

## 芯片粘合剂固化控制的 DEA 测试和动力学分析

Dr. rer. nat. Harald Preuy

Infineon, Regensburg, Germany

编译：戴世琨 曾智强

耐驰科学仪器商贸（上海）有限公司

### 前言

通常情况下，最终用户不需要直接与集成电路（IC）中的微型电子零件打交道。这些微型电子一般用于电脑的主板、电子娱乐设备、手机和车载发动机控制单元等，性能非常可靠。然而，为了满足这种可靠性，电子零件往往要经过 500 多步的处理步骤，涵盖了硅晶片的构建、合成与衔接，以及晶片与活性聚合物的重铸，直至焊接到印刷电路板上。

### 电子零件

对于如此多的处理过程，必须最大程度的减少出错几率以保证生产的成本效率。而且这些电子零件必须符合各种可靠性标准。例如，手机中的电子零件必须能承受所谓的“跌落测试”，即集成元件必须能经受住手机跌落时所产生的压力。对于移动电子设备中的某些相关零件，还必须满足某些特殊的要求，比如能够抵抗湿度和温度变化带来的影响。

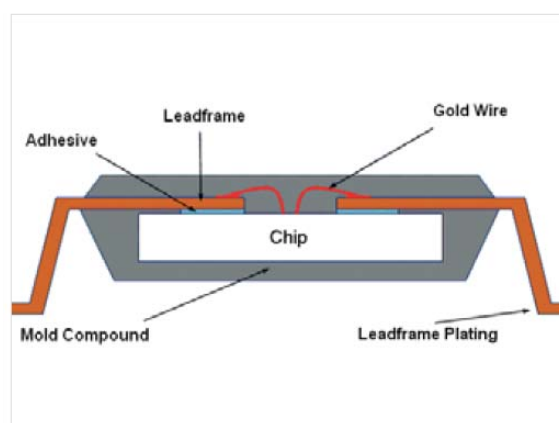


图1. 典型封装结构图。芯片通过粘结剂安装在金属引脚框架上，由内部的金线进行电气连接

正是由于这些原因，材料的使用及生产过程显得尤为重要。特别是连接芯片与载体材料的高分子粘合剂，由于被连接的两部分（硅晶片和基体）的热机械性能（热膨胀系数、杨氏模量）差别很大，粘合剂就要承受相当大的压力。当然，粘合剂的快速处理也是同等重要的，也就是说，保持各自的流变学性质与最适宜的固化行为二者必须同时保证。由于固化过程消耗时间较长，会影响到生产效率，所以，进行合理的优化是非常有必要的。

### 理想工具——热分析

热分析方法为我们提供了理想的工具，特别是利用介电法（DEA）和动力学方法对测试数据进行分析。我们对此积累了丰富的研究经验。关于介电法对固化过程进行监测，Infineon集团使用的是DEA231/1 Epsilon，其数据采集时间可达55ms，这对研究快速固化体系是非常有利的。



图2. DEA 231/1 Epsilon (数据采集速率可达0.055S)

以下测试均使用IDEX S065 梳形传感器测试。通过耐驰热动力学软件2，将测试数据导入程序进行分析，可以预测其在不同温度程序下的固化行为。

### 1. 粘合剂在 123 秒内从 23℃升至 220℃的固化过程（模拟真实处理条件）

离子粘度曲线表示的是材料的动态粘度变化。升温段的下降趋势主要是粘度的减小和电荷载体迁移率的增加。由于材料在初始阶段是软化占优势，所以，信号的最小值就表示逐渐增加的固化行为在该点可以被检测到。粘合剂的固化过程反映在离子粘度的增加。从大约90秒开始，数值变为常数，表示固化已经结束。离子粘度的变化过程通常解释为固化过程的开始与结束。最小值是固化过程的开始，而固化的结束，也就是完全固化，常用切线法得到。

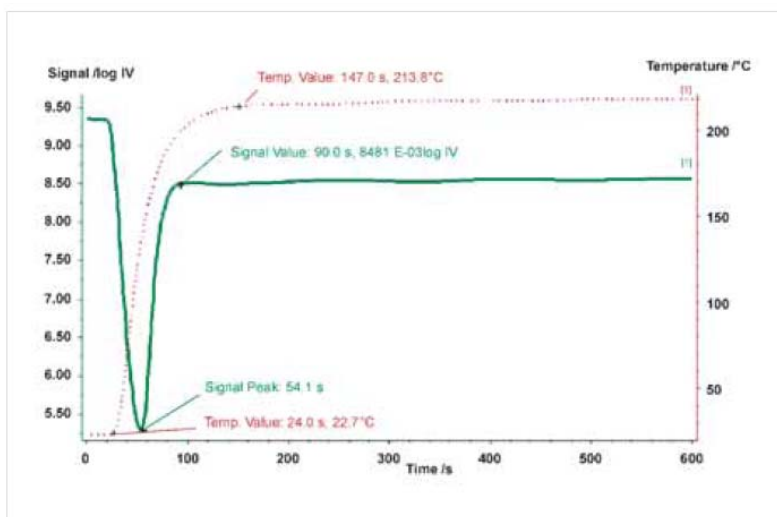


图3. 粘合剂在一定温度程序下的固化测试

根据离子粘度变化的过程，可以得出在升温过程中是否固化完全的结论。这对于低温，或者快速处理固化是很有意义的。第一种情况可使产品在生产过程中具有较小的热应力。第二种情况处理时间短，可以大大提高生产量。

### 2. 相同材料在温度条件基本一致情况下的测试比较

较高斜率的曲线导致固化过程的开始与结束提前。由此，温度的影响是显而易见的。这同时也是该方法的优点：固化过程即时地显示与比较。

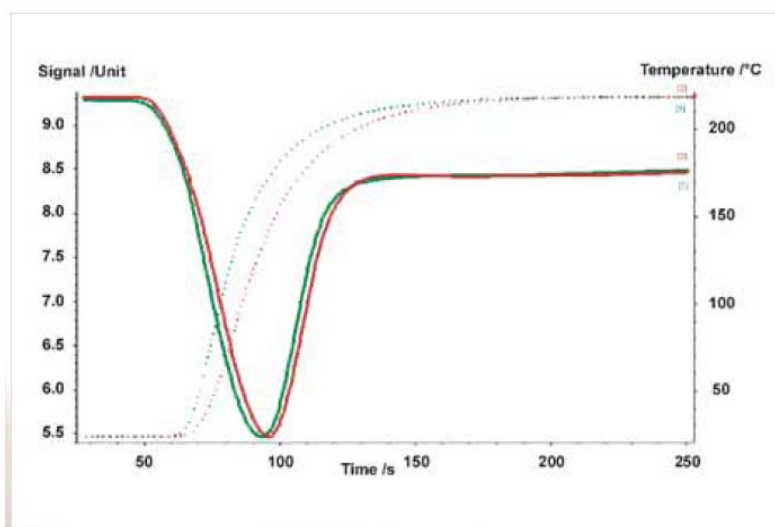


图4. 不同升温曲线下的两次测试比较

### 3. 不同温度的恒温测试和动力学分析

分别在150℃、170℃和200℃温度条件下恒温测试，利用热动力学软件2进行动力学模拟与分析，匹配等级的相关系数为0.9998。因此，用一套参数设定来表征实验数据是具有可行性的。将两步反应作为反应模型，第一步为n级自催化反应，第二步为n级反应。（软件还同时提供有多种动力学模型可供选择。）

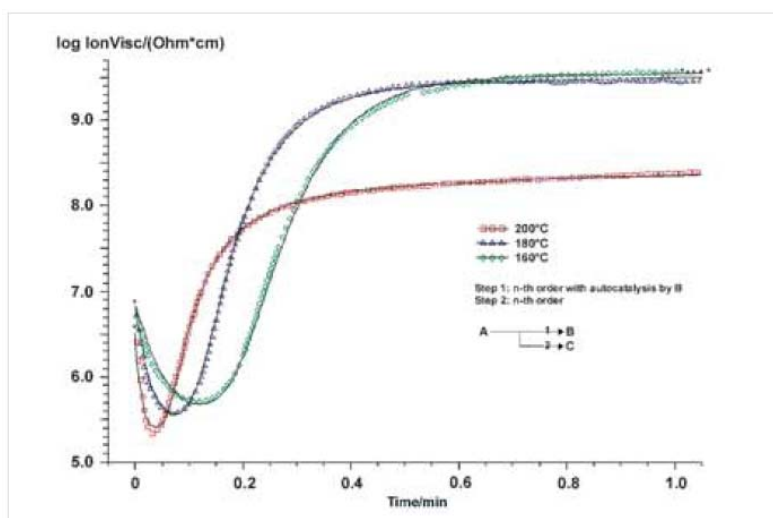


图5. 实验数据与动力学模型的匹配

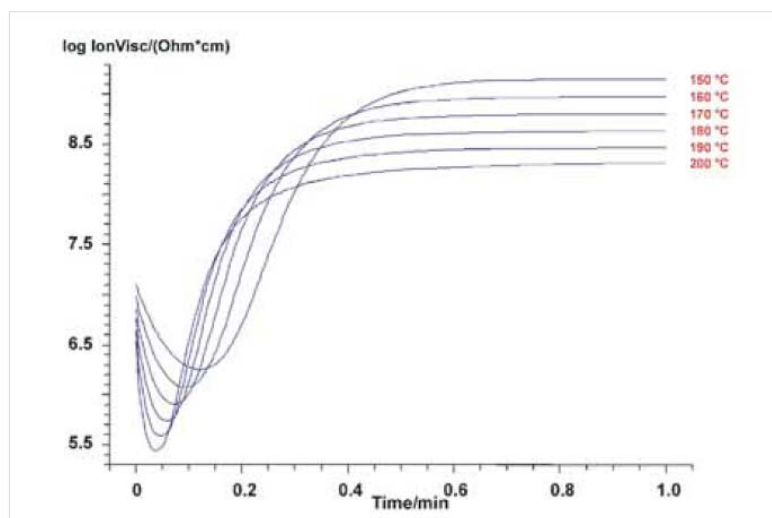


图6. 借助于动力学模型对离子粘度的计算, (实验数据在假设恒温条件下, 由拟合获得。)

离子粘度曲线的变化可以清晰地显示, 按照不同的温度, 固化过程发生在大约12-25s时间范围内。对于如此快的反应, 使用流变的方法进行测试是非常困难的。而借助于动力学分析, 任何温度的固化反应过程均可以获得。在该分析中, 恒温条件是经过模拟得到, 数字数据从动力学软件2中导出, 以ASCII码的形式保存, 可用于更深层次的分析。例如, 可以用于确定不同温度下的固化时间 (见图7)。

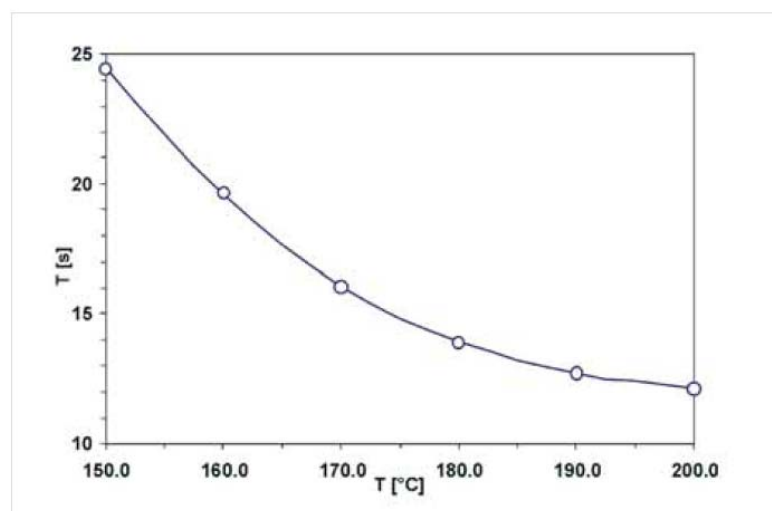


图7. 不同温度下的固化时间。(数据来自于模拟曲线)

与预期一致, 温度变化对固化时间的最大影响在温度较低时比较明显。而温度较高时, 固化时间不会随意的缩短, 这就使得实施快速、显著的过程优化具有可行性。从长远的发展角度来看, 不同粘合剂之间的比较以及材料的选择会变得更加容易。

#### 参考文献 (略)

#### 作者简介:

Dr. rer. nat. Harald Preuy自2001年加入Infineon科技集团（雷根斯堡.德国），长期致力于封装领域的研究。主要进行高分子材料的分析，特别是利用热分析方法对材料进行研究。

## Infineon 简介

Infineon科技集团是世界最具有创新性和最成功的半导体生产企业之一，在世界范围内供应最广泛的半导体产品和企业系统解决方案。

Infineon的技术用于汽车、电脑和电子通讯。在安全设备、集成电路板、工业电子、卫生保健领域具有同等的重要性。其产品线主要包括集成电路、存储与逻辑组件和离散的半导体产品。