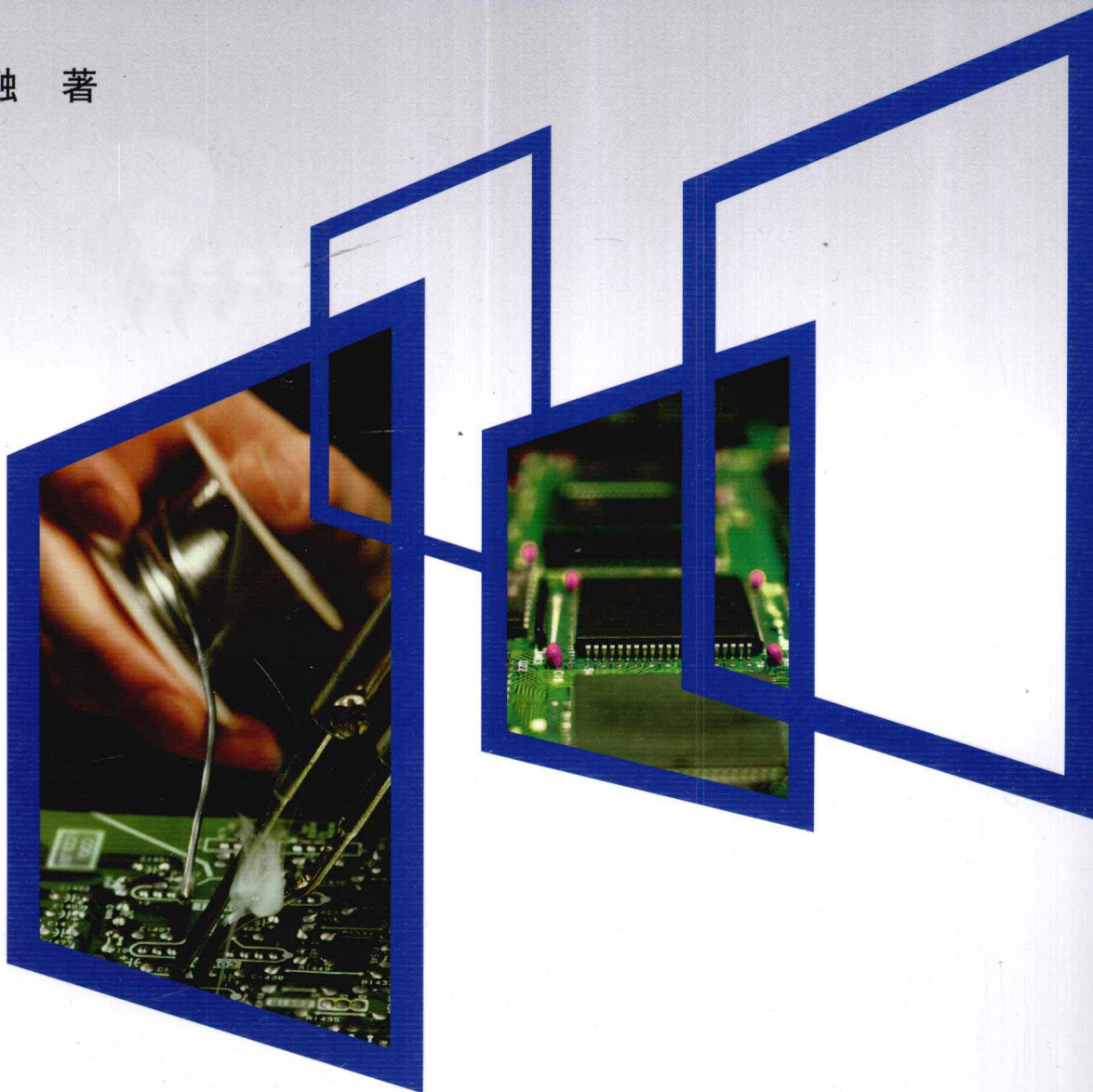




现代电子装联工艺技术丛书

# 现代电子装联工艺 缺陷及典型故障100例

樊融融 著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

现代电子装联工艺技术丛书

# 现代电子装联工艺缺陷及 典型故障100例

樊融融 著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是新出版不久的《现代电子装联工艺可靠性》一书的补充和姊妹篇。已出版的《现代电子装联工艺可靠性》为从事电子制造和用户服务等行业的工程师提供了解决电子装联工艺缺陷及故障形成机理方面问题的技术基础。而本书则是一本可供他们参考的典型案例分析，并告诉读者如何通过分析和归纳采取正确的解决措施。撰写本书的目的，就是为目前正在从事现代电子制造的工艺工程师、质量工程师、用户服务工程师提供一套电子装联工艺缺陷及故障分析的综合性参考书。本书对设计工程师也有一定的参考价值。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有，侵权必究。

### 图书在版编目 ( C I P ) 数据

现代电子装联工艺缺陷及典型故障100例 / 樊融融著. —北京: 电子工业出版社, 2012.8  
(现代电子装联工艺技术丛书)

ISBN 978-7-121-18179-5

I. ①现… II. ①樊… III. ①电子装联 - 生产工艺 ②电子装联 - 故障诊断 IV. ①TN305.93

中国版本图书馆CIP数据核字 (2012) 第207770号

许可证号: 京海工商广字第0258号

策划编辑: 李 洁

责任编辑: 李 蕊

印 刷: 中国电影出版社印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 19.25 字数: 477千字

印 次: 2012年8月第1次印刷

印 数: 3 000册 定价: 78.00元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题，请向购买书店调换。若书店售缺，请与本社发行部联系，联系及邮购电话：(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至zlt@phei.com.cn，盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。

服务热线：(010) 88258888。

# 序

随着电子产品集成度的不断提升，其PCBA装联可靠性问题已开始凸显，成为业界研究的重要课题之一。为提升电子产品PCBA装联可靠性，需要对其产生影响的全部因素进行深入分析，在产品的设计、生产、储运、使用等全流程中进行改进、预防以提升可靠性水平。这就要求每一位工程技术人员在具备PCBA可靠性理论的基础上，必须掌握如何诊断、分析、解决和预防可靠性问题的实践技术和方法。

樊融融教授于2012年4月出版了《现代电子装联工艺可靠性》一书，系统地阐述了当前电子产品在生产制造和市场服役全过程的可靠性问题，对从事电子产品工艺、质量、材料和生产人员有很好的理论指导意义。

由于《现代电子装联工艺可靠性》专注于理论的阐述，在读者理解方面可能存在一定难度，为此樊融融教授特意编写了本书——《现代电子装联工艺缺陷及典型故障100例》。本书结合《现代电子装联工艺可靠性》一书的理论，有针对性地地从PCBA的电子元器件组装过程、PCB组装过程、THT工序过程、SMT工序过程及产品的服役过程等方面列举了100个典型案例，以帮助读者从实践方面系统理解电子装联工艺可靠性的理论和方法。

本书通过一个个的典型案例，从现象表现及描述、形式原因及机理、解决措施等方面详细论证了这些案例发生的原因、背景和机理，有针对性地给出了解决的关键举措。因此，本书除可以帮助读者理解PCBA装联可靠性的相关理论知识之外，还可以通过大量的典型案例协助各位工程技术人员诊断、分析、解决生产制造和工程服役中的问题。

希望通过樊融融教授的这两本书，帮助各位读者全面、系统、深入地理解当代电子装联过程中的可靠性理论，更好地指导自己在工作过程中遇到的工程技术问题。

最后，衷心祝愿我们国家的电子产业蒸蒸日上，兴旺发达。

中兴通讯股份有限公司执行副总裁：



# 前 言

处理和解决现代电子产品制造过程中的缺陷及服役期间的故障，就和医师诊病一样，要做到准确诊断、对症治疗。根除病源要依赖医师深厚的病理知识基础，先进和有效的检测手段，丰富的病案积累。同样，处理现代微组装和微焊接产品缺陷和故障时，也需要工程师深厚的技术功底（解决案例发生的机理），必要的分析试验手段（解决病因的探查），丰富的案例积聚和综合的判断能力，即根据病因探查、机理分析、案件积累，由表及里、去伪存真，采取对症下药的解决措施。

一项电子产品或装备工艺的可靠性问题，存在于产品从工厂生产到市场服役的全过程。人们为了更好地分析缺陷和故障现象，往往要通过各种微观分析手段，深入到分子和原子级的微观组织结构中去提取信息。因此，要求工程师能充分掌握相关的微观分析手段，如金相切片的焊点内部微组织结构、EPMA、SEM/EDX的微观表面形貌、自动断面X射线探伤、扫描声学显微镜的内部微裂纹探查、傅里叶红外光谱的非金属污染物成分分析等。通过对获取的图像进行判读和识别，迅速推导失效模式和机理，使缺陷和故障能得到有效的解决。而缺陷和故障迅速而准确的解决，决不是依靠一两门学科知识所能做到的。一个案例的圆满突破，往往需要综合运用物理、化学、电子、机械、冶金、热学、气候和环境、地理等多学科知识，才有可能使缺陷或故障发生的根源得以准确的定位，从而避免盲目性。

本书是已出版的《现代电子装联工艺可靠性》一书的补充和姊妹篇。《现代电子装联工艺可靠性》为目前从事电子制造和用户服务等行业的工程师提供了解决现代电子装联工艺缺陷及故障形成机理方面问题的技术基础。而本书则是一本可供他们参考的典型案例积累，并通过分析和归纳采取正确的解决措施。撰写本书的目的，就是为目前正在从事现代电子制造的工艺工程师、质量工程师、用户服务工程师提供一套电子装联工艺缺陷及故障分析的综合性参考书，本书对设计工程师也有一定的参考价值。

本书在编著过程中，得到了中兴通讯股份有限公司执行副总裁田文果先生及他的高级顾问马庆魁先生的关怀和鼓励。特别是田总在日理万机中还挤出宝贵的时间为本书作序，令笔者感激不已。

作者在本书的编写过程中，得到了公司副总经理、原公司制造中心主任张强先生；制造工程研究院院长刘剑锋先生、副院长冯力博士；公司副总经理、现制造中心主任董海先生，公司副总经理、现制造中心副主任杨建明先生；制造中心工艺部长陈宏强先生、制造工程研究院工艺研究部长张加民先生，以及材料试验室主任宋好强先生等领导的多方位的关怀和帮助，在此深表谢意。

作者在完成这一书稿的过程中得到了工程研究院和制造中心的刘哲（总工）、邱华盛（总工）及付红志、钟宏基、孙磊、曾福林、辛宝玉、周杨、冯延鹏、韩念春、陈德鹅、潘华强等同志的协助，在此也表示衷心的感谢。

在拟定本书稿要全部采用彩色印刷出版过程中，得到了深圳唯特偶新材料有限公司董事长廖高兵先生的慷慨支援，在此作者深表敬意并衷心致谢。

我女儿樊颜博士在本书稿的撰写过程中，提供了全程的照顾和协助，在此也表示感谢。

作 者

2012年3月于中兴通讯股份有限公司

# 目 录

## 第 1 章 电子元器件在组装中的典型故障 (缺陷) 案例.....1

- No.001 碳膜电阻器断路.....1
- No.002 4通道压敏电阻虚焊.....2
- No.003 某型号感温热敏电阻再流焊接中的立碑现象.....4
- No.004 瓷片电容器烧损.....6
- No.005 钽电容器冒烟烧损.....8
- No.006 铝电解电容器在无铅再流焊接过程中外壳鼓胀.....10
- No.007 某型号固定电感器在组装过程中直流电阻下降.....13
- No.008 某厚膜电路在用户应用中出现白色粉状物.....15
- No.009 CMD (ESD) 器件引脚可焊性不良.....17
- No.010 某射频功分器外壳腐蚀现象.....19
- No.011 电源模块虚焊.....22
- No.012 陶瓷片式电容器的断裂和短路.....23

## 第 2 章 PCB在组装中的典型故障 (缺陷) 案例.....27

- No.013 在PCBA组装中PCB的断路缺陷.....27
- No.014 PCBA组装过程中暴露的PCB镀层缺陷.....29
- No.015 PCBA组装过程中暴露的HASL涂层缺陷.....31
- No.016 PCBA组装过程中暴露的PTH缺陷.....33
- No.017 PCBA组装过程中暴露的PCB机械加工缺陷 (一).....35

- No.018 PCBA组装过程中暴露的PCB机械加工缺陷 (二).....37
- No.019 积层板缺陷.....39
- No.020 常见的FPC (柔性印制电路) 缺陷.....41
- No.021 常见的阻焊膜 (SR) 缺陷 (一).....43
- No.022 常见的阻焊膜 (SR) 缺陷 (二).....45
- No.023 Cu离子沿陶瓷基板内的空隙进行迁移.....48
- No.024 单板背面局部位置出现白色斑点.....50
- No.025 PCB基板晕圈和晕边.....51
- No.026 PCB表面出现褐黄色玷污物.....52

## 第 3 章 PCBA在组装中的典型缺陷案例.....54

- No.027 PCB/HASL- (Sn、SnPb) 涂层存储一年后发黄.....54
- No.028 某通信终端产品PCB按键污染.....57
- No.029 按键及铜箔表面出现污染性白色斑点.....60
- No.030 金手指变色.....64
- No.031 CXX8按键污染缺陷.....67
- No.032 CXX0键盘再流焊接后变色.....69
- No.033 PXX2焊接中的黑盘缺陷.....71
- No.034 GXYC ENIG Ni/Au焊盘虚焊.....74
- No.035 WXYXB侧键绿油起泡.....77
- No.036 某终端产品PCB按键再流焊接后出现变色斑块.....81
- No.037 NWWB跌落试验失效.....84

No.038	电解电容器漏液引起铜导体溶蚀	88
No.039	某PCBA产品PTH孔及焊环润湿不良	90
No.040	某OEM代工背板在加电试验中烧损	95

#### 第4章 THT工序中的典型缺陷案例

No.041	某PCBA波峰焊接过程中出现吹孔、焊料不饱满及虚焊	98
No.042	多芯插座波峰焊接桥连	102
No.043	P9XY-PCBA波峰焊接后焊盘发黑不润湿	105
No.044	某产品PCBA PTH孔波峰焊接虚焊	109
No.045	某PCBA过波峰焊接后发生严重吹孔及润湿不良	111
No.046	VEL-PCBA波峰焊接过程中焊点不良	115
No.047	XYL-PCBA波峰焊接过程中PTH孔焊点吹孔	117
No.048	无铅波峰焊接过程中焊缘的起翘和开裂	119
No.049	PCBA无铅波峰焊接过程中的热裂	125
No.050	波峰焊接过程中引脚端部微裂纹	127
No.051	PCBA波峰焊接后基板起白点	128
No.052	波峰焊接中元器件面再流焊点二次再流焊	130
No.053	波峰焊接过程中的不润湿及反润湿	132
No.054	波峰焊接焊点轮廓敷形不良	133
No.055	波峰焊接过程中的焊料珠及焊料球飞溅	135
No.056	波峰焊接过程中的拉尖、针孔及吹孔	137

No.057	PCBA波峰焊接后板面出现白色残留物及白色腐蚀物	139
No.058	波峰焊接过程中的芯吸现象、粒状物及阻焊膜上残留焊料	142
No.059	波峰焊接过程中焊点呈黑褐色、绿色、灰暗及发黄	144
No.060	电源PCBA电感元器件透锡不良及吹孔	145

#### 第5章 SMT工序中的典型缺陷案例

No.061	PCB的HASL-Sn涂层再流焊接虚焊	148
No.062	HDI多层PCB无铅再流焊接中的爆板现象	150
No.063	HDI多层PCB无铅再流焊接过程中的分层现象	154
No.064	再流焊接过程中的“墓碑”缺陷	155
No.065	再流焊接过程中的焊料珠与焊料尘	160
No.066	无铅再流焊接过程中的缩孔和热裂	164
No.067	再流焊接过程中键盘(或金手指)上出现黄点和水印	166
No.068	再流焊接过程中键盘或金手指出现白点	171
No.069	再流焊接过程中键盘或金手指上出现异物	174
No.070	某键盘PCBA再流焊接后发生黑盘缺陷	179
No.071	USB尾插再流焊接后脱落	182
No.072	镀镍-金镀青铜天线簧片焊点脆断	187
No.073	某PCBA/BGA角部焊点断裂	191
No.074	某芯片供方FPBA芯片焊点断裂	195
No.075	某PCBA/BGA焊球焊点裂缝	199
No.076	MP3主板器件焊点脱落	203



No.077	某产品PCBA/BGA焊球焊点 开路.....	205	No.088	PCBA服役期间板面发现化学 腐蚀.....	247	
No.078	某产品PCBA再流焊接过程中 BGA的球窝缺陷.....	208	No.089	某电信局背板焊点出现碳酸盐 类及白色残留物.....	249	
No.079	某系统产品PCBA可焊性 缺失.....	214	No.090	某通信终端产品在服役期间BGA 焊点断裂.....	254	
No.080	某产品PCBA上FBGA焊接 缺陷.....	217	No.091	某通信主板BGA焊点开路.....	257	
No.081	某PCBA芯片(BGA)焊点 虚焊.....	219	No.092	某通信终端产品服役期间BGA 焊点应力断裂.....	260	
No.082	某PCBA/BGA焊点大面积发生铅 偏析(一).....	222	No.093	BGA-EPLD芯片高温老化 焊点断裂.....	263	
No.083	某PCBA/BGA焊点大面积发生铅 偏析(二).....	226	No.094	某PCBA在服役期间发现BGA 芯片脱落.....	271	
No.084	某PCBA/USB接口焊接不良.....	233	No.095	某网络用PCBA在服役期间出现 爬行腐蚀.....	273	
No.085	CXXY等PCBA/BGA芯片再流 焊接不良(冷焊).....	236	No.096	某产品用PCBA在服役期间过孔 口出现硫的爬行腐蚀.....	277	
<b>第6章 现代电子产品在服役期间的 典型故障案例.....</b>			241	No.097	某PCBA电阻排发生硫的污染 腐蚀.....	280
No.086	美国NASA发布的由Sn晶须 引起的故障报告.....	241	No.098	BGA(MTC6134)芯片在服役期 间焊点裂缝.....	283	
No.087	手机产品在用户服役期间发生的 虚焊和冷焊故障.....	244	No.099	某芯片金属壳-散热器组合 脱落.....	287	
			No.100	某芯片焊点虚焊、焊球开裂.....	291	
			<b>参考文献.....</b>		297	

# 第 1 章

## 电子元器件在组装中的典型故障(缺陷)案例

### No.001 碳膜电阻器断路

#### 1. 现象表现及描述

关于碳膜电阻器在使用中出现的故障几乎都是断路，特别是在PCBA组装焊接（再流焊、波峰焊）后，也会不时发生碳膜电阻器出现断路的现象。

#### 2. 形成原因及机理

##### 1) 电阻体出现机械损坏

1206或更大的片式电阻器及有引线的圆柱电阻器，在组装过程由于不恰当的外力作用，致使在陶瓷本体上出现断裂缝或崩口，如图1.1和图1.2所示。造成电阻体损坏而开路。



图1.1 有引线的圆柱电阻器电阻体崩口

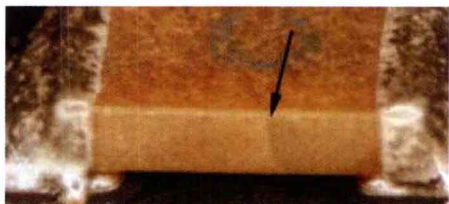


图1.2 片式电阻器的电阻体出现横向断裂纹

##### 2) 因各材料的热膨胀系数不匹配而导致电阻体断裂

在尺寸大的陶瓷基板上用厚膜电阻器和导体布线制成混合器件，在其表面用树脂涂覆的结构中，由于陶瓷基板和树脂的热膨胀系数不同，在陶瓷基板和树脂的界面上会产生机械应力，使厚膜电阻体发生与厚度方向平行的裂纹从而导致厚膜电阻体断路。这种故障随着陶瓷基板尺寸的增大，发生的概率也将急剧增加。

##### 3) 电阻体碳膜发生了阳极氧化

出现这一现象时，观察断路处的碳膜电阻器，发现多数情况下在螺旋形刻槽的“十”极侧的碳膜部分消失了。这是因为阳极氧化，碳膜变成了二氧化碳。

碳膜电阻器发生阳极氧化的可能原因，是在电阻器制造过程中，在涂覆保护层之前就

有某种污染物质附着在电阻体的表面上了。在此情况下，污染物有可能是因为操作者的手触摸带来的，也可能是附着了操作者的唾液飞沫。

假如仅因为碳膜的阳极氧化而造成故障，那么出现故障的电阻器的电阻体就可能存在批次性的阳极氧化现象。也就是说，在同样的条件下使用的电阻器在相同时期内会发生批次性故障。然而，在现实中由阳极氧化所引发的批次性故障并不多见，大多数属于个案。由此可以推测由阳极氧化现象所导致的故障的真正原因是电阻体受到某种污染造成的。

### 3. 解决措施

- (1) 加强供货源的产品质量管理与控制。
- (2) 加强组装工艺过程控制。
- (3) 强化生产现场的7S管理。

## No.002 4通道压敏电阻虚焊

### 1. 现象表现及描述

4通道压敏电阻在有铅再流焊接中，发现电阻电极表面对焊料严重不润湿，造成大量的虚焊，足跟部焊料不足，如图1.3所示。

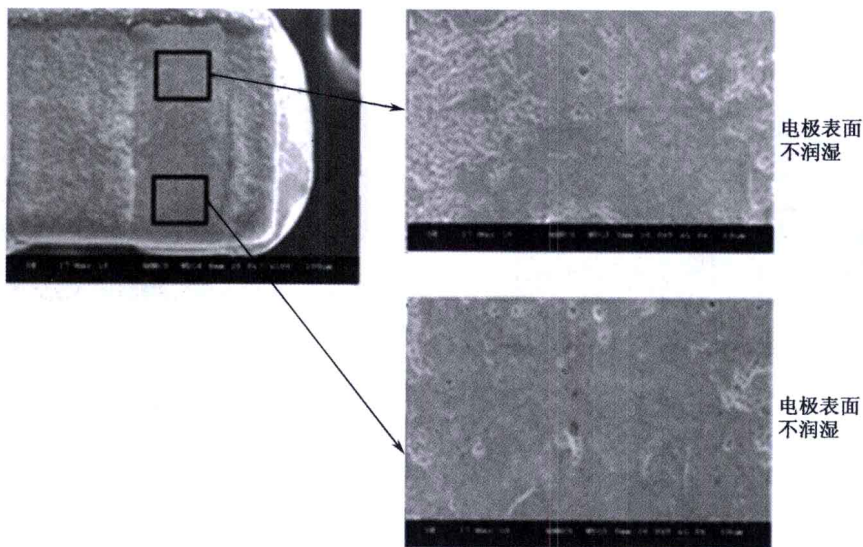


图1.3 对有缺陷的电极表面的图像

主要工艺参数：

- 镀层：压敏电阻电极镀层为纯锡；PCB焊盘镀层为ENIG Ni/Au。
- 焊接工艺条件：有铅再流焊接，焊膏中焊料合金为Sn37Pb；再流焊接峰顶温度为（220~225）℃。

## 2. 形成原因及机理分析

### 1) 虚焊的原因

造成本案例压敏电阻器电极表面,在有铅再流焊接工艺过程中不润湿和虚焊的根本原因是:该电极表面的纯锡镀层与有铅焊接工艺条件不匹配,从而导致可焊性不良。

### 2) 虚焊机理

镀纯锡的元器件引脚及PCB焊盘可完全适用于有铅、无铅产品的波峰焊接,也能非常良好地适用于无铅再流焊接,还可用于有铅、无铅手工焊接,但是不宜纯有铅再流焊接。这是由于Sn元素固有的物理-化学特性所决定的。Sn的熔点为 $232^{\circ}\text{C}$ ,具有很大负值的表面氧化自由能( $-\Delta F$ )。根据热力学理论可知:凡在 $-\Delta F$ 区域内的所有金属都能自动被 $\text{O}_2$ 氧化。金属氧化物的稳定性也和其 $-\Delta F$ 值直接有关;稳定性差的氧化物具有小的 $-\Delta F$ 值,稳定性好的氧化物具有大的 $-\Delta F$ 值。与Cu、Pb、Ni等相比,Sn在大气中更易与氧气作用形成不可见的、极薄的(一个单分子层厚度)、致密的、稳定的氧化膜,人们常将其称为纯态膜。正是这层膜的存在,才使焊点能长年累月地保持银闪闪的光泽。

元器件引脚或PCB焊盘表面纯锡镀层上的这层纯态膜,在焊接时使用RAM级助焊剂是很难去掉它的(一般都要使用活性助焊剂RA级才可以)。然而,当焊接温度 $\geq 232^{\circ}\text{C}$ (Sn的熔点)时,Sn在熔化的过程中自动将这层纯态膜撕裂,此时即使是中性助焊剂也能获得良好的焊接效果。正是由于目前电子制造中所采用的焊接工艺和焊接温度上的差异,才导致了下述不同的焊接质量效果。

(1) 波峰焊接。不论是有铅波峰焊接还是无铅波峰焊接,其焊接温度均大于 $232^{\circ}\text{C}$ (Sn的熔点),故其工艺参数对纯锡镀层均有很好的温度适应性,因而均能获得良好的焊接效果。

(2) 手工电烙铁焊接。不论是有铅手工焊接还是无铅手工焊接,其电烙铁头上的温度都高达 $300^{\circ}\text{C}$ (大于 $232^{\circ}\text{C}$ ),故也都能获得良好的焊接效果。

### (3) 再流焊接。

- 无铅再流焊接:常用峰值温度范围为 $235\sim 245^{\circ}\text{C}$ ,它们都大于 $232^{\circ}\text{C}$ ,故不论是元器件引脚还是PCB焊盘纯锡镀层都有很好的温度匹配性,都不会造成焊接问题。
- 有铅再流焊接:其峰值温度通常为 $220\sim 225^{\circ}\text{C}$ (小于 $232^{\circ}\text{C}$ ),此时因焊接温度不匹配,元器件电极纯锡镀层表面覆盖的薄而致密的锡的纯态膜,不能获得镀层熔融时的机械撕裂效果,而只能依靠提高助焊剂的活性才有可能除去这层纯态膜。但是,在目前普遍使用的免清洗焊接工艺的前提下是不允许的。因此,元器件引脚或电极及PCB焊盘上的纯锡镀层是不能用于有铅情况下的再流焊接工艺的。

## 3. 解决措施

在执行有铅再流焊接工艺时:

- (1) 元器件引脚或电极等表面,可将电镀Sn改为电镀Sn37Pb合金。
- (2) PCB焊盘的电镀Sn或HASL-Sn可改为HASL-Sn37Pb合金。

## No.003 某型号感温热敏电阻再流焊接中的立碑现象

### 1. 现象表现及描述

(1) 某PCB单板组装焊接过程中，发现某型号感温热敏电阻在再流焊接过程中立碑现象严重，如图1.4所示。对立碑电阻的外观进行检查，发现被立起的顶部镀层仅有少量焊料，如图1.5所示。

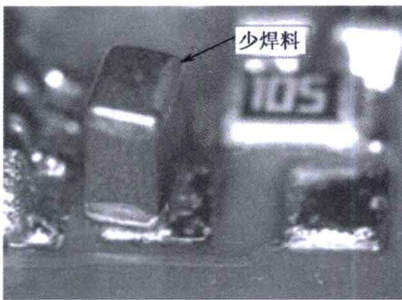


图1.4 某型号感温热敏电阻的立碑现象

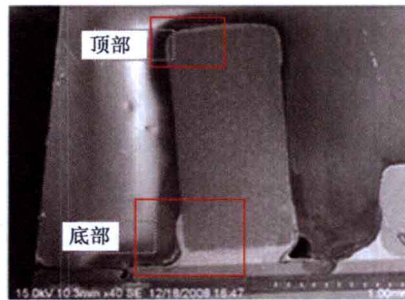


图1.5 对立碑电阻进行外观检查

(2) 对被焊料熔融的底部切片做SEM分析，发现AgPd镀层已耗尽，焊料已直接接触电阻本体，如图1.6所示。

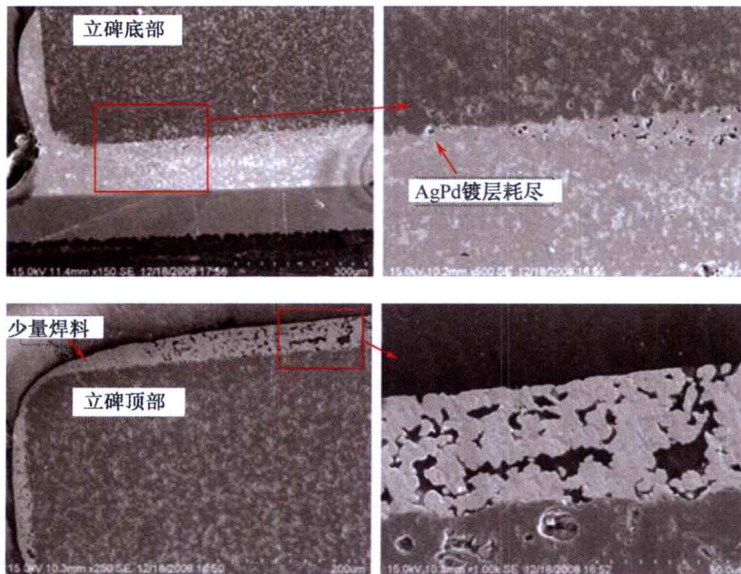


图1.6 热敏电阻立碑底部截面切片SEM照片

(3) 对其顶部表面进行SEM分析，发现电阻AgPd镀层表面存在较多的疏松孔洞，如图1.7所示。

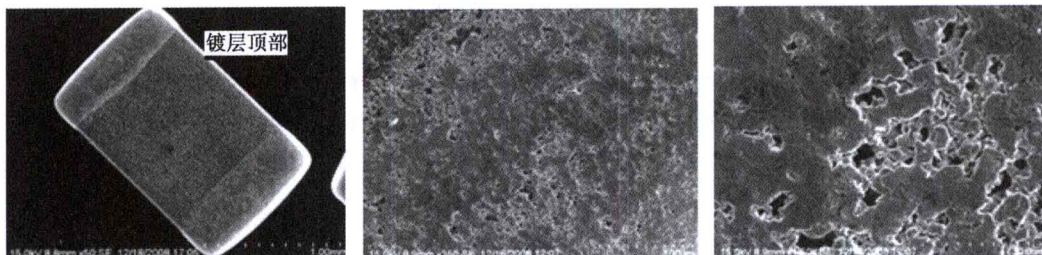


图1.7 热敏电阻镀层顶部SEM照片

(4) 对热敏电阻镀层侧面做SEM分析，发现也存在较多的疏松孔洞，如图1.8所示。

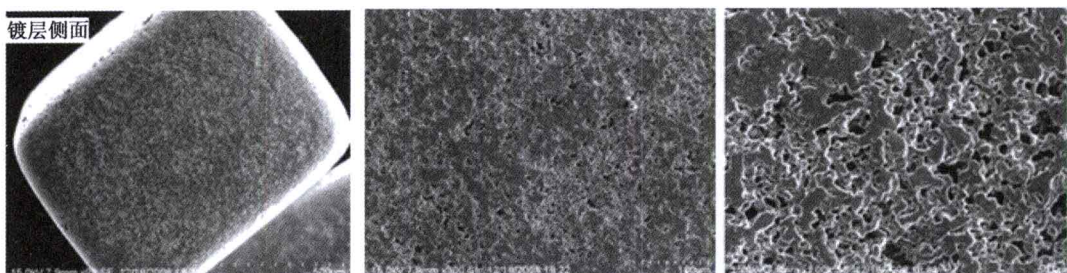


图1.8 热敏电阻镀层侧面SEM照片

(5) 对热敏电阻镀层截面进行切片，然后做SEM分析，其镀层内部组织结构如图1.9所示。

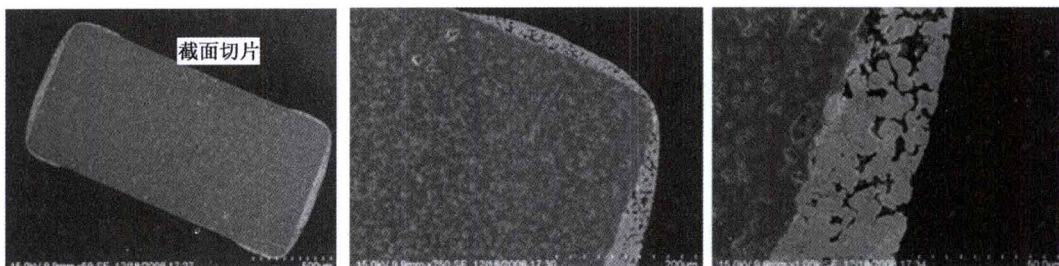


图1.9 热敏电阻镀层截面切片SEM照片

## 2. 形成原因及机理

### 1) 电极镀层构造

从上述切片分析中可以确认该感温热敏电阻的电极只采用了一层AgPd合金镀层，既做内层镀层，又做外层焊接用镀层。

### 2) 焊接问题

早期的产品中有采用这种在陶瓷胚上直接烧结AgPd合金做电极的，但焊接时必须使用62Sn36Pb2.0Ag这种成分的焊料，理由是：

- ① 由于该型号焊料熔点（179℃）相对Sn不是特别高，对Ag的溶蚀能力相对弱些。
- ② 其中的Pb成分有阻碍Ag往钎料中的溶解作用。

③ 加入的2.0(wt)%的Ag可明显降低在焊接过程中电极上的Ag原子向Sn中扩散的浓度梯度，由此可大大减弱电极镀层中Ag的损失和消耗。

④ 由于Ag和Pd对熔融状态的Sn溶解度和溶解速度差异很大，Ag的溶解度和溶解速度远比Pd大许多，Pd在Sn基焊料合金中的溶解要比Ag困难得多。因此，在再流焊接过程中Ag首先被溶解，当电极上的Ag原子被大量迁移后，在镀层中留下了大量的空穴和缝隙，形成了像火山石那样的富有Pd的多孔结构（如图1.6和图1.9所示）。

3) 对这种直接烧结而成的AgPd镀层是否可以采用无铅焊膏进行再流焊接呢

答案是不适宜的，因为：

① 无铅钎料均属高Sn[ > 95(wt)%]合金，溶解Ag的能力更强烈。

② 由于熔点比有铅的高近40℃，Ag往焊料中扩散能力也更大了。

4) 某型号感温热敏电阻立碑机理

由于Ag原子与Sn原子有相当好的亲和性，在缺乏中间阻挡层的情况下，直接在底层的AgPd镀层上再流焊接时，Ag原子迅速向熔融的Sn中迁移和扩散，底层AgPd镀层将迅速耗损而不复存在，造成Sn与电阻体直接接触，而Sn溶液是不能润湿电阻体的。再加上AgPd镀层厚薄的差异，在再流焊接过程中，镀层较薄处自然被首先溶解，而在镀层较厚的地方，便留下了较疏松的结构（如图1.9所示）。

基于以上所分析的各项原因的综合作用，便导致了该型号感温热敏电阻两焊端电极在再流焊接过程中受力不均匀，从而产生立碑现象。

### 3. 解决措施

(1) 由于该型号感温热敏电阻器焊接用电极采用的镀层结构不宜用无铅焊接工艺，故对该批元器件建议退货。

(2) 在无铅焊接情况下，建议采用镀层结构为AgPd/Ni/Sn的感温热敏电阻器。

## No.004 瓷片电容器烧损

### 1. 现象表现及描述

某产品在运行过程中，发生多层陶瓷电容器（以下简称瓷片电容器）在加电运行过程中，不时发现冒烟烧毁，被损坏的实物照片如图1.10所示。

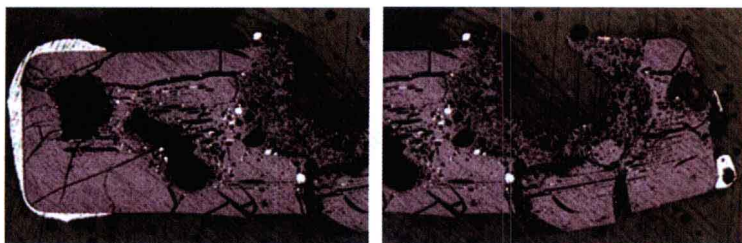


图1.10 故障的现象表现

## 2. 形成原因及机理

### 1) 多层瓷片电容器的内部结构

陶瓷是用黏土等无机物在高温下烧结而成的。在陶瓷薄片的两面印刷银钎浆,然后将其重叠加压放入高温炉烧结成带多层内部电极的叠层瓷片电容器体,再在电容器体的两端面上涂银浆料,在400℃的温度下烧结成端面为银的被膜,将内部的各电极连接起来。然后,再在端子的银被膜上先后镀上Ni、Sn或焊料。多层瓷片电容器的内部结构如图1.11所示。

陶瓷电容器存在的问题是因陶瓷是多孔质的,烧结之前在陶瓷片上含有的水分、有机溶剂和黏结剂等,在烧结的温度下都变成无数的微细空洞散布在电容器的内部,其断面照片如图1.12所示。从照片上可以明显地见到很多小孔。

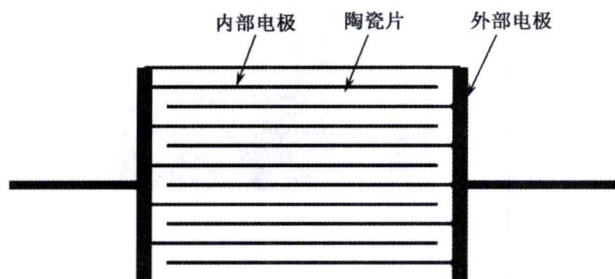


图1.11 多层瓷片电容器的内部结构

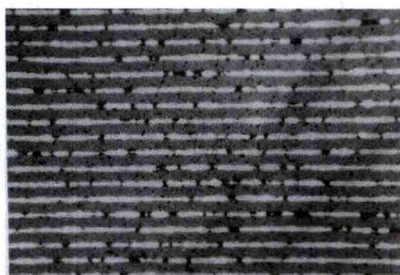


图1.12 多层瓷片电容器内瓷片的多针孔断面

### 2) 机理分析

瓷片电容器的电极大多采用银,而由于瓷片电容器的吸湿性所导致的在其内部微细空洞内壁上的水膜能够溶解银。溶解的银离子在电场的作用下将向相对的另一电极方向迁移,并在另一电极侧还原成金属银。

Ag离子的迁移是电化腐蚀的特殊现象。它的发生机理是在绝缘基板上的Ag电极(镀Ag引脚)间加上直流电压后,当绝缘板吸附了水分时,阳极被电离,如图1.13所示。

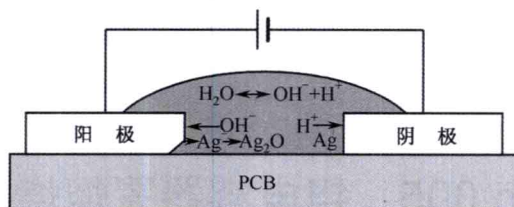
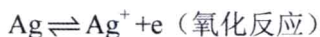


图1.13 Ag迁移机理

水(H<sub>2</sub>O)在电场作用下被电离:



H<sup>+</sup>移向阴极,从阴极上获得电子变成氢气(H<sub>2</sub>)向空间释放,而OH<sup>-</sup>则移向阳极,把阳极的银溶解,形成氢氧化银,其化学反应式为:



由电化反应生成的AgOH是不稳定的,很容易和空气中的氧或合成树脂中的基团反应,在阳极侧生成氧化银。





假如阳极侧不断地被溶蚀，氧化银不断生成，直到抵达阴极，从阴极侧被还原析出金属银，其反应如下：



由于上述反应是不断循环的，故 $\text{Ag}_2\text{O}$ 不断地从阳极向阴极方向呈树枝状生长， $\text{Ag}_2\text{O}$ 在阴极不断地被还原析出 $\text{Ag}$ 。

$\text{Ag}$ 的迁移现象不仅沿绝缘基板的表面，沿基板的厚度方向也会发生迁移，如图1.14和图1.15所示。

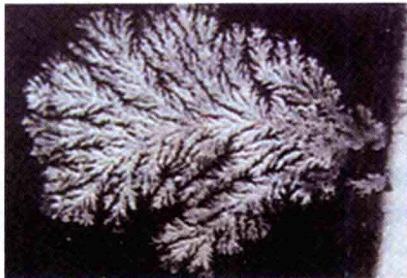


图1.14  $\text{Ag}$ 离子沿绝缘基板表面方向的迁移现象      图1.15  $\text{Ag}$ 离子沿绝缘基板厚度方向的迁移现象

由于银离子迁移，导致在陶瓷片内部的银呈树枝状向另一电极方向不断生长、延伸，最终导致两电极间短路，短路部分的银被瞬间大电流产生的高温蒸散而消失。如此反复，导致陶瓷内部有较多的银参与扩散，从而使陶瓷由绝缘体演变为半导体。故只要在电极间加上电压，陶瓷便变成加热器而冒烟，甚至发生火灾。解剖长期使用的瓷片电容器，往往会发现白色的陶瓷断面变成了黑色。

### 3. 解决措施

- (1) 加强对元器件制造商的产品质量验收和控制。
- (2) 加强对产品组装场地环境条件的控制和生产现场的7S管理。

## No.005 钽电容器冒烟烧损

### 1. 现象表现及描述

某PCBA在用户使用过程中，发现某一钽电容器冒烟烧损，如图1.16所示。

### 2. 形成原因及机理

#### 1) 故障原因

经过观察外观和分析，冒烟起火是由钽电容器内部有短路现象导致的。为了更好地分