



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106147238 A

(43)申请公布日 2016. 11. 23

(21)申请号 201610216470.0

(22)申请日 2016.04.08

(30)优先权数据

2015-096197 2015.05.11 JP

(71)申请人 富士电机株式会社

地址 日本神奈川县

(72)发明人 东馆诚 市村裕司

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

代理人 刘多益 董庆

(51)Int.Cl.

C08L 83/07(2006.01)

C08L 83/05(2006.01)

H01L 23/29(2006.01)

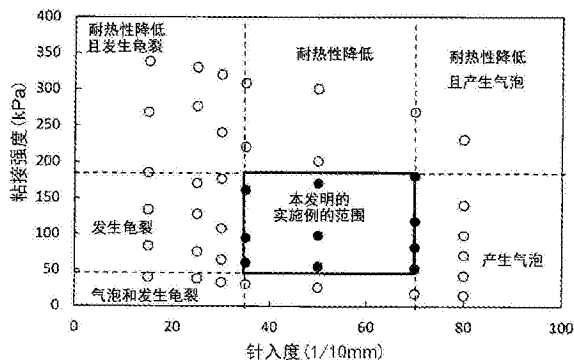
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

密封材料用有机硅树脂组合物及使用该组合物的功率半导体模块

(57)摘要

本发明提供一种能够提高与绝缘电路基板的粘接性,且即使吸湿也能够防止气泡的产生、耐热性优异、也没有龟裂等问题的有机硅树脂组合物。将固化后的针入度为35~70、且与表面配置有Cu层的绝缘电路基板的粘接强度为50kPa~180kPa的有机硅树脂组合物作为功率半导体模块的密封材料来使用。



1. 一种密封材料用有机硅树脂组合物,该有机硅树脂组合物是用于作为功率半导体模块的密封材料的有机硅树脂组合物,

其固化后的针入度为35~70,且与表面配置有Cu层的绝缘电路基板的粘接强度为50kPa~180kPa。

2. 如权利要求1所述的密封材料用有机硅树脂组合物,其特征在于,所述有机硅树脂组合物含有相对于100质量份的下述主剂(A)为5质量份~20质量份的下述交联剂(B)和0.2质量份~3质量份的下述粘接改进剂(C),

(A)有机聚硅氧烷,所述有机聚硅氧烷由选自 $(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{R}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}$ 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{0.5}$ 单元、以及 $\text{RH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{0.5}$ 单元的结构单元所构成,且分子中平均含有1.5个以上与Si原子相键合的乙烯基,上式中R表示与Si键合的烃基;

(B)有机聚硅氧烷,所述有机聚硅氧烷由选自 $\text{HSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 RHSiO 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{RH}_2\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2\text{HSiO}_{0.5}$ 单元、以及 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元的结构单元所构成,且分子中平均含有1.5个以上与Si原子相键合的H基,上式中R表示与Si键合的烃基;

(C)有机聚硅氧烷,所述有机聚硅氧烷具有作为必要单元的 $\text{H}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元,且由选自 $\text{HSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 RHSiO 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{RH}_2\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2\text{HSiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元的结构单元所构成,且分子中平均含有0.1个以上 $\text{H}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元,上式中R表示与Si键合的烃基。

3. 如权利要求2所述的密封材料用有机硅树脂组合物,其特征在于,在上述(A)、上述(B)和上述(C)中,

与Si键合的烃基R既可以全部是甲基、也可以是甲基与苯基混合存在,但不全部是苯基。

4. 一种功率半导体模块,所述功率半导体模块通过使权利要求1~3中任一项所述的有机硅树脂组合物固化来密封。

密封材料用有机硅树脂组合物及使用该组合物的功率半导体模块

技术领域

[0001] 本发明涉及一种作为功率半导体模块的密封材料来使用的密封材料用有机硅树脂组合物以及使用该组合物的功率半导体模块。

背景技术

[0002] 功率半导体元件被封装入散热性优异的封装体中,成为功率半导体模块,从而作为工业机械或运输机械等的功率转换器使用。

[0003] 通过图5,对通常的功率半导体模块的构造进行说明。功率半导体模块10具备半导体元件1、在绝缘基板2a的一方主面上具有第1金属层2b以及在另一方主面上具有第2金属层2c的绝缘电路基板2、金属板3、连接线4、外部端子5、壳体7和密封材料8。半导体元件1的背面通过粘接部件6a与绝缘电路基板2的第1金属层2b相粘接,绝缘电路基板2的第2金属层2c通过粘接部件6b与金属板3相粘接。半导体元件1所释放的热量按照粘接部件6a、第1金属层2b、绝缘基板2a、第2金属层2c、粘接部件6b、金属板3的顺序传递,进而从金属板3向未图示的冷却器传递来放热。第1金属层2b被分隔成多个岛状区域,通过连接线4相互连接,从而形成电路。进而,第1金属层2b以能够与外部电路进行电连接的方式通过粘接部件6a与外部连接端子5相粘接。为了保护半导体元件1和绝缘电路基板2免受外部环境的影响,将它们收纳于壳体7中,并且通过填充于壳体7内的硅胶等密封材料8来进行密封。

[0004] 在下述的专利文献1中,披露了通过改变构成有机硅氧烷的双官能硅氧烷单元与三官能硅氧烷单元的比例来得到分枝较多的有机聚硅氧烷与分枝较少的有机聚硅氧烷混合存在的、即使加热也不易发生剥离或龟裂的半导体模块密封材料。并且记载了拉伸剪切试验的结果和温度循环试验后的耐受电压的结果。

[0005] 另一方面,在专利文献2中,披露了通过脱醇缩合、脱酮缩合或脱氢缩合交联而固化的封装用硅胶组合物。并且记载了即使将其暴露于通过火花放电生成的 O_3 、 NO_x 下300小时,表示硅胶硬度的针入度也几乎不发生变化。

[0006] 在专利文献3中,披露了在使用硅胶对半导体元件和绝缘电路基板进行密封后,进一步利用热塑性树脂(例如环氧树脂)对硅胶进行被覆的半导体模块的结构体。并且记载了在高温高湿试验(85℃、85%RH)后,使用超声成像装置进行观察,没有发现空隙、裂纹、剥离等缺陷。

[0007] 现有技术文献

[0008] 专利文献

[0009] 专利文献1:日本专利特开2012-36274号公报

[0010] 专利文献2:日本专利特开平8-269331号

[0011] 专利文献3:日本专利特开2008-270469号

发明内容

[0012] [本发明所要解决的技术问题]

[0013] 硅胶的透湿性较高,功率半导体模块的硅胶含有较多的水分。在高温高湿试验中经过加速的场合下,吸水率的增大更加明显。如图6所示,水分在硅胶(密封材料8)与绝缘电路基板2的界面9上粘接力较弱的部位汇集成气泡11,且随着硅胶从绝缘电路基板2上的剥离,气泡向箭头所指方向进一步增大。因此,硅胶中形成有气泡11的功率半导体模块10的耐受电压降低。

[0014] 然而,上述专利文献1和2中没有考虑有关硅胶吸湿时产生气泡的问题。另外,专利文献3中虽然表明能够耐受高温高湿试验,但是由于不是对硅胶进行改良,而是基于利用热塑性树脂来被覆的方法,因此具有工序数增加、生产性降低等其它问题。

[0015] 因此,本发明的目的在于提供一种能够提高与绝缘电路基板的粘接性且即使吸湿也能够防止气泡的产生、耐热性优异、也没有龟裂等问题的密封材料用有机硅树脂组合物及使用该组合物的功率半导体模块。

[0016] [解决技术问题所采用的技术方案]

[0017] 为了到达上述目的,本发明的第1形态的密封材料用有机硅树脂组合物是用于作为功率半导体模块的密封材料的有机硅树脂组合物,其固化后的针入度为35~70,且与表面配置有Cu层的绝缘电路基板的粘接强度为50kPa~180kPa。

[0018] 本发明的第1形态的密封材料用有机硅树脂组合物中,该有机硅树脂组合物含有相对于100质量份的下述主剂(A)为5质量份~20质量份的下述交联剂(B)和0.2质量份~3质量份的下述粘接改进剂(C)。

[0019] (A)有机聚硅氧烷,所述有机聚硅氧烷由选自 $(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{R}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}$ 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{0.5}$ 单元、以及 $\text{RH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{0.5}$ 单元(R在这里表示与Si键合的烃基)的结构单元所构成,且分子中平均含有1.5个以上与Si原子相键合的乙烯基。

[0020] (B)有机聚硅氧烷,所述有机聚硅氧烷由选自 $\text{HSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 RHSiO 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{RH}_2\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2\text{HSiO}_{0.5}$ 单元、以及 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元(R在这里表示与Si键合的烃基)的结构单元所构成,且分子中平均含有1.5个以上与Si原子相键合的H基。

[0021] (C)有机聚硅氧烷,所述有机聚硅氧烷具有作为必要单元的 $\text{H}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元,且由选自 $\text{HSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 RHSiO 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{RH}_2\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2\text{HSiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元(R在这里表示与Si键合的烃基)的结构单元所构成,且分子中平均含有0.1个以上 $\text{H}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元。

[0022] 本发明的第1形态的有机硅树脂组合物中,与上述(A)、上述(B)和上述(C)的Si相键合的烃基R优选既可以全部是甲基、也可以是甲基与苯基混合存在,但不全部是苯基。

[0023] 本发明的第2形态的功率半导体模块优选通过使上述有机硅树脂组合物固化来密封。

[0024] 发明的效果

[0025] 通过本发明的实施形态,能够抑制硅胶固化时的气泡成长,通过提高硅胶与绝缘电路基板的粘接性来防止因界面剥离而导致的气泡成长。结果,取得了提高功率半导体模块的耐受电压的作用效果。

附图说明

[0026] [图1]表示本发明实施形态所涉及的有机硅树脂组合物的针入度与粘接强度的优选范围的图。

[0027] [图2]表示本发明实施形态所涉及的交联剂的掺含量与针入度的关系的图。

[0028] [图3]表示本发明实施形态所涉及的粘接改进剂的掺含量与粘接强度的关系的图。

[0029] [图4]对本发明实施形态所涉及的粘接力测定方法进行说明的图。

[0030] [图5]对常规功率半导体模块的构造进行说明的图。

[0031] [图6]表示气泡产生的图。

具体实施方式

[0032] 下面,通过发明的实施方式,对本发明的密封材料用有机硅树脂组合物进行具体说明。本发明的权利要求的范围不受以下的实施方式所限。

[0033] 本发明的密封材料用有机硅树脂组合物的特征在于,其固化后的针入度为35~70,且与表面配置有Cu层的绝缘电路基板的粘接强度为50kPa~180kPa。作为这样的有机硅树脂组合物,含有主剂(A)、交联剂(B)和粘接改进剂(C),且优选使用还含有其它催化剂和有机溶剂的有机硅树脂组合物。

[0034] 主剂(A)是由选自 $(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{R}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}$ 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{0.5}$ 单元、以及 $\text{RH}(\text{CH}_2=\text{CH})\text{SiO}_{0.5}$ 单元(R在这里表示与Si键合的烃基)的结构单元所构成的有机聚硅氧烷,且分子中平均含有1.5个以上、优选为2~5个与Si原子相键合的乙烯基。聚硅氧烷的分子结构可以是直链状、分枝状、环状中的任一种,但是为了使加成聚合反应能够顺利地进行,优选为直链状。另外,与Si相键合的烃基R不作特别地限定,可以例举甲基、乙基等脂肪族饱和烃基;苯基等芳族烃基等,特别优选为甲基和苯基,但是如果使所有的R都为苯基,则会导致由有机聚硅氧烷固化而得到的硅胶的耐受电压降低,因而不优选。

[0035] 交联剂(B)是由选自 $\text{HSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 RHSiO 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{RH}_2\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2\text{HSiO}_{0.5}$ 单元、以及 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元(R在这里表示与Si键合的烃基)的结构单元所构成的有机聚硅氧烷,且分子中平均含有1.5个以上、优选为2~5个与Si原子相键合的H基,分子结构可以是直链状、分枝状、环状中的任一种,但是为了使加成聚合反应能够顺利地进行,优选为直链状。另外,与Si相键合的烃基R不作特别地限定,可以例举甲基、乙基等脂肪族饱和烃基;苯基等芳族烃基等,特别优选为甲基和苯基,但是如果使所有的R都为苯基,则会导致由有机聚硅氧烷固化而得到的硅胶的耐受电压降低,因而不优选。

[0036] 粘接改进剂(C)是具有作为必要单元的 $\text{H}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元(即,具有与Si原子相键合的 SiH_3O 基)且由选自 $\text{HSiO}_{1.5}$ 单元、 $\text{RSiO}_{1.5}$ 单元、 RHSiO 单元、 R_2SiO 单元、 $\text{RH}_2\text{SiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_2\text{HSiO}_{0.5}$ 单元、 $\text{R}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元(R在这里表示与Si键合的烃基)的结构单元所构成的有机聚硅氧烷,且分子中平均含有0.1个以上 $\text{H}_3\text{SiO}_{0.5}$ 单元,分子结构可以是直链状、分枝状、环状中的任一种,但是为了使加成聚合反应能够顺利地进行,优选为直链状。另外,与Si相键合的烃基R不作特别地限定,可以例举甲基、乙基等脂肪族饱和烃基;苯基等芳族烃基等,特别优

选为甲基和苯基,但是如果使所有的R都为苯基,则会导致由有机聚硅氧烷固化而得到的硅胶的耐受电压降低,因而不优选。

[0037] 作为能够用于本发明的催化剂,不作特别的限定,可以例举以往已知的可溶于有机溶剂的铂化合物(例如,氯铂酸、经过醇改性的氯铂酸、氯铂酸-乙烯基硅氧烷络合物等)或者铑化合物等。

[0038] 作为能够用于本发明的有机溶剂,可以例举例如甲醇、乙醇、2-丙醇、丁醇等脂肪族醇;苯、甲苯、二甲苯等芳族烃;正戊烷、正己烷、环己烷等脂肪族或脂环族烃;二氯甲烷、氯仿、四氯化碳、三氯乙烷、三氯乙烯、氯氟烃等卤代烃等。

[0039] 由上述物质混炼得到的有机硅树脂组合物,是通过主剂(A)的乙烯基与键合于交联剂(B)和粘接改进剂(C)的Si的H基在催化剂的作用下,通过氢化硅烷化反应而加成聚合所形成的一液型(日文:一液性)的加成聚合型有机硅树脂组合物,其优选为具有500~1000mPa·s的低粘度液体。通过具有低粘性,即使在收纳有半导体模块的壳体的狭窄间隙内也能容易地填充。

[0040] 在填充了有机硅树脂组合物后,优选在减压状态下进行脱气后加热本发明的有机硅树脂组合物并使其硬化固化而形成硅胶。如果脱气进行得不充分,则会在裹入气泡的状态下固化,因而不优选。加热固化时的气泡是填充时夹带入的空气,具有只要脱气进行得充分就可以避免的性质,其具有与下述高温高湿放置后的气泡完全不同的成因。

[0041] 本发明的有机硅树脂组合物的特征在于,为了防止由高温高湿放置所产生的气泡而具有特定的硬度和特定的粘接性。

[0042] 如果提高交联剂(B)相对于主剂(A)的掺合比,则交联密度增大,硅胶变硬。如果硅胶的硬度增加,则即使吸收的水分形成气泡而将要膨胀,也难以撑开硅胶的分子间距而膨胀,从而能够抑制气泡的产生。

[0043] 可以利用以JIS K2220为标准来测定的针入度将硅胶的硬度数值化。本发明以针入度作为指标,表征了对气泡增大的抵抗力。

[0044] 以使本发明的密封材料用有机硅树脂组合物固化后的针入度达到35~70、进一步优选达到35~50的条件来进行制备。

[0045] 上述针入度可以通过例如相对于100质量份的主剂(A)掺合5质量份~20质量份的交联剂(B)来实现。

[0046] 如果交联剂(B)的掺合量少于5质量份,则针入度容易超过70,容易产生气泡。相反,如果交联剂的(B)的掺合量多于20质量份,则针入度容易低于35,容易在硅胶上产生龟裂。

[0047] 另一方面,如果提高粘接改进剂(C)相对于主剂(A)的掺合比,则与Si原子相键合的SiH₃O基的数量增加,增强了与金属或陶瓷的结合,提高了粘接性。如果粘接性提高,则能够防止由于气泡成长而导致的硅胶剥离。

[0048] 作为测定粘接强度的方法,已知例如JIS K6850等方法,但本发明中使用下文所述的从硅胶中抽出绝缘电路基板的试验来测定粘接力。利用该测定方法,由于反映了绝缘电路基板的表面状态、几何学因子,因而能够得到最为可靠的数据。本发明中的粘接强度是指利用上述抽出试验测得的粘接力。

[0049] 以使本发明的密封材料用有机硅树脂组合物固化后的粘接强度达到50kPa~

180kPa、进一步优选达到60kPa~170kPa的条件来进行制备。

[0050] 上述粘接力可以通过例如相对于100质量份的主剂(A)掺合0.2质量份~3质量份的粘接改进剂(C)来实现。

[0051] 粘接改进剂(C)少于0.2质量份、粘接强度低于50kPa的场合下,硅胶容易发生剥离,容易产生气泡。

[0052] 另一方面,以超过3质量份的量进一步加入大量粘接改进剂(C)的场合下,虽然粘接强度超过了180kPa而一直提高到了340kPa附近,但是由于容易发生耐热性劣化,因此以180kPa作为粘接强度的上限。另外,所谓耐热性是指由于高温放置而导致的耐受电压降低。

[0053] 如上所述,本发明的密封材料用有机硅树脂组合物是以固化后形成硅胶时的针入度为35~70且粘接强度为50kPa~180kPa作为特征的有机硅树脂组合物,作为能够防止因吸湿而产生气泡的功率半导体模块用密封材料来使用。

[0054] 这样的有机硅树脂组合物,可以通过相对于100质量份的主剂加入5质量份~20质量份的交联剂(B)和0.2质量份~3质量份的粘接改进剂(C)来制备。

[0055] 由此,取得了在通过填充本发明的有机硅树脂组合物并使其固化而得到的硅胶上既没有气泡也没有龟裂且耐受电压也提高等优异的作用效果。

[0056] 实施例

[0057] 下面,通过实施例对本发明作详细说明,但是本发明不受这些实施例所限。在以下的实施例中,使用具有苯基甲基结构的硅氧烷作为主剂(A),使用聚烷基氢化硅氧烷作为交联剂(B),使用具有烷氧基甲硅烷基的硅氧烷作为粘接改进剂(C)。

[0058] [有机硅树脂组合物的制备]

[0059] 对于100质量份的主剂(A),混炼其量在1质量份、5质量份、10质量份、20质量份、22质量份、25质量份、30质量份这7个级别变化的交联剂(C)和其量在0质量份、0.2质量份、0.5质量份、1质量份、3质量份、5质量份这6个级别变化的粘接改进剂(B),从而制得41种有机硅树脂组合物。

[0060] [针入度测定]

[0061] 对于针入度,根据JIS K2220,使用1/4锥体,施加9.38g的负荷,测定针的插入程度。

[0062] [粘接力测定]

[0063] 参照图4(a)对试验样品进行说明。在氧化铝制绝缘基板2a的两面上粘接Cu膜,并用其作为用于粘接力测定的绝缘电路基板2。绝缘基板2a具有宽35.2mm×长52.5mm×厚0.7mm的外形,沿着外周留有1mm的宽度,其内侧全部被Cu膜2b、2c(各自的厚度都为0.05mm)覆盖。

[0064] 参照图4(b)对试验方法进行说明。将有机硅树脂组合物注入烧杯12中,以绝缘电路基板2的40%浸渍入有机硅树脂组合物的方式悬吊该基板,在80℃下加热60分钟使其固化,从而得到硅胶8。冷却至室温后,夹住绝缘电路基板2的一端,利用未图示的拉伸试验机以100mm/分钟的拉伸速度抽出。本发明中,将抽出时的最大负荷除以样品两面的沾湿面积所得的数值作为粘接强度。

[0065] [功率半导体模块的组装]

[0066] 使用富士电机株式会社(富士電機)制造的M249(外形为62mm×108mm)作为功率半

导体模块用封装体。作为绝缘电路基板,使用在适用于M249的氧化铝基板上粘接了Cu膜的DCB基板,搭载1个IGBT和2个FWD元件作为功率半导体元件,并将它们封装入封装体中。将由此组装的封装体在150℃下加热60分钟并充分干燥后,冷却至室温,注入掺含量在上述值之间变换的有机硅树脂组合物,在80℃下加热60分钟使其固化。

[0067] [高温加湿试验]

[0068] 该试验是将按照上述步骤组装的半导体模块放入高温加湿槽中,在85℃、85%RH下放置24小时后,从高温加湿槽中取出并冷却至室温,然后在125℃的加热板上放置60分钟,通过目视观察,对是否产生气泡进行评价的试验。

[0069] [耐热性试验]

[0070] 将按照上述步骤组装的半导体模块放入恒温槽中,在215℃下放置2000小时后,从恒温槽中取出并冷却至室温,在发射极端子与集电极端子之间施加10秒的4.1kV电压,判断是否发生绝缘击穿。

[0071] [可靠性试验]

[0072] 该试验是将按照上述步骤组装的半导体模块放入温度循环试验机中,在-40℃下保温70分钟和在125℃下保温70分钟交替进行300次循环来实施温度循环试验,将半导体模块从温度循环试验机中取出并进行目视观察,对硅胶的龟裂进行评价的试验。

[0073] [试验结果]

[0074] 实施例1~10、比较例1~31的试验结果示于表1。表1中缺陷状态栏的○记号表示在试验中观察到了该缺陷状态。

[0075] 交联剂的掺含量与针入度的关系示于图2。交联剂掺合地越多,硅胶就越硬,针入度越低。可知针入度主要可以通过交联剂的掺含量来调节。如果交联剂多于20质量份,则针入度低于35,硅胶上容易发生龟裂。

[0076] 粘接改进剂的掺含量与粘接强度的关系示于图3。粘接改进剂掺合地越多,粘接强度就越高。粘接强度也可以通过增加交联剂的掺含量来提高,但是增加粘接改进剂掺含量的方式效果更佳,通过提高粘接改进剂的掺含量,可以提高粘接强度。但是,如果粘接改进剂的掺含量超过3质量份,则硅胶的耐热性容易降低,硅胶容易发生热分解而耐受电压降低。

[0077] 气泡的产生与硅胶硬度和粘接强度都有关系。图1中,以粘接强度为纵坐标、针入度为横坐标作图,显示出适用于功率半导体模块密封材料的本发明实施例的范围、和不适用于相同用途的比较例的范围。

[0078] 在本发明所规定的针入度为35~70且粘接强度在50kPa~180kPa范围内的实施例中,既没有在硅胶上发生龟裂,耐热性也没有降低,而且还赋予了即使吸湿也不产生气泡的良好特性。

[0079] 在上述范围以外的比较例中,由于发生龟裂、耐热性降低、产生气泡中任一项的原因,因而不适用于功率半导体模块。

[0080] [表1]

	综合比			测定结果		缺陷状态		
	(A)	(B)	(C)	粘接强度	针入度	产生气泡	耐溶剂剥离	产生龟裂
	质量份	质量份	质量份	kPa	1/10mm			
实施例 1	100	5	0.2	52	70			
实施例 2	100	5	0.5	81	70			
实施例 3	100	5	1	118	70			
实施例 4	100	5	3	180	70			
实施例 5	100	10	0.2	55	50			
实施例 6	100	10	0.5	98	50			
实施例 7	100	10	1	170	50			
实施例 8	100	20	0.2	60	35			
实施例 9	100	20	0.5	94	35			
实施例 10	100	20	1	161	35			
比较例 1	100	22	3	240	30		○	○
比较例 2	100	22	5	320	30		○	○
比较例 3	100	25	3	278	25		○	○
比较例 4	100	25	5	330	25		○	○
比较例 5	100	30	1	185	15		○	○
比较例 6	100	30	3	268	15		○	○
比较例 7	100	30	5	339	15		○	○
比较例 8	100	22	0.2	64	30			○
比较例 9	100	22	0.5	108	30			○
比较例 10	100	22	1	178	30			○
比较例 11	100	25	0.2	75	25			○
比较例 12	100	25	0.5	128	25			○
比较例 13	100	25	1	170	25			○
比较例 14	100	30	0.2	134	15			○
比较例 15	100	30	0.5	185	15			○
比较例 16	100	22	0	33	30	○		○
比较例 17	100	25	0	38	25	○		○
比较例 18	100	30	0	40	15	○		○
比较例 19	100	5	5	268	70		○	
比较例 20	100	10	3	201	50		○	
比较例 21	100	10	5	300	50		○	
比较例 22	100	20	3	220	35		○	
比较例 23	100	20	5	308	35		○	
比较例 24	100	20	0	30		○		
比较例 25	100	10	0	26		○		
比较例 26	100	5	0	17		○		
比较例 27	100	1	0	15		○		
比较例 28	100	1	0.2	42		○		
比较例 29	100	1	0.5	70		○		
比较例 30	100	1	1	98		○		
比较例 31	100	1	3	140		○		
比较例 32	100	1	5	230		○		

[0081]

[0082] 符号说明

[0083] 1. 半导体元件

[0084] 2. 绝缘电路基板

[0085] 2a 绝缘基板

[0086] 2b 第1金属层(Cu膜)

- [0087] 2c 第2金属层(Cu膜)
- [0088] 3 金属板(Cu板)
- [0089] 4 连接线
- [0090] 5 外部端子
- [0091] 6a、6b 粘接部件
- [0092] 7 壳体
- [0093] 8 密封材料(硅胶)
- [0094] 9 密封材料与第1金属层的界面
- [0095] 10 功率半导体模块
- [0096] 11 气泡
- [0097] 12 烧杯

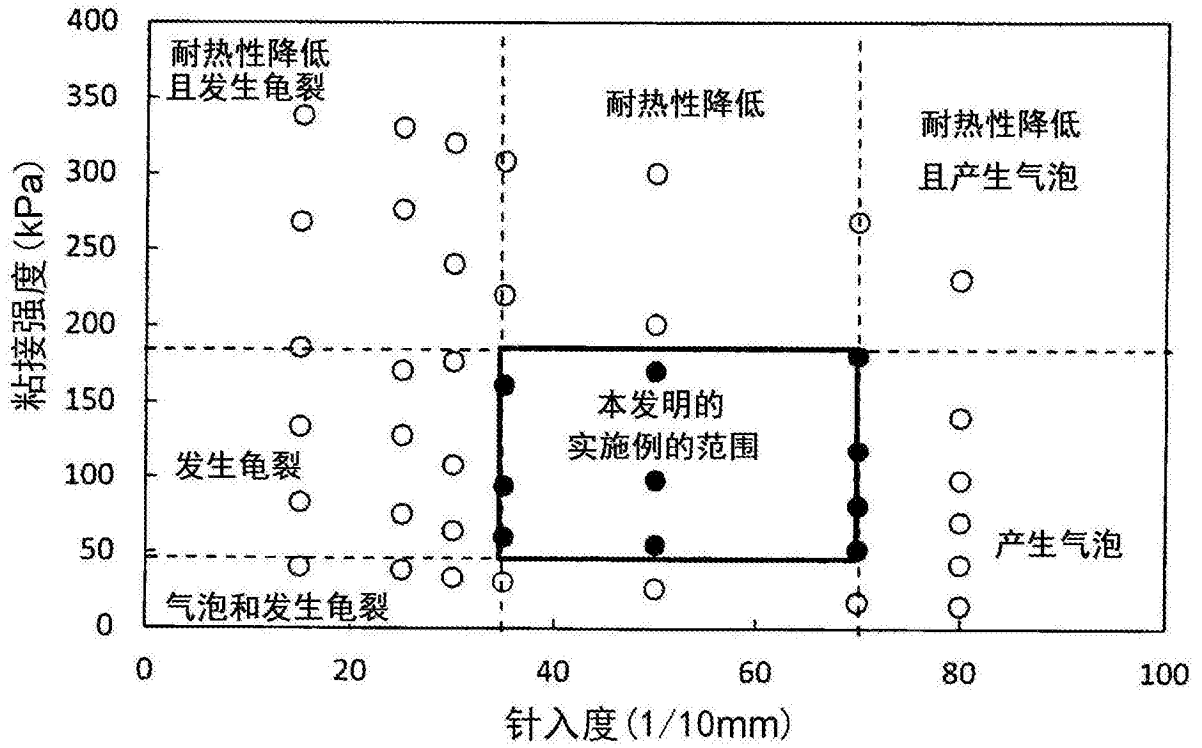


图1

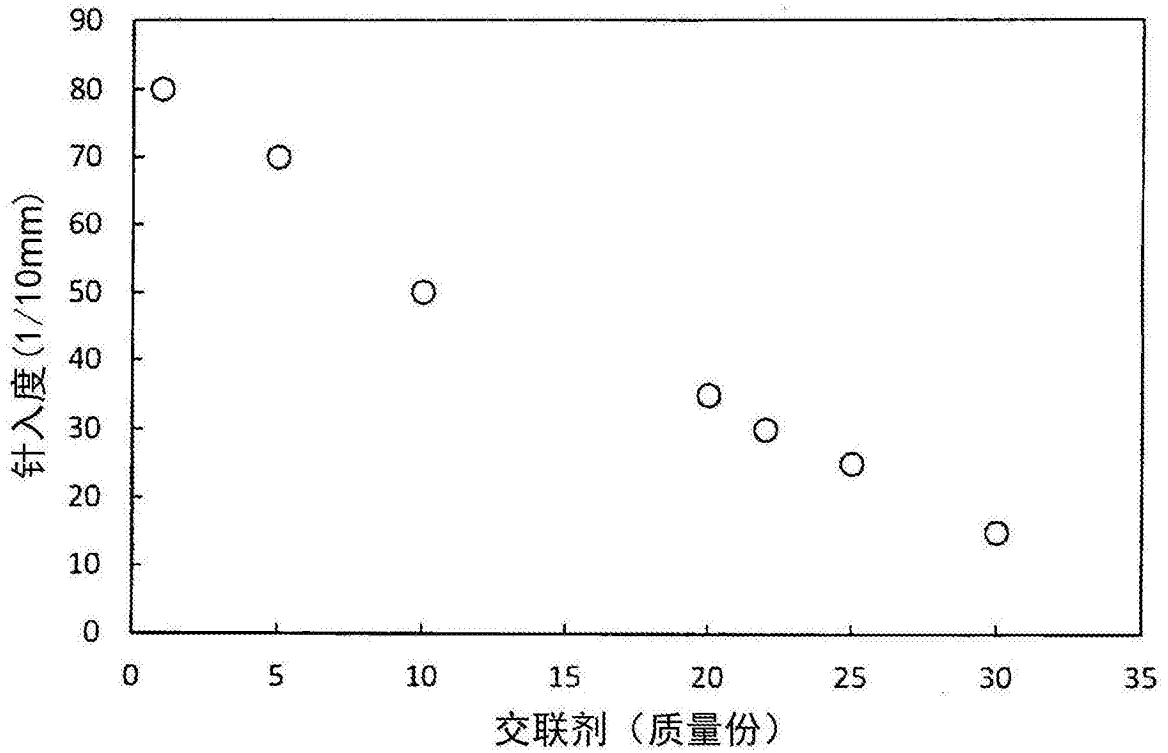


图2

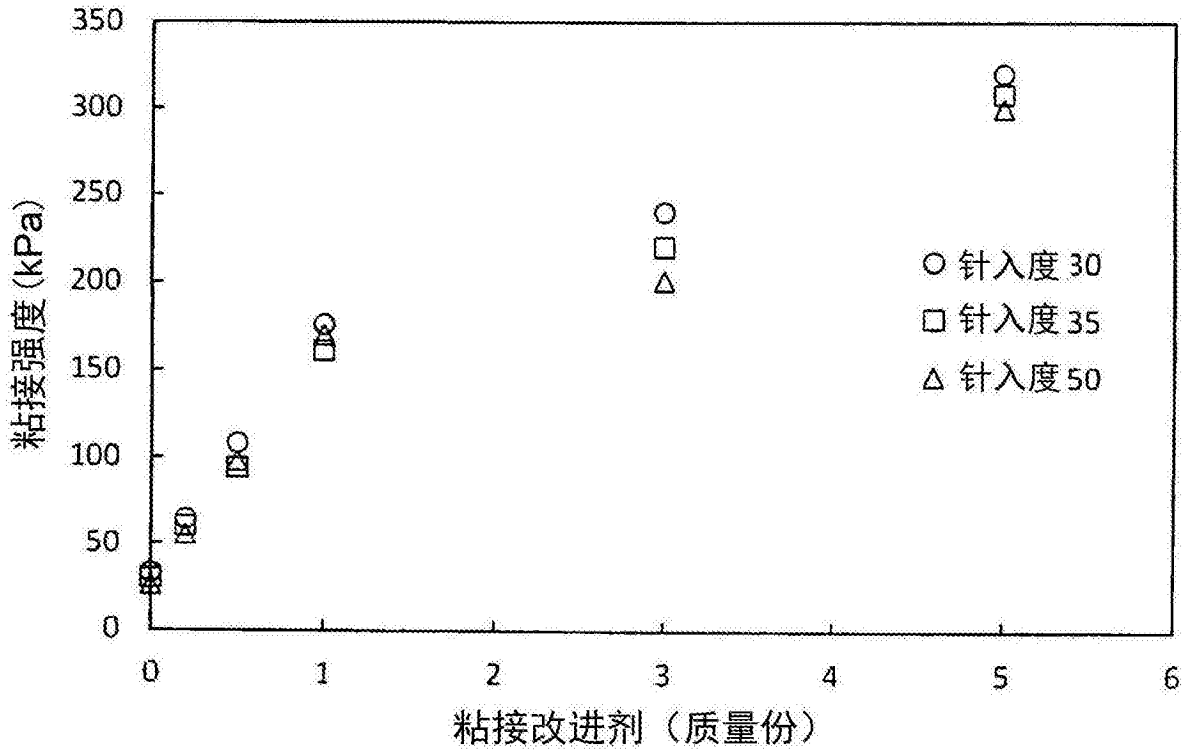


图3

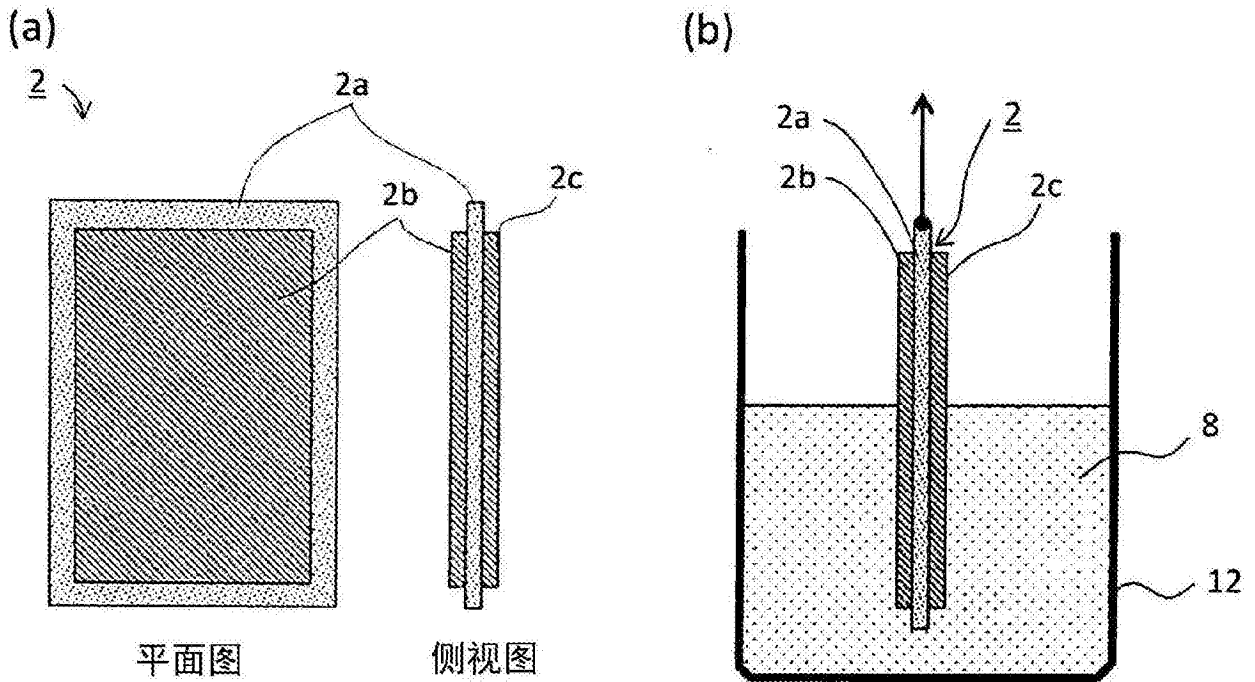


图4

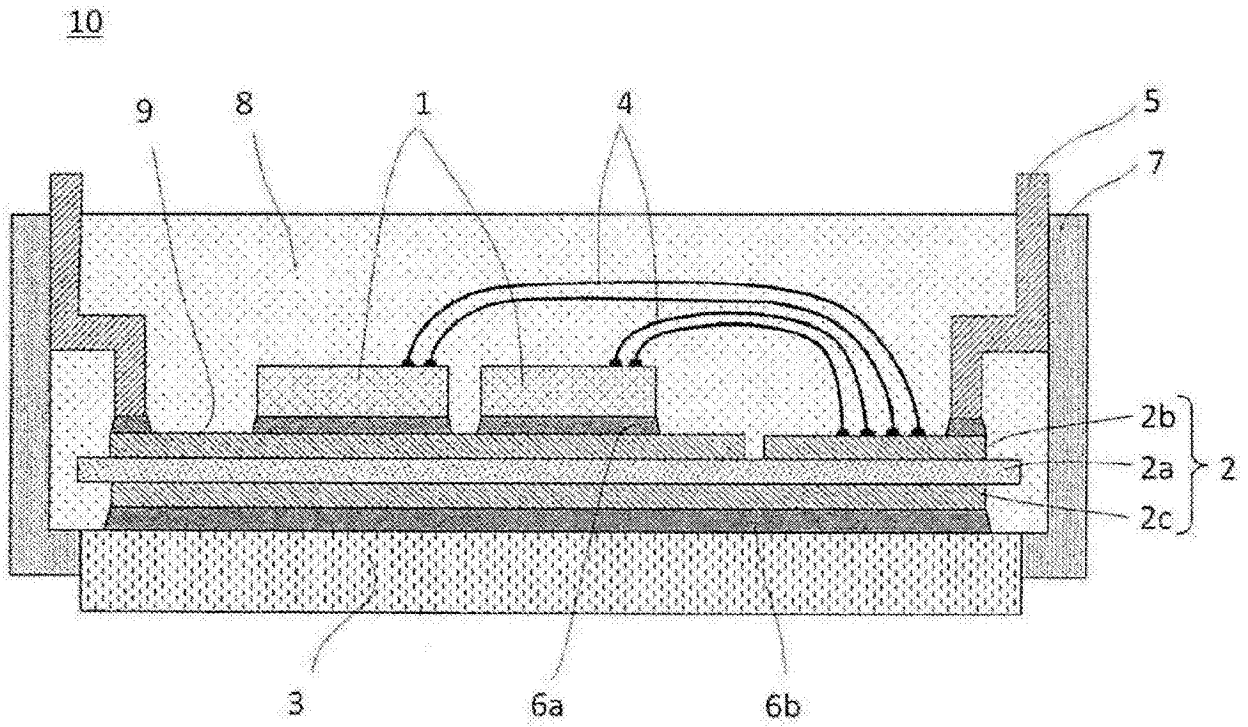


图5

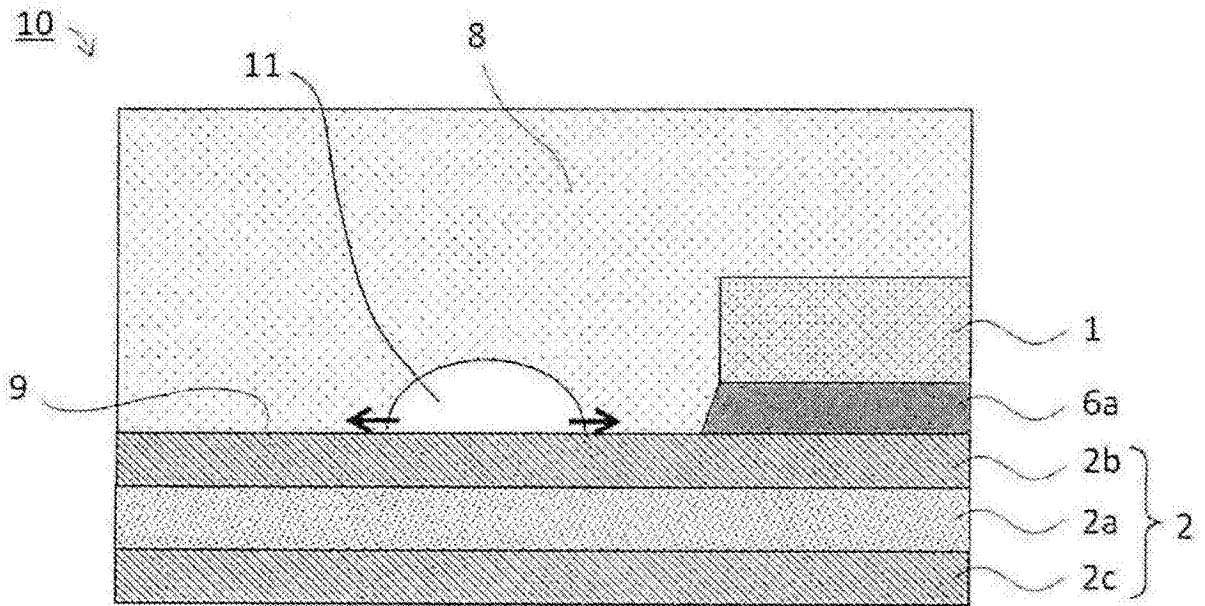


图6