



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110430968 B

(45) 授权公告日 2021.07.16

(21) 申请号 201880018715.6

(22) 申请日 2018.03.30

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110430968 A

(43) 申请公布日 2019.11.08

(30) 优先权数据
2017-073270 2017.03.31 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2019.09.17

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2018/013555 2018.03.30

(87) PCT国际申请的公布数据
W02018/181873 JA 2018.10.04

(73) 专利权人 千住金属工业株式会社
地址 日本东京都

(72) 发明人 泉田尚子 吉川俊策 立花芳惠

(74) 专利代理机构 北京林达刘知识产权代理事
务所(普通合伙) 11277

代理人 刘新宇 李茂家

(51) Int.Cl.
B23K 35/26 (2006.01)
B23K 35/22 (2006.01)
C22C 13/02 (2006.01)

(56) 对比文件
WO 2014163167 A1, 2014.10.09
WO 2017018167 A1, 2017.02.02
CN 104507633 A, 2015.04.08
CN 106001978 A, 2016.10.12
JP 2015020182 A, 2015.02.02
JP 2016107343 A, 2016.06.20
WO 2015166945 A1, 2015.11.05
WO 2016179358 A1, 2016.11.10
WO 2016098358 A1, 2016.06.23

审查员 徐艳

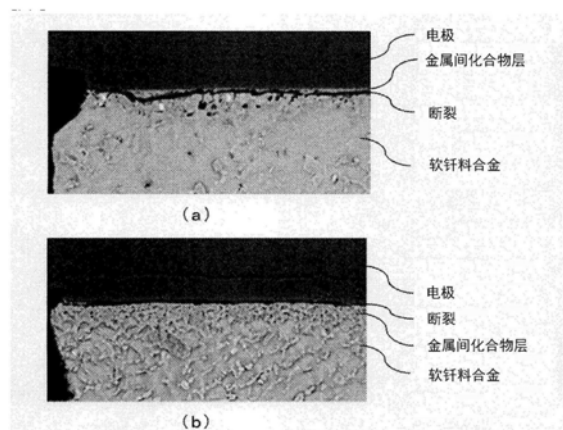
权利要求书1页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

软钎料合金、焊膏和钎焊接头

(57) 摘要

提供：软钎料合金的拉伸强度高、具有印刷基板与电子部件的接合部的优异的耐振动性，从而具备高的可靠性的软钎料合金、焊膏和钎焊接头。软钎料合金以质量%计为，Ag：1~4%、Cu：0.5~0.8%、Bi：超过4.8%且5.5%以下、Sb：超过1.5%且5.5%以下、Ni：0.01%以上且低于0.1%、Co：超过0.001%且0.1%以下、和余量由Sn组成。



1. 一种软钎料合金,其特征在於,具有如下合金组成:以质量%计,Ag:1~4%、Cu:0.5~0.8%、Bi:4.9%以上且5.5%以下、Sb:超过1.5%且5.5%以下、Ni:0.01%以上且低于0.1%、Co:超过0.001%且0.1%以下、和余量由Sn组成;

$$0.020\% \leq \text{Ni} + \text{Co} \leq 0.105\% \quad (1)$$

$$9.1\% \leq \text{Sb} + \text{Bi} \leq 10.4\% \quad (2)$$

$$4.05 \times 10^{-3} \leq (\text{Ni} + \text{Co}) / (\text{Bi} + \text{Sb}) \leq 1.00 \times 10^{-2} \quad (3)$$

所述(1)式~(3)式中,Ni、Co、Bi和Sb分别表示所述软钎料合金中的含量(质量%)。

2. 一种焊膏,其特征在於,具有权利要求1所述的软钎料合金。

3. 一种钎焊接头,其特征在於,具有权利要求1所述的软钎料合金。

软钎料合金、焊膏和钎焊接头

技术领域

[0001] 本发明涉及强度高、结合部的耐振动性优异的软钎料合金、焊膏和钎焊接头。

背景技术

[0002] 近年来,汽车的汽车电子化推进,逐渐由汽油车向混合动力车、电动汽车过渡。混合动力车、电动汽车搭载有电子部件被软钎焊在印刷基板上的车载电子电路。车载电子电路配置于振动环境较缓和的车室内,但根据用途的扩大而逐渐直接搭载于机房、传动装置的储油室内、进而机械装置上。

[0003] 如此,车载电子电路由于搭载区域的扩大而逐渐搭载在受到温差、冲击、振动等各种外界的负荷的部位。例如,对于搭载于机房的车载电子电路,在发动机工作时,有时被暴露于125℃以上的高温。另一方面,在发动机停止时,如果为寒冷区域,则被暴露于-40℃以下的低温。车载电子电路被暴露于这样的温差时,由于电子部件与印刷基板的热膨胀系数的差异而应力向接合部集中。因此,使用以往的Sn-3Ag-0.5Cu软钎料合金时,有接合部断裂的担心,研究了在温差急剧的环境下也抑制接合部的断裂的软钎料合金。

[0004] 例如专利文献1~5中公开了一种Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Ni-Co系软钎料合金。专利文献1记载的发明中,Sb为1.5%以下、或Sb为3.0%以上、且Bi为2.7%以下的合金组成中,对空隙发生的有无、Cu浸出、基于热循环试验的软钎料寿命进行了评价。专利文献2记载的发明中,对于Ni为0.1%以上、或Ni为0.04%、且Bi为3.2%的合金组成,对热循环试验前后的耐冲击性进行了评价。专利文献3记载的发明中,对于Bi为3.2%以下、或Bi为3.5%、且Co为0.001%的合金组成,对热循环后的钎焊接头的龟裂、空隙的有无进行了评价。专利文献4记载的发明中,对于Bi为3.2%以下的合金组成,对热循环后的钎焊接头的裂纹发生率进行了评价。专利文献5记载的发明中,对于Bi为4.8%以下的合金组成,对热循环后的填角部的龟裂的有无进行了评价。

[0005] 现有技术文献

[0006] 专利文献

[0007] 专利文献1:日本专利第5349703号公报

[0008] 专利文献2:日本专利第5723056号公报

[0009] 专利文献3:日本专利第6047254号公报

[0010] 专利文献4:国际公开第2014/163167号

[0011] 专利文献5:日本专利第6053248号公报

发明内容

[0012] 发明要解决的问题

[0013] 如此,专利文献1~5中记载的发明主要对暴露于机房等温差大的环境的车载电子电路用软钎料合金进行了评价。然而,随着车载电子电路的搭载区域扩大,除热循环特性之外,还需要改善耐冲击性、耐振动性,还需要着眼于这些特性的研究。上述文献中,专利文献

2中记载的发明对耐冲击性进行了评价,但作为评价方法,仅记载了从1m的高度落下5次而对落下冲击性进行评价。

[0014] 此处,由于汽车上搭载有悬架,因此,仅凭借在铺设道路、碎石路上行进,难以假定对汽车施加从1m落下那样的冲击的情况。因此,专利文献2中记载的落下冲击性的评价还认为假定汽车碰撞的情况。上述情况下,评价落下冲击性时,至少必须规定基板的面落下、角落下等,还必须规定落下地面的材质。然而,专利文献2中,如前述,仅规定了落下的高度和落下的次数,不得不说其评价本身是含糊不清的,不清楚假定是何种碰撞。即使为上述评价中判断为不是问题的合金组成,根据基板的面落下、角落下、或落下地面的材质而有时也会产生问题。因此,至少需要在规定了某种程度的评价基准下进行合金设计。

[0015] 另外,通常行进时向车体传递的振动与碰撞时的冲击相比,由1次的冲击所施加的载荷小,且施加载荷的次数多。因此,需要在接近于实际情况的评价条件下进行耐振动性的评价,并由上述专利文献1~5中公开的合金组成施加改良。

[0016] 进而,专利文献1~5中,如前述,主要进行了着眼于热循环特性的合金设计。对于暴露于热循环的车载电子电路,由于印刷基板与电子部件的热膨胀系数的差异而对接合部施加应力。另一方面,对车载电子电路施加振动的情况下,其应力跟热循环时产生的印刷基板、电子部件的伸缩所带来的应力不同,认为是接近于外界冲击的应力。即,热循环试验和振动试验的对接合部负荷的行为不同,因此,为了应对基板的搭载区域的扩大,需要适于其的合金设计。

[0017] 此外,为了避免车载电子电路的接合部不依赖于车载电子电路的搭载区域地断裂,还需要改善形成接合部的软钎料合金本身的强度。从该观点出发,也需要对公知的合金组成进行再研究。

[0018] 本发明的课题在于,提供:软钎料合金的拉伸强度高、具有印刷基板与电子部件的接合部的优异的耐振动性,从而具备高的可靠性的软钎料合金、焊膏和钎焊接头。

[0019] 用于解决问题的方案

[0020] 本发明人等,首先如上述,假定对接合部施加基于振动的负荷的情况,调查了用以以往的Sn-3Ag-0.5Cu软钎料合金接合了的接合部的破坏模式。对于该软钎料合金,可知,在电极与软钎料合金的界面处断裂。

[0021] 因此,本发明人等为了避免这样的破坏模式,在Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Ni-Co系软钎料合金中,着眼于Ni含量和Co含量,并对这些元素的含量详细进行了调查。其结果可知,它们在规定的范围内未见上述破坏模式,但向在金属间化合物层附近处的软钎料合金中的破坏模式过渡。即可知,调整了Ni含量和Co含量的合金组成中,由于破坏模式的过渡而关联耐振动性的改善。

[0022] 进而,本发明人等为了抑制软钎料合金中的裂纹的伸展,着眼于需要改善软钎料合金本身的强度。此处,专利文献1~5中,Sn-Ag-Cu-Bi-Sb-Ni-Co系软钎料合金的实施例中,仅公开了将Sb、Bi含量抑制为较低的合金组成。然而,近年来,车载电子电路的搭载区域扩大,因此,逐渐要求高于以往的软钎料合金的拉伸强度。

[0023] 因此,本发明人等在含有规定量的Ag和Cu的组成中,在对Ni含量和Co含量仔细进行了调整的基础上,为了改善软钎料合金本身的强度,增加Sb含量和Bi含量并进行了合金设计。其结果获得如下见解:金属间化合物层附近处的软钎料合金中的裂纹被抑制,耐振动

性改善,且软钎料合金的拉伸强度改善。

[0024] 根据上述研究,本发明人等得到了能充分应对基板的搭载区域的扩大的软钎料合金,但为了进一步改善可靠性而进行了研究。为了单纯地改善拉伸强度,假定仅凭借增加Sb和Bi的含量,Ni和Co的含量相对变少,因此,未见耐振动性的改善。因此,考虑拉伸强度与耐振动性的均衡性进一步详细进行了调查,结果获得如下见解:通过调整抑制印刷基板的电极与软钎料合金的界面处的断裂的Ni和Co的含量、抑制软钎料合金中的裂纹伸展的Bi和Sb的含量、和它们的均衡性,从而软钎料合金的拉伸强度和耐振动性改善,进一步体现高的可靠性。

[0025] 根据这些见解得到的本发明如下所述。

[0026] (1) 一种软钎料合金,其特征在于,具有如下合金组成:以质量%计,Ag:1~4%、Cu:0.5~0.8%、Bi:超过4.8%且5.5%以下、Sb:超过1.5%且5.5%以下、Ni:0.01%以上且低于0.1%、Co:超过0.001%且0.1%以下、和余量由Sn组成。

[0027] (2) 根据上述(1)中记载的软钎料合金,其中,合金组成满足下述(1)式~(3)式。

[0028] $0.020\% \leq \text{Ni} + \text{Co} \leq 0.105\%$ (1)

[0029] $9.1\% \leq \text{Sb} + \text{Bi} \leq 10.4\%$ (2)

[0030] $4.05 \times 10^{-3} \leq (\text{Ni} + \text{Co}) / (\text{Bi} + \text{Sb}) \leq 1.00 \times 10^{-2}$ (3)

[0031] (1)式~(3)式中,Ni、Co、Bi和Sb分别表示软钎料合金中的含量(质量%)。

[0032] (3)一种焊膏,其特征在于,具有上述(1)或上述(2)中记载的软钎料合金。

[0033] (4)一种钎焊接头,其特征在于,具有上述(1)或上述(2)中记载的软钎料合金。

附图说明

[0034] 图1示出钎焊接头的截面SEM照片,图1的(a)为由实施例1的合金组成形成的钎焊接头的截面SEM照片,图1的(b)为由比较例6的合金组成形成的钎焊接头的截面SEM照片。

[0035] 图2为示出(3)式与TS×振动次数的关系的图。

具体实施方式

[0036] 以下对本发明更详细地进行说明。本说明书中,涉及软钎料合金组成的“%”只要没有特别指定就是“质量%”。

[0037] 1. 软钎料合金

[0038] (1) Ag:1~4%

[0039] Ag改善软钎料的润湿性,另外,使Ag₃Sn的金属间化合物的网络状的化合物在软钎料基体中析出,形成析出强化型的合金,改善软钎料合金的拉伸强度。Ag含量低于1%时,软钎料的润湿性得不到改善。Ag含量的下限优选2.0%以上、更优选3.3%以上。

[0040] 另一方面,Ag含量超过4%时,由于以初晶的形式结晶的粗大的Ag₃Sn金属间化合物而耐振动性差。另外,液相线温度也上升。Ag含量的上限优选3.7%以下、更优选3.5%以下。

[0041] (2) Cu:0.5~0.8%

[0042] Cu改善软钎料合金的拉伸强度。Cu含量低于0.5%时,拉伸强度得不到改善。Cu的下限优选0.6%以上、更优选0.65%以上。

[0043] 另一方面,Cu含量超过0.8%时,由于以初晶的形式结晶的粗大的 Cu_6Sn_5 金属间化合物而耐振动性差。另外,液相线温度也上升。Cu的上限优选0.75%以下。

[0044] (3) Bi:超过4.8%且5.5%以下

[0045] Bi为改善软钎料合金的拉伸强度,从而改善耐振动性所需的元素。另外,即使含有Bi,也不妨碍后述的微细的SnSb金属间化合物的形成,可以维持析出强化型的软钎料合金。Bi含量为4.8%以下时,无法充分发挥上述效果。Bi含量的下限优选4.9%以上。

[0046] 另一方面,Bi含量超过5.5%时,软钎料合金的延性降低而变硬,耐振动性劣化。Bi含量的上限优选5.3%以下、更优选5.2%以下。

[0047] (4) Sb:超过1.5%且5.5%以下

[0048] Sb为侵入至Sn基体中的固溶强化型的元素,且为超过对Sn的固溶度极限量形成微细的SnSb金属间化合物的析出分散强化型的元素,为改善软钎料合金的拉伸强度从而改善耐振动性所需的元素。Sb含量为1.5%以下时,SnSb金属间化合物的析出变得不充分,无法发挥上述效果。Sb含量的下限优选1.6%以上、更优选3.0%以上、进一步优选4.8%以上。

[0049] 另一方面,Sb含量超过5.5%时,软钎料合金变硬,有耐振动性劣化的担心。Sb含量的上限优选5.3%以下、更优选5.2%以下。

[0050] (5) Ni:0.01%以上且低于0.1%

[0051] Ni均匀地分散于电极与软钎料合金的接合界面附近处析出的金属间化合物中,改性金属间化合物层,抑制电极与软钎料合金的接合界面处的断裂。由此,破坏模式向金属间化合物层附近处的软钎料合金中的破坏模式过渡。Ni含量低于0.01%时,无法发挥上述效果。Ni含量的下限优选0.02%以上、更优选0.03%以上。

[0052] 另一方面,Ni含量为0.1%以上时,软钎料合金的熔点变高,必须变更软钎料接合时的温度设定。Ni含量的上限优选0.09%以下、更优选0.05%以下。

[0053] (6) Co:超过0.001%且0.1%以下

[0054] Co为提高前述Ni的效果所需的元素。Co含量为0.001%以下时,无法发挥上述效果。Co含量的下限优选0.002%以上、更优选0.004%以上。

[0055] 另一方面,Co含量超过0.1%时,软钎料合金的熔点变高,必须变更软钎料接合时的温度设定。Co含量的上限优选0.05%以下、更优选0.012%以下。

[0056] (7) $0.020\% \leq \text{Ni} + \text{Co} \leq 0.105\%$ (1)

[0057] 本发明的软钎料合金中,需要抑制的是,作为钎焊接头的破坏模式的不优选的方式、即与电极的接合界面处的断裂。为了充分发挥该效果,Ni和Co的合计量的下限优选0.020%以上、更优选0.042%以上。

[0058] 为了抑制熔点的上升、在以往的回流焊条件下能进行钎焊接头的形成,上限优选0.105%以下、更优选0.098%以下、进一步优选0.09%以下、特别优选0.050%以下。

[0059] 上述(1)式中,Ni和Co分别表示软钎料合金中的含量(质量%)。

[0060] (8) $9.1\% \leq \text{Sb} + \text{Bi} \leq 10.4\%$ (2)

[0061] 对于本发明的软钎料合金,通过增加Sb和Bi的合计量,从而软钎料合金中的裂纹伸展被抑制,软钎料合金的拉伸强度改善,耐振动性进一步改善。为了充分发挥该效果,Sb和Bi的合计量的下限优选9.1%以上、更优选9.6%以上、进一步优选9.7%以上、特别优选超过9.8%。

[0062] 从软钎料合金不过度变硬、抑制软钎料合金中的裂纹伸展的观点出发,上限优选10.4%以下、更优选10.0%以下。

[0063] 上述(2)式中,Bi和Sb分别表示软钎料合金中的含量(质量%)。

[0064] (9) $4.05 \times 10^{-3} \leq (\text{Ni}+\text{Co}) / (\text{Bi}+\text{Sb}) \leq 1.00 \times 10^{-2}$ (3)

[0065] 本发明的软钎料合金中,从进一步充分应对基板的搭载区域的扩大的观点出发,优选保持拉伸强度与耐振动性的均衡性。Bi和Sb的含量不过度增加时,相对于Bi和Sb的含量,Ni和Co的含量不相对变少,软钎料合金的拉伸强度不过度变高。与此相对,Ni和Co含量为适量时,电极与软钎料合金的界面处的破坏被抑制,软钎料合金的熔点的上升被抑制,可以没有问题地进行软钎焊,耐振动性的劣化被抑制。如此认为,在抑制软钎料合金的熔点的上升的基础上,调整抑制印刷基板与软钎料合金的界面处的断裂的Ni和Co的含量的合计、跟改善拉伸强度而抑制软钎料合金中的裂纹伸展的Bi和Sb的含量的合计的均衡性,从而可以得到进一步高的可靠性。

[0066] 因此,在上述(1)式和(2)式的基础上,期望进一步满足(3)式。

[0067] 为了发挥满足上述(3)式的效果,(3)式的下限优选 4.05×10^{-3} 以上、更优选 4.20×10^{-3} 以上。另外,(3)式的上限优选 1.00×10^{-2} 以下、更优选 9.8×10^{-3} 以下、特别优选 9.0×10^{-3} 以下、最优选 5.5×10^{-3} 以下。

[0068] 上述(3)式中,Ni、Co、Bi和Sb分别表示软钎料合金中的含量(质量%)。

[0069] (10) 余量:Sn

[0070] 本发明的软钎料合金的余量为Sn,除前述元素之外也可以含有不可避免的杂质。含有不可避免的杂质的情况下,也不对前述效果造成影响。

[0071] 2. 焊膏

[0072] 本发明的焊膏为具有上述合金组成的软钎料粉末与助焊剂的混合物。本发明中使用的助焊剂只要能通过常规方法进行软钎焊就没有特别限制。因此,只要使用适宜配混有一般使用的松香、有机酸、活性剂、以及溶剂的物质即可。本发明中金属粉末成分与助焊剂成分的配混比率没有特别限制,优选金属粉末成分:80~90质量%、助焊剂成分:10~20质量%。

[0073] 3. 钎焊接头

[0074] 本发明的钎焊接头适合用于半导体封装体中的IC芯片与其基板(插入器)的连接、或半导体封装体与印刷电路板的连接。此处,“钎焊接头”是指,电极的接合部。

[0075] 4. 其他

[0076] 本发明的软钎料合金的制造方法只要依据常规方法进行即可。

[0077] 使用本发明的软钎料合金的接合方法只要使用例如回流焊法依据常规方法进行即可。另外,使用本发明的软钎料合金进行接合的情况下,考虑凝固时的冷却速度时,可以进一步使组织微细。例如以 $2 \sim 3^\circ\text{C}/\text{s}$ 以上的冷却速度将钎焊接头冷却。其他接合条件可以根据软钎料合金的合金组成而适宜调整。

[0078] 而且,本发明的无铅软钎料的形状不仅可以作为焊膏使用,还可以作为球状、粒料或垫圈等形状的软钎料预成型坯、线软钎料、包芯软钎料使用。

[0079] 本发明的软钎料合金通过使用低 α 线材作为其原材料,从而可以制造低 α 线合金。这样的低 α 线合金用于存储器周边的焊料凸块的形成时,能抑制软错误。

[0080] 实施例

[0081] 使用包含表1所示的合金组成的软钎料合金,将印刷基板与电子部件接合,对耐振动性进行评价。另外,对包含表1所示的合金组成的软钎料合金的拉伸强度进行评价。对各评价方法,以下进行说明。

[0082] 1.耐振动性

[0083] (1)焊膏的制作

[0084] 将平均粒径为20 μ m的具有表1中记载的软钎料合金组成的软钎料合金粉末与公知的糊剂状松香系助焊剂混合,制作焊膏。以助焊剂含量相对于焊膏整体的质量成为12质量%的方式进行调整。

[0085] (2)钎焊接头的形成

[0086] 用下述金属掩模,将上述焊膏印刷在下述基板上,在印刷后的基板上搭载3个下述LGA。之后,在下述回流焊条件下进行软钎焊,形成钎接头。

[0087] • LGA

[0088] 封装体外径:12.90mm \times 12.90mm

[0089] 表面处理:电解Ni/Au

[0090] 总电极数:345引脚(pin)

[0091] 电极间距(电极中心间):0.5mm间距

[0092] 阻焊剂开口部: ϕ 0.23mm

[0093] 电解Ni/Au焊盘(land)直径: ϕ 0.25mm

[0094] • 基板

[0095] 安装基板:132mm \times 77mm

[0096] 基板表面处理:Cu-OSP

[0097] 使用基材:FR-4

[0098] 层构成:两面基板

[0099] 线膨胀系数:基板厚:1.0mm

[0100] 阻焊剂开口部: ϕ 0.40mm

[0101] 电解Ni/Au焊盘直径: ϕ 0.28mm

[0102] • 金属掩模

[0103] 掩模厚度:120 μ m

[0104] 开口直径: ϕ 0.28mm

[0105] • 回流焊条件

[0106] 预热温度:130~170 $^{\circ}$ C

[0107] 预热时间:100秒

[0108] 预热温度至熔融温度的升温速度:1.6 $^{\circ}$ C/秒

[0109] 熔融时间(220 $^{\circ}$ C以上的温度):35秒

[0110] 峰温度:243 $^{\circ}$ C

[0111] 峰温度至150 $^{\circ}$ C的冷却速度:2.4 $^{\circ}$ C/秒

[0112] (3)振动试验

[0113] 振动试验中使用下述构成的EMIC CORPORATION制振动试验装置。

[0114] 低温恒温槽:VC-082BAFX (32) P3T

[0115] CUBE型夹具(200mm×200mm):JSA-150-085

[0116] 配置于CUBE型夹具的加速度传感器:731-B型

[0117] 预充电放大器:504-E-2

[0118] 配置于基板的加速度传感器:710-D型

[0119] 将搭载有LGA的基板固定在CUBE型夹具的上面,在所固定的基板上安装加速度传感器(710-D型)。

[0120] 上述振动试验装置如下进行控制:用预充电放大器,边测定来自基板的加速度传感器的信号,边进行控制使得来自CUBE型夹具的加速度传感器的信号显示规定值。通过该控制,可以得到期望的加速度和共振频率。

[0121] 本实施例中,以20G(共振频率:166.32Hz)的加速度振动CUBE型夹具,从而以223G(共振频率:166.32Hz)的加速度振动基板。测量各LGA的电阻值从初始值上升了20%时的振动次数。本实施例中,振动次数为30万次以上的情况下,判断为实用上没有问题的水平。

[0122] 2. 拉伸强度

[0123] 依据JISZ3198-2测定拉伸强度。将表1中记载的各软钎料合金浇铸至模具,制作标距长为30mm、直径为8mm的试验片。对制作好的试验片利用Instron公司制的Type5966在室温下、以6mm/分钟的冲程进行拉伸,测量试验片断裂时的强度。本实施例中,拉伸强度为80MPa以上且120MPa以下的情况下,判断为实用上没有问题的水平。将结果示于表1。

[0124] [表1]

[0125]

	软钎料组成 (质量%)								Sb+Bi	Ni+Co	(Ni+Co)/(Sb+Bi)	振动次数 (循环)	拉伸强度 (@RT) (MPa)	振动次数X 拉伸强度 (MPa*循环)
	Sn	Ag	Cu	Sb	Bi	Ni	Co							
实施例1	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0.04	0.008	10.0	0.048	4.800E-03	1.2E+06	107	1.31E+08	
实施例2	余量	3.4	0.5	5.0	5.0	0.04	0.008	10.0	0.048	4.800E-03	1.2E+06	103	1.22E+08	
实施例3	余量	3.4	0.7	1.6	5.0	0.04	0.008	6.6	0.048	7.273E-03	1.0E+06	93	9.62E+07	
实施例4	余量	3.4	0.7	5.5	5.0	0.04	0.008	10.5	0.048	4.571E-03	9.2E+05	108	9.97E+07	
实施例5	余量	3.4	0.7	5.0	4.9	0.04	0.008	9.9	0.048	4.848E-03	1.2E+06	103	1.26E+08	
实施例6	余量	3.4	0.7	5.0	5.5	0.04	0.008	10.5	0.048	4.571E-03	3.7E+05	109	4.04E+07	
实施例7	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0.01	0.008	10.0	0.018	1.800E-03	6.5E+05	114	7.36E+07	
实施例8	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0.09	0.008	10.0	0.098	9.800E-03	3.8E+05	107	4.12E+07	
实施例9	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0.04	0.002	10.0	0.042	4.200E-03	1.2E+06	107	1.25E+08	
实施例10	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0.04	0.05	10.0	0.09	9.000E-03	7.2E+05	112	8.07E+07	
比较例1	余量	3.5	0.7	5.0	5.0	0.1	0.005	10.0	0.105	1.050E-02	8.7E+04	107	9.29E+06	
比较例2	余量	3.4	0.7	2.0	1.5	0.04	0.008	3.5	0.048	1.371E-02	2.9E+05	78	2.24E+07	
比较例3	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0	0.008	10.0	0.008	8.000E-04	1.6E+05	115	1.79E+07	
比较例4	余量	3.4	0.7	5.0	5.0	0.04	0	10.0	0.040	4.000E-03	2.3E+05	106	2.50E+07	
比较例5	余量	3.4	0.7	7.0	7.0	0.04	0.008	14.0	0.048	3.429E-03	3.7E+04	123	4.54E+06	
比较例6	余量	3.0	0.5	0	0	0	0	0.0	0.000	-	7.5E+03	53	3.97E+05	

下划线表示在本发明的保护范围之外。

[0126] 如表1所示那样,实施例1中,得到了拉伸强度均超过80MPa、振动次数也均超过30万循环(cycle)的结果。

[0127] 另一方面,比较例1中,Ni含量多、熔点上升,因此,在上述回流焊条件下,软钎料接合不充分,振动次数差。比较例2的Bi含量少,拉伸强度和振动次数差。

[0128] 比较例3中,由于不含有Ni,因此,在软钎料合金与电极的界面发生断裂,振动次数差。比较例4中,由于不含有Co,因此,在软钎料合金与电极的界面发生断裂,振动次数差。比较例5中,Sb和Bi含量多,体现高的拉伸强度,振动次数差。比较例6中,由于不含有Ni和Co,

因此,在软钎料合金与电极的界面处发生断裂,振动次数差。另外,由于不含有Sb和Bi,因此,软钎料合金的拉伸强度也差。

[0129] 为了由表1的结果明确本发明的效果,利用图1和2进一步进行说明。

[0130] 图1示出钎焊接头的截面SEM照片,图1的(a)为由实施例1的合金组成形成的钎焊接头的截面SEM照片,图1的(b)为由比较例6的合金组成形成的钎焊接头的截面SEM照片。需要说明的是,图1的(a)中,持续振动试验直至截面断裂,之后拍摄了截面的SEM照片。可知,含有规定量的Ni和Co的实施例1中,金属间化合物层附近处的软钎料合金中发生断裂,而不含有Ni和Co的比较例6中,在电极与软钎料合金的界面处发生断裂。如此可知,通过含有规定量的Ni和Co,从而破坏模式过渡。

[0131] 图2为示出(3)式与拉伸强度×振动次数的关系的图。图2中,从表1提取了满足(1)式和(2)式的合金组成。由图2可知,实施例在(3)式的范围内均示出拉伸强度×振动次数为 4.0×10^7 以上的值,因此,拉伸强度与振动次数的均衡性良好,体现优异的可靠性。特别是,满足式(1)~(3)的实施例1、2、5和9中,拉伸强度×振动次数示出 1.2×10^8 以上的值,因此可知,具有优异的拉伸强度与振动次数的均衡性,具有高的可靠性。

[0132] 由以上,本发明的软钎料合金的拉伸强度高、耐振动性优异,因此,可以适合用于车载电子电路等振动传递的部位中使用的电路。

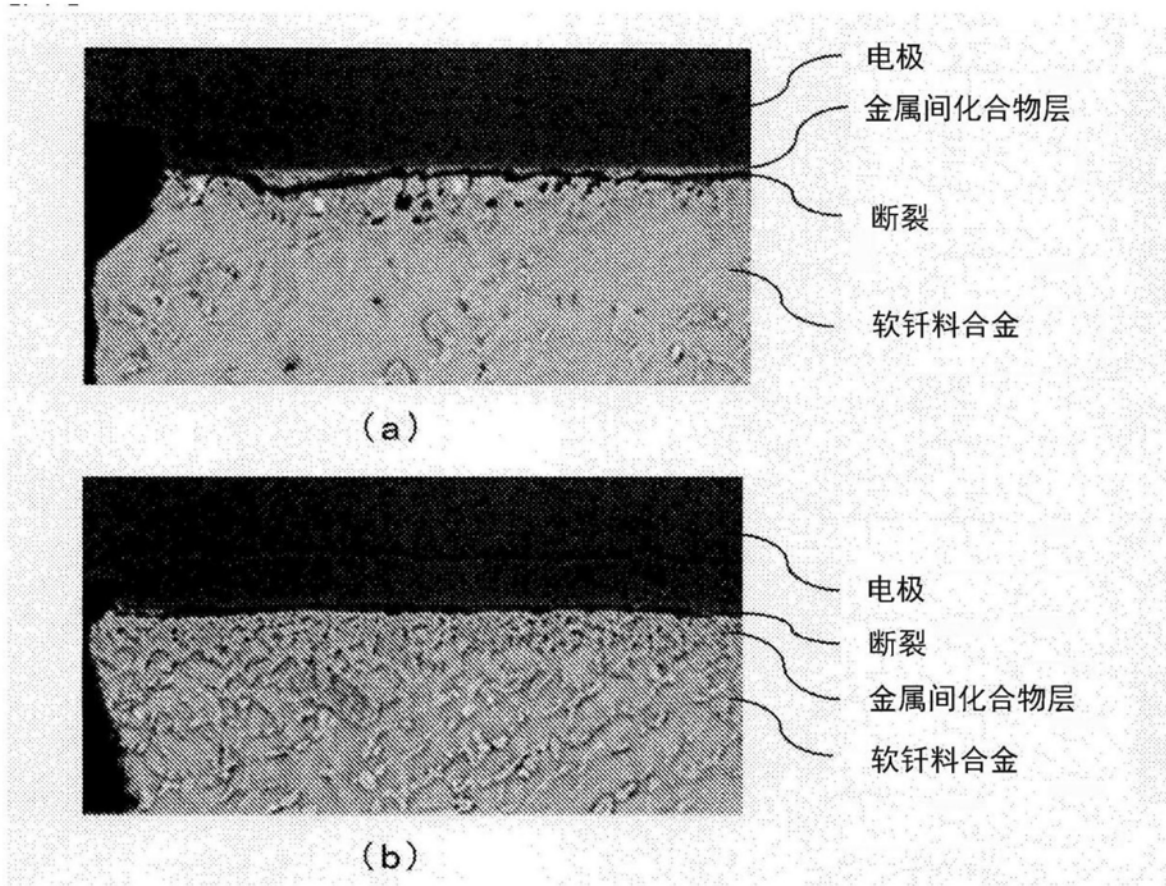


图1

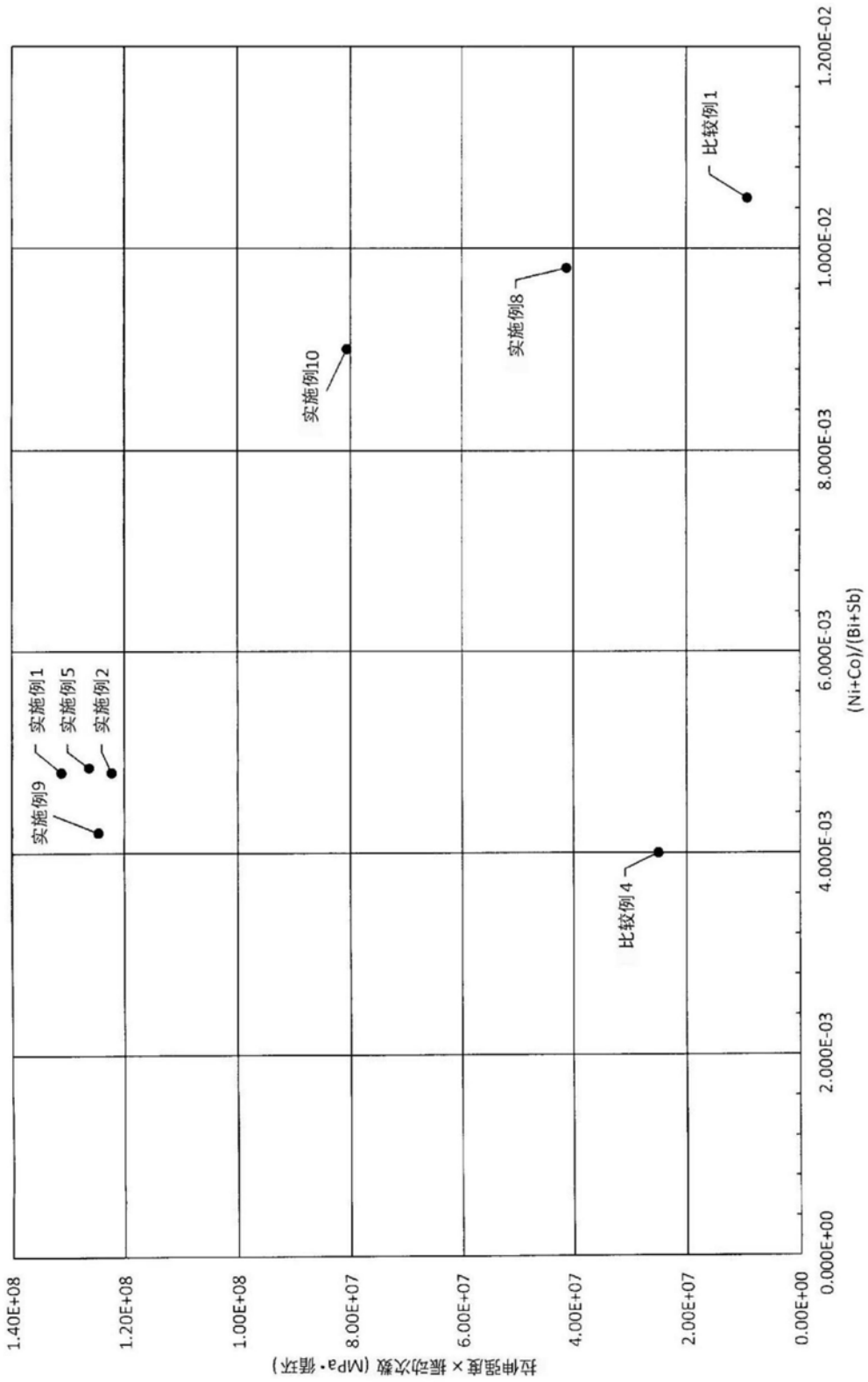


图2