

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H01L 23/373 (2006.01)

H01L 23/427 (2006.01)



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480020238.5

[43] 公开日 2006年8月23日

[11] 公开号 CN 1823415A

[22] 申请日 2004.4.2

[21] 申请号 200480020238.5

[30] 优先权

[32] 2003.5.13 [33] US [31] 10/436,764

[86] 国际申请 PCT/US2004/010087 2004.4.2

[87] 国际公布 WO2004/102660 英 2004.11.25

[85] 进入国家阶段日期 2006.1.13

[71] 申请人 帕克-汉尼芬公司

地址 美国俄亥俄州

[72] 发明人 M·H·布尼安

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 韦欣华 赵苏林

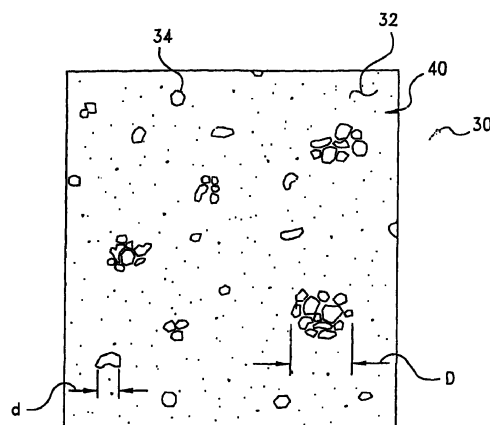
权利要求书 5 页 说明书 15 页 附图 4 页

[54] 发明名称

热管理材料

[57] 摘要

本发明涉及一种导热复合物，其在第一传热表面和相对第二传热表面之间形成共形的层，从而在所述表面之间形成热路径。该复合物是热脂组分和在该热脂组分中形成离散域的分散组分的掺加物，所述域在正常室温下处于第一相，是形态稳定的，处于第二相时在第一和第二传热表面之间可以保持共形，而且所述域具有高于正常室温的从第一相到第二相的域转变温度。分散相可以是可熔，即低温熔融的金属或金属合金。



1、一种导热复合物，在第一传热表面和相对第二传热表面之间形成可以共形的层而在表面之间提供热路径，所述复合物包括以下的掺加物：

(a) 热脂组分；和

(b) 分散组分，在所述热脂组分里形成离散的域，所述域在正常室温下处于第一相是形态稳定的，而处于第二相时在第一和第二传热表面之间可以共形，并且所述域具有高于正常室温的从第一相到第二相的转变温度。

2、权利要求1的复合物，其中所述分散组分包含一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金或其组合。

3、权利要求2的复合物，其中所述一种或多种可熔金属或合金含有铋、锡、铅、镉和铟中的一种或多种。

4、权利要求2的复合物，其中所述分散组分含有重量百分比约32.5%铋、16.5%锡和50%铟的低共熔合金。

5、权利要求2的复合物，其中所述复合物包括占其总重量的约5-25%的所述一种或多种可熔金属或金属合金或其组合。

6、权利要求2的复合物，其中所述域转变温度为约40-80℃。

7、权利要求6的复合物，其中所述分散组分包括一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金、或其组合。

8、权利要求2的复合物，其中：

所述第一传热表面位于操作温度范围高于正常室温的生热源上；

和

所述域转变温度位于所述生热源的操作温度范围内。

9、权利要求1的复合物，其中所述域处于第二相时在所述热脂组分中形成乳液。

10、权利要求9的复合物，其中所述乳液的粘度为约10000-300000cp(10-300Pa-s)。

11、权利要求1的复合物，其中：

所述第一传热表面位于操作温度范围高于正常室温的生热源里；

和

所述域的转变温度位于所述生热源的操作温度范围内。

- 12、权利要求 11 的复合物，其中：  
所述生热源是电子元件；和  
所述第二传热表面位于散热单元上。
- 13、权利要求 12 的复合物，其中所述散热单元是热沉或线路板。
- 14、权利要求 12 的复合物，其中所述生热源的所述操作温度是约 40 - 80℃。
- 15、权利要求 1 的复合物，其中所述域的平均大小为约 0.4 - 3 密耳 (10 - 75 微米)。
- 16、权利要求 1 的复合物，其中所述热脂组分包含一种或多种选自矿物油、烃油、合成油、硅油和其组合的油。
- 17、权利要求 1 的复合物，其中所述热脂组分包含一种或多种硅油。
- 18、权利要求 1 的复合物，其中所述热脂组分包含一种或多种有机硅氧烷油。
- 19、权利要求 16 的复合物，其中所述热脂组分还包含导热颗粒填料。
- 20、权利要求 19 的复合物，其中所述分散组分包含一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金或其组合。
- 21、权利要求 19 的复合物，其中所述填料选自金属或非金属氧化物、氮化物、碳化物、或二硼化物颗粒、石墨颗粒、金属颗粒和其组合。
- 22、权利要求 19 的复合物，其中所述热脂组分包含约 20 - 80 重量%的填料。
- 23、权利要求 19 的复合物，其中所述填料颗粒的颗粒大小约 0.01 - 10 密耳 (0.25 - 250 微米)。
- 24、权利要求 19 的复合物，其中所述填料的热导率至少约 20W/m-K。
- 25、权利要求 19 的复合物，其中所述热脂在大约室温时粘度约 10000 - 300000cp (10 - 300Pa-s)。
- 26、权利要求 1 的复合物，其中所述层的热阻抗小于约 1℃-英寸<sup>2</sup>/W (6℃-cm<sup>2</sup>/W)。
- 27、权利要求 1 的复合物，其中所述复合物的热导率至少约

0.5W/m-K。

28、权利要求 11 的复合物，其中所述层在大约室温时给定的施加压力下厚度约 5 密耳（125 微米），所述厚度在所述生热源的操作温度范围内在所述给定施加压力下减少至少约 20%。

29、权利要求 1 的复合物，其中所述复合物基本上可以自我粘附到所述第一和第二传热表面之一或全部上。

30、一种热管理组件，包括：

第一传热表面；

和所述第一传热表面相对的第二传热表面；和

位于所述第一和所述第二传热表面中间的导热界面，在所述表面之间提供导热路径，所述界面包括形成层的导热复合物，该层在所述第一和第二传热表面之间保持共形，所述复合物包括以下的掺加物：

(a) 热脂组分；和

(b) 分散组分，在所述热脂组分里形成离散的域，所述域在正常室温下处于第一相是形态稳定的，而处于第二相时在第一和第二传热表面之间可以共形，并且所述域具有高于正常室温的从第一相到第二相的转变温度。

31、权利要求 30 的组件，其中所述分散组分包含一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金或其组合。

32、权利要求 31 的组件，其中所述一种或多种可熔金属或合金含有铋、锡、铅、镉和铟中的一种或多种。

33、权利要求 31 的组件，其中所述分散组分含有重量百分比为约 32.5% 铋、16.5% 锡和 50% 铟的低共熔合金。

34、权利要求 31 的组件，其中所述复合物包括占其总重量的约 5 - 25% 的所述一种或多种可熔金属或金属合金或其组合。

35、权利要求 31 的组件，其中所述域转变温度为约 40 - 80℃。

36、权利要求 35 的组件，其中所述分散组分包括一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金、或其组合。

37、权利要求 31 的组件，其中：

所述第一传热表面位于操作温度范围高于正常室温的生热源上；

和

所述域转变温度位于所述生热源的操作温度范围内。

38、权利要求 30 的组件，其中所述域处于第二相时在所述热脂组分中形成乳液。

39、权利要求 38 的组件，其中所述乳液的粘度为约 10000 - 300000cp (10 - 300Pa-s)。

40、权利要求 30 的组件，其中：

所述第一传热表面位于操作温度范围高于正常室温的生热源里；  
和

所述域的转变温度位于所述生热源的操作温度范围内。

41、权利要求 40 的组件，其中：

所述生热源是电子元件；和

所述第二传热表面位于散热单元上。

42、权利要求 41 的组件，其中所述散热单元是热沉或线路板。

43、权利要求 41 的组件，其中所述生热源的所述操作温度是约 40 - 80℃。

44、权利要求 30 的组件，其中所述域的平均大小为约 0.4 - 3 密耳 (10 - 75 微米)。

45、权利要求 30 的组件，其中所述热脂组分包含一种或多种选自矿物油、烃油、合成油、硅油和其组合的油。

46、权利要求 30 的组件，其中所述热脂组分包含一种或多种硅油。

47、权利要求 30 的组件，其中所述热脂组分包含一种或多种有机硅氧烷油。

48、权利要求 45 的组件，其中所述热脂组分还包含导热颗粒填料。

49、权利要求 48 的组件，其中所述分散组分包含一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金或其组合。

50、权利要求 48 的组件，其中所述填料选自金属或非金属氧化物、氮化物、碳化物、或二硼化物颗粒、石墨颗粒、金属颗粒和其组合。

51、权利要求 48 的组件，其中所述热脂组分包含约 20 - 80 重量 % 的填料。

52、权利要求 48 的组件，其中所述填料颗粒的颗粒大小约 0.01

- 10 密耳 (0.25 - 250 微米)。

53、权利要求 48 的组件，其中所述填料的热导率至少约  $20\text{W/m-K}$ 。

54、权利要求 48 的组件，其中所述热脂在大约室温时粘度约  $10000 - 300000\text{cp}$  ( $10 - 300\text{Pa-s}$ )。

55、权利要求 30 的组件，其中所述层的热阻抗小于约  $1^\circ\text{C-英寸}^2/\text{W}$  ( $6^\circ\text{C-cm}^2/\text{W}$ )。

56、权利要求 30 的组件，其中所述复合物的热导率至少约  $0.5\text{W/m-K}$ 。

57、权利要求 40 的组件，其中所述层在大约室温时的给定压力下厚度约 5 密耳 (125 微米)，所述厚度在所述生热源的操作温度范围内在所述给定压力下减少至少约 20%。

58、权利要求 30 的组件，其中所述复合物基本上可以自我粘附到所述第一和第二传热表面之一或全部上。

## 热管理材料

### 技术背景

本发明广义涉及用于电子器件的热管理材料。这些材料通常用作在例如，发热电子元件（比如集成电路（IC）芯片）和散热单元（比如热沉或散热器）之间的配合热传递界面，以通过传导冷却该电子元件。更具体而言，本发明涉及热传导界面材料，其形成为连续相组分和分散相组分的掺加物，所述分散相组分在正常室温下处于第一状态以固体、半固体或其它稳定形式存在，而在所述电子元件的操作温度下处于第二状态以和该连续相组分共形的形式存在，从而在该元件和散热单元之间提供了改善的低热阻界面。

现代电子器件，比如电视、收音机、计算机、医疗仪器、商用机器、通讯装备等的电路设计已经变得越来越复杂。例如，已经为这些和其它含有成百上千个晶体管的等同物的器件制备了集成电路。尽管设计的复杂性增加了，但是器件尺寸却持续变小，而且制备较小电子元件的能力以及将更多这些元件封装到更小区域上的能力也有了提高。

由于电子元件越来越小而且在集成板和芯片上封装时越来越致密，所以设计人员和制造商现在面临的挑战是如何散发这些元件通过电阻或其它方式产生的热量。实际上，已知许多电子元件尤其是功率半导体元件，比如晶体管和微处理器，在高温时更容易失效或出现故障。因此，散热能力常常是元件性能的限制因素。

集成线路中的电子元件通常通过使空气在器件外壳里进行压力循环或对流循环来冷却。为此，提供了散热片，作为元件封装的整体部分或者分开附着到元件封装上，以增加该封装暴露到对流式展开的空气流的表面积。另外，采用了电风扇增加在外壳内循环的空气量。但是，对于高功率线路以及电流电子设计中典型的小但封装更加致密的线路而言，已经发现简单的空气循环不足以充分冷却线路元件。

将电子元件直接安装到散热单元比如“冷盘”或其它热沉或散热器上，可以实现的散热超过了简单空气循环所能达到的程度。散热单元可以是专用的导热陶瓷或者金属盘或者翼片结构，或者简单地就是

器件的机壳或线路板。但是，由于电子元件和散热单元之间界面处的界面热阻抗或者接触阻抗，在这两者之间形成了超过正常温度梯度的显著温度梯度。

也就是说，如同美国专利 No. 4869954 所述，元件和热沉的紧密结合的热界面表面在整体上或微观尺度上都不规则。当界面表面配合时，中间形成可能夹带空气的空洞或空间。这些空洞减少了界面里的总接触表面积，这又会减少传热面积以及通过界面的总传热效率。而且，众所周知空气是相对较差的热导体，所以在界面里存在空气空洞会降低通过界面的传热速率。

为了提高通过界面的传热效率，通常将导热电绝缘材料的垫或其它层置于热沉和电子元件之间，填充所有表面不规则的地方并消除空气空洞。初始用于本目的的材料是比如填有导热填料比如氧化铝的硅脂或蜡。这种材料在正常室温下通常是半液体或固体，但是在高温下可以液化或软化，从而可以流动并更好地和界面表面的不规则之处保持共形。

或者，另一种方法是用固化的片状材料替代硅脂或蜡。这种材料可以混合成含有一种或多种分散在聚合物粘合剂中的导热颗粒填料，而且可以以固化片、带、垫或膜的形式提供。典型的粘合剂材料包括含有常规填料的硅氧烷、尿烷、热塑性橡胶和其它弹性体，其中所述填料包括氧化铝、氧化镁、氧化锌、氮化硼和氮化铝。

上述界面材料的例子是 Chomerics TEC Division of Parker-Hannifin Corp., 16 Flagstone Drive, Hudson, NH 03051 以商品名 CHO-THERM® 销售的填有氧化铝或氮化硼的硅氧烷或尿烷弹性体。另外，美国专利 No. 4869954 公开了用于传递热能的固化、形态稳定的、片状导热材料。该材料由尿烷粘合剂、固化剂和一种或多种导热填料制成。填料可以包括氧化铝、氮化铝、氮化硼、氧化镁或氧化锌，颗粒大小为约 1 - 50 微米（0.05 - 2 密耳）。

上述类型的片、垫和带在用作电子元件组件的通过传导冷却的界面材料方面，已经为公众所接受，比如在美国专利 No. 5359768 中所述的半导体芯片，即晶片。但是，在有些应用中，要求有有力的紧固件，比如弹簧、夹具等，施加的力足以使这些材料和界面表面保持共形，从而获得足以有效传热的表面。实际上，对有些应用而言，在高温液

化、熔化或软化的材料，比如脂和蜡，一直都是优选的，因为它们在与相对较低的夹具压力下和界面表面保持更好的共形。

最近，引入了相变材料（“PCM”），其在室温时可以自我支持而且处于形态稳定状态以便于处理，但在电子元件的操作温度范围内温度时液化或者软化，形成和界面表面共形性更好的粘性触变相。这种相变材料可以以独立膜的形式或者以加热后丝网印刷的形式提供到基体表面上，优点在于和脂以及蜡的功能很像，在元件的操作温度内可以在约 5psi（35kPa）的相对低的夹具压力下共形流动。这种材料在共同受让的美国专利 No. 6054198、共同受让的公开 US20020135984、W00036893 和 W002059965 以及在 2002 年 10 月 21 日提交的题为“Thermal Management Materials Having A Phase Change Dispersion”的美国申请序列 No. 10/277970 中进行了进一步的描述。Chomerics Division of Parker-Hannifin Corp., 16, Flagstone Drive, Hudson, NH 03051 以名称 THERMFLOW® T310、T443、T705、T710、T725 和 A725 在市场上销售这类材料。其它相变材料参见美国专利 NO 6391442，由 Bergquist Company (Minneapolis, MN) 以商品名“HI-FLOW™”、Thermagon, Inc. (Cleveland, OH) 以商品名“T-PCM™”和 Orcus, Inc. (Stilwell, KS) 以商品名“THERMAPHASE”在市场上销售。Thermagon, Inc. 以商品名“T-MATE™”销售一种相变材料/金属薄片叠层制品。

对于典型商业应用而言，热界面材料可以以带或片的形式提供，所述带或片包括内外释放衬里和热复合物的夹层。除非该热复合物本身是粘性的，该复合物层的一侧可以涂覆薄层压敏粘结剂（PSA），以便将该复合物施加到热沉的传热表面上。为了便于自动化分配和施加，带或片的外部释放衬里和复合物夹层可以冲切形成一系列单个的预定尺寸的垫。因此，可以将每个垫从内部释放衬里上移开，采用热沉制造商可能进行的常规“剥离-粘贴”应用中的粘结剂层粘结到热沉上。

将垫粘附到散热单元比如热沉或散热器的传热表面并且外部衬里原位形成复合物层外表面的保护盖时，散热单元和垫可以以集成组件的形式提供。在安装该组件之前，从复合物层上移开外部释放衬里，将垫安置在电子元件上。可以采用夹具将该组件固定就位。

例如在美国专利 No. 5467251、共同受让的美国专利 No. 5781412 以及由 Chomerics Division of Parker-Hannifin Corp. 以商品名 “THERM-A-FORM™” 在市场上销售的其它材料，通常称作热界面复合物、填隙物、原位成形材料或密封剂。这些材料通常装在一个或多个管子、容器等提供，就像经常看到的一组分或二组分液体或其它流体填充的反应系统一样，在室温或高温固化从而在其中施加该复合物的缝隙或元件中原位成形。施加器可以是装料筒或者管枪或者其它分配系统。

根据上述内容，可以认识到对热管理材料的进一步改进会受到电子产品制造商的欢迎。

### 发明综述

本发明涉及用于热管理组件的导热界面和其材料，所述热管理组件包括例如热源和散热单元，热源比如电子芯片或其它生热元件，散热单元比如热沉或散热器，其可以设置成与该电子元件热相邻从而在两者之间传导热量。具体而言，本发明涉及处于导热复合物形式的材料，它可以以片或垫的形式提供，和/或可在比如所加压力下以珠子或块的形式从喷嘴或其它开口中分配出来，在电子元件和热沉或散热器的界面表面之间形成柔顺的或者其它可共形的中间层，为整个组件提供低的热阻抗，中间层提供的低热阻抗用于改善传热性能。

到此为止，本文所涉及的材料，尤其是相变变型方案的材料，通常配制成树脂或蜡粘合剂与导热颗粒填料的掺合物，该填料可以是一种或多种金属粉末或金属或非金属氮化物或氧化物。这些填料在该材料中具有固定颗粒尺寸，使得其最大颗粒尺寸限定了在组件的各个表面之间形成的界面内该材料的最小厚度。有利的是，已经观察到通过采用在一种或多种聚合物材料的连续相里形成分散相的导热相变材料（“PCM”），可以配制出热界面复合物，该复合物具有高度共形性从而降低了接触阻抗，其在界面或结合面内的最小厚度无需由填料的颗粒尺寸限定。

在示例性实施方案中，本发明的导热复合物配制成非固化热脂和可熔即低温熔融的金属组分的掺加物，所述热脂可以是膏或者在稠度上类似膏。该脂可以基于硅氧烷流体，或者基于另一种流体或油比如

矿物或烃油，且可以含有一种或多种导热颗粒填料。该金属组分可以配制为一种或多种可熔金属、一种或多种可熔金属合金的混合物，或者一种或多种可熔金属和一种或多种可熔金属合金的掺和物。选择的可熔金属组分在正常室温下在第一相或状态中是形态稳定的，处于第二相或状态时在界面里可以保持共形，并具有转变温度，比如在聚合物组分情况下是熔点 ( $T_m$ ) 或玻璃转变温度 ( $T_g$ )，在可熔金属组分情况下是熔点、固相线或液相线，或者是从第一相到第二相的转变温度范围，该范围位于该电子元件的操作温度范围内，通常约 40-100℃。

有利的是，本文涉及的可熔金属和/或合金的热导率处于约 20W/m-K 或更高的水平，这个水平可以和常规金属粉末颗粒填料的热导率相比。而且，在界面或结合面内，这些金属和合金也可以和热脂共形，使得界面材料的最小厚度无需受到可熔金属大小的限制。另外，由于采用的是在室温保持粘性的热脂，所以在相对低的所施压力和室温下，可以得到相对薄的最小结合面厚度 (“MBLT”)，其中所述 MBLT 在使用中由于可熔金属在电子元件通电时发生相变而变得更薄。

所以，本发明包括了零件的组合，这些零件在下面详细公开中将通过举例说明。本发明的优点包括一种具有完全共形性从而可以降低接触阻抗并提高传热效率的热界面材料。其它优点包括经配制后可以用于要求最薄结合面厚度 (“MBLT”) 应用中、但同时也具有良好整体热性能的热界面材料。又一些优点包括可以以片、带或垫形式供应，或者以注射器、枪或其它可分配形式供应的热界面材料。

#### 附图简述

为了进一步理解本发明的实质和目标，应该参考以下和附图结合的详细描述，其中：

图 1 是代表性热界面垫的透视图，该垫具有根据本发明配制的导热复合物的共形层；

图 2 是沿着图 1 的线 2-2 截取的图 1 中热界面垫的截面图；

图 3 描述了形成图 1 的热界面垫界面的共形层的热复合物的形貌；

图 4 是本发明的导热复合物分配到表面上时的代表性应用的透视图同时有些示意性的视图；

图 5 是图 1 的热界面结合到用于代表性热管理组件的板-翼片热沉的透视图；

图 6 是代表性热管理组件的截面图，其中图 5 的热沉和界面经设置后与生热电子元件处于传热相邻位置，而且所述界面被设置成和热沉以及元件处于传导式传热接触状态以在两者之间提供低热阻抗的路径；

图 7A 是图 6 的界面垫的部分放大图，详细显示了该部分在相变前的形貌；

图 7B 是如图 7B 中显示的图 5 的界面垫相变后的形貌的放大图；  
和

图 8 是本发明导热复合物的代表性配方的热阻抗和压力的关系图，并和标准热脂进行了对比。

下面将结合“发明详述”进一步描述这些附图。

### 发明详述

在下面描述中，为了方便而不是限制，采用了一些术语。例如，术语“前面”、“后面”、“右”、“左”、“上”和“下”表示所参考的图中方向，术语“向内”、“里面”、“内部”或者“板内”与“向外”、“外面”、“外部”或“板外”分别指朝向或背离所指零件中心的方向，术语“径向”或“水平”和“轴向”或“垂直”分别指和所指零件的中心纵轴垂直和平行的方向、轴和平面。除了上述特别提到的词语以外的具有类似含义的术语，被认为是提供方便而不是限制。另外，本文所用的“状态变化”可以和“相变”互换使用，以避免和描述复合物或复合物层中的独立材料相，比如连续相和分散相出现混淆。

图中，当谈到有字母数字标示的零件时可以整体引用该标示，或者可替换地，如同上下文所清楚描述的那样，仅仅引用标示的数字部分。而且，图中不同零件的组成部分可以用不同指示数字标示，应该理解这些指示数字是指该零件的所述组成部分而不是零件全部。一般性的指示以及表示空间、表面、尺寸和延展的指示，可以用箭头标示。

为了示例性说明下面的内容，在描述本文所涉及的本发明的导热界面和其材料时，结合了其作为垫在热管理组件中的应用，所述垫可

以是从片或卷上冲切或模切 (kiss-cut) 下来的垫, 粘附到散热单元比如热沉的传热表面上, 以和电子元件的配合传热表面保持传热接触。在美国专利 No. 6096414、6054198、5798171、5766740、5679457、5545473、5533256、5510174、5471027、5359768、5321582、5309320、5298791、5250209、5213868、5194480、5137959、5167851、5151777、5060114、4979074、4974119、4965699、4869954、4842911、4782893、4764845、4685987、4654754、4606962、4602678、4473113、4466483、4299715 和 3928907 中也描述了这种组件和用于该组件的热界面材料。但是, 可以理解本发明的方面, 即可替换地可以以其它卷、片、膜或层形式比如带提供这一方面, 可以用于其它热管理应用。本发明的材料也可以通过直接或间接方法, 比如喷涂、刀刃涂覆、辊涂、滚涂或其它涂覆、刷、流延、浸提、挤压、丝网印刷、传递、或其它印刷等, 以层或图案方式通过液体分配或其它形式施加到一个传热表面上。所以, 应该认为这些用途和应用在本发明范围得到了公开。

然后参看附图, 其中相应的标示数用来表示所有这多个视图中的相应零件, 等同的零件用主要的或顺序的字母数字标示指示。透视图 1 和截面图 2 的标示 10 通常表示了本发明的代表性导热界面垫。在热管理组件内, 垫 10 可以设置在例如一对相对置的传热表面中间, 在该表面之间提供低阻抗导热途径, 所述表面例如来自热沉或散热器和生热电子元件 (参见图 6)。就此而言, 垫 10 的第一界面表面 (通常用 12 指示) 可以设置成和传热表面之一发生传导式传热接触或相邻, 而垫 10 的相对第二界面表面 (通常用 14 指示) 可以设置成和另一个传热表面发生传导式传热接触或相邻。

垫 10 可以以片、卷、带等的形式提供, 或者通过比如冲切或模切由片、卷、带等形成的形式提供。在基本组成中, 垫 10 由导热复合物的层 20 形成, 所述复合物根据本发明的技术方案配制, 其中层 20 形成了垫 10 的表面 12 和 14, 而且层 20 在该热管理组件的传热表面之间是柔顺的或者以其它方式保持共形。对大多数应用而言, 复合物层 20 厚度约 5 密耳 ( $125\ \mu\text{m}$ ) 或更小, 不大于约 20 密耳 ( $510\ \mu\text{m}$ ), 在图 2 中用 “t” 指示, 其热阻抗比如根据 ASTM D5470 为约  $0.01 - 0.02\ ^\circ\text{C} - \text{英寸}^2/\text{W}$  ( $0.065 - 0.13\ ^\circ\text{C} - \text{cm}^2/\text{W}$ ), 导热率比如同样根据 ASTM D5470 至少约  $0.7\ \text{W}/\text{m} - \text{K}$ 。

根据本发明，共形层 20 的导热复合物配制成连续相组分或其它组分与分散相组分或其它组分的掺合物或其它掺加物，其中连续相组分在层 20 中形成通常连续的基质相 32，分散相组分在基质相 32 中通常形成离散的域，其中一个域用 34 指示，请临时参见图 3，其中给出了层 20 的某种程度上模式化的形态学图示，即光学微观图示，用 30 指示。

提供的连续相通常称作热脂或热膏，其中在本文中使用的术语“热脂”，它可以和术语“热膏”互换使用。取决于可以是约 10000 - 300000cp (10 - 300pa-s) 的粘度 (绝对粘度或固有粘度)，这种未固化脂在正常室温下 (约 25 - 30℃) 通常可以是形态稳定或凝胶状，即不会流走、滑动或下沉，但是还可以是半固态、半液态或者其它粘性或粘弹性和/或触变性。

具体而言，热脂可以是油基的，更具体而言基于矿物油或烃油、合成油比如甘油酯，或者优选的是硅油，或者通常所称的“硅氧烷流体”，所述硅氧烷流体可以是有机硅氧烷，或者上述任何一种或多种的掺合物。该脂可以配制成具有固有粘性或发粘，从而使层 20 的表面 12 和 14 中的一个或两个比如通过表面张力在室温约 5psi (35kPa) 或更低的低施加压力下，粘附到热沉、散热器等的表面上。

在热脂复合物中可以包括另外的填料和添加剂，具体取决于所预计的具体应用的要求。这些填料和添加剂可以在常规混合装置中和油组分混配，可以包括常规润湿剂或表面活性剂、乳浊或者消泡剂、链伸展油、增粘剂、颜料、润滑剂、稳定剂、阻燃剂比如十溴二苯醚、抗氧化剂、导热填料、稳定剂、分散剂、流动改性剂、增粘剂、薄膜强化聚合物和其它剂，和惰性填料比如热解法二氧化硅。

为了获得最佳热性能，油组分可以和常规导热颗粒填料混合，所述填料颗粒在图 3 的视图 30 中用 40 指示。该填料在油组分中包括的比例通常足以帮助提供预期应用所需的导热率，而且通常加载量为该油组分和填料总重量的约 20 - 80%。对于本发明的目的而言，填料大小和形状不一定是重要的。为此，填料可以是任何形状，包括球形、薄片形、板形、不规则形或者纤维形，比如剪切的或研磨的纤维，但优选是粉末或其它颗粒，以确保分散均匀而且机械性能和热性能均匀。填料的颗粒尺寸或分布通常是约 0.01 - 10 密耳 (0.25 - 250 μm)，

但可以根据层 20 的厚度进一步变化。合适的导热填料可以导电或不导电，包括氮化硼、二硼化钛、氧化铝、碳化硅、石墨、金属比如银、铝和铜、金属氧化物比如氧化铝、氧化镁、氧化锌、氧化铍和氧化铈，和其混合物。这些填料的特征为导热率约 25 - 50W/m-K。出于经济上的考虑，可以使用铝氧化物即氧化铝或氧化锌，但是为了改善导热率，更优选考虑氮化硼，虽然可以采用一种或多种氧化物与氮化硼的结合作为折衷方案。填充了导热填料后，热脂本身通常具有根据 ASTM D5470 为约 0.1 - 5W/m-K 的导热率，和同样根据 ASTM D5470 为小于约 1°C-英寸<sup>2</sup>/W (6°C-cm<sup>2</sup>/W) 的热阻抗。和填料混合时，硅或其它油组分通常形成粘合剂，其中分散有这些填料颗粒。

形成域 34 的分散组分是相变或状态改变材料，选择使得正常室温下，即约 25°C 以固体、半固体、玻璃或晶态第一相或状态为形态稳定的，但是在高温或高的温度范围内处于基本共形的液体、半液体或者其它粘性的第二相或状态。分散相组分的相比温度可以从稳态形式第一相到可流动第二相的熔融温度，优选位于约 40 - 80°C，可以定制落在大多数电子元件的操作温度内。

形成域 34 的分散相组分可以是树脂或其它基于聚合物的 PCM，但是为了获得最佳热性能，可以是通常用作焊料和热连接或熔合料的可熔，即低熔点的金属或金属合金类型。具体而言，分散相可以是一种或多种这类可熔金属、一种或多种这类可熔金属合金，或者一种或多种可熔金属和一种或多种可熔金属合金的混合物或其它组合。这些金属和合金的熔点或从固相线温度到液相线温度的熔融范围通常是约 50 - 260°C (124 - 500°F)，通常含有铋、铅、锡、镉和铟的一种或多种，但也可以含有一种或多种其它金属，比如银、锌、铜和铈。低共熔合金由这类金属的混合物配制而成，这种低共熔合金具有确定的熔点，该熔点可以比该混合物的每种成分的熔点低。

用作分散相组分的代表性可熔金属和金属合金包括 ASTM 合金 117，和特别是不含铅和镉的铋、锡和铟合金，熔点约 141°F (61°C)。尤其优选的熔点为 141°F (61°C) 的合金是 32.5% 铋、16.5% 锡和 50% 铟的低共熔合金。

可熔金属和金属合金在热脂或其它聚合物组分中包括的比例足以预期应用提供所需的导热率，通常加载量是导热复合物，即热脂总

重量的约 5 - 25%，所述导热复合物包括任何混合的导热填料和其它添加剂和该金属或金属合金。如图 3 所示，在热脂 32 的连续相中，可熔金属和/或金属合金形成离散域 34，该域和脂的填料组分 40 共同分散。通常，域 34 在直径或其它方向上约 0.4 - 3 密耳 ( $10 - 75 \mu\text{m}$ ) 的延展，在图 3 中用 “d” 指示，取决于在基质 32 中的分散度，这些域 34 可以形成延展量达到约 3 密耳 ( $75 \mu\text{m}$ ) 或更大的团聚体，用 “D” 指示。本文所用术语“离散域”应该理解为指单个这些域或其团聚体。

将层 20 加热到高于可熔金属或合金的相变温度以上的温度后，域 34 可以和基质相 32 形成乳液。但是，有利的情况是，由于采用了热脂基质，乳化后的复合物粘度（绝对或固有）可以在所涉及的电子元件的操作温度范围或者约  $40 - 80^\circ\text{C}$  内维持为约  $10000 - 300000\text{cp}$  ( $10 - 300\text{Pa}\cdot\text{s}$ )，使得乳液的粘度足以使其保持在结合面里。而且，已经观察到在该配方中加入氧化铝、氮化硼或其它导热填料颗粒虽然不是必需的，但获得了最佳热性能，因为填料颗粒 40 可以充当分散相组分的域 34 之间的热桥，从而显著实现了沿着热路径或网络的域域接触效果。这些填料颗粒也可用来改善复合物的粘度，从而控制其流动。

回到图 1 和 2，在制备商业用量的垫 10 时，层 20 的导热复合物可以在滚轧机或其它混合器中在高剪切条件下混配成热脂和分散相组分的掺加物，其中热脂可以填充有导热颗粒填料。在分散相组分作为一种或多种可熔金属和/或金属合金结合进来的情况下，该金属和合金可以以棒、条、锭、片、粉末等形式引入，并和热脂在超过至少该金属和合金的相变温度的高温条件下混合。在粉末情况下，以任何形式提供的可熔金属首先可以磨碎或其它方式研磨或粉碎，得到具有所需颗粒尺寸或分布的粉末，然后该粉末可以在高温或室温结合到热脂组分里。

混配后，掺加物可以用溶剂或其它稀释剂稀释。随后，可以将复合物层 20 通过常规方式比如通过例如喷涂、刀刃涂覆、辊涂、流延、滚涂、浸提、分配、挤压、丝网印刷或其它直接方法，或者通过传递或其它间接方法涂覆到释放衬里或其它载体条或片上，比如图 1 和 2 中 42 指示的衬里。涂覆后，所得层 20 可以干燥以闪蒸溶剂，从而在释放衬里 42 上形成层 20 的粘附膜、涂层或其它残余物。由于热脂的固有粘性或流动，在层 20 和衬里 42 之间可以形成粘性和/或机械结

合。

虽然没有要求，但在图 2 中用 43 指示的载体或强化单元可以结合到层 20 里，作为图示的夹层，或者可替换地结合在表面 12 和 14 的一个或全部上，增加抗撕扯性。在每一种布置中，单元 43 形成时可以具有裂缝或孔，导热复合物可以浸渍另外载入到这些裂缝或孔中。特别地，这种单元 43 可以下列形式提供：由热塑性材料比如聚酰亚胺或聚醚醚酮（PEEK）形成的薄膜、编织或非编织的层，例如针织纤维玻璃织物、布、网或毡，或者铝或其它金属箔、丝网或膨胀网。除了充当复合物的载体以外，强化单元还可以用来提高层 20 和垫 10 的物理强度，以便在较高环境温度下更好处理和模切成各种几何形状。强化单元通常厚度为约 0.5 - 5 密耳（12.5 - 125  $\mu\text{m}$ ），对金属箔而言优选厚度约 1 - 2 密耳（25 - 50  $\mu\text{m}$ ）。

继续参考图 1 和 2，如同所述的那样，层 20 可以在释放衬里 42 上形成，该衬里覆盖了该层的表面 14。为了便于处理和/或作为运输的保护层，可以在层 20 的另一表面 12 上层叠或者提供第二释放衬里 44。用作衬里 42 和 44 任一或两者的材料的例子包括聚烯烃、塑化聚氯乙烯、聚酯、纤维素、金属箔、复合物的面料（face stock）或其它膜，和具有相对低表面能以便无需明显从可以施加层 20 的其它衬里或基体上提拉层 20 就可以去除的上蜡的、硅氧烷化的或其它涂覆的纸张或塑料。取决于目的应用和比如通过拾取和放置（pick-and-place）或其它自动化分配方法的分配方法，片状或带状衬里 42 上可以在具有或不具有覆盖衬里 44 的情况下承载模切垫 10 或者连续长度的层 20，垫 10 或层 20 可以以片或卷的形式供给。可替换地，可以从片状衬里 42 上冲切出单个垫 10，同样可以具有或不具有衬里 44。

可替换地，可以通过涂覆和其它比如直接在传热表面之一上分配除了衬里以外的基体，形成层 20。就此而言，可以比如通过填料加载水平、热脂选择和/或添加溶剂或其它稀释剂来控制或调整复合物的粘度，以和涉及的应用所采用的装备或工艺相适应。为了分配应用，复合物可以装入单个的管子、装料筒或容器中，储存起来以后例如通过手持施加枪或注射器，或者可替换地通过自动计量和分配装备比如机器人施加器施加。

现在参见图 4，示出了该复合物的块或“滴”45 正在施加压力（用

箭头“P”指示)下分配到预备过(primed)或没有预备过的表面46上,所述表面可以是例如热沉、冷盘、线路板、外壳部件或电子元件的塑料、金属或陶瓷表面。就此而言,示出了由“47”指示的复合物供给源,其作为一组分系统装入流体连通的装料筒、管子或其它容器48中,其可以直接如图所示连通,或者通过软管或其它导管连接到喷嘴49。

在施加的压力P下,计量量的复合物可以通过喷嘴49到达表面46,其中所述压力可以采用枪或者注射器手动施加,或者由空气或无空气计量装备比如配料量筒或泵形成。施加后,块45基本上可以自我粘附到表面46上,比如通过表面张力、固有粘性或其它粘合力。就层20而言,块45有利的情形是在正常室温下可以为形态稳定,从而使它所施加的部件或元件可以操作进行组装或其它动作。可替换地,块45可以是流动性的或者其它非形态稳定形式,而且可以通过坝或其它阻挡(未示出)包含在表面上。形成块45的复合物也可以直接注入到表面46和相对表面(图6中的表面80和82)之间的缝隙(比如在图6中的缝隙72)里,比如通过穿过该表面之一的开口(图6中用50指示)。

下面参考图5和6,图中给出了图1和2的垫10(或者图4的块45)结合热管理组件的用途,所述热管理组件在图5中通常用51指示,包括散热单元52,散热单元52具有传热表面54,该表面设置成和支撑在相关印刷线路板(PCB)或其它基体59上的生热模拟、数字或其它电子元件58的相对传热表面56处于传导性传热相邻。为了举例说明,所示散热单元52是热沉,热沉可以是一种板-翼片变型方案,具有常见的平板底座部分60,由底座部分60伸出许多散热片,其中之一用62指示。可替换地,散热单元52可以是针状翼片或其它热沉、换热器、冷盘或者散热结构,或者甚至是印刷线路板、外壳或底板。散热单元52通常由陶瓷材料比如氧化铝,或者金属材料比如铝或铜形成,所述金属材料具有相对元件58的热容量而言可以散失从元件58传导或以其它方式传递来的热能的热容量。

继续参见图5(6?),电子元件58可以是集成微芯片、微处理器、晶体管或其它功率半导体器件,电阻或其它生热亚组件比如二极管、继电器、晶体管、变压器、放大器、开关元件或者电容器,或者可替换的另一种生热源。通常,元件58的操作温度范围为约60-100℃。

为了在元件 58 和板 59 之间形成电连接, 提供了从元件 58 延伸到和板 59 的焊接或其它连接里的一对或多对焊料球、引线或导线, 其中一对用 70a - b 指示。引线 70 另外可以将元件 58 支持在板 59 上来在两者之间限定约 3 密耳 (75 微米) 的缝隙, 用 72 指示。或者, 元件 58 可以直接放置在板 59 上。

暂时返回图 2 和 4, 当图 2 的垫 10 从衬里 42 上移开暴露层 20 的表面 14 时, 垫 10 可以粘结或者以其它方式附着到散热单元 52 的传热表面 54 上。就此而言以及如上所述, 垫 10 可以是较大片上或者从卷或者其它长度的带料上冲切或模切下来或以其它方式确定大小。通常, 所施加的垫 10 的边缘尺寸比表面 54 或其它在其上施加垫的表面的面积小, 以容纳由于在层 20 的共形相中施加的压力下垫厚度下降导致的自身覆盖表面积的增加。可替换地, 复合物可以分配到表面上, 就像图 4 所述的块 45 一样。

施加了垫 10 后, 散热单元 52 可以作为集成单元封装和运输给电子制造商、组装商或其它用户, 其中衬里 44 覆盖着垫 10 的另一表面 12。然后, 用户可以简单移开衬里 44, 暴露层 20 的表面 12, 将暴露的表面 12 置于电子元件 58 的传热表面 56 上, 最后采用夹子、夹具、螺钉或者其它另一种外压装置 (未示出), 将散热单元 52 置于和元件 58 热相邻的位置, 如图 6 所示。

继续参见图 6, 在组件 51 内, 垫 10 提供了低阻抗导热路径, 用于将热量从元件 58 传给散热单元 52。采用这种路径, 无需或者结合对流空气循环, 就可以冷却元件 58 并确保其操作温度维持在特定界限以下。虽然图示的散热单元 52 是独立的热沉单元, 但通过可替换地将垫 10 放置在板 59 的上表面 80 和电子元件 58 的相对表面 82 之间的缝隙 72 里, 板 59 自身可用于这个目的。

如上所述, 层 20 的导热复合物可以配制成在正常室温即约 25℃ 为形态稳定的, 处于可熔金属和/或金属合金组分的第一相, 所述第一相是固体、半固体、玻璃或晶体, 但是在使用中在传热表面 54 和 56 之间处于基本共形形式, 处于它的第二相, 所述第二相可以是液体、半液体或其它粘性乳液。更具体而言, 可熔金属和/或合金的相变温度优选是约 40 - 80℃, 通常经定制后落在电子元件 58 的操作温度内。

现在转向图 7A, 示出了图 5 中用 90 指示的区域的放大图, 详细反

应了该区域在通过电子元件 58 通电加热之前的形貌。可以发现，在加热前，传热表面 54 和 56 之间的结合面限定了第一 MBLT，用  $t_1$  指示，它基本可以由本发明垫 10 的热复合物的层 20 填充。有利的情形是，通过使用热脂组分，可以在室温和相对低的给定外压，例如约 1psi (6kPa) 或更低压力下，实现相对薄的约 1 密耳 (25 微米) 或更小的厚度  $t_1$ ，以及相应的低热阻抗。

接下来参见图 7B 所示的用 90' 指示的图示，在加热并且分散域 34 最终相变成其共形第二相时，可以在表面 54 和 56 之间得到更薄的 MBLT，现在用  $t_2$  指示，其中所述第二相可以和基质相 32 的热脂组分形成乳液。和厚度  $t_1$  相比，厚度  $t_2$  可以比如在连续施加外压下减少约 20 - 50% 或更多，同时垫 10 的表面积相应增加，借此可以流动基本填充表面 54 和 56 之间的结合面缝隙边缘，而且热阻抗相应减少，其中所述外压可以由弹簧夹子等施加。

下述实施例用于举例说明本文所涉及发明的实施，不应理解为有任何限制意义，其中除非另有公开说明，所有百分比和比例是重量比。

## 实施例

### 实施例 1

作为代表，本发明导热复合物的配方通过将可熔金属 ASTM Alloy 117 混合到导热率据报导为  $2.0 \times 10^{-3}$  卡/s-cm- $^{\circ}$ C 的填有氮化硼 (BN) 和氧化锌的、基于硅油的热脂 (DC 340<sup>TM</sup>, Dow Corning Corp., Midland, MI) 里来制备。这种 117 合金是由 ASTM B774 规定的低共熔合金，熔点为 117 $^{\circ}$ F (47 $^{\circ}$ C)，含有 44.2 - 45.2% 铋、22.1 - 23.1% 铅、7.8 - 8.8% 锡、18.6 - 19.6% 铟和 4.8 - 5.8% 镉。本实施例 1 所用的具体低共熔金属合金 (“LMA”) 是平均颗粒尺寸约 0.04 - 40 密耳 (1 - 1000 微米) 的 44.7% 铋、22.6% 铅、8.3% 锡、19.1% 铟和 5.3% 镉的粉末 (AIM47<sup>TM</sup>, AIM, Montreal, Quebec, Canada)。据报导这种合金的表观导热率约 20W/m-K。

热脂 - 合金混合物样品是合金填料以 0、5、10、15 和 20% 的加载水平混配而成的，其中 0% 水平是纯的 DC 340<sup>TM</sup> 热脂，用于比较。据观察在混合时，热脂的粘度相信为约 20000 - 30000cp (20 - 30Pa-s)，足以和合金粉末很容易的掺混，而且足以使粉末在掺混后维持悬浮状

态。

样品的热阻抗根据 ASTM D5470 确定，其中所加压力为 50psi (300kpa)，最小结合面厚度 (MBLT) 小于约 1 密耳 (25 微米)。所得结果见下表所示。

表 1

样品 (% LMA)	热阻抗	
	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{in}^2/\text{W}$	$^{\circ}\text{C}\cdot\text{cm}^2/\text{W}$
0	0.36	9.0
5	0.019	0.48
10	0.010	0.25
15	0.010	0.25
20	0.008	0.20

表 1 中的数据表明，根据本发明配制的热脂-LMA 复合物和没有填充的脂相比，热性能得到了改善。

#### 实施例 2

通过测量在 70 $^{\circ}\text{C}$ 、50 $^{\circ}\text{C}$ 以及在 50 $^{\circ}\text{C}$ 并随后在 65 $^{\circ}\text{C}$ 燃烧时，阻抗随压力的变化关系，进一步表征了按照实施例 1 所述配制的 15% LMA - 热脂复合物的热性能。测量根据 ASTM 5470 进行，结果如图 7 的“T851”所示。纯 DC 340<sup>TM</sup>在 70 $^{\circ}\text{C}$ 的结果也绘制在图 7 中，如“T850”所示。结果表明和纯脂相比，LMA 填充的样品的作为温度函数的阻抗有明显下降。

如同预期的那样，对本发明可以进行某些修改而不会偏离本文涉及的技术方案，应该理解上面所述说明包含的所有内容意在示例，而不是限制。包括本文所引用的任何先前文档的所有参考文献，都明确地通过参考结合进来。

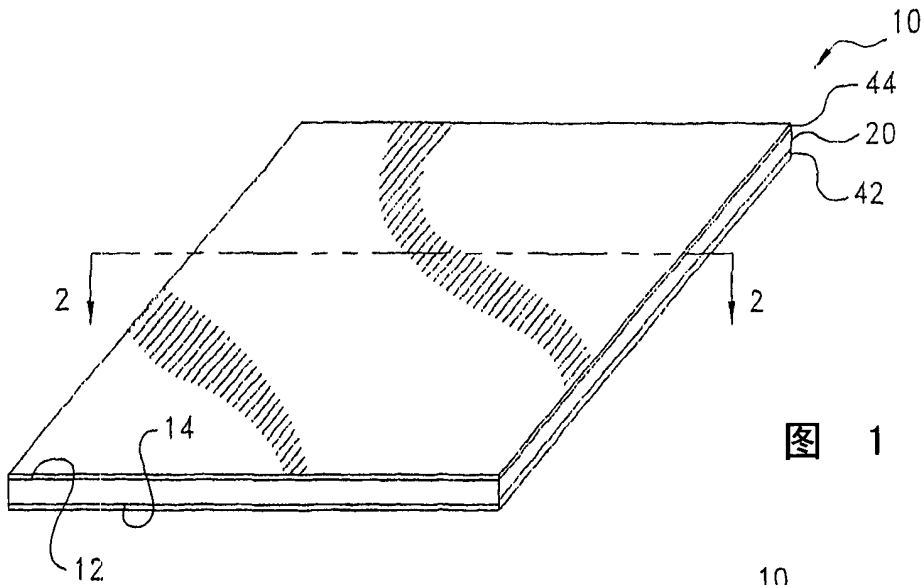


图 1

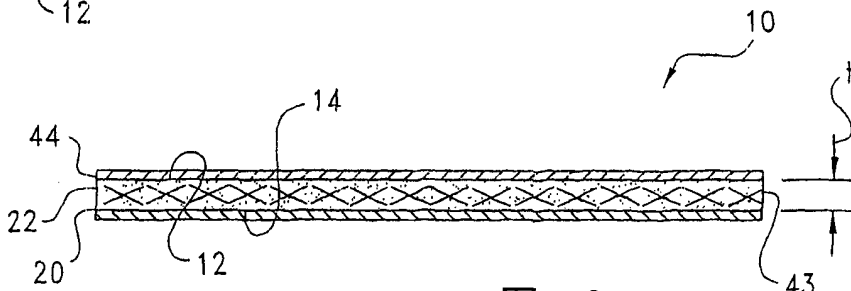


图 2

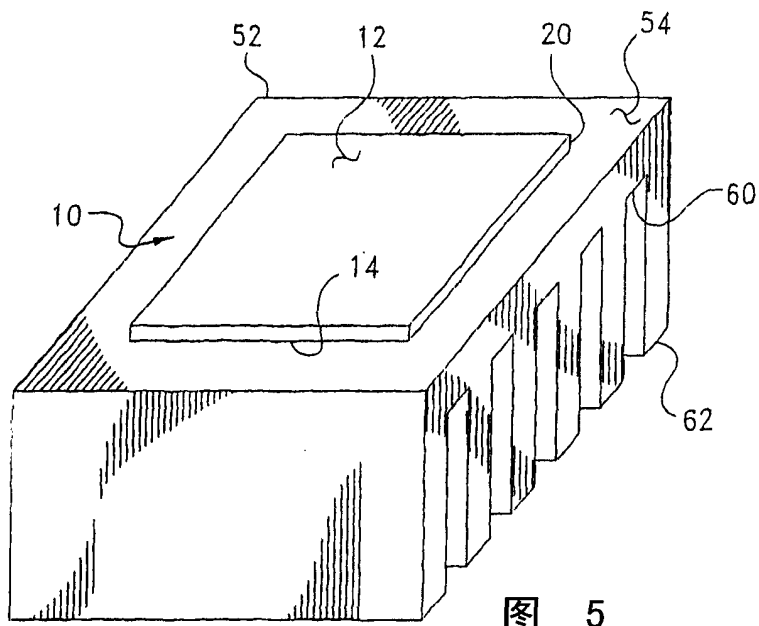


图 5

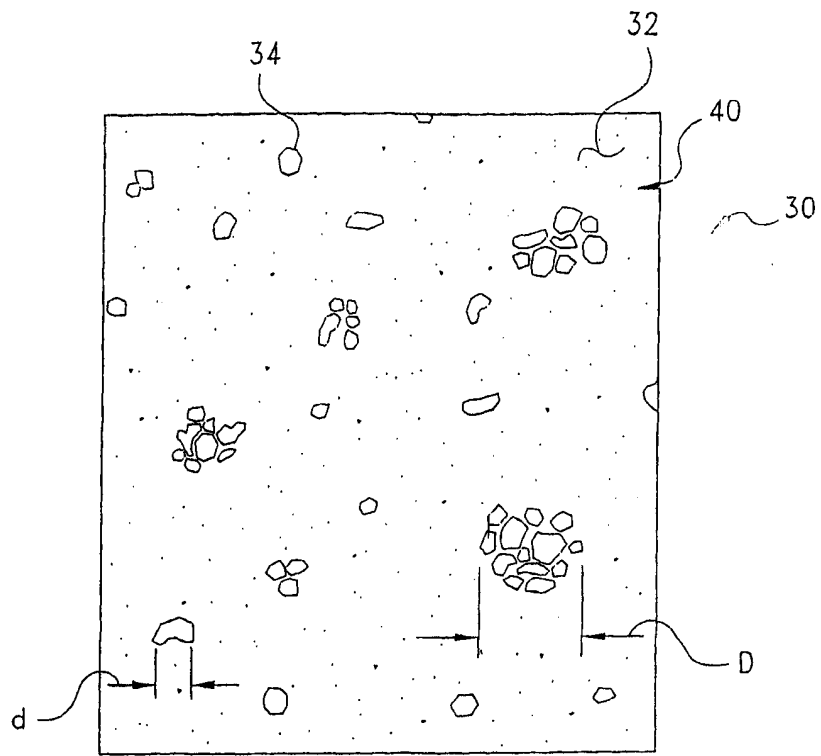


图 3

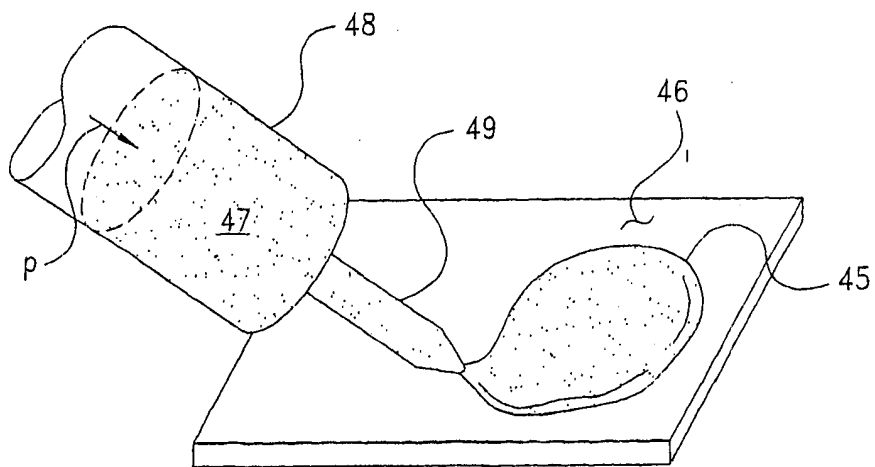


图 4

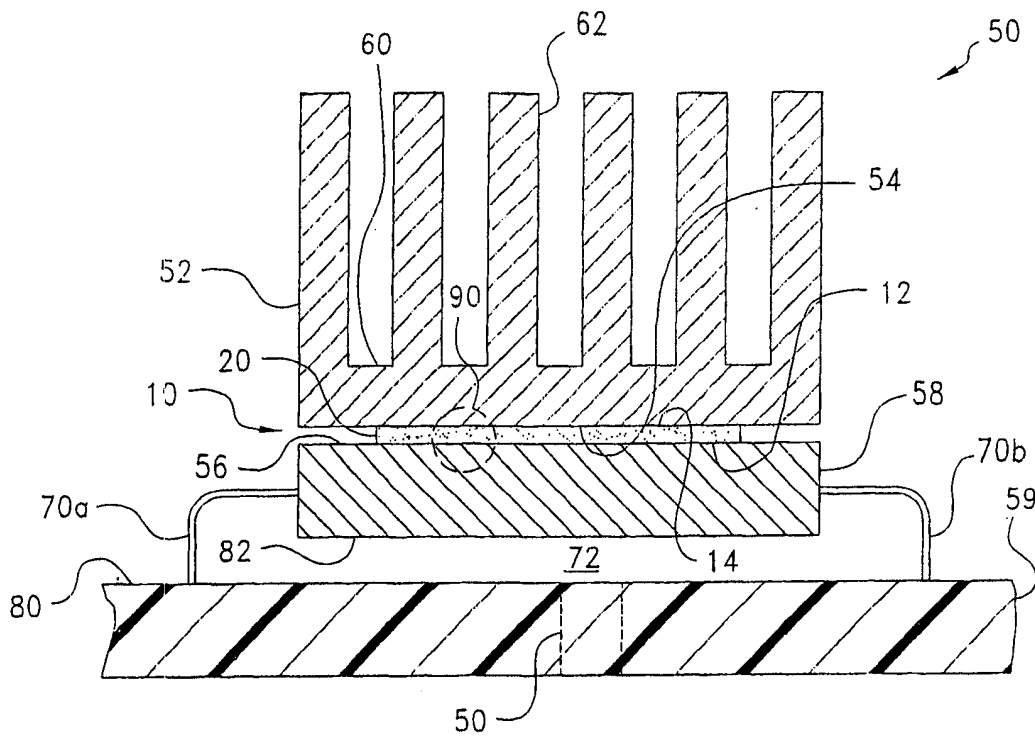


图 6

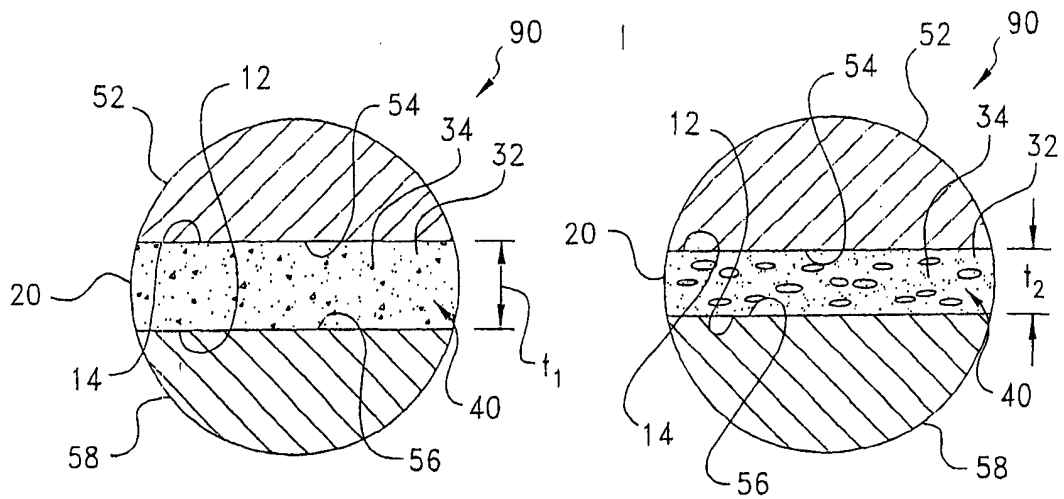


图 7A

图 7B

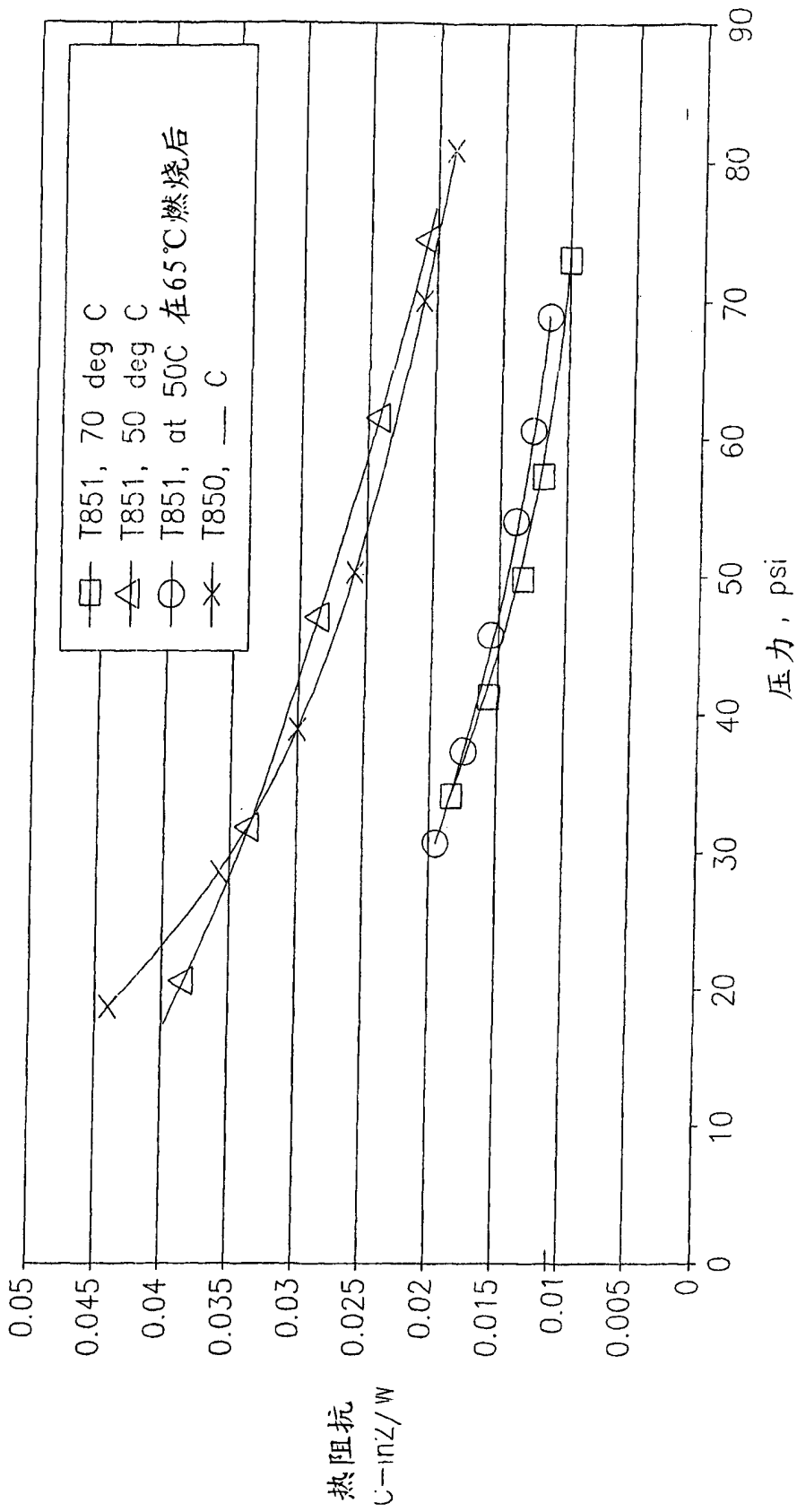


图 8