

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
B23K 35/26 (2006.01)



## [12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810093839.9

[43] 公开日 2009年11月4日

[11] 公开号 CN 101569965A

[22] 申请日 2008.4.30

[21] 申请号 200810093839.9

[30] 优先权

[32] 2007.5.25 [33] KR [31] 10-2007-0050905

[71] 申请人 韩国生产技术研究院

地址 韩国忠清南道

[72] 发明人 李宗炫 李昌祐 金祯汉

[74] 专利代理机构 北京天昊联合知识产权代理有限公司

代理人 丁业平 张天舒

权利要求书1页 说明书10页 附图8页

### [54] 发明名称

Sn - Ag - Cu - In 四元无铅焊剂组合物

### [57] 摘要

本发明提供一种 Sn - Ag - Cu - In 四元无铅焊剂组合物，该焊剂组合物可以防止成本的增加，并可以充分确保其作为焊料时的加工性和机械性能。为了达到这个目的，向无铅焊剂组合物中添加适量的铟 (In)，并对 Ag 的添加量进行优化，因此可抑制由于 Ag 的量降低而引起的润湿性降低，并可提高耐热循环性和耐机械冲击性。所述四元无铅焊剂组合物包含大于等于约 0.3 重量% 并且小于约 2.5 重量% 的银 (Ag)、大于等于约 0.2 重量% 并且小于约 2.0 重量% 的铜 (Cu)、大于等于约 0.2 重量% 并且小于约 1.0 重量% 的铟 (In) 以及余量的锡 (Sn)。

1. 一种锡-银-铜-铟四元无铅 (Pb) 焊剂组合物, 其包含:  
大于等于约 0.3 重量%并且小于约 2.5 重量%的银 (Ag);  
大于等于约 0.2 重量%并且小于约 2.0 重量%的铜 (Cu);  
大于等于约 0.2 重量%并且小于约 1.0 重量%的铟 (In); 以及  
余量的锡 (Sn)。

2. 如权利要求 1 所述的组合物, 其中为了提高无铅焊剂组合物的抗氧化性, 所述四元无铅焊剂组合物中还添加有重量百分比为约 0.001 重量%至约 1 重量%的选自磷 (P)、锗 (Ge)、镓 (Ga)、铝 (Al) 和硅 (Si) 中的一种或多种元素。

3. 如权利要求 1 所述的组合物, 其中为了提高无铅焊剂组合物的界面反应性能并降低其熔点, 所述四元无铅焊剂组合物中还添加有重量百分比为约 0.001 重量%至约 2 重量%的选自锌 (Zn) 和铋 (Bi) 中的一种或两种元素。

4. 如权利要求 1 所述的组合物, 其中所述四元无铅焊剂组合物中还添加有重量百分比为约 0.001 重量%至约 1 重量%的选自镍 (Ni)、钴 (Co)、金 (Au)、铂 (Pt)、铅 (Pb)、锰 (Mn)、钒 (V)、钛 (Ti)、铬 (Cr)、铌 (Nb)、钯 (Pd)、锑 (Sb)、镁 (Mg)、钽 (Ta)、镉 (Cd) 和稀土金属中的一种或多种元素。

## Sn-Ag-Cu-In 四元无铅焊剂组合物

### 相关申请的交叉参考

本发明要求 2007 年 5 月 25 日提交的韩国专利申请 No. 10-2007-0050905 的优先权,在此以引入方式将其全部内容并入本文。

### 技术领域

本发明涉及一种无铅 (Pb) 焊剂组合物,更具体而言,本发明涉及一种锡-银-铜-铟 (Sn-Ag-Cu-In) 四元无铅焊剂组合物,该焊剂组合物可以通过使用铟而降低银的量。

### 背景技术

目前,Sn-Ag-Cu 系组合物最普遍地用作无铅焊剂组合物,其代表性组成可表示为 Sn-3.0Ag-0.5Cu。为了提高这种无铅焊剂组合物的抗氧化性,可以向其中添加浓度为数十 ppm 至数千 ppm 的磷 (P)、锗 (Ge)、镓 (Ga)、铝 (Al)、或硅 (Si) 等。此外,为了提高机械性能和界面反应性能,可以向无铅组合物中添加各浓度均为数十 ppm 至数千 ppm 的镍 (Ni)、钴 (Co)、铁 (Fe)、铋 (Bi)、金 (Au)、铂 (Pt)、铅 (Pb)、锰 (Mn)、钒 (V)、钛 (Ti)、铬 (Cr)、铌 (Nb)、钯 (Pd)、锑 (Sb)、镁 (Mg)、钽 (Ta)、镉 (Cd)、或稀土金属等。

然而,随着人们要求并致力于降低电子装置封装时的制造成本,由于在所添加的元素中 Ag 是最昂贵的,所以人们尝试降低银 (Ag) 的用量。例如,Sn-2.5Ag-0.5Cu 或 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物用作无铅焊剂。另外,最近有人提出 Sn-0.3Ag-0.5Cu 组合物,并分析其性能是否适用于无铅焊剂。

根据 Ag 的量的变化,Sn-Ag-Cu 系焊剂的冶金性能和机械性能发生的变化概括如下。

1) 随着 Ag 的添加量降低, 液相温度和固相温度之差增大, 从而导致浆态范围或糊状区域的增加。

2) 随着 Ag 的添加量降低, 由于浆态范围或糊状区域增加, 因此润湿性降低。

3) 随着 Ag 的添加量降低, 合金的强度和抗蠕变性降低。

4) 随着 Ag 的量降低, 由于合金的强度和抗蠕变性降低, 因此热循环试验中焊点的断裂速度加快。

5) 随着 Ag 的量降低, 合金的伸长率增加, 并且机械冲击试验中焊点的断裂速度变慢。

此处, 情况 1) 表示冶金性能随着焊剂中 Ag 的量的不同而产生的变化。因此, 即使在降低 Ag 的量的情况中, 也应当确定 Ag 的合适的添加量。而且, 尽管 Ag 的量降低了, 但是为了使这种组合物可用作具有低制造成本的焊料, 该焊剂组合物的润湿性应当与典型的 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的润湿性相似。

情况 4) 和 5) 表示由于无铅焊剂中 Ag 的量降低而引起的相反的特性。因此考虑到这些相反的特性, 应当确定 Ag 的合适的添加量。除了应当具有合适的 Ag 的量以外, 例如也应当通过添加合金金属来提高无铅焊剂组合物的机械性能, 从而使得焊剂组合物具有耐热循环性和耐机械冲击性。因此, 通过降低 Ag 的添加量, 可以获得可靠性高的理想的焊剂组合物, 并且可以进一步降低制造成本。

然而, 人们至今尚未开发出满足上述条件的无铅焊剂组合物。

## 发明内容

本发明的实施方案涉及提供一种锡-银-铜-铟 (Sn-Ag-Cu-In) 四元无铅 (Pb) 焊剂组合物, 该焊剂组合物可以防止成本的增加, 并可以充分确保其作为焊料时的加工性和机械性能。为了达到这个目的, 向该无铅焊剂组合物中添加合适量的铟 (In), 并对 Ag 的添加量进行优化, 因而可以防止由于 Ag 的量降低而引起的润湿性降低, 并可以提高耐热循环性和耐机械冲击性。

根据本发明的一方面, 提供一种锡-银-铜-铟四元无铅焊剂组合

物，其包含：大于等于约 0.3 重量%并且小于约 2.5 重量%的银 (Ag)、大于等于约 0.2 重量%并且小于约 2.0 重量%的铜 (Cu)、大于等于约 0.2 重量%并且小于约 1.0 重量%的铟 (In) 以及余量的锡 (Sn)。

在本发明的无铅焊剂组合物中，降低 Ag 的量以节省制造成本。因此，为了提高耐热循环性和耐机械冲击性，并且为了可靠地防止由于 Ag 的添加量降低而引起润湿性降低，向无铅焊剂组合物中添加铟 (In)。因此，可以提供一种价格便宜的、高质量的无铅焊剂组合物。

## 附图说明

图 1 为示出常规的焊剂组合物在加热状态中的吸热峰的图。

图 2 为示出本发明的焊剂组合物在加热状态中的吸热峰的图。

图 3 为示出常规的焊剂组合物熔融之后在冷却状态中的放热峰的图。

图 4 为示出本发明的焊剂组合物熔融后在冷却状态中的放热峰的图。

图 5 为示出常规的焊剂组合物的零交时间 (zero cross time) 值相对于焊接温度的图。

图 6 为示出本发明的焊剂组合物的零交时间值相对于焊接温度的图。

图 7 为示出常规的焊剂组合物在 2 秒时的润湿力相对于焊接温度的图。

图 8 为示出本发明的焊剂组合物在 2 秒时的润湿力相对于焊接温度的图。

图 9 为示出常规的焊剂组合物的最终润湿力相对于焊接温度的图。

图 10 为示出本发明的焊剂组合物的最终润湿力相对于焊接温度的图。

图 11 为示出由拉伸样品获得的试验结果的图，该拉伸样品分别具有常规的焊剂组合物 Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-1.0Ag-0.5Cu 和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni。

图 12 为示出由拉伸样品获得的试验结果的图, 该拉伸样品分别具有本发明的焊剂组合物 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In、Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.2In、Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.6In、Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.8In 和 Sn-1.0Ag-0.5Cu-1.0In 的。

图 13 为示出零交时间值相对于焊接温度的图, 该图将本发明的组合物 Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.2In 与常规的组合物 Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-1.0Ag-0.5Cu 和 Sn-0.3Ag-0.7Cu 进行了比较。

图 14 为示出在 2 秒时的润湿力相对于焊接温度的图, 该图将本发明的组合物 Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.2In 与常规的组合物 Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-1.0Ag-0.5Cu 和 Sn-0.3Ag-0.7Cu 进行了比较。

图 15 为示出最终润湿力相对于焊接温度的图, 该图将本发明的组合物 Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.2In 与常规的组合物 Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-1.0Ag-0.5Cu 和 Sn-0.3Ag-0.7Cu 进行了比较。

## 具体实施方式

下面将参照附图详细地说明本发明的锡-银-铜-铟 (Sn-Ag-Cu-In) 四元无铅 (Pb) 焊剂组合物。下文中, 当认为对有关公知的功能或结构进行具体的说明会使本发明的要旨不必要地变得模糊时, 将省略这些具体的说明。

在本发明的无铅焊剂组合物中, Ag 的重量百分比小于约 2.5 重量%但不小于约 0.3 重量%。如果 Ag 的重量百分比小于 0.3 重量%, 那么液相温度很难降低, 从而导致焊剂的熔点和封装加工温度增高。相反, 如果 Ag 的重量百分比为 2.5 重量%或更高, 那么制造成本会不利地增加。所以, Ag 的重量百分比应当小于约 2.5 重量%但不小于约 0.3 重量%, 优选为约 1.2 重量%。

本发明的无铅焊剂组合物包含 Cu, Cu 的重量百分比为小于约 2.0 重量%但不小于约 0.2 重量%。如果 Cu 的重量百分比小于 0.2 重量%, 那么液相温度降低很小, 并且  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  相所占部分非常小, 这使得焊剂合金的强度过度降低。相反, 如果 Cu 的重量百分比为 2.0 重量%或更高, 那么液相温度和固相温度之差增加, 因此浆态范围或糊状区

域增加，这导致  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  相所占部分增加，因此使得焊剂合金的机械性能过度增强，并使界面反应层的生长速度增加。因此，Cu 的重量百分比应当小于约 2.0 重量%但不小于约 0.2 重量%，优选为约 0.5 重量%。

本发明的无铅焊剂组合物进一步包含 In, In 的重量百分比小于约 1.0 重量%但是不小于约 0.2 重量%。如果 In 的重量百分比小于 0.2 重量%，那么基本上无法提高润湿性和机械性能。如果 In 的重量百分比为 1.0 重量%或更高，那么润湿性和机械性能不与 In 的添加量成比例地提高，而且使焊剂合金的价格显著增加。因此，In 的重量百分比应当小于约 1.0 重量%但是不小于约 0.2 重量%，优选为约 0.4 重量%。

根据各添加元素的适当比例，最优选的无铅焊剂组合物为 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In。将该最优选的组合物 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 与其它研究用组合物和常规的组合物 Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-1.0Ag-0.5Cu 和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 分别在相同的条件下进行测试，然后进行评价，其结果如图 1 至图 11 所示。

图 1 和图 2 为示出焊剂组合物在加热状态中的吸热峰的图。具体来说，图 1 和图 2 示出了当将焊剂组合物（约 8 mg）在加热速度为  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 、氮气流速为  $50 \text{ ml}/\text{min}$  的条件下进行加热时，通过使用差示扫描量热仪(DSC)而观察到的吸热峰。如图 1 所示，Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物在约  $217^\circ\text{C}$  至约  $218^\circ\text{C}$  处具有吸热峰，该温度基本上与该合金的熔点温度相同。而 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物在约  $218^\circ\text{C}$  至约  $219^\circ\text{C}$  处具有第一吸热峰，并在约  $226^\circ\text{C}$  处具有第二吸热峰，这两个温度可分别看作是液相温度和固相温度。因此，可以观察到浆态范围或糊状区域显著增加。Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物在约  $219^\circ\text{C}$  至约  $220^\circ\text{C}$  处具有第一吸热峰，并在约  $225^\circ\text{C}$  至约  $226^\circ\text{C}$  处具有第二吸热峰，这两个温度可分别看作是液相温度和固相温度。因此，也可以观察到浆态范围或糊状区域显著增加。

如图 2 所示，Sn-1.0Ag-0.5Cu-1.0In 组合物在约  $216^\circ\text{C}$  处具有第一吸热峰，并在约  $224^\circ\text{C}$  至约  $225^\circ\text{C}$  处具有第二吸热峰，这两个温度可分别看作是液相温度和固相温度。在这种情况下，虽然也可以观察到

浆态范围或糊状区域发生相当大的增加，但是总体上液相温度和固相温度相对来说都降低了。这种液相线和固相线向低温转移的现象可以赋予焊剂在低温下具有优良的润湿性的作用。Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.5In 组合物在约 217℃处具有第一吸热峰，并在约 225℃处具有第二吸热峰，这两个温度可分别看作是液相温度和固相温度。在这种情况下，虽然也可以观察到浆态范围或糊状区域发生相当大的增加，但是总体上液相温度和固相温度相对来说都降低了。

Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.8~0.4In 组合物在约 217℃至约 218℃处具有第一吸热峰，并在约 224℃至约 225℃处具有第二吸热峰，这两个温度可分别看作是液相温度和固相温度。在这种情况下，虽然也可以观察到浆态范围或糊状区域发生相当大的增加，但是总体上液相温度和固相温度相对来说都降低了。Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.2In 组合物在约 219℃至约 220℃处具有第一吸热峰，并在约 226℃处具有第二吸热峰，这两处温度可分别看作是液相温度和固相温度。在这种情况下，虽然也可以观察到浆态范围或糊状区域发生相当大地增加，但是与 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物的液相温度和固相温度相比，该组合物的液相温度和固相温度没有降低。由该结果可知，相对于 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物在低温下的润湿性，Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.2In 组合物在低温下的焊剂润湿性并未提高太多。

图 3 和图 4 为示出焊剂组合物熔融后在冷却状态中的第一放热峰的图。具体来说，图 3 和图 4 示出了当将焊剂组合物（约 8 mg）在加热速度为 10℃/min、氮气流速为 50 ml/min 的条件下加热至 250℃后再进行冷却时，通过使用 DSC 而观察到的放热峰。如图 3 所示，Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物在约 194℃处具有第一放热峰，该温度表示该合金的实际凝固温度。在冶金学上，合金的熔融温度与实际凝固温度之差（即，在该情况中，约 23℃至 24℃的温度差）称为过冷度。过冷度随着合金中 Ag 的量的减少而增加。例如，Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物在约 188℃处具有第一放热峰，这证明过冷度增加。与此相反，Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物在约 206℃至约 207℃处具有第一放热峰。由该结果可知，添加少量的 Ni 可显著地降低过冷度。



通过向组合物中添加 In 而获得的结果如图 4 所示。由图 4 可知, Sn-1.0Ag-0.5Cu-1.0In 组合物在约 200℃ 处具有第一放热峰, Sn-1.0Ag-0.5Cu-0.5In 组合物在约 190℃ 至约 191℃ 处具有第一放热峰, 因此, 添加 In 也可以极大地降低过冷度。另外可以发现的是, Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.8In 组合物在约 192℃ 至约 193℃ 处具有第一放热峰, Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.6In 组合物在约 197℃ 至约 198℃ 处具有第一放热峰, Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物在约 200℃ 至约 201℃ 处具有第一放热峰, Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.2In 组合物在约 202℃ 至约 203℃ 处具有第一放热峰。

图 5 和图 6 为示出零交时间值相对于焊接温度的图。在单次润湿性试验中, 测定零交时间值、在 2 秒时的润湿力和最终润湿力, 下面的结果是从 10 次或更多次试验结果中所得到的平均值。润湿性试验中所用的样品是宽度为 3 mm、长度为 10 mm 的铜片。将 SENJU 公司生产的水溶性焊剂涂敷在铜片的表面上, 然后将其插入熔融的焊剂中, 其中插入的深度为 2 mm。铜片的插入速度和取出速度均为 5 mm/秒。如图 5 所示, Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物和 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物的零交时间值远大于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的零交时间值。特别是, 可以观察到在约 230℃ 至 240℃ 的低温范围内组合物的零交时间值增加较大。相反, 如图 6 所示, 如果向组合物中添加 In, 可以观察到组合物的零交时间值明显降低, 并且在约 230℃ 至 240℃ 的低温范围内使组合物的零交时间值更有效地降低。特别是, 本发明的代表性组合物 (即 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物) 的零交时间值类似于或者低于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的零交时间值。因此, 可以证实本发明的 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物作为焊料具有优良的润湿性。

图 7 和图 8 为示出在 2 秒时的润湿力相对于焊接温度的图。如图 7 所示, Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物在 2 秒时的润湿力小于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物在 2 秒时的润湿力。特别是, 在约 230℃ 至 240℃ 的低温范围内 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物在 2 秒时的润湿力明显降低。与此相反, 如图 8 所示, 如果向组合物中添加 In, 组合物在 2 秒时的润湿力显著

增加，并使在 230℃至 240℃的低温下的组合物在 2 秒时的润湿力更有效地增加。特别是，可以证实本发明的代表性组合物（即 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物）在 2 秒时的润湿力类似于或大于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物在 2 秒时的润湿力。

由上述结果可知，尽管本发明组合物的价格很便宜，但是具有优良的润湿性，因此适合用于焊接材料。因此，本发明的无铅焊剂组合物可用于制造锡膏、锡球、锡条、锡线、焊料凸点、焊箔、焊粉和预成型锡料。本文中，所述预成型锡料可包括焊剂球、焊剂粒、焊剂带、焊剂垫圈、焊剂环和焊剂盘。

图 9 和图 10 为示出最终润湿力相对于焊接温度的图。如图 9 所示，Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物的最终润湿力小于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的最终润湿力。特别是，在 230℃至 240℃的低温范围内 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物的最终润湿力显著降低。与此相反，如图 10 所示，添加 In 后产生有趣的结果。即，当在 Sn-1.2Ag-0.5Cu-xIn 组合物中 In 的添加量高（例如 0.8 重量%）时，由于熔融的钎具有低的表面张力，所以组合物的最终润湿力增加很少；而当 In 的添加量低（例如 0.2 重量%）时，由于润湿性提高很少，使得最终润湿力没有提高。相反，可以证实本发明的代表性组合物（即 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物）的最终润湿力类似于或稍微小于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的最终润湿力。特别是，可以观察到 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物在 230℃至 240℃的低温范围内的最终润湿力更优于具有小量的 Ag 的其他组合物在 230℃至 240℃的低温范围内的最终润湿力。

图 11 为示出由拉伸样品所获得的试验结果的图，该拉伸样品分别具有常规的焊剂组合物 Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-1.0Ag-0.5Cu 和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni。拉伸样品为基于韩国标准（KS）13A 制成的成比例的样品，其厚度为 2 mm、长度为 27 mm。拉伸试验在温度为室温、拉伸测试速度为 7.8 mm/min 的条件下进行。如图 11 所示，Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物具有高的强度，但是伸长率低。由此可见，当 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物用作焊点材料时，预计该组合物虽然具有优良

的耐热循环性，但是耐机械冲击性差。相反，Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物的伸长率稍微有所增加，但是其强度太小。因此，预计 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物的耐机械冲击性虽然优于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的耐机械冲击性，但是其耐热循环性劣于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物的耐热循环性。Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.05Ni 组合物表现出介于 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物和 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物之间的中等的特性。

图 12 为示出由拉伸样品所获得的试验结果的图，该拉伸样品分别具有本发明的焊剂组合物 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In、Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.2In、Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.6In、Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.8In 和 Sn-1.0Ag-0.5Cu-1.0In。由图 12 可见，Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物的强度和伸长率均高于类似的组合物（例如 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物）的强度和伸长率。即，与 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物的韧性相比，Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物的韧性提高。由该结果可预计，Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物具有最优良的耐机械冲击性，也具有良好的耐热循环性。因此，Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.4In 组合物适合用作经受机械撞击或振动的汽车和移动产品内的电子器件的焊接材料。在 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.2In 组合物中，由于添加 In，导致金属的强化程度降低，从而使得金属的强度降低。在 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.6In 组合物和 Sn-1.2Ag-0.5Cu-0.8In 组合物中，随着 In 的添加量的增加，其伸长率逐渐降低。虽然 Sn-1.0Ag-0.5Cu-1.0In 组合物中添加了大量的 In，但是其并未表现出良好的强度。

采用如上述相同的实验步骤，将本发明的另一种四元无铅焊剂组合物（即 Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.2In 组合物）与常规的 Sn-3.0Ag-0.5Cu 组合物、Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物和 Sn-0.3Ag-0.7Cu 组合物进行比较。它们的润湿性的结果示于图 13 至图 15 中。

图 13 为示出零交时间值相对于焊接温度的图，图 14 为示出在 2 秒时的润湿力相对于焊接温度的图，图 15 为示出最终润湿力相对于焊接温度的图。如图 13 至图 15 所示，与 Sn-0.3Ag-0.7Cu 组合物相比，具有少量 In 的 Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.2In 组合物在高于 240℃ 的温度下具有优良的上述润湿性。即，Sn-0.3Ag-0.7Cu-0.2In 组合物的润湿性类

似于 Sn-1.0Ag-0.5Cu 组合物的润湿性。由该结果也可以证实本发明的具有合适量的铟的无铅焊剂组合物可以使成本增加程度最小化并可以防止由于 Ag 的含量降低而引起的润湿性降低。

为了提高 Sn-Ag-Cu-In 四元无铅焊剂组合物的抗氧化性，可以向该四元无铅焊剂组合物中添加重量百分比为约 0.001 重量%至约 1 重量%的选自磷 (P)、锗 (Ge)、镓 (Ga)、铝 (Al) 和硅 (Si) 中的一种或多种元素。

另外，为了提高 Sn-Ag-Cu-In 四元无铅焊剂组合物的界面反应性能并降低其熔点，可以向该四元无铅焊剂组合物中添加重量百分比为约 0.001 重量%至约 2 重量%的选自锌 (Zn) 和铋 (Bi) 中的一种或两种元素。

此外，为了提高 Sn-Ag-Cu-In 四元无铅焊剂组合物的机械性能和界面反应性能，可以向该四元无铅焊剂组合物中添加重量百分比为约 0.001 重量%至约 1 重量%的选自镍 (Ni)、钴 (Co)、金 (Au)、铂 (Pt)、铅 (Pb)、锰 (Mn)、钒 (V)、钛 (Ti)、铬 (Cr)、铌 (Nb)、钯 (Pd)、锑 (Sb)、镁 (Mg)、钽 (Ta)、镉 (Cd) 和稀土金属中的一种或多种元素。

做出上述额外说明的原因在于为了阐明下列事实：意欲绕开本发明的专利而在四元无铅焊剂组合物中添加有其它元素的 Sn-Ag-Cu-In 四元无铅焊剂组合物实际上也落在本发明的技术思想之内。

如上所述，根据本发明，通过降低 Ag 的量并添加 In，可以使得由于 Ag 的量降低而引起的润湿性的降低得到补偿，并且可以提高耐热循环性和耐机械冲击性。因此本发明可以提供一种价格便宜的、高质量的无铅焊剂组合物。

尽管已经参照特定的实施方案对本发明进行了描述，但是对本领域的技术人员来说显而易见的是，在不脱离如所附权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下，可以做出各种改变和修改。

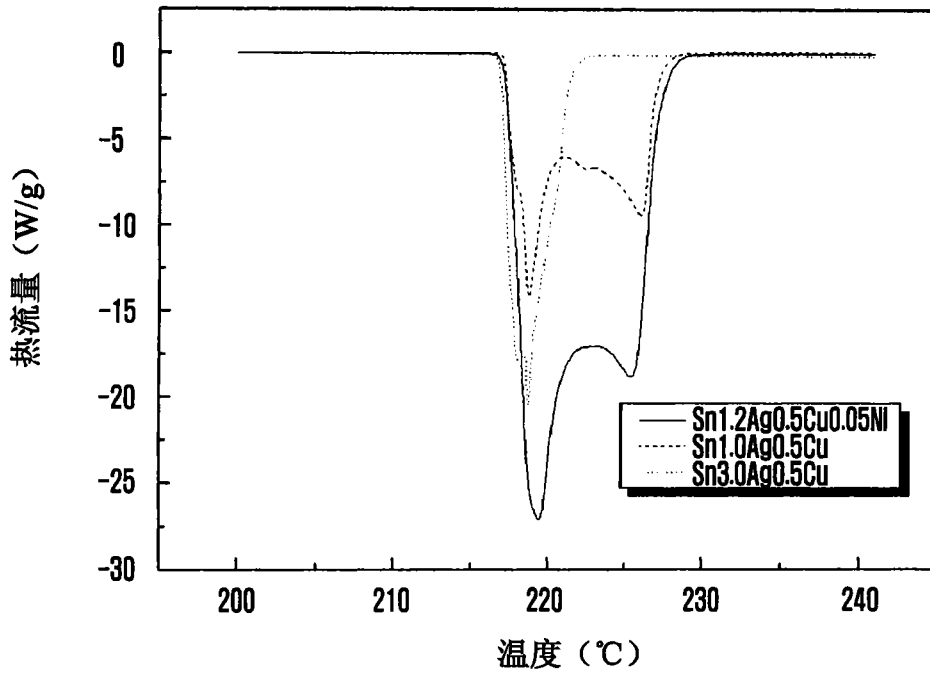


图 1

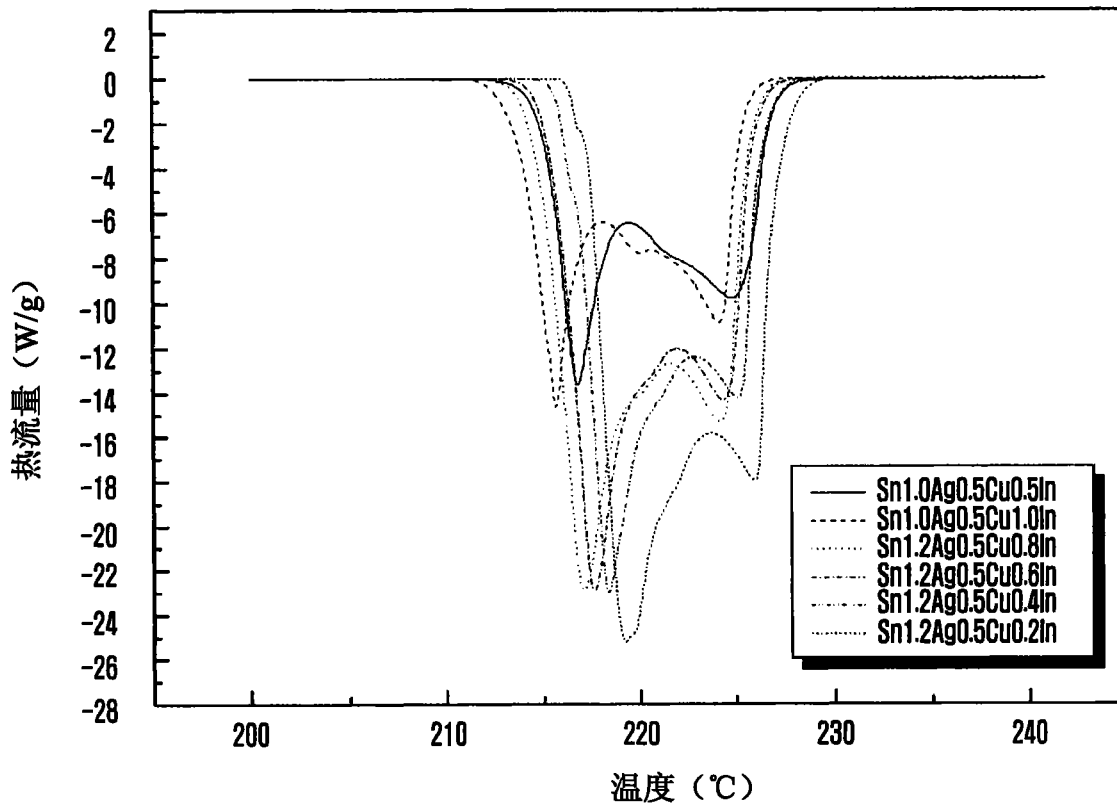


图 2

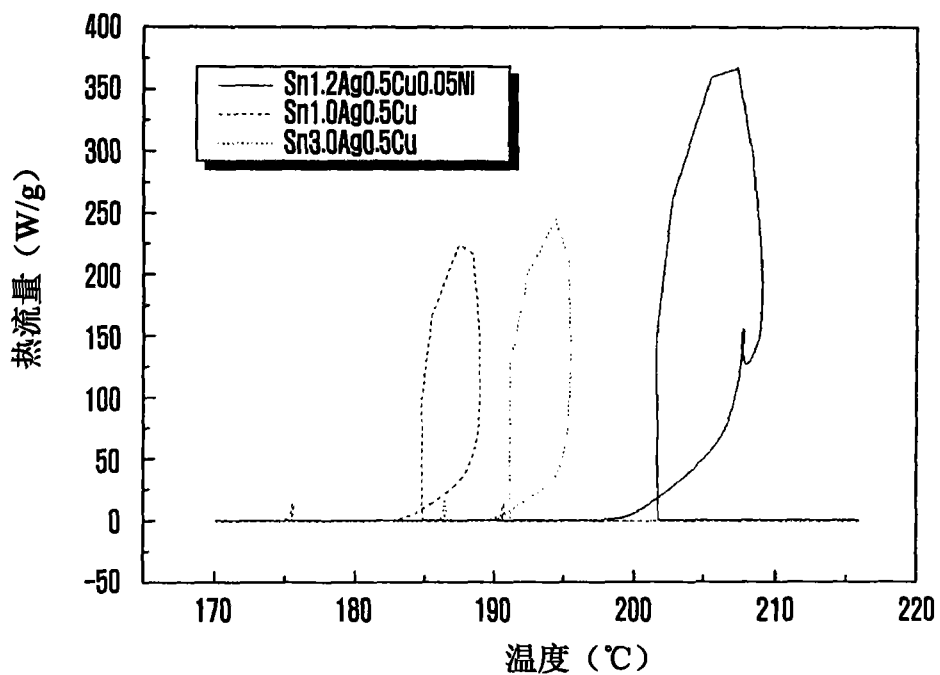


图 3

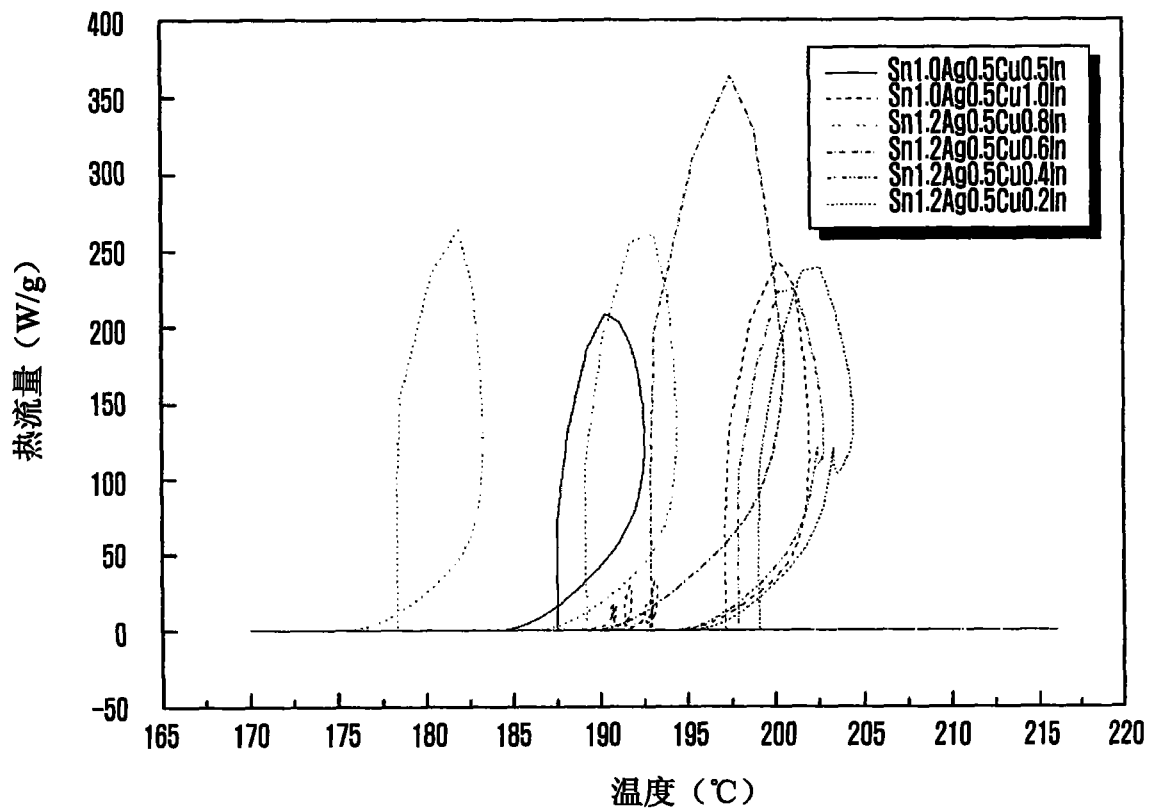


图 4

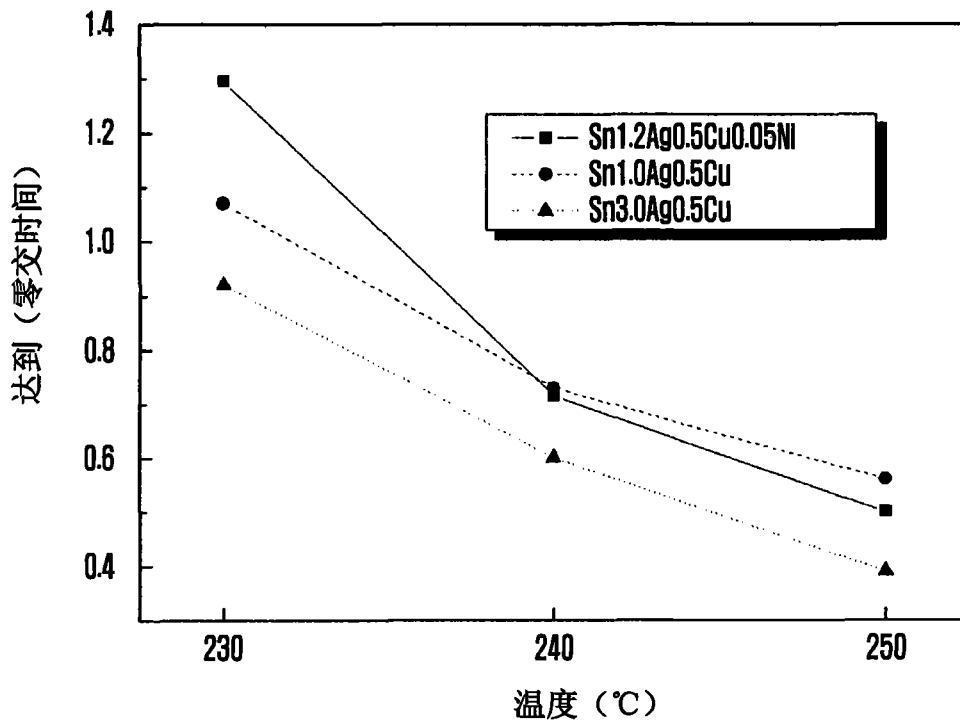


图 5

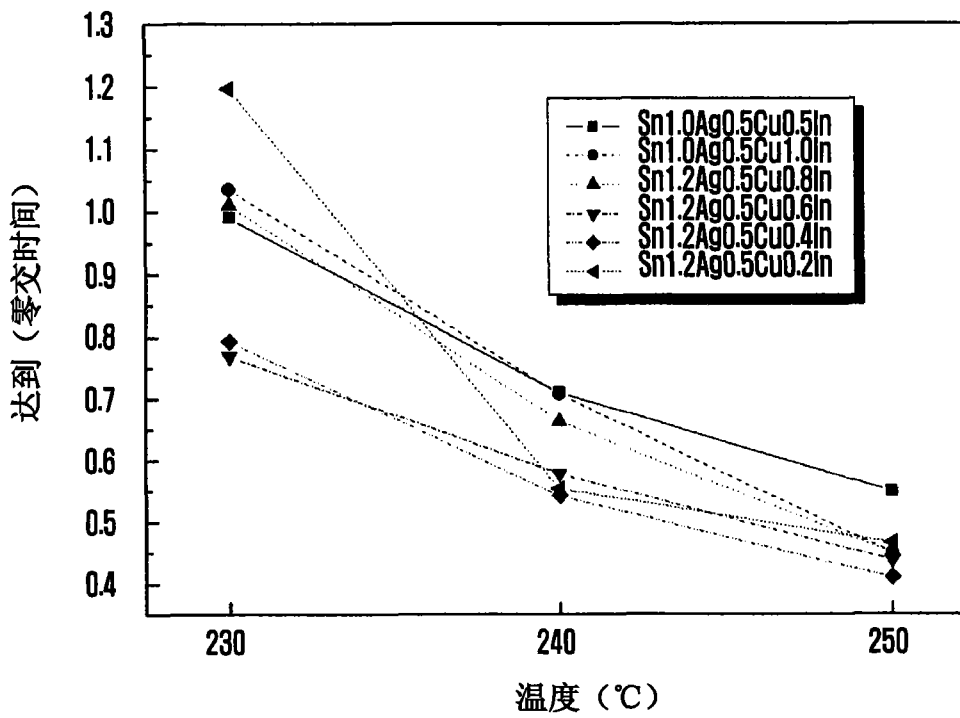


图 6

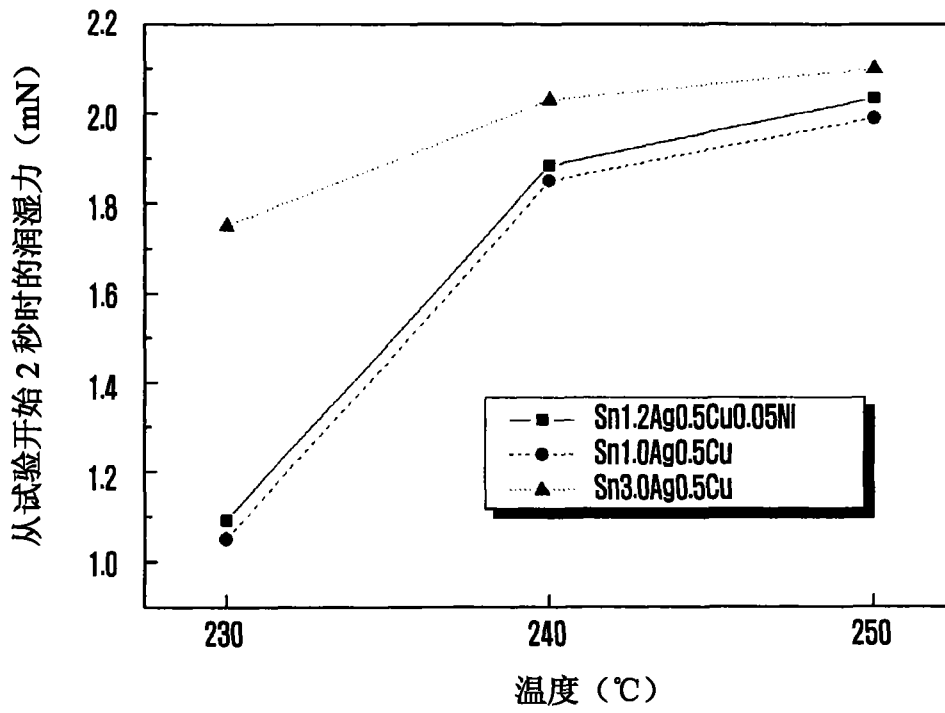


图 7

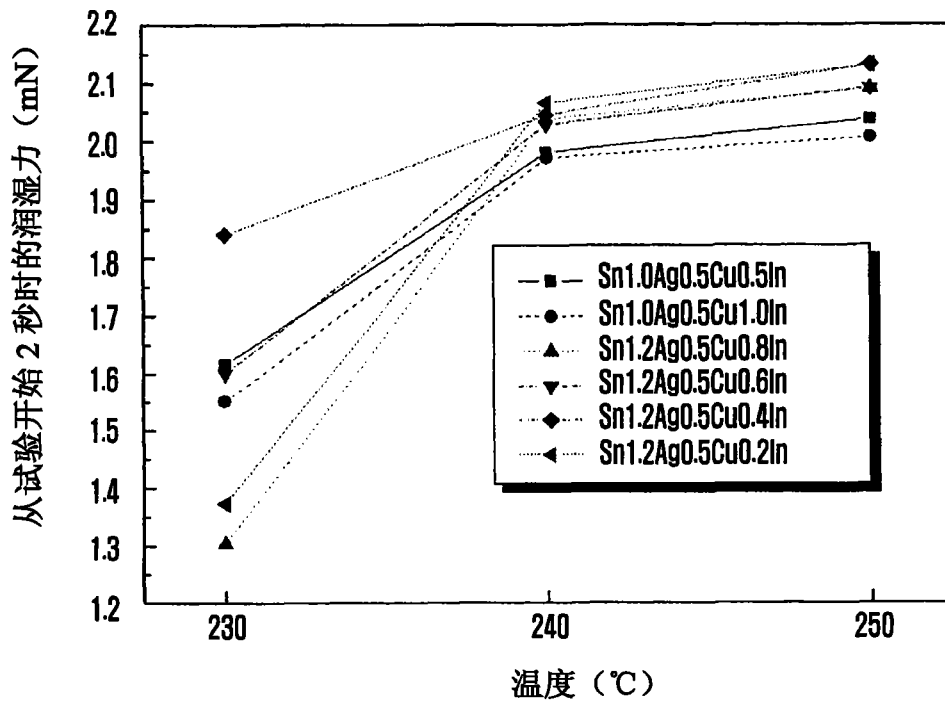


图 8



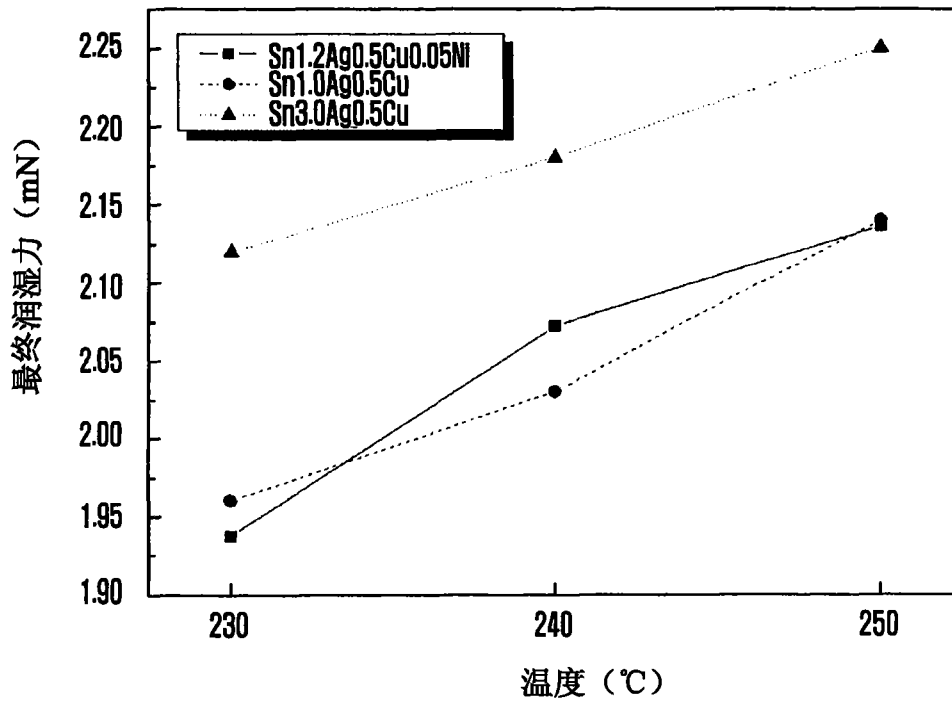


图 9

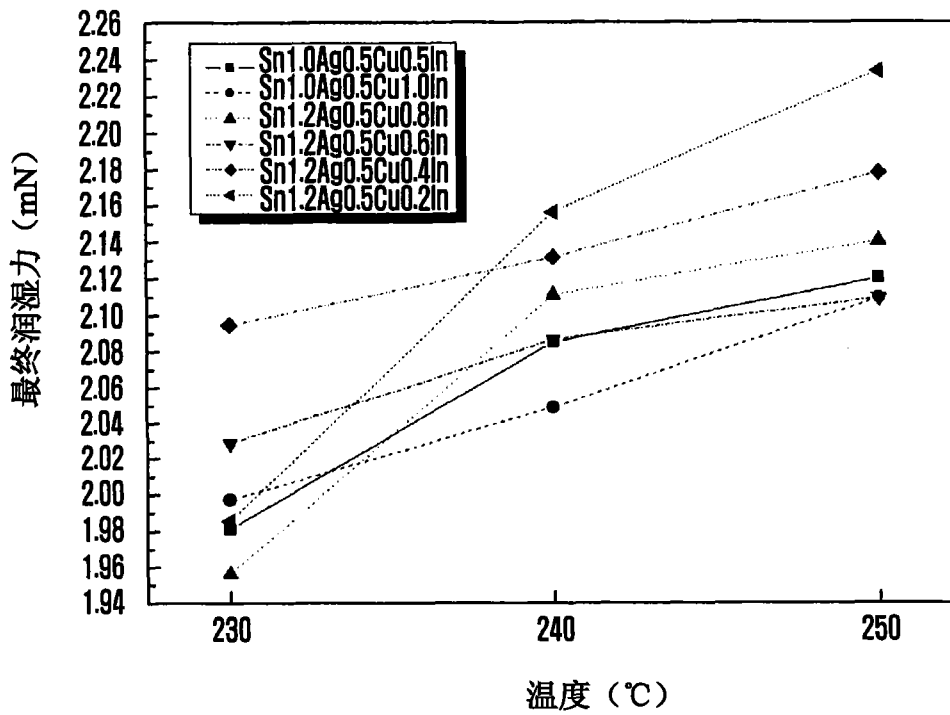


图 10

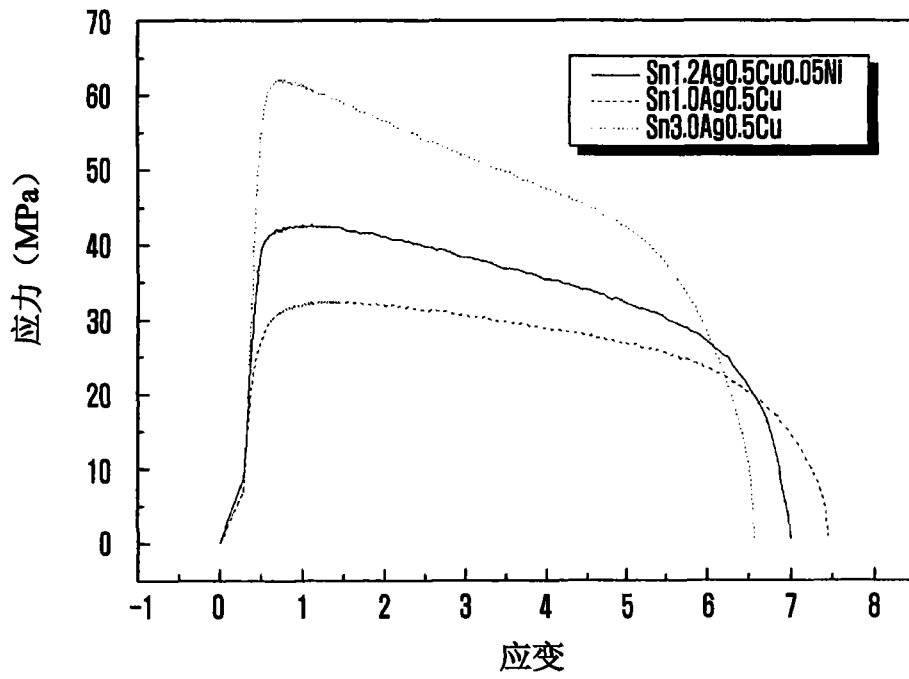


图 11

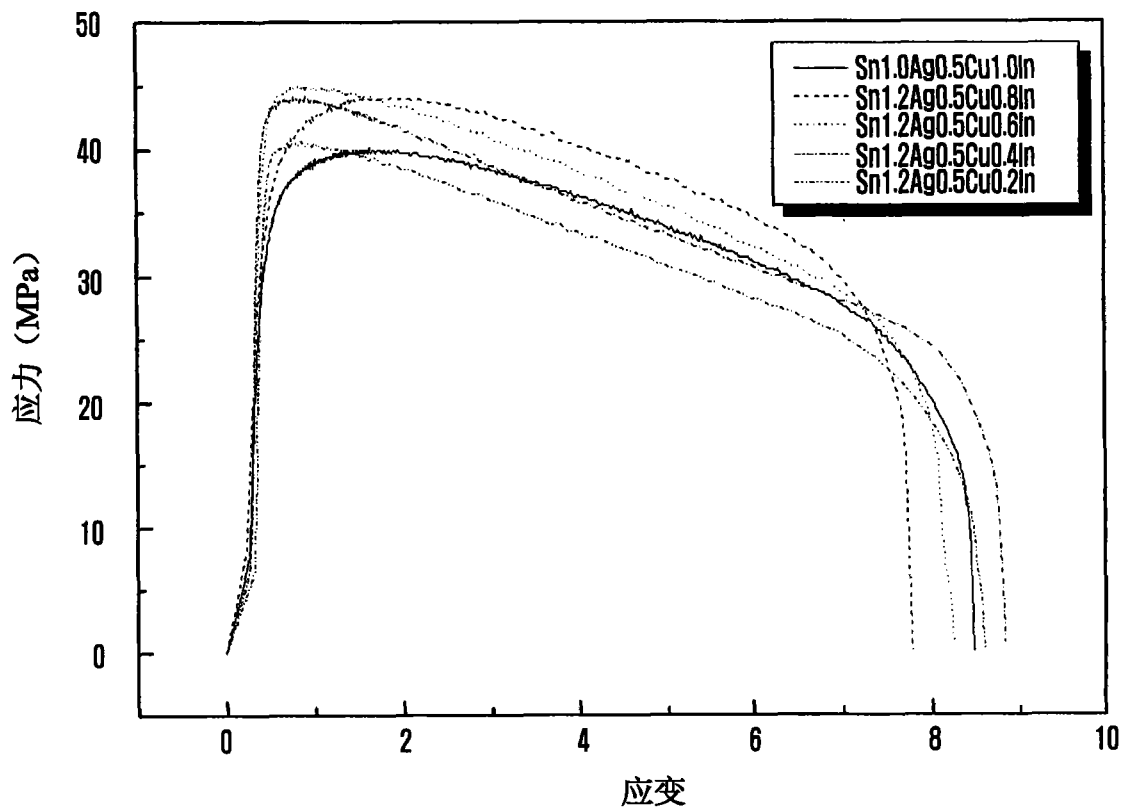


图 12

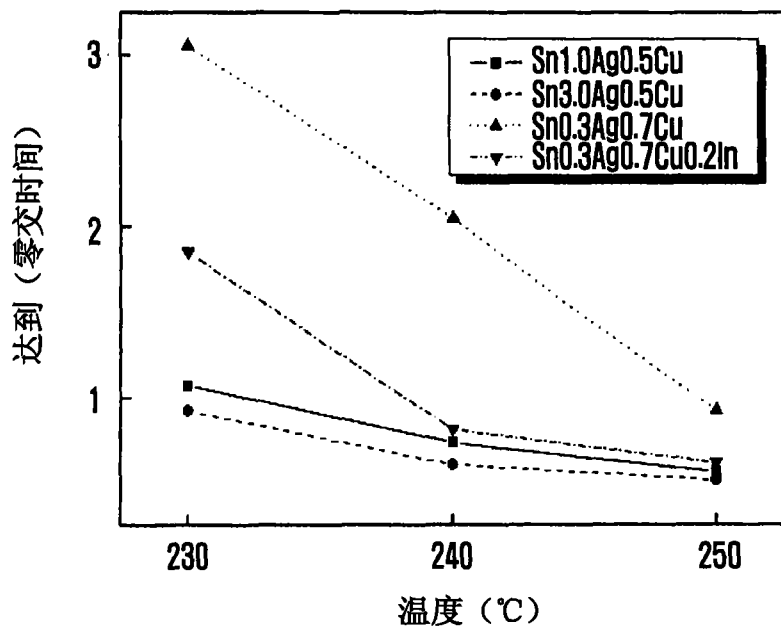


图 13

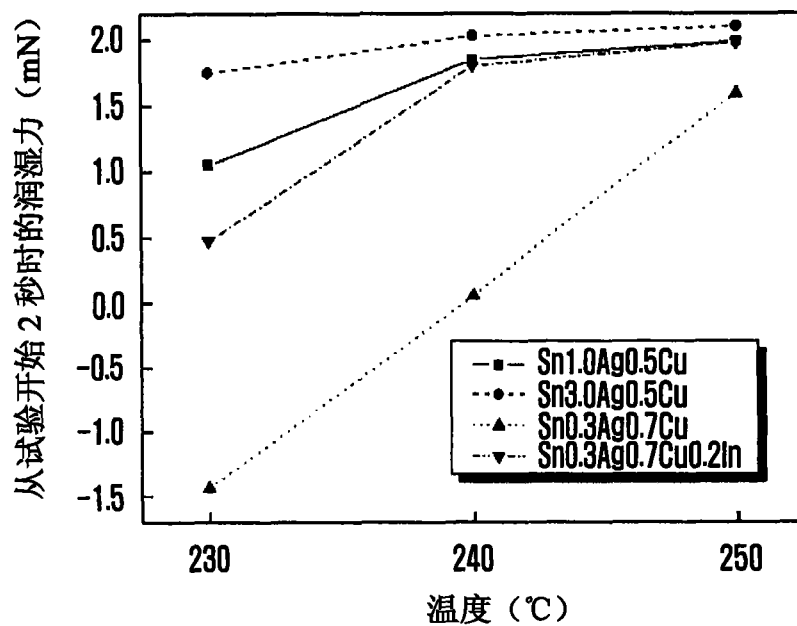


图 14

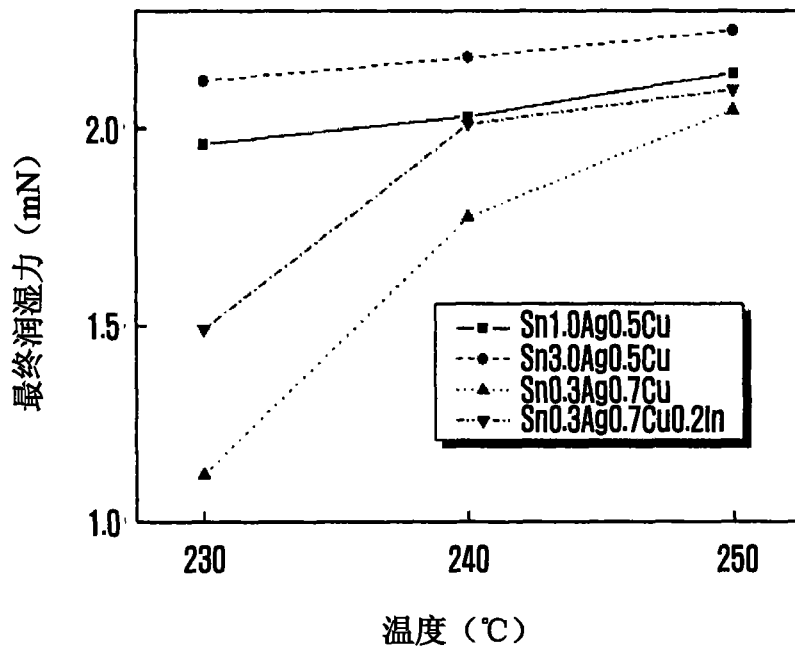


图 15