

Sn-8Zn-3Bi-xAg 与 Cu 在焊接过程中的界面反应

Bi 作为合金组元可在很大程度上降低钎料合金的熔点，改善钎料的润湿性能，同时提高其拉伸强度。但是当 Bi 含量达到一定数量后，钎料的韧性和疲劳寿命有所降低。在合金中加入微量的 Ag 可以改变合金的枝状结构，有效抑制合金中树枝晶的无约束生长，并可促进 Sn 的均匀分布，提高钎料的润湿性。结合以上研究成果，在 Sn-Zn 系二元合金的基础上设计出 Sn-Zn-Bi-Ag 系钎料，作为替代锡铅焊料的无铅焊料。在电子封装中，焊料熔化时与焊盘发生界面反应，生成金属间化合物。适当的界面反应可以提高焊料与基底的润湿性，但由于金属间化合物通常具有硬而脆，太厚则会影响焊点的可靠性。所以焊料与基底之间的界面反应备受关注，其研究结果具有重要的应用价值。

我们对 Sn-8Zn-3Bi-xAg/Cu($x=0, 0.5, 1$)在 250°C 下的界面反应进行了系统的研究，反应时间分别为 5 min (Fig.1, Fig.2)，10 min(Fig.3)，20 min，60 min。研究发现：

1. 在 Sn-8Zn-3Bi/Cu 界面处,形成了 CuZn_5 和 Cu_5Zn_8 两层金属间化合物,而在添加 Ag 的焊料与铜的界面处,形成了 AgZn_3 和 Cu_5Zn_8 两层金属间化合物;
2. 随着焊接时间的增加,金属间化合物的厚度不断增长,并且都符合抛物线定律,这表明金属间化合物的生长机制主要为扩散机制 (Fig.4);
3. 在长时间焊接过程中,加入 Ag 可有效降低界面处金属间化合物的生长速度,从而减小界面金属间化合物层的厚度,界面金属间化合物层厚度随焊料中 Ag 加入量的增加而减小。这是因为(1)由于 Ag 的加入,焊料中的 Zn 与 Ag 反应,降低了焊料中 Zn 的含量,Zn 的扩散速度降低,导致焊料/Cu 界面处金属间化合物厚度降低; (2) Ag 扩散进入 Cu_5Zn_8 中并且取代了部分 Cu 的位置,生成 $(\text{Cu,Ag})_5\text{-Zn}_8$, 抑制了 Cu_5Zn_8 金属间化合物的生长,从而降低了焊料/Cu 界面处金属间化合物厚度。(该研究结果已发表在 Journal of Alloys and Compounds 上)

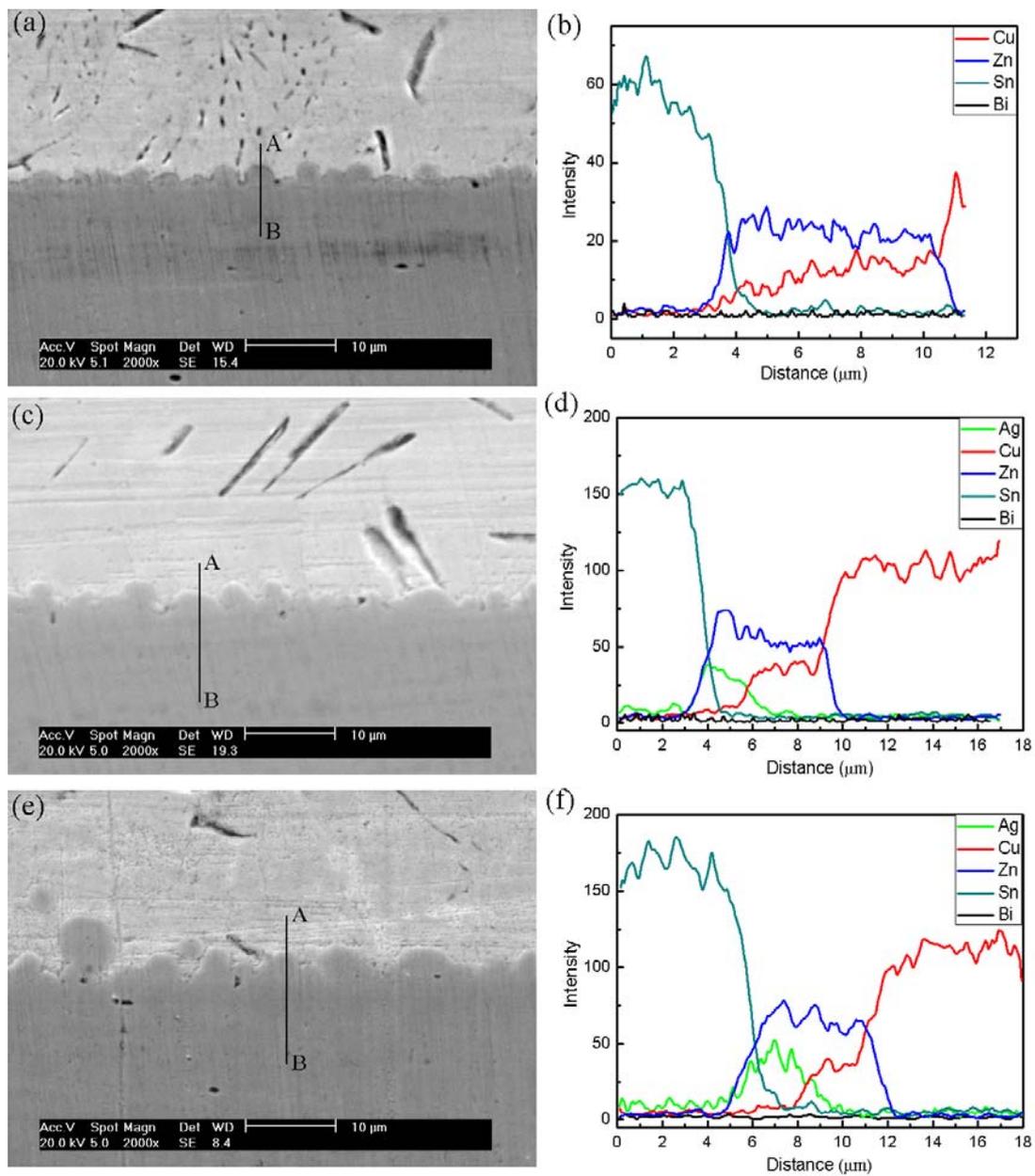


Fig.1 焊料/Cu 在 250 °C 反应 5 min 时的形貌: (a) Sn-8Zn-3Bi/Cu interface; (b) Sn-8Zn-3Bi-0.5Ag/Cu interface; (c) Sn-8Zn-3Bi-1Ag/Cu

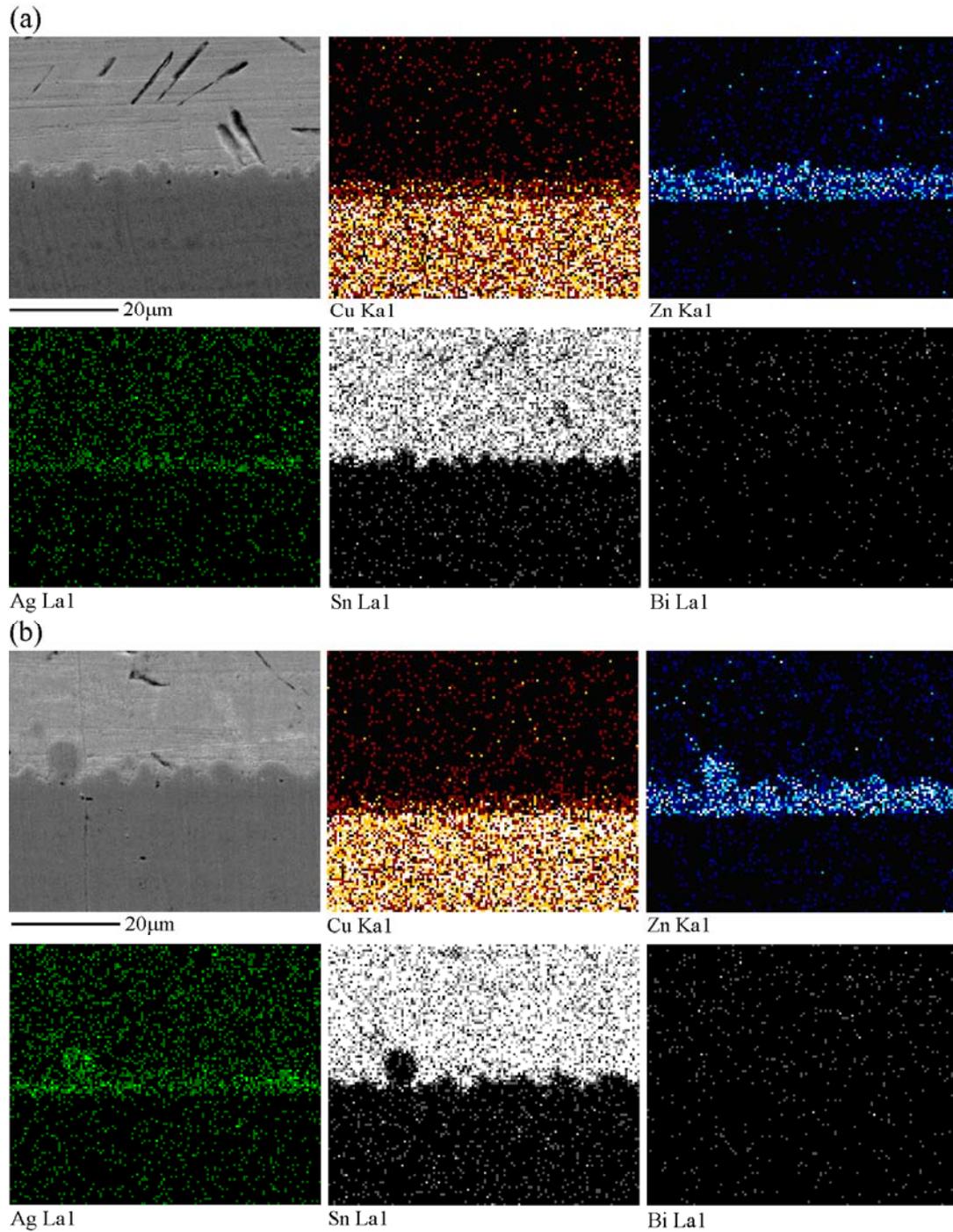


Fig.2 焊料/Cu 在 250 °C 反应 5 min 时的 EPMA 元素面分布: (a)

Sn-8Zn-3Bi-0.5Ag/Cu interface; (b) Sn-8Zn-3Bi-1Ag/Cu

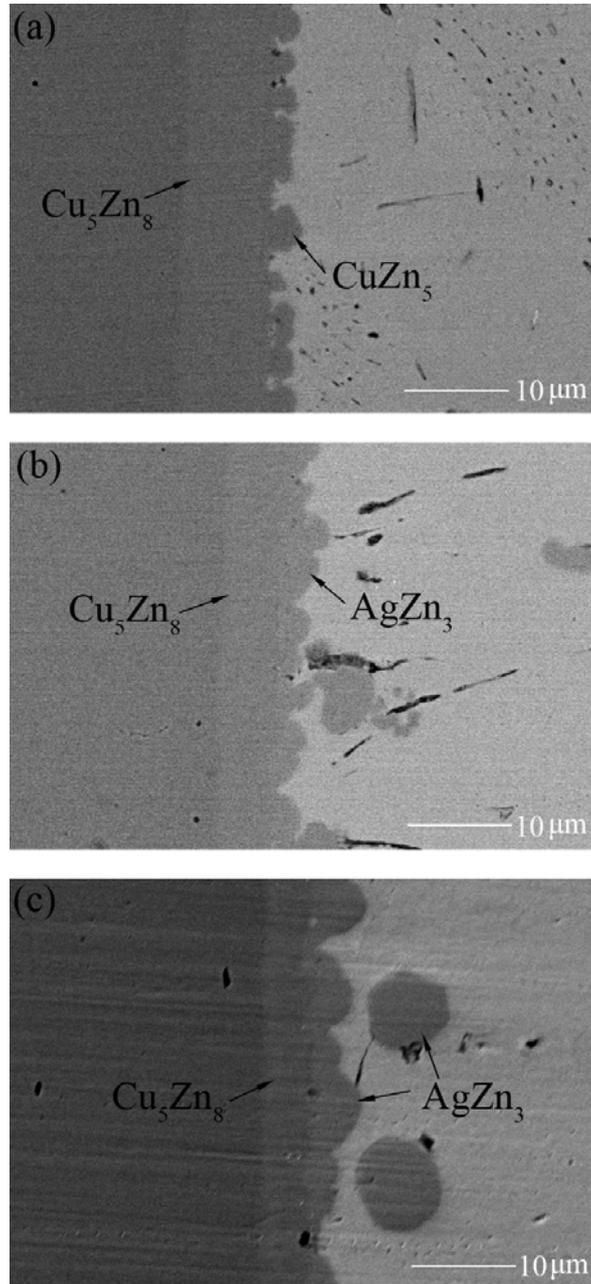


Fig.3 焊料/Cu 在 250 °C 反应 10 min 时的形貌: (a) Sn-8Zn-3Bi/Cu interface; (b) Sn-8Zn-3Bi-0.5Ag/Cu interface; (c) Sn-8Zn-3Bi-1Ag/Cu

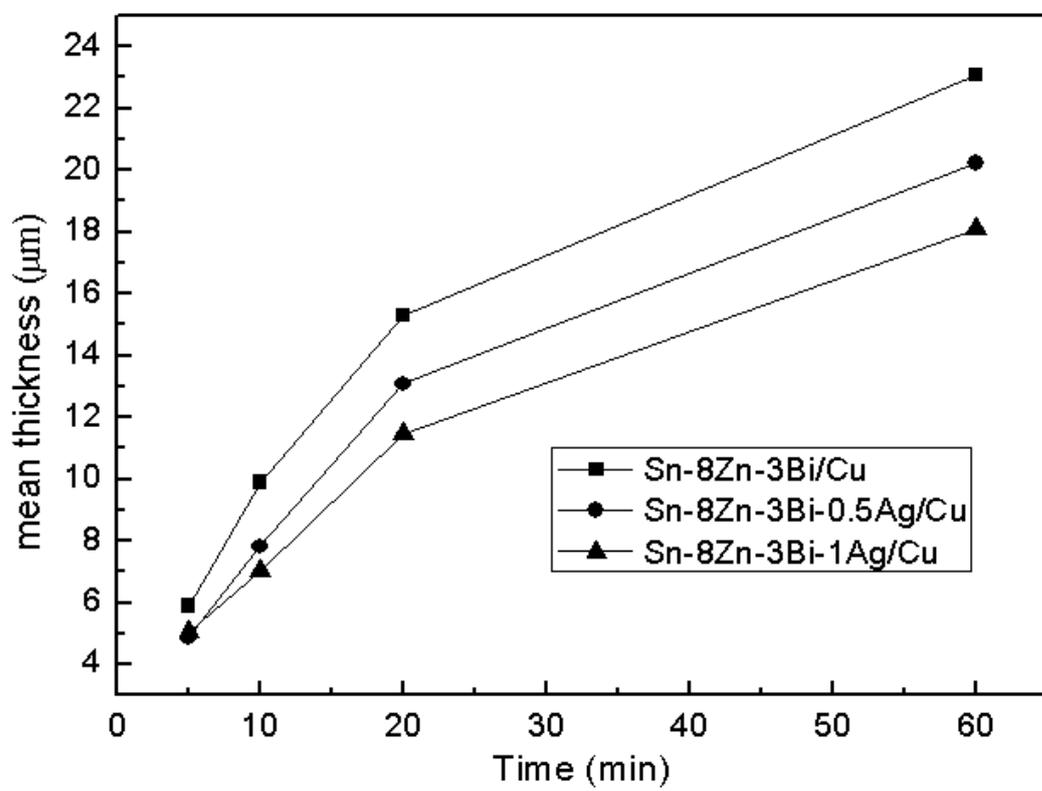


Fig.4 Sn-8Zn-3Bi-xAg($x = 0, 0.5, 1$ wt.%) /Cu 反应层厚度与反应时间的关系图

SnZnBi 无铅焊点的电迁移行为研究

本文利用铜线-焊球-铜线线型对称结构研究了 Sn-8Zn-3Bi 无铅焊料在电流密度为 $3.14 \times 10^4 \text{ A/cm}^2$ ，加电时间为 40h, 150h, 230h 的电迁移行为。这种对称结构可以避免引起焊点两端温度差异，从而忽略热迁移的影响 (Fig.1)。研究结果表明，由于金属间化合物形成时体积膨胀而产生内应力，导致两极的金属间化合物与铜界面处各有一层 Cu_5Zn_8 金属间化合物被挤出 (Fig.3)，与退火样品相比，电迁移加速了这一行为。由于锡原子的电迁移，形成很多富锡的突起，使得焊点的整个表面变得凹凸不平。在金属间化合物与焊料的界面处，形成了较多的孔洞，我们认为这是因为锌原子在阳极快速消耗造成的。（该研究结果已发表在 *Microelectronics Reliability* 上）

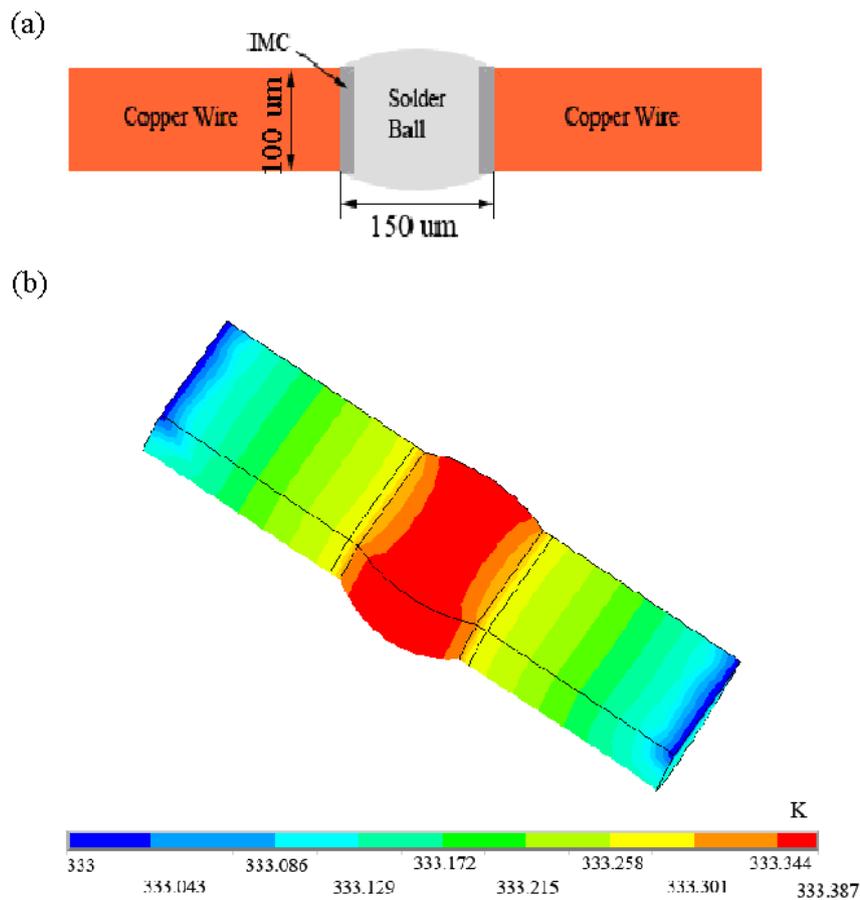


Fig.1 (a)电迁移样品截面示意图; (b)样品中温度分布的有限元模拟图

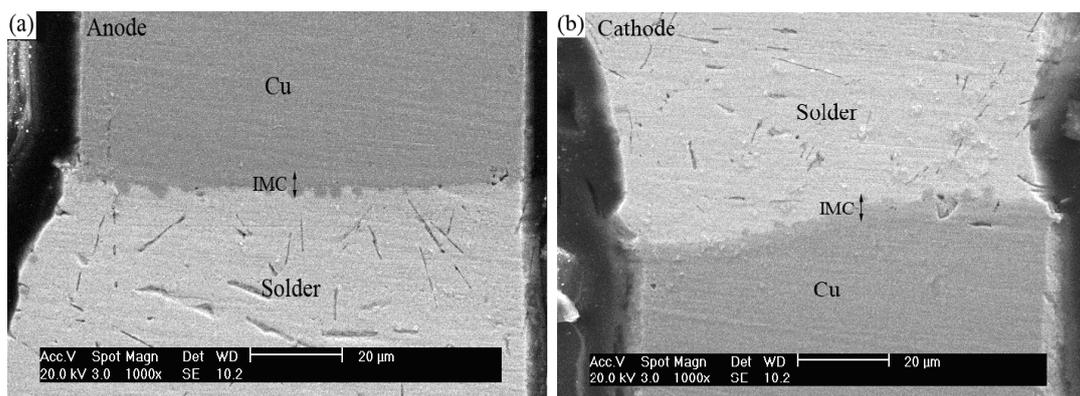


Fig. 2 Sn-8Zn-3Bi/Cu在250 °C焊接3 min时的形貌

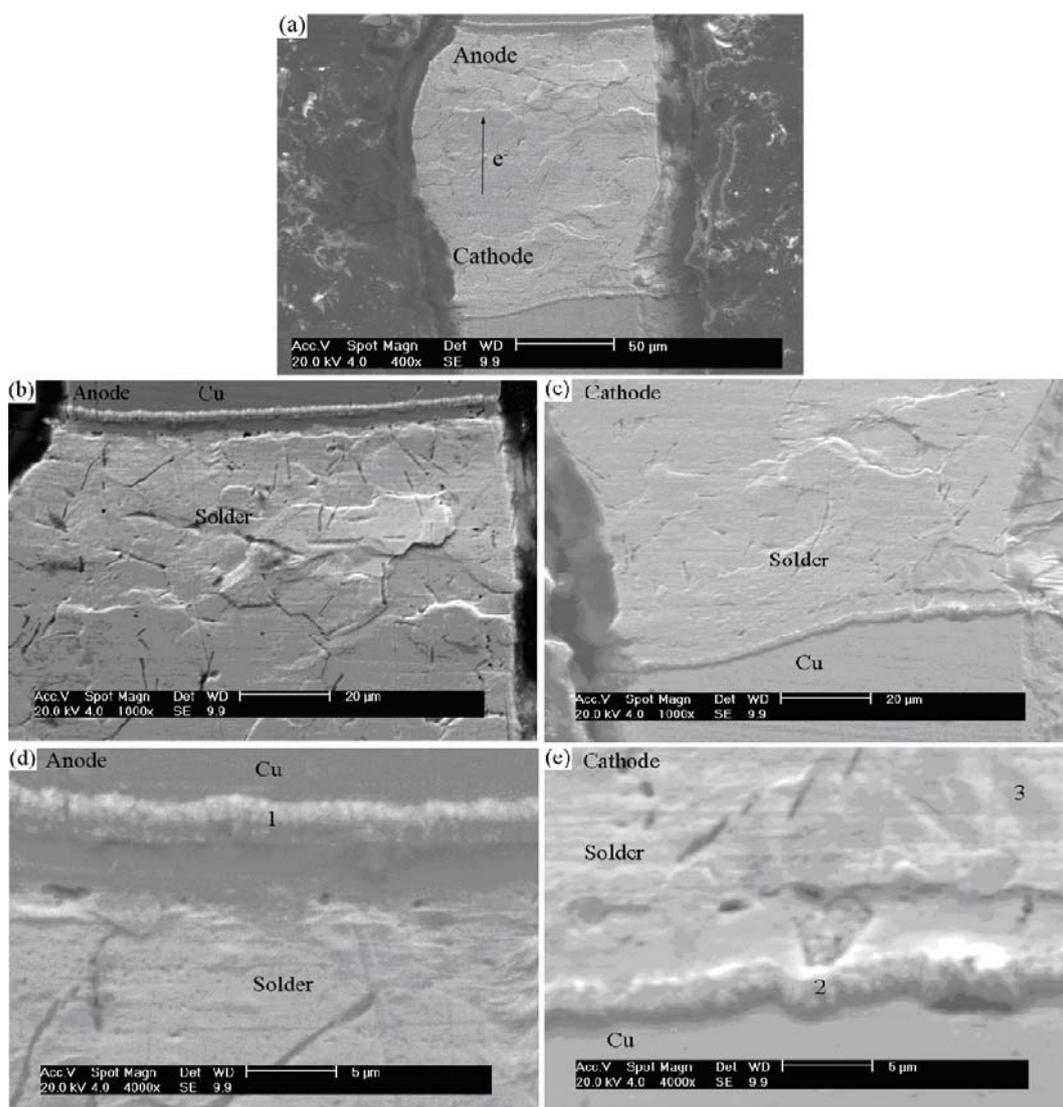


Fig. 3 Sn-8Zn-3Bi/Cu 加载电流 230 h 时的形貌