



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102738106 A

(43) 申请公布日 2012. 10. 17

(21) 申请号 201210182881. 4

H01L 23/498 (2006. 01)

(22) 申请日 2007. 05. 22

H01L 23/31 (2006. 01)

H01L 23/24 (2006. 01)

(30) 优先权数据

2006-148207 2006. 05. 29 JP

2007-010094 2007. 01. 19 JP

(62) 分案原申请数据

200780019384. X 2007. 05. 22

(71) 申请人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

申请人 瑞萨电子株式会社

(72) 发明人 曾川禎道 山崎隆雄 高桥信明

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 王波波

(51) Int. Cl.

H01L 23/488 (2006. 01)

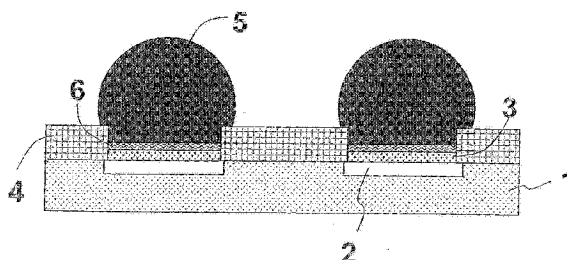
权利要求书 2 页 说明书 24 页 附图 9 页

(54) 发明名称

电子部件、半导体封装件和电子器件

(57) 摘要

在常规 UBM 例如 Cu、Ni 或 NiP 中, 存在的这样问题: 在长时间将电子部件保持在高温条件下时导致 UBM 的阻挡特性被破坏, 并且由于在结合界面形成脆性的合金层, 导致结合强度降低。焊料连接部分在高温下储存之后长期连接可靠性降低的问题得到了解决。电子部件上提供有: 安置在基板或半导体元件上的电极片; 和为覆盖所述电极片而安置的阻挡金属层。所述阻挡金属层在与所述电极片接触侧相反的一侧上包含 CuNi 合金层, 所述 CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni。



1. 一种电子部件,所述电子部件包括:

电极片,所述电极片形成在基板或半导体元件上;和

阻挡金属层,所述阻挡金属层被形成用于覆盖所述电极片,

其中所述阻挡金属层在与所述电极片相反的一侧上包含 CuNi 合金层,所述 CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni,

其中在所述电极片和所述阻挡金属层之间还形成中间层,

并且其中所述中间层含有 Ni、NiP 合金或 NiB 合金。

2. 一种半导体封装件,所述半导体封装件包括:

多个电子构件,所述电子构件由基板和半导体元件中的至少一个形成;

电极片,所述电极片形成在每一个所述电子构件上;

阻挡金属层,所述阻挡金属层被形成用于覆盖所述电极片;

CuNiSn 合金层,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率,并且被形成用于覆盖所述阻挡金属层;和

焊料凸起,所述焊料凸起被形成,以经由所述阻挡金属层和所述 CuNiSn 合金层将形成于不同的电子构件上的所述电极片相互电连接,

其中所述阻挡金属层包含与所述 CuNiSn 合金层接触的 CuNi 合金层,所述 CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni。

3. 根据权利要求 2 所述的半导体封装件,

其中在所述 CuNi 合金层中的平均 Ni/Cu 比率在 0.67 至 5.7 的范围内。

4. 一种半导体封装件,所述的半导体封装件包括:

多个电子构件,所述电子构件由基板和半导体元件中的至少一个形成;

电极片,所述电极片形成在每一个所述电子构件上;

阻挡金属层,所述阻挡金属层被形成用于覆盖所述电极片;

CuNiSn 合金层,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率,并且被形成用于覆盖所述阻挡金属层;

含 P 的 P- 富含 NiCuSnP 层或含 P 的 P- 富含 NiSnP 层,其形成在所述阻挡金属层和所述 CuNiSn 合金层之间;和

焊料凸起,所述焊料凸起被形成,以经由所述阻挡金属层、所述 CuNiSn 合金层和所述含 P 的 P- 富含 NiCuSnP 层或所述含 P 的 P- 富含 NiSnP 层将形成在不同的电子构件上的所述电极片相互电连接,

其中所述阻挡金属层包含与所述含 P 的 P- 富含 NiCuSnP 层或所述含 P 的 P- 富含 NiSnP 层接触的 CuNiP 合金层,所述 CuNiP 合金层含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P。

5. 根据权利要求 2 所述的半导体封装件,

其中在所述电极片和所述阻挡金属层之间还形成中间层。

6. 根据权利要求 5 所述的半导体封装件,

其中所述中间层含有 Ni、NiP 合金或 NiB 合金。

7. 根据权利要求 2 所述的半导体封装件,

其中在从所述阻挡金属层至所述焊料凸起的范围内的区域不含 Au。

8. 一种电子器件,

其中所述电子器件包含根据权利要求 2 所述的半导体封装件。

9. 一种电子器件,

其中所述电子器件包含电子部件,所述电子部件包括:

电极片,所述电极片形成在基板或半导体元件上;和

阻挡金属层,所述阻挡金属层被形成用于覆盖所述电极片,

其中所述阻挡金属层在与所述电极片相反的一侧上包含 CuNiP 合金层,所述 CuNiP 合金层含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P。

10. 一种电子器件,

其中所述电子器件包含根据权利要求 4 所述的半导体封装件。

电子部件、半导体封装件和电子器件

[0001] 本申请是申请日为 2007 年 5 月 22 日,申请号为 201110042145.4 的发明名称为《电子部件、半导体封装件和电子器件》的申请的分案申请,而申请号为 201110042145.4 的发明名称为《电子部件、半导体封装件和电子器件》的申请又是 PCT 国际申请日为 2007 年 5 月 22 日、PCT 国际申请号为 PCT/JP2007/060423、中国国家申请号为 200780019384.X 的发明名称为《电子部件、半导体封装件和电子器件》的申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种包含在电极片 (electrode pad) 上的阻挡金属层的电子部件、半导体封装件和电子器件。

背景技术

[0003] 近年来与更高性能的电子器件相关的是,在半导体封装件中日益需要更高密度的装配。在用于提供这种高密度的半导体封装件的方法的一个实例中,在 LSI 芯片的表面的电极片上形成焊料凸起,并且使用倒装法连接,将 LSI 芯片与插入式 (interposer) 基板或母板如积层 (build-up) 基板和柔性基板连接,或者与另一个 LSI 芯片连接。

[0004] 通常,当在倒装法连接中使用由例如 SnPb、SnAg、SnCu、SnAgCu、SnZn、SnZnBi 和 SnIn 制成的焊料凸起时,主要制成焊料凸起的 Sn 在回流和结合处理、修复过程中,或者当产品在高温下使用时,扩散到由 LSI 芯片的 Al 或 Cu 制成的电极片和布线中,从而在一些情况下导致电的问题。

[0005] 为了防止扩散,在电极片和焊料凸起之间使用在防止焊料扩散方面非常有效的 UBM (下凸起金属) (阻挡金属层)。作为具有阻挡能力的 UBM 的一个典型实例,通常使用通过电解电镀形成的 Ni 或通过无电镀形成的 NiP。这是因为与 Sn 相比, Ni 不太可能扩散,使得即使在高温下存储之后也可以保持阻挡特性。

[0006] 然而,因为 Ni 不具有良好的润湿性 (粘附性),因此通常通过电解电镀或置换电镀在 Ni 或 NiP 的表面上形成与焊料具有良好的润湿性的 Au,以确保焊料润湿性。

[0007] 近年来, CSP (芯片小尺寸封装) 和 BGA (球栅阵列) 越来越多地用于在印刷布线基板上以高密度装配半导体封装件,并且将焊料凸起用于半导体封装件中的二次连接。在这些情况下,插入式基板和印刷布线基板典型地使用 Cu 布线和 Cu 电极。为了防止因在回流操作中产生的热量,而在焊料中的组分扩散到 Cu 布线中所导致的电问题,通常在 Cu 电极片和焊料凸起之间设置 UBM,而所述 UBM 是由在其上通过电解电镀形成 Au 膜的 Ni 膜或者在其上通过无电镀形成 Au 膜的 NiP 膜所形成的。

[0008] 在相关技术的连接结构中,当使用厚度约为 $1\mu\text{m}$ 的铜作为在电极片和焊料凸起之间的中间金属层时,在回流操作过程中大部分铜扩散到焊料凸起中,从而不利地导致在中间金属层和焊料凸起之间的粘附性降低的问题,因而导致可靠性的降低。此外,当通过溅射或其它方法在中间金属层中形成磁性材料的镍时,出现工作效率降低的问题。人们已经尝试了通过使用由特殊的合金制成的 UBM 来解决上述问题。

[0009] 这样的 UBM 的实例可以包括如在日本专利公开 06-084919 所述的 Ni、NiP、大的膜厚度的 Cu、和 CuNi。图 14 是其中由 CuNi 合金制成的阻挡金属层 (UBM) 将电极片与焊料凸起连接的结构横截面图。在示于图 14 中的连接结构中,阻挡金属层 (UBM) 105 使用 CuNi 合金。与在典型的真空气相沉积中获得的那些相比,这样的 UBM 105 不仅防止在中间金属层 104 和焊料凸起 106 之间的粘附性的降低,而且增加膜均匀性、膜强度、成膜效率和可靠性,并且降低成本。

[0010] 日本专利公开 2002-203925 提出了其中在作为 UBM 的 NiP 膜上设置 Au 膜的连接结构,或者其中在 NiCuP 膜上设置 Au 膜的连接结构。图 15 是其中由 NiP 合金或 NiCuP 合金制成的 UBM 将电极片与焊料凸起连接的结构横截面图。在该连接结构中,在金属布线 108 上形成 NiP 层 (或 NiCuP 层) 109,并且进一步形成高的 P-Ni 层 (或 NiCu 层) 110 和 NiSn 合金层 (或 NiCuSn 合金层) 111,以将金属布线 108 与焊料凸起 112 连接。这种防止 Kirkendall 孔隙产生的结构可以增强粘合强度。

发明内容

[0011] (在相关技术中的问题)

[0012] (a) 在常规的 LSI 芯片和布线基板如印刷基板和柔性基板中,在 Al 或 Cu 电极片上,形成其中在电解 Ni 膜上设置了 Au 膜的 UBM 或者在无电镀 NiP 膜上设置了 Au 膜的 UBM。UBM 用于连接电极片和由例如 SnAg、SnAgCu、SnCu 和 SnPb 制成的焊料凸起。然而,当使用这样的 UBM 时,可能在焊料凸起和阻挡金属层 (UBM) 之间的界面上,形成 Ni- 富含合金,如针状 Ni_3Sn_4 或 $(\text{Ni}, \text{Cu})_3\text{Sn}_4$ 。在其中形成这样的 Ni- 富含合金的连接结构中,当应力或冲击被施加到结合界面上时, Ni- 富含合金层通常断裂,因此结合强度降低。特别是,当焊料固有地根本不含 Cu 时,或者在焊料中的 Cu 的量小时,合金层越来越趋向于断裂,因此结合强度降低。

[0013] 除上述那些以外,还可以想到其它的电子部件,其中,在焊料中的 Cu 含量较高 (约 0.5 至 1%),并且在 UBM 和焊料之间的界面上的合金层中形成由例如 Cu_6Sn_5 、 $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 、 Cu_3Sn 、 $(\text{Cu}, \text{Ni})_3\text{Sn}$ 制成的 Cu- 富含合金层。然而,即使也在这种情况下,当电子部件在高温环境中长时间使用时,在焊料凸起中的 Cu 也被耗尽。结果,在 UBM 和焊料凸起之间的界面中的 Cu 含量降低,并且逐渐形成 Ni- 富含的 $(\text{Ni}, \text{Cu})_3\text{Sn}_4$ 或 Ni_3Sn_4 金属间化合物,从而导致在形成这种金属间化合物的这部分中发生断裂,从而降低结合强度的现象的发生。即,当预定组成的 UBM 的组合物导致在连接界面上的几乎全部的 Cu- 富含合金转化为 Ni- 富含合金并且 Cu- 富含合金不存在时,发生结合强度降低现象。

[0014] 为了防止上述问题,必需使用防止在 UBM 和焊料凸起之间的界面仅被针状的 Ni- 富含合金覆盖的结构。在本发明中使用的 Ni- 富含合金指在 UBM 和焊料之间的界面形成含 Cu/Ni 的合金,并且该含 Cu/Ni 的合金具有高于 Cu 的含量的 Ni 含量,即 $\text{Ni}/\text{Cu} > 1$ (基于原子数计) 的。相反地,将满足 $\text{Ni}/\text{Cu} \leq 1$ (基于原子数计) 的合金定义为 Cu- 富含合金。

[0015] (b) 在小的面积内包含大量电极片的高密度 LSI 芯片和布线基板中,即使在没有电镀引线 (lead wire) 或晶种子层存在作为 UBM 材料时,也通常使用在其上的 Au 膜能够以低成本形成 UBM 的无电镀 NiP 膜。然而,在其上形成有通过无电镀形成的 Au 膜的 NiP 膜中,当将 NiP 膜连接到焊料凸起上时,在 UBM 中的 Ni 扩散到焊料凸起中,并且在一些情况下,在

焊料凸起和 UBM 之间的界面上形成 P- 富含层,如 P- 富含 CuNiP 层和 P- 富含 NiP 层(主要由 Ni_3P 构成的层)。在上述层之中特别硬而脆的 P- 富含 NiP 层中可能出现裂纹,并且当施加加热应力冲击、落锤冲击或其它冲击时,发生 P- 富含层更早断裂的问题。因此,必需采用抑制 UBM 和焊料凸起之间的界面上形成 P- 富含 NiP 层或其它层以防止结合强度降低的结构。

[0016] (c) 此外,当在 LSI 中的电极片由 Al 制成时,在焊料凸起和 Al 之间没有提供足够的结合强度,因此采用 UBM 作为中间层。在这种情况下,当所用的阻挡金属层(UBM)由具有差的阻挡特性的材料如 Cu 制成,并且在高温条件下使用时,UBM 完全熔化,从而导致阻挡特性的损失。因此,存在 Al 与焊料凸起直接接触,并且在 Al 和焊料凸起之间的界面的强度显著降低的问题。

[0017] 此外,在印刷基板、柔性基板和其它基板中,没有使用 UBM,而是将焊料凸起直接连接到 Cu 电极上。然而,Cu 在本性上可能显著地扩散到 Sn 中。因此,在双面装配处理、修复处理过程中或在高温环境中长时间使用基板时,在电极中的 Cu 扩散到焊料凸起中,并且可能在已经渗透到 Cu 布线中的 Sn 合金部分中出现断裂。为了预先防止这种情况,并且提供优异的长期结合可靠性,必需再次在 Cu 电极和焊料凸起之间使用具有高结合强度和优异的阻挡特性的 UBM。

[0018] 此外,在近来的 LSI 中,在一些情况下,使用 Cu 代替 Al 作为布线和电极片的材料。然而,在 LSI 上的 Cu 膜的厚度典型地非常(significantly)小,例如约 $1\mu\text{m}$ 。因此,存在的问题是当在回流或其它操作中 Cu 膜与焊料凸起接触时,在电极中的全部 Cu 扩散到焊料中。为了避免这种问题,必需在 Cu 电极上形成具有优异的阻挡和结合特性的 UBM。如上所述,还必要的是,即使在高温条件中长时间存储时,UBM 也必须保持其阻挡特性。

[0019] (d) 当使用在其上形成 Au 膜的常规 Ni 膜或者在其上形成 Au 膜的常规 NiP 合金 UBM 时,在一些情况下,被用于提高 UBM 与焊料的润湿性的 Au 在与焊料凸起连接的界面上形成脆性的 SnAu 合金。这是因为 Au 和 Sn 形成脆性的金属间化合物,因此在施加应力或冲击时,发生在 AuSn 合金上开始的断裂。为了避免这种问题,适宜的是不使用 Au 电镀 UBM 表面。然而,实际上,Au 电镀是必需的,因为常规的 UBM 材料与焊料和 Ni 的润湿性差。为了抑制因使用 Au 电镀而形成 AuSn 合金,在实践上,将 Au 膜的厚度设定为小值。然而,不能完全抑制形成脆性的 AuSn 合金。

[0020] 另一方面,日本专利公开 06-084919 和 2002-203925 报道了由 CuNi 合金和 CuNiP 合金制成的 UBM。然而,对于在上面(a)至(d)中所述的问题,当 UBM 的组成不是最佳时,最初的结合强度足够,但是在该结构暴露于如上所述的高温环境下之后,在 UBM 和焊料凸起之间的界面的组成变化,因此在一些情况下结合强度显著降低。换言之,由 CuNi 合金或 CuNiP 合金制成的 UBM 的应用并没有确保在整个组成变化的长时期内,具有足够的焊料结合强度。

[0021] (1) 当形成焊料凸起时,(2) 当将 LSI 连接到插入式基板上时,以及(3) 当将半导体封装件连接到母板上时,将被典型地用于 LSI 的 UBM 进行三种回流操作。考虑到双面装配过程、修复过程和其它过程,将 UBM 进行总共 5 个以上的回流过程。当长时间使用被加热的 LSI 时,对其中将 UBM 连接到焊料凸起上的这部分施加的热量促进了在 UBM 和焊料凸起之间的界面处的组成变化,因此进一步降低了结合强度。因此需要在高温下保持之后其结合强度不降低的 UBM。

[0022] 根据由本发明人进行的研究,下列因素是在如上所述将该结构在高温保持之后造成结合强度的降低的原因。需要可以解决上述问题的 UBM。

[0023] (a) Ni- 富含 (Ni, Cu)₃Sn₄ 的形成和生长

[0024] (b) P- 富含层的生成和生长

[0025] (c) 焊料凸起与电极片由于完全熔化的 UBM 而接触

[0026] (d) 结合强度由于形成 AuSn 合金而降低

[0027] 本发明人已经进行广泛的研究,并且发现了最佳的 UBM 组成,在该组成,即使在多次回流过程并且在高温环境中长时间使用之后,结合强度也不降低。即,本发明提供下列构造以解决上述问题。

[0028] 1. 一种电子部件,其包括:

[0029] 电极片,所述电极片是在基板或半导体元件上形成的;和

[0030] 阻挡金属层,所述阻挡金属层为覆盖所述电极片而被形成,

[0031] 其中所述阻挡金属层在与所述电极片相反的一侧上包含 CuNi 合金层,所述 CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni。

[0032] 2. 一种电子部件,其包括:

[0033] 电极片,所述电极片是在基板或半导体元件上形成的;和

[0034] 阻挡金属层,所述阻挡金属层为覆盖所述电极片而被形成,

[0035] 其中所述阻挡金属层在与所述电极片相反的一侧上包含 CuNiP 合金层,所述 CuNiP 合金层含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P。

[0036] 3. 一种电子部件,其包括:

[0037] 电极片,所述电极片是在基板或半导体元件上形成的;和

[0038] 阻挡金属层,所述阻挡金属层为覆盖所述电极片而被形成,

[0039] 其中所述阻挡金属层在与所述电极片相反的一侧上包含 CuNiP 合金层,所述 CuNiP 合金层含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni,和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 含量至少为 P 含量的 2.5 倍。

[0040] 4. 一种半导体封装件,其包括:

[0041] 多个电子构件,所述电子构件由基板和半导体元件中的至少一个形成;

[0042] 电极片,所述电极片形成在每一个所述电子构件上;

[0043] 阻挡金属层,所述阻挡金属层为覆盖所述电极片而被形成;

[0044] CuNiSn 合金层,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率,形成所述 CuNiSn 合金层以覆盖所述阻挡金属层;和

[0045] 焊料凸起,形成所述焊料凸起,以经由所述阻挡金属层和所述 CuNiSn 合金层将形成于不同的电子构件上的所述电极片相互电连接,

[0046] 其中所述阻挡金属层包含与所述 CuNiSn 合金层接触的 CuNi 合金层,所述 CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni。

[0047] 5. 一种半导体封装件,其包括:

[0048] 多个电子构件,所述电子构件由基板和半导体元件中的至少一个形成;

[0049] 电极片,所述电极片形成在每一个的所述电子构件上;

[0050] 阻挡金属层,所述阻挡金属层为覆盖所述电极片而被形成;

[0051] CuNiSn 合金层,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率,并且被形成用于覆盖所述阻挡金属层;

[0052] 含 P 的 P- 富含层,所述含 P 的 P- 富含层形成在所述阻挡金属层和所述 CuNiSn 合金层之间;和

[0053] 焊料凸起,形成所述焊料凸起,以经由所述阻挡金属层、所述 CuNiSn 合金层和所述 P- 富含层将形成于不同的电子构件上的所述电极片相互电连接,

[0054] 其中所述阻挡金属层包含与所述 P- 富含层接触的 CuNiP 合金层,所述 CuNiP 合金层含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni,和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P。

[0055] 6. 一种半导体封装件,其包括:

[0056] 多个电子构件,所述电子构件由基板和半导体元件中的至少一个形成;

[0057] 电极片,所述电极片形成在每一个所述电子构件上;

[0058] 阻挡金属层,所述阻挡金属层为覆盖所述电极片而被形成;

[0059] CuNiSn 合金层,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率,并且被形成用于覆盖所述阻挡金属层;和

[0060] 含 P 的 P- 富含层,所述含 P 的 P- 富含层形成在所述阻挡金属层和所述 CuNiSn 合金层之间;和

[0061] 焊料凸起,形成所述焊料凸起,以经由所述阻挡金属层、所述 CuNiSn 合金层和所述 P- 富含层将形成在不同的电子构件上的所述电极片相互电连接,

[0062] 其中所述阻挡金属层包含与所述 P- 富含层接触的 CuNiP 合金层,所述 CuNiP 合金层含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 的含量至少为 P 的含量的 2.5 倍。

[0063] 在本说明书中,“原子%”表示原子数的百分比,并且还可以被描述为“原子的%”。

[0064] 在上面描述的“5”和“6”描述的“含 P 的 P- 富含层”包括第一 P- 富含层和第二 P- 富含层。

[0065] 即,在本发明的电子部件、半导体封装件等中,作为 UBM,具体地使用 (1) 含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni 的 CuNi 合金层, (2) 含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P 的 CuNiP 合金层,或 (3) 含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 的含量至少为 P 的含量的 2.5 倍的 CuNiP 合金层,以将电极片连接到焊料凸起上。

[0066] “Cu Sn 合金层”是通过将焊料凸起材料沉积在 UBM 上,然后进行热处理,自动形成在 UBM 和焊料凸起之间的层。通过使用 SEM(扫描电子显微镜)或者组合使用 SEM 和 EDX(能量色散 X 射线分析),可以清楚地证实本发明的 UBM、CuNiSn 合金层、P- 富含层、焊料凸起。

[0067] 在上述 (1) 至 (3) 中描述的任意 UBM 组成可以提供长期结合可靠性优异,并且解决下列 4 个问题的连接部分,这 4 个问题都已经成为了在包含 Ni、NiP 和 Cu 的 UBM 中的问题:

[0068] (a) 结合强度由于 Ni- 富含金属间化合物的生长而降低

[0069] (b) 结合强度由于 P- 富含 NiP 或 CuNiP 层的形成而降低

[0070] (c) 结合强度由于阻挡特性的损失而降低

[0071] (d) 结合强度由于 AuSn 合金的形成而降低

[0072] 当将根据本发明的由 CuNi 合金 (1) 制成的 UBM 连接到含有 Sn 的焊料凸起上时, 与 Ni 相比, 在 UBM 中的 Cu 优先扩散到焊料凸起中, 由此在 UBM 和焊料凸起之间的界面中的 Cu 的浓度变高, 从而防止了引起结合强度降低的针状 Ni- 富含金属间化合物 (a) 的生长。当在 UBM 中的 Cu 为 15 至 60 原子%时, 明显表现出这种效果。当使用含有 15 至 60 原子%的 Cu 的 UBM 时, 在组成界面的合金中的 Cu 浓度变得足够高, 因此可以抑制 Ni- 富含合金的形成。

[0073] 此外, 在由 CuNiP 合金 (2) 制成的 UBM 中, Cu 的含量等于或高于 15 原子%, 并且在由 CuNiP 合金 (3) 制成的 UBM 中, Cu 的含量为 44 至 60 原子%。Cu 的这种含量可以被认为是高水平。因此, 同样在这些 UBM 的每一种中, 与 Ni 相比, 在 UBM 中的 Cu 优先扩散到焊料凸起中, 从而防止了引起结合强度降低的针状 Ni- 富含金属间化合物 (a) 的生长。

[0074] 当使用根据本发明的由 CuNiP 合金 (2) 制成的 UBM 时, UBM 含有等于或高于 15 原子%的 Cu。在由 CuNiP 合金 (3) 制成的 UBM 中, Cu 的含量为 44 至 60 原子%。因此, 与使用不含 Cu 的 NiP 合金的情况相比, 在上述 UBM 中可能发生 UBM 和焊料凸起之间的相互扩散。因此, 当将上述 UBM 的任一个连接到含有 Sn 的焊料凸起上时, 尽管在界面形成的 P- 富含 NiSnP 或 NiCuSnP 层 (b) 变厚, 但是可以显著地抑制 P- 富含 NiP 或 CuNiP 层的形成。

[0075] 当本发明的 CuNi 合金层 (1) 或 CuNiP 合金层 (2) 含有等于或高于 40 原子%的 Ni 时, 可以显著地改善阻挡特性 (c), 而在由含有少量 Ni 的 CuNi 合金制成的 UBM 中, 阻挡特性 (c) 已成为问题。当 Ni 的含量低于 40 原子%时, 在该结构被保持在高温下之后, 电极片可以根据 UBM 的组成, 与焊料凸起接触, 因此结合强度可能显著地降低。然而, 当 Ni 的含量等于或高于 40 原子%时, 即使在 UBM 膜的厚度为 5 μm 的实际值的情况下, 在该结构经历回流或者在高温环境中使用之后, 阻挡特性也不损失或者结合强度也不降低。

[0076] 当使用本发明的由 CuNiP 合金 (3) 制成的 UBM 时, 在焊料凸起和 UBM 之间的界面形成的 P- 富含层抑制了在焊料凸起和 UBM 之间的相互扩散。因此, 即使在 Ni 的含量等于或低于 40 原子%并且膜厚度等于或小于 5 μm 时, 在该结构经历回流或在高温环境中使用之后, 在 UBM 中的阻挡特性 (c) 也得到提高, 并且连接可靠性也得到保证。

[0077] 此外, 在由 Ni 或 NiP 合金制成的常规 UBM 中, 如果不在表面上电镀 Au, 则与焊料的润湿性差。然而, 因为根据本发明的 CuNi 合金层 (1) 或 CuNiP 合金层 (2) 或 (3) 含有 Cu, 从而具有优异的与焊料的润湿性, 与焊料的润湿性比在 Ni 或 NiP 合金中的与焊料的润湿性好。因此, 可以在不进行 Au 电镀的情况下, 容易将焊料凸起连接到电极片上。对于等于或低于 60 原子%的 Cu 含量, Cu 对于提高与焊料的润湿性的效果得到良好保持。因为没有电镀 Au, 因此在连接到焊料凸起上时, 在根据本发明的结构中没有形成脆性的 AuSn 层, 可以完全消除在 AuSn 层 (d) 上开始的结合断裂的危险, 并且提供了良好的连接可靠性。

[0078] 在本发明中, 在电极片上形成: (1) 由 CuNi 合金制成的 UBM, 所述 CuNi 合金含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni; (2) 由 CuNiP 合金制成的 UBM, 所述 CuNiP 合金含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或

低于 25 原子%的 P ;或 (3) 由 CuNiP 合金制成的 UBM, 该 CuNiP 合金含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni, 和 8 至 16 原子%的 P, 同时 Ni 含量 (基于原子数计) 至少为 P 含量 (基于原子数计) 的 2.5 倍。

[0079] 以这种方式, 当将 UBM 连接到含有 Sn 的焊料凸起上时, 可以抑制 Ni- 富含合金的形成和 P- 富含的 NiP 或 CuNiP 层的产生, 同时在 UBM 和焊料凸起之间的结合界面上保持高的阻挡特性。还可以防止在焊料凸起和电极片之间的结合强度由于 AuSn 合金的形成而降低。结果, 提供了一种高度可靠的电子部件, 该电子部件的焊料结合强度即使在高温下长期使用之后也降低很少。

[0080] 在本发明中, 将电极片电连接到一个或多个基板或半导体元件 (电子构件) 上。在每一个电极片上形成: (1) 由 CuNi 合金层形成的 UBM, 所述 CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni ; (2) 由 CuNiP 合金层形成的 UBM, 所述 CuNiP 层合金含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P ;或 (3) 由 CuNiP 合金层形成的 UBM, 该 CuNiP 合金层含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni, 和 8 至 16 原子%的 P, 同时 Ni 含量 (基于原子数计) 至少为 P 含量 (基于原子数计) 的 2.5 倍。

[0081] 当形成含有 Sn 的焊料凸起以电连接形成在不同的电子构件上的两个以上的 UBM 时, 在每一对的 UBM 和焊料凸起之间形成平均 Ni/Cu 比率等于或低于 2.3 的 CuNiSn 合金层。结果, 可以抑制 Ni- 富含 CuNiSn 合金和 P- 富含的 NiP 或 CuNiP 层的产生, 同时保持高的阻挡特性。此外, 可以在不进行的 Au 电镀的情况下, 实现相对优异的与焊料的润湿性, 并且不产生脆性的 AuSn 合金层, 由此提供高的结合强度。因此, 提供了一种高度可靠的半导体封装件, 所述半导体封装件的焊料结合强度即使在高温下长期使用之后也降低很少。

[0082] 附图简述

[0083] 图 1 是本发明的示例性电子部件的横截面图 ;

[0084] 图 2 是本发明的示例性电子部件的横截面图, 其中在每一个 UBM 上形成焊料凸起 ;

[0085] 图 3 是本发明的示例性电子部件的放大横截面图, 其中在由 CuNi 合金制成的 UBM 上形成焊料凸起 ;

[0086] 图 4 是本发明的示例性电子部件的放大横截面图, 其中在由 CuNiP 合金制成的 UBM 上形成焊料凸起 ;

[0087] 图 5 显示了在 UBM 中的 Cu 含量百分比和在 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率之间的相互关系 ;

[0088] 图 6 是其中由 NiP 合金制成的常规 UBM 被连接到 SnAgCu 焊料凸起上的连接部分的横截面图 ;

[0089] 图 7 是其中将本发明的由 CuNiP 合金制成的 UBM 连接到 SnAgCu 焊料凸起上的连接部分的横截面图 ;

[0090] 图 8 显示了在 UBM 中的 Ni 含量百分比和熔化的 UBM 膜的厚度之间的相互关系 ;

[0091] 图 9 是显示本发明的 UBM 的最佳组成范围的相图 ;

[0092] 图 10 是本发明的示例性电子部件的横截面图, 其中在 UBM 和电极片之间形成中间层 ;

[0093] 图 11 是本发明的示例性电子部件的横截面图,其中在由 CuNi 合金制成的 UBM 和电极片之间形成中间层;

[0094] 图 12 是本发明的示例性电子部件的横截面图,其中在由 CuNiP 合金制成的 UBM 和电极片之间形成中间层;

[0095] 图 13 显示了本发明的示例性半导体封装件;

[0096] 图 14 是其中由 CuNi 合金制成的常规 UBM 被连接到焊料凸起上的连接部分的横截面图;

[0097] 图 15 是其中由 NiP 合金或 CuNiP 合金制成的常规 UBM 被连接到焊料凸起上的连接部分的横截面图;和

[0098] 图 16 是显示本发明的 UBM 的最佳组成范围的相图。

[0099] 符号说明

[0100] 1:电子部件

[0101] 2:电极片

[0102] 3:UBM

[0103] 4:钝化

[0104] 5:焊料凸起

[0105] 6:CuNiSn 合金层

[0106] 7:第一 P- 富含层

[0107] 8:第二 P- 富含层

[0108] 9:中间层

[0109] 21:母板

[0110] 22:插入式基板

[0111] 23:半导体芯片

[0112] 24:用于初次连接的焊料凸起

[0113] 25:用于二次连接的焊料凸起

[0114] 26:印刷基板的电极片

[0115] 27:用于插入式基板的二次连接的电极片

[0116] 28:用于插入式基板的初次连接的电极片

[0117] 29:半导体芯片的电极片

[0118] 30:在印刷基板的电极片上的 UBM

[0119] 31:在用于插入式基板的二次连接的电极片上的 UBM

[0120] 32:在用于插入式基板的初次连接的电极片上的 UBM

[0121] 33:在用于半导体芯片的电极片上的 UBM

[0122] 34:底部填充 (underfill) 树脂

[0123] 35:模塑树脂

[0124] 101:半导体芯片

[0125] 102:在半导体芯片的面朝下的结合表面上的金属电极 (铝电极)

[0126] 103:SiN 绝缘膜

[0127] 104:钛膜 (在中间金属层中的一层)

[0128] 105 :由铜 - 镍合金膜形成的中间金属层

[0129] 106 :焊料凸起

[0130] 107 :陶瓷 (绝缘) 基板

[0131] 108 :布线 (金属图案)

[0132] 109 :NiP (或 NiCuP) 层

[0133] 110 :高 P-NiP (或 NiCuP) 层

[0134] 111 :NiSn (或 NiCuSn) 层

[0135] 112 :焊料凸起

[0136] 实施本发明的最佳方式

[0137] 下面将参考附图,基于本发明的实施方案更详细地描述本发明。

[0138] (第一实施方案)

[0139] 如在图 1 中所示,在根据本发明的电子部件 1 的一个实例中,在基板或半导体元件上形成的由例如 Al、Cu 和 Ag 制成的电极片 2 上,形成 UBM (阻挡金属层) 3。将电极片电连接到在基板或半导体元件中的布线上。

[0140] UBM 3 具有至少在与电极片接触的一侧相反的一侧上形成下列合金层中的任何一个 : (1) 含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni 的 CuNi 合金层, (2) 含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni, 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P 的 CuNiP 合金层, 或 (3) 含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni, 和 8 至 16 原子%的 P, 同时 Ni 含量 (基于原子数计) 至少为 P 含量 (基于原子数计) 的 2.5 倍的 CuNiP 合金层。

[0141] 即, CuNiP 合金层 (2) 需要含有等于或高于 15 原子%的 Cu 和等于或高于 40 原子%的 Ni。例如,当 P 含量为 x (原子%) 时, Cu/Ni 组合物含有高于或等于 15 原子%但是低于或等于 (60-x) 原子%的 Cu, 以及高于或等于 40 原子%但是低于或等于 (85-x) 原子%的 Ni (含有 Cu、Ni 和 P, 同时元素的原子数为 Cu:Ni:P = 15 至 60:40 至 85:0 (不包括 0) 至 25 (包括 25))。

[0142] CuNiP 合金层 (3) 含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P, 同时 Ni 含量至少为 P 含量的 2.5 倍。如图 16 中所示,满足上述条件的 UBM 是在被 Cu₄₄-Ni₄₀-P₁₆、Cu₆₀-Ni₂₉-P₁₁、Cu₆₀-Ni₃₂-P₈ 和 Cu₅₂-Ni₄₀-P₈ 所限定的矩形包围的组成范围内的那些。当使用制造 UBM 的电解镀敷或无电镀敷使 P 共沉积在 UBM 中时, Ni 的含量至少为 P 含量的约 2.5 倍, 原因是在 P 含量约为 Ni 含量的 40% 或更低时 Ni 和 P 共沉积。

[0143] UBM 可以部分地由 CuNi 合金层或 CuNiP 合金层形成, 或者可以全部由 CuNi 合金层或 CuNiP 合金层形成, 但是必需至少在与电极片接触的一侧相反的一侧上, 形成 UBM 形式的 CuNi 合金层或 CuNiP 合金层。在 CuNi 合金层 (1) 中的平均 Ni/Cu 比率优选为 0.67 至 5.7。在 CuNiP 合金层 (2) 中的平均 Ni/Cu 比率优选为 0.60 至 5.5。在 CuNiP 合金层 (3) 中的平均 Ni/Cu 比率优选为 0.48 至 0.91。在 CuNi 合金层 (1) 或在 CuNiP 合金层 (2) 或 (3) 中的平均 Ni/Cu 比率在热处理如回流过程之后变化很少, 并且可以通过使用与图 5 (将稍后描述) 中所示的测量方法相同的方法测量该比率。

[0144] 在 UBM 3 中使用的 CuNi 合金和 CuNiP 合金分别不限于二元合金和三元合金。CuNi

合金和 CuNiP 合金可以是一种或多种含有多种元素的将少量 Ag、Pd、Sn、Pb 或其它元素加入其中以提高与焊料的润湿性,或者将少量的 Co、Fe、Pd、Pt、W、Ti 或 Cr 加入其中以提高阻挡特性的三元或四元材料。然而,本发明的 UBM 3 必需具有包括如下的组成:(1) 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni;(2) 等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni,和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P;或者 (3) 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 的含量至少为 P 的含量的 2.5 倍。

[0145] 如图 2 中所示,将焊料凸起 5 放置在图 1 中所示的 UBM 3 上,它们之间具有 CuNiSn 合金层 6。焊料凸起 5 主要由 Sn,如 SnPb、SnAg、SnCu、SnAgCu、ShIn、SnZn 和 SnZnBi 制成。存在于结合界面上的 CuNiSn 合金层 6 中的平均 Ni/Cu 比率等于或低于 2.3。在将焊料凸起材料放置在 UBM 上之后,在焊料凸起的形成过程中,在 UBM 和焊料凸起之间形成 CuNiSn 合金层。因此,平均 Ni/Cu 比率表示在 UBM 上形成焊料凸起,并且形成 CuNiSn 合金层之后,CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率。

[0146] CuNiSn 合金层由含有 Cu-富含 $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ 或 Cu-富含 $(\text{Cu}, \text{Ni})_3\text{Sn}$ 的合金制成。有时所述层的一部分含有 Ni-富含 $(\text{Ni}, \text{Cu})_3\text{Sn}_4$ 或 Ni-富含 $(\text{Ni}, \text{Cu})_3\text{Sn}_4$ 。即使在含有这种 Ni-富含合金时,在 CuNiSn 合金层 6 中的平均 Ni/Cu 比率也等于或低于 2.3。

[0147] 尽管上述合金的实际组成比率可能略偏离精确的金属间化合物的那些,但是基于 SEM-EDX 的组成分析显示了下列结果:

[0148] -Cu-富含 $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$:含有 24 至 55 原子%的 Cu,0 至 24 原子%的 Ni 和 40 至 50 原子%的 Sn 的 CuNiSn 合金

[0149] -Cu-富含 $(\text{Cu}, \text{Ni})_3\text{Sn}$:含有 35 至 75 原子%的 Cu,0 至 35 原子%的 Ni 和 20 至 30 原子%的 Sn 的 CuNiSn 合金

[0150] -Ni-富含 $(\text{Ni}, \text{Cu})_3\text{Sn}_4$:含有 20 至 45 原子%的 Ni,0 至 20 原子%的 Cu 和 55 至 65 原子%的 Sn 的 CuNiSn 合金

[0151] 图 3 是其中由 CuNi 合金层 (1) 制成的 UBM 3、CuNiSn 合金层和焊料凸起被结合的界面附近的区域的放大横截面图。图 4 是其中由 CuNiP 合金层 (2) 或 (3) 制成的 UBM 3、CuNiSn 合金层和焊料凸起被结合的界面附近的区域的放大横截面图。

[0152] 如图 3 中所示,当使用 CuNi 合金层 (1) 作为 UBM 3 时,在 UBM 3 和焊料凸起 5 之间形成 CuNiSn 合金层 6。因为 UBM 3 不含 P,因此 CuNiSn 合金层 6 的组成在形成层之后不变化。

[0153] 另一方面,如图 4 中所示,当 UBM 3 由 CuNiP 合金 (2) 或 (3) 制成时,在 CuNiSn 合金层 6 和 UBM3 之间形成主要由 NiSnP 合金或 NiCuSnP 合金形成的第一 P-富含层 7。第一 P-富含层 7 通过 Cu 和 Sn 的相互扩散形成,并且比在周围区域中具有略高的 P 含量。第一 P-富含层 7 的组成变化,但是典型地含有约 30 至 50 原子%的 Ni、20 至 40 原子%的 Sn、10 至 30 原子%的 P 和 5 至 15 原子%的 Cu。

[0154] 在第一 P-富含层 7 和 UBM 3 之间,形成由 P-富含 NiP 合金(主要由 Ni_3P 制成的合金)、CuNiP 合金或其它 P-富含合金制成的第二 P-富含层 8。在第二 P-富含层中的 CuNiP 合金含有 45 至 80 原子%的 Ni、0 至 30 原子%的 Cu 和 15 至 30 原子%的 P。

[0155] 本发明的特征在于第二 P-富含层 8 比在其中使用由 NiP 制成的常规 UBM 的情况下明显更薄。在使用本发明的 CuNiP 合金 (2) 或 (3) 时形成的 P-富含层包含第一 P-富含

层 7 和第二 P- 富含层 8, 并且这些 P- 富含层比在 UBM 和焊料凸起中具有略大的 P 浓度值。下面将描述本发明的有利效果。

[0156] (a) 防止 Ni- 富含金属间化合物的生长

[0157] 在本发明中, (1) CuNi 合金层含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni, (2) CuNiP 合金层含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni, 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P; 或者 (3) CuNiP 合金层含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P, 同时 Ni 的含量至少为 P 的含量的 2.5 倍。因此, 可以大幅抑制在高温环境中使用之后, 由 Ni- 富含 (Ni, Cu)₃Sn₄ 和 Ni₃Sn₄ 组成的合金层的产生。

[0158] 还可以促进 Cu- 富含 (Cu, Ni)₆Sn₅ 合金层的形成, 并且提高在高温下使用之后在 UBM 和焊料凸起之间的结合强度, 原因是当使用 CuNi 合金层或 CuNiP 合金层作为 UBM 时, Cu 比 Ni 优先扩散到焊料凸起中, 即, 因为在高温下保持该结构之后, 在 UBM 和焊料凸起之间的界面上形成的 CuNiSn 合金层中的 Cu 浓度变高, 并且导致结合强度的降低的针状 Ni- 富含合金的形成和生长得到抑制。

[0159] 在 CuNi 合金层或者 CuNiP 合金层含有预定量的 Cu 并且 Ni 含量等于或低于 85 原子%时, 明显地表现出 Cu 对抑制 Ni- 富含 CuNiSn 合金的形成的影响。当 Ni 的含量高于 85 原子%时, 在重复回流操作之后, Ni- 富含 CuNiSn 合金可能在形成于 UBM 和焊料凸起之间的界面上的 CuNiSn 合金层中形成。" Ni- 富含 CuNiSn 合金" 是指在 CuNiSn 合金中的 Ni/Cu 比率大于 1.0, 并且 " Cu- 富含 CuNiSn 合金" 是指在 CuNiSn 合金中的 Ni/Cu 比率小于或等于 1.0。

[0160] 几乎所有形成在界面上的 CuNiSn 合金层都由 Ni- 富含 CuNiSn 合金制成时, 具体而言, 当在 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率大于约 2.3 时, 由于热历史所致的结合强度的降低变得显著。因此 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率必需小于或等于 2.3。另一方面, 当 Ni- 富含 CuNiSn 合金和 Cu- 富含 CuNiSn 合金一起存在时 (当平均 Ni/Cu 比率在约 $0.7 < \text{Ni/Cu} \leq 2.3$ 的范围内), 由 Ni- 富含 CuNiSn 合金层的断裂所致的结合强度降低很少被观察到。此外, 当仅仅 Cu- 富含 CuNiSn 合金在 CuNiSn 合金层中占优势时 (当平均 Ni/Cu 比率小于或等于约 0.7 时), 结合强度很少降低。

[0161] (在 UBM 中的 Cu 组成和结合强度之间的关系以及在 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率和结合强度之间的关系)

[0162] 图 5 作为实例地显示了当 UBM 由 CuNiP 合金制成并且焊料凸起由 SnAgCu 制成时, 在 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率与 UBM 中的 Cu 含量之间的关系。在图 5 中, 按如下进行样品制备和特性测量。

[0163] 样品制备方法

[0164] 使用含有 Ni 离子、Cu 离子和次磷酸钠的镀敷溶液进行无电电镀。在该方法中, 该 Ni 离子、Cu 离子和次磷酸钠的浓度, 以形成由含有不同量的 Cu 的 CuNiP 合金制成的 UBM。

[0165] - 回流条件

[0166] 通过在最高 300 °C、氮气氛中使用助熔剂, 使用回流炉, 将固定在 UBM 上的 SnAgCu (= 96.5 : 3 : 0.5) 焊料凸起熔化, 并且将焊料凸起连接到 UBM 上。当制备出已经经历第八次回流操作的样品时, 回流操作被重复了 8 次。

[0167] - 用于测量 UBM 中的 Cu 含量的方法

[0168] 切割焊料凸起与 UBM 结合的界面,以使其暴露。通过 SEM-EDS 对 UBM 进行组成分析,并且测量 Cu 含量。

[0169] - 在 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率的测量

[0170] 切割焊料凸起与 UBM 结合的界面,以使其暴露。通过 SEM-EDS 对与 CuNiSn 合金层相应的部分进行 UBM 的组成分析,并且测量平均 Ni/Cu 比率。通过对厚度 $2\mu\text{m} \times$ 宽度 $50\mu\text{m}$ 的区域进行基于 SEM-EDX 的区域组成分析,计算并且确定平均 Ni/Cu 值。然而,当 CuNiSn 合金层薄,并且由此难以进行区域分析时,通过使用点分析,在 CuNiSn 合金层中的 10 个点进行测量,并且将它们平均化,从而确定平均 Ni/Cu 值。

[0171] 当将回流操作重复 8 次时,观察到 CuNiSn 层的组成变化,但是 UBM 和焊料凸起的组成根本没有变化,或变化很少。当使用上述 UBM 和焊料凸起时,在 UBM 和焊料凸起之间的界面上形成 CuNiSn 合金层。CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率随着 UBM 中的 Cu 含量的降低而增加,并且当 UBM 中的 Cu 含量达到约 15 原子%时,平均 Ni/Cu 比率的增加比率急剧变高。即,在 UBM 中的 Cu 含量高于或等于 15 原子%的区域中,即使在最高 300°C 重复 8 次回流操作的极端苛刻的温度下,平均 Ni/Cu 比率也是小的,并且 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率随着 UBM 中的 Cu 含量变化的比率(在图 5 中的每条线的斜率)是小的。在 UBM 中的 Cu 含量高于或等于 15 原子%的区域中,可以看到在 UBM 和焊料凸起之间的结合界面上几乎不形成有助于降低结合强度的 Ni- 富含合金层,而是形成含有 Cu- 富含 CuNiSn 合金的合金层。即,可以看到,在 UBM 中的 Cu 含量 is 高于或等于 15 原子%的区域中,经历第一次回流操作的 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率小于或等于 2.3,并且已经经历 8 次回流操作的 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率也是如此。

[0172] 进一步证实,当存在于结合界面上的 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率小于或等于 0.7 时,CuNiSn 合金由 Cu- 富含 CuNiSn 合金制成;当平均 Ni/Cu 比率大于 0.7 但是小于或等于 2.3 时,CuNiSn 合金同时包含 Cu- 富含 CuNiSn 合金和 Ni- 富含 CuNiSn 合金;并且当平均 Ni/Cu 比率大于 23 时,几乎所有 CuNiSn 合金由 Ni- 富含 CuNiSn 合金制成。

[0173] 表 1 显示了在已经经历第一次回流操作的 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率和凸起拉拔强度(bump pull strength)之间的关系,而表 2 显示了对于已经经历第 8 次操作的 CuNiSn 合金层的同样的关系。以下列方式测量凸起拉拔强度。

[0174] - 用于测量凸起拉拔强度的方法

[0175] 在其中形成于直径为 $130\mu\text{m}$ 的 Al 电极上的厚度约为 $5\mu\text{m}$ 的 UBM 上,形成直径为 $150\mu\text{m}$ 的 SnAgCu (= 96.5 : 3 : 0.5) 焊料凸起的样品,使用来自 Dage Holdings Limited 的冷拉拔强度试验机测量凸起拉拔强度。

[0176] [表 1]

[0177] 在第一次回流之后

[0178]	UBM 组成 (原子%)			CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率(-)	凸起拉拔强度 (g)
	Cu	Ni	P		
	44	45	11	0.64	155
	39	49	12	0.69	133
	33	53	14	0.70	151
	20	60	20	0.73	154
	19	68	13	0.75	110
	18	67	15	0.81	133
	6	88	6	1.45	125
	0	88	12	1.41	116

[0179] [表 2]

[0180] 在第八次回流之后

[0181]	UBM 组成(原子%)			CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率 (-)	凸起拉拔强度 (g)
	Cu	Ni	P		
	44	45	11	0.69	142
	39	49	12	0.69	131
	33	53	14	0.73	155
	20	60	20	0.97	130
	19	68	13	1.55	120
	18	67	15	2.26	119
	6	88	6	4.39	71
	0	88	12	3.40	83

[0182] 在表 1 中所示的结果表明,对于每一种 UBM 组成,在第一次回流之后,凸起拉拔强度都等于或高于 110g。然而,其中形成结合部分的典型条件不像表 1 中所示的那些一样是适中的,而是对应表 2 中所示的第八次回流操作之后的那些。在表 2 中所示的结果表明,当 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率小于或等于 2.3 时,凸起拉拔强度为 110g 或更高,而当平均 Ni/Cu 比率大于 2.3 (3.4, 4.39) 时, Ni- 富含 CuNiSn 合金开始在 UBM 和焊料凸起之间的界面上占优势,并且凸起拉拔强度显著降低。可以表明,在 CuNiSn 合金中的平均 Ni/Cu 比率趋向于增加,因此凸起拉拔强度趋向于随着回流操作的次数增加而降低。然而,当 Cu 含量高于或等于 15 原子%时,平均 Ni/Cu 比率随着回流操作的次数增加而增加的比率小,因此 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率保持在低的值。因此,即使长时间在高温环境中,凸起拉拔强度的降低量也可以是小。

[0183] 如上所述,当 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率小于或等于 2.3 时,CuNiSn 合金层可以含有 Cu- 富含 CuNiSn 合金,并且可以将 UBM 和焊料凸起之间的结合强度保持在高的值,只要阻挡特性不受损害即可。因此,作为 UBM 的 CuNi 合金层的最佳组成含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni,此时 CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率可以被保持在 2.3 或更小,因此即使在产品在高温环境中长时间使用时,焊料结合强度也不降低。类似地,作为 UBM 的 CuNiP 合金的最佳组成含有 (2) 等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 的 Ni,以及高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P,或 (3) 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 的含量至少为 P 的含量的 2.5 倍。

[0184] (b) 抑制 P- 富含层的产生和生长

[0185] 在使用常规的无电镀 NiP 的 UBM 中,存在结合强度降低的问题,原因是在焊料凸起结合过程中,UBM 中的 Ni 扩散到焊料凸起中,使得形成 P- 富含 NiP 层(主要由 Ni_3P 制成的层)等,并且在施加应力或冲击时,P- 富含 NiP 层断裂。然而,在本发明中,由于 UBM 含有快速扩散到焊料中的大量 Cu,因此在焊料凸起中含有的 Sn 容易在某种程度上扩散到 UBM 中。因此,可以大幅抑制不含有 Sn 的 P- 富含 NiP 层或其它 P- 富含层的生成,并且防止结合强度的降低。

[0186] 图 6 显示了在当由 NiP 合金制成的常规 UBM 与 SnAgCu 焊料凸起使用在它们之间的 CuNiSn 合金层进行连接时,在 UBM 和 SnAgCu 焊料凸起之间的界面的横截面 SEM 图像。图 7 显示了当由本发明的 CuNiP 合金制成的 UBM 与到 SnAgCu 焊料凸起使用在它们之间的 CuNiSn 合金层进行连接时,在 UBM 和 SnAgCu 焊料凸起之间的界面的横截面 SEM 图像,所述本发明的 CuNiP 合金含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P。

[0187] 在图 6 中,在 UBM 和焊料凸起之间的界面上形成厚的 P- 富含 NiP 层(第二 P- 富含层)。另一方面,在图 7 中所示的使用 CuNiP 合金的 UBM 中,P- 富含 NiP 层(主要由 Ni_3P 制成的层:第二 P- 富含层)远比在使用由 NiP 合金制成的 UBM 时获得的层更薄,从而表明 P- 富含 NiP 层的生成被大幅抑制。在图 7 中所示的使用 CuNiP 合金的 UBM 中,P- 富含 NiP 层(主要由 Ni_3P 制成的层)是薄的,而形成了厚的 P- 富含 NiSnP 层(NiCuSnP ,即,典型地组成为约 30 至 50 原子%的 Ni、20 至 40 原子%的 Sn、10 至 30 原子%的 P 和 5 至 15 原子%的 Cu 的层 P:第一 P- 富含层)。作为结合强度评价的结果,在使用 CuNiP 合金层的结合强度试验中没有观察到由 P- 富含层所引起的断裂形式,而仅仅观察到焊料凸起断裂形式,并且结合强度没有降低。

[0188] 在本发明中,在多次回流操作之后的阻挡特性可以通过提高在 UBM 中的 P 浓度来提高。因此,适宜的是根据应用适当地调节在 UBM 中的 P 含量。此外,例如,即使在 P 含量高达约 25 原子%时,但是在 UBM 含有等于或高于 15 原子%的 Cu 和等于或高于 40 原子%的 Ni 时,大幅抑制了 P- 富含 NiP 层或其它层的生成和其中的断裂,因此没有造成特殊问题。

[0189] 此外,即使在形成含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 含量(基于原子数计)为 P 含量(基于原子数计)的至少 2.5 倍的 CuNiP 合金层 (3) 时,如在上述情况下,可以抑制 P- 富含 NiP 层(第二 P- 富含层)或其它层的形成。作为结果,可以保持在电极片和焊料凸起之间的高结合强度。

[0190] (c) 防止由阻挡特性的损失而引起的结合强度的降低

[0191] (在 UBM 中的 Ni 组成和结合强度之间的关系)

[0192] 在本发明中,在 UBM 中使用阻挡特性比 Cu 高的 (1) 含有 40 至 85 原子%的 Ni 的 CuNi 合金层,或者使用阻挡特性比 Cu 高的 (2) 含有等于或高于 40 原子%的 Ni 的 CuNiP 合金层,以确保该结构被保持在高温之后,对焊料的阻挡特性,并且防止结合强度的降低。作为实例,图 8 显示了对由根据本发明形成的 CuNiP 合金制成的 UBM 所得到的 SnAgCu 焊料凸起的阻挡特性。图 8 显示了在 UBM 中的 Ni 含量的百分比与在回流后熔化 UBM 膜的厚度之间的关系。本文中使用的熔化膜厚度表示在成形之前的厚度与在成形之后的厚度之间的厚度降低量。以下列方式测量在图 8 中的特性值。

[0193] - 回流条件

[0194] 通过在最高 300 °C、氮气氛中使用助熔剂,使用回流炉将固定在 UBM 上的 SnAgCu (= 96.5 : 3 : 0.5) 焊料凸起熔化,并且将焊料凸起连接到 UBM 上。为了制备经历了第 8 次操作的样品,将回流操作重复八次。

[0195] - 用于测量在 UBM 中的 Ni 含量的百分比的方法

[0196] 将其中焊料凸起与 UBM 结合的界面切割,以使其暴露出来。通过 SEM-EDS 对 UBM 进行组成分析,并且测量 Ni 含量。

[0197] - 用于测量熔化的 UBM 膜的厚度的方法

[0198] 使用 SEM 在相同的样品中观察,其上形成有焊料凸起的电极片,以及其上没有形成焊料凸起的电极片。测量在这两种 UBM 膜之间的厚度的实际差别以确定熔化的 UBM 膜的厚度。在 10 个点测量熔化的膜厚度,并且将 10 个测量值平均,以确定熔化的膜厚度。

[0199] 图 8 显示了熔化的 UBM 膜的厚度随着在 UBM 中具有优异的阻挡特性的 Ni 含量的增加而大幅降低。已经发现在 Ni 含量高于或等于 40 原子%的区域中,熔化的膜厚度小于或等于 5 μ m,并且实际厚度为 5 μ m 的 UBM 即使在其经历第 8 次回流操作之后也不熔化,由此在使用典型的电子器件的范围内,可以保持足够的阻挡特性。

[0200] 表 3 显示了由各种 CuNiP 合金制成的 UBM 在第八次回流操作之后的结合强度。在与表 1 和 2 中使用的那些相同的条件下,测量凸起拉拔强度。在表 3 中所示的结果表明,含有低于 40 原子%的 Ni 的 UBM 具有低达 92g 或更低的凸起拉拔强度值。然后发现,在膜厚度约为 5 μ m 时,阻挡层断裂,并且 Al/焊料凸起界面的分离急剧降低结合强度。另一方面,发现在由含有高于 40 原子%的 Ni 的 CuNiP 合金制成的 UBM 中,凸起拉拔强度值高达 120g 或更高,并且保持了阻挡特性,由此即使在高温环境中储存之后,也与上述实例不同,结合强度并没有急剧降低。因此,已经发现在由 CuNi 合金或 CuNiP 合金制成的 UBM 中,Ni 含量必需等于或高于 40 原子% (Cu 含量必需等于或低于 60 原子%)。

[0201] [表 3]

[0202] 在第八次回流之后

[0203]	UBM 组成 (原子%)			CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率 (-)	凸起拉拔强 度 (g)
	Cu	Ni	P		
	62	32	6	0.39	28
	55	39	6	0.48	92
	44	45	11	0.69	142
	39	49	12	0.69	131
	33	53	14	0.73	155
	20	60	20	0.97	130
	19	68	13	1.55	120

[0204] 在 CuNiP 合金层中的阻挡特性不仅取决于 Ni 含量,而且取决于 P 含量,并且在 UBM 中的 P 含量越高,阻挡特性越好。特别是,当 P 含量高于或等于 8 原子%时,即使在 Cu 含量略高而 Ni 含量略低时,也可以保持阻挡特性。因此,P 含量必需等于或高于 8 原子%。

[0205] 此外,本发明人所进行的研究表明,即使在 Ni 含量低于 40 原子%时,等于或高于 8 原子%的 P 含量也确保良好的阻挡特性和长期结合的可靠性。表 4 显示了在第 8 次回流操作后,熔化的 UBM 膜的厚度,平均 Ni/Cu 比率,以及 P 含量等于或高于 8 原子%并且 Ni 含量等于或低于 40 原子%的 CuNiP 合金的结合强度。在与表 1 和 2 中所用的那些相同的条件下,测量凸起拉拔强度。根据样品的组成,在表 3 中所示的含有低于 8 原子%的 P 的样品不能在第 8 次操作之后确保足够的结合强度,而表 4 表明,即使在 Ni 含量等于或低于 40 原子%时,也可以使用含有高于或等于 8 原子%的 P 和低于或等于 60 原子%的 Cu 的 UBM,以保持阻挡特性和 120g 以上的高结合强度。注意在表 4 中所示的 Ni 含量始终至少为 P 含量的 2.5 倍。

[0206]

[表 4]
在第八次回流之后

UBM 组成(原子%)			熔化的 UBM 膜的 厚度	CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率 (-)	凸起 拉拔 强度 (g)
Cu	Ni	P			
59	33	8	3.11	0.40	122
58	31	11	2.29	0.37	129
52	39	9	3.22	0.55	145
49	37	14	1.75	0.52	132

[0207] (d) 防止由于形成 AuSn 合金而引起的结合强度的降低

[0208] 由根据本发明的 CuNi 合金 (1) 或 CuNiP 合金 (2) 或 (3) 制成的 UBM 含有等于或高于 15 原子%的 Cu,与由 Ni 或 NiP 合金制成的常规 UBM 不同的是,其具有良好的润湿性。因此,当在由任一种上述合金制成的 UBM 上形成焊料凸起,同时它们之间具有 CuNiSn 合金层时,所得到的与焊料的润湿性类似于由已经经历 Au 电镀的常规 CuNi 膜或已经经历 Au 电镀的常规 NiP 膜形成的 UBM 的与焊料的润湿性。即使在 Cu 含量不高于或等于 60 原子%时,也可以提供 Cu 对提高与焊料的润湿性的这种效果。

[0209] 可能在 CuNi 合金层或者 CuNiP 合金层的表面上形成氧化物膜,并且适宜地通过使用具有强活性的助熔剂移除氧化物膜。还可以将典型的助熔剂用于移除,并且可以将 CuNi

合金层或者 CuNiP 合金层连接到具有足够强度的焊料上,原因是具有良好的与焊料的润湿性的 Cu 被加入合金层中。如上所述,当不对 CuNi 合金层或者 CuNiP 合金层的表面进行 Au 处理时,在高温下储存之后,将不在结合界面上形成脆性合金,如 AuSn。因此,本发明人发现,由具有较高 Ni 含量的 CuNi 合金或 CuNiP 合金制成的 UBM 还可以保持高的结合强度。

[0210] 如上所述,在本发明中,即使在高温环境中使用之后,也可以抑制 Ni- 富含 CuNiSn 合金、P- 富含 NiP 层和 CuNiP 层的形成,确保阻挡特性,并且保持高的结合强度。为此,CuNiP (2) 和 (3) 的优选组成表示为由下列范围限定的区域:如图 9 中所示,15 原子% $\leq$ Cu $<$ 60 原子%,40 原子% $\leq$ Ni $<$ 85 原子%,以及 0 原子% $<$ P $\leq$ 25 原子%;以及由下列范围限定的区域:如图 16 中所示,44 原子% $\leq$ Cu $\leq$ 60 原子%,29 原子% $\leq$ Ni $\leq$ 40 原子%,以及 8 原子% $\leq$ P $\leq$ 16 原子%。

[0211] (第二实施方案)

[0212] 除上述结构以外,本发明的电子部件还可以具有含两层以上的结构:如图 10 中所示,由 Al、Cu、Ag 或其它元素制成的电极片 2,以及 CuNi 合金层或 CuNiP 合金层 3,电极片 2 和合金层 3 之间具有中间层 9。在这种情况下,连接到 CuNiSn 合金层上的顶部阻挡金属层的组合物必需是 CuNi 合金或 CuNiP 合金。

[0213] 中间层 9 的材料实例可以包括 Ni、Cu、Pd、Pt、Fe、Co、Cr 和 Ti,以及含有上述任何一种金属的 NiP 合金、NiB 合金和 CoP 合金。在中间层中的上述合金具有下列组成:

[0214] -NiP 合金:含有 2 至 25 原子%的 P 的 NiP 合金

[0215] -NiB 合金:含有 1 至 10 原子%的 B 的 NiB 合金

[0216] -CoP 合金:含有 2 至 25 原子%的 P 的 CoP 合金

[0217] 使用中间层 9 的一个原因是可以进一步提高 CuNi 或 CuNiP 合金层和电极片 2 之间的粘合强度。

[0218] 在极端条件使用过程中,由 CuNi 合金或 CuNiP 合金制成的阻挡层可能局部地断裂。在这种情况下,由 Al 或其它元素制成的电极片与焊料凸起直接接触,并且在直接接触部分的强度变得接近于 0。在这种情况下,当使用由 Ni、NiB 合金、NiP 合金等制成的中间层 9 时,中间层 9 作为显著硬的阻挡层,由此结合强度的显著降低可以减小为强度的温和降低。

[0219] 图 11 和 12 显示了具有连接到焊料凸起上的这些中间层的电子部件的横截面结构。图 11 显示了其中使用由 CuNi 合金制成的 UBM 的情况,而图 12 显示了其中使用由 CuNiP 合金制成的 UBM 的情况。除增加中间层以外,这些结构与图 3 和 4 中所示的结构相同。

[0220] (第三实施方案)

[0221] 在本发明中已经描述的电子部件指是形成电路的一般组件,如在印刷基板、柔性基板、陶瓷基板、玻璃-陶瓷基板和半导体基板上形成的那些,以及芯片电容器和芯片电阻器。

[0222] 本发明的半导体封装件具有通过 UBM、焊料凸起等电连接的电子构件。电子构件的实例可以包括基板(如母板基板、插入式基板、半导体封装件、印刷基板、柔性基板、陶瓷基板、玻璃-陶瓷基板和半导体基板)以及半导体芯片(半导体元件)。在这些电子构件之间的连接的实例可以包括基板与基板的连接、半导体元件与半导体元件的连接,以及基板与半导体元件的连接。

[0223] 图 13 是被安装在印刷基板上的半导体封装件的横截面图,所述半导体封装件包含两个以上的半导体元件,其中在与半导体元件电连接的电极片的表面上形成本发明的 UBM,并且通过使用焊料凸起,将相应的电极片用它们之间的 CuNiSn 合金层进行相互连接。

[0224] 在图 13 中所示的半导体封装件的可想到的封装结构分别在母板基板 21、插入式基板 22 和半导体芯片 23 的电极片 26,27,28 和 29 与用于初次连接的焊料凸起 24 和用于二次连接的焊料凸起 25 之间,采用 UBM30,31,32 和 33,其中 UBM30,31,32 和 33 中的每一个都由 CuNi 合金或 CuNiP 合金制成。

[0225] 在图 13 中所示的半导体封装件是作为实例提供的,并且本发明的半导体封装件的其它实例包括:芯片-上-芯片,其中焊料凸起将芯片(半导体元件)的电极与另一个芯片的电极连接;以及封装层叠件,其中焊料凸起将封装的电极连接到另一个封装的电极上。本发明的又一个实例是其中将芯片连接到母板上的芯片-上-板,并且在这种情况下,将本发明的 BM-焊料凸起连接结构应用于这种芯片-上-板。此外,本发明的 UBM 和焊料凸起连接结构适用于所有电子器件,如移动手机、计算机、数字照相机、存储器组件和 PDA。

实施例

[0226] (第一实施例)

[0227] 下面描述使用本发明的连接结构的半导体封装件的实施例。首先,在其上包含 Al 电极片的半导体晶片经历 Pd 催化剂处理或锌酸盐处理以活化表面。然后将半导体晶片浸渍在保持 80°C 的无电 CuNiP 镀敷溶液中,达约 20 分钟,以在半导体晶片的表面上沉积厚度约为 5 μ m 的 CuNiP 合金层。当电极片由 Cu 制成时,可以使用 Pd 催化剂以活化电极片,并且可以在电极片上选择性地形成无电镀 CuNiP 合金层。无电镀的 CuNiP 镀敷溶液含有足够量的 Cu 离子、Ni 离子、次磷酸钠、配位剂、pH 缓冲剂、稳定剂等。调节在无电镀 CuNiP 镀敷溶液中 Cu 离子和 Ni 离子的量,使得形成由 CuNiP 合金制成的 5 μ m 厚的 UBM,所述 CuNiP 合金含有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 和等于或低于 25 原子%的 P。

[0228] 然后将助熔剂供给到其上已经形成 UBM 的半导体晶片电极片上。使用球转印法,设置 SnAgCu 焊料凸起,并且在回流操作中将 UBM 连接到焊料凸起上。该处理使得在焊料凸起和 UBM 之间形成 CuNiSn 合金层和 P- 富含层,所述 CuNiSn 合金层具有约 2 μ m 的厚度和约 0.7 的平均 Ni/Cu 比率。将半导体晶片切成多个单独的芯片,并且使用安装机将每一个芯片与积层基板对齐,所述积层基板包含由 CuNiP 合金制成的组成类似与上述 UBM 的 UBM。将积层基板和半导体晶片放置在回流炉中,以将半导体晶片连接到积层基板上。

[0229] 将底部填充树脂注入到这样制造的倒装连接部分中,以制造 CSP 或 BGA。作为用于形成焊料凸起的方法,除焊料球转印法以外,可应用焊料膏印刷、超级焊接、Super Jufit 方法、电解电镀、溅射、沉积等。

[0230] (第二实施例)

[0231] 通过在其上包含 Cu 电极片的半导体晶片上溅射,形成由例如 Ti 制成的粉末进料层,然后使用光刻术形成电极片中的孔。将半导体晶片浸渍在含有 Cu 离子和 Ni 离子的电解 CuNi 镀敷溶液中,并且导通电流,以在半导体晶片上沉积厚度为 5 μ m 的 CuNi 合金层。在这种电解镀敷中,如在第一实施例中的无电镀敷中那样,调节在电解镀敷溶液中的 Cu 含量

和 Ni 含量,以这样的方式获得所需的膜组成 (Cu :15 至 60 原子%, Ni :40 至 85 原子%)。当使用电解电镀形成 CuNiP 合金层时,可以将 P 源如次磷酸钠加入到电镀溶液中。

[0232] 在通过电解电镀形成 CuNi 合金层之后,将半导体晶片浸渍在焊料电镀溶液中,并且导通电流以形成厚度约为 100 μm 的焊料凸起。移除抗蚀剂和粉末进料层,然后将半导体晶片放置在回流炉中,以形成在焊料凸起和 UBM 之间的界面上具有结合结构的器件,所述结合结构包含其平均 Ni/Cu 比率等于或低于 2.3 的 CuNiSn 合金层。

[0233] (第三实施例)

[0234] 在其上包含 Cu 电极片的积层基板进行 Pd 催化剂处理,以活化电极片的表面。然后将半导体晶片浸渍在第一实施例中描述的无电镀 CuNiP 电镀溶液中,以沉积厚度约为 5 μm 的 CuNiP 合金层。然后将焊料膏印刷在电极上,随后通过回流操作在 CuNiP 合金层上形成 SnAg 焊料预涂层。将包含在其上形成的 SnAg 焊料凸起的 CSP 安装在印刷基板上,以在焊料凸起和 UBM 在之间的界面上制造具有结合结构的器件,所述结合结构包含 CuNiSn 合金层和 P- 富含层的器件,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率。

[0235] (第四实施例)

[0236] 将包含在其上形成的 Cu 电极片的印刷基板浸渍在电解 CuNi 电镀溶液中,所述 Cu 电极片连接到电镀引线上。然后将电镀引线连接到阴极上,并且导通电流以仅在 Cu 电极片上形成厚度为 3 μm 的 CuNi 合金层膜组成(膜组成:15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni)。将 SnAgCu 膏印刷在其上形成 UBM 的电极片上,随后通过回流操作在 UBM 上形成焊料凸起。因此,形成了在焊料凸起和 UBM 之间的界面上具有结合结构的器件,所述结合结构包含其平均 Ni/Cu 比率等于或低于 2.3 的 CuNiSn 合金层。

[0237] (第五实施例)

[0238] 包含形成在其上的 Ag 电极片的玻璃-陶瓷基板进行 Pd 催化剂处理,以活化电极片的表面。首先为了提高粘附性,将玻璃-陶瓷基板浸渍在无电镀 NiP 电镀溶液中以形成厚度约为 1 μm 的 NiP 合金。使用 Pd 催化剂进一步活化 NiP 电镀膜,并且将玻璃-陶瓷基板浸渍在无电镀 CuNiP 溶液中,以形成厚度约为 3 μm 并且含有 20 原子%的 Cu、60 原子%的 Ni 和 20 原子%的 P 的 CuNiP 合金层。然后将基板浸渍在 SnAgCu 焊料熔融槽中,以在 CuNiP 表面上形成焊料凸起。然后将基板放置在回流炉中,以形成在焊料凸起和 UBM 之间的界面上具有结合结构的器件,所述结合结构包含 CuNiSn 合金层和 P- 富含层,所述 CuNiSn 合金层具有等于或低于 2.3 的平均 Ni/Cu 比率。

[0239] (第六实施例)

[0240] 将在其上包含 Al 电极片的半导体晶片进行锌酸盐处理,以活化表面。然后将半导体晶片浸渍在保持于 80°C 的无电镀 CuNiP 电镀溶液中,达约 20 分钟,以在半导体晶片的表面上沉积厚度约为 5 μm 的 CuNiP 合金层。在这种处理中,可以提高次磷酸钠在无电镀 CuNiP 电镀溶液中的浓度(约 0.1 至 1.0 mol/L)以形成由 CuNiP 合金制成的 5 μm 厚的 UBM,所述 CuNiP 合金含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P。当使用电解电镀或无电镀将 P 共沉积于 CuNiP 合金中时,P 的沉积量仅约为 Ni 含量的 40% 以下,原因是 Ni 趋向于随同 P 一起共沉积。因此,在 CuNiP 合金中的 Ni 含量至少约为 P 含量的 2.5 倍。

[0241] 然后将助熔剂供给到其上已经形成 UBM 的半导体晶片电极片上。使用球转印法设

置 SnAgCu 焊料凸起,并且在回流操作中将 UBM 连接到焊料凸起上。该处理使得在焊料凸起和 UBM 之间形成 CuNiSn 合金层和 P- 富含层,所述 CuNiSn 合金层具有约 $3\mu\text{m}$ 的厚度和约 0.4 的平均 Ni/Cu 比率。

[0242] 将半导体晶片切成多个独立芯片,并且使用安装机将每一个芯片与印刷布线基板对齐,所述印刷布线基板包含由具有类似组成的 CuNiP 合金制成的 UBM。然后,将半导体晶片放置在回流炉中以形成在焊料凸起和 UBM 之间的界面上具有结合结构的器件,所述结合结构包含 Cu- 富含 CuNiSn 合金层。

[0243] 对在第一至第六实施例中形成的每一种结构,测量 UBM 的组成、焊料凸起的组成、CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率和凸起拉拔强度。这些特性通过使用与图 5 和 8 中所用的方法相同的方法测量。以用于 UBM 的组成的方法相同的方法,测量焊料凸起的组成。表 5 和 6 显示了所述结果。

[0244]

[表 5]	UBM 组成 (原子%)			CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率(-)	焊料凸起的组成(原子%)	凸起拉拔强度 (g)
	Cu	Ni	P			
第一实施例	39	49	12	0.69	Sn:Ag:Cu=96.5:3:0.5	131
第二实施例	42	58	0	0.82	Sn:Ag=96.5:3.5	143
第三实施例	36	50	14	0.96	Sn:Ag=96:4	133
第四实施例	20	80	0	1.13	Sn:Ag:Cu=95.75:3.5:0.75	124
第五实施例	20	60	20	0.97	Sn:Ag:Cu=96.5:3:0.5	125

[0245]

[表 6]

	UBM 组成 (原子%)			CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率(-)	焊料凸起的组成 (原子%)	凸起拉拔强度 (g)
	Cu	Ni	P			
第六实施例	59	33	8	0.40	Sn:Ag:Cu=96.5:3:0.5	122

[0246] 在表 5 和 6 中的结果表明,作为 UBM 的下列 (1)、(2) 或 (3) 被用于将 (4)CuNiSn 合金层中的平均 Ni/Cu 比率设定至低于或等于 2.3 的值,由此提供等于或高于 120g 的高凸起拉拔强度:(1) 含有 15 至 60 原子%的 Cu 和 40 至 85 原子%的 Ni 的 CuNi 合金层,(2) 含

有等于或高于 15 原子%的 Cu、等于或高于 40 原子%的 Ni 以及高于 0 原子%并且等于或低于 25 原子%的 P 的 CuNiP 合金层,或 (3) 含有 44 至 60 原子%的 Cu、29 至 40 原子%的 Ni 和 8 至 16 原子%的 P,同时 Ni 含量至少为 P 含量的 2.5 倍的 CuNiP 合金层。

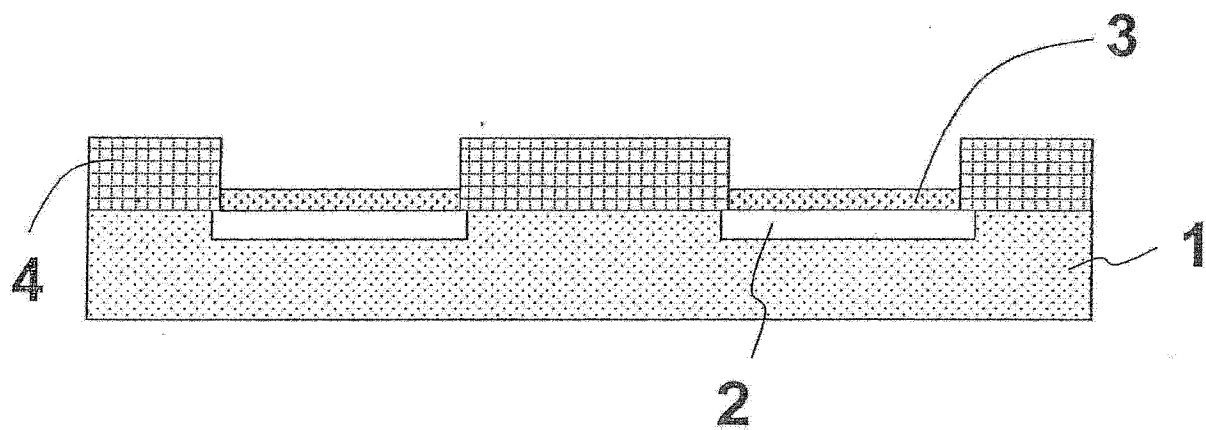


图 1

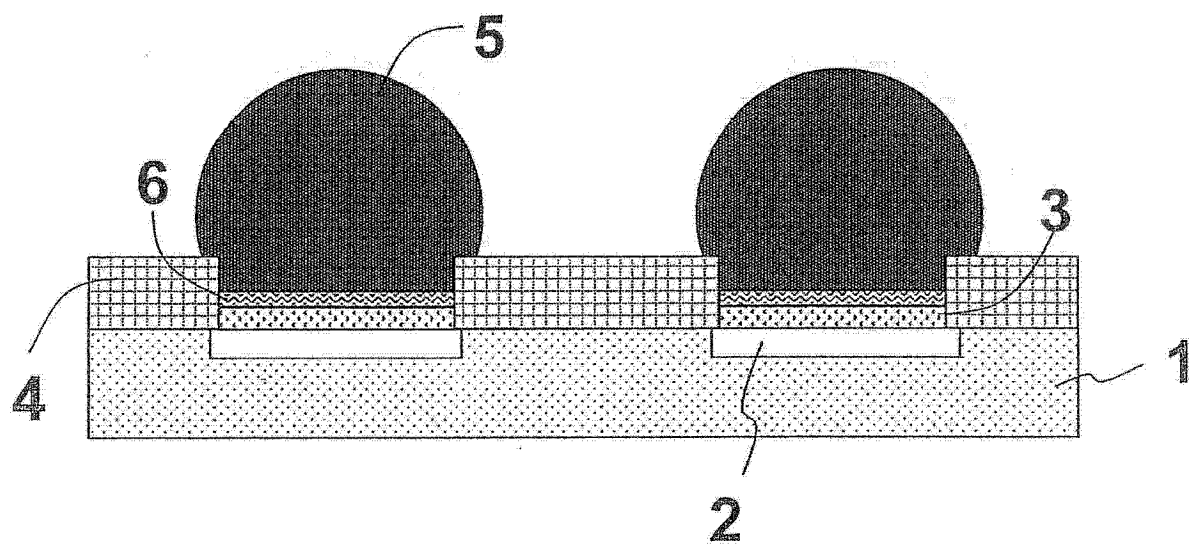


图 2

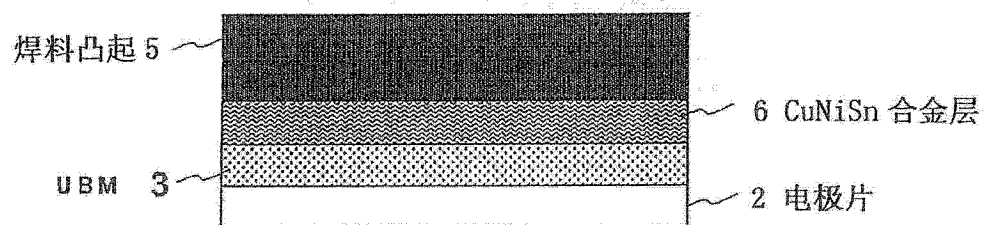


图 3

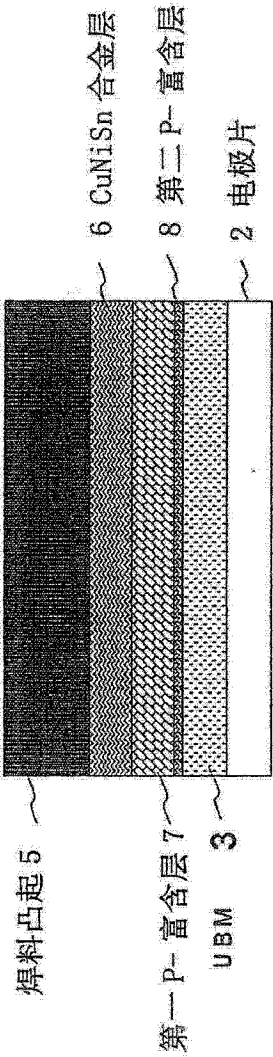


图 4

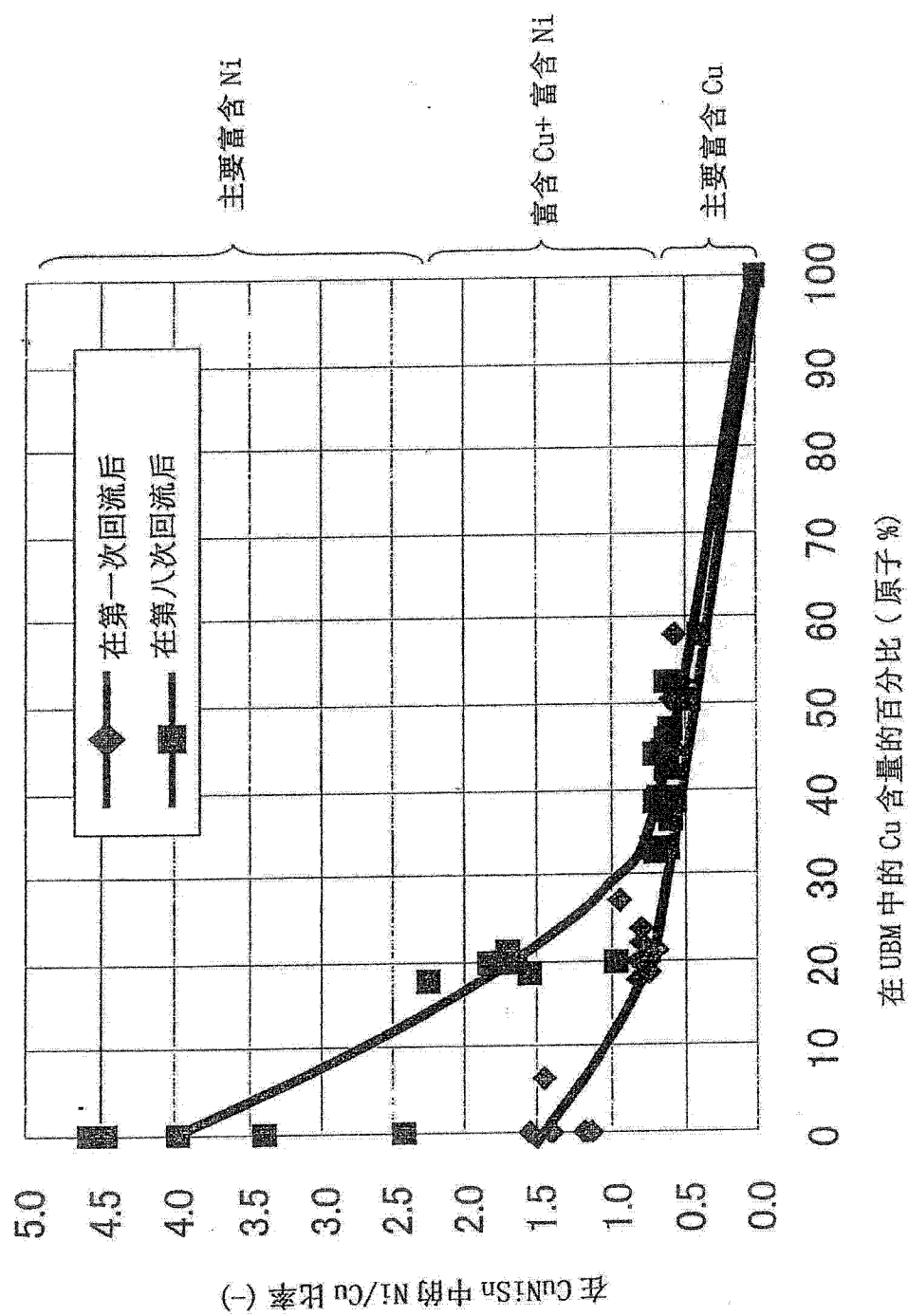


图 5

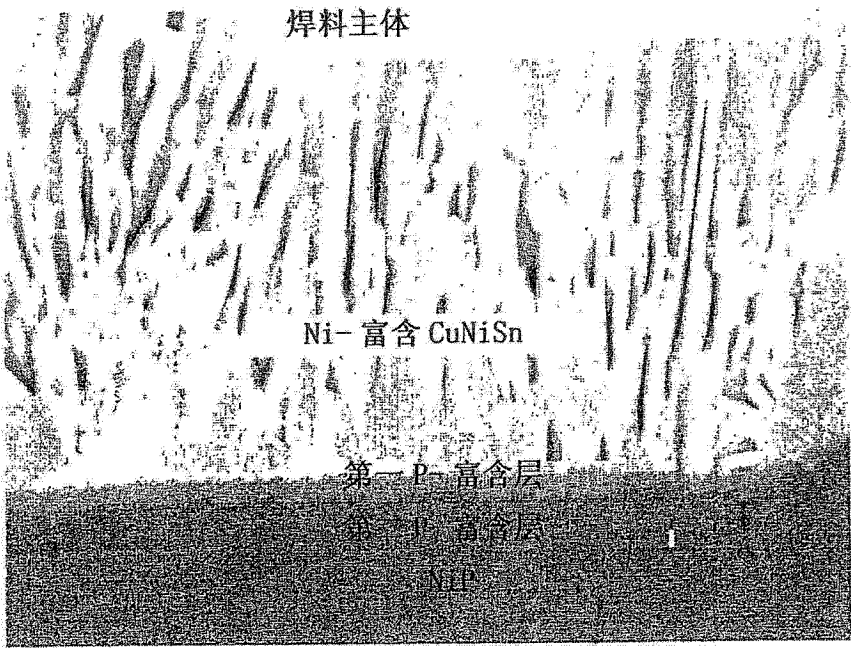


图 6

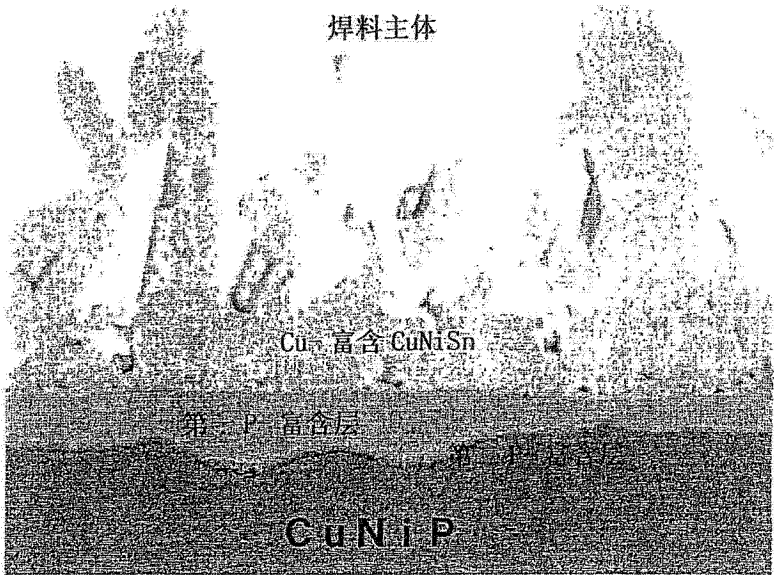


图 7

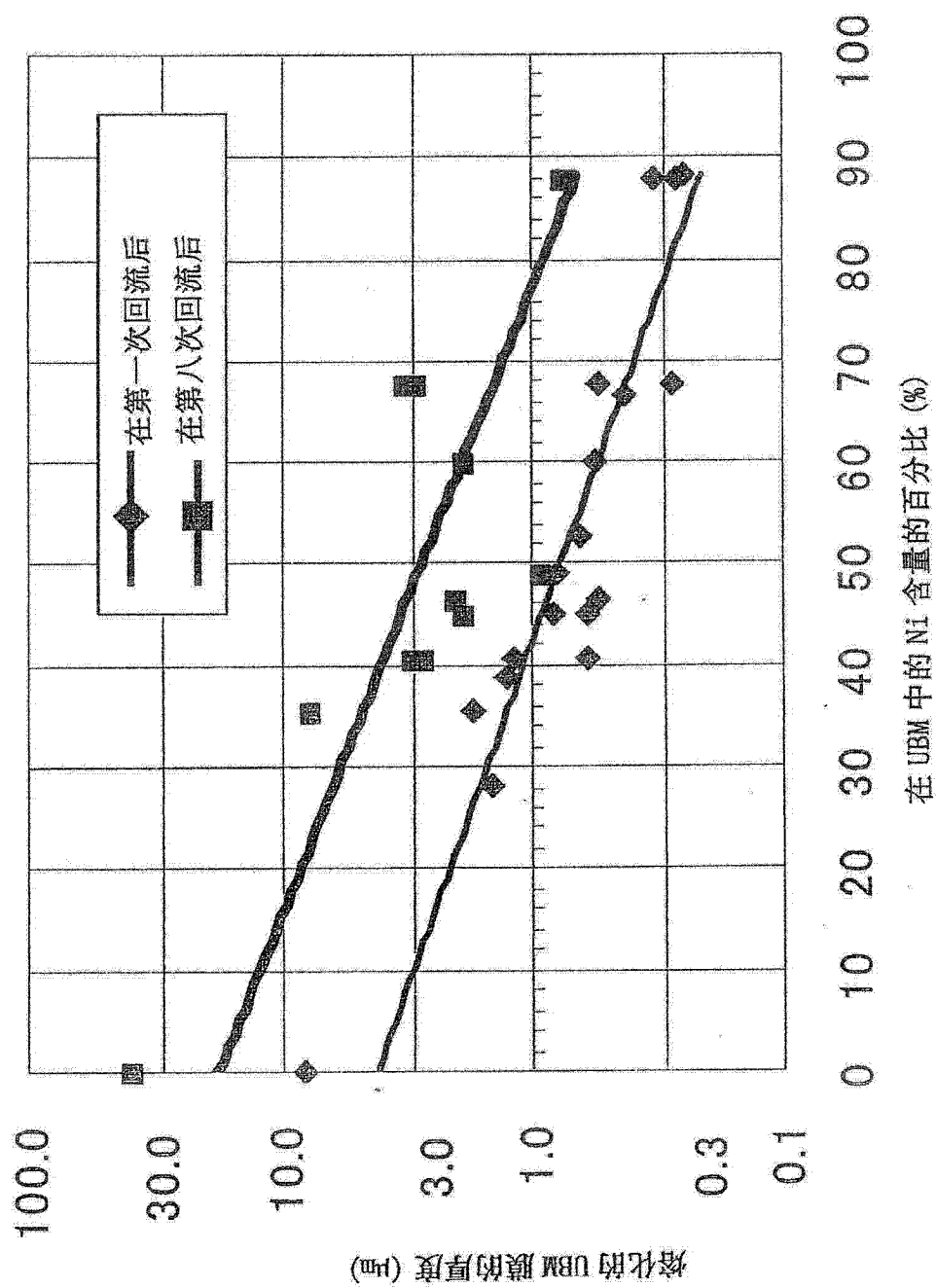


图 8

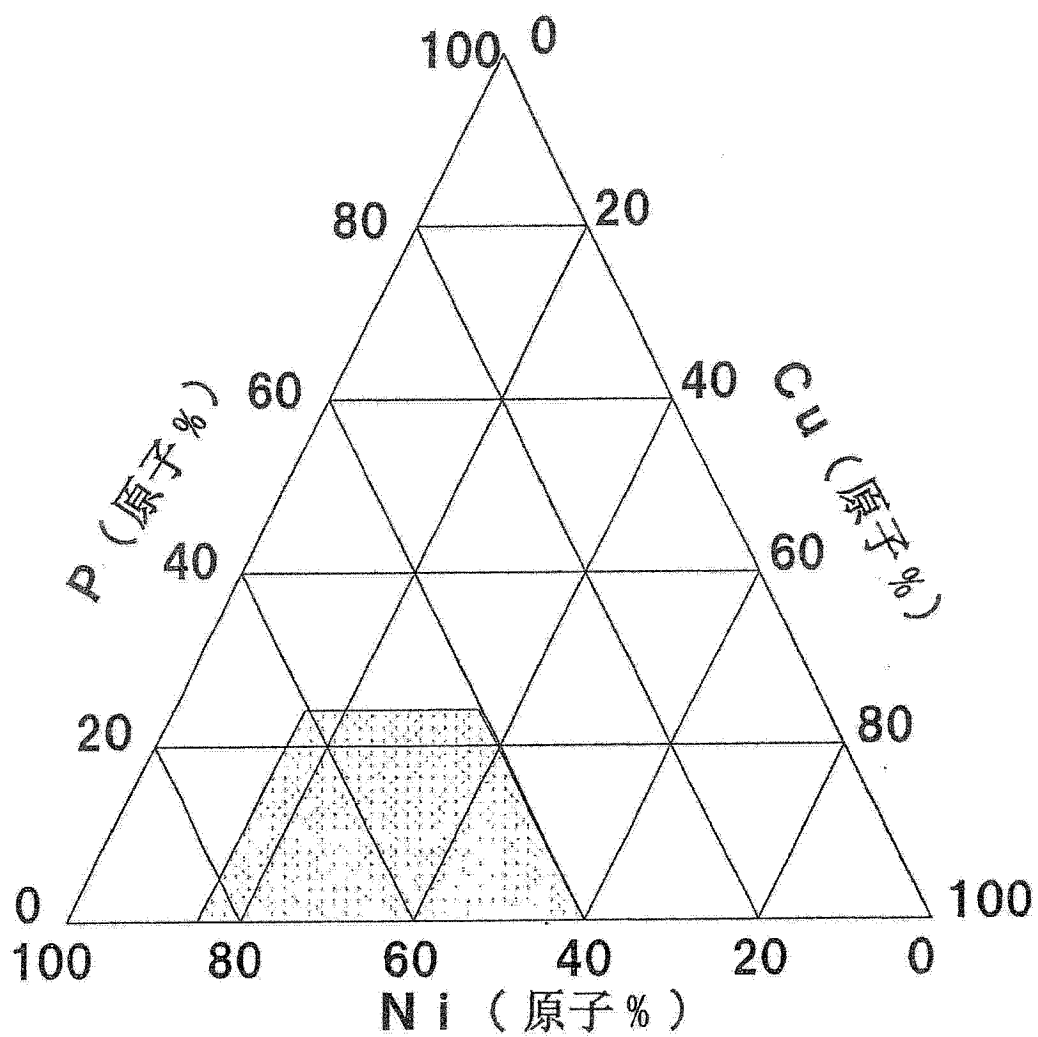


图 9

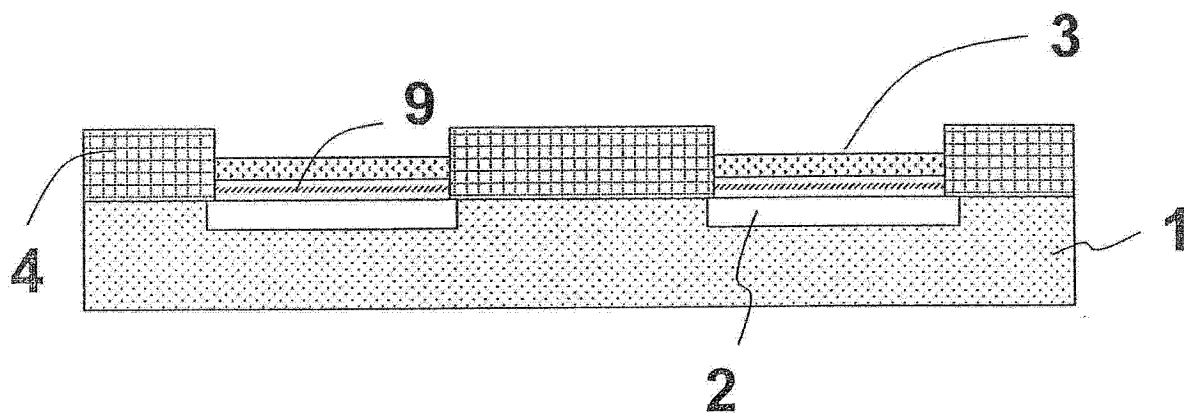


图 10

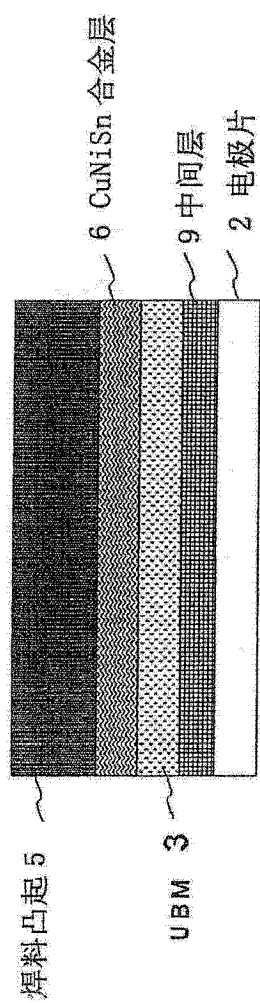


图 11

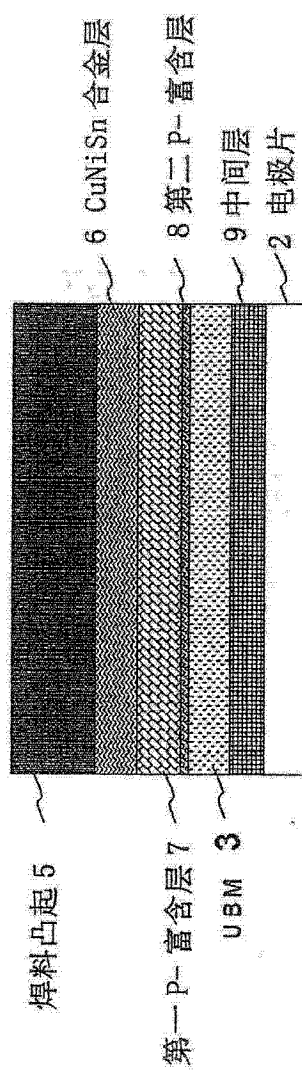


图 12

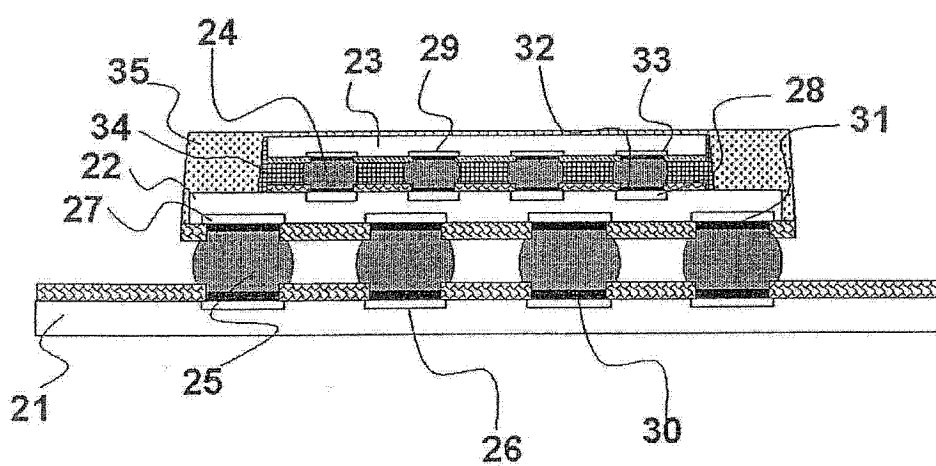


图 13

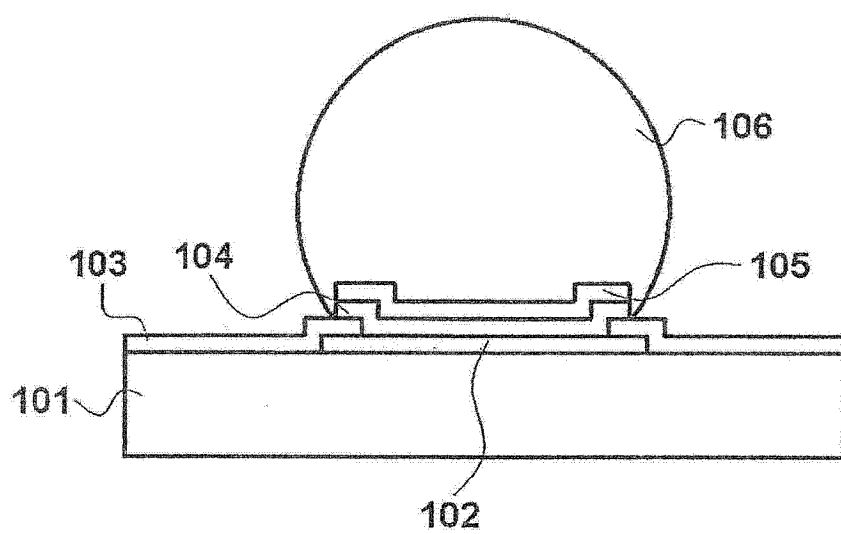


图 14

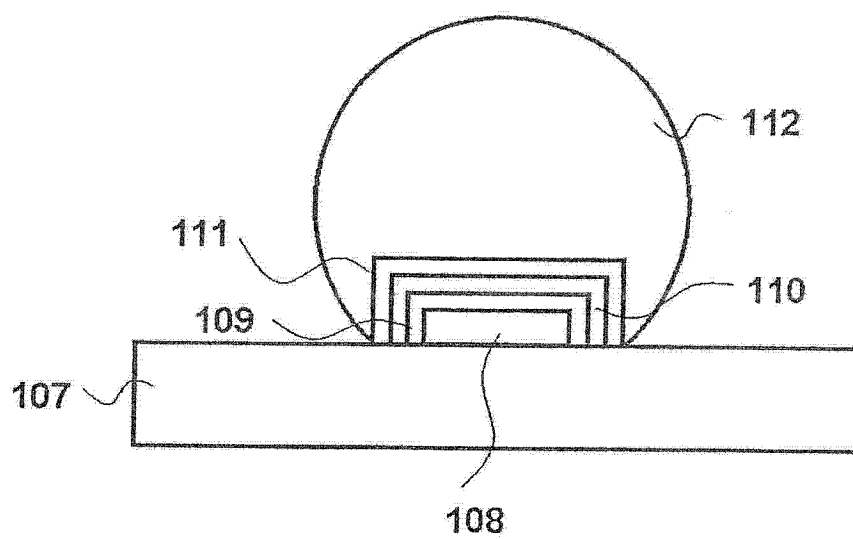


图 15

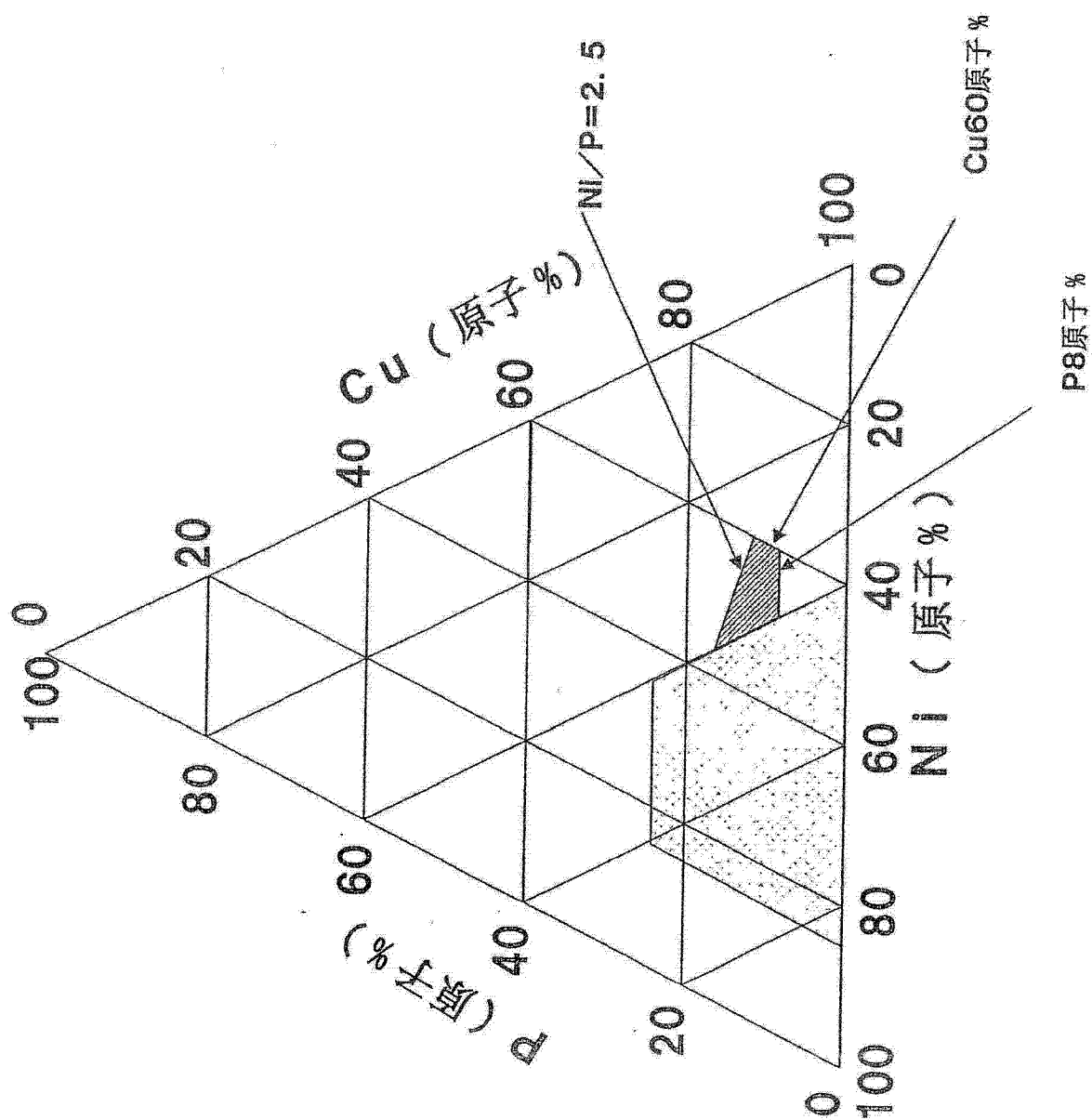


图 16