



(10) 申请公布号 CN 119173349 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 20

(21) 申请号 202380038547.8

(22) 申请日 2023.12.13

(30) 优先权数据

2023-004797 2023.01.17 JP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2024.11.05

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2023/044719 2023.12.13

(87) PCT国际申请的公布数据

W02024/154492 JA 2024.07.25

(71) 申请人 株式会社东芝

地址 日本

申请人 东芝高新材料公司

(72) 发明人 山本翔太

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司
72002

专利代理师 周欣

(51) Int.Cl.

B22F 9/00 (2006.01)

B22F 1/103 (2022.01)

B22F 7/08 (2006.01)

B23K 1/00 (2006.01)

B23K 1/19 (2006.01)

C22C 5/08 (2006.01)

C22C 9/00 (2006.01)

H01L 23/12 (2006.01)

H05K 1/03 (2006.01)

H05K 1/09 (2006.01)

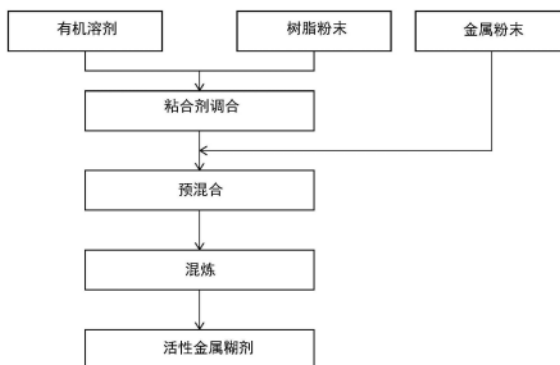
权利要求书2页 说明书15页 附图4页

(54) 发明名称

活性金属糊剂的制造方法、陶瓷电路基板的制造方法、半导体装置的制造方法、活性金属糊剂、陶瓷电路板及半导体装置

(57) 摘要

实施方式所涉及的活性金属糊剂的制造方法具备预混合工序和混炼工序。在上述预混合工序中,在包含铜及活性金属的金属粉末中混合使树脂溶解于有机溶剂中而得到的粘合剂,生成包含60~95质量%的上述金属粉末的混合物。在上述混炼工序中,对上述混合物施加自转和公转而生成活性金属糊剂。



1. 一种活性金属糊剂的制造方法,其具备以下工序:

在包含铜及活性金属的金属粉末中混合使树脂溶解于有机溶剂中而得到的粘合剂,生成包含60~95质量%的所述金属粉末的混合物的预混合工序;和

对所述混合物施加自转和公转而生成活性金属糊剂的混炼工序。

2. 根据权利要求1所述的活性金属糊剂的制造方法,其中,所述混炼工序包含通过公转而进行混炼的1次混炼、在所述1次混炼之后通过公转及自转进行混炼的2次混炼、和在所述2次混炼之后通过公转及自转进行混炼的3次混炼,

所述2次混炼中的所述公转的转速小于所述1次混炼中的所述公转的转速,

所述2次混炼中的所述自转的转速小于所述2次混炼中的所述公转的转速,

所述3次混炼中的所述公转的转速大于所述2次混炼中的所述公转的转速,

所述3次混炼中的所述自转的转速小于所述3次混炼中的所述公转的转速。

3. 根据权利要求2所述的活性金属糊剂的制造方法,其中,在所述混炼工序中,所述1次混炼的离心加速度为所述3次混炼的离心加速度的80%以上,所述2次混炼的离心加速度为所述3次混炼的离心加速度的50%以上。

4. 根据权利要求2所述的活性金属糊剂的制造方法,其中,在所述混炼工序中,所述1次混炼的时间及所述2次混炼的时间分别为整体的混炼时间的10%以上。

5. 一种陶瓷电路基板的制造方法,其具备:

执行权利要求1~权利要求4中任一项所述的活性金属糊剂的制造方法的工序;和

介由所述活性金属糊剂在陶瓷基板上接合金属构件的接合工序。

6. 一种半导体装置的制造方法,其具备:

执行权利要求1~权利要求4中任一项所述的活性金属糊剂的制造方法的工序;

介由所述活性金属糊剂在陶瓷基板上接合金属构件的接合工序;和

在形成有电路的所述金属构件上安装半导体元件的安装工序。

7. 一种活性金属糊剂,其特征在于,在包含铜及至少1种活性金属的活性金属糊剂中,铜元素及活性金属元素的分散性分别低于1.0。

8. 根据权利要求7所述的活性金属糊剂,其中,在无机成分中,铜的含量为50质量%以上、活性金属的含量为4质量%以上且30质量%以下、选自锡或铟中的1种或2种的含量为5质量%以上且45质量%以下、碳的含量为0质量%以上且2质量%以下。

9. 根据权利要求7所述的活性金属糊剂,其中,在无机成分中,银的含量为20质量%以上且60质量%以下、铜的含量为15质量%以上且40质量%以下、活性金属的含量为1质量%以上且15质量%以下、选自锡或铟中的1种或2种的含量为5质量%以上且25质量%以下。

10. 一种陶瓷电路基板,其具备:

陶瓷基板、和

介由以权利要求8~权利要求9中任一项所述的活性金属糊剂形成的接合层与所述陶瓷基板接合的金属电路。

11. 根据权利要求10所述的陶瓷电路基板,其中,所述陶瓷基板为氧化铝基板、氮化铝基板及氮化硅基板中的任1种。

12. 根据权利要求11所述的陶瓷电路基板,其中,所述金属电路由铜或铜合金制成。

13. 一种半导体装置,其具备:

权利要求12所述的陶瓷电路基板、和
介由接合层安装于所述金属电路上的半导体元件。

活性金属糊剂的制造方法、陶瓷电路基板的制造方法、半导体装置的制造方法、活性金属糊剂、陶瓷电路板及半导体装置

技术领域

[0001] 实施方式大体涉及活性金属糊剂的制造方法、陶瓷电路基板的制造方法、半导体装置的制造方法、活性金属糊剂、陶瓷电路板及半导体装置。

背景技术

[0002] 陶瓷电路板被用于搭载有功率元件等半导体元件的半导体装置。陶瓷基板与金属电路部介由使用了活性金属钎料等的接合层而彼此接合。由此,提高了接合强度及热循环特性。随着可靠性的提高,陶瓷电路板被用于汽车(包括电动汽车)、电力铁道车辆、太阳能发电设备、产业机械变换器等。在功率模块等半导体装置中,在电路部中安装有半导体元件。此外,为了半导体元件的导通,有时还接合引线键合部或金属端子。在半导体装置的制造中,半导体元件、引线键合部、金属端子等与电路部接合。

[0003] 作为形成陶瓷电路基板的接合层的方法,公开了将活性金属钎料等糊剂化并印刷于陶瓷基板上的方法(专利文献1)。根据专利文献1,将混合钎料构成成分粉末的混合工序进行10小时以上,在混合粉末中混合粘合剂、溶剂来调整钎料糊剂。混合粉末与粘合剂等的混合工序进行10小时以上。在专利文献1的使用了糊剂的接合层中,控制Ag(银)的分布,抑制了蚀刻效果的不同。公开了对这样的由蚀刻得到的接合部的伸出部的尺寸进行控制关系到温度循环试验(TCT)特性的提高。

[0004] 作为糊剂的制造方法,公开了对混炼物进行机械分散处理的方法(专利文献2)。根据专利文献2,对于机械分散处理,可列举出超声波分散、分散器、三辊磨、球磨机、珠磨机、双轴捏合机、自公转式搅拌机等。在专利文献2中,作为具体实施方式,列举出超声波分散及三辊。

[0005] 进而,公开了糊剂的制造方法中的利用自公转式搅拌机的制造方法(专利文献3)。根据专利文献3,可列举出将银粉、萘品醇和树脂使用自公转式搅拌机以420G的离心力混炼而成的银糊剂。

[0006] 现有技术文献

[0007] 专利文献

[0008] 专利文献1:国际公开2022/085654号

[0009] 专利文献2:国际公开2012/070262号

[0010] 专利文献3:日本专利第5790433号

发明内容

[0011] 发明所要解决的课题

[0012] 随着要求使用陶瓷电路基板的半导体基板的可靠性的提高,通过提高陶瓷电路基板的接合强度及热循环特性而产生的课题变得明显。为了提高特性,要求使用与目的相应的钎料,并将这些钎料成分均匀高效地混合而糊剂化。钎料中使用的金属材料根据种类而

粉末的形状、密度不同。进而,金属材料还需要考虑与用于进行糊剂化的溶剂、树脂成分的混合。糊剂成分虽然通过延长混合时间能够均匀地混合,但与其成比例地作业时间也延长,成本增大。

[0013] 本发明的实施方式为了解决这样的问题,提供可抑制成本的增大、并且更均匀地将糊剂混炼的活性金属糊剂的制造方法、以及使用了该活性金属糊剂的陶瓷电路基板及半导体装置的制造方法。此外,本发明的实施方式提供被更均匀地混炼的活性金属糊剂、以及使用了其的陶瓷电路基板及半导体装置。

[0014] 用于解决课题的手段

[0015] 实施方式所涉及的活性金属糊剂的制造方法具备预混合工序和混炼工序。在上述预混合工序中,在包含铜及活性金属的金属粉末中混合使树脂溶解于有机溶剂中而得到的粘合剂,生成包含60~95质量%的上述金属粉末的混合物。在上述混炼工序中,对上述混合物施加自转和公转而生成活性金属糊剂。

附图说明

[0016] 图1是表示实施方式所涉及的陶瓷电路基板的一个例子的侧面图。

[0017] 图2是表示实施方式所涉及的活性金属糊剂的制造方法的一个例子的工序流程图。

[0018] 图3是表示实施方式所涉及的活性金属糊剂的混炼处理的一个例子的示意图。

[0019] 图4是表示实施方式所涉及的陶瓷电路基板的制造工序的一个例子的截面图。

[0020] 图5是表示实施方式所涉及的半导体装置的一个例子的侧面图。

具体实施方式

[0021] 实施方式所涉及的活性金属糊剂的制造方法是在糊剂中包含60~95质量%的含有铜及至少1种活性金属的金属粉末的活性金属糊剂的制造方法。在该制造方法中,具有在上述金属粉末中混合使树脂溶解于有机溶剂中而得到的粘合剂的预混合工序、和将预混合的糊剂进行混炼的混炼工序。此外,在上述混炼工序中,对预混合的糊剂进行施加自转和公转的混炼处理。该活性金属糊剂被用于陶瓷电路基板的制造。

[0022] 图1是表示实施方式所涉及的陶瓷电路基板的一个例子的截面图。图1中,1为陶瓷电路基板。2为陶瓷基板。3为金属电路。4为接合层。金属电路3介由接合层4与陶瓷基板2接合。在图1的例子中,3个金属电路3介由3个接合层4与陶瓷基板2的上表面分别接合。在陶瓷基板2的下表面,接合有1个金属电路3。下表面的金属电路3可不作为电路,而作为散热板发挥功能。实施方式并不限定于图示的例子。例如,也可以1个、2个、或4个以上的金属电路3与陶瓷基板2的上表面接合。

[0023] 陶瓷基板2优选为氮化硅基板、氮化铝基板及氧化铝基板中的任1种。氧化铝氧化锆基板可作为氧化铝基板的1种被列举。氧化铝氧化锆是相对于氧化铝20~80质量%而剩余部分为氧化锆的烧结体。氮化铝基板及氧化铝基板各自的三点弯曲强度为300~450MPa左右。氧化铝氧化锆基板的强度为550MPa左右。氮化硅基板的三点弯曲强度为600MPa以上,进而还能够提高至700MPa以上。氮化硅基板的热导率为50W/(m·K)以上,进而还能够提高至80W/(m·K)以上。特别是近年来,有兼具高强度和高热传导这两者的氮化硅基板。氮化硅

基板由于为高强度,因此能够减薄,能够进一步提高散热性。为了提高散热性,氮化硅基板的厚度优选为0.635mm以下,更优选为0.3mm以下。厚度的下限值没有特别限定,但优选为0.1mm以上。这是为了确保氮化硅基板的电绝缘性。这里所谓的厚度是指连接陶瓷基板2的上表面和下表面的方向上的陶瓷基板2的尺寸。这些陶瓷基板2可以为单板,也可以具有多层结构等立体结构。陶瓷基板2的厚度没有特别限定。通过减薄陶瓷电路基板及增厚金属电路,从而散热性提高。

[0024] 金属电路3中使用的金属为铜、铜合金等。铜及铜合金的电气传导性高,适合于电气电路。此外,铜及铜合金由于具有高的导热性,因此从安装于金属电路3上的半导体元件的散热性也优异。例如,金属电路3除了杂质等以外,由铜或铜合金制成。

[0025] 陶瓷基板2与金属电路3优选介由接合层4而接合。接合层4优选包含选自铜(Cu)及银(Ag)构成的组中的1种以上和选自钛(Ti)、锆(Zr)、铪(Hf)及铌(Nb)构成的组中的1种以上的活性金属。接合层4也可以进一步包含选自锡(Sn)、铟(In)、锌(Zn)、镁(Mg)及铝(Al)构成的组中的1种以上。此外,接合层4也可以包含硅(Si)或碳(C)等金属以外的无机物。在金属电路3为铜或铜合金的情况下,接合层4优选包含Cu及Ti。

[0026] 图2是表示实施方式所涉及的活性金属糊剂的制造方法的一个例子的工序流程图。实施方式所涉及的制造方法具备粘合剂调合工序、预混合工序和混炼工序。

[0027] 首先,准备有机溶剂、树脂粉末及金属粉末。有机溶剂只要是通过干燥工序、接合工序而烧掉的溶剂,则没有特别限定。作为有机溶剂的优选的一个例子,可列举出萘品醇、丁基卡必醇等。树脂只要是通过干燥工序、接合工序而烧掉的树脂,则没有特别限定。作为树脂的优选的一个例子,可列举出乙基纤维素、聚乙烯醇缩丁醛、丙烯酸树脂等。

[0028] 金属粉末包含选自Cu及Ag中的1种以上和选自Ti、Zr、Hf及Nb构成的组中的1种以上的活性金属。金属粉末也可以进一步包含Sn、In、Zn、Al、Mg等金属成分。金属粉末也可以进一步包含C、Si等无机成分。例如,在金属粉末包含Cu及Ti的情况下,优选金属粉末中所含的Cu的含量为50质量%以上、Ti的含量为4质量%以上且30质量%以上、选自Sn或In中的1种或2种的含量为5质量%以上且45质量%以下、C的含量为0质量%以上且2质量%以下。在金属粉末包含Ag、Cu及Ti的情况下,优选金属粉末中所含的Ag的含量为20质量%以上且60质量%以下、Cu的含量为15质量%以上且40质量%以下、Ti的含量为1质量%以上且15质量%以下、选自Sn或In中的1种或2种的含量为5质量%以上且25质量%以下。根据需要,也可以在1~15质量%的范围内添加选自Al、Si及Mg构成的组中的1种以上。

[0029] 在粘合剂调合工序中,使树脂溶解于有机溶剂中,调合粘合剂(binder)。除了树脂和有机溶剂以外,根据需要为了帮助分散而防止凝聚,也可以添加分散剂、表面活性剂。需要说明的是,也可以准备在有机溶剂中溶解树脂而得到的市售的粘合剂,省略粘合剂调合工序。

[0030] 接着,进行在所调合的粘合剂中混合金属粉末的预混合工序。在预混合中,利用搅拌机或擂溃机将粘合剂与金属粉末混合而使其融合。由于有时金属粉末没有被混合而残留,因此按照通过目视不存在金属粉末的凝聚的方式进行混合。通过预混合工序,得到粘合剂与金属粉末混合而成的混合物。

[0031] 接着,进行将混合物糊剂化的混炼工序。通过混炼工序,金属粉末在混合物中更均匀地分散,可得到适合于印刷的糊剂。

[0032] 图3是表示实施方式所涉及的活性金属糊剂的混炼处理的一个例子的示意图。在图3中,5为放入粘合剂与金属粉末的混合物的混炼容器。混炼容器5以轴AX1为中心进行自转。此外,混炼容器5以轴AX2为中心进行公转。轴AX1相对于轴AX2倾斜。例如,轴AX1相对于铅垂方向倾斜。轴AX2与铅垂方向平行。轴AX1与轴AX2之间的角度 θ 优选为25度以上且50度以下,更优选为30度以上且45度以下。从与轴AX1平行的方向D1观察时的混炼容器5的旋转方向RD1与从与轴AX2平行的方向D2观察时的混炼容器5的旋转方向RD2相反。在图示的例子中,从方向D1观察,混炼容器5向左(逆时针方向)进行自转。此外,从方向D2观察,混炼容器5向右(顺时针方向)进行公转。通过混炼容器5进行公转,相对于粘合剂与金属粉末的混合物沿离心方向移动的力起作用,混合物被脱泡。此外,通过混炼容器5进行自转,混合物进行对流而被搅拌。

[0033] 在混炼工序中,为了高效地进行混炼,优选变更混炼条件而将步骤分开。混炼工序包含1次混炼、2次混炼及3次混炼。在1次混炼中,实质上仅通过公转进行混炼。在2次混炼中,通过公转及自转进行混炼。2次混炼中的公转的转速小于1次混炼中的公转的转速。2次混炼中的自转的转速小于2次混炼中的公转的转速。在3次混炼中,通过公转及自转进行混炼。3次混炼中的公转的转速大于2次混炼中的公转的转速。3次混炼中的自转的转速小于3次混炼中的公转的转速。在1次混炼中,混炼容器5也可以进行自转,但自转的转速优选充分小于2次混炼或3次混炼中的自转的转速。通过从1次混炼至3次混炼为止,阶段性地进行处理,能够将混合物高效地进行混炼。

[0034] 在1次混炼中,在维持转速的状态下,通过公转将混合物混炼预先设定的时间。在2次混炼及3次混炼中,在维持公转及自转各自的转速的状态,通过公转及自转将混合物混炼预先设定的时间。

[0035] 在1次混炼中,通过进行实质上仅公转的混炼,促进混合物的脱泡。在混合物中,在制造工序中被带入的大气等作为气泡而存在。若将气泡残留的状态的糊剂进行印刷,则有可能产生空孔等缺陷。因此,优选尽可能除去气泡。若以没有充分地进行脱泡的状态进行搅拌,则混合物中的气泡被微细地截断。在外观上混合物被脱泡,气泡难以被确认到,但仅仅是细微的缺陷被分散,不优选。为了进行充分的脱泡,1次混炼的离心加速度优选为3次混炼的离心加速度的80%以上。若离心加速度低于80%,则有可能无法将混合物充分地脱泡。1次混炼的离心加速度更优选为3次混炼的离心加速度的85%以上,最优选为3次混炼的离心加速度的90%以上。另一方面,若1次混炼的离心加速度过大,则有可能如上述那样细微的缺陷被分散而残留。因此,1次混炼的离心加速度优选为3次混炼的离心加速度的100%以下,更优选为3次混炼的离心加速度的95%以下。

[0036] 1次混炼的时间优选为整体的混炼时间的10%以上。若混炼时间低于10%,则有可能无法将混合物充分地脱泡。1次混炼的时间越长,则混合物越被脱泡。但是,若超过必要地延长1次混炼的时间而进行混炼,则混炼工序的整体的时间变长,混合物的温度上升。其结果是,混炼工序有可能对糊剂粘度等物性造成影响。因此,1次混炼的时间优选为整体的混炼时间的20%以下,更优选为15%以下。

[0037] 在2次混炼中,通过除了公转以外还进行自转,脱泡后的混合物通过旋转而被搅拌。通过混合物大幅地旋转,进行金属粉末彼此的搅拌、金属粉末与粘合剂的搅拌,金属粉末更均匀地分散。2次混炼的目的是混合物的整体的搅拌。因此,在2次混炼中,通过转速小

于1次混炼的公转和转速小于该公转的自转来进行混炼。通过与1次混炼相比减小公转的转速,抑制混合物沿离心方向进行移动的力。通过抑制沿离心方向移动的力,虽然混合物的脱泡效果减少,但变得容易产生材料的流动。此外,通过进行转速小于公转的自转,促进混合物的搅拌。在混合物中,包含金属粉末和粘合剂。若没有充分地进行金属粉末彼此的搅拌及金属粉末与粘合剂的搅拌,则得不到在粘合剂内均匀地分散有金属粉末的糊剂。因此,优选尽可能在粘合剂中使金属粉末搅拌。若以没有充分地进行搅拌的状态进行糊剂化,则有可能得到不含金属粉末的仅粘合剂的部分存在的糊剂、或金属成分集中的部分存在的糊剂,不优选。

[0038] 为了进行充分的搅拌,2次混炼的离心加速度优选为3次混炼的离心加速度的50%以上。若离心加速度低于50%,则有可能无法将金属粉末充分地搅拌。2次混炼的离心加速度更优选为3次混炼的离心加速度的60%以上,最优选为3次混炼的离心加速度的70%以上。另一方面,若2次混炼的离心加速度过大,则有可能如上述那样以没有进行搅拌的状态进行糊剂化。因此,2次混炼的离心加速度优选为3次混炼的离心加速度的90%以下,更优选为3次混炼的离心加速度的80%以下。

[0039] 2次混炼的时间优选为整体的混炼时间的10%以上。若混炼时间低于10%,则有可能无法将金属粉末充分地搅拌。2次混炼的时间越长,则越能够将金属粉末搅拌,但若超过必要地延长2次混炼的时间而进行混炼,则混炼整体的时间变长,混合物的温度上升。其结果是,混炼工序有可能对糊剂粘度等物性造成影响。因此,2次混炼的时间优选为整体的混炼时间的20%以下,更优选为15%以下。

[0040] 在3次混炼中,通过对通过2次混炼进行了搅拌的混炼物施加更大的公转和自转来进行大的搅拌。通过转速大于2次混炼的公转和转速小于该公转的自转,进行对混合物施加剪切力的搅拌。通过施加剪切力的搅拌,促进混合物的糊剂化。通过3次混炼对混合物施加的力优选大于通过1次混炼对混合物施加的力,且大于通过2次混炼对混合物施加的力。即,3次混炼中的离心加速度优选大于1次混炼的离心加速度,且大于2次混炼的离心加速度。为了使3次混炼的离心加速度比1次混炼及2次混炼大,优选使3次混炼中的公转的转速大于1次混炼及2次混炼各自的公转的转速,使3次混炼中的自转的转速大于1次混炼及2次混炼各自的自转的转速。通过使3次混炼中的公转或自转中的仅任一者的转速比1次混炼及2次混炼大,也能够增大离心加速度,但有可能公转离心力或自转离心力变得过大而对装置或混合物造成过度的负荷。

[0041] 还考虑省略2次混炼而从1次混炼直接进展至3次混炼,但在没有充分地进行预混合的情况、或在3次混炼中的搅拌不充分的情况下,有可能制作金属粉末没有充分地分散的糊剂。因此,混炼工序优选包含1次混炼、2次混炼及3次混炼这3个步骤。只要混炼工序包含1次~3次混炼,则也可以在1次混炼与2次混炼之间、2次混炼与3次混炼之间、或3次混炼之后,设定其他的混炼的步骤。但是,如上所述,混炼整体的时间的增加会导致混合物的温度上升。因此,在设定其他的步骤的情况下,该步骤的时间优选短。

[0042] 通过以上的工序,可得到活性金属糊剂。通过混炼而完成的糊剂被印刷于陶瓷基板上。糊剂的印刷厚度优选为15~40 μm 。若印刷厚度低于15 μm ,则有可能活性金属钎料层的厚度产生不均,接合强度降低。另一方面,即使印刷厚度超过40 μm ,接合强度的效果也不会提高,因此导致成本的增加。糊剂通过丝网印刷法等以均匀的厚度印刷于陶瓷部件端面上。

若印刷厚度不均匀,则在厚的部分,活性金属钎料变得过量,形成钎料积存而产生由热应力引起的裂纹。在薄的部分,因活性金属钎料的不足而产生强度降低的部位。因此,对于印刷后的糊剂,最厚的部分的厚度与最薄的部分的厚度之差优选为 $10\mu\text{m}$ 以下,更优选为 $5\mu\text{m}$ 以下。

[0043] 图4(A)~图4(E)是表示实施方式所涉及的陶瓷电路基板的制造工序的一个例子的截面图。图4(A)表示印刷活性金属糊剂6之前的陶瓷基板2。如图4(B)中所示的那样,在陶瓷基板2的上表面印刷活性金属糊剂6,使其干燥。在图示的例子中,活性金属糊剂6仅被选择性地印刷于之后设置金属电路的区域中。接着,如图4(C)中所示的那样,在陶瓷基板2的下表面印刷活性金属糊剂6,使其干燥。如图4(D)中所示的那样,在干燥后的活性金属糊剂6的表面配置金属板7,使其接合。活性金属糊剂6熔融而凝固,形成接合层4。之后,如图4(E)中所示的那样,通过蚀刻等将金属板7加工成金属电路的形状,形成金属电路3。通过以上的工序,制造具备陶瓷基板2及金属电路3的陶瓷电路板1。

[0044] 在图4(B)中所示的工序中,也可以在陶瓷基板2的上表面在比金属电路3广的范围内印刷活性金属糊剂6。该情况下,在金属板7的一部分蚀刻后,接合层4的一部分被蚀刻。此外,也可以准备预先加工的金属电路3,将这些金属电路3配置于活性金属糊剂6上。该情况下,图4(D)中所示的蚀刻工序省略。

[0045] 也可以在陶瓷电路板1的金属电路3的表面设置金属薄膜。金属薄膜以选自由Ni(镍)、Ag(银)及Au(金)构成的组中的1种作为主要成分。这里,“主要成分”是指包含50%以上的成分。金属薄膜为镀覆膜、溅射膜等。通过设置金属薄膜,能够提高耐蚀性、软钎料的润湿性等。

[0046] 图5(A)及图5(B)是表示实施方式所涉及的半导体装置的一个例子的侧面图。实施方式所涉及的陶瓷电路板1适合于半导体装置。在半导体装置中,在金属电路3中介由接合层而安装半导体元件。在图5(A)中,1为陶瓷电路板。8为接合层。9为半导体元件。10为半导体装置。11为引线键合部。12为引线框。在图5(B)中,13为模塑树脂。图5(B)表示将图5(A)中所示的半导体装置10利用模塑树脂13被覆的状态。

[0047] 如图5(A)中所示的那样,在陶瓷电路板1的金属电路3上,介由接合层8而安装半导体元件9。相邻的金属电路3彼此通过引线键合部11被导通。实施方式所涉及的半导体装置10并不限于这样的结构。例如,半导体元件9、引线键合部11也可以在上表面的金属电路3上分别设置多个。此外,在下表面的金属电路3中,也可以根据需要接合半导体元件、引线键合部等。在陶瓷电路板1中,也可以接合引线框等金属端子。对于接合半导体元件9的接合层8,使用软钎料、钎料等。软钎料优选为无铅软钎料。“软钎料”是指熔点为 450°C 以下的接合材料。“钎料”是指熔点超过 450°C 的接合材料。熔点为 500°C 以上的接合材料被称为高温钎料。作为高温钎料,可列举出以Ag作为主要成分的材料。

[0048] 半导体元件9的小型化进展,另一方面,来自半导体元件9的放热量在增加。因此,对于搭载半导体元件9的陶瓷电路板1,要求提高散热性。为了半导体装置10(半导体模块)的高性能化,可在陶瓷电路板1上安装多个半导体元件9。若某一半导体元件9超过元件的本征温度,则电阻变化为负的温度系数。伴随于此,引起电力集中地流动的热失控,瞬间引起半导体装置10被破坏的现象。因而,提高半导体元件9与金属电路3的接合的可靠性是非常有效的。此外,实施方式所涉及的半导体装置10可以用于PCU、IGBT、IPM模块。PCU、

IGBT、IPM模块被用于汽车(包含电动汽车)、电力铁道车辆、产业机械及空调等的变换器。关于汽车,电动汽车的普及正在进展。半导体装置的可靠性越高,则越能够提高汽车的安全性。对于电力铁道车辆、产业设备等也同样。

[0049] 对实施方式所涉及的陶瓷电路基板1的制造方法的具体例子进行说明。只要陶瓷电路基板1具有上述的构成,则其制造方法没有特别限定。这里,列举出用于成品率良好地得到陶瓷电路基板1的方法的一个例子。

[0050] 首先,准备陶瓷基板2和金属板7。陶瓷基板2优选为选自氮化硅基板、氮化铝基板及氧化铝基板中的1种。特别是若考虑陶瓷电路基板1的整体的散热性,则陶瓷基板2优选为热导率为 $50\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 以上并且三点弯曲强度为 600MPa 以上的氮化硅基板。金属板7优选由选自铜或铜合金中的1种形成。在使设置于陶瓷基板2的上表面的金属电路3与设置于下表面的金属电路3通过贯通孔而导通的情况下,准备具有贯通孔的陶瓷基板2。在陶瓷基板2中设置贯通孔的情况下,也可以预先在成形体的阶段设置贯通孔。此外,也可以在陶瓷基板2(陶瓷烧结体)中设置贯通孔。贯通孔通过激光加工、切削加工等来设置。作为切削加工,可列举出利用钻头等的开孔加工。

[0051] 陶瓷基板2优选与铜板或铜合金板通过活性金属接合法而接合。在活性金属接合法中,使用将Ti等活性金属与Cu混合而成的活性金属钎料。作为活性金属钎料,可列举出Ti及Cu的混合物、Ti、Ag及Cu的混合物等。例如,在Ti及Cu的混合物中,混合物中所含的无机成分中的Cu的含量为50质量%以上、Ti的含量为4质量%以上且30质量%以上、选自Sn或In中的1种或2种的含量为5质量%以上且45质量%以下、C的含量为0质量%以上且2质量%以下。“无机成分”是指有机溶剂、树脂等中所含的有机成分以外的成分,是金属粉末中所含的Ag、Cu、活性金属等金属元素、和Si、C等金属以外的无机成分。在Ti、Ag及Cu的混合物中,混合物中所含的无机成分中的Ag的含量为20质量%以上且60质量%以下、Cu的含量为15质量%以上且40质量%以下、Ti的含量为1质量%以上且15质量%以下、选自Sn或In中的1种或2种的含量为5质量%以上且25质量%以下。此外,根据需要,也可以在1~15质量%的范围内添加选自Al、Si及Mg构成的组中的1种以上。

[0052] 接着,将活性金属钎料糊剂化。准备活性金属钎料糊剂中使用的金属质量比的金属粉末。若金属粉末过于微细,则金属粉末容易凝聚,难以均匀地分散。此外,若金属粉末过于粗大,则在通过接合而熔融时,金属成分彼此难以混合。因此,如果为上述的组成,则金属粉末的平均粒径优选为 $1\sim 5\mu\text{m}$ 。若糊剂中的金属粉末的比例过小,则在通过干燥及接合的加热而有机成分蒸发时,得不到接合所需的钎料金属成分。此外,若金属粉末的比例过大,则作为糊剂得不到印刷所需的粘度。因此,虽然整体的比重可根据活性金属钎料的配合比而变化,但金属粉末优选在糊剂中包含60~95质量%。

[0053] 接着,将混合金属粉末的粘合剂进行调合。粘合剂是将树脂成分溶解于有机溶剂中来制作。作为粘合剂调合中使用的树脂的优选的一个例子,可列举出乙基纤维素。此外,作为有机溶剂的优选的一个例子,可列举出萜品醇。若粘合剂中的树脂多、有机溶剂少,则粘合剂的粘度变高,粘合剂变得难以与金属粉末混合。若粘合剂中的树脂少、有机溶剂多,则粘合剂的粘度变低,得不到适合于印刷的糊剂。因此,粘合剂中所含的树脂的量优选为5~15质量%。除了树脂和有机溶剂以外,为了帮助分散而防止凝聚,也可以根据需要添加月桂酰肌氨酸钠、油酸等分散剂、表面活性剂。分散剂或表面活性剂的添加量为0.1~5质

量%。在树脂难以溶解于有机溶剂中时,进行利用搅拌机或混合器的搅拌、放入密闭容器中通过罐型滚筒(pot roller)等进行利用旋转的搅拌等,使树脂成分溶解于有机溶剂中而没有残留。

[0054] 在预混合中,将通过粘合剂调合而制作的粘合剂与金属成分混合。在预混合中,利用搅拌机或擂溃机将粘合剂与金属粉末混合并使其融合。由于有时金属粉末没有被混合而残留,因此将混合进行至通过目视不存在金属粉末的块。由于在预混合中,没有进行充分的混合、搅拌,因此若放置,则有可能粘合剂与金属成分分离。因此,在预混合后迅速地进行混炼。

[0055] 在混炼中,将预混合的粘合剂与金属粉末的混合物进行糊剂化。将预混合的混合物放入到聚乙烯或聚丙烯制的密闭带盖的混炼容器中。通过将放入混炼容器中的混合物利用自公转装置使其旋转来进行混炼。作为自公转装置,可列举出写真化学公司SK系列或THINKY公司ARE系列等。

[0056] 在混炼工序中,将混合物进行脱泡,促进搅拌而糊剂化。优选通过设定适合于脱泡、搅拌及糊剂化的自公转条件,如1次混炼、2次混炼、3次混炼那样将步骤分开,从而高效地进行混炼。

[0057] 在1次混炼中,通过进行实质上仅公转的混炼,促进混合物的脱泡。为了进行充分的脱泡,1次混炼的离心加速度优选为糊剂化所需的3次混炼的离心加速度的80%以上。1次混炼的时间优选为整体的混炼时间的10%以上。如果是对于上述的金属粉末与粘合剂的构成的混合物的1次混炼,则优选离心加速度为80G以上、混炼时间为45秒以上。

[0058] 2次混炼不与1次混炼隔开时间地继续进行。在2次混炼中,除了公转以外还进行自转。由此,通过旋转而促进脱泡后的混合物的搅拌。由于2次混炼的目的是混合物的整体的搅拌,因此通过转速小于1次混炼的公转及转速小于公转的自转来进行混炼。为了进行充分的搅拌,2次混炼的离心加速度优选为3次混炼的离心加速度的50%以上。2次混炼的时间优选为整体的混炼时间的10%以上。如果是对于上述的金属粉末与粘合剂的构成的混合物的2次混炼,则优选离心加速度为65G以上、混炼时间为45秒以上。

[0059] 3次混炼不与2次混炼隔开时间地继续进行。在3次混炼中,对通过2次混炼而进行了搅拌的混炼物施加更大的公转和自转,将混合物大幅地搅拌。通过进行转速大于2次混炼的公转和转速小于公转的自转,进行对混合物施加剪切力的搅拌。通过该施加剪切力的搅拌,促进混合物的糊剂化。通过3次混炼对混合物施加的力优选比1次混炼及2次混炼大。即,3次混炼中的离心加速度优选与1次混炼及2次混炼相比更大。如果是对于上述的金属粉末与粘合剂的构成的混合物的3次混炼,则优选离心加速度为100G以上、混炼时间为250秒以上。

[0060] 将通过混炼而完成的活性金属糊剂印刷到陶瓷基板上。活性金属糊剂通过丝网印刷法等以均匀的厚度被印刷。糊剂的印刷厚度优选为15~40 μm 。如果是在两面设置金属电路的陶瓷电路基板,则在一面印刷活性金属糊剂后,通过在大气中进行加热而使糊剂干燥。之后,在另一面印刷活性金属糊剂,同样地使糊剂干燥。

[0061] 接着,在印刷活性金属糊剂并干燥后的陶瓷基板上配置金属板。在金属板为铜板或铜合金板的情况下,将配置有金属板的陶瓷基板在700~900 $^{\circ}\text{C}$ 下加热,将陶瓷基板与金属板进行接合。加热工序根据需要在真空中或非氧化性气氛中进行。在真空中进行的情况

下,压力优选为 1×10^{-2} Pa以下。作为非氧化性气氛,可列举出氮气、氩气等。通过进行加热接合,活性金属糊剂熔融而凝固。活性金属糊剂作为将陶瓷基板与金属板接合的接合层发挥功能。

[0062] 在金属板预先被加工成电路形状的情况下,通过将所加工的金属电路与陶瓷基板接合,可得到陶瓷电路基板。在将没有被加工成电路形状的金属板与陶瓷基板接合的情况下,通过蚀刻加工等来形成金属电路。不仅金属板,接合层也能够通过蚀刻而加工成电路形状。

[0063] 通过上述的工序,能够制造陶瓷电路基板。接着,进行将半导体元件等与陶瓷电路基板接合的工序。在接合半导体元件的部位设置接合层。接合层优选包含软钎料或钎料。介由接合层,在其上设置半导体元件。根据需要,也可以设置引线键合部。根据需要,也可以设置多个半导体元件及多个引线键合部。

[0064] 根据本发明的实施方式,可得到成分更均匀地分散、且气泡少的活性金属糊剂。特别是活性金属在化学上活泼,反应性高。因此,优选以更短的时间高效地均匀地分散于糊剂中。根据本发明的实施方式,通过混炼工序,能够使包含活性金属的金属粉末的各成分以更短的时间更均匀地分散于糊剂中。

[0065] 根据本发明的实施方式,能够制造铜元素及活性金属元素的分散性分别低于1.0的活性金属糊剂。铜元素及活性金属元素各自的分散性低于1.0是指在活性金属糊剂中铜元素及活性金属元素充分地进行分散。通过铜元素及活性金属元素各自的分散性低于1.0,可抑制凝聚,糊剂的流动性提高。因此,变得容易印刷活性金属糊剂。此外,由于各个粒子容易进入其他的粒子之间,因此反应有效地进行,接合性提高。

[0066] (实施例1~12、比较例1~10)

[0067] 准备表1中所示的陶瓷基板。陶瓷基板为氮化硅基板或氮化铝基板。氮化硅基板的热导率为 $90\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,三点弯曲强度为650MPa。氮化铝基板的热导率为 $170\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,三点弯曲强度为300MPa。陶瓷基板的尺寸为纵30mm×横50mm。氮化硅基板的厚度为0.32mm,氮化铝基板的厚度为0.635mm。在表1中,氮化硅基板记载为 Si_3N_4 ,氮化铝基板记载为AlN。

[0068] 接着,准备表1中所示的糊剂的金属成分即金属粉末。金属粉末是银系粉末(Ag-Cu-Sn-Ti)或铜系粉末(Cu-Sn-TiH)。关于银系粉末中的各金属成分的比率,Ag为58质量%,Cu为30质量%,Sn为10质量%,Ti为2质量%。关于铜系粉末中的各金属成分的比率,Cu为68质量%,Sn为20质量%,TiH为12质量%。Ag粉末的平均粒径为 $2\mu\text{m}$ 。Cu粉末的平均粒径为 $1\mu\text{m}$ 。Sn粉末的平均粒径为 $5\mu\text{m}$ 。Ti粉末的平均粒径为 $5\mu\text{m}$ 。TiH粉末的平均粒径为 $6\mu\text{m}$ 。

[0069] 接着,调合粘合剂。将乙基纤维素7质量%、肌氨酸盐3质量%、萘品醇90质量%放入聚乙烯制的带盖的广口瓶中,用罐型滚筒旋转24小时来调合粘合剂。

[0070] 接着,进行将金属粉末与粘合剂混合的预混合。相对于金属粉末的合计100质量%,将粘合剂20质量%放入聚乙烯制的圆筒容器中。将搅拌叶片相对于圆筒容器口沿垂直方向固定,将圆筒容器以50rpm旋转3分钟而进行预混合,制作金属粉末与粘合剂的混合物。

[0071] 接着,将预混合的粘合剂与金属粉末的混合物进行混炼,将混合物糊剂化。在加有预混合的混合物的聚乙烯制的圆筒容器上安装密闭盖,利用混炼装置进行1次混炼、2次混炼及3次混炼。混炼装置使用了写真化学制SK-3000。将各步骤中的自转速(rpm)、公转速

(rpm)、离心加速度(G)及混炼时间(秒)的混炼条件示于表1及表2中。

[0072]

表1

	陶瓷基板	糊剂金属成分	1次混炼					T1/T1~3
			自转速 (rpm)	公转速 (rpm)	离心加速度 G(G)	G1/G3	混炼时间 T1 (秒)	
实施例1	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	60	14%
实施例2	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	550	0	83.2	80%	60	14%
实施例3	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	50	12%
实施例4	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	60	14%
实施例5	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	60	15%
实施例6	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	91%	60	14%
实施例7	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	550	0	83.2	80%	60	14%
实施例8	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	91%	50	12%
实施例9	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	91%	60	14%
实施例10	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	91%	60	15%
实施例11	AlN	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	60	14%
实施例12	AlN	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	91%	60	14%
比较例1	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	500	470	75.8	73%	60	14%
比较例2	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	35	9%
比较例3	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	600	528	106.9	81%	60	14%
比较例4	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	60	14%
比较例5	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	91%	60	15%
比较例6	Si ₃ N ₄	Ag-Cu-Sn-Ti	660	0	119.8	131%	60	14%
比较例7	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	500	470	75.8	73%	60	15%
比较例8	Si ₃ N ₄	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	131%	35	9%
比较例9	AlN	Ag-Cu-Sn-Ti	600	528	106.9	81%	60	15%
比较例10	AlN	Cu-Sn-TiH	660	0	119.8	91%	35	9%

[0073]

表2

	2次混炼						3次混炼			
	自转速 (rpm)	公转速 (rpm)	离心加速度 G2(G)	G2/G3	混炼时间 T2 (秒)	T2/T1~3	自转速 (rpm)	公转速 (rpm)	离心加速度 G3(G)	混炼时间 T3 (秒)
实施例1	550	363	85.3	65%	60	14%	660	620	132.0	300
实施例2	500	330	70.5	68%	60	14%	600	462	103.7	300
实施例3	550	363	85.3	65%	60	15%	660	620	132.0	300
实施例4	500	330	70.5	53%	60	14%	660	620	132.0	300
实施例5	550	363	85.3	65%	50	12%	660	620	132.0	300
实施例6	550	363	85.3	65%	60	14%	660	620	132.0	300
实施例7	500	330	70.5	68%	60	14%	600	462	103.7	300
实施例8	550	363	85.3	65%	60	15%	660	620	132.0	300
实施例9	500	330	70.5	53%	60	14%	660	620	132.0	300
实施例10	550	363	85.3	65%	50	12%	660	620	132.0	300
实施例11	550	363	85.3	65%	60	14%	660	620	132.0	300
实施例12	550	363	85.3	65%	60	14%	660	620	132.0	300
比较例1	550	363	85.3	82%	60	14%	600	462	103.7	300
比较例2	550	363	85.3	65%	60	15%	660	620	132.0	300
比较例3	660	363	121.3	92%	60	14%	660	620	132.0	300
比较例4	450	423	61.4	46%	60	14%	660	620	132.0	300
比较例5	550	363	85.3	65%	35	9%	660	620	132.0	300
比较例6	550	363	85.3	93%	60	14%	550	517	91.7	300
比较例7	550	363	85.3	82%	35	9%	600	462	103.7	300
比较例8	550	363	85.3	93%	60	15%	550	517	91.7	300
比较例9	660	363	121.3	92%	35	9%	660	620	132.0	300
比较例10	450	423	61.4	46%	60	15%	660	620	132.0	300

[0074] 表1中记载了1次混炼的离心加速度 (G1) 相对于3次混炼的离心加速度 (G3) 的比例 (G1/G3)、1次混炼时间 (T1) 相对于全部的混炼时间 (T1 ~ 3 = T1+T2+T3) 的比例 (T1/T1 ~ 3)。表2中记载了2次混炼的离心加速度 (G2) 相对于3次混炼的离心加速度 (G3) 的比例 (G2/G3)、2次混炼时间 (T2) 相对于全部的混炼时间 (T1 ~ 3) 的比例 (T2/T1 ~ 3)。

[0075] 关于实施例1 ~ 12中的糊剂的混炼条件,1次混炼的离心加速度相对于3次混炼的离心加速度的比例 (G1/G3)、1次混炼时间相对于全部的混炼时间的比例 (T1/T1 ~ 3) 为优选

的范围内。2次混炼的离心加速度相对于3次混炼的离心加速度的比例(G_2/G_3)、2次混炼时间相对于全部的混炼时间的比例($T_2/T_1 \sim 3$)为优选的范围内。另一方面,在比较例1~10中,这些值为优选的范围外。

[0076] 接着,为了确认糊剂中的金属粉末的凝聚性,利用细度计测定最大凝聚粒径。细度计为金属制的量具,在其表面雕刻有底面倾斜的槽。槽的一端的深度为零。在槽较深一侧的部分处放入糊剂,通过用金属性的刮刀将糊剂从深侧向浅侧涂抹,能够简易地测定最大凝聚粒径。将用细度计测得的最大凝聚粒径低于 $10\mu\text{m}$ 的情况设定为没有大的凝聚的糊剂。表3中,将所测得的最大凝聚粒径低于 $10\mu\text{m}$ 的例子记载为“OK”,将所测得的最大凝聚粒径为 $10\mu\text{m}$ 以上的例子记载为“NG”。

[0077] 将通过混炼而完成的活性金属糊剂印刷到陶瓷基板上。使用大小 $320\text{mm} \times 320\text{mm}$ 、网眼尺寸 $200\mu\text{m}$ 的丝网版来印刷活性金属糊剂。首先,在陶瓷基板的一面(上表面)印刷3个长方形的电路形状。通过在大气中 100°C 下加热1分钟,使印刷于一面的活性金属糊剂干燥。之后,在另一面(下表面)印刷1个长方形的电路形状。通过在大气中 100°C 下加热1分钟,使印刷于另一面的活性金属糊剂干燥。

[0078] 接着,为了确认印刷干燥后的糊剂中的金属粉末的分散,对Cu粒子的分散性及活性金属粒子的分散性进行评价。在聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)膜上以与陶瓷基板相同的条件印刷糊剂并进行干燥。利用能量色散型X射线分析装置(SEM-EDX)对膜侧的糊剂平坦的面进行观察。SEM-EDX使用Hitachi High-Technologies制S-5500或与其同等的装置。观察区域的尺寸设定为 $100\mu\text{m} \times 80\mu\text{m}$ 。取得观察区域中存在的Cu元素的映射数据和活性金属元素的映射数据。由Cu元素的映射数据,通过粒径解析软件算出粒径分布。即,将Cu元素的映射数据进行维诺(Voronoi)分割。测定所划分的面积分布,算出面积的平均值和标准偏差。算出将标准偏差除以平均值而得到的值作为分散性(标准偏差/平均值)。对于活性金属元素也同样地由活性金属元素的映射数据,通过粒径解析软件算出粒径分布。测定所划分的面积分布,算出面积的平均值和标准偏差。算出将标准偏差除以平均值而得到的值作为分散性(标准偏差/平均值)。粒径解析软件可以使用ImageJ。

[0079] 接着,在印刷糊剂并干燥后的陶瓷基板的两面分别配置纵 $30\text{mm} \times$ 横 $50\text{mm} \times$ 厚度 0.8mm 的无氧铜板,进行加热接合。在使用银系糊剂(Ag-Cu-Sn-Ti)的情况下,接合温度设定为 820°C 。在使用铜系糊剂(Cu-Sn-TiH)的情况下,接合温度设定为 600°C 。各自的接合时间设定为10分钟,在真空中($1 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 以下)进行接合。

[0080] 接着,将接合了陶瓷基板的无氧铜板进行蚀刻加工。通过蚀刻加工,在陶瓷基板的表面的3处分别形成金属电路,在背面的1处形成金属电路。对于表面的3处的电路形状,从陶瓷基板周围形成 5mm 的撤回部(pull back),在电路形状彼此之间也形成 5mm 的非电路部。对于背面的电路形状,从陶瓷基板周围形成 5mm 的撤回部。

[0081] 接着,为了确认利用糊剂的金属电路与陶瓷基板的微观的接合性,通过超声波探伤法(SAT:Scanning Acoustic Tomograph)测定表面电路的接合层的空隙。将观察到直径为 1mm 以上的缺陷的情况判定为空隙不良。在表3中,将没有判定为空隙不良的情况记载为“OK”,将判定为空隙不良的情况记载为“NG”。

[0082] 接着,为了确认利用糊剂的金属电路与陶瓷基板的宏观的接合性,作为金属电路与陶瓷基板之间的接合强度,测定了剥离强度。剥离强度通过将陶瓷电路板固定于夹具

上,将上表面金属电路的一部分沿垂直方向以50mm/分钟进行剥离来测定。将各自的测定结果示于表3中。

[0083] 表3

[0084]

	凝聚	分散性	空隙	接合强度 (kN/m)
实施例1	OK	0.79	OK	30
实施例2	OK	0.92	OK	25
实施例3	OK	0.87	OK	24
实施例4	OK	0.87	OK	26
实施例5	OK	0.89	OK	27
实施例6	OK	0.88	OK	28
实施例7	OK	0.97	OK	21
实施例8	OK	0.92	OK	23
实施例9	OK	0.93	OK	22
实施例10	OK	0.92	OK	22
实施例11	OK	0.79	OK	18
实施例12	OK	0.88	OK	17
比较例1	OK	1.19	NG	14
比较例2	OK	1.10	NG	16
比较例3	NG	1.07	OK	17
比较例4	NG	1.08	OK	16
比较例5	NG	1.10	OK	17
比较例6	OK	1.25	OK	13
比较例7	OK	1.05	NG	18
比较例8	OK	1.30	NG	13
比较例9	NG	1.06	OK	14
比较例10	NG	1.28	NG	13

[0085] 关于实施例1~12所涉及的糊剂,没有凝聚不良,分散性的值为优选的范围内。认为是由于通过将糊剂的混炼条件设定为优选的范围内,抑制了糊剂内的气泡、凝聚等的产生。与此相对,在比较例1~10中,有观察到凝聚不良的情况,分散性的值脱离优选的范围。认为是由于气泡、凝聚等没有被消除而残存于糊剂中。

[0086] 此外,就实施例1~12所涉及的陶瓷电路基板而言,没有空隙不良,接合强度的值为优选的范围内。认为是由于使用气泡、凝聚少的糊剂将陶瓷与金属电路进行了接合。与此相对,就比较例1~10而言,有观察到空隙不良的情况,接合强度的值脱离优选的范围。认为是由于通过使用气泡、凝聚多的糊剂将陶瓷与金属电路进行接合,接合不良变多。

[0087] 像这样,实施例所涉及的陶瓷电路基板由于接合不良少,接合强度高,因此最适合

于搭载有半导体元件的半导体装置。

[0088] 本发明的实施方式包含以下的特征。

[0089] (特征1)

[0090] 一种活性金属糊剂的制造方法,其具备以下工序:在包含铜及活性金属的金属粉末中混合使树脂溶解于有机溶剂中而得到的粘合剂,生成包含60~95质量%的上述金属粉末的混合物的预混合工序;和

[0091] 对上述混合物施加自转和公转而生成活性金属糊剂的混炼工序。

[0092] (特征2)

[0093] 根据特征1所述的活性金属糊剂的制造方法,其中,上述混炼工序包含通过公转进行混炼的1次混炼、在上述1次混炼之后通过公转及自转进行混炼的2次混炼和在上述2次混炼之后通过公转及自转进行混炼的3次混炼,

[0094] 上述2次混炼中的上述公转的转速小于上述1次混炼中的上述公转的转速,

[0095] 上述2次混炼中的上述自转的转速小于上述2次混炼中的上述公转的转速,

[0096] 上述3次混炼中的上述公转的转速大于上述2次混炼中的上述公转的转速,

[0097] 上述3次混炼中的上述自转的转速小于上述3次混炼中的上述公转的转速。

[0098] (特征3)

[0099] 根据特征2所述的活性金属糊剂的制造方法,其中,在上述混炼工序中,上述1次混炼的离心加速度为上述3次混炼的离心加速度的80%以上,上述2次混炼的离心加速度为上述3次混炼的离心加速度的50%以上。

[0100] (特征4)

[0101] 根据特征2或特征3所述的活性金属糊剂的制造方法,其中,在上述混炼工序中,上述1次混炼的时间及上述2次混炼的时间分别为整体的混炼时间的10%以上。

[0102] (特征5)

[0103] 一种陶瓷电路基板的制造方法,其具备以下工序:执行特征1~特征4中任一项所述的活性金属糊剂的制造方法的工序;和

[0104] 介由上述活性金属糊剂在陶瓷基板上接合金属构件的接合工序。

[0105] (特征6)

[0106] 一种半导体装置的制造方法,其具备以下工序:执行特征1~特征4中任一项所述的活性金属糊剂的制造方法的工序;

[0107] 介由上述活性金属糊剂在陶瓷基板上接合金属构件的接合工序;和

[0108] 在形成有电路的上述金属构件上安装半导体元件的安装工序。

[0109] (特征7)

[0110] 一种活性金属糊剂,其特征在于,在包含铜及至少1种活性金属的活性金属糊剂中,铜元素及活性金属元素的分散性分别低于1.0。

[0111] (特征8)

[0112] 根据特征7所述的活性金属糊剂,其中,在无机成分中,铜的含量为50质量%以上、活性金属的含量为4质量%以上且30质量%以下、选自锡或铟中的1种或2种的含量为5质量%以上且45质量%以下、碳的含量为0质量%以上且2质量%以下。

[0113] (特征9)

[0114] 根据特征7所述的活性金属糊剂,其中,在无机成分中,银的含量为20质量%以上且60质量%以下、铜的含量为15质量%以上且40质量%以下、活性金属的含量为1质量%以上且15质量%以下、选自锡或铟中的1种或2种的含量为5质量%以上且25质量%以下。

[0115] (特征10)

[0116] 一种陶瓷电路基板,其具备:

[0117] 陶瓷基板、和

[0118] 介由以特征7~特征9中任一项所述的活性金属糊剂形成的接合层与上述陶瓷基板接合的金属电路。

[0119] (特征11)

[0120] 根据特征10所述的陶瓷电路基板,其中,上述陶瓷基板为氧化铝基板、氮化铝基板及氮化硅基板中的任1种。

[0121] (特征12)

[0122] 根据特征11所述的陶瓷电路基板,其中,上述金属电路由铜或铜合金制成。

[0123] (特征13)

[0124] 一种半导体装置,其具备:

[0125] 特征10~特征12中任一项所述的陶瓷电路基板、和

[0126] 介由接合层安装于上述金属电路中的半导体元件。

[0127] 以上,对本发明的几个实施方式进行了例示,但这些实施方式是作为例子提出的,并不意图限定发明的范围。这些新颖的实施方式可以以其他的各种方式实施,在不脱离发明的主旨的范围内可以进行各种省略、置换、变更等。这些实施方式、其变形例包含于发明的范围、主旨中,同时包含于权利要求书中记载的发明和其同等的范围内。此外,上述的各实施方式可以相互组合实施。

[0128] 符号的说明

[0129] 1...陶瓷电路基板

[0130] 2...陶瓷基板

[0131] 3...金属电路

[0132] 4...接合层

[0133] 5...混炼容器

[0134] 6...活性金属糊剂

[0135] 7...金属板

[0136] 8...接合层

[0137] 9...半导体元件

[0138] 10...半导体装置

[0139] 11...引线键合部

[0140] 12...引线框

[0141] 13...模塑树脂

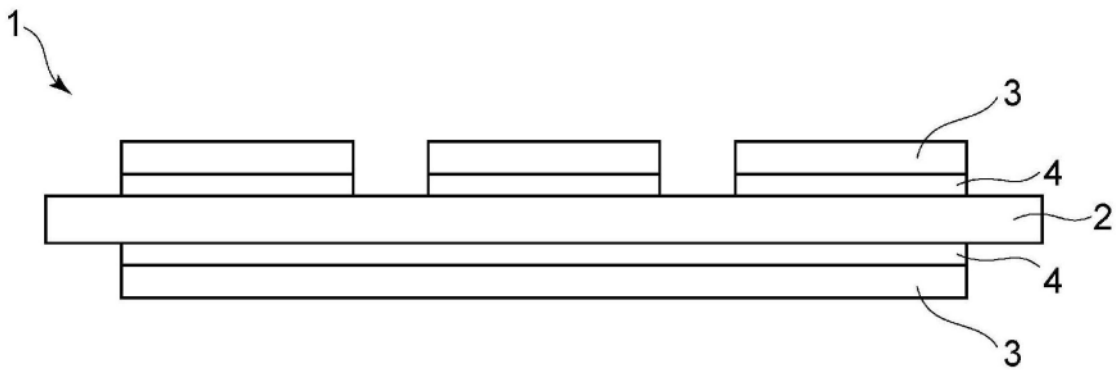


图1

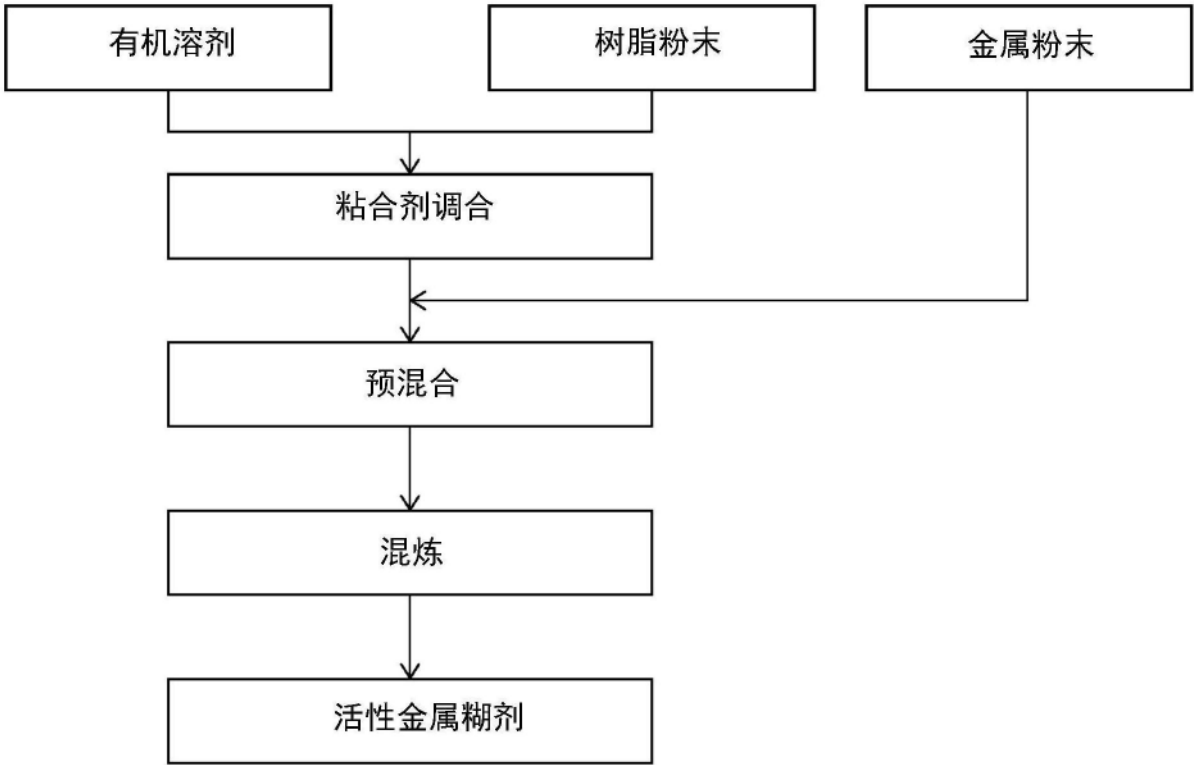


图2

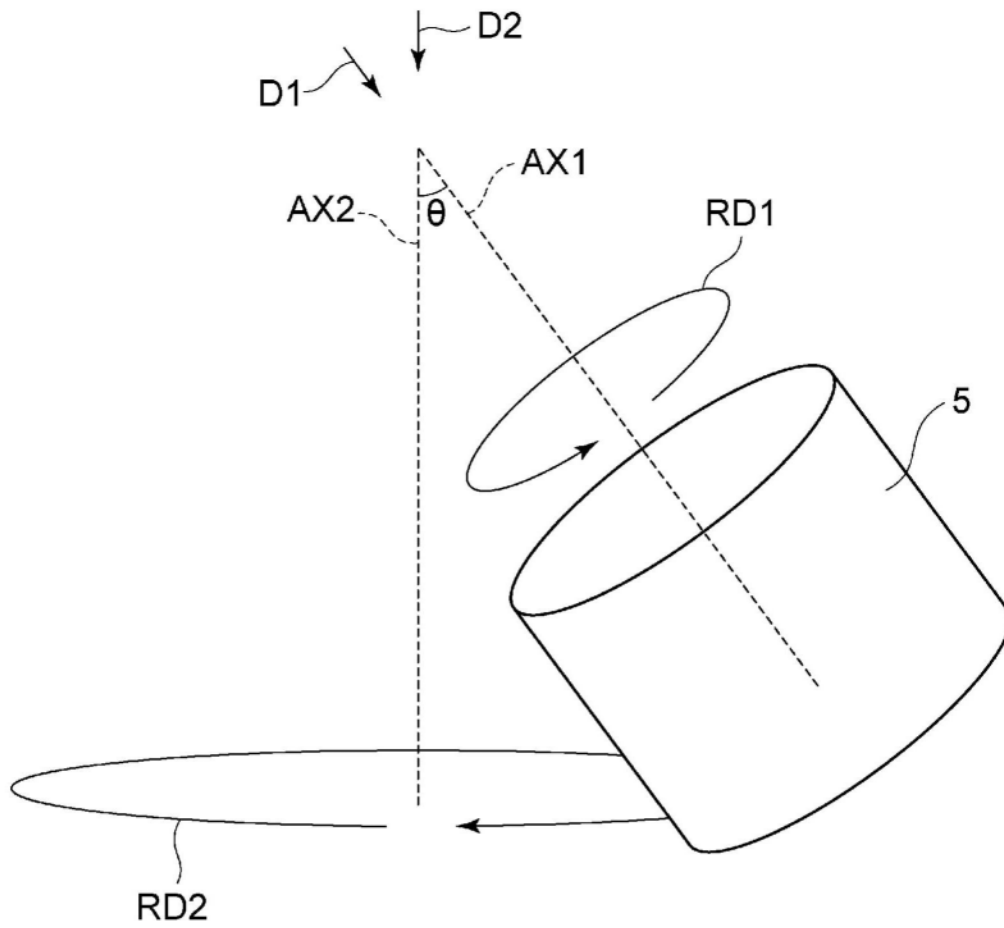


图3

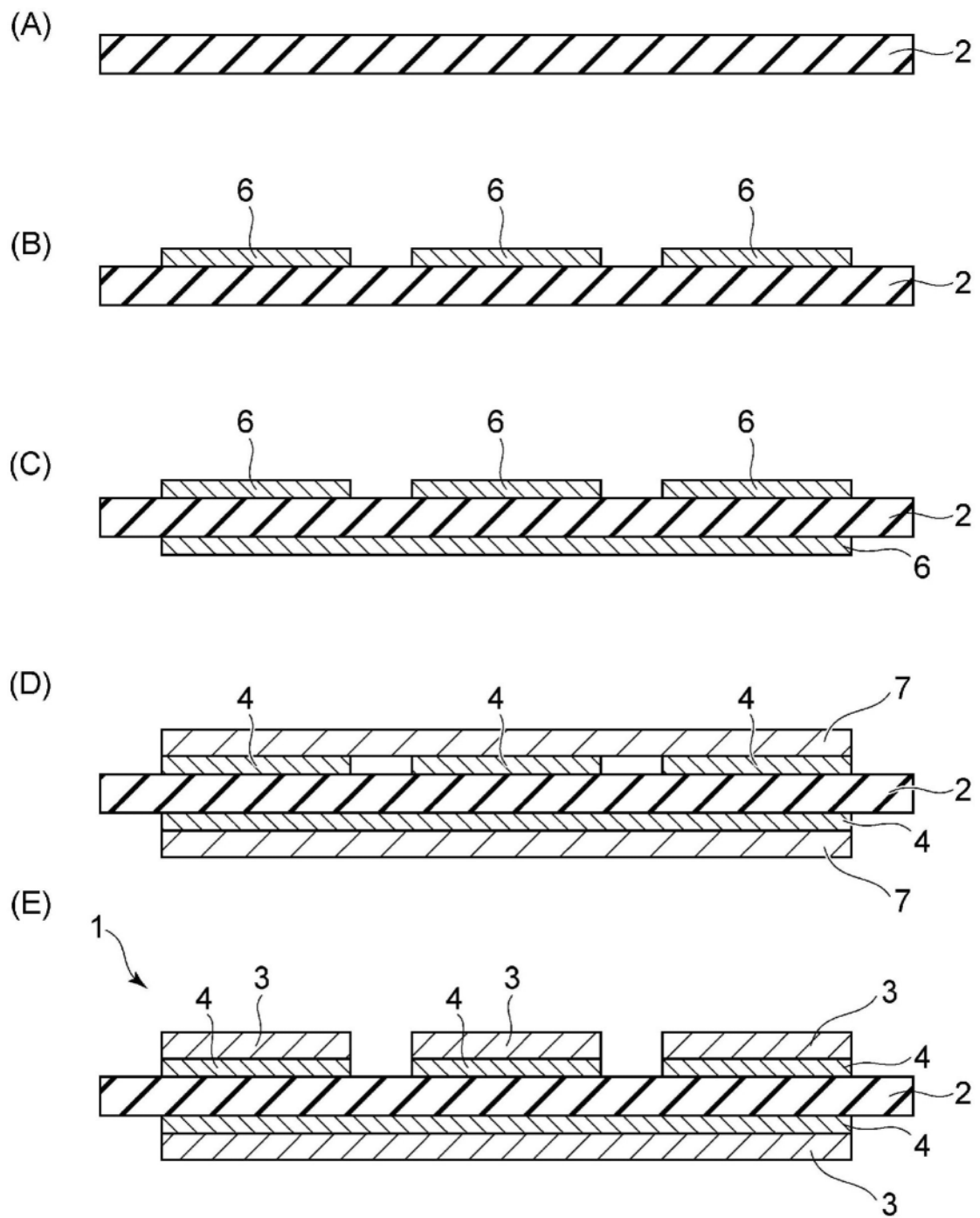


图4

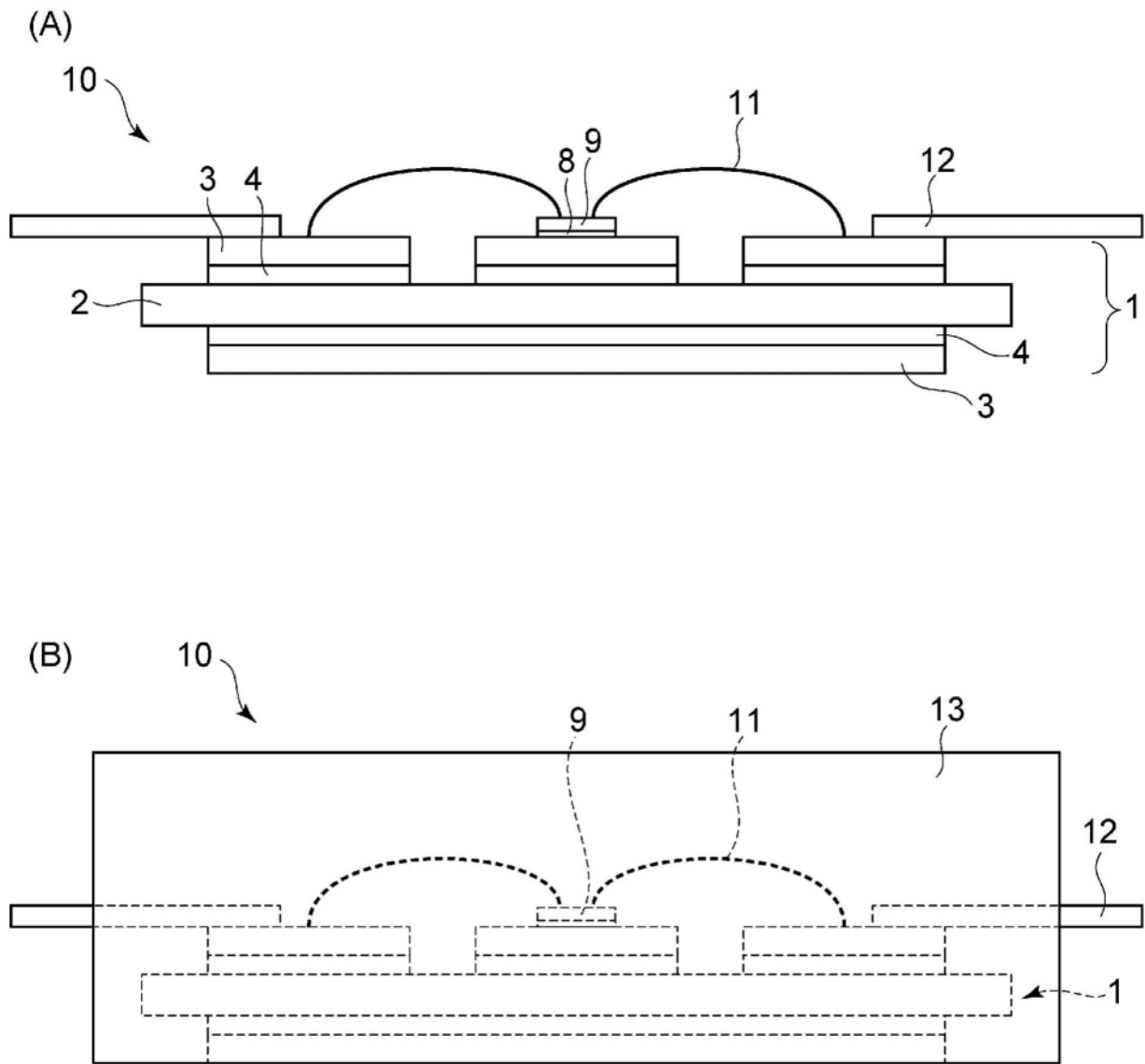


图5