

Author:

Bruce Cassel  
Kevin Menard  
PerkinElmer, Inc.  
Shelton, CT

## TMA 4000 在电子工业领域中使用标准测试方法的应用

### 背景

电子线路板的主要破坏原因之一是由热膨胀引起的问题。要防止这种情况发生，电子工程师采用热导体来散发热量，用低膨胀性材料来配合低膨胀率的硅片和陶瓷绝缘体的使用。热机械分析 (TMA) 长期以来应用于测量线路板、电子元件和组成材料的热膨胀

(CTE)。针对玻璃化转变温度、热膨胀系数变化的点、样品软化和应力释放效应的发生，已经建立起成熟可靠的标准测试方法。对于层状复合产品，TMA 相应的测试方法可以确定在评估升温过程中材料的分层所需时间。

TMA4000 的设计大大简化了上述测试过程，非常适用于测量低膨胀率的小器件的膨胀。本应用文章提供了这些标准方法的一些案例。



TMA 4000

## 实验部分

下面的数据是采用标准 TMA 测试程序获得：氮气吹扫气，5 或者 10℃ / 分钟的加热速率，通过冷却水循环器控制炉子的冷却槽温度控制在 15℃。

## 结果

### 0.33 毫米厚的 PC 板的 Z 轴热膨胀系数

热膨胀系数 CTE 的信号与被分析的样品的高度成正比，因此测量只有 0.33 毫米高的样品的膨胀对 TMA 的灵敏度有很高的要求。实验中使用 IPC-TM-6502.4.24c—“用 TMA 测量玻璃化转变温度和 Z 轴的热膨胀”作为标准<sup>1</sup>。该实验设计要求多层复合线路板样品的高度至少要达到 0.5 毫米以上。在多层 PCB 线路板上的一角切取一小块作为试验样品（图 1）。用千分尺在 X、Y 和 Z 轴方向进行测量。Z 轴方向上由于两层叠加使得样品高度达 0.66 毫米。样品被放在一个小的蓝宝石基座上，用平的探头对样品施加力的作用，这样一来不仅能消除由探头引起的样品变形带来的误差，也免去了对样品进行预处理的步骤（见图 1，扣除基线来消除基座的影响）。

通常情况下，只进行一次升温并通过位移曲线来获得玻璃化转变温度；如有特殊要求，需对样品进行二次升温，并从二次升温的曲线上得到玻璃化转变两侧的热膨胀系数。玻璃化转变温度是与模量降低和热膨胀系数 CTE 增加相关的分子运动的起点。这个由 TMA 得到的玻璃化转变温度  $T_g$  是高于这个区域和低于这个区域的膨胀数据的直线的交点。如图 2 示。

## 分层的时间

在此样品的 Z 轴尺寸上的最终测试实验是按照 IPC-TM-650 第 2.4.24.1 条规定进行的，即分层时间测试方法 1 实验。在这个实验中，将如图 1 所示的样品加热到 265℃，然后进行等温直到分层破坏。图 3 所示是用 TMA4000 进行的这样一个实验。

## TMA4000 为灵敏的热膨胀系数分析而优化

- 受控制的温度，高灵敏度的位置传感器提供了最大的灵敏度
- 悬浮阻尼探头将环境噪音的误差降到最低，且保护了石英附件
- 高外形的炉子牢固并使得温度梯度的减小
- 为常规标准化测试设计的软件

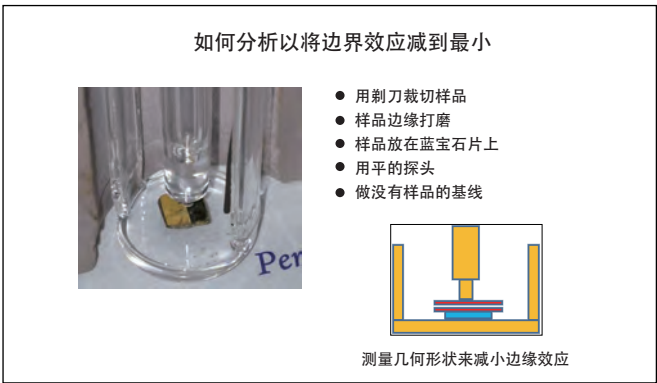


图 1. 样品几何形状

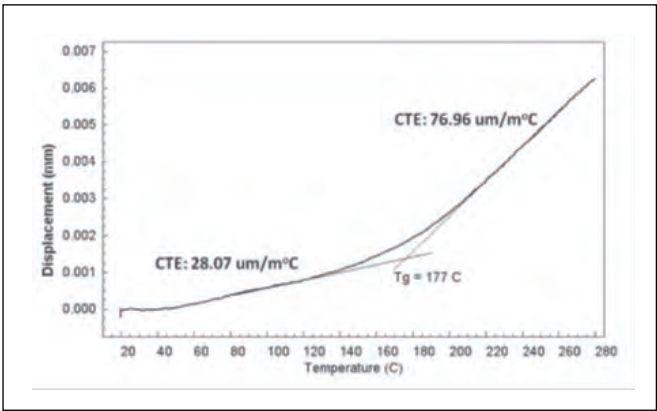


图 2. PC 芯片 Z 轴方向分析

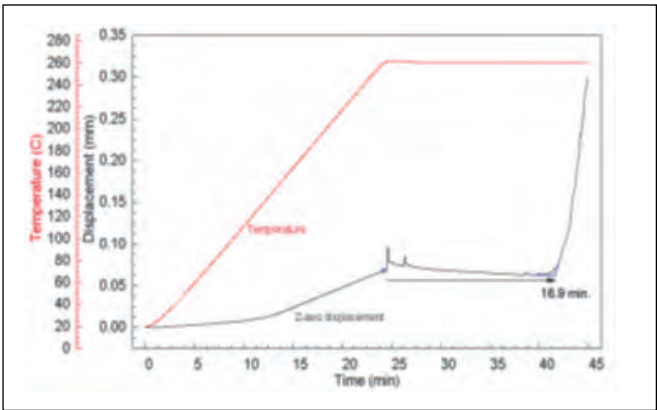


图 3. 分层的时间测试

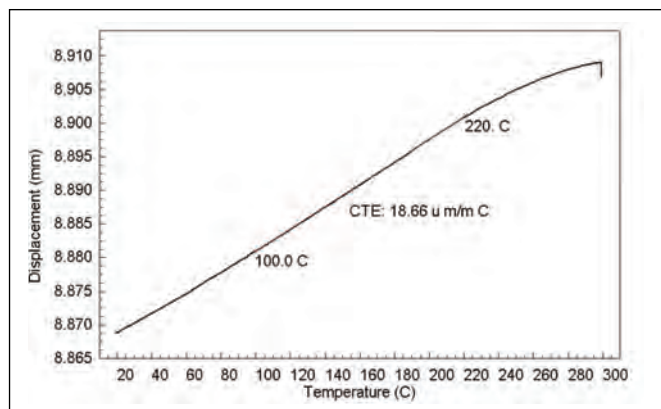


图 4. PC 芯片 XY 轴方向膨胀

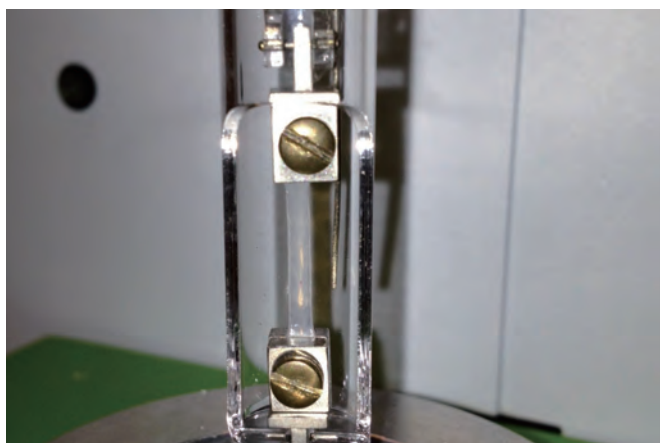


图 5. 薄膜样品以拉伸模式安装。炉子在装载位置。

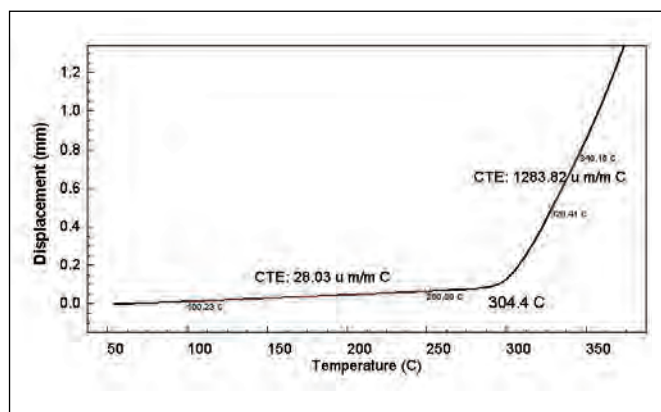


图 6. 聚酰亚胺薄膜在纵向的热膨胀系数和玻璃化转变

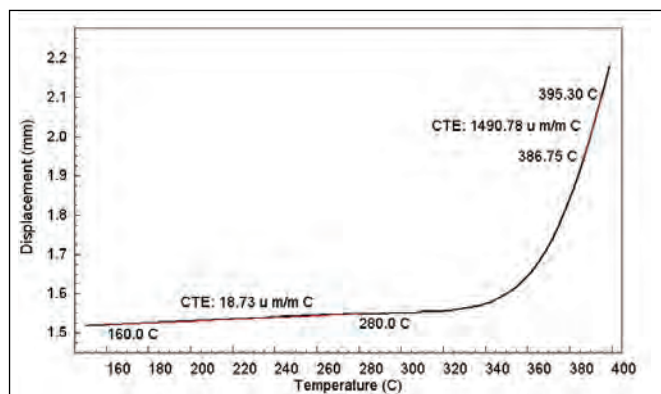


图 7. 聚酰亚胺薄膜在横截面方向的热膨胀系数

## 0.33 毫米厚的 PC 板的 XY 轴向的热膨胀系数

PC 芯片在 XY 平面的膨胀同样使用 IPC 实验方法: 2.4.41 电子绝缘材料的线性热膨胀系数, 该方法基于 ASTM 方法 D696 适用于较小尺寸样品<sup>1</sup>。同样, 样品在分析之前没有经过任何化学清洗或者浸蚀处理。在膨胀模式下测试, 不需要基线扣除。图 4 所示是 XY 平面的热膨胀系数 CTE 和玻璃化转变 Tg 分析。不明显的玻璃化转变区, 表明玻璃纤维填料 (同样还有涂层) 抑制线路板膨胀卓有成效。

## 聚酰亚胺柔性电路基片

聚酰亚胺 (PI) 是耐高温塑料, 可用于电路板之间的柔性连接。导电通路可以印刷在其上, 同时在性能劣化方面它是稳定的。并且, 玻璃化转变温度高, 意味着尺寸稳定性可以预料, 直到那个温度才会降低。本实验采用的标准方法是: IPC-TM-650 2.4.24.5 用于高密度内接 (HDI) 和微盲孔的材料玻璃化转变温度和热膨胀 -TMA 方法<sup>1</sup>。

取自 30 微米厚的聚酰亚胺膜样品细条用刀片沿纵向和横截面相裁切。在采用一个特殊装样夹具确保直线安装没有皱褶后, 以拉伸模式对每个样都进行了分析 (几何形状与图 5 类似)。样品通过反复加热保证热状态来加热到较高温度以固定聚合物。热状态稳定后的分析见图 6, 在确定热膨胀系数 CTE 之前已扣除了基线来消除装样夹具的膨胀影响。基线测量是通过对一个与炉子支撑膨胀系数相符的熔凝石英样品进行测试来实现的。

图 7 所示是聚酰亚胺采用相同实验条件测试的数据, 但这次分析的样品是从与纵向垂直的方向上裁切的。

## 总结

来自电子工业的具有挑战性样品用 TMA4000 和标准方法进行了分析。结果显示 TMA4000 可以简便而精确地进行测量。TMA4000 采用的技术为您提供经得起时间考验的灵敏度、可靠性和低维护成本。



## 参考文献：

《IPC-TM-650 测试方法手册》，电子线路内接和包装研究所，桑德斯路 2215 号，诺斯布鲁克，伊利诺伊 60062-6135。

珀金埃尔默仪器（上海）有限公司

地址：上海张江高科技园区张衡路 1670 号

邮编：201203

电话：021-60645888

传真：021-60645999

[www.perkinelmer.com.cn](http://www.perkinelmer.com.cn)



要获取全球办事处的完整列表，请访问 [http:// www.perkinelmer.com.cn/AboutUs/ContactUs/ContactUs](http://www.perkinelmer.com.cn/AboutUs/ContactUs/ContactUs)

版权所有 ©2013, PerkinElmer, Inc. 保留所有权利。PerkinElmer® 是 PerkinElmer, Inc. 的注册商标。其它所有商标均为其各自持有者或所有者的财产。