

芯片粘合剂固化控制的 DEA 测试和动力学分析

Dr. rer. nat. Harald Prey

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。

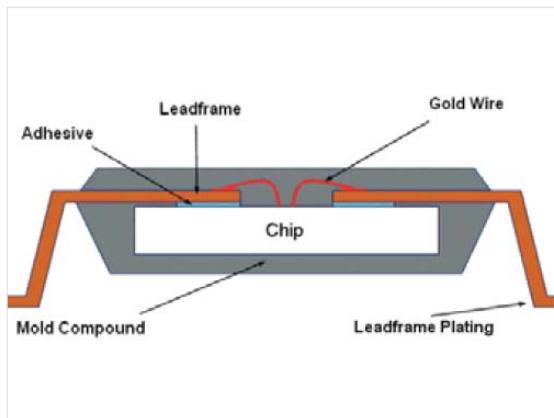


图1. 典型封装结构图。芯片通过粘结剂安装在金属引脚框架上, 由内部的金线进行电气连接

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°C 升至 220°C 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。

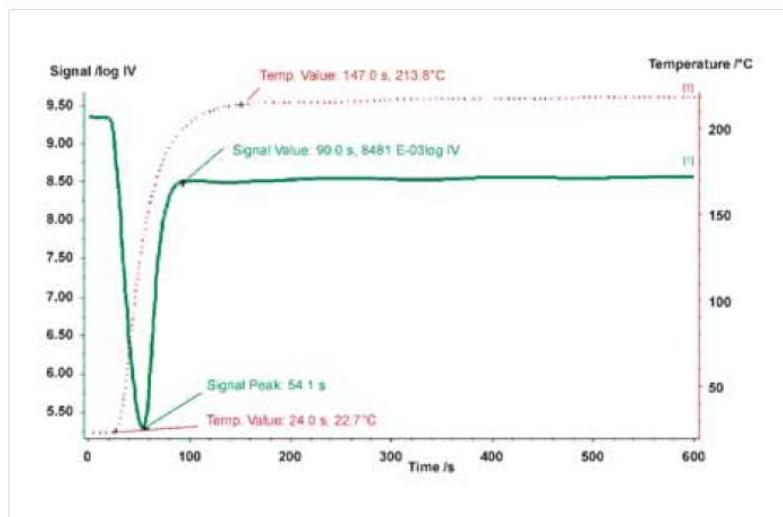


图3. 粘合剂在一定温度程序下的固化测试

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。

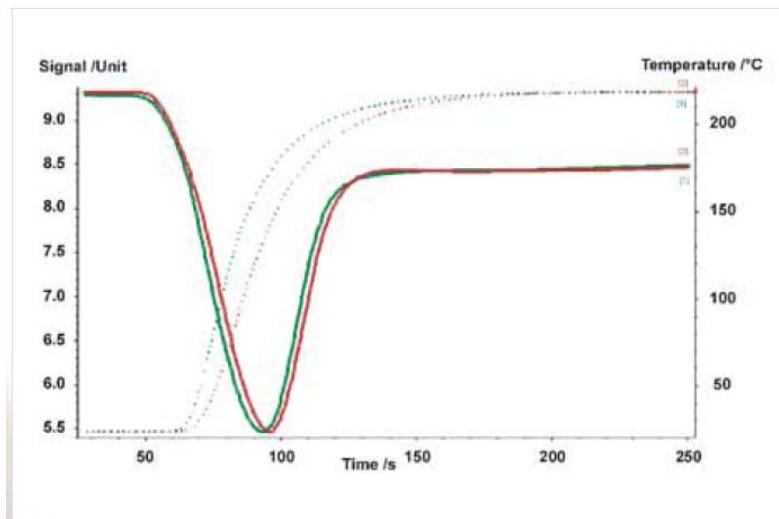


图4. 不同升温曲线下的两次测试比较

3. 不同温度的恒温测试和动力学分析

分别在150°C、170°C和200°C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。）

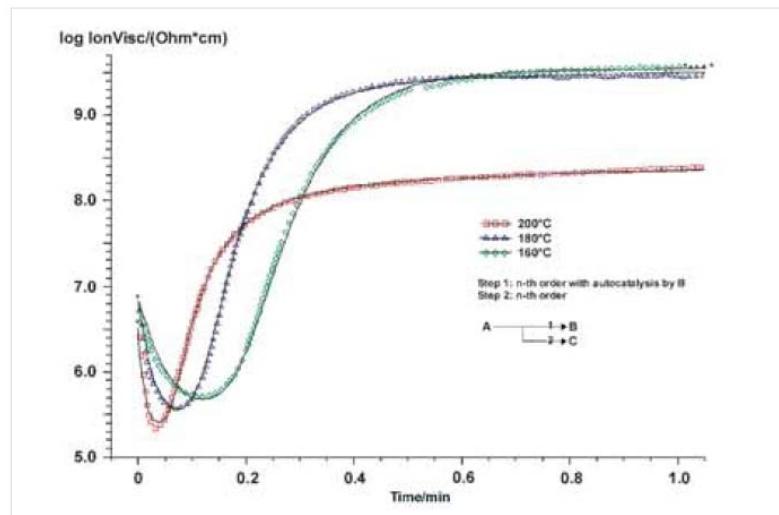


图5. 实验数据与动力学模型的匹配

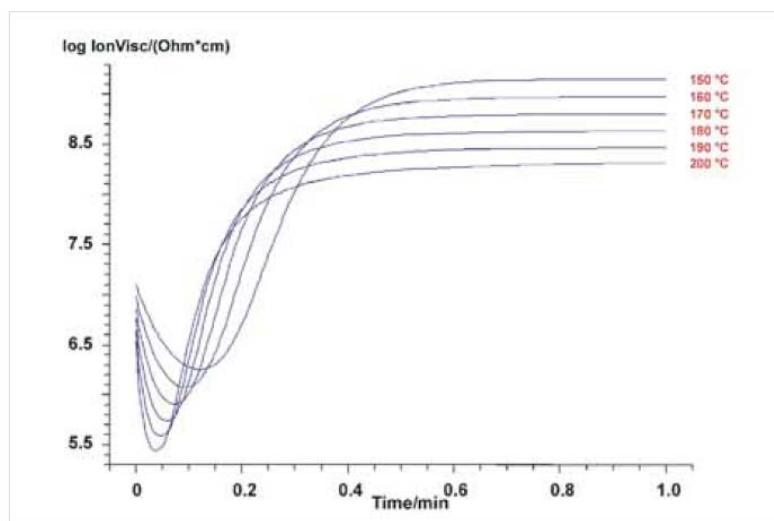


图6. 借助于动力学模型对离子粘度的计算, (实验数据在假设恒温条件下, 由拟合获得。)

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)。

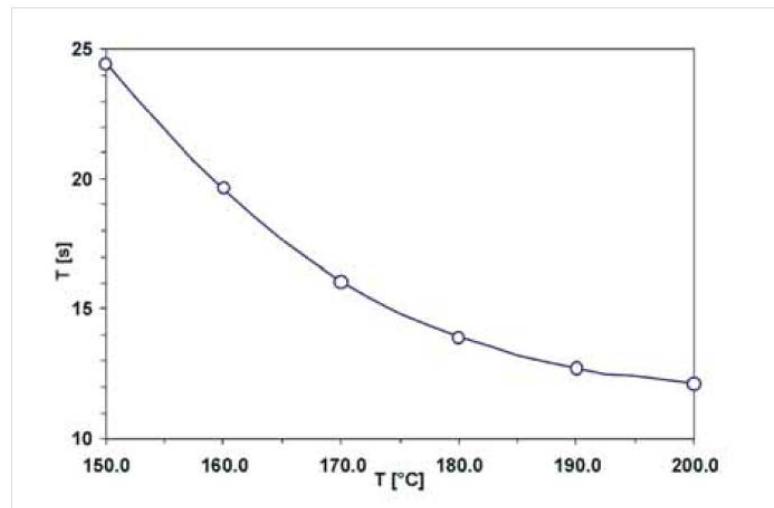


图7. 不同温度下的固化时间。(数据来自于模拟曲线)

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。