



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119343201 A

(43) 申请公布日 2025. 01. 21

(21) 申请号 202280096842.4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2022.06.20

B23K 35/26 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2024.12.06

G22C 13/00 (2006.01)

B23K 35/14 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2022/024565 2022.06.20

(87) PCT国际申请的公布数据
W02023/248302 JA 2023.12.28

(71) 申请人 三菱电机株式会社
地址 日本

(72) 发明人 山崎浩次

(74) 专利代理机构 中国贸促会专利商标事务所
有限公司 11038
专利代理师 贾成功

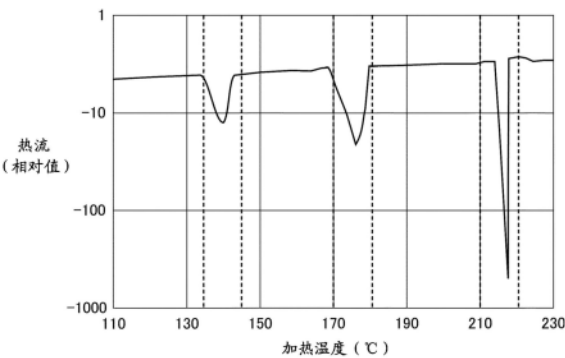
权利要求书1页 说明书8页 附图5页

(54) 发明名称

焊料接合构件、半导体装置、焊料接合方法及半导体装置的制造方法

(57) 摘要

焊料接合构件(4),为将第1对象物(2)与第2对象物(3)接合的焊料接合构件(4),包含:作为主成分的Sn、3质量%以上且不到4质量%的Ag、0.5质量%以上且不到1.0质量%的Cu、2.5质量%以上且不到4质量%的Bi、及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb,具有:包含Sn、Ag及Cu、具有210°C以上且不到220°C的熔点的主相(12);将上述主相(12)的至少一部分被覆、具有135°C以上且不到145°C的熔点的Sn-Bi合金相(10);和将上述Sn-Bi合金相(10)的至少一部分被覆、具有170°C以上且不到180°C的熔点的Sn-Bi-Sb合金相(11)。



1. 一种焊料接合构件,其为将第1对象物与第2对象物接合的焊料接合构件,其中,包含作为主成分的Sn、3质量%以上且不到4质量%的Ag、0.5质量%以上且不到1.0质量%的Cu、2.5质量%以上且不到4质量%的Bi、及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb,具有:
包含Sn、Ag及Cu、具有210°C以上且不到220°C的熔点的主相;
将所述主相的至少一部分被覆、具有135°C以上且不到145°C的熔点的Sn-Bi合金相;和
将所述Sn-Bi合金相的至少一部分被覆、具有170°C以上且不到180°C的熔点的Sn-Bi-Sb合金相。
2. 根据权利要求1所述的焊料接合构件,其还包含0.1质量%以上且不到1质量%的In。
3. 根据权利要求1或2所述的焊料接合构件,其中,第1对象物为基板,第2对象物为半导体元件。
4. 一种半导体装置,其具备基板和半导体元件,
所述基板与所述半导体元件介由权利要求1~3中任一项所述的焊料接合构件而被接合。
5. 一种焊料接合方法,其为将第1对象物与第2对象物接合的焊料接合方法,
包含加热工序,其中,将焊料片在被夹持于所述第1对象物与所述第2对象物之间的状态下进行加热,所述焊料片包含作为主成分的Sn、3质量%以上且不到4质量%的Ag、0.5质量%以上且不到1.0质量%的Cu、2.5质量%以上且不到4质量%的Bi、及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb,
在所述加热工序中,加热温度为220°C以上且不到230°C,加热时间为10分钟以上且不到20分钟。
6. 根据权利要求5所述的焊料接合方法,其中,所述焊料片中所含的氧的总量为大于0ppm且不到500ppm。
7. 根据权利要求5或6所述的焊料接合方法,其中,第1对象物为基板,第2对象物为半导体元件。
8. 一种半导体装置的制造方法,其为具备基板与半导体元件的半导体装置的制造方法,
包含:使用权利要求7所述的焊料接合方法来将所述基板与所述半导体元件接合的工序。

焊料接合构件、半导体装置、焊料接合方法及半导体装置的制造方法

技术领域

[0001] 本公开涉及焊料接合构件、半导体装置、焊料接合方法及半导体装置的制造方法。

背景技术

[0002] 近年来,对于包含半导体元件和电路基板的半导体装置,可靠性的要求越来越高。在半导体装置中,特别是对于半导体元件与电路基板的接合部(接合体),由于两者的热膨胀系数差大、容易产生缺陷,因此需要可靠性的提高。

[0003] 另一方面,为了减轻环境负荷,作为用于这样的接合部的接合的焊料,不含作为环境管制对象物质的铅(Pb)的无铅焊料的采用在进行。作为以往的代表性的无铅焊料,已知具有Sn-3Ag-0.5Cu(wt%)的组成的焊料(Sn-3Ag-0.5Cu焊料)。

[0004] Sn-3Ag-0.5Cu焊料的熔点为220°C。为了使该无铅焊料熔融而提高流动性(在被接合面润湿扩展),需要将加热温度提高到比熔点高30°C的250°C左右。在其后的冷却时,由于热收缩,被接合构件翘曲,或者积蓄高残留应力。因此,在冷却后的接合可靠性评价(热循环试验、动力循环试验)中,应力被释放,早期在焊料接合部容易产生裂纹。

[0005] 为了减小这样的焊料接合后的残留应力,在上述Sn-3Ag-0.5Cu焊料中,添加具有降低熔点的效果的Bi、In等。

[0006] 例如,在专利文献1(日本特开2002-120085号公报)中,公开有如下的焊料合金:无铅焊料合金具有比215°C低的熔解温度,实质上由76~96%的锡、0.2~2.5%的铜、2.5~4.5%的银、和大于0且12%以下的铋构成。记载:由此,能够提供具有可用于主流的电子制造的适度的熔解温度的范围(175~210°C)、带来高强度和高疲劳阻力的无铅焊料。

[0007] 另外,在专利文献2(日本特开2018-149558号公报)中,公开有如下的无铅焊料合金:其包含1质量%以上且4质量%以下的Ag、0.1质量%以上且1质量%以下的Cu、1.5质量%以上且5质量%以下的Sb、和1质量%以上且6质量%以下的In,剩余部分由Sn构成。另外,还公开:除了上述组成以外,还含有1质量%以上且5.5质量%以下的Bi。

[0008] 予以说明,在专利文献2中,对于具体的回流条件(温度分布),公开有:预热为170°C至190°C、110秒,峰值温度为245°C,200°C以上的时间为65秒,220°C以上的时间为45秒,从峰值温度到200°C的冷却速度为3~8°C/秒。

[0009] 现有技术文献

[0010] 专利文献

[0011] 专利文献1:日本特开2002-120085号公报

[0012] 专利文献2:日本特开2018-149558号公报

发明内容

[0013] 发明要解决的课题

[0014] 在专利文献1及专利文献2中,没有关注焊料接合后的接合部的组织(构成),存在

实际的使用上的问题。

[0015] 具体地,在被接合面,作为焊料的主成分的Sn形成金属间化合物。在该金属间化合物与其周围的界面的附近,局部地相对于主成分的Sn,相对地其他添加元素被浓缩,形成具有与使用前的焊料单质的熔点不同的熔点的相。例如,在其他添加元素为Bi的情况下,形成Sn-Bi共晶相(熔点140°C)。因此,在焊料接合后的凝固收缩时,首先主相凝固后,具有比其低的熔点的相(例如Sn-Bi相)凝固。由于这样的凝固的时机的偏离,产生缩孔(凝固过程中产生的裂纹这样的缝隙)、热收缩导致的应力等,因此作为被接合构件的半导体元件有可能破损。

[0016] 另外,如果在焊料接合后在被接合构件(半导体元件或基板)产生翘曲、凹凸等,则半导体元件的电特性在每个焊料接合部变化,存在电机设计上的问题。进而,如果在半导体元件中产生凹凸,则在其后的引线接合工序(电配线)时,对半导体元件施加引线接合时的应力,也有可能半导体元件裂纹或者发生引线接合不良。

[0017] 予以说明,在专利文献1及专利文献2中,In的添加具有使焊料的熔点降低的效果。但是,In是容易氧化的金属,因此如果焊料大量地包含In,则在初期接合时有可能由于In的氧化而产生空隙。因此,在实用上,需要使In添加量比上述文献中记载的添加量少。

[0018] 本公开的目的在于提供能够抑制由使用焊料形成的接合部所引起的缺陷的发生的焊料。

[0019] 用于解决课题的手段

[0020] 本实施方式的焊料接合构件为将第1对象物与第2对象物接合的焊料接合构件,

[0021] 包含:作为主成分的Sn、3质量%以上且不到4质量%的Ag、0.5质量%以上且不到1.0质量%的Cu、2.5质量%以上且不到4质量%的Bi、及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb,

[0022] 具有:

[0023] 包含Sn、Ag及Cu、具有210°C以上且不到220°C的熔点的主相;

[0024] 将上述主相的至少一部分被覆、具有135°C以上且不到145°C的熔点的Sn-Bi合金相;和

[0025] 将上述Sn-Bi合金相的至少一部分被覆、具有170°C以上且不到180°C的熔点的Sn-Bi-Sb合金相。

[0026] 发明的效果

[0027] 根据本公开,能够抑制由使用焊料形成的接合部所引起的缺陷的发生。

[0028] 就本公开的焊料接合构件而言,由于在与对象物(被接合物)的接合界面的附近具有熔点比内部的主相低的2个相,因此将热收缩(凝固收缩)时产生的应力缓和,抑制由应力引起的缺陷的产生。因此,提供可靠性高的接合部(及具有其的半导体装置)。

[0029] 另外,通过具有上述的2个相,将在接合后产生的应力也缓和,因此提供即使在接合后也能够维持高可靠性的接合部(及具有其的半导体装置)。

附图说明

[0030] 图1为表示半导体装置(半导体元件接合体)的制造步骤的流程图。

[0031] 图2为表示图1的第1工序的概略剖面图。

- [0032] 图3为表示图1的第2工序的概略剖面图。
- [0033] 图4为表示图1的第3工序的概略剖面图。
- [0034] 图5为表示图1的第4工序的概略剖面图。
- [0035] 图6为表示图1的第5工序的概略剖面图。
- [0036] 图7为图1的第5工序后的接合界面部的概略剖面图。
- [0037] 图8为实施例1的焊料接合构件的DSC测定结果。
- [0038] 图9为比较例1的焊料接合构件的DSC测定结果。
- [0039] 图10为实施例1的焊料接合构件的剖面观察结果。
- [0040] 图11为比较例1的焊料接合构件的剖面观察结果。
- [0041] 图12为实施方式1的焊料接合构件的概略剖面图。

具体实施方式

[0042] 以下,对于本公开的实施方式进行说明。应予说明,在附图中,就长度、宽度、厚度、深度等的尺寸关系而言,为了附图的清楚化和简化,适当地改变,并不表示实际的尺寸关系。

[0043] 实施方式1.

[0044] <焊料接合构件>

[0045] 本实施方式的焊料接合构件4是将第1对象物2(例如基板)与第2对象物3(例如半导体元件)接合的构件(参照图6)。予以说明,焊料接合构件4与后述的焊料片1不同,是由通过加热工序熔融后凝固的焊料(焊料合金)构成的构件,是在与被接合构件(第1对象物及第2对象物)这两者接合的状态下存在的构件。

[0046] 本实施方式的焊料接合构件4包含:作为主成分的Sn、3质量%以上且不到4质量%的Ag、0.5质量%以上且不到1.0质量%的Cu、2.5质量%以上且不到4质量%的Bi、及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb。

[0047] 另外,本实施方式的焊料接合构件4具有:

[0048] 包含Sn、Ag和Cu、具有210℃以上且不到220℃的熔点的主相12(高熔点相);

[0049] 将主相12的至少一部分被覆、具有135℃以上且不到145℃的熔点的Sn-Bi合金相10(低熔点相);和

[0050] 将Sn-Bi合金相10的至少一部分被覆、具有170℃以上且不到180℃的熔点的Sn-Bi-Sb合金相11(中熔点相)(参照图7及图12)。

[0051] 这样,本实施方式的焊料接合构件4具有多相结构,具有分离的熔点不同的多个相。

[0052] 予以说明,在焊料接合构件4中,Sn-Bi-Sb合金相11(中熔点相)、Sn-Bi合金相10(低熔点相)及主相12(高熔点相)基本上从被接合构件(第1对象物2或第2对象物3)侧依次存在。

[0053] 本实施方式的焊料接合构件4包含Sn作为主成分。其中,所谓“主成分”,是指焊料接合构件4中所含的成分中量最多的成分。焊料接合构件4中的Sn的含有率优选为60质量%以上,更优选为70质量%以上,进一步优选为80质量%以上。

[0054] 在本实施方式的焊料接合构件4中,Ag的含有率为3质量%以上且不到4质量%,Cu

的含有率为0.5质量%以上且不到1.0质量%。只要Ag及Cu的含有率为该范围内,则确认得到本公开的效果。

[0055] 予以说明,就Ag、Cu的添加而言,具有Sn单质的熔点为232°C而Sn-Ag-Cu的共晶的熔点为220°C这样的熔点降低效果。另外,就Ag的添加而言,发挥Ag-Sn化合物的微细分散增强导致的高强度化效果。就Cu的添加而言,发挥使得在接合界面处Sn不形成粗大的界面化合物的效果。予以说明,在无Cu的情况下,接合界面处的化合物反应进行,Sn消失,Bi容易浓缩,因此优选使Cu添加量为上述范围内。

[0056] 予以说明,就焊料接合构件4而言,可包含上述以外的元素,例如,作为其他添加元素,可以以0.1质量%以上且不到1质量%的量包含具有熔点降低效果的In。即使是在这种情况下,也不会对接合性产生大的影响,得到与上述同样的效果。

[0057] 实施方式2.

[0058] <半导体装置>

[0059] 本实施方式涉及的半导体装置具备基板2和半导体元件3。将基板2和半导体元件3经由实施方式1中记载的焊料接合构件4而接合。由此,提供可靠性高的半导体装置。

[0060] 实施方式3.

[0061] <焊料接合方法>

[0062] 本实施方式的焊料接合方法是将第1对象物2(例如基板)与第2对象物3(例如半导体元件)接合的焊料接合方法(参照图1~图6)。

[0063] 本实施方式的焊料接合方法包含以下的加热工序:将焊料片1在第1对象物2与第2对象物3之间夹持的状态下加热,所述焊料片包含作为主成分的Sn、3质量%以上且不到4质量%的Ag、0.5质量%以上且不到1.0质量%的Cu、2.5质量%以上且不到4质量%的Bi、及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb。

[0064] 通过经由加热工序,焊料片1成为焊料接合构件4,将第1对象物2与第2对象物3接合。予以说明,对于加热工序以外的工序,将在实施例后述。

[0065] 在加热工序中,优选加热温度(最高到达温度)为220°C以上且不到230°C,加热时间(维持在220°C以上且不到230°C的温度的时间)为10分钟以上且不到20分钟。这种情况下,更可靠地形成本实施方式的焊料接合构件,能够得到上述的焊料接合构件的效果。

[0066] 进而,在本公开中,焊料片1内的氧浓度也是重要的。Bi容易氧化,如果添加Bi且没有在真空干燥器等中保管,则焊料润湿性差,得不到良好的接合。焊料片1中所含的氧的浓度优选大于0ppm且不到500ppm,这种情况下,更可靠地得到与上述同样的效果。

[0067] 实施方式4.

[0068] <半导体装置的制造方法>

[0069] 本实施方式的半导体装置的制造方法是具备基板和半导体元件的半导体装置的制造方法。本实施方式的半导体装置的制造方法包含:使用实施方式3.的焊料接合方法将基板(铜板等基板配线)与半导体元件接合的工序。由此,提供可靠性高的半导体装置。

[0070] 实施例

[0071] 以下列举实施例,对本公开更详细地说明,但本公开并不限定于这些实施例。

[0072] (实施例1)

[0073] 以下,参照图1中所示的流程图,对于在本实施方式的半导体装置的制造方法中制

作半导体元件接合体(半导体元件与基板的接合体)时的步骤的一例进行说明。

[0074] 最初,作为第1工序(S1),将焊料片1切割为规定的尺寸(参照图2)。

[0075] 具体地,首先,作为焊料组成的代表例,以成为由Sn-3.5Ag-0.7Cu-3.3Bi-2.0Sb(数值表示质量%。Sn为其他元素的组成比的余量。)表示的组成的方式添加各元素而熔解,制作块体。

[0076] 其次,以厚度成为100 μ m的方式,通过100 $^{\circ}$ C以下的轧制工艺,制作卷状的焊料片1。然后,切割为与下述半导体元件尺寸相同的尺寸5mm $\times$ 5mm。

[0077] 予以说明,对于焊料片1的制造,不仅是轧制,而且使块体熔融,从薄的狭缝将熔化的焊料依次浇铸,由此可制造焊料片1。另外,在如上所述,在元素的组合为5个元素、多的情况下,有时由于熔解炉的温度不均,块体的组成变得不均匀。这种情况下,通过最初制造Sn-Ag-Cu的块体、然后再次熔解,添加规定量的剩余的Bi及Sb,可进行焊料组成的调整。此外,一旦焊料球化,可使该焊料球均匀地散布于平板,压缩成型,制造片。

[0078] 其次,作为第2工序(S2),在基板2(铜板)载置焊料片1(参照图3)。

[0079] 基板2使用韧铜制的板(厚度:1mm、尺寸:10mm $\times$ 10mm)。基板2的最表面为纯铜,对该最表面没有实施镀敷处理。

[0080] 予以说明,在CuMo合金板的最表面,为了防止氧化,可涂布规定量的对接合性不造成影响的分解温度100 $^{\circ}$ C以下的防锈剂。另外,在载置焊料片1时,可以以焊料片1与初期的位置无偏离的方式使用在100 $^{\circ}$ C以上的高温下热分解的有机剂作为粘性材料。作为粘性材料的粘度,优选200Pa $\cdot$ s以上。或者,可以以焊料片1无偏离的方式在Cu板的接合部以外涂布抗蚀剂膜。

[0081] 对于焊料片1,在切割时或处理时可产生略微的弯曲。这是因为,焊料片1由于加热而完全熔融,因此不存在焊料片1的初期形状产生的影响。但是,由于在下一工序中载置半导体元件,因此在大幅弯曲到不能载置半导体元件的程度的情况下,可在另外的平板上校正为平行。

[0082] 其次,作为第3工序(S3),将半导体元件3载置于焊料片1上(参照图4)。就半导体元件3而言,材料为Si,厚度为100 μ m,尺寸为5mm $\times$ 5mm。在被接合面侧,以焊料润湿的方式形成有Ni膜。另外,在半导体元件3与焊料片1之间,为了使搭载位置固定,可涂布上述的粘性材料。

[0083] 其次,作为第4工序,将上述的工序中得到的各构件的层叠体载置于加热炉5内的热板6上(参照图5)。然后,在加热炉5内封入作为能够将氧化膜还原的代表性的有机酸的甲酸,通过180 $^{\circ}$ C下的5分钟的加热及其后的230 $^{\circ}$ C下的10分钟的加热,使焊料片1熔融而形成焊料接合构件4。

[0084] 其次,作为第5工序(S5),将形成有焊料接合构件4的试样(半导体元件接合体)置于冷却板7上,进行冷却(参照图6)。

[0085] 此时,如果由于焊料的热收缩,半导体元件翘曲或起伏(产生凹凸),则成为半导体元件3的电特性波动的原因。因此,在冷却工序中,历时360秒,缓慢地进行冷却,直至将试样取出的130 $^{\circ}$ C(为了从230 $^{\circ}$ C到130 $^{\circ}$ C的100 $^{\circ}$ C的温度下降)。

[0086] 应予说明,就这样的冷却(缓慢冷却)工序而言,在通用的焊料制造工艺中不进行。那是因为,由于这样的缓慢冷却工序,焊料接合的节拍(tact)(作业时间)延长。但是,考虑

上述的半导体元件3的影响,为了极力地降低应力,进行上述的缓慢冷却。

[0087] 通过以上的工序,得到半导体元件接合体。

[0088] 图7为表示第5工序后得到的半导体元件接合体(参照图6)的接合界面部8(焊料接合构件4及基板2侧的一部分,包含两者的接合界面)的概略剖面图。如图7中所示,在接合界面部8,从基板2侧依次存在界面化合物9(包含基板2的成分和焊料片1的成分的化合物)、Sn-Bi合金相10(低熔点相)、Sn-Bi-Sb合金相11(中熔点相)、及主相12。

[0089] 予以说明,就在包含基板2侧及半导体元件3侧的焊料接合构件4的整体中的各相的构成而言,如图12中所示。

[0090] <评价>

[0091] 对于得到的试样(半导体元件接合体),去除半导体元件3、从半导体元件3侧削去焊料接合构件4的一部分,由此只使基板(Cu板)2侧的接合界面部8残留。予以说明,就试样而言,由于制作时加工油、研磨渣滓、水分等混入,因此使用事先用乙醇清洗、清洗后在室温下放置24小时的试样。

[0092] 对于焊料接合构件4的接合界面部8,进行差示扫描量热(DSC:Differential scanning calorimetry)测定。对于放入试样的盘,使用Pt(铂)。DSC测定(装置)为测定试样的状态变化的方法(装置),通过DSC测定,能够确认接合界面部8处的焊料接合构件4的熔点。DSC测定时的升温速度为2°C/分钟。

[0093] 将试样的DSC测定结果示于图8。在图8中,横轴为DSC测定中的加热温度,纵轴表示焊料接合构件4的热流。予以说明,从固体变为液体时发生吸热反应,因此热流成为负的值。纵轴为对数轴,热流的单位为mW,此次在图8中所示的数值为相对值(相对于Pt盘的相对值)。

[0094] 由图8中所示的结果,主要观察到3个热流的峰(逆峰)。该3个峰相当于具有135°C以上且不到145°C的熔点的相(低熔点相:Sn-Bi合金相10)、具有170°C以上且不到180°C的熔点的相(中熔点相:Sn-Bi-Sb合金相11)和具有210°C以上且不到220°C的熔点的相(主相12)。

[0095] 由该结果,能够确认:在本实施例中,通过接合时的界面反应,如图7中所示的第5工序后的接合界面部8(焊料接合构件4的基板侧的一部分),形成有多个相。

[0096] 然后,通过芯片剪切试验来测定试样(半导体元件接合体)的接合强度。其结果,接合强度为48MPa。该值为目标值即40MPa以上。予以说明,使用通用的Sn-3Ag-0.5Cu焊料得到同样的接合体时的接合体的剥离强度为40MPa,因此将比其高的接合强度设定为目标值。就接合强度高的理由而言,推定是由于:通过将Bi及Sb添加于焊料,固溶增强机制部分地起作用。

[0097] 另外,测定试样(半导体元件接合体)中的半导体元件的翘曲量(与基板的最大距离)。其结果,在半导体元件整体中,翘曲量为10μm以下,实现目标的30μm以下。另一方面,在使用通用的Sn-3Ag-0.5Cu焊料的情况下,翘曲量为40μm,未能实现目标。

[0098] (比较例1)

[0099] 为了对于Sb添加的效果进行考察,除了焊料片1不含Sb(焊料片1具有Sn-3.5Ag-0.7Cu-3.3Bi的组成)这点以外,与实施例1同样地制作试样(半导体元件接合体),进行同样的评价。

[0100] 在图9中示出比较例1的DSC测定结果。如图9中所示,在比较例1中没有发现中熔点相,低熔点相也在实施例1的“135°C以上且不到145°C”的范围以外。认为这是因为,添加的Sb具有提高低熔点相、中熔点相的熔点的效果。予以说明,对于主相12,与实施例1同样地,发现与具有210°C以上且不到220°C的熔点的相相当的峰。认为这由于Sb在接合界面浓缩而更明显化。

[0101] 为了弄清上述机理,进行使用含有Sb的焊料片1 (Sn-3.5Ag-0.7Cu-3.3Bi-2.0Sb) 所制作的实施例1的试样的焊料接合构件4的元素面扫。其结果,如图10中所示,示出特别是在接合界面部,Sb和Bi被浓缩,其为低熔点相及中熔点相。

[0102] 进而,如图11的SEM照片中所示,在使用没有添加Sb的焊料片1 (Sn-3.5Ag-0.7Cu-3.3Bi) 所制作的比较例1的试样中,在界面化合物9上确认凝固收缩导致的缩孔的产生。认为这是:如果没有添加Sb,则主相12凝固,其后低熔点相凝固时一下子凝固,产生这样的缩孔。即,认为Sb的添加具有如下效果:在本公开中在用于抑制接合部的残留应力的缓慢冷却工艺中,抑制在接合界面所形成的相分离所导致的低熔点相的凝固收缩裂纹。

[0103] (实施例2)

[0104] 如表1中所示使Bi和Sb的添加量变化。对于除此以外与实施例1同样地得到的接合样品,采用SEM照片通过目视确认凝固裂纹的有无。将确认结果示于表1。在表1中,“OK”表示无凝固裂纹,“NG”表示有凝固裂纹。

[0105] [表1]

		Bi (质量%)					
		2.3	2.5	3.0	3.5	3.8	4.0
[0106]	Sb (质量%) 0.0	NG	NG	NG	NG	NG	NG
	0.3	NG	NG	NG	NG	NG	NG
	0.5	NG	OK	OK	OK	OK	NG
	2.0	NG	OK	OK	OK	OK	NG
	2.8	NG	OK	OK	OK	OK	NG
	3.0	NG	NG	NG	NG	NG	NG

[0107] 由表1所示的结果得知,在添加有2.5质量%以上且不到4质量%的Bi及0.5质量%以上且不到3质量%的Sb的情况下,无凝固裂纹,可进行良好的接合。另外,在这种情况下,确认接合样品的接合强度为40MPa以上。认为这是因为,由于无凝固裂纹(缩孔),因此维持高接合强度。对于半导体元件的翘曲量,也为10μm以下,为良好。

[0108] 在Bi不到2.5质量%的情况下,得不到充分的焊料润湿性,接合强度不充分(不到40MPa)。在Bi为4质量%以上的情况下,低熔点相的比例增加,产生凝固裂纹,接合强度不充分(不到40MPa)。

[0109] 在Sb不到0.5质量%的情况下,得不到中熔点相的充分的效果,产生凝固裂纹,接合强度不充分(不到40MPa)。在Sb为3质量%以上的情况下,主相12的熔点也上升,得不到充分的焊料润湿性,接合强度不充分(不到40MPa)。

[0110] 应认为此次公开的实施方式及实施例在所有的方面都为例示,而非限制性的。本公开的范围不是由上述的说明表示而是由权利要求表示,意在包含与权利要求等同的含义和范围内的所有的变形。

[0111] 附图标记的说明

[0112] 1焊料片、2第1对象物(基板:铜板)、3第2对象物(半导体元件)、4焊料接合构件、5加热炉、6热板、7冷却板、8接合界面部、9界面化合物、10Sn-Bi合金相(低熔点相)、11Sn-Bi-Sb合金相(中熔点相)、12主相。

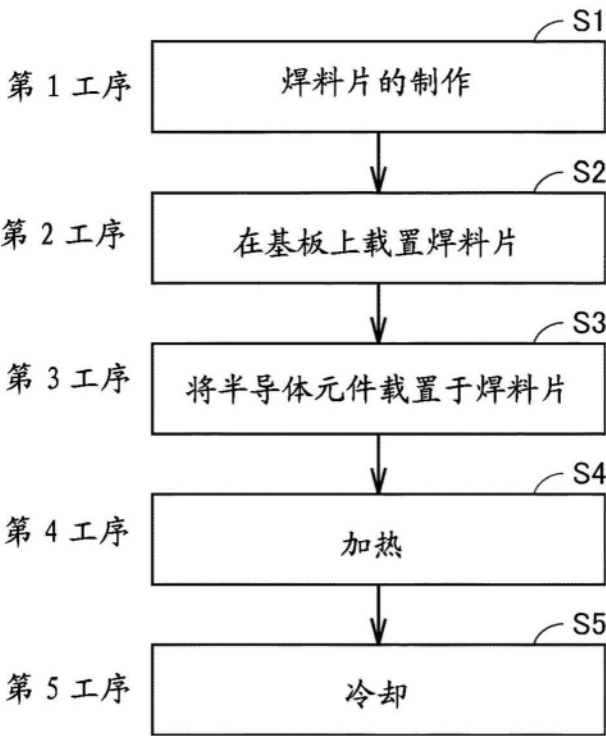


图1

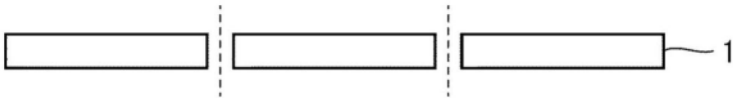


图2



图3

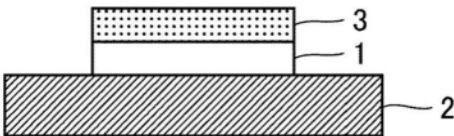


图4

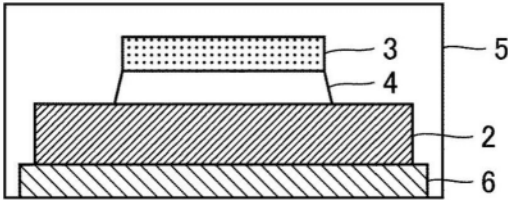


图5

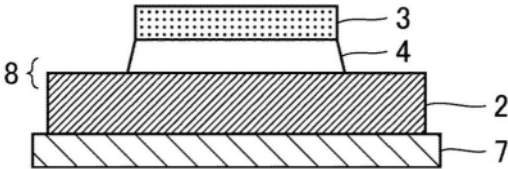


图6

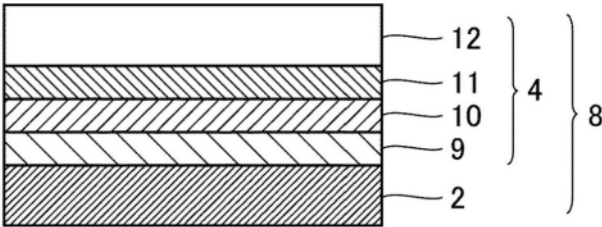


图7

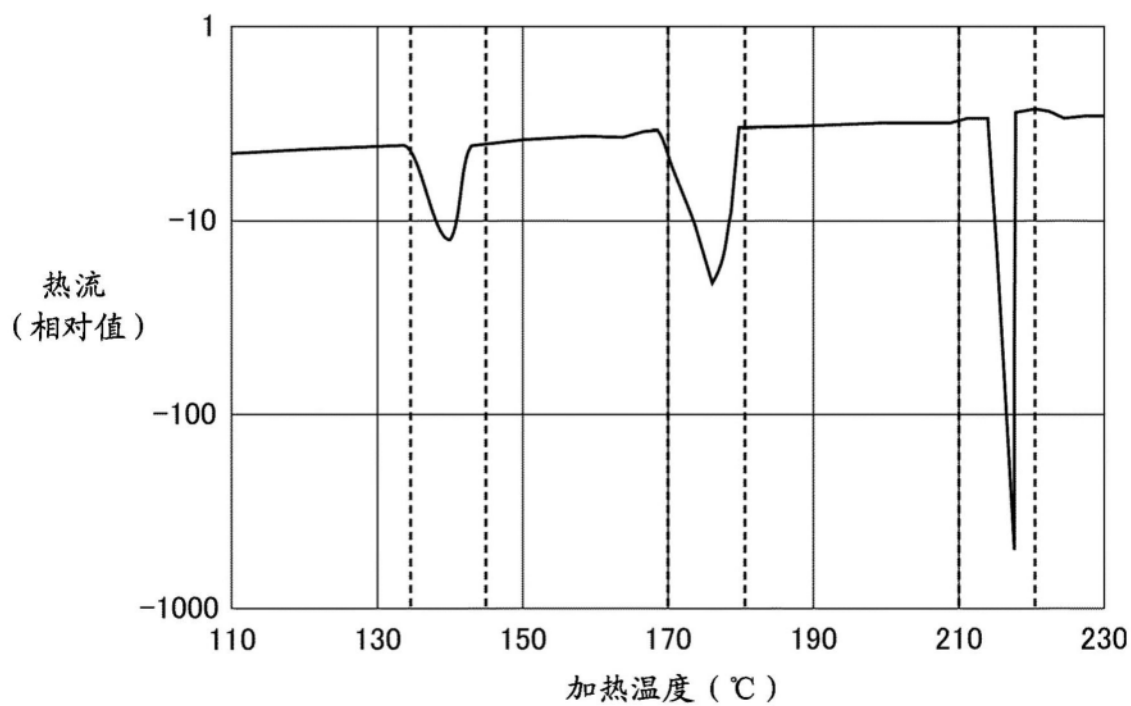


图8

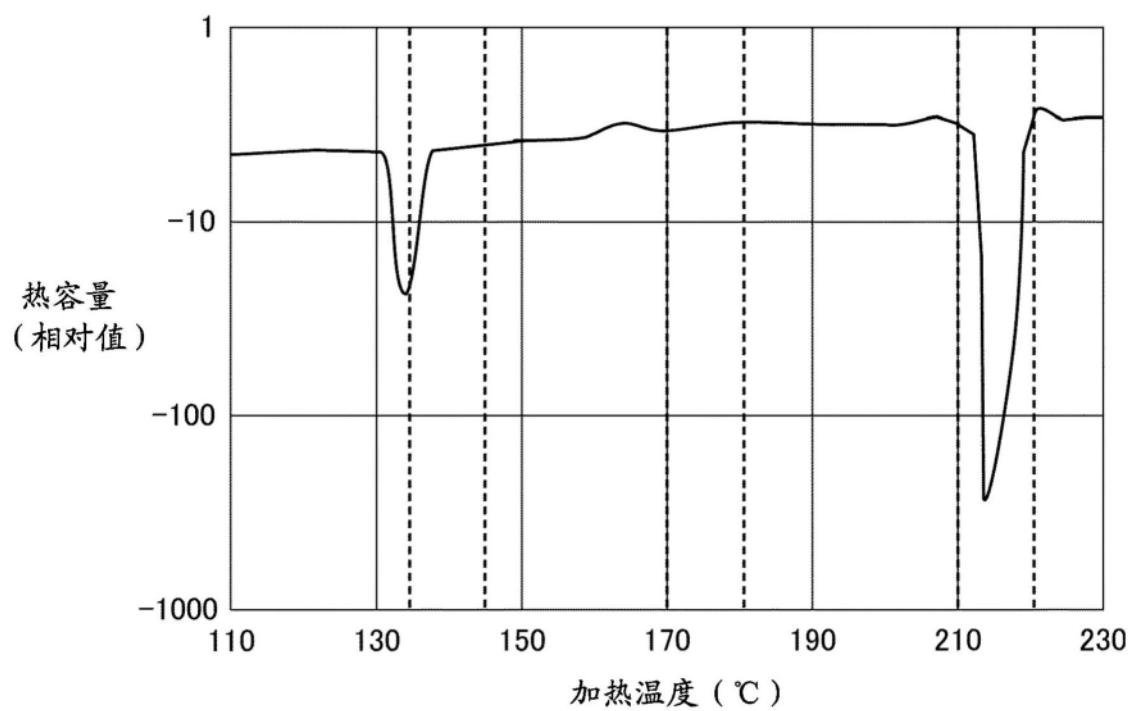


图9

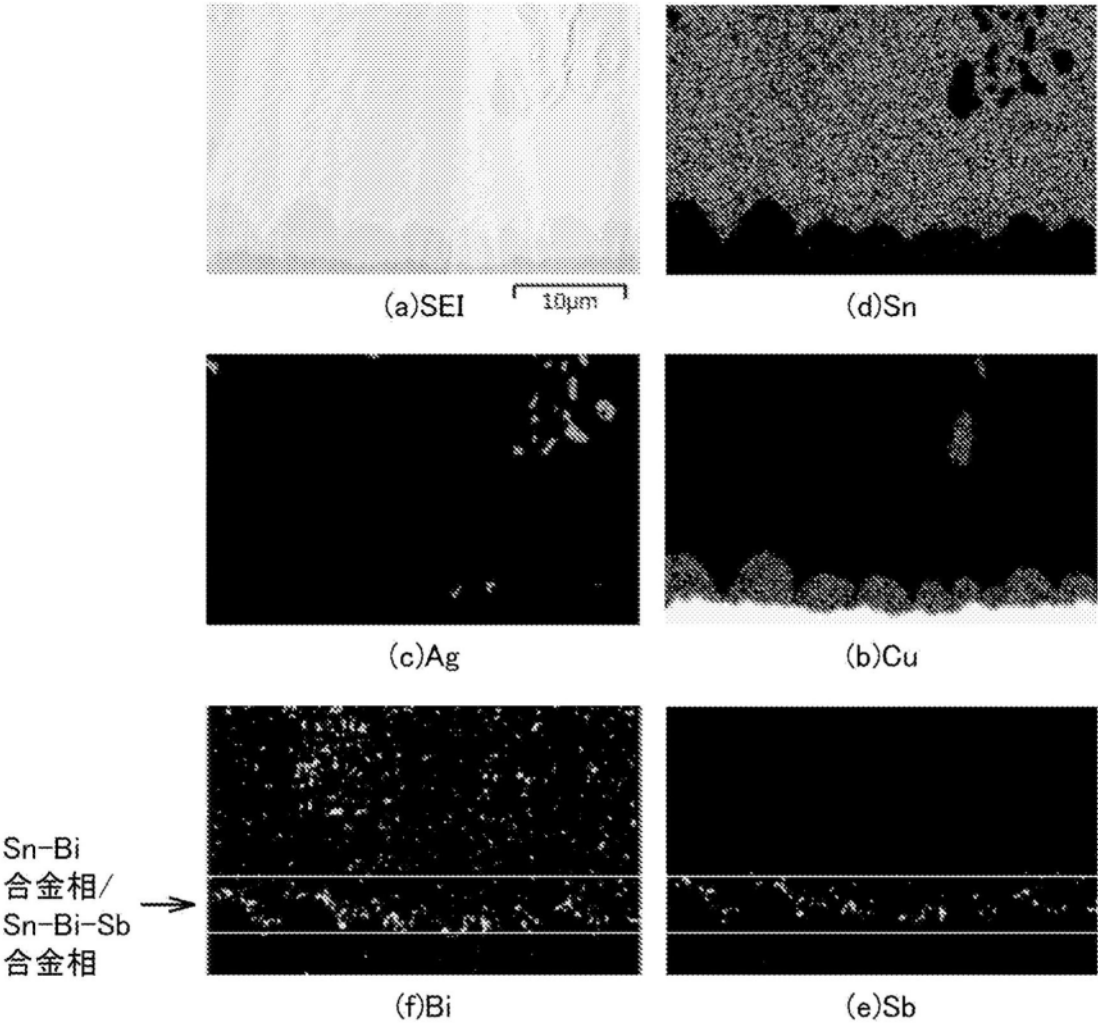


图10

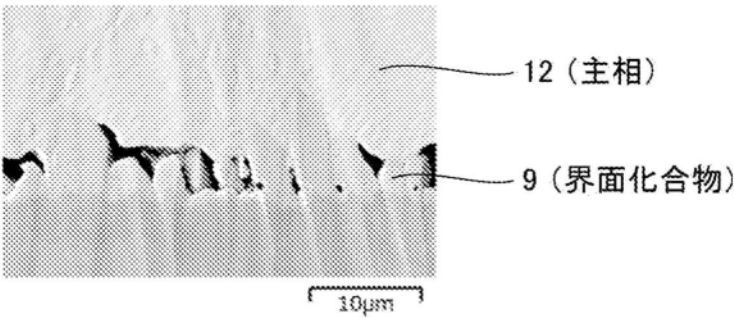


图11

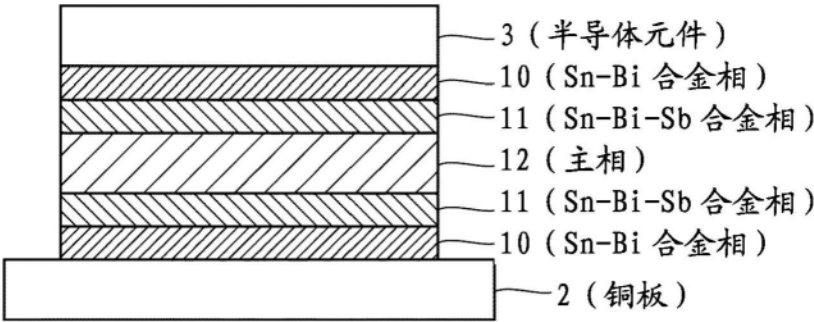


图12