



BUILD ELECTRONICS BETTER

浅谈IPC-TM-650 2.6.25 之版本升级



ipc.org →

IPC-TM-650 2.6.25

耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴

Number 2.6.25	
Subject Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test: X-Y Axis	
Date 05/12	Revision A
Originating Task Group Electrochemical Migration Task Group (5-32e)	

Number 2.6.25	
Subject Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test: X-Y Axis	
Date 04/16	Revision B
Originating Task Group Electrochemical Migration Task Group (5-32e)	

Number 2.6.25	
Subject Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test: X-Y Axis	
Date 02/21	Revision C
Originating Task Group Electrochemical Migration Task Group (5-32e)	

IPC-TM-650 2.6.25

2012年5月发布A版本

2016年4月发布B版本

2021年2月发布C版本

将近10年时间从A版本更新为C版本

IPC-TM-650 2.6.25

耐CAF（导电阳极丝）测试：X-Y轴

第一章节	第二章节	第三章节	第四章节	第五章节	第六章节
适用范围	适用文件	试样	设备/仪器或材料	操作流程	备注

设备/仪器或材料		备											
环境测试箱	85	用刃用外回		按2.3.25进		在10		烘烤后测量阻值，并在23±2℃，相对湿度50%±5%的状态下处理至少30min。					
测量设备	量程	识各的丝见		最长清洗20		中烘							
电源	10VDC~100VDC，偏差为±10%	要过筛，条件		清洁度水平									
限流电阻	每个线路中应至少有一个10 ⁶ Ω的电阻			1.0μg/cm ² ，									
连接导线	PTFE或PEE绝缘铜线，焊接在板材上												
		样品识别	预筛	选开路	和短路	模拟	组装和返工	清洁	连接线	接线后清洁	干燥	预处理	THB

从A版本更新为B版本再更新为C版本 究竟有何变化与差异？

变化1

版本
&
B
版本

This test method provides a means to assess the propensity for conductive anodic filament (CAF) growth, a form of electrochemical migration, and similar conductive filament formation (CFF) laminate material failure modes within a printed wiring board (PWB). Conductive anodic filaments may be composed of conductive salts, rather than cationic metal ions, however inadequate dielectric for the applied voltage, component failures, and part use exceeding the maximum operating temperature (MOT) of the laminate can contribute to product failures as well. This test method can be used to assess PWB laminate materials, PWB design and application parameters, PWB manufacturing process changes and press-fit connector applications.

1 Scope

This test method provides a means to assess the propensity for conductive anodic filament (CAF) growth and other forms of electrochemical migration failure modes within a printed board (PB). This test method can be used to assess PB laminate materials, PB design and application parameters, PB manufacturing process changes and other applications such as press-fit connectors.

Warning 1: This IPC test method has not been designed for use with voltages exceeding 100 Vdc bias, however higher voltage bias testing is being routinely required to be performed, such as for electric vehicle electronics. Note that at 100 Vdc using 20 mA cut-off means 2 watts of power being dissipated per channel, so using a much lower cut-off current is recommended for better root cause failure analysis.

Warning 2: As voltage bias is increased, the wiring insulation required needs to change in order to ensure operator safety.

从A版本更新为B版本再更新为C版本 究竟有何变化与差异？

A
版
本
&
B
版
本

1 范围 本方法规定了评估潜在形成导电阳极极丝（CAF）能力的方法。CAF是印制线路板

IPC-TM-650 2.6.25 从之前的专门针对导电阳极极丝（CAF）的测试标准不断升级为一个针对所有类型电化学迁移测试的一份标准（导电阳极极丝依然是最主要的电化学迁移失效原因）

版

1 范围 本测试方法提供了一种评估印制电路板（PCB）

内移层更替偏压

行警
绝缘，以确保操作人员的安全。

老版本中大致描述了导电阳极极丝形成的原因以及其原理，但是随着行业内部对于电化学迁移以及CAF测试的不断了解，大家已经不再需要该描述，故在新版本中对该描述进行了精简调整。

从A版本更新为B版本再更新为C版本 究竟有何变化与差异？

A
版本
&
B
版本

警告1: 主要是针对CAF测试后的失效分析。因为在2.6.25设计之初并没有针对超过100V的测试，但是随着研究的不断深入，尤其是近几年的新能源汽车的崛起，高压电源CAF测试逐步常态化，高压电源电阻丝与低电压CAF测试在失效模式上最大的差异就是高电压CAF测试有很多时候会出现击穿。

C
版本

1 范围 本测试方法适用于内导电阳极氧化（PB）层压板材料、用于评估PB更和压配合连接器其他应用。

此处增加了
两个警告，
非常关键

警告1: 本IPC测试方法并非设计用于超过100 Vdc 偏压的电压，但是通常需要执行更高的偏压测试，例如电动汽车电子设备。请注意，在100 Vdc下使用20 mA截止电流意味着每个通道消耗2 W的功率，因此建议使用远低于此值的截止电流来更好地进行根本原因失效分析。
警告2: 随着电压偏压增加，需要更改所需的布线绝缘，以确保操作人员的安全。

从A版本更新为B版本再更新为C版本 究竟有何变化与差异？

A 版本 & B 版本

警告2：主要是针对安全性，很显然，当下随着高电压测试的不断普及，测试电压从之前的50V、100V不断增加为500V、1000V、2000V甚至3000V等等，在整个测试过程中，电气绝缘的要求也就越来越高，同时，操作人员的安全问题也就越来越凸显了起来。

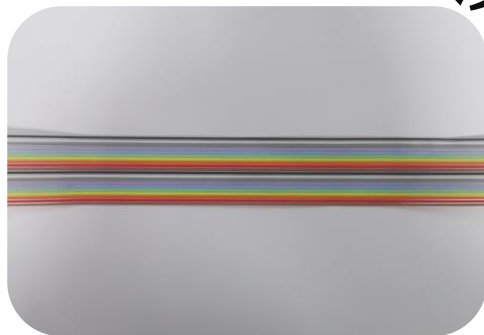
C 版本

1 范围 本测试方法提供了一种评估印制板（PB）内导电阳极丝（CAF）生长和其他形式的电化学迁移失效模式的倾向的方法。此方法可用于评估PB层压板材料、PB设计和应用参数、PB制造工艺变更和压配合连接器等其他应用。

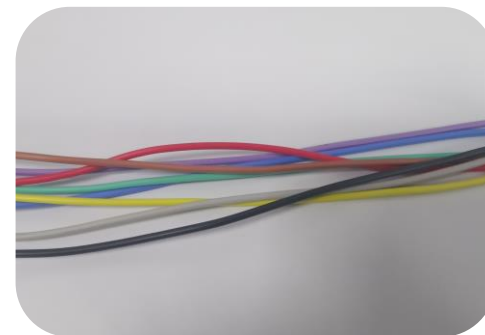
警告1：本IPC测试方法并非设计用于超过100 Vdc偏压的电压，但是通常需要执行更高的偏压测试，例如电动汽车电子设备。请注意，在100 Vdc下使用20 mA截止电流意味着每个通道消耗2 W的功率，因此建议使用远低于此值的截止电流来更好地进行根本原因失效分析。

警告2：随着电压偏压增加，需要更改所需的布线绝缘，以确保操作人员的安全。

该如何调整布线绝缘？



低电压CAF测试线
线径较小



高电压CAF测试线
线径 $\geq 0.25\text{mm}$



低电压CAF测量插排



高电压CAF测量插排

除此之外还有哪些注意事项？

电压较高导致测试线之间可能桥接短路。

- 专门针对高电压的CAF测试采购高电压专用测试线。
- 将传统CAF测试插排更换为插孔间距更大的测量插排。
- 采用新的测线装置，在每次测试之前对测试线的导通情况进行检测。
- 焊接完成后对焊接区域进行逐一目检，排查虚焊以及搭桥现象。

电压较高导致回路中各电阻承载的功率较高，在失效时出现击穿烧板。

- 设计高电压测试专用的试验夹具。
- 通过公式计算出在不同的测量电压下所需要施加的限流电阻的阻值。
- 对数据进行实时监测，定期观察样品阻值是否出现异常现象。
- 24小时安排人员值班巡检，观察设备稳定情况。

电压较高，在测量过程中由于人员触碰导致生产安全隐患。

- 针对高电压CAF测试区域专门设立警示标志。
- 测试区域进行防静电处理，工程师必须穿戴防静电工作服以及防静电手套进行操作，防止由于静电导致的影响。
- 对箱体以及测量设备进行接地处理。

从A版本更新为B版本再更新为C版本 究竟有何变化与差异？

变化2

版本 & B 版本

此处对于测试连接线增加了一个特殊的要求：“should not outgas”，中文翻译是不应该排气，其实这也是一个在高电压CAF测试过程中特有的问题，依然是电气绝缘的问题，也就是使用的测试线不应该在测试过程中出现有老化，开裂，空洞，等等一系列的可能导致电气绝缘性能降低的情况。

版本

4.5 Connecting Wire Use PTFE- or PFE-insulated copper wires and solder the copper wire directly to the board to connect test points for each test board to the measurement instrument. The insulation material should not outgas during testing.



4.5 连接电线 使用PTFE或PFE绝缘铜线，直接焊接在板材上，使各测试板的测试点连接在测量仪器上。绝缘材料在测试期间不应该排气。

章节1中增加的警告1 究竟应该如何解读？

1 范围 本测试
内容中四极44

以此类推，当实际测试电压为1000V时，单个线路所产生的微电流以及所消耗的功率将远大于100V时的状态。

也就是说
绝缘阻值
载的功率
率时，就
者击穿以
终无法达

$$\begin{aligned} 1000V \div 10^6\Omega &= 1mA \quad (\text{实际消耗功率为} 0.1W) \\ 1000V \div 10^5\Omega &= 10mA \quad (\text{实际消耗功率为} 1W) \\ 1000V \div 10^4\Omega &= 100mA \quad (\text{实际消耗功率为} 10W) \\ 1000V \div 10^3\Omega &= 1A \quad (\text{实际消耗功率为} 100W) \end{aligned}$$

那么在这样的情况下就更加需要对CAF丝进行有效的保护，实际也就是本标准中4.4章节所讲到的限流电阻

判定依据之一
以绝缘阻值下

流过该线路的

在 $10^8\Omega$ 时，
于观察，实际
效时，实际的

此处非常关键

正如我们所了解的那样，CAF产生的几个前提条件分别为：

- 1、高温高湿（为了模拟实际应用中的环境温湿度）
- 2、电势差、偏置电压（为了模拟实际应用中的使用电压）
- 3、导电盐（在上述状态下与铜离子结合并产生CAF现象）
- 4、通道、缝隙（电化学迁移一定是在有缝隙的位置生长的，比如玻纤与树脂的结合面，玻璃束中间等等，有一些是生产过程造成的，也有一些是在回流焊或者选择焊的过程中造成的）

那么除去上述四点，一个成功的CAF测试一定是与一个有效的失效分析分不开的，而限流电阻则是同时影响CAF测试结果与失效分析结果的关键因素，较低的限流电阻或者没有使用限流电阻会导致CAF丝熔断或者击穿，从而进一步导致无法进行有效的失效分析，而较高的限流电阻则会导致测试过程中实际样品无法准确施加应有的测试电压及偏压，同样也会抑制CAF丝的生长，所以如何根据实际情况选择一个合适的限流电阻是这项测试的关键，只有找到了这个平衡点，才能让整个测试过程更加有效的模拟实际未来可能出现的问题，并进行有效的整改，这也才是CAF测试的最终意义。

如何选择考试板的测试电压

根据IPC-TM-650 2.6.25要求, 选取两倍于最大工作电压的电压值作为实际测试过程的偏置电压。(例如: 实际最大工作电压为400V, 则可以选择800V~1000V作为考试板的偏置电压, 如实际最大工作电压为800V, 则可以选择1500V作为考试板的偏置电压)。由于电压越高, 样品实际可耐受能力越弱, 高电压所带来的局部发热量也就越大, 反而会抵消产品受到湿度带来的影响。所以在电压越高的时候, 实际选取的偏压可以小于两倍的最大工作电压。**并且在高电压的环境下会产生较多不同的状况, 所以不建议盲目增高测试电压。**

Number 2.6.25	
Subject Conductive Anodic Filament (CAF) Resistance Test: X-Y Axis	
Date 02/21	Revision C
Originating Task Group Electrochemical Migration Task Group (5-32e)	

5.2.5 Verify that the appropriate voltage bias is being applied for the duration of the test. For comparing the CAF resistance of different laminate materials and processes, the 10 VDC and 100 VDC bias are standards. For correlating test results to expected life in the field, the bias voltage selected should be two times the maximum operating voltage differential for a given application. Higher voltage almost linearly affects time to failure, however higher voltage may offset the impact of humidity due to localized heating and should be avoided since humidity is a key part of the failure mechanism.

麦可罗泰克（常州）产品服务有限公司于2003年9月成立，是一家全球专业从事印制线路板、覆铜箔板等聚合材料检测的第三方实验室，公司按ISO/IEC17025: 2017管理体系运作的，通过CNAS和CMA认可，所出具的检测报告具有国际公信力。公司是中国质量中心(CQC)授权的“非金属材料零部件”签约实验室，是中国印制电路行业协会（CPCA）产品服务中心，是国际电子工业连接协会（IPC）在中国国内唯一授权第三方实验室及IPC标准培训机构。同时，麦可罗泰克（常州）产品服务有限公司具备CNAS认可的温，湿度及绝缘电阻测试仪校准能力。



戈昕

联系电话：15051908523

电子邮箱：gestar@thetestlab.cn

谢谢观看！