偿、热稳定电容器瓷属 I 类瓷，其瓷料主要成分是 MgTiO_3 、 $\text{Ti}_9\text{Ba}_2\text{O}_{20}$ 、 BaTi_4O_9 和 Nd-Ba-Ti 再加入适量的稀土类氧化物等配制而成。其特点是介电常数较小（ $10 \sim 100$ ），介质损耗小（小于 15×10^{-4} ），介电常数一般不随温度的变化而变化。高频热补偿电容瓷常用来制造负温产品，此类产品用途最广的地方就是振荡回路，像彩电高频头。

低频高介电容器瓷属 II 类瓷，是强介铁电陶瓷，一般是指具有自发极化特性的非线性陶瓷材料，其主要成份是钛酸钡(BaTiO_3)，其特点是介电系数特别高，一般数千，甚至上万；介电系数随温度呈非线性变化，介电常数随施加的外电场有非线性关系。

陶瓷介质的代号是按其陶瓷材料的温度特性来命名的。目前国际上通用美国**EIA**标准的叫法，用字母来表示。常用的几种陶瓷材料的含义如下：

Y5V：温度特性Y代表 -25°C ； 5代表 $+85^{\circ}\text{C}$ ；

温度系数V代表 $-80\% \sim +30\%$

Z5U：温度特性Z代表 $+10^{\circ}\text{C}$ ； 5代表 $+85^{\circ}\text{C}$ ；

温度系数U代表 $-56\% \sim +22\%$

X7R：温度特性X代表 -55°C ； 7代表 $+125^{\circ}\text{C}$

温度系数R代表 $\pm 15\%$

NP0：温度系数是 $30\text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ ($-55^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$)

在MLCC中,内外电极是非常重要的组成部分,和产品质量和性能有特别紧密的联系.

内电极主要是用来贮存电荷,其有效面积的大小和电极层的连续性是影响电容质量的两大因素。外电极主要是将相互平行的各层内电极并联,并使之与外围线路相连接的作用。片容的外电极就是芯片端头。

片式电容的内电极是通过印刷而成。因此，内电极材料在烧结前是以具有流动性的金属或金属合金的浆料的形式存在，故叫内电极浆料，简称内浆。由于片式多层瓷介电容器采用BaTiO₃系列陶瓷作介质，此系列陶瓷材料一般都在950℃～1300℃左右烧成；故内电极也一般选用高熔点的贵金属Pt、Pd、Au等材料，要求能够大1400℃左右高温下烧结而不致发生氧化、熔化、挥发、流失等现象。

几种金属的熔点

金 属	Cu	Al	Ag	Au	Pd	Pt	Ni	Ag/Pd
熔点(℃)	1083	658	960	1063	1549	1773	1445	1220

目前，世界上常用的浆料有 Ni，Ag/Pd、纯 Pd 的浆料，Ag/Pd、纯 Pd 均为贵重金属材料，价格昂贵。纯 Ag 的内电极因烧结温度偏低，制造的产品可靠性相对较差。因此，现在一般很少使用。针对银的低熔点和高温不稳定性，一般用金属 Pd 和 Ag 的合金来提高内电极的熔点和用 Pd 来抑制银的迁移性。目前常用的内浆中 Pd 与 Ag 的比例有 3/7，6/4，7/3（分子为金属 Pd，分母为金属 Ag），而纯 Pd 的内电极因价格昂贵也很少使用。

对于片式电容而言，其内电极成本占到电容器的 30%～80%，从而采用廉价的金属作为内电极，是降低独石电容器成本的有效措施。因此，在日本和其他一些国家，早在 60 年代开始研制开发以贱金属为内外电极的电子浆料。目前用 Ni 作内电极，Cu 作外电极的工艺已十分成熟这样，高烧高可靠且用贱金属可降低成本，使得他们的片式电容目前在世界上具有很强的竞争力。

非常值得一提的是,小日本很早就用铜做内电极使用在中温烧结上,铜具有良好的导电性,价格也便宜.

金属镍作为内电极是一种较为理想的贱金属，而且具有较好的高温性能，其作为电极的特点：

- (1) Ni原子或原子团的电子迁移速度较Ag 和Pd-Ag都小。
- (2) 机械强度高。
- (3) 电极的浸润性和耐焊接热性能好。

但它在高温下易氧化成绿色的氧化亚镍， 从而不能保证内电极层的质量。因此，它必须在还原气氛中烧成。

然而，恰恰相反, 含钛陶瓷如果在还原气氛中烧结，则 Ti^{4+} 将被还原成低价的离子而使陶瓷的绝缘下降。 因此，要使Ni电极的质量和 BaTiO_3 含钛陶瓷的介电性能同时得到保证的话，一般采用保护性气氛状态烧结。

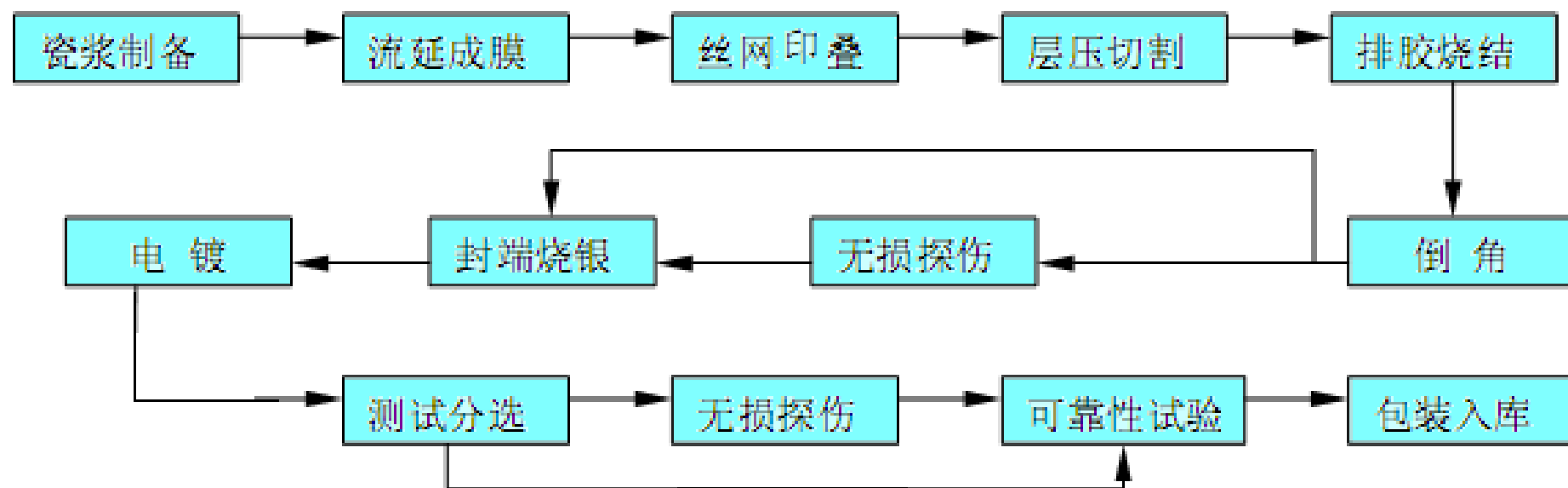
端电极起到连接瓷体多层内电极与外围线路的作用，其对片容最大的影响主要表现在芯片的可焊与耐焊性能方面。我们目前有两种基本形式：

(1)纯银端电极。因为银与锡的焊接时浸润性差，因此，此端电极一般只适于手工烙铁焊。现在这种外电极已经非常少见。

(2)三层电极，常用的有Ag-Ni-Sn、Ag-Ni-Au、Cu-Ni-Sn（BME）共三层。

独石电容的整个生产工艺过程是一个十分复杂的过程，其对生产环境，生产设备的精度，原材料的选取都有十分苛刻的要求，通常流延成膜与丝网印刷工作间的洁净度一般控制在1000~10000左右，世界级水平。

生产工艺流程:



配料(瓷浆制备)是MLCC生产工艺的第一道工序，关系产品成败。

原材料来料-----按工艺配方配制-----球磨-----成浆

配料术语

配料是将陶瓷粉和粘合剂及溶剂等按一定比例经过球磨一定时间，形成陶瓷浆料。

粘合剂的作用是：通过分散过程，粘合剂均匀地包围着每一粒瓷粉即每一粒瓷粉具有粘性，以便制作合格膜片。

配瓷浆所用的添加剂：

目前配制的瓷浆所用到的添加剂主要有：消泡剂、增塑剂、分散剂

- 1、消泡剂作用是：消泡、抑泡.
- 2、增塑剂作用是：使膜片增加塑性和柔韧，不易断裂.
- 3、分散剂作用是：湿润及分散,可增强瓷粉和粘合剂亲和力，使瓷粉容易分散在粘合剂中，并使体系稳定不易破坏。

通常添加剂对产品本身没有帮助,所以在质量保证的前提下,尽量少使用或者不使用添加剂.

瓷浆所用的溶剂：

目前用于配制瓷浆所用的溶剂有甲苯、无水乙醇和其他一些有机溶剂，其作用是：使瓷粉与粘合剂更好地均合均匀，使之具有合适的粘度（即有调整瓷浆粘度的作用）。

我国现在鲜有水基瓷料,据说日本已经有水基瓷料. 水基瓷料就是用水做溶剂取代有机溶剂. 这样可以节约成本,减少污染等.

瓷浆配方由瓷粉、粘合剂、溶剂、添加剂各组份按一比例组成。
瓷浆球磨（目的是使瓷浆分散好）

球磨工艺参数主要有球磨罐的转速（球磨机电机转速）、球磨的时间。球磨原理及作用：

利用罐体转动，在重力作用下，球磨体间相互碰撞或相互摩擦而过，提供撞击和剪切作用，使瓷粉颗粒解聚，同时，球间的浆料处于高度湍流状态，使瓷粉得到分散。



球磨机

流延术语：将陶瓷浆料通过流延机浇注口,使浆料涂布在绕行的PET膜上，从而形成一层均匀的浆料薄膜层，再通过热风区干燥后可得到陶瓷膜片。

工艺流程：

浆料处理 ----- 涂布---- 烘干--- 成膜

工艺过程：

1、浆料处理：流延前的浆料经过慢磨，过滤处理。

慢磨目的：防止浆料沉淀，对除泡有一定的作用。

过滤的目的：把浆料中残留的不良物去掉。

2、涂布：目的是涂成厚度均匀的膜片。

3、烘干：通过干燥区（通过抽风及温烘）使瓷浆溶剂挥发。

流延膜片要求：

1. 瓷膜厚度：要一致性、均匀性，否则对产品容量集中程度带来极大影响甚至造成产品不命中。
2. 瓷膜外观：要求膜片分散性好，无(针孔、气泡、杂质、开裂、线条、白点、)现象。

膜片外观不良会使产品耐压、损耗、容量、可靠性均受影响，容易造成烧结后瓷体产生孔洞。

以上成膜为干法工艺。

成膜还有一种湿法工艺,我们在介绍压敏电阻器时再做介绍。

印刷术语：按工艺要求，通过丝网版将内电极浆料印刷到陶瓷膜片上。

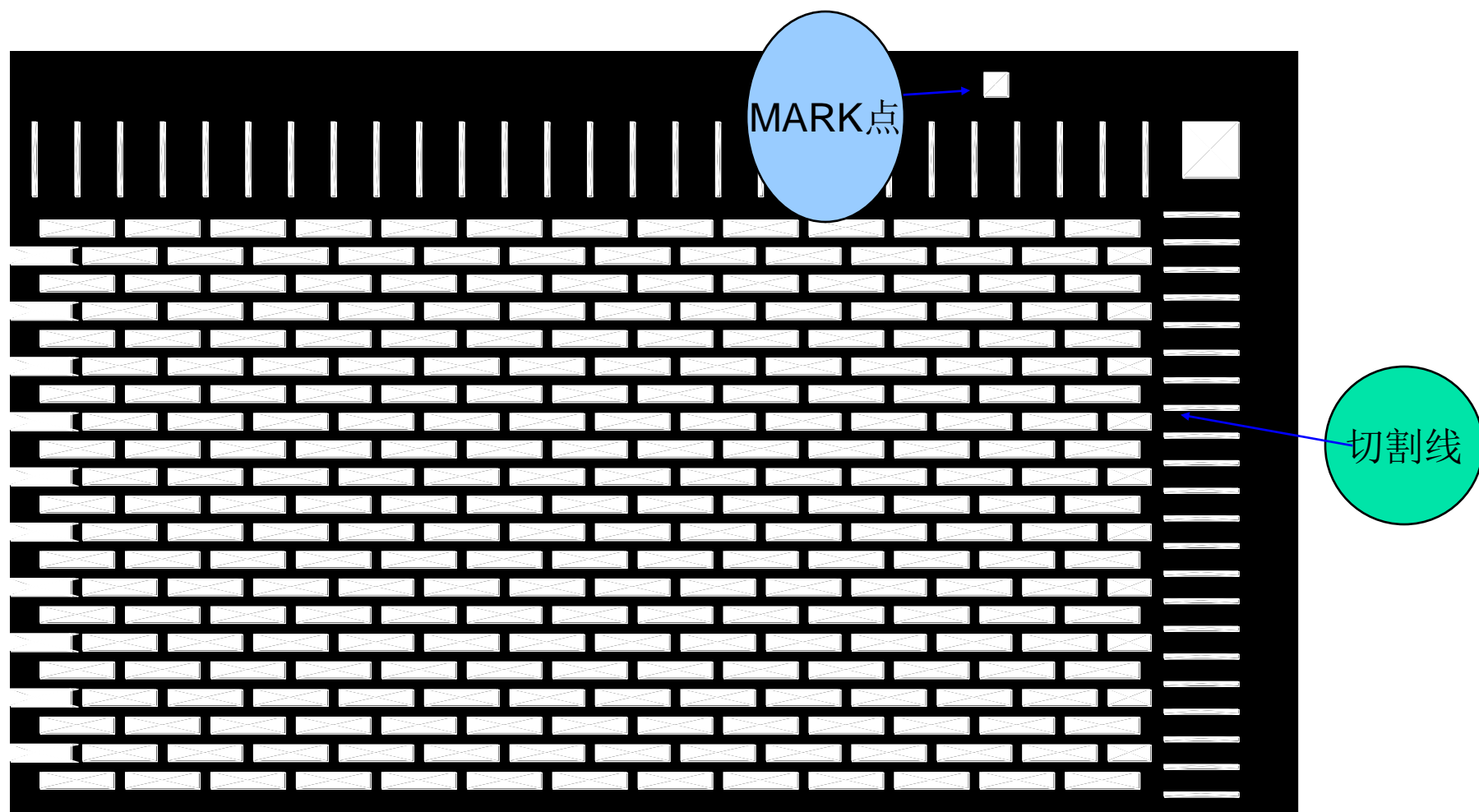
印刷所需的工具及所用材料介绍：

1、丝网版：钢丝网（可按不同的规格分类各类规格有大错位网与小错位网），尼龙网等。

2、内电极浆料（内电极浆料有银钯浆和镍浆，银钯浆用于NME产品的印刷，镍浆用于BME产品的印刷）

三．原理：

利用自动印刷机通过薄带走动，再利用丝网版和内电极浆料，通过刮刀使内浆均匀印刷在陶瓷膜上，并使其形成一定规格的图形，再经过烘箱烘干。



印刷工艺要求:

1. 印刷厚度: 印刷厚度要均匀, 过厚易造成产品分层; 过薄易造成电极不连续、损耗高。
2. 印刷重量: 要稳定, 否则对产品厚度及容量波动有一定的影响。
3. 印刷图形: 要求平直、完整、清晰。

平直: 印刷出来的图形四边要平直成线, 而每个电极四边也要平直, 不能弯曲变形。

完整: 电极图形要完整。不能存在锯齿状、毛刺(扫把形状)、针孔、肥大、黑点的外观不良现象。

清晰: 电极、切割线及停止点、MARK点要求印刷清晰。

印刷外观不良会使产品耐压、损耗、容量、可靠性均受影响, 尤其可靠性最受影响。

叠层术语：把印刷有内电极的陶瓷膜片按设计的错位要求叠压在一起，使之形成**MLCC**的巴块。

工艺要求：

- 1.设计层数及错位数必须准确无误.
- 2.对位精度好（要求对位整齐准确、无移位）。
- 3.巴块厚度稳定（巴块厚度达到要求，力求保持相对一致）。
- 4.巴块外观无（污染、压痕、掉盖、露电极、起泡）。

此工序极易造成报废，以及对位精度失准造成产品的可靠性及耐压问题.

层压术语：将叠层好的巴块，用层压袋将巴块装好，抽真空包封后用等静压方式加压使巴块中的层与层之间结合更加紧密、严实。

层压工艺要求：

1. 工艺参数的设定（时间、温度、压力）
2. 层压产品质量的检查（要求产品无开裂、无气泡）

切割术语：把层压后的巴块按产品所用的丝网规格利用切割机把其分割成独立的芯片（电容器生坯）。

切割工艺要求：

1. 工艺参数的选择（台温、刀温、刀深度、速度）
- 2、建网文档（即按工单丝网型号输入相关数据）

影响后果：

（1）产品尺寸不一致影响封端时（掉板、卡板）编带时卡带或翻片及给客户使用带来不便。

（2）外观质量缺陷导致后工序产品外观质量差（瓷损、露电极）。

对产品可靠性及耐压产生不良影响。

排胶术语:

将电容器生坯放置在承烧板上，按一定的温度曲线（最高温度一般在**400**度℃左右），经高温烘烤，去除芯片中的粘合剂等有机物质。

排胶作用:

- 1) 排除芯片中的粘合剂有机物质，以避免烧结时有机物质的快速挥发造成产品分层与开裂，以保证烧出具有所需形状的完好的瓷件。
- 2) 消除粘合剂在烧成时的还原作用。

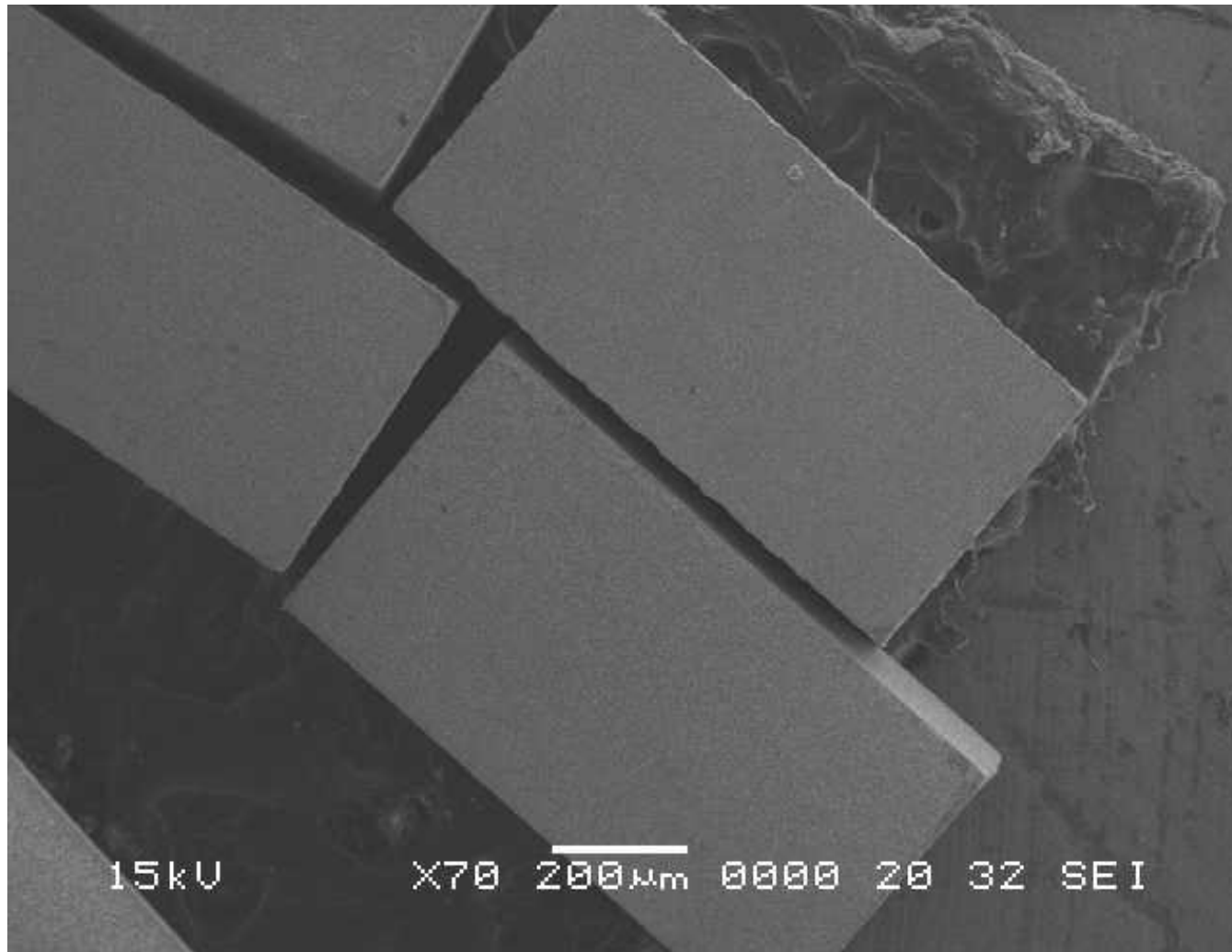
堆烧排片通常要用到介质粉末,以防止堆烧时产品粘在一起导致报废.

烧结术语:

将排胶完成的芯片进行高温处理，一般烧结温度在 **1000℃~1340℃** 之间，使其成为具有高机械强度，优良的电气性能的陶瓷体的工艺过程。

注意事项:

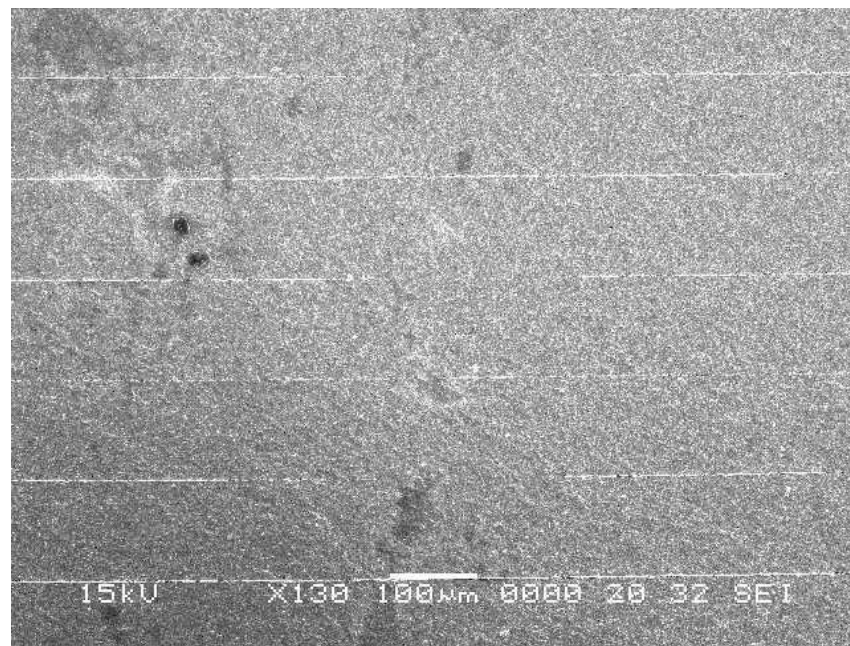
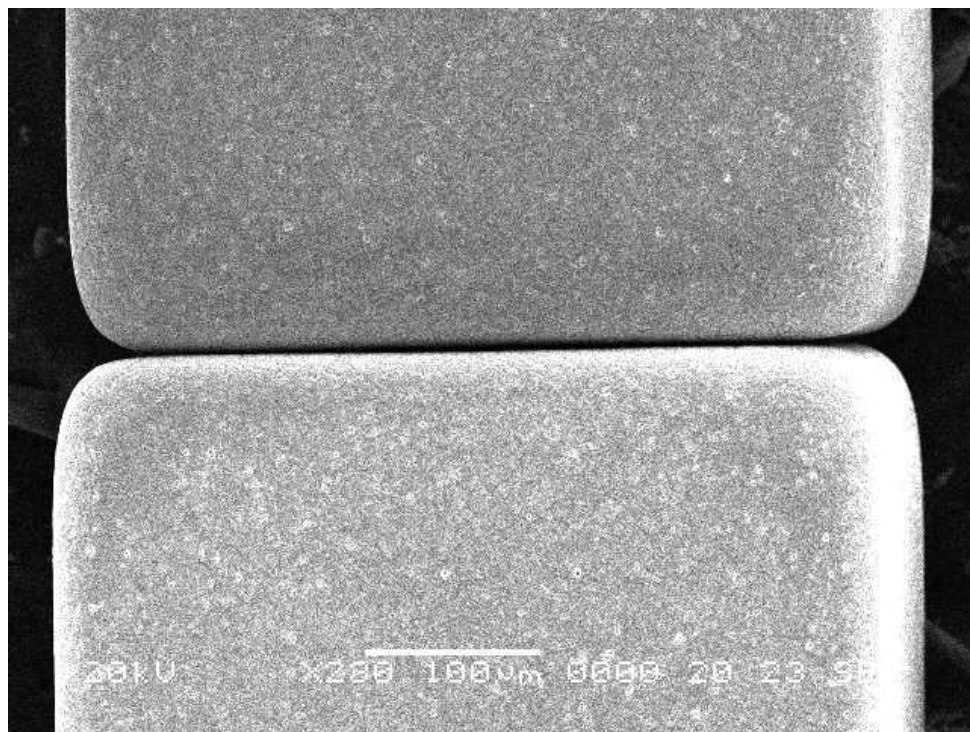
如果是有保护气氛烧结的产品,一定注意氢气含量,以及再氧化区的氧气含量.



烧结后产品

倒角术语:

烧结成瓷的电容器与水和磨介装入倒角罐，通过球磨、行星磨等方式运动，使之形成光洁的表面，并保证产品的内电极充分暴露，以保证内外电极的连接。



倒角后产品

封端术语:

将端浆涂覆在经倒角处理的芯片外露内部电极的两端上，将同侧内部电极连接起来，形成外部电极。

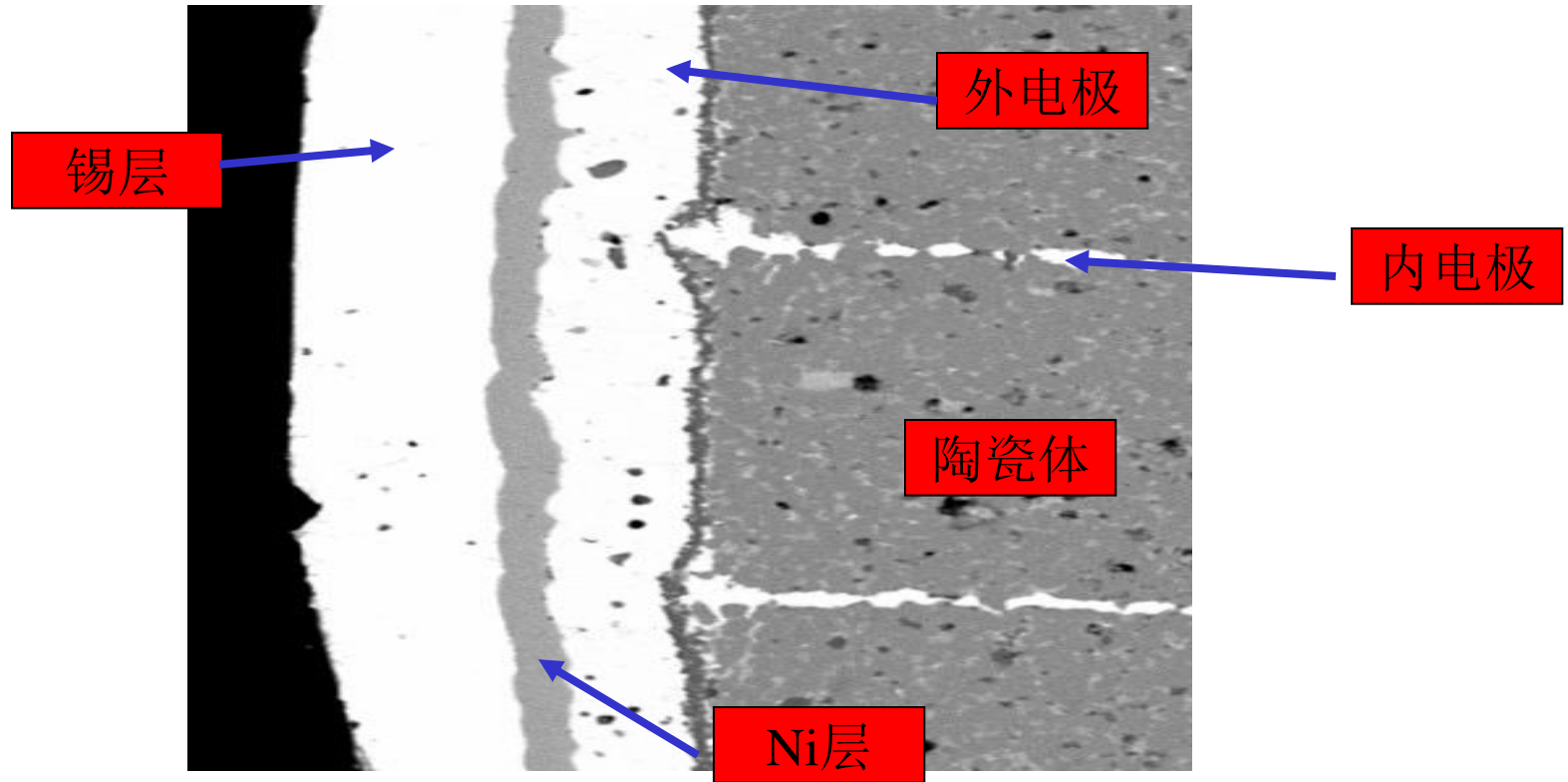
烧端术语:

封端后的产品经过低温烧结后才能确保内外电极的连接，并使端头与瓷体具有一定的结合强度。

封端后的产品随着网带的运动经过烧端炉的各个温区，实现低温烧结的过程。

端处(端头处理)术语:

烧端后的产品, 为了使之焊接良好, 需要在端头镀锡来保证产品的可焊性. 通过电化学方式镀锡即端处.



端头结构

镀镍的作用:

1: 热阻挡层,其厚度对芯片耐焊接热有直接的影响, 厚度2~4um.

2: 阻碍锡丝的生长, 保证产品的可靠性.

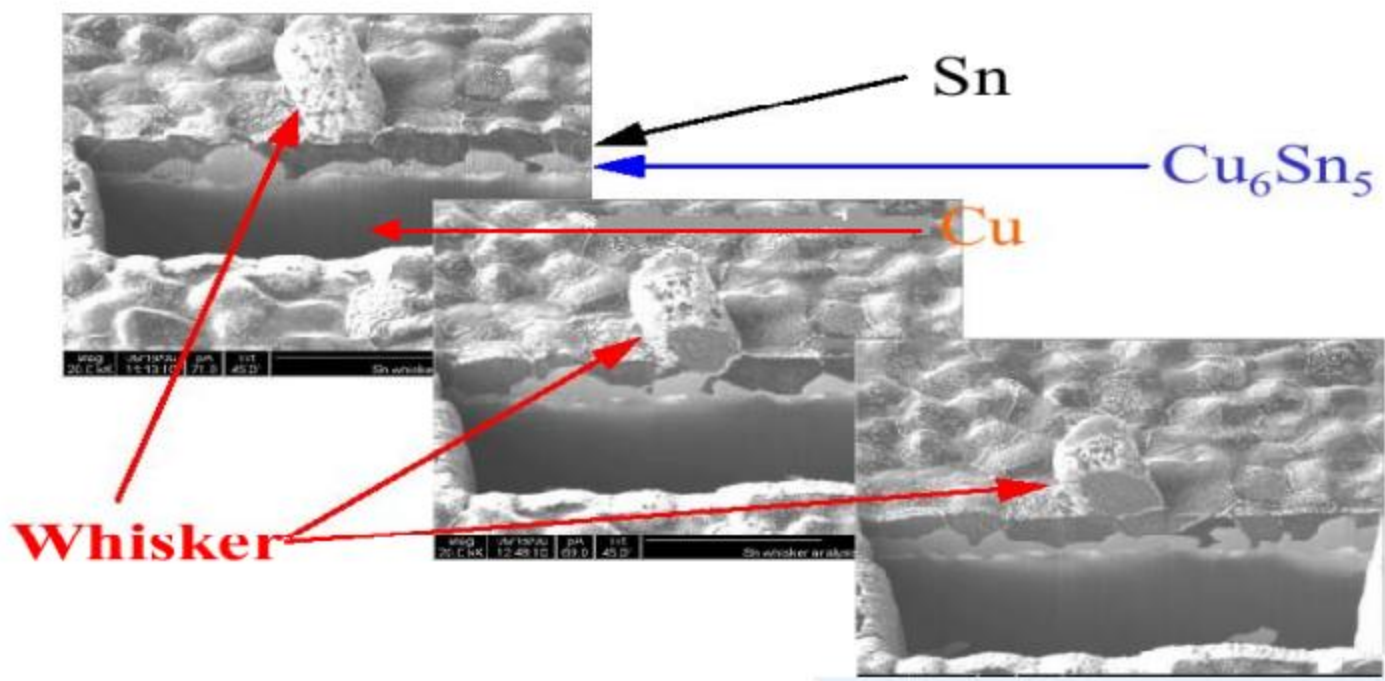
因为在铜的表面镀锡,容易引起热冲击,可能会导致内电极和外电极断开而造成产品部分失效.

而锡与铜极易形成合金 Cu_6Sn_5 ,导致锡须形成, 可能导致短路.

通常镍层厚度2~5um.

镀镍的作用:

Cutting Through a Whisker



锡须生长过程:



Nodule Pictures Taken Periodically (x1700)

Sn: 与外围线路有良好接触。直接影响芯片可焊性能, 厚度5~12um。



镀锡完成产品

测试术语:

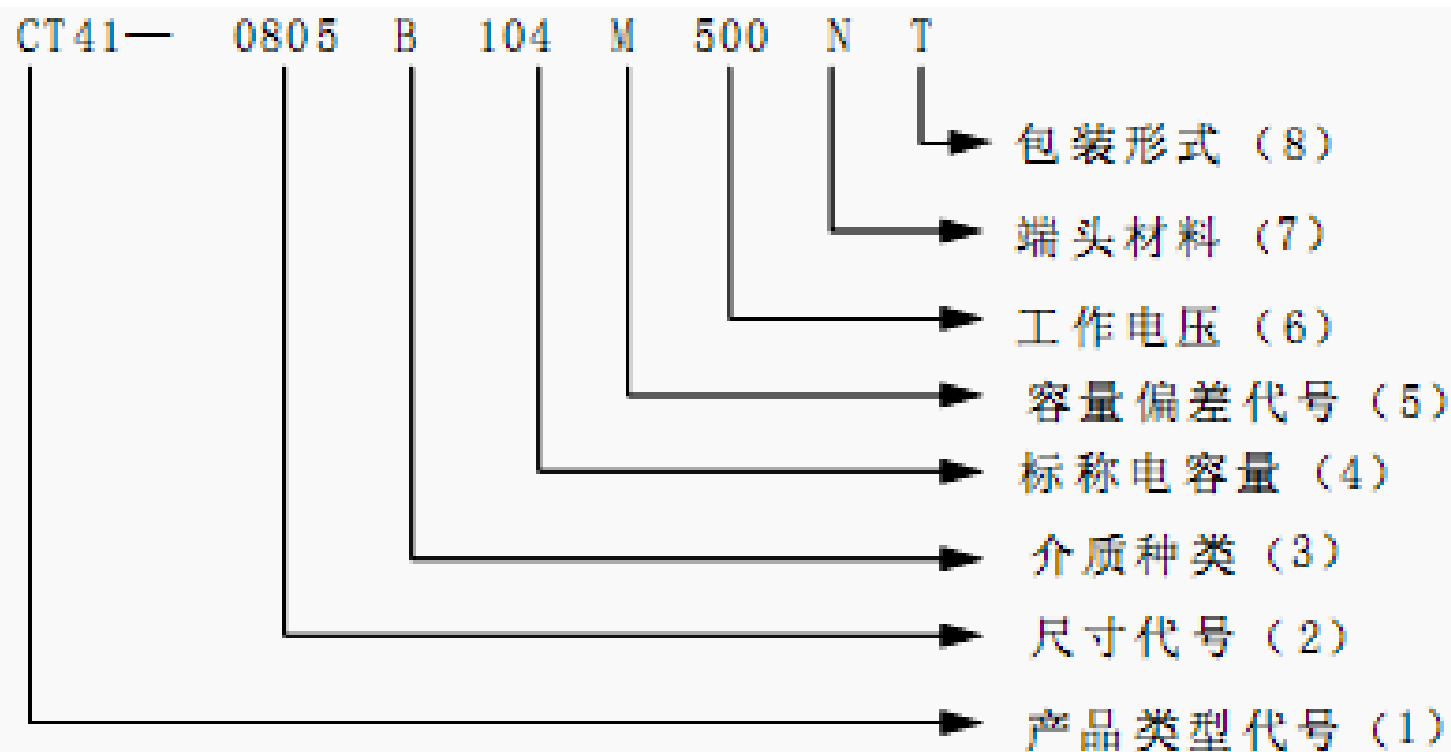
对电容产品电性能方面进行选别，对容量、损耗、绝缘、耐压进行**100%**测量分档，把不良品剔除。

编带术语:

将电容按照尺寸大小、容量规格及数量要求包装在纸带或凸带内。

包装术语:

按客户要求将编带好的产品按不同型号规格及数量装入包装盒中，再将包装盒装入包装箱中。



4 标称电容量（单位：pF）：

容量 \geq 10 pF	100=10 \times 10 ⁰ =10pF 104=10 \times 10 ⁴ =100000pF	容量 \geq 10 pF 由三位数字组成，前两位为有效数字，后一位为有效数字后面零的个数；容量 $<$ 10 pF，R 为小数点。 采用 GB/T 2471-1995，《电阻器和电容器优先数系》中 E 系列
容量 $<$ 10 pF	0R5=0.5pF 9R8=9.8pF	

5 容量偏差代号：

代号	B	C	D	F	G	J	K	M	S	Z
误差	$\pm 0.1\text{pF}$	$\pm 0.25\text{pF}$	$\pm 0.5\text{pF}$	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$	$\begin{smallmatrix} +50\% \\ -20\% \end{smallmatrix}$	$\begin{smallmatrix} +80\% \\ -20\% \end{smallmatrix}$

6 工作电压（单位：V）：

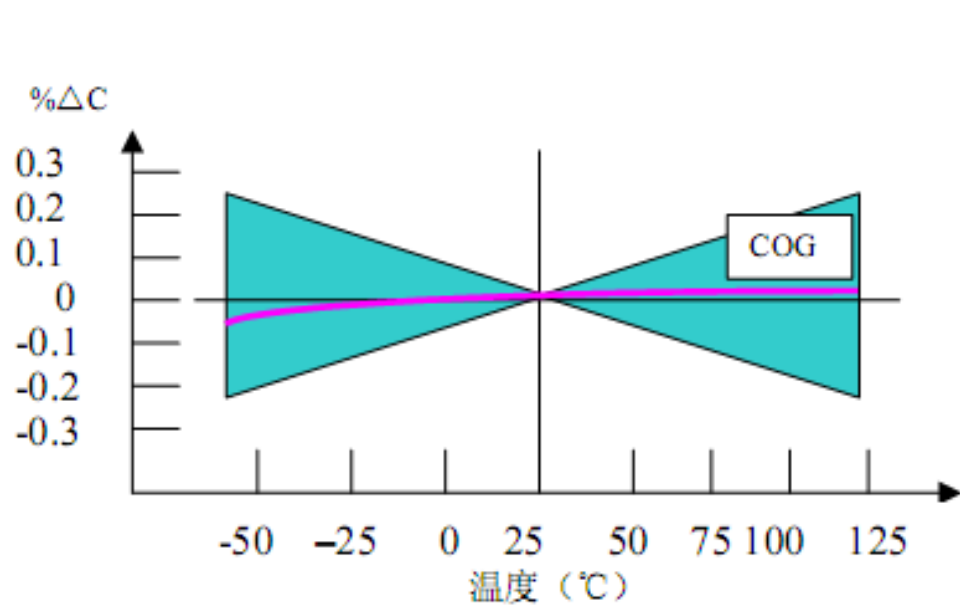
表示方式	160	250	500	630	101	201	501	102	202
实际值	16 $\times 10^0$	25 $\times 10^0$	50 $\times 10^0$	63 $\times 10^0$	10 $\times 10^1$	20 $\times 10^1$	50 $\times 10^1$	10 $\times 10^2$	20 $\times 10^2$
由三位数字组成，前两位为有效数字，后一位为有效数字后面零的个数。									

在交变电压的作用下，电容器并不是以单纯的电容形式出现，它除了具有电容量以外，还存在一定和电感和电阻。在频率较低时，它们的影响很小可以不予考虑；随着工作频率的得高，电感和电阻的影响不能忽视，严重时可能会使电容器失去作用。一般用四个主要的参数来衡量片式电容的一般电性能：电容量（**Capacitance**）、绝缘电阻(**Insulation Resistance**)、损耗角正切（**Dissipation Factor**）,耐电压(**Dielectric Withstanding Voltage**)。

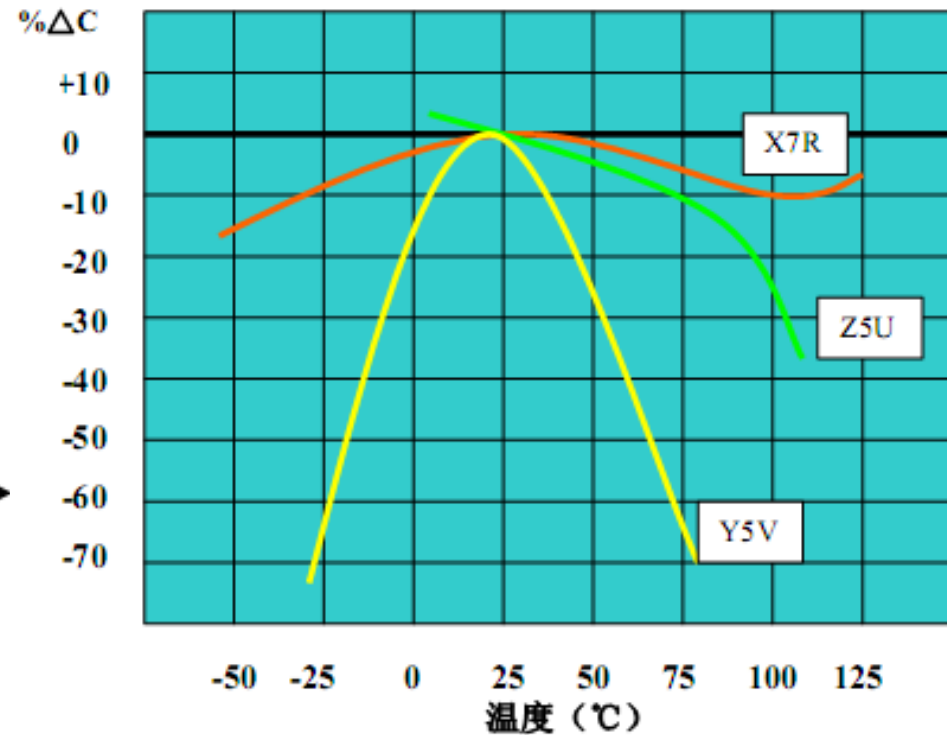
片式电容器的电容量除了由它本身的设计与材料特性所决定外，在很大程度下同它的测试条件、温度、电压和频率有很大的关系。对于 I 类电容器（**COG**），其电性能受上述因素的影响相对较小，但对于 II 类电容器（**X7R、Z5U、Y5V**），其电性能受上述因素的影响相对较大。

温度特性:

温度是影响电容器电容量的一个重要因素, 电容量同温度的这种关系特性叫做电容器的温度特性(Temperature Coefficient)。



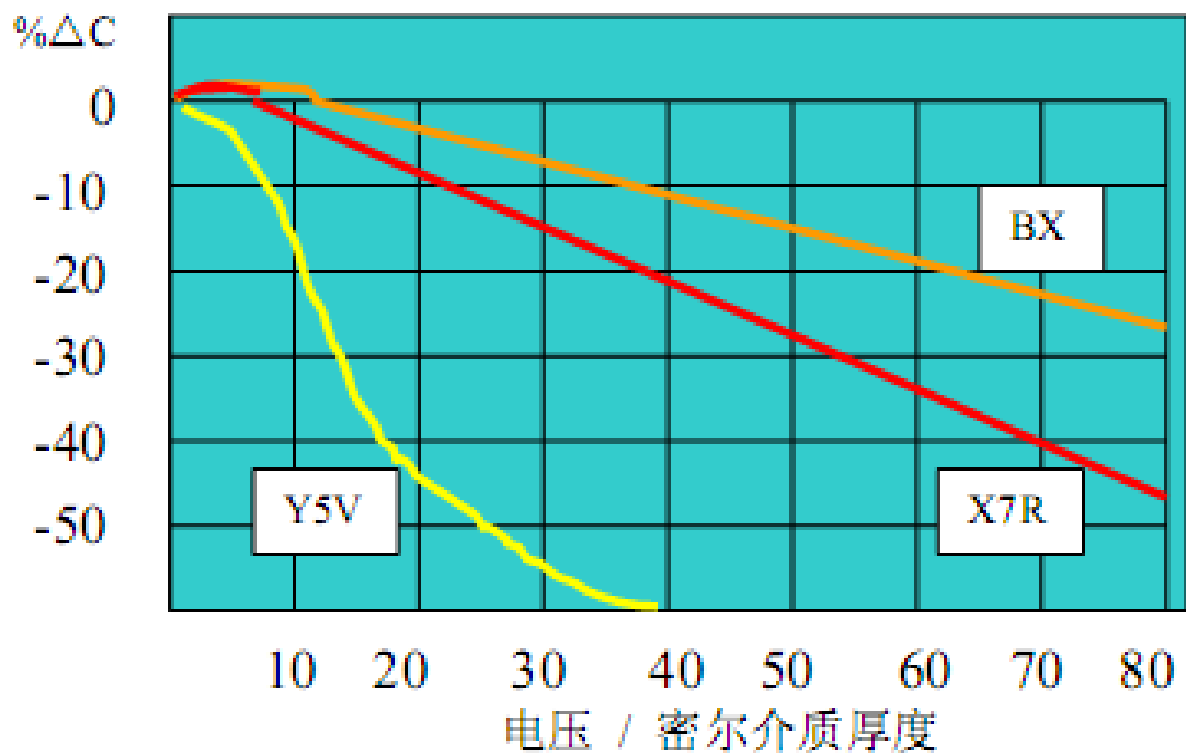
I 类电容器的温度特性



II 类电容器的温度特性

直流偏压特性:

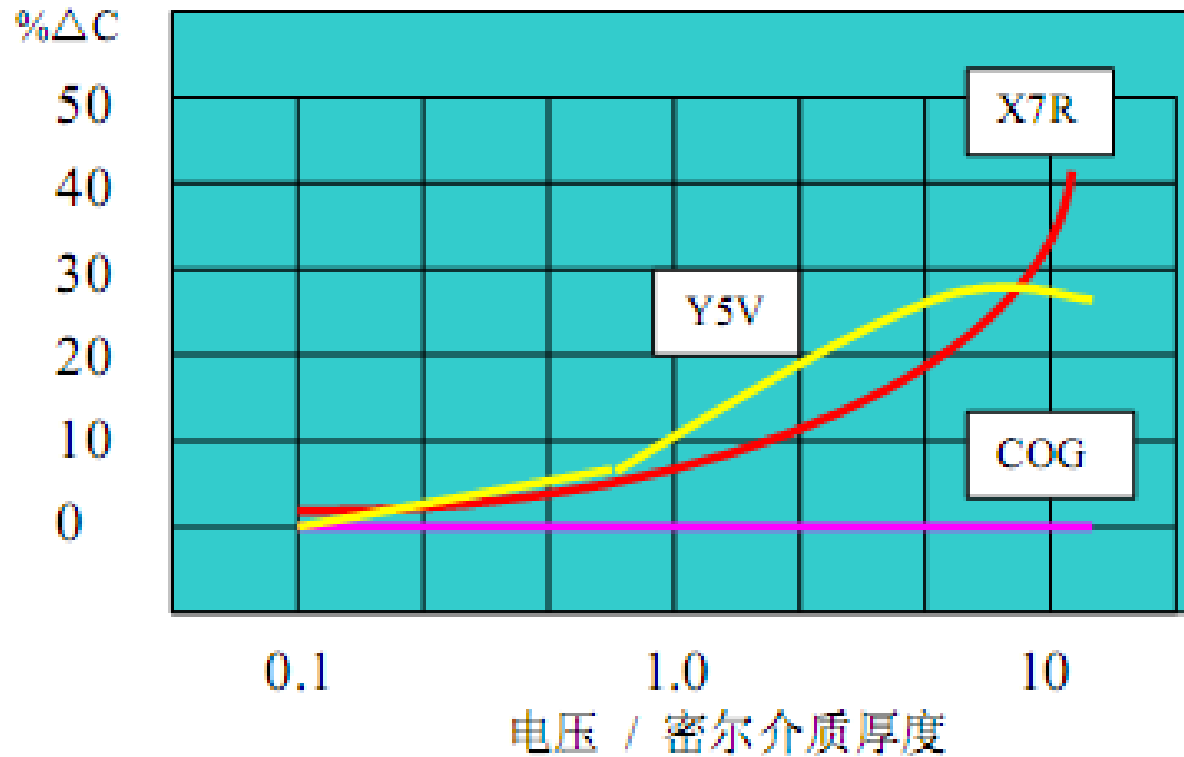
在电路的实际应用中，电容器两端可能要放加一个直流电压，我们把电容器的这种情况下的特性叫做直流偏压特性。



偏压与电容量变化率的关系

交流特性:

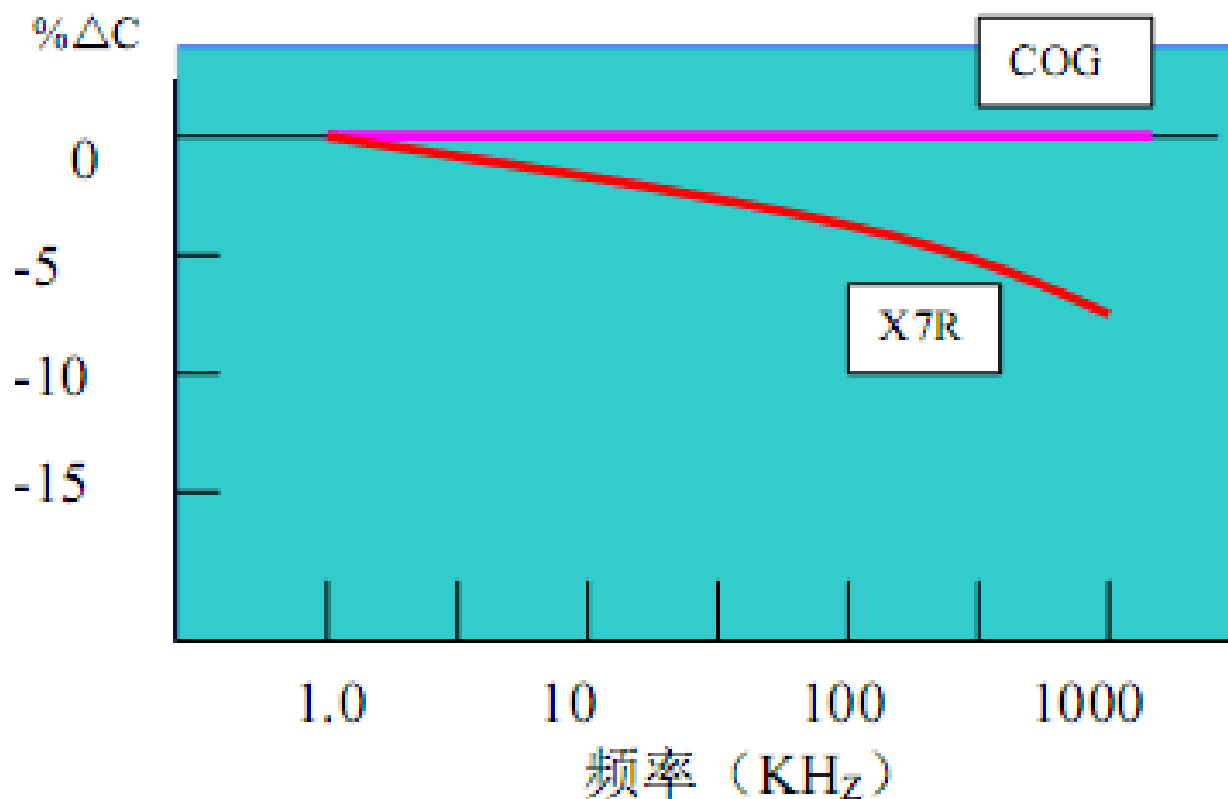
I 类电容器的交流特性比较好, 基本不随施加电压的变化而变化。但是, 对于II类电容器, 其容量基本是随所加电压的升高而加速递升的, 特别X7R此特性比较明显。



交流特性图

电容量与工作频率的关系:

对于 I 类电容器其应用频率的增加, 它的容值不会有什么变化, 但对于 II 类电容器, 容值下降较为明显。



电容量与频率的关系曲线图

绝缘电阻（ $I R$ ）；

完全不导电的绝缘体是没有的。在电介质中通常或多或少存在正、负离子，这些离子在电场作用下将定向迁移，形成离子电流，我们称之为体内漏电流。

通常，在电容器的表面，也会或多或少地存在正负离子，这些离子在外电场的作用下，会发生定向迁移，形成表面漏电流。因此，电容器的漏电流是陶瓷介质中体内漏电流与芯片表面的漏电流两部分组成。我们把加在介质两端的电压和漏电流之比称之为介质的绝缘电阻。

$$R = U / I$$

由上可知，电容器的绝缘电阻等于表面绝缘电阻与体内绝缘电阻相并联而成。因此，电容器的绝缘电阻除了同其本身所固所介质特性外，同外界环境温度、湿度等有很大的关系。

温度对绝缘电阻的影响主要表现在温度升高时，瓷介的自由离子增多，漏电流急剧增加，介质绝缘电阻迅速降低。但防潮不好的小容量电容器表面漏电流较大，随着温度的升高，表面潮气蒸发，表面绝缘电阻上升。

湿度对电容器电性能影响最大，会因表面吸潮使表面绝缘电阻下降。

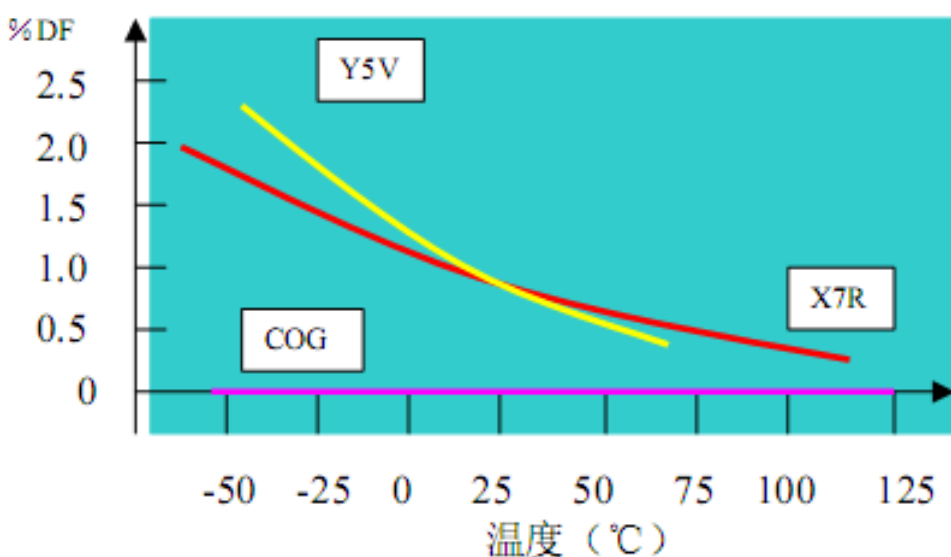
损耗（D F）和品质因数（Q）

在外加电压作用下，单位时间内因发热而消耗的能量，叫电容器的损耗。理想的电容器把从电源中得到的能量，全部贮存在电容器有介质中，不发生任何形式的能量消耗，事实上电容器在外加电压的作用下是要消耗能量的，介质漏电流，缓慢极化（电偶极矩在电场作用下发生偏转），内外电极金属部位的等效电阻都会消耗一部分能量，形成电容器的损耗。过高的电容器损耗会产生热量使电容器温度升高，造成电路工作状态不稳定，加速电容器的老化。

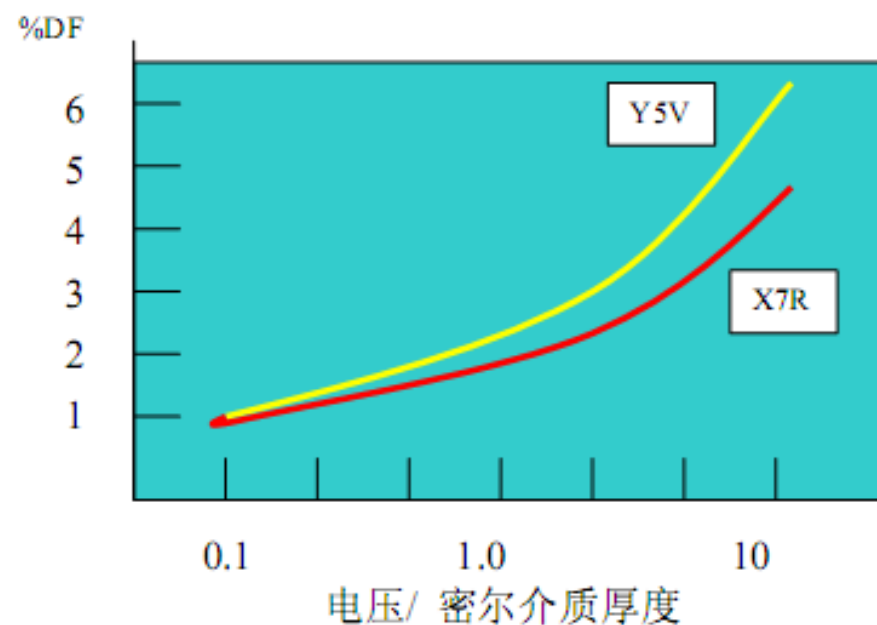
电容器的好坏并不能单以电容器的消耗能量的多少来定论，因此，一般用电容器的损耗角正切来表示。电容器的损耗角正切是指在一定频率的正弦电压作用下，消耗在电阻上的有功功率和贮存在电容器中的无功功率的比值。故而，其是一个无单位的量。即：

$$\text{Tg}\delta = \frac{\text{有功功率}}{\text{无功功率}}$$

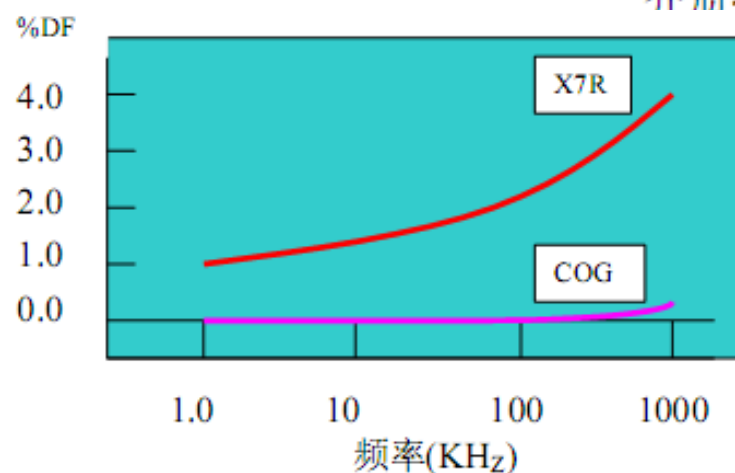
介质损耗同电容量一样，在实际使用中同温度、工作频率、电容器两端所加的电压有很大的关系。



介质损耗同温度的关系



介质损耗同交流电压/密尔厚度的关系



介质损耗同频率的关系

电容器的品质因素（**Q**）和等效串联电阻 **ESR**：

在高频电路中，由于频率较高，电容器所测量出来的介质损耗已经很小,不便于参考。为了更好地了解它的高频特性，我们更关心的是它的品质因素**Q**值和 In 高频下所表现出来的等效串联电阻 **ESR**. **Q**值就是介质损耗**DF**的倒数。即： $Q = 1/DF$ 。随着目前信号使用频率的增高、功率的增加，高 **Q** 和超高 **Q** 的产品需求越来越多。同样，**Q** 值同**ESR**有着直接的关系，一般高**Q**具备低**ESR**的特性。

在电容中所有损耗的总合叫做电容的等效串联电阻**ESR**，一般它用毫欧姆来表示。**ESR**的损耗由介质损耗(**Rsd**)和金属损耗(**Rsm**)两部分组成。

$$ESR = Rsd + Rsm$$

金属损耗（**Rsm**）则取决于电容构造中所有金属性物质的传导特性。这包括内电极，端电极等.

我们以一个容量值为**22 pF**的电容器所测得几组数据为例.由下表可知，介质损耗在低频率下是主要的，而在高频时则很小，金属损耗则与之相反。当频率越高时，金属损耗就表现出”趋肤效应”。

频率 (MHz)	Rsd (m-ohm)	Rsm (m-ohm)	ESR (m-ohm)
1	145	7	152
3	48.2	7.8	56
30	4.82	9.18	14
300	0.48	28.51	29

下表是几个产品容量段的Q值

	容量 (pF)	ESR			Q		
		150MHz	500MHz	1000MHz	150MHz	500MHz	1000MHz
0805CG100	10	0.052	0.070	0.085	2038	455	185
0805CG101	100	0.045	0.070	0.095	236	45	18
1210CG100	10	0.051	0.090	0.126	2082	354	126
1210CG101	100	0.036	0.066	0.093	292	48	—

因此,在设计时，高频下我们应考虑 ESR 和 Q 值对电路设计的影响；低频下应考虑损耗(DF)对电路设计的影响。

耐电压（DWV）

电容器的耐电压性能就是指电容器的陶瓷介质在工作状态中能够承受的最大电压，即击穿电压，也就是电容器的极限电压。

电容器的标称电压即电容器的工作电压，标称电压一般是相对于直流来说的。而电容器的耐电压常规也是相对直流来说的。

一般来说，电容器的标称电压远远低于其瓷介的耐电压。因为，在实际的工作过程中，电容器除了两端时时要承受的直流电压外，另外常有脉冲交流电压存在，而这个交流电压的峰值常常远远高出工作过程中的直流电压。

电容器性能参数的测试:

	COG (NPO)	X7R	Z5U	Y5V
	EIA198, MIL-C-55681 GB/T9324-1996; GJB192A-98	EIA198 GB/T9324-1996	EIA198 GB/T9324-1996	EIA198 GB/T9324-1996
工作温度范围	-55℃~125℃	-55℃~125℃	10℃~85℃	-30℃~85℃
温度特性 (% ΔC Max, 0Bias)	0 \pm 30ppm/℃	\pm 15%	+22%~-56%	+22%~-82%
偏压特性 (% ΔC Max, @Vdc)	0 \pm 30ppm/℃	N/A	N/A	N/A
损耗角正切 (@25℃)	0.10% Max.	2.5% Max.	3.0% Max.	5.0% Max.
绝缘电阻 (@Vdc, 25℃)	>100G Ω or >1000 Ω F	>100G Ω or >1000 Ω F	>10G Ω or >100 Ω F	>10G Ω or >100 Ω F
绝缘电阻 (@Vdc, 125℃)	>10G Ω or >100 Ω F	>10G Ω or >100 Ω F	N/A	N/A
介质测试电压 (@25℃)	250% WVdc	250% WVdc	250% WVdc	250% WVdc
老化率 (% ΔC /decade)	0%	-2.0%	-3.0%	-5.0%
测试频率(@25℃)	<100pF, 1.0MHz >100pF, 1.0KHz	1.0KHz	1.0KHz	1.0KHz

片式电容的电性能测试之后，还有一项十分重要的工作就是片式电容的可靠性试验。

国标试验条件与方法																				
可焊性	焊槽焊料温度 $235 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，保持 2 ± 0.5 秒。																			
电压温度极限 温度系数 (TC)	<table><tr><td>步骤</td><td>A</td><td>B</td><td>C(基准)</td><td>D</td><td>E</td><td>F</td></tr><tr><td>温度$^{\circ}\text{C}$</td><td>20 ± 2</td><td>-55 ± 3</td><td>20 ± 2</td><td>110 ± 2</td><td>125 ± 2</td><td>20 ± 2</td></tr></table>						步骤	A	B	C(基准)	D	E	F	温度 $^{\circ}\text{C}$	20 ± 2	-55 ± 3	20 ± 2	110 ± 2	125 ± 2	20 ± 2
步骤	A	B	C(基准)	D	E	F														
温度 $^{\circ}\text{C}$	20 ± 2	-55 ± 3	20 ± 2	110 ± 2	125 ± 2	20 ± 2														
温度快速变化	<table><tr><td>步骤</td><td>A</td><td>B</td></tr><tr><td>温度$^{\circ}\text{C}$</td><td>-55_{-3}</td><td>125^{+3}</td></tr><tr><td>时间</td><td>30min</td><td>30min</td></tr></table> 循环 5 次						步骤	A	B	温度 $^{\circ}\text{C}$	-55_{-3}	125^{+3}	时间	30min	30min					
步骤	A	B																		
温度 $^{\circ}\text{C}$	-55_{-3}	125^{+3}																		
时间	30min	30min																		
耐焊接热	焊槽焊料温度 $260 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，保持 10 ± 2 秒。																			
气候顺序																				
稳态湿热																				
耐久性	温度 125°C ，施加 1.5 倍额定电压，保持 1000 小时。																			

失效的基本分析

片容失效一般是由介质击穿、内电极银离子的迁移、端电极中玻璃料对与之接触的相应部分的浸蚀造成的失效。

1、介质击穿

介质击穿主要是在较高的电流冲击下，使介质体内的漏电流剧增，以使介质没办法承受而被击穿的过程。电击穿场强是反映固体介质承受电场作用能力的一种度量，是材料的特性常数之一，所以通常又称之为介质的耐电强度（耐电性能）。

2、银离子的迁移

在高温、高湿、强直流电场作用下，银离子容易迁移，时间一长，易造成电容器失效。

3、端头失效

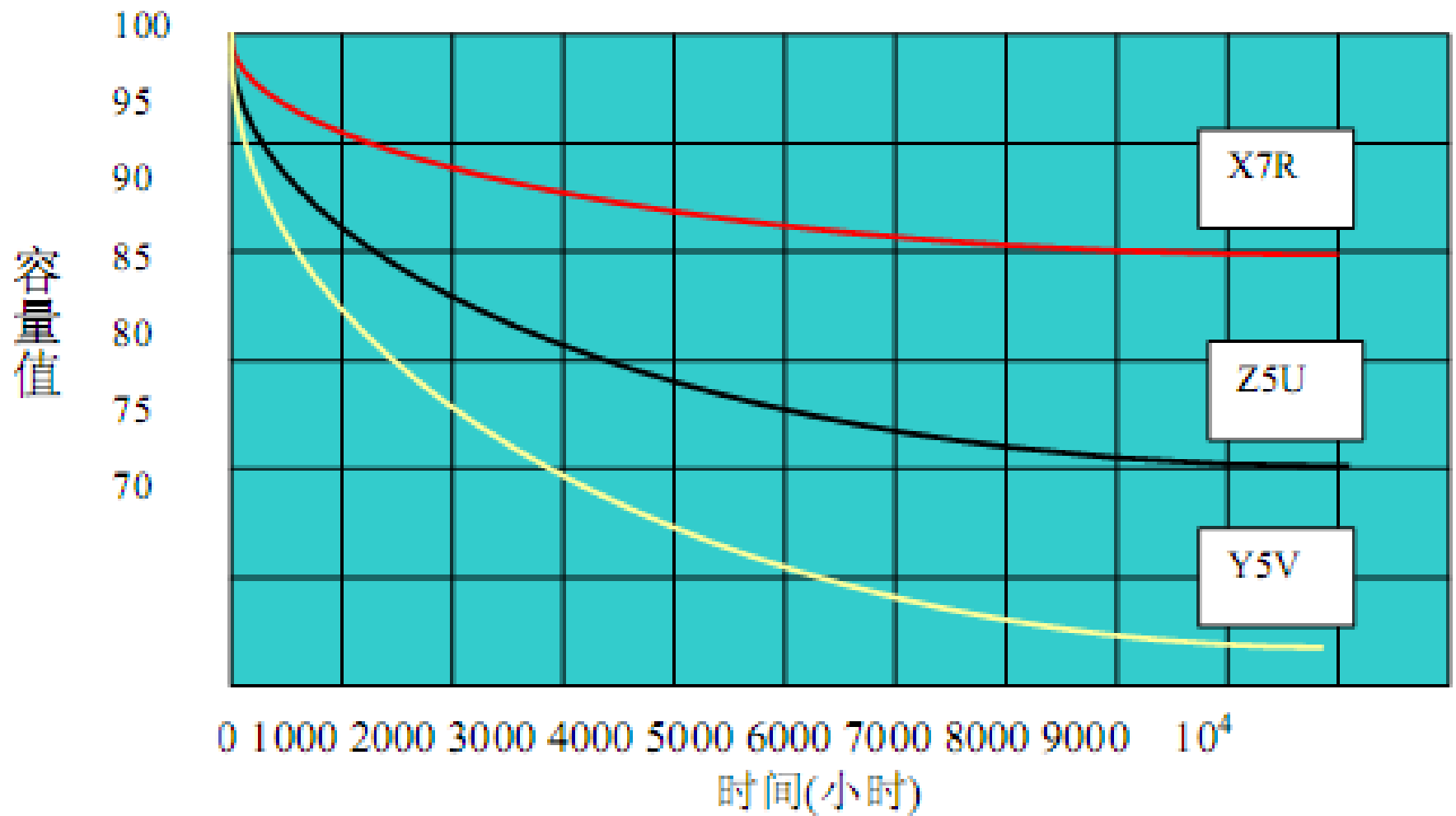
由于端电极材料在烧结的时候，部分渗入相应部位的陶瓷介质中，使与之接触的那部分陶瓷体变得更脆，甚至改性了。因此，在焊接的过程中或在线路板装卸的过程中，端头部分易产生裂纹，使电容器失效。目前世界新研究开发出一种新的端电极材料，环氧导电型的，对陶瓷浸蚀很小，同时可以在一定的范围内发生弯曲形变。

对于Ⅱ类陶瓷介质的电容器，其容量和介质损耗会随时间发生衰减，这种现象就是老化。其具体原理如下：因为Ⅱ类电容器一般具有铁电特性，并呈现一个居里温度。介质在这个温度以上具有高度对称的立方晶体结构，而低于居里温度时，立方晶体结构的对称性降低。将电容器加热至高于居里温度的某一个温度，则就会起到消除老化的作用，即通过老化而使电容量减小的部分恢复，而在电容器冷却时，会重新开始老化。

几种常见介质材料的老化情况：

介质材料	介电常数	典型的老化率（1000h）
NP0 (COG)	65	----
X7R	2000	3.5%~5.0%
BX	4000	3.5%~5.0%
Z5U	8000	8%~12%
Y5V	10000	10%~15%

几种常见介质材料的老化情况：



一、功能选用

在电路中常有功用主要有以下几个方面：

1、 储能交换

这是电容器最基本的功用，主要是通过它的充放电过程来产生和施放一个电能。这主要是以大容量的Ⅱ类电容器为主，在某些情况下甚至可以代替小型铝电解电容器和钽电解电容。

2、 隔直通交（旁路与耦合）

由于电容器并非是一个导通体，它是通过交流的有规律的转向而体现出两端带电的现象，因此，在电路中它可以同其它元件并联，使交流通过，而直流被阻隔下来，起到旁路的作用。

在交流电路中，电容器跟随输入信号的极性变化而进行充放电，从而使连接电容器两端的电路表现导通的状态，起到耦合的作用。

一般说来，与放大器或运放输入端相联电容器的为耦合电容器；与放大器或运放发射极相联的电容器为旁路电容器。

两者均以Ⅱ类电容器为主，特别是**0.1uF** 的电容居多。

3、 鉴频滤波

在交流电路中，对于一个多频率混合的信号，我们可以用电容器将其部分分开，一般来说，我们可以使用一个合理电容量的电容器将大部分的低频信号过滤掉。这主要以高频或超高频电容器为主。

4、 浪涌电压的抑制

由于电容器是一个储能元件，因此，在电路中，它可以去除那些短暂的浪涌脉冲信号，也可以吸收电路中电压起伏不定所产生的多余的能量。

电容器选用及使用注意事项(综合类):

1, 一般在低频耦合或旁路, 电气特性要求较低时, 可选用纸介、涤纶电容器; 在高频高压电路中, 应选用云母电容器或瓷介电容器; 在电源滤波和退耦电路中, 可选用电解电容器。

2, 在振荡电路、延时电路、音调电路中, 电容器容量应尽可能与计算值一致。在各种滤波及网(选频网络), 电容器容量要求精确; 在退耦电路、低频耦合电路中, 对同两级精度的要求不太严格。

3, 电容器额定电压应高于实际工作电压, 并要有足够的余地, 一般选用耐压值为实际工作电压两倍以上电容器。

4, 优先选用绝缘电阻高, 损耗小的电容器, 还要注意使用环境。

对于滤波, 在电路设计过程中, 并不是电容越大, 滤波效果越好, 这要看具体电路, 在低频电路中, 电容值越大, 对纹波的滤除效果就越好, 但如果有高频信号, 就不一定了。

在高频段要选择合适的电容值和电容类型, 一般采用云母电容和高频瓷片电容, 电容值一般都比较小。

为了满足电子整机不断向小型化、大容量化、高可靠性和低成本的方向发展。多层片式电容器也随之迅速向前发展：种类不断增加，体积不断缩小，性能不断提高，技术不断进步，材料不断更新，轻薄短小系列产品已经标准化和通用化。其应用逐步由消费类设备向投资类设备渗透和发展。移动通信设备更是大量采用片式元件。

片式电容具有容量大，体积小，容易片式化等特点，是当今通讯器材、计算机板卡及家电遥控器及中使用最多的元件之一。随着SMT的迅速发展，其用量越来越大，仅每部流动电话中的用量就达 200 个之多。片式多层瓷介电容器2002年全球量达4000亿只，现在已经超过10000亿只。最小尺寸为0201，甚至01005(长度0.3mm,宽度0.1mm)。

随着世界电子信息产业的迅速发展，片式电容的发展方向呈现多元化。

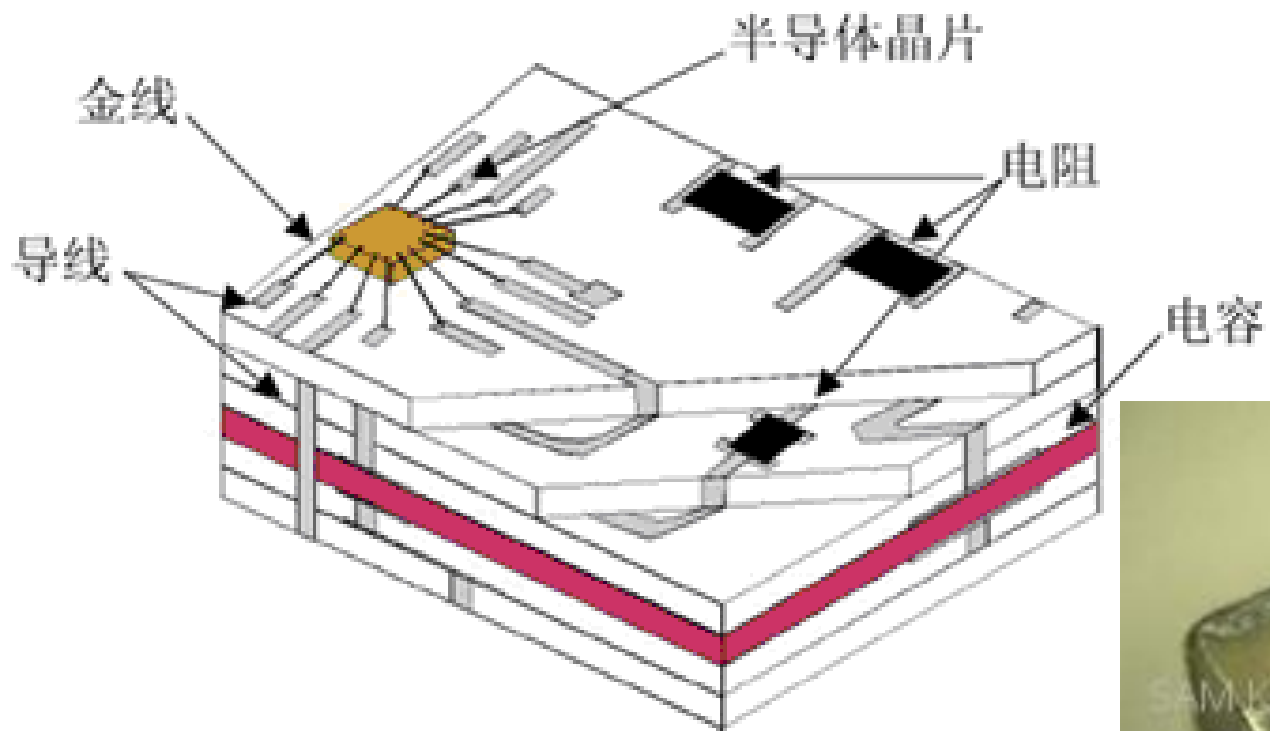
(1)为了适应便携式通信工具的需求，片式多层电容器也正在向低压大容量、超小超薄的方向发展。

(2)为了适应某些电子整机和电子设备向大功率高耐压的方向发展（军用通信设备居多），高耐压大电流、大功率、超高Q值低ESR型的中高压片式电容器也是目前的一个重要的发展方向。

(3)为了适应线路高度集成化的要求，多功能复合片式电容器（LTCC）正成为技术研究热点。

低温共烧陶瓷（Low Temperature Co-fired Ceramic, LTCC）

LTCC技术是于1982年休斯公司开发的新型材料技术，是将低温烧结陶瓷粉制成厚度精确而且致密的生瓷带，在生瓷带上利用激光打孔、微孔注浆、精密导体浆料印刷等工艺制出所需要的电路图形，并将多个被动组件(如低容值电容、电阻、滤波器、阻抗转换器、耦合器等)埋入多层陶瓷基板中，然后叠压在一起，内外电极可分别使用银、铜、金等金属，在900℃下烧结，制成三维空间互不干扰的高密度电路，也可制成内置无源元件的三维电路基板，在其表面可以贴装IC和有源器件，制成无源/有源集成的功能模块，可进一步将电路小型化与高密度化，特别适合用于高频通信用组件。采用LTCC工艺制作的基板具有可实现IC芯片封装、内埋置无源元件及高密度电路组装的功能。



LTCC原理图



LTCC产品

由**LTCC**制作的射频器件在国外和我国台湾省已有数年的历史，日本的村田、东光、**TDK**、双信电机，我国台湾省的华信科技、**ACX**，韩国的三星等都在批量生产和销售。我国内地在**2003**年才从展览会和网页上看到，南玻电子公司和另一家公司着手开发类似产品。

LTCC模块因其结构紧凑、耐机械冲击和热冲击性强，目前在军工和航天设备上受到极大关注和广泛应用。今后其在汽车电子上的应用将会非常广泛。

LTCC以其优异的电子、机械、热力特性已成为未来电子元件集成化、模组化的首选方式，广泛用于基板、封装及微波器件等领域。

Thank you!

联系人：季先生
手机：13913721306
邮箱：117325788@qq.com
网址：www.w-coating.com
www.w-moyi.com