

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03821884.4

B32B 15/06

B32B 15/16

B32B 15/20

B32B 25/02

B32B 25/04

B32B 25/20

B32B 31/00

[43] 公开日 2005 年 10 月 12 日

[11] 公开号 CN 1681648A

[22] 申请日 2003.7.15 [21] 申请号 03821884.4

[30] 优先权

[32] 2002.7.15 [33] US [31] 60/396,294

[86] 国际申请 PCT/US2003/022710 2003.7.15

[87] 国际公布 WO2004/008497 英 2004.1.22

[85] 进入国家阶段日期 2005.3.15

[71] 申请人 霍尼韦尔国际公司

地址 美国新泽西州

[72] 发明人 N·迪安 P·克诺尔 R·汤森德

M·阮 C·埃迪 D·库兰

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 刘维升 邹雪梅

H05K 7/20

权利要求书 4 页 说明书 25 页

[54] 发明名称 热互连和界面系统,其制备方法及其应用

[57] 摘要

本文所描述的分层热元件包括:至少一种热界面元件和与该热界面元件耦合的至少一种热扩散器元件。一种成形分层热元件的方法包括:a)提供至少一种热界面元件;b)提供至少一种热扩散器元件;以及c)将至少一种热界面元件物理地耦合到至少一种热扩散器元件上。可将至少一种附加层,包括基材层,耦合到分层热元件上。本文所公开的一种成形热界面元件的方法,包括:a)提供至少一种饱和橡胶化合物;b)提供至少一种胺基树脂;c)交联该至少一种饱和橡胶化合物和至少一种胺基树脂,生成交联橡胶-树脂混合物;d)加入至少一种导热填料到该交联橡胶-树脂混合物中;以及e)加入润湿剂到该交联橡胶-树脂混合物中。该方法还可包括加入至少一种相变材料到热界面元件中。还可生产一种包含焊料材料的合适的界面材料。另

外,可生产一种包含至少一种焊料材料和至少一种树脂元件的合适的界面材料。

知识产权出版社出版

ISSN 1008-4274

1. 一种分层热元件, 包含:
至少一种热界面元件; 和
与该热界面元件耦合的至少一种热扩散器元件。
- 5 2. 权利要求 1 的分层热元件, 其中至少一种热界面元件包含可交联材料。
3. 权利要求 1 的分层热元件, 其中至少一种热界面元件包含至少一种橡胶化合物和至少一种导热填料。
4. 权利要求 3 的分层热元件, 其中至少一种热界面元件还包含至
10 少一种交联剂部分、至少一种交联化合物或至少一种交联树脂。
5. 权利要求 4 的分层热元件, 其中至少一种交联剂部分、至少一种交联剂化合物或至少一种交联树脂包含胺基树脂或胺-基化合物。
6. 权利要求 3 的分层热元件, 其中至少一种橡胶化合物包含至少一个端羟基基团。
- 15 7. 权利要求 3 或 6 之一的分层热元件, 其中至少一种橡胶化合物包含至少一个仲、叔或其它内部羟基基团。
8. 权利要求 1 的分层热元件, 其中至少一种热界面元件包含至少一种焊料材料。
9. 权利要求 8 的分层热元件, 其中至少一种焊料材料包含糊料。
- 20 10. 权利要求 8 的分层热元件, 其中至少一种焊料材料包含下列材料至少之一: 铟、铜、银、铝、镓、锡或铋。
11. 权利要求 8 的分层热元件, 其中至少一种热界面元件还包含至少一种树脂元件。
12. 权利要求 11 的分层热元件, 其中至少一种树脂元件包含硅酮
25 化合物。
13. 权利要求 12 的分层热元件, 其中硅酮化合物包含乙烯基 Q 树脂或乙烯基硅酮。
14. 权利要求 11 的分层热元件, 其中至少一种焊料材料包含下列材料至少之一: 铟、锡、银、铋或铝。
- 30 15. 权利要求 11 的分层热元件, 还包含交联添加剂。
16. 权利要求 15 的分层热元件, 其中交联添加剂包含硅氧烷化合物。

17. 权利要求 16 的分层热元件, 其中硅氧烷化合物包含氢化物官能硅氧烷化合物。
18. 权利要求 1 的分层热元件, 其中至少一种热扩散器元件包含至少一种金属或金属基基础材料。
- 5 19. 权利要求 18 的分层热元件, 其中至少一种金属或金属基基础材料包含镍、铝或铜。
20. 权利要求 19 的分层热元件, 其中至少一种金属或金属基基础材料包含 AlSiC。
21. 权利要求 1 的分层热元件, 其中至少一种热扩散器元件的厚度介于约 0.25 mm ~ 约 6 mm。
- 10 22. 权利要求 21 的分层热元件, 其中至少一种热扩散器元件的厚度介于约 1 mm ~ 约 5 mm。
23. 一种成形分层热元件的方法, 包括:
提供至少一种热界面元件;
15 提供至少一种热扩散器元件; 以及
将至少一种热界面元件耦合到至少一种热扩散器元件上。
24. 权利要求 23 的方法, 其中至少一种热界面元件包含可交联材料。
25. 权利要求 23 的方法, 其中至少一种热界面元件包含至少一种橡胶化合物和至少一种导热填料。
- 20 26. 权利要求 25 的方法, 其中至少一种热界面元件还包含至少一种交联剂部分、至少一种交联化合物或至少一种交联树脂。
27. 权利要求 26 的方法, 其中至少一种交联剂部分、至少一种交联化合物或至少一种交联树脂包含胺基树脂或胺-基化合物。
- 25 28. 权利要求 25 的方法, 其中至少一种橡胶化合物包含至少一个端羟基基团。
29. 权利要求 25 或 28 之一的方法, 其中至少一种橡胶化合物包含至少一种仲、叔或其它内部羟基基团。
30. 权利要求 23 的方法, 其中至少一种热界面元件包含至少一种焊料材料。
- 30 31. 权利要求 30 的方法, 其中至少一种焊料材料包含糊料。
32. 权利要求 30 的方法, 其中至少一种焊料材料包含下列至少之

一: 铟、铜、银、铝、镓、锡或铋。

33. 权利要求 30 的方法, 其中至少一种热界面元件还包含至少一种树脂元件。

34. 权利要求 33 的方法, 其中至少一种树脂元件包含硅酮化合物。

5 35. 权利要求 34 的方法, 其中硅酮化合物包含乙烯基 Q 树脂或乙烯基硅酮。

36. 权利要求 33 的方法, 其中至少一种焊料材料包含下列至少之一: 铟、锡、银、铋或铝。

37. 权利要求 33 的方法, 还包含交联添加剂。

10 38. 权利要求 37 的方法, 其中交联添加剂包含硅氧烷化合物。

39. 权利要求 38 的方法, 其中硅氧烷化合物包含氢化物官能硅氧烷化合物。

40. 权利要求 23 的方法, 其中至少一种热扩散器元件包含至少一种金属或金属-基基础材料。

15 41. 权利要求 40 的方法, 其中至少一种金属或金属-基基础材料包含镍、铝或铜。

42. 权利要求 41 的方法, 其中至少一种金属或金属-基基础材料包含 AlSiC。

20 43. 权利要求 23 的方法, 其中至少一种热扩散器元件的厚度介于约 0.25 mm ~ 约 6 mm。

44. 权利要求 43 的方法, 其中至少一种热扩散器元件的厚度介于约 1 mm ~ 约 5 mm。

45. 一种电子元件, 包含权利要求 1 的分层热元件。

46. 一种半导体元件, 包含权利要求 1 的分层热元件。

25 47. 一种电子元件, 包含权利要求 23 的分层热元件。

48. 一种半导体元件, 包含权利要求 23 的分层热元件。

49. 一种成形权利要求 1 或 23 的热界面元件的方法, 包括:
提供至少一种饱和橡胶化合物;

提供至少一种胺基树脂;

30 交联该至少一种饱和橡胶化合物和至少一种胺基树脂, 生成交联橡胶-树脂混合物;

加入至少一种导热填料到该交联橡胶-树脂混合物中;

以及

加入润湿剂到该交联橡胶-树脂混合物中。

50. 权利要求 49 的方法，还包括加入至少一种相变材料到热界面材料中。

5

热互连和界面系统，其制备方法及其应用

技术领域

- 5 本发明的领域是电子元件、半导体元件和其它相关分层元件应用中的热互连系统、热界面系统和界面材料。

背景技术

- 10 电子元件被越来越多地应用于消费和商业电子产品中。这些消费和商业产品中的某些例子是电视、个人电脑、互联网服务器、手机、寻呼机、掌中宝 (palm-type organizers)、便携式收音机、汽车立体声或遥控器。随着这些消费和商业电子产品的增加，人们也要求这些产品做得更小巧、功能更多和更便于消费者和商务携带。

- 15 由于这些产品的尺寸变小，包含产品的元件也势必变小。一些需要缩小或减少尺寸的元件例子是印刷电路或布线板、电阻器、接线、键盘、触摸垫和封装芯片。

- 20 因此，目前正在将元件拆开和研究以确定是否有更好的制造材料和方法，能缩小它们的尺寸以适应对更小电子元件的要求。在分层元件中，一个目标似乎是减少层数，同时却增加保留层的功能和耐久性。然而，这一任务可能是困难的，因为通常应存在几个层和层中的元件，才能让器件运转起来。

- 25 还有，随着电子器件变得越来越小和以更高的速度操作，以热能形式放出的能量急剧增加。工业上普遍采取的做法是在此种器件中采用热脂，或脂状材料，单独或在载体上，以便跨物理边界传递多余热量。热界面材料的最常见类型是热脂、相变材料，和弹性体带。热脂或相变材料的热阻比弹性体带低，因为它们能铺展成非常薄的层并提供相邻表面之间紧密的接触。典型热阻抗数值介于 $0.2 \sim 1.6^{\circ}\text{C cm}^2/\text{W}$ 。然而，热脂的致命缺点是，经过热循环后，例如，从 -65°C 到 150°C ，或者当用于 VLSI 芯片中经过功率循环后，其热性能显著恶化。还发现，30 这些材料的性能，当与表面平面度之间的大偏差导致电子器件内互配表面之间出现间隙时，或者当由于其它原因在互配表面之间存在大间隙，例如由于制造允差等因素所致时，这些材料的性能将发生恶化。

当这些材料的传热性破坏时，它们所在的电子器件的性能就受到负面影响。

于是，一直以来需要：a) 设计和生产满足消费者规范，同时又最大限度缩小器件尺寸和层数的热界面材料和分层元件；b) 生产效率更高和在材料、元件或成品的兼容性要求方面设计得更好的材料和/或元件；c) 开发一种生产所要求热界面材料和包含所设想热界面和分层材料的分层元件的可靠方法；以及 d) 有效减少组件封装所需要的生产步骤数目，从而降低自身相对于其它传统分层材料、元件和方法的成本。

10 发明概述

本文所描述的分层热元件包含至少一种热界面元件和与该热界面元件耦合的至少一种热扩散器元件。形成本发明设想的分层热元件的方法包括：a) 提供至少一种热界面元件；b) 提供至少一种热扩散器元件；以及 c) 物理地耦合至少一种热界面元件与至少一种热扩散器元件。可将至少一个附加层，包括基材层，耦合到分层的热元件上。

本文公开的一种形成热界面元件的方法包括 a) 提供至少一种饱和橡胶化合物、b) 提供至少一种胺基树脂，c) 交联该至少一种饱和橡胶化合物和至少一种胺基树脂从而形成交联橡胶-树脂混合物，d) 加入至少一种导热填料到该交联橡胶-树脂混合物中，以及 e) 加入润湿剂到交联的橡胶树脂混合物中。该方法还可进一步包括加入至少一种相变材料到热界面元件中。

还可生产这样一种合适的界面材料，它包含至少一种树脂组分和至少一种焊料材料。可生产的另一种合适的界面材料包含至少一种焊料材料。

本发明的各种不同目的、特征、方面和优点在研读了本发明优选实施方案详述之后自会清楚。

发明详述

本文描述一系列热界面材料，它们在各种不同界面条件和要求下表现出低热阻。该热互连材料和层也可包含满足以下设计目标的金属、金属合金以及适当的复合材料：

a) 能铺展成薄或超薄层或图案；

- b) 能比传统热粘合剂更好地传导热能;
- c) 具有较高沉积速率;
- d) 能沉积在表面或其它层上而不在沉积层中产生孔隙;以及
- e) 能控制下层材料的移动。

5 界面材料可包含 PCM45 (其中 PCM= “相变材料”), 这是一种高传导性相变材料, 由 Honeywell 国际公司制造, 或者金属和金属基基础材料, 包括由 Honeywell 国际公司制造的那些。

合适的界面材料或元件应与配合表面共形 (conform) (“润湿”该表面)、具有低本体热阻和具有低接触电阻。本体热阻可表示为材料
10 或元件的厚度、导热率和面积的函数。接触电阻是材料或元件能与配合表面、层或基材接触得有多好的度量尺度。界面材料或元件的热阻可表示如下:

$$\Theta_{\text{界面}} = t/kA + 2\Theta_{\text{接触}} \quad \text{等式 1}$$

其中 Θ 是热阻,

- 15 t 是材料厚度,
- k 是材料的导热率
- A 是界面面积

项 “ t/kA ” 代表本体材料的热阻, “ $2\Theta_{\text{接触}}$ ” 代表两个表面处的接触电阻。合适的界面材料或元件应具有低体积电阻和低接触电阻, 即,
20 在配合表面处。

许多电子和半导体用途要求, 界面材料或元件应适应制造带来的表面平面度偏差和/或因热膨胀系数 (CTE) 不匹配而导致的元件翘曲。

具有低 k 值的材料, 例如, 热脂, 倘若界面很薄, 即, “ t ” 值很低, 将具有好的性能。如果界面厚度增加哪怕少到 0.002 英寸, 其热
25 性能就会急剧下降。还有, 在此种场合, 互配元件之间 CTE 的差异将导致每出现一次温度或功率循环, 间隙将膨胀和收缩一次。此种界面厚度的变化可导致将流体界面材料 (例如, 脂) 从界面挤出。

界面的面积越大, 就越容易在制造期间出现表面平面度偏离。为优化热性能, 界面材料应能与非平面表面保持共形并从而降低接触电
30 阻。

最佳界面材料和/或元件具有高导热率和高机械柔顺性, 例如, 当施加外力时将发生弹性屈服。高导热率将减少等式 1 的第一项, 而高

机械柔顺性则减少第二项。这里所描述的分层界面材料和分层界面材料的各个元件可达到这些目标。当制作恰当时，这里所描述的热扩散器 (spreader) 元件将弥合热界面材料和热扩散器元件的互配表面 (mating surface) 之间的距离，从而提供从一个表面到另一表面的连续高电导率路径。

这里所描述的分层热元件包含至少一种热界面元件，其中该热界面元件可以是可交联的，以及耦合在这至少一种热界面元件上的至少一种热扩散器元件。一种成形本发明分层热元件的方法包括：a) 提供一种热界面元件，其中该热界面元件可以是可交联的；b) 提供一种热扩散器元件；以及 c) 物理地耦合该热界面元件与热扩散器元件。至少一种附加层可耦合到这里所描述的分层热元件上。该至少一种附加层可包含另一界面材料、一种表面、一种基材、一种粘合剂、一种柔顺纤维元件或任何其它适当的层。

合适的热界面元件包含可与互配表面共形 (“润湿” 该表面) 的那些材料，具有低本体热阻和具有低接触电阻。本发明热界面元件是通过合并至少一种橡胶化合物和至少一种导热填料制备的。另一种设想的热界面元件是通过合并至少一种橡胶化合物、至少一种交联剂部分、交联化合物或交联树脂和至少一种导热填料制备的。这些设想的界面材料采取液体或 “软凝胶” 的形式。这里所使用的， “软凝胶” 是指一种胶体，其中分散相已与连续相结合成为粘稠 “凝胶状” 产物。热界面元件的凝胶态或软凝胶态是通过在至少一种橡胶化合物组合物与至少一种交联剂部分、交联化合物或交联树脂之间的交联反应而产生的。该至少一种交联剂部分、交联化合物或交联树脂可包含任何适当交联官能度，例如，胺基树脂或胺-基树脂。更具体地说，该至少一种交联剂部分、交联化合物或交联树脂，例如，胺基树脂，被结合到橡胶组合物中使橡胶化合物上的伯羟基基团交联，从而形成软凝胶相。因此设想，至少某些橡胶化合物将包含至少一个端羟基基团。这里所使用的术语 “羟基基团” 是指在溶液中离解产生 OH 基团的存在于许多无机和有机化合物中的一价基团 OH。 “羟基基团” 也是醇的特征基团。这里所使用的术语 “伯羟基基团” 是指该羟基基团位于分子或化合物的末端位置。这里所设想的橡胶化合物还可包含额外的也能与胺基树脂发生交联反应的仲、叔或其它内部羟基基团。该附加的交联

可能是理想的，取决于准备将凝胶加入其中的产品或元件所需要的最终凝胶态。

5 设想到，橡胶化合物可以是“可自交联的”，就是说它们可与其它橡胶化合物进行分子间交联或者与它们自身实现分子内交联，取决于组合物的其它组分。还想到，橡胶化合物可被胺基树脂化合物交联，并且发挥某种与其本身或其它橡胶化合物的自交联活性。

在优选的实施方案中，使用的橡胶组合物或化合物可以是饱和或者是不饱和的。饱和橡胶化合物优选用于本申请，因为它们对热氧化降解不那么敏感。可使用的饱和橡胶的例子是乙烯-丙烯橡胶
10 (EPR, EPDM)、聚乙烯/丁烯、聚乙烯-丁烯-苯乙烯、聚乙烯-丙烯-苯乙烯、氢化聚二烯“一元醇”(例如，氢化聚丁二烯一元醇、氢化聚丙二烯一元醇、氢化聚戊二烯一元醇)、氢化聚二烯“二醇”(例如，氢化聚丁二烯二醇、氢化聚丙二烯二醇、氢化聚戊二烯二醇)和氢化聚异戊二烯。然而，如果该化合物是不饱和的，最优选的是，对化合物实施
15 氢化处理从而切断或去掉至少一些双键。这里所使用的术语“氢化处理”是指不饱和有机化合物与氢起反应，或者直接在某些或全部双键上加氢生成饱和产物(加氢)，或者使双键整个断裂从而导致碎片进一步与氢起反应(氢解)。不饱和橡胶和橡胶化合物的例子是聚丁二烯、聚异戊二烯、聚苯乙烯-丁二烯以及其它不饱和橡胶、橡胶化合物或橡
20 胶化合物的混合物/组合。

这里所使用的术语“柔顺”涵盖材料或元件屈服和可变形的性质，尤其在接近室温时，而不是在室温下刚挺和不屈服。这里所使用的术语“可交联”是指尚未交联的那些材料或化合物。

25 这里所使用的术语“交联”是指这样的过程，其中至少两个分子或长分子的两个部分通过化学相互作用连接在一起。此种相互作用可按照许多不同的方式发生，包括生成共价键、形成氢键、疏水、亲水、离子或静电相互作用。另外，分子相互作用也可具有在一个分子本身之间或二或更多个分子之间的至少暂时物理连结的特征。

30 每种类型多于一种的橡胶化合物可混合起来产生一种热界面元件；然而，在某些设想的热界面元件中，至少一种橡胶化合物或成分将是饱和化合物。含烯烃或不饱和的热界面元件，加上适当热填料，表现出小于约 $0.5 \text{ cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$ 的热容。不同于热脂，热界面元件的热性能在

热循环或在 IC 器件中的流循环以后将不下降, 因为液态烯烃和液态烯烃混合物(例如, 含有胺基树脂的那些)在一旦热活化后将交联形成软凝胶。另外, 当作为热界面元件应用时, 它不会像热脂在使用中那样被“挤出”, 因此在热循环期间将不会表现出界面脱层。

- 5 交联剂或交联化合物, 例如, 胺或胺-基树脂, 被加入或结合到橡胶组合物或橡胶化合物的混合物中, 主要起促进交联剂与至少一种橡胶化合物上的伯或端羟基基团之间交联反应的作用。要知道, 其它树脂材料或聚合物材料也可配合胺-基树脂或替代它加入, 以促进交联反应。胺基树脂与橡胶化合物之间的交联反应在混合物中生成一种“软凝胶”相, 而不是液态。胺基树脂与橡胶组合物之间和/或橡胶化合物本身之间的交联程度将决定软凝胶的稠度。例如, 如果胺基树脂和橡胶化合物发生极少程度的交联(约 10%可用于交联的部位实际被用于交联反应中), 那么软凝胶将比较“像液体”。然而, 如果胺基树脂和橡胶化合物发生显著程度交联(约 40~60%可用于交联的部位实际被用于交联反应中并且可能有相当程度分子间和分子内交联发生在橡胶化合物本身之间), 那么凝胶将变得比较稠厚和更“像固体”。
- 10
- 15

- 胺和氨基树脂是那些在树脂骨架的任何部分上包含至少一个胺取代基的树脂。胺和氨基树脂也是由脲、硫脲、蜜胺或混杂化合物与醛, 特别是甲醛的反应衍生的合成树脂。典型和本发明设想的胺基树脂是伯胺树脂、仲胺树脂、叔胺树脂、缩水甘油基胺环氧树脂、烷氧基苄基胺树脂、环氧胺树脂、蜜胺树脂、烷基化蜜胺树脂和蜜胺-丙烯酸树脂。蜜胺树脂特别有用, 并且是这里所描述的若干设想实施方案中优选的, 因为 a) 它们是基于环的化合物, 其中该环包含 3 个碳和 3 个氮原子, b) 它们可轻易地与其它化合物和分子通过缩合反应结合, c) 它们能与其它分子和化合物起反应来促进链增长和交联, d) 它们比脲树脂更耐水和耐热, e) 它们可作为水溶性糊浆或者作为可分散在水中的不溶性粉末使用, 以及 f) 它们具有高熔点(大于 325℃, 并且相对地不可燃)。烷基化蜜胺树脂, 例如, 丁基化蜜胺树脂、丙基化蜜胺树脂、戊基化蜜胺树脂、己基化蜜胺树脂等通过在树脂生成期间结合进烷基醇而生成。这些树脂可溶于漆和瓷漆溶剂以及表面涂料。
- 20
- 25
- 30

准备分散到热界面元件或其混合物中的热填料颗粒有利地应具有高导热率。合适的填料材料包括金属, 例如, 银、镓、铜、铝及其合

金;以及其它化合物,例如,氮化硼、氮化铝、涂布银的铜、涂布银的铝、导电聚合物和碳纤维。热填料颗粒也可包含焊料材料,例如,铟、锡、铅、铋、碲、铋或包含至少一种上面提到的金属的合金。氮化硼和银,或氮化硼和银/铜的组合也提供提高的导热率。至少 20 wt%的氮化硼与至少约 60 wt%的银特别有用。优选的是,使用导热率大于约 20, 5 最优选至少约 40 W/m℃的填料。最佳的是,具有不小于约 80 W/m℃导热率的填料。

关于这一点要知道,除非另行指出,所有在本说明和权利要求中用来表示成分、组分的量、反应条件等的数字在任何情况下都应理解为带有术语“大约”修饰。因此,除非明确地指出与此相反,在本说明和所附权利要求中给出的数字参数是大约的,都可变化,取决于本文呈现的主题想要取得的要求性能。至少说,和不是试图限制权利要求范围等价物的原则的用途,每个数字参数应至少视为所给出的有效数字的数目和通过应用一般的约数技术得到的数字。尽管给出本文呈现的主题的宽广数字范围和参数都是近似的,但在具体实施例中给出的数值却力求精确。然而,任何数值内包含某些必然由其各自试验测定中存在的标准偏差导致的误差。 10 15

这里所使用的术语“金属”是指在元素周期表的 d-块和 f-块中的那些元素,加上那些具有类似金属性质的元素,例如,硅和锗。本文所使用的术语“d-块”是指其围绕元素核的填充 3d、4d、5d 和 6d 轨道电子的那些元素。本文所使用的术语“f-块”是指其具有围绕元素核的填充 4f 和 5f 轨道电子的那些元素。优选的金属包括铟、银、铜、铝、锡、铋、镓及其合金,涂布银的铜,和涂布银的铝。术语“金属”也包括合金、金属/金属复合材料、金属陶瓷复合材料、金属聚合物复合材料,乃至其它金属复合材料。这里所使用的术语“化合物”是指 20 25 可通过化学方法拆开成为元素的恒定组成的物质。

效力特别高的是包含被称之为“蒸汽生长碳纤维”(VGCF)的特殊形式碳纤维的填料,例如由应用科学公司(Cedarville,俄亥俄)销售的 VGCF,或“碳微纤维”是通过热处理得到的高度石墨化(graphitized) 30 的类型(导热率=约 1900 W/m℃)。加入约 0.5 wt%碳微纤维就将显著增加导热率。此种纤维以各种不同长度和直径的形式供应;即,约 1 mm 至数十厘米(cm)长和从不到约 0.1 到约 100 μm 直径。一种有用的

VGCF 形式的直径不大于约 $1\text{ }\mu\text{m}$ ，且长度介于约 $50\sim 100\text{ }\mu\text{m}$ ，并具有相当于其它直径大于约 $5\text{ }\mu\text{m}$ 的普通碳纤维约 2 或 3 倍大的导热率。

要将大量 VGCF 结合到聚合物系统和界面元件和系统，例如上面已经讨论过的氢化橡胶和树脂组合中是困难的。当碳微纤维，例如 (约 $1\text{ }\mu\text{m}$ 或更小) 被加入到聚合物中时，它们不能很好地混合，主要因为必须在聚合物中加入大量纤维才能在导热率上获得任何明显的好处。然而，我们发现，相对大量碳微纤维可加入到已经具有相对大量其它传统填料的聚合物系统中。当与其它可单独加入到聚合物中的纤维一起加入时较大量碳微纤维可加入到聚合物中，从而在改善热界面元件的导热率上提供较大的好处。理想的是，碳微纤维对聚合物的比例介于约 $0.05\sim 0.50$ (重量)。

一旦制备了包含至少一种橡胶化合物、至少一种交联剂或交联剂化合物，和至少一种导热填料的热界面元件后，必须将其组成与电子元件、供应商或电子产品的需要进行比较以确定是否需要额外的相变材料来改变组合物的某些物理性能。具体地说，如果对元件或产品的需要要求该组合物或界面材料呈“软凝胶”形式或一定程度液体形式，则可能不需要加入额外的相变材料。然而，如果元件、分层材料或产品要求该组合物或材料更像固体，则应加入至少一种相变材料。

这里想到的相变材料包含蜡、聚合物蜡或其混合物，例如，石蜡。石蜡是一种通式为 $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ 并具有约 $20^\circ\text{C}\sim 100^\circ\text{C}$ 范围的熔点的固态烃的混合物。某些设想熔点的例子为约 45°C 和 60°C 。熔点在这一范围的热界面元件是 PCM45 和 PCM60HD——均为 Honeywell 国际公司制造。典型聚合物蜡是聚乙烯蜡、聚丙烯蜡，其熔点范围从约 40°C 到 160°C 。

PCM45 具有约 3.0 W/mK 的导热率，约 $0.25^\circ\text{C cm}^2/\text{W}$ ($0.0038^\circ\text{C cm}^2/\text{W}$) 的热阻，通常以约 0.0015 英寸 (0.04 mm) 的厚度应用，并包含约 $5\sim 30\text{ psi}$ (塑性流动状态 (under)) 的典型柔软性。PCM45 的典型特性是 a) 超高致集密度 (packaging density) ——高于 80% ，b) 导热填料，c) 极低的热阻，和如上面提到的，d) 约 45°C 的相变温度。PCM60HD 的导热率为约 5.0 W/mK ，热阻为约 $0.17^\circ\text{C cm}^2/\text{W}$ ($0.0028^\circ\text{C cm}^2/\text{W}$)，通常以约 0.0015 英寸 (0.04 mm) 的厚度应用，并包含约 $5\sim 30\text{ psi}$ 的柔软性 (塑性流动下)。PCM60HD 的典型特性是 a) 超高致集密度——高于 80% ，b) 导热填料，c) 极低的热阻，和如上面提到的，d) 约 60°C 的相

变温度。TM350(一种不含相变材料并由 Honeywell 国际公司制造的热界面元件)的导热率为约 3.0 W/mK , 热阻为约 $0.25^\circ\text{C cm}^2/\text{W}$ ($0.0038^\circ\text{C cm}^2/\text{W}$), 通常以约 0.0015 英寸 (0.04 mm) 的厚度施加, 并包含约 5 ~ 30 psi 的柔软性(塑性流动下)。TM350 的典型特性是 a) 超高敛集密度——高于 80%, b) 导热填料, c) 极低的热阻, d) 约 125°C 的固化温度, 和 e) 可配非-硅酮基热凝胶。

然而, 石蜡基相变材料存在若干缺点。单靠它们自身, 它们可能非常脆弱和难以操作。它们也具有在热循环期间被从它们所施涂的设备间隙中挤出的倾向, 非常像脂。这里所描述的橡胶-树脂改性石蜡聚合物蜡系统则克服了这些问题, 并提供在操作容易方面的显著改善, 能制成柔性带或固体层的形式, 且不会在压力下压出或流出。虽然该橡胶-树脂-蜡混合物可具有相同或相近的温度, 但它们的熔体粘度高得多, 并且不容易移动。况且, 橡胶-蜡-树脂混合物可设计成自交联的, 从而保证在某些用途中杜绝挤出的问题。想到的相变材料的例子是马来化 (malenized) 石蜡、聚乙烯-马来酞蜡和聚丙烯-马来酞蜡。橡胶-树脂-蜡混合物将在约 $50^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ 之间的温度在功能意义上成形, 从而形成交联的橡胶-树脂网络。

也有利的是, 将附加填料、物质或颗粒, 例如, 填料颗粒、润湿剂或抗氧化剂结合到热界面元件中。可将基本上球形填料颗粒加入到热界面元件中以使敛集密度最大化。另外, 基本上球形等的形状之类特性也将提供在压实期间对厚度的控制。该橡胶材料中使用的填料的典型粒度介于约 $1 \sim 20 \mu\text{m}$, 约 $21 \sim 40 \mu\text{m}$, 约 $41 \sim 60 \mu\text{m}$, 约 $61 \sim 80 \mu\text{m}$ 和约 $81 \sim 100 \mu\text{m}$, 最大约 $100 \mu\text{m}$ 。

填料颗粒的分散可通过加入官能有机金属耦合剂或“润湿剂”如有机硅烷、有机钛酸酯、有机锆等来实现。有机钛酸酯起润湿促进剂的作用以降低糊料的粘度和增加填料的填充量。可使用的有机钛酸酯是钛酸异丙基三异十八烷基酯。有机钛酸酯的一般结构是 $\text{RO-Ti}(\text{OXRY})$, 其中 RO 是可水解基团, X 和 Y 是粘合剂官能团。

也可加入抗氧化剂, 以抑制固化橡胶凝胶或固体热界面元件的氧化和热降解。有用的典型抗氧化剂包括 Irganox 1076, 一种酚型, 或 Irganox 565, 一种胺型(约 $0.01\% \sim$ 约 $1 \text{ wt}\%$), 由 Ciba Giegy 公司 (Hawthorne, N. Y.) 供应。典型的固化加速剂包括叔胺, 例如, 二癸烷

乙基胺(didecylanethylamine)(约50 ppm~0.5 wt%)。

在热界面元件中还可加入至少一种催化剂,以促进至少一种橡胶化合物、至少一种胺基树脂、至少一种相变材料,或所有这三者之间的交联或链反应。在这里使用的术语“催化剂”是指,显著影响化学反应的速度而本身不消耗或发生化学变化的物质或条件。催化剂可以是无机、有机或有机基团与金属卤化物的组合。尽管不是物质,但光和热也可起催化剂的作用。在设想的实施方案中,该催化剂是酸。在另一种设想的实施方案中,该催化剂是有机酸,例如,羧酸,乙酸、甲酸、苯甲酸、水杨酸,二羧酸,草酸、邻苯二甲酸、癸二酸、己二酸、油酸、棕榈酸、硬脂酸、苯基硬脂酸、氨基酸和磺酸。

一种成形这里公开的热界面元件的方法包括 a)提供至少一种饱和橡胶化合物、b)提供至少一种交联剂或交联剂化合物,例如,胺基树脂,c)交联该至少一种饱和橡胶化合物和至少一种交联剂或交联剂化合物从而形成交联橡胶-树脂混合物,d)加入至少一种导热填料到该交联橡胶-树脂混合物中,以及 e)加入润湿剂到交联的橡胶树脂混合物中。该方法还可进一步包括加入至少一种相变材料到交联的橡胶-树脂混合物中。如同这里所讨论的,液体和固体热界面元件可采用该设想的方法成形,连同带、电子元件、半导体元件、分层材料和电子和半导体产品皆可。

本发明热界面元件可制成可配液体糊料以便采用分配方法(例如,网印或镂空模版印刷)应用并根据要求固化。也可制成高度柔顺的、固化的、弹性体薄膜或者片材,用于预加在界面,例如,受热器。它也可提供和制成可通过任何适当分配方法施加到表面上的软凝胶或液体。再有,该热界面元件可制成可直接涂布在界面表面或电子元件上的带。

为说明热界面元件的几种实施方案,通过下面实施例 A 到 F 中描述的组分的混合制备了若干样品。如表中所示,组合物的性质,包括粘度、产品形式、热阻抗、弹性模量和导热率也一并给出。

所示实施例包括一种或多种任选附加物,例如,抗氧化剂、润湿促进剂、固化加速剂、减粘剂和交联助剂。此类附加物的用量可变化,但一般地,它们可按照以下有用的近似数量(wt%)存在:总量(填料加橡胶)的最高约95%的填料;润湿促进剂(总量的)约0.1~1%;抗氧化剂

(总量的)约 0.01~1%; 固化加速剂(总量的)约 50 ppm~0.5%; 减粘剂约 0.2~15%; 交联助剂约 0.1~2%。应当指出, 至少约 0.5%碳纤维的加入能显著增加导热率。

组成(wt%)	A	B	C	D	E	F
氢化聚丁烯一元醇	7.5	6.3	10	11.33	5	18
氢化聚丁二烯二醇	无	无	2	无	无	无
石蜡	3.1	2.2	无	无	无	无
烷基化蜜胺树脂(丁基化)	1.7	0.4	1.33	2	1	4
有机钛酸酯	1.5	1.0	6.67	6.67	4	8
磺酸催化剂	0.1	无	无	无	无	无
酚类抗氧化剂	0.1	0.1	无	无	无	无
铝粉	86	90	80	80	无	无
银粉	无	无	无	无	90	无
氮化硼	无	无	无	无	无	70
产品形式	带	带	液体	液体	液体	液体
热阻抗($^{\circ}\text{C cm}^2/\text{W}$)	0.25	0.18	0.25	0.25	0.3	0.35
导热率($\text{W m}/^{\circ}\text{C}$)	3.0	5.0	2.8	2.8	2.3	2.0
弹性模量, Pa	300000	270000	500000	300000	280000	270000
粘度, Pa.s	N/A	N/A	200	160	150	220

- 5 另一种合适的界面材料可生产/制成包含至少一种焊料材料的形式。选择设想的焊料材料, 以便提供所要求的熔点和传热特性。选择设想的焊料材料, 以便在约 40°C ~ 约 250°C 的温度范围熔融。在某些设想的实施方案中, 焊料材料包含纯金属, 例如, 铟、锡、铅、银、铜、铋、镓、碲、铋或包含至少一种上面提到的金属的合金。在进一步的设想的实施方案中, 纯铟被选择作为焊料材料, 因为它具有约 156°C 的熔点。在这些实施方案中, 铟可轻易地从含氟化铟、氟硼酸铟(indium fluorobate)、氨基磺酸铟和/或硫酸铟的电解质中电沉积。
- 10

一旦在热扩散器上镀了铟，便可在铟层上覆盖一层材料，例如，贵金属和/或低温硅化物生成剂——例如，银、铂或钯——以便当暴露于空气时控制铟的氧化。铂和钯是此种层材料的好选择，因为它们是低温硅化物的生成剂。具有较低形成温度的混合硅化物也可用于这些实施方案中，包括硅化钯。该材料层应理解为在本体铟镀层顶面的“闪蒸层”，而至少一个这样的“闪蒸层 (flash layer)”可与该镀层耦合。该材料层也可在焊料材料再流时与硅耦合，以便作为氧化物阻挡层和促进在硅表面的粘合。

如前面提到的，其它设想的焊料材料包含镀到热扩散器上的合金。这些设想的实施方案中使用的合金材料可以是稀合金和/或硅化物生成剂的那些合金，例如，钯、铂、铜、钴、铬、铁、镁、锰、镍和某些实施方案中，钙。这些合金的设想的浓度为合金的约 100 ppm ~ 约5%。

在其它设想的实施方案中，该合金包括能改进合金对热扩散器的润湿性的元素、材料、化合物和组合物。应当理解，在本申请中，合金润湿性的改善包括减少表面氧化物的数量。适合改善润湿性的元素是金、钙、钴、铬、铜、铁、锰、镁、镓、钼、镍、磷、钯、铂、锡、钽、钛、钒、钨、锌和/或锆。

焊料材料和基于焊料材料的热材料可以任何形式之一和任何合适的方式沉积，包括以糊料的形式或纯金属的形式沉积该材料，以及通过电镀或通过印刷液体形式的焊料材料，或者通过将材料的预制品固定到下层基材上沉积该材料。

一旦沉积了热界面层，要知道，它将具有比传统热粘合剂和其它热层高的导热率。附加层，例如，金属化硅模板 (die) 可直接焊接在该热互连层上，而不需要使用诸如为除掉材料，如镍，的氧化物以便产生热扩散器而使用的腐蚀性助熔剂。

还可生产/制备另一种合适的界面材料，它包含树脂混合物和至少一种焊料材料。此种树脂材料可包含任何合适的树脂材料，但优选的是，树脂材料是基于硅酮的，包含一种或多种化合物如乙烯基硅酮、乙烯基 Q 树脂、氢化物官能硅氧烷和铂-乙烯基硅氧烷。焊料材料可包含任何合适的焊料材料，例如，前面描述过的那些，或者包括铟、银、铜、铝、锡、铋、镓及其合金的金属，涂布银的铜和涂布银的铝，但

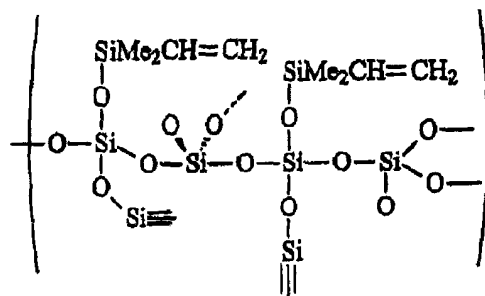
优选的是，焊料材料包含铟或基于铟的化合物。

- 基于焊料材料的界面材料，如本文所述，具有直接涉及使用和元件工程学的几个优点：a) 该界面材料/聚合物焊料材料可用来充填约 2 mm 或更小数量级的间隙以及约 2 密耳或更小数量级的非常小的间隙，
- 5 b) 在这些非常小，乃至较大的间隙中，该界面材料/聚合物焊料材料可高效地传热，不像大多数传统焊料材料那样，以及 c) 该界面材料/聚合物焊料材料可轻易地结合到微元件、用于卫星的元件，以及非常小的电子元件中。

- 含树脂的界面材料和焊料材料，尤其是也可具有适当热填料的含
- 10 硅酮树脂的那些，能表现出小于约 $0.5 \text{ cm}^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{w}$ 的热容。不像热脂那样，该材料的热性能在经过 IC 器件中的热循环或流动循环以后不下降，因为液体硅酮树脂在热活化后将交联成为软凝胶。

- 含树脂，例如，硅酮树脂的界面材料和聚合物焊料材料不会像热脂那样会在使用中“被挤出”，并且不会在热循环期间表现出界面脱
- 15 层。该新材料可制成采用分配方法 (dispensing methods) 施涂，随后根据要求固化的可配液体糊料形式。它也可作为高度柔顺、固化，可能是可交联的弹性体薄膜或片材用于预施加在界面表面，例如，受热器。有利的是，采用具有大于约 2，优选至少约 $4 \text{ w}/\text{m}^\circ\text{C}$ 的导热率的填料。最佳地，要求具有不小于 $10 \text{ w}/\text{m}^\circ\text{C}$ 导热率的填料。该界面材料
- 20 强化了高功率半导体器件的散热。该糊料可以配制成官能硅酮树脂和热填料的混合物。

乙烯基 Q 树脂是一种活化固化特种硅酮橡胶，具有以下基础聚合物结构：



25

乙烯基 Q 树脂也是一种加成固化弹性体用的透明增强添加剂。具

有至少约 20%Q-树脂的乙烯基 Q 树脂分散体的例子是 VQM-135 (DMS-V41 Base)、VQM-146 (DMS-V46 Base) 和 VQX-221 (50%按二甲苯基计)：

作为例子，可制成一种如下组成的设想的硅酮树脂混合物：

组分	wt%	备注/功能
乙烯基硅酮	75 (70 ~ 97 范围)	乙烯基链端的硅氧烷
乙烯基 Q 树脂	20 (0 ~ 25 范围)	增强添加剂
氢化物官能硅氧烷	5 (3 ~ 10 范围)	交联剂
铂-乙烯基硅氧烷	20 ~ 200 ppm	催化剂

5

该树脂混合物可在室温或在高温固化而生成柔顺弹性体。反应是乙烯基官能硅氧烷在催化剂，如铂的络合物或镍的络合物存在下被氢化物官能硅氧烷氢化硅烷化(加成固化)的过程。优选的铂催化剂是 SIP6830.0、SIP 6832.0 以及铂-乙烯基硅氧烷。

10 设想的乙烯基硅酮的例子包括分子量为约 10000 ~ 50000 的乙烯基封端的聚二甲基硅氧烷。氢化物官能硅氧烷的例子包括分子量为约 500 ~ 5000 的甲基氢化硅氧烷-二甲基硅氧烷共聚物。物理性质可从在非常低交联密度下的非常软的凝胶材料到较高交联密度的坚韧弹性体网络。

15 设想的如前面所公开的分散在树脂混合物中的焊料材料是一种任何适合要求用途的焊料材料。几种想到的焊料材料是铟锡(InSn)络合物、铟银(InAg)络合物和合金，铟-基化合物、锡银铜络合物(SnAgCu)、锡铋络合物和合金(SnBi)，以及铝-基化合物和合金。这些当中，尤其想用的焊料材料是包含铟的那些材料。

20 正如前面所描述的热界面材料和元件的情况一样，热填料颗粒可分散到该树脂混合物中。如果热填料颗粒在该树脂混合物中存在，则这些填料颗粒应有利地具有高导热率。合适的填料包括银、铜、铝及其合金；氮化硼、铝球、氮化铝、涂布银的铜、涂布银的铝、碳纤维和涂布有金属、金属合金、导电聚合物的碳纤维，或其它复合材料。

25 氮化硼和银，或氮化硼和银/铜的组合也提供强化的导热率。至少约 20 wt%的氮化硼、至少约 70 wt%的铝球和至少约 60 wt%的银，特别有用。

特殊效力的是包含被称之为“蒸汽生长碳纤维”(VGCF)的特殊形

式碳纤维的填料，例如由应用科学公司(Cedarville, 俄亥俄)销售的 VGCF，或“碳微纤维”是通过热处理得到的高度石墨化的类型(导热率=约 1900 W/m℃)。加入约 0.5 wt%碳微纤维就将显著增加导热率。此种纤维以各种不同长度和直径的形式供应；即，约 1 mm 至数十厘米长和从不到约 0.1 到约 100 μm 直径。一种有用的 VGCF 形式的直径不大于约 1 μm，且长度介于约 50-100 μm，并具有相当于其它直径大于约 5 μm 的普通碳纤维约 2 或 3 倍大的导热率。

也可能有利的是引入基本上球形的填料颗粒以最大化致集密度。另外，基本上球形等的形状之类也将提供在压实期间对厚度的控制。填料颗粒的分散可通过加入官能有机金属耦合剂或润湿剂，如有机硅烷、有机钛酸酯、有机锆等来促进。有机金属耦合剂，尤其是有机钛酸酯也可用来在施涂过程期间促进焊料材料的熔融。在树脂材料中用于填料的典型粒度介于约 1~20 μm，最大约 100 μm。

为说明本发明，通过下面实施例 A 到 J 中描述的组分的混合制备了若干样品。所示实施例包括一种或多种任选附加物，例如，润湿促进剂。此类附加物的用量可变化，但一般地，它们可按照以下有用的近似数量(wt%)存在：总量(填料加树脂)的最高约 95%的填料；润湿促进剂(总量的)约 0.1~5%；和附着促进剂(总量的)约 0.01~1%。应当指出，至少约 0.5%碳纤维的加入能显著增加导热率。这些实施例还展示所设想的混合物的各种不同物理-化学测定值。

实施例	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
硅酮混合物	16	5	8	5	5	5	5	5	4	4
有机钛酸酯	4	3	0	3	3	3	3	3	3	3
InSn		92	92	82						
InAg					63					
In						63				
SnAgCu							92	82		
SnBi									83	68
Al	80			10	29	29		10	10	25
模量 (MPa)	25	15	25	15	20	23	25	30	20	25
粘度 (泊)	1400	500	1200	450	1500	1600	500	750	650	1700
热阻抗 ($\text{cm}^2\text{°C/w}$)	0.3	0.15	0.4	0.14	0.14	0.12	0.16	0.17	0.18	0.10
导热率 ($\text{W/m}^{\circ}\text{C}$)	2.5	5.1	2.0	5.5	5.8	6.2	5.2	5.0	5.0	6.0

组分有机钛酸酯、InSn、InAg、In、SnAgCu、SnBi 和 Al 以重量百分率或 wt% 给出。

实施例 A 不含焊料材料，作为对照例给出。有机钛酸酯不仅起润湿促进剂的作用而且作为助熔剂以促进应用期间焊料材料的熔融。

5 这些实施例的焊料材料组成如下：InSn=约 52%In(重量)和约 48%Sn(重量)，熔点为约 118℃；InAg=约 97%In(重量)和约 3%Ag(重量)，熔点为约 143℃；In=约 100%铟(重量)，熔点 157℃；SnAgCu=约 94.5%锡(重量)、约 3.5%银(重量)和约 2%铜(重量)，熔点为约 217℃；SnBi=约 60%锡(重量)和约 40%铋(重量)，熔点为约 170℃。可以看出，其它包含不同组分百分数的组成也可从本发明的主题中派生出来。

加工温度如下：实施例 A~E=约 150℃，持续约 30 min；实施例 F、J 和 I=约 200℃，持续约 30 s 和约 150℃持续约 30 min；实施例 G 和 H=约 240℃持续约 30 秒钟和约 150℃持续约 30 min。

15 热扩散器元件或热扩散元件(热扩散器和热扩散在这里互换使用并具有相同普通含义)一般地包含至少一种金属或金属基基础材料，如镍、铝、铜或 AlSiC。任何合适的金属或金属基基础材料都可在这里用作热扩散器，只要该金属或金属基基础材料可传递电子元件产生的部分或全部热量。设想的热扩散器元件的具体例子示于下面的实施例一节。

20 热扩散器元件可制成，例如，卷材或冲压的，具有任何合适的厚度，取决于电子元件、供应商的需要，只要热扩散器元件能充分地完

25 成散去周围电子元件产生的部分或全部热量。设想的厚度包含约 0.25 mm~约 6 mm 的厚度。尤其优选的热扩散器元件的厚度介于约 1 mm~约 5 mm。

一种成形所设想的分层热元件的方法包括：a) 提供至少一种热界面元件；b) 提供至少一种热扩散器元件；和 c) 物理地耦合该热界面元件和热扩散器元件。

30 热界面元件和热扩散器元件可单个地制备并通过采用本文前面所描述的方法提供。随后，将这两种元件物理地耦合产生一种分层的界面材料。这里所使用的术语“界面”是指在两个物质或空间部分之间形成边界的耦合或键合。界面可包含两个物质部分或元件的物理附着

或物理耦合，或两个物质部分或元件之间的物理引力，包括键合力如共价键和离子键，以及非键合力如范德华、静电、库仑、氢键和/或磁引力。如这里所描述的这两个元件还可以由施加一个元件到其它元件表面上来达到物理地耦合。

- 5 随后可将分层的元件施加到基材、另一个表面或另一个分层元件上。设想的电子元件包含分层热元件、基材层和至少一个附加层。该分层热元件包含热扩散器元件和热界面元件。本文设想的基材可包含任何理想的基本为固体的材料。特别理想的基材层将包含薄膜、玻璃、陶瓷、塑料、金属或涂布金属，或者复合材料。在优选的实施方案中，
10 基材包含硅或砷化镓模板或晶片表面、封装表面，例如，在铜、银、镍或金镀层的引线框中发现的那种，铜表面，例如，在电路板或封装互连线板(trace)、通孔壁(via-wall)或硬化剂界面(“铜”包括裸铜及其氧化物的考虑)、基于聚合物的封装或板界面，例如，在聚酰亚胺基柔性封装中发现的那种、引线或其它金属合金焊料材料球表面、
15 玻璃和聚合物如聚酰亚胺。当考虑内聚性界面时“基材”甚至可定义为另一种聚合物材料。在更优选的实施方案中，基材包含封装和电路板工业中普遍采用的材料，例如，硅、铜、玻璃和其它聚合物。

- 附加材料层可耦合到该分层界面材料上以便继续建造分层元件和印刷电路板。已想到，附加层将包含类似于这里已描述过的那些，
20 包括金属、金属合金、复合材料、聚合物、单体、有机化合物、无机化合物、有机金属化合物、树脂、粘合剂和光学波导材料。

- 层压材料或包层材料的一层可根据该元件要求的规范耦合到该分层界面材料上。层压材料一般考虑的是纤维增强的树脂介电材料。包层材料是层压材料的一个子类，当制造中将金属或其它材料如铜结合
25 到层压材料中时就制成了包层材料。(Harper, Charles A., 《电子封装和互连手册》第二版, McGraw-Hill(纽约)1997.)

- 旋涂(spin-on)层和材料也可加入到分层界面材料和随后的层中。旋涂叠层薄膜描述在 Michael E. Thomas 的“低 k_{eff} 电介质用旋涂叠层薄膜”，《固态技术》(2001-07)，在此全文收入本文作为参考。

- 30 本文描述的所设想的热界面元件、分层界面材料和热扩散器元件的应用包括将该材料和/或元件结合到另一分层材料、电子元件或成品电子产品中。这里所想到的电子元件通常认为包含任何可用于电子有

关的产品中的分层元件。所设想的电子元件包含电路板、封装芯片、隔板、电路板的电介质元件、印刷接线板和其它电路板的元件，例如，电容器、电感器和电阻器。

- 5 电子基产品可以是，就它们立即可用于工业中或供其它消费者使用的意义上的“成品”。消费制成品的例子是电视机、电脑、手机、呼机、掌中宝、便携收音机、汽车立体声和遥控器。还想到“中间产品”，例如，电路板、封装芯片和键盘这样一些可用在制成品中的器件。

- 10 电子产品还包含处于从概念模型到最终放大/模拟的研发任何阶段的原型（prototype）元件。原型可包含也可不含预定在制成品中的实际元件，而原型则可具有某些元件是由复合材料之外制成，以便在正处于初始试验期间消除它们对其它元件的初始效应。

实施例

- 15 下面的实施例显示预组装这里所公开的几种分层材料的基本程序和试验机理。试验参数和讨论用镍作为热扩散器元件。然而，要知道，任何合适的热扩散器元件都可用于本申请和分层材料。还有，PCM45在这这里的实施例中被用作代表性相变材料，然而，要知道，任何合适的相变材料元件都可用于本文所公开的主题。

20

实施例 1

组装的基本程序

设备

- 25 热隧道，冰箱。
适当夹具，用于定位元件和压制 PCM 材料。

用品

- 30 胶乳、不沾灰手套。不要使用（蓝色）丁腈胶手套，因为它们将玷污镀镍表面。

抹布

异丙醇

材料

热扩散器元件

- 5 预切 PCM 材料或合适的相变材料，按照供应商和/或制造商的说明
夹具(特殊夹具，优选尼龙，用于元件和 PCM 材料)

安全和环境

安全眼镜

- 10 当操作任何类型传送带时，永远切记手要离开任何夹手的地方

说明

在施加 PCM 材料之前，抽出 32 块元件的随机样品，用于送到外面检查。

- 15 只使用已经通过类似于这里所讨论的那些的检查标准的相变材料；
从室温开始，相变材料如 PCM45。如果顶和底剥离衬里都过早脱落，以
30℃加热 PCM 材料约 0.5 h 以上。

确保基材温度大于约 21℃。

按照以下说明施加相变材料到元件上：

- 20 > 揭去剥离衬里(优选短的)以露出相变材料以便将该材料施
加到元件上。
> 找出元件上的对齐标记，施加相变材料并以手指轻压。
> 将组合零件送过热隧道以便将其出口温度升高到约 48~约
60℃之间。停留时间可介于约 30~60 s。
> 对 PCM45 施加轻手指压力以确保完全固定。
25 > 冷冻至低于约-10℃，持续约 10 min 以上。
> 揭去顶部衬里。
> 肉眼检查组合零件的瑕疵
> 放到托盘上

30 质量要求

取样计划

施加后检查每个元件的定位和外观要求。

检查说明

在离眼睛 1 倍, 12 英寸 ~ 14 英寸的距离, 肉眼观察 PCM 材料以确保位置和外观标准。

接受/剔除标准

- 5 肉眼检查围绕材料边缘的任何变形。又, 再次检查基材的沾污和或划痕, 对照元件的相关加工精细程度标准,

注: 如果出现此类不通过, 则需要将零件留在冰箱中更长时间

相变材料元件施加的修整

可对未通过目测检查的相变材料元件立即修整。

- 10 用塑料刮刀从元件上除掉剔除的相变材料。

用异丙醇和抹布除掉任何粘合剂。

返回到说明的第二步, 提供一个相变材料元件。

实施例 2

- 15 **组装的基本程序**

设备

热隧道, 冰箱。

适当夹具, 用于定位元件和压制 PCM 材料。

20

用品

胶乳、不沾灰手套。不要使用(蓝色)丁腈胶手套, 因为它们将玷污镀镍表面。

抹布

- 25 异丙醇

材料

热扩散器元件

预切聚合物焊料材料, 按照供应商和/或制造商说明

- 30 夹具(特殊夹具, 优选尼龙, 用于元件和聚合物焊料材料)

安全和环境

安全眼镜

当操作任何类型传送带时，永远切记手要离开任何夹手的地方。

说明

- 5 在施加聚合物焊料材料之前，抽出 32 块元件的随机样品，用于送到外面检查。

只使用已经通过类似于这里所讨论的那些检查标准的聚合物焊料材料；从室温开始，聚合物焊料材料。如果顶和底剥离衬里都过早脱落，以 30℃加热聚合物焊料材料约 0.5 h 以上。

- 10 确保基材温度大于约 21℃。

按照以下说明施加聚合物焊料材料到元件上：

- 揭去剥离衬里(优选短的)以露出聚合物焊料材料以便将该材料施加到元件上。
- 找出元件上的对齐标记，施加聚合物焊料材料并以手指轻压。
- 15 ➤ 将组合零件送过热隧道以便将其出口温度升高到约 48 ~ 约 60℃之间。停留时间可介于约 30 ~ 60 s。
- 对聚合物焊料材料施加轻手指压力以确保完全固定。
- 冷冻至低于约-10℃，持续 10 min 以上。
- 20 ➤ 揭去顶部衬里。
- 肉眼检查组合零件的瑕疵
- 放到托盘上

质量要求

- 25 取样计划

施加后检查每个元件的定位和外观要求。

检查说明

在离眼睛 1 倍，12 英寸 ~ 14 英寸的距离，肉眼观察聚合物焊料材料以确保位置和外观标准。

- 30 接受/剔除标准

肉眼检查围绕材料边缘的任何变形。又，再次检查基材的沾污和或划痕，对照元件的相关加工精细程度标准，

注:如果出现此类不通过,则需要将零件留在冰箱中更长时间
聚合物焊料材料元件施加的修整

可对未通过目测检查的聚合物焊料材料元件立即修整。

用塑料刮刀从元件上除掉剔除的聚合物焊料材料。

5 用异丙醇和抹布除掉任何粘合剂。

返回到说明的第二步,提供一个聚合物焊料元件。

实施例 3

组装的基本程序

10

设备

热隧道, 冰箱。

适当夹具, 用于定位元件和压制焊料材料/焊剂糊料。

15 用品

胶乳、不沾灰手套。不要使用(蓝色)丁腈胶手套, 因为它们将玷污镀镍表面。

抹布

异丙醇

20

材料

热扩散器元件

预成型焊料材料或焊剂糊料, 按照供应商和/或制造商说明

夹具(特殊夹具, 优选尼龙, 用于元件和焊料材料/焊剂糊料)

25

安全和环境

安全眼镜

当操作任何类型传送带时, 永远切记手要离开任何夹手的地方。

30 说明

在施加任何焊料材料/焊剂糊料之前, 抽出 32 块元件的随机样品, 用于送到外面检查。

确保基材温度大于约 21℃。

按照以下说明施加焊料材料/焊剂糊料到元件上:

- 5
 - 找出元件上的对齐标记, 施加相变材料并以手指轻压。
 - 在焊料材料/焊剂糊料顶面放上重物或夹子。
 - 将组合零件送过热隧道(在氮气气氛中)以便将其出口温度升高到约 170~ 约 200℃之间。停留时间可介于约 2~ 5 min。
 - 肉眼检查组合零件的瑕疵
 - 放到托盘上
- 10 在焊料材料/焊剂糊料施加中可以也可以不采用助熔剂。如果采用助熔剂, 则应在以后增加清洁步骤, 以便从元件上清理掉助熔剂。

质量要求

取样计划

- 15 施加后检查每个元件的定位和外观要求。

检查说明

在离眼睛 1 倍, 12 英寸~ 14 英寸的距离, 肉眼观察焊料材料/焊剂糊料以确保位置和外观标准。

接受/剔除标准

- 20 肉眼检查围绕材料边缘的任何变形。又, 再次检查基材的沾污和或划痕, 对照元件的相关加工精细程度标准。

如本文所讨论的, 该热互连系统、热界面和界面材料在多方面具有优势。一方面是, 热扩散器元件和界面材料具有在热扩散器元件和界面材料之间界面的优异润湿, 且该界面润湿能耐受最极端的条件。

- 25 第二方面是, 这里所公开和讨论的热扩散器元件/热界面材料组合能减少封装所需要的步骤数目——因为在接收它之前已对其进行了预组装和质量检查。元件的预组装还可减少与之相联系的消费者支付的花费。第三方面是, 热扩散器元件和热界面材料可设计成“一起工作”, 以便最小化热扩散器元件和热界面材料特定组合的界面热阻。

- 30 至此, 已公开了热互连和界面材料的特定实施方案和应用。然而, 要知道, 对于本领域技术人员来说, 除了已经描述的以外, 在不偏离本发明概念的条件下尚可能有更多的修改方案。因此, 本发明的创新

- 主题，除了所附权利要求之外不受任何限制。在解释本说明和权利要求中，所有术语都应按照与上下文一致的尽可能宽的方式加以解释。具体地说，术语“包含”应解释为以不排除的方式指要素、组分和步骤，指出，优选的要素、组分或步骤可能存在，或采用，或者与其它
- 5 并未明确表述的要素、组分或步骤相组合。