

文章编号:1007-2780(2009)04-0537-04

组 装 工 艺 对 ACF 互 连 性 能 的 影 响

左建东¹, 罗超云²

(1. 深圳大学 材料科学与工程学院; 深圳市特种功能材料重点实验室, 广东 深圳 518060, E-mail: jdzuo@szu.edu.cn;
2. 深圳职业技术学院 应用化学与生物技术学院, 广东 深圳 518055)

摘 要: 总结了异向导电胶膜(ACF)的组 装 工 艺 对 ACF 导 电 性 能 的 影 响。文 献 表 明 在 ACF 组 装 过 程 中, 组 装 的 温 度、压 头 的 压 力 和 加 热 时 间 对 ACF 的 固 化 程 度 有 直 接 影 响, 进 而 影 响 到 ACF 互 连 的 力 学 性 能、电 学 性 能 和 可 靠 性。合 适 的 组 装 温 度 在 180~200 ℃; 不 同 的 组 装 形 式 均 有 其 最 佳 的 组 装 压 力; ACF 胶 的 互 连 电 阻 在 87% 固 化 程 度 时 最 小; 固 化 程 度 小 于 50%, 出 现 短 路 的 概 率 较 大, 达 到 25%; 随 着 偏 移 程 度 的 增 加, ACF 的 互 连 电 阻 增 加, 导 电 粒 子 的 形 状 对 偏 移 产 生 的 绝 缘 电 阻 影 响 更 大。

关 键 词: ACF; 组 装 工 艺; 固 化 程 度; 可 靠 性
中 图 分 类 号: TN405.97; TN406 **文 献 标 识 码:** A

1 引 言

随着电子产品向轻薄短小化快速发展, 电子封装互连技术也越来越趋向于高密、高效和绿色环保。异向导电胶膜(Anisotropic Conductive Film, ACF)作为一种绿色高效的电子封装材料, 与传统的锡铅焊料相比具有明显的优势^[1,2]:

- (1) ACF 属于绿色封装材料, 不含有 Sn、Pb 及其它有毒金属;
- (2) 互连工艺过程简单, 提高了生产效率, 降低了生产成本;
- (3) 固化温度低, 减少了互连过程中的热力和应力开裂失效问题, 特别适合于热敏感元件的互连和非可焊性表面的互连;
- (4) 适合于超细间距, 比焊料互连间距的精度至少提高 1 个数量级, 有利于封装的进一步微型化。

由于液晶显示器件的市场需求逐年扩大, ACF 作为 IC 与液晶面板互连的主要材料, 其需求量也逐年快速上升。2006 年, ACF 的市场规模为 950 亿日元; 预计到 2012 年, ACF 的市场规模将达到 1 400 亿日元。

ACF 组装后具有 Z 轴导电而 XY 平面绝缘的电阻特性, 特别适合于高密电子组装, 如液晶显

示器(LCD)和等离子体显示器(PDP)等显示器件电极的连接、倒装芯片(Flip-chip)和精细间距表面的互连等。目前国内所需的高性能 ACF 主要依赖进口, 日立化成工业、索尼化学情报设备 2 家公司占据了 92% 的市场。湖北省化学研究院承担的国家“863”计划新材料领域特种功能材料技术主题“器件微型化功能材料各向异性导电胶膜 ACF”课题通过了验收, 完成了连续宽幅成型设备的设计和制作, 但国内产品还存在连接可靠性差、固化温度高、产品保存期短等问题, 还需要进一步提高产品的质量。

ACF 采用热压合的方法进行组装。在热压头的压力作用下, 导电粒子受压与两边的电极接触而导通, 环氧树脂在热作用下在较短的时间内固化; 当热压头松开时, 由于环氧树脂的固化作用而将导电粒子与电极间的接触状态保持下来, 使 ACF 具有异向导电性。在 ACF 的组装过程中, 随着压头的压力、加热温度、加热时间、组装间距的变化, ACF 互连的力学性能、电学性能和可靠性也随之发生改变。

2 组 装 温 度 对 ACF 互 连 性 能 的 影 响

ACF 的组 装 温 度 对 ACF 的 性 能 有 全 面 的 影 响, 是 最 重 要 的 工 艺 参 数。Wu, Y. P 等^[3] 研 究 发

现:过高的固化温度对 ACF 的机械强度有不利的影响。这主要是因为较高的固化温度会导致固化速度过快,使固化后的 ACF 内部存在较多的热应力,容易产生裂纹;另外,过度固化可能会影响胶的耐冲击强度,导致韧性降低。Wu. Y. P 等研究得到的最优组装条件为固化时间 15 s、组装温度 190 ℃。S. C. Tan 等^[4]采用热失重分析仪(TGA)和傅里叶变换红外光谱仪(FTIR)研究了不同组装温度对 ACF 胶的热稳定性的影响,结果如表 1 所示。结果表明,最大降解速度时的温度 T_m 随着组装温度的升高而降低。当组装条件为 10 s、205 ℃时,固化程度达到 85%,热老化后可以获得较低的互连电阻;若固化温度超过 205 ℃,则固化后胶膜的热稳定性变差。因此,ACF 胶膜的固化温度选用 200 ℃为宜。Uddin 等人^[5]的研究发现,210 ℃固化时,在铝盘上有少量的氧化物生成,此时互连电阻较小。Yin 等人^[6]在较宽的固化温度范围内研究了固化温度对 TAB 试件(ACF 互连)可靠性的影响,结果表明,固化温度低于 140 ℃和高于 210 ℃时,器件的接触电阻会明显增加。

表 1 不同组装温度对 ACF 热稳定性能的影响
Table 1 Effect of different packaging temperature on thermal stability of ACF

组装温度 (℃)	最大降解速度 时的温度 T_m (℃)	损失 10%重量 的温度(℃)
未固化的 ACF	434	387
160.0	435	388
185.0	431	379
205.0	428	379
225.0	423	377

研究表明,ACF 组装温度的工艺范围较宽,一般为 170~210 ℃,具体的最优组装工艺参数受到 ACF 的品牌、型号、生产效率以及芯片结构、载板类型等影响。不同厂家的 ACF 胶稍有差别,日立公司的 ACF 胶合适的固化温度为 170~190 ℃,而索尼公司生产的 ACF 胶固化温度稍高,在 180~200 ℃。

3 组装压力对胶互连性能的影响

组装压力是 ACF 产生互连的动力来源,足够

的组装压力才使导电粒子产生变形,与凸点或焊盘充分接触,得到足够大的接触面积,降低接触电阻。Chan 等人^[7]研究了不同的组装压力条件下,芯片与柔性基板的 ACF 互连可靠性。实验表明:随着组装压力的增加,组装产品的接触电阻会迅速下降,然后渐渐趋于平稳。当压力超过 90 N/bump 时,接触电阻开始增加,因此组装压力在 70~90 N/bump 为佳。Wu 等人^[3]利用冲击载荷研究组装压力对 ACF 互连性能的影响,研究表明:组装压力对 ACF 互连的结合强度影响不大,只有当组装压力过大时,才会造成导电粒子的金属镀层破裂,导电能力下降。Jong-Woong Kim 等^[8,9]的研究表明:ACF 连接点的失效模式主要由组装压力决定。当组装的压力较小时,焊盘与导电粒子出现裂纹;而当组装压力较高时,失效模式主要以胶的基体树脂与焊盘之间出现裂纹,如图 1 所示。不同的组装形式均有最佳的组装压力。

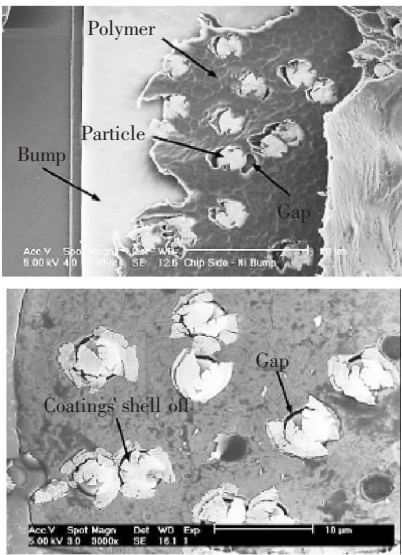


图 1 过高的组装压力导致导电粒子破裂和形成界面裂纹

Fig. 2 Conductive particles break and interface crackle caused by higher packaging press

4 固化程度对 ACF 胶互连性能的影响

ACF 的固化程度由组装温度和组装时间综合决定,对力学性能和互连电阻有极大的影响。Liu 等人^[10]采用 DSC 和 90°剥离强度的方法研究了这一影响,结果表明:ACF 互连器件的接触电

阻和组装强度很大程度上决定于 ACF 的固化程度,但与粘接温度的关系不大。Uddin. M. A 等^[5]采用 DSC 研究 ACF 的固化程度,采用 90°剥离研究粘结强度。结果表明:粘结强度随着固化程度增加而增加,互连电阻在 87% 固化程度时最小,合适的固化温度为 210 ℃。当固化温度为 150 ℃时,ACF 基本没有固化,表现出较高且不稳定的互连电阻;当固化温度为 210 ℃时,ACF 固化程度为 87%,导电粒子的变形不能回复,互连电阻较低;当固化温度为 230 ℃时,ACF 的固化程度为 98%,但有较多的氧化物产生,导致互连电阻较大。

固化程度与 ACF 的短路问题密切相关。Chiu 等人^[11]用 FTIR 分析 ACF 胶的固化程度[分别取环氧基团(915 cm^{-1})和苯环($1\ 507\text{ cm}^{-1}$)的吸收峰的面积],研究表明,固化程度与 ACF 密间距(小于 $15\text{ }\mu\text{m}$)组装的短路问题有很大关系。固化程度 $<50\%$,出现短路的概率达到 25%;当固化程度超过 80%时,没有发现有样品出现短路情况。其原因为,在电场的作用下,没有固化的 ACF 中导电粒子会发生聚集作用,从而会形成导电通道最终短路。

5 组装工艺精度(未对准)对 ACF 互连性能的影响

S. H. Fan 等^[12]研究了柔性板上的倒装芯片

(FCOF)的不同偏移程度对电学性能的影响。随着偏移程度的增加,ACF 的互连电阻增加。当 x 方向偏移小于 $5\text{ }\mu\text{m}$ 时,电阻增加较大;当继续增加偏移程度时,电阻增加的幅度减小;当偏移超过 $20\text{ }\mu\text{m}$ 时,电阻增加幅度变大。其原因为:当偏移变大时,组装压力变化很大,导致每个粒子变形更大,连接更紧密,电阻更小;但当偏移太大时,高压将导致粒子的金层分离和破裂,使粒子的导电能力下降。SEM 分析证实,在偏移达到 $20\text{ }\mu\text{m}$ 时,粒子出现了金层分离和破裂现象。此外,导电粒子的几何形状对偏移产生的绝缘电阻影响更大。镀金粒子接近球形,绝缘电阻下降不大。但镍粒子的形状不规则时,随着偏移的出现,开路和短路的可能性迅速增加。开路的可能性主要与焊盘的面积有关,而短路的可能性主要与焊盘高度有关。大的焊盘高度(小的焊盘宽度)能明显减少短路的可能性。

6 结 论

组装工艺对 ACF 的互连性能有非常重要的影响。组装的工艺参数如温度、压力和固化时间影响 ACF 的固化程度,而固化程度与 ACF 的力学性能和互连电阻紧密相关。另外,组装工艺参数本身也影响导电粒子与胶粘剂基体和焊盘结合性能,进而影响 ACF 的互连性能。

参 考 文 献:

- [1] 吴靛平. 细节距各向异性导电胶及其互连可靠性[J]. 环球 SMT 与封装, 2003, 3(2): 4-5.
- [2] Wu F S, WU Y P, Wu B Y, *et al.* Shear strength of flip chip packaging bonded with anisotropic conductive film [J]. *Chin. J. Semiconductors*, 2004, 25(3): 340-345.
- [3] Wu Y P, Alam M O, Chan Y C, *et al.* Dynamic strength of anisotropic conductive joints in flip chip on glass and flip chip on flex packages [J]. *Microelectronics Reliability*, 2004, 44 (2): 295-302.
- [4] Tan S C, Chan Y C, Chiu Y W, *et al.* Thermal stability performance of anisotropic conductive film at different bonding temperatures [J]. *Microelectronics Reliability*, 2004, 44 (3): 495-503.
- [5] Uddin M A, Alam M O, Chan Y C, *et al.* Adhesion strength and contact resistance of flip chip on flex package-effect of curing degree of anisotropic conductive film [J]. *Microelectronics Reliability*, 2004, 44 (3): 505-514.
- [6] Yin C Y, Alam M O, Chan Y C, *et al.* The effect of reflow process on the contact resistance and reliability of anisotropic conductive film interconnection for flip chip on flex applications [J]. *Microelectronics Reliability*, 2003, 43 (4): 625-633.
- [7] Chan Y C, Luk D Y. Effects of bonding parameters on the reliability performance of anisotropic conductive adhesive interconnects flip-chip-on-flex packages assembly II. Different bonding pressure [J]. *Microelectronics Reliability*, 2002, 42 (8): 1195-1204.

- [8] Kim Jong-Woong, Jung Seung-Boo. Effect of bonding force on the reliability of the flip chip packages employing anisotropic conductive film with reflow process [J]. *Materials Science and Engineering :A*, 2007, 452-453 (15):267-272.
- [9] Kim Jong-Woong, Moon Won-Chul, Jung Seung-Boo. Effects of bonding pressure on the thermo-mechanical reliability of ACF interconnection [J]. *Microelectronic Engineering*, 2006, 83(11-12):2335-2340.
- [10] Cao L Q, Lai Z H, Liu J. Effect condition of adhesion strength and ACA flip-chip curing contact resistance [C]// *Proceeding of the Sixth IEEE CPMT Conference on High Density Microsystem Design and Packaging and Component Failure Analysis*, Shanghai, China:IEEE,2004:254-258.
- [11] Chiu Y W, Chan Y C, Liu S M. Study of short-circuiting between adjacent joints under electric field effects in fine pitch anisotropic conductive adhesive interconnects [J]. *Microelectronics Reliability*, 2002, 42 (12):1945-1951.
- [12] Fan S H, Chan Y C. Effect of misalignment on electrical characteristics of ACF joints for flip chip on flex applications [J]. *Microelectronics Reliability*, 2002, 42 (7):1081-1090.

Effect of Packaging Technology of ACF on Interconnection Property

ZUO Jian-dong¹, LUO Chao-yun²

(1. College of Materials Science and Engineering of Shenzhen University;

Shenzhen Key Laboratory of Special Functional Materials, Shenzhen 518060, China, E-mail: jdzuo@szu.edu.cn;

2. College of Applied Chemistry and Biotechnology of Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China)

Abstract

Effect of packing technology on the interconnection property of anisotropic conductive film (ACF) was discussed. The References showed that in the procession of packaging of ACF, pressure of discharge head, heat temperature and heat time have an important effect on the degree of curing. Moreover these parameters further affect the mechanical property, electric property and reliability of ACF. The appropriate packaging temperature is between 180 °C and 200 °C, and the different packaging form has the optimal pressure. The resistance of ACF is minimal when the curing degree is 87%. When the curing degree is smaller than 50%, the probability of short circuit can reach 25%. The resistance of ACF increased as the offset improved. The shape of conductive particles has an important effect on insulation resistance caused by offset.

Key words: ACF; packaging technology; curing degree; reliability

作者简介:左建东(1979—),女,河南南阳人,博士,讲师,主要从事功能高分子材料、高分子材料改性及成型加工方面的研究工作。