



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103681517 A

(43) 申请公布日 2014. 03. 26

(21) 申请号 201310416873. 6

H01L 23/367(2006. 01)

(22) 申请日 2013. 09. 13

(30) 优先权数据

13/613, 564 2012. 09. 13 US

(71) 申请人 国际商业机器公司

地址 美国纽约阿芒克

(72) 发明人 G. K. 巴特利 C. L. 约翰逊

J. E. 凯利三世 J. 库奇斯基

D. R. 莫特施曼 A. K. 辛哈

K. A. 斯普利特斯托瑟 T. J. 托菲尔

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邱军

(51) Int. Cl.

H01L 21/98(2006. 01)

H01L 23/373(2006. 01)

H01L 21/48(2006. 01)

H01L 25/065(2006. 01)

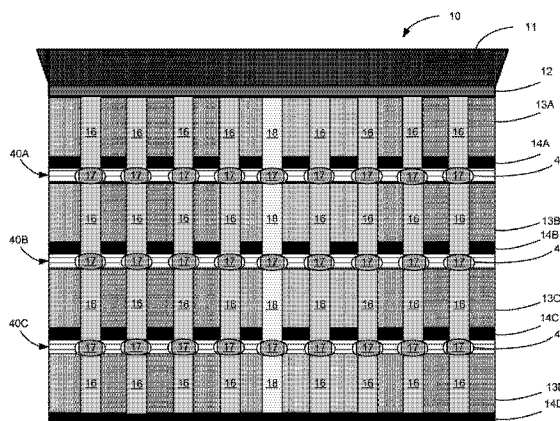
权利要求书2页 说明书15页 附图9页

(54) 发明名称

用在芯片堆叠中的热界面材料

(57) 摘要

一种具有增强的冷却设备的半导体芯片的芯片堆叠,包括位于第一侧的具有电路的第一芯片和通过连接器格栅以电气方式和机械方式耦接到第一芯片的第二芯片。该设备还包括放置在第一芯片和第二芯片之间的热界面材料垫板,其中热界面材料垫板包括平行于第一芯片和第二芯片的配合面排列的纳米纤维和垂直于第一芯片和第二芯片的配合面排列的纳米纤维。



1. 一种用于增强对半导体芯片的芯片堆叠冷却的方法,包括:
在第一侧制成具有电路的第一芯片;
制成通过连接器格栅以电气方式和机械方式耦接到所述第一芯片的第二芯片;以及
将热界面材料垫板放置在所述第一芯片和所述第二芯片之间,其中,所述热界面材料垫板包括平行于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维以及垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维。
2. 如权利要求1所述的方法,其中,所述平行于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维将热量从所述第一芯片和所述第二芯片抽吸至所述热界面材料垫板的边缘,所述垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维在所述第一芯片和所述第二芯片的配合面之间生成竖直热传送通道。
3. 如权利要求2所述的方法,其中,通过局部加热热界面材料垫板中的一区域并使用磁性掩膜在加热区域中垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列纳米纤维而生成竖直热传送块。
4. 如权利要求2所述的方法,其中,通过将具有沿热界面材料长轴排列的纳米纤维的热界面材料切割成片并将热界面材料的片组装为热界面材料垫板而生成竖直热传送块。
5. 如权利要求2所述的方法,其中,所述纳米纤维布置成使热界面材料垫板的两个相对侧在平行于热界面材料垫板的侧的第一方向上传导热量,而另两个相对侧在垂直于第一方向且仍平行于热界面材料垫板侧的第二方向上传导热量。
6. 如权利要求2所述的方法,其中,所述热界面材料垫板中的纳米纤维布置成纳米纤维均垂直于所述热界面材料垫板的最靠近纳米纤维一端的边缘。
7. 如权利要求1所述的方法,其中,所述纳米纤维是纳米管。
8. 一种制成增强的热界面材料垫板的方法,所述热界面材料垫板用来冷却半导体芯片的芯片堆叠,所述方法包括:
将热界面材料熔化;
将纳米纤维分散在热界面材料中;
制成所述增强的热界面材料垫板,其中,所述增强的热界面材料垫板包括纳米纤维,所述纳米纤维布置成使热界面材料垫板的两个相对侧在平行于热界面材料垫板的侧的第一方向上以及垂直于热界面材料垫板的侧的第二方向上传导热量。
9. 如权利要求8所述的方法,其中,所述制成增强的热界面材料垫板包括将纳米纤维布置成在平行于热界面材料垫板的侧且垂直于所述第一方向的第三方向上传导热量。
10. 如权利要求8所述的方法,其中,所述制成增强的热界面材料垫板还包括:
施加足够强度的磁场以彼此平行地排列热界面材料中的纳米纤维;
将热界面材料浇铸进片料模具;
将热界面材料切割成垫板;以及
将热界面材料的片组装成增强的热界面材料垫板。
11. 如权利要求8所述的方法,其中,所述制成增强的热界面材料垫板还包括:
施加足够强度的磁场以彼此平行地排列热界面材料中的纳米纤维;
将热界面材料浇铸进片料模具;
将热界面材料切割成增强的热界面材料垫板的期望覆盖区域;

加热增强的热界面材料垫板中的局部区域；以及
使用磁性掩膜在垂直于热界面材料垫板的侧的第二方向上排列纳米纤维。

12. 如权利要求 8 所述的方法，其中，所述纳米纤维是纳米管。

13. 如权利要求 8 所述的方法，其中，所述纳米纤维沿纤维的传导轴线排列。

14. 如权利要求 8 所述的方法，其中，所述热界面材料中的纳米纤维占的重量百分比大约为 5%。

15. 一种具有增强的冷却的半导体芯片的芯片堆叠，包括：

位于第一侧的具有电路的第一芯片；

第二芯片，通过连接器格栅以电气方式和机械方式耦接至所述第一芯片；以及

热界面材料垫板，放置在所述第一芯片和所述第二芯片之间，其中，所述热界面材料垫板包括平行于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维和垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维。

16. 如权利要求 15 所述的芯片堆叠，其中，所述平行于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维将热量从所述第一芯片和所述第二芯片抽吸至所述热界面材料垫板的边缘，所述垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列的纳米纤维在所述第一芯片和所述第二芯片的配合面之间生成竖直热传导通道。

17. 如权利要求 16 所述的芯片堆叠，其中，通过局部加热热界面材料垫板中的一区域并用磁性掩膜在加热区域中垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面排列纳米纤维而生成竖直热传送块。

18. 如权利要求 16 所述的芯片堆叠，其中，通过将具有沿热界面材料长轴排列的纳米纤维的热界面材料切割成片并将热界面材料的片组装成热界面材料垫板而生成竖直热传送块。

19. 如权利要求 16 所述的芯片堆叠，其中，所述纳米纤维布置成热界面材料垫板的两个相对侧在平行于热界面材料垫板的侧的第一方向上传导热量，而另两个相对侧在垂直于第一方向且仍平行于热界面材料垫板的侧的第二方向上传导热量。

20. 如权利要求 15 所述的芯片堆叠，其中，所述纳米纤维是纳米管。

21. 一种具有增强的冷却的半导体芯片的芯片堆叠，包括：

位于第一侧的具有电路的第一芯片；

第二芯片，通过连接器格栅以电气方式和机械方式耦接至所述第一芯片；

热界面材料垫板，放置在所述第一芯片和所述第二芯片之间，其中所述热界面材料垫板包括第一组纳米纤维、第二组纳米纤维和第三组纳米纤维，所述第一组纳米纤维平行于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面且垂直于第二组纳米纤维排列，所述第二组纳米纤维平行于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面且垂直于所述第一组纳米纤维排列，第三组纳米纤维垂直于所述第一芯片和所述第二芯片的配合面且垂直于所述第一组纳米纤维和所述第二组纳米纤维排列；

第一对散热片，连接到所述芯片堆叠，其中所述第一对散热片在热界面材料垫板中的第一组纳米纤维的传导轴线连接到热界面材料垫板；以及

第二对散热片，连接到所述芯片堆叠，其中所述第二对散热片在热界面材料垫板中的第二组纳米纤维的传导轴线连接到热界面材料垫板。

用在芯片堆叠中的热界面材料

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及热界面材料,更具体地说,涉及用于排列三维芯片堆叠中使用的热界面材料中的石墨纳米纤维的方法和系统。

背景技术

[0002] 微电子封装中的热界面普遍被认为对从芯片逃逸到附接的冷却装置(例如散热片、开隔体(spreader)等)的热量具有大部分热阻。因此,为了使热源和冷却装置之间的热阻最小,通常使用导热膏、热脂或粘合剂。通常通过将散热片或芯片帽压在处理器芯片的背部来形成热界面,颗粒填充粘性介质位于散热片或芯片帽和处理器芯片背部之间,颗粒填充粘性介质被迫流进表面之间的空腔或不均匀区域(non-uniformities)中。

[0003] 热界面材料通常包括高度负载有导热填料的有机基体。导热性主要由随机且均匀地分布在有机基体中的填料的性质推动。常使用的填料具有各向同性的导热性,利用这些填料的热界面材料必须是高度负载的,以获得期望的导热性。不幸地,这些负载水平(loading level)使基础基体材料的属性(例如,流动性、内聚性、界面粘合性等)变差。

[0004] 已确定堆叠电子电路的各层(即,3维芯片堆叠)并垂直互连这些层会使每单位面积内的电路密度显著增加。然而,三维芯片堆叠的一个显著问题是堆叠的热密度。对于四层的3维芯片堆叠,通过芯片堆叠而呈现给散热片的表面区域仅为通过二维方法呈现的表面区域的1/4。对于4层芯片堆叠,除了最终层与油脂/散热片界面,还存在三个层-层热界面。来自底层的热量必须向上传导穿过较高层,以到达油脂/散热片界面。

[0005] 在芯片侧(即,热源),通常存在热点(较高功率密度区域),而大部分处理都在热点进行,因此导致在整个芯片上产生温度梯度。这些较高热量和功率密度区域需要保持在设定温度范围内,以使芯片正常地运行,并在制造结束时通过质量测试和规格测试。

[0006] 相应地,期望在热源和冷却装置之间提供降低的热阻,该热阻有效而不需要改变微处理器制造工艺。

发明内容

[0007] 本发明的示例性实施例提供了一种用于增强内部层-层热界面性能的方法,以及一种由该方法制成的装置。特别地,涉及用于排列三维芯片堆叠中使用的热界面材料中的石墨纳米纤维的方法和系统。

[0008] 示例性实施例包括一种用于增强对半导体芯片的芯片堆叠冷却的方法。该方法包括在第一侧制成具有电路的第一芯片以及制成第二芯片,第二芯片通过连接器格栅(a grid of connectors)以电气方式和机械方式耦接到第一芯片。该方法还包括将热界面材料垫板(pad)放置在第一芯片和第二芯片之间,其中热界面材料垫板包括平行于第一芯片和第二芯片的配合面排列的纳米纤维和垂直于第一芯片和第二芯片的配合面排列的纳米纤维。

[0009] 另一示例性实施例包括一种制成增强的热界面材料垫板的方法,该增强的热界面

材料垫板用于冷却半导体芯片的芯片堆叠。该方法包括将热界面材料熔化以及将纳米纤维分散进热界面材料中。该方法还包括制成增强的热界面材料垫板,其中增强的热界面材料垫板包括纳米纤维,纳米纤维布置成使热界面材料垫板的两个相对侧在平行于热界面材料垫板的所述两个相对侧的第一方向上和垂直于热界面材料垫板的所述两个相对侧的第二方向上传导热量。

[0010] 另一示例性实施例包括一种具有增强的冷却设备的半导体芯片的芯片堆叠。就系统结构而言简言之,该设备的一个实施例,除了其他,以如下方式实施。具有增强的冷却设备的半导体芯片的芯片堆叠包括位于第一侧的具有电路的第一芯片以及通过连接器格栅以机械方式和电气方式耦接至第一芯片的第二芯片。该设备还包括放置在第一芯片和第二芯片之间的热界面材料垫板,其中热界面材料垫板包括平行于第一芯片和第二芯片的配合面排列的纳米纤维和垂直于第一芯片和第二芯片的配合面排列的纳米纤维。

[0011] 另一示例性实施例包括一种用于增强对半导体芯片的芯片堆叠冷却的系统。就系统结构而言简言之,该系统的一个实施例,除了其他,以如下方式实施。该系统包括位于第一侧的具有电路的第一芯片以及通过连接器格栅以电气方式和机械方式耦接至第一芯片的第二芯片。该系统还包括放置在第一芯片和第二芯片之间的热界面材料垫板,其中热界面材料垫板包括第一组纳米纤维、第二组纳米纤维和第三组纳米纤维,第一组纳米纤维平行于第一芯片和第二芯片的配合面且垂直于第二组纳米纤维排列,第二组纳米纤维平行于第一芯片和第二芯片的配合面且垂直于第一组纳米纤维排列,第三组纳米纤维垂直于第一芯片和第二芯片的配合面且垂直于第一组纳米纤维和第二组纳米纤维排列。该系统还包括连接到芯片堆叠的第一对散热片和连接到芯片堆叠的第二对散热片,其中第一对散热片在热界面材料垫板中的第一组纳米纤维的传导轴线连接到热界面材料垫板,第二对散热片在热界面材料垫板中的第二组纳米纤维的传导轴线连接到热界面材料垫板。

[0012] 参考附图和本文中的详细说明会理解本发明的这些和其它方面、特征及优点,本发明的这些和其它方面、特征及优点通过所附权利要求中特别提到的各种要素及组合而实现。应理解,前文大致说明和下文附图的简要说明及本发明的详细说明是对本发明的优选实施例的说明和解释,并不限制所要求保护的本发明。

附图说明

[0013] 被认为是本发明的主题在说明书结论处的权利要求书中特定指出并清楚地要求保护。通过结合附图进行的下文详细说明,本发明的前述和其它目的、特征和优点是明显的,附图中:

[0014] 图 1 是示出利用具有石墨纳米纤维的热界面材料的硅器件堆叠中的 C4 或倒装芯片连接通道的示例的横截面框图,石墨纳米材料由磁场排列以使其传导轴线的取向为本发明的期望方向。

[0015] 图 2A 是示出随机分散在热界面材料中的石墨纳米纤维的示例的框图。

[0016] 图 2B 是示出具有由磁场排列以在热界面材料中使传导轴线取向为期望方向的石墨纳米纤维的热界面材料的示例的框图。

[0017] 图 2C 是示出将热界面材料切割成期望覆盖区域 (footprint) 的示例的框图。

[0018] 图 3A 和 3B 是示出热界面材料的俯视图的示例的框图,热界面材料具有由磁场排

列以使传导轴线在关于热界面材料的垂直方向上取向的石墨纳米纤维,并具有形成在其上的各个位置处的多个穿孔。

[0019] 图 3C 是示出热界面材料的俯视图的示例的框图,热界面材料具有由磁场排列以使传导轴线在关于热界面材料的垂直方向上取向的石墨纳米纤维,并具有形成在其上的各个位置处的多个穿孔。

[0020] 图 3D 是示出其中排列石墨纳米纤维的向量的示例的框图。

[0021] 图 4 是示出具有石墨纳米纤维的热界面材料的示例的框图,石墨纳米纤维布置得使具有石墨纳米纤维的热界面材料的两个相对侧在东 / 西方向上传导热量,而另两个相对侧在北 / 南方向上传导热量。

[0022] 图 5 是示出具有石墨纳米纤维的热界面材料的示例的框图,石墨纳米纤维布置得使具有石墨纳米纤维的热界面材料的两个相对侧在东 / 西方向上传导热量,而另两个相对侧在北 / 南方向上传导热量。

[0023] 图 6A 是示出利用具有石墨纳米纤维的热界面材料形成硅器件的方法的示例的流程图,石墨纳米纤维由磁场水平 / 竖直排列,并被加热以使传导轴线取向为本发明的期望方向。

[0024] 图 6B 是示出利用具有石墨纳米纤维的热界面材料形成硅器件的替代方法的示例的流程图,石墨纳米纤维由磁场水平 / 竖直排列,并被加热以使传导轴线取向为本发明的期望方向。

[0025] 图 7A 是示出利用具有石墨纳米纤维的热界面材料形成硅器件的替代方法的示例的流程图,石墨纳米纤维由磁场水平 / 竖直排列,使传导轴线取向为本发明的期望方向。

[0026] 图 7B 是示出利用具有石墨纳米纤维的热界面材料形成硅器件的替代方法的示例的流程图,石墨纳米纤维由磁场水平 / 竖直排列,使传导轴线取向为本发明的期望方向。

[0027] 通过参考附图的示例的方式,详细描述解释了本发明的优选实施例以及优点和特征。

具体实施方式

[0028] 通过结合构成本公开的一部分的附图,参考下文对本发明的详细描述,可更容易地理解本发明。应当理解的是,本发明不局限于本文中描述和 / 或显示的特定装置、方法、条件或参数,本文中所使用的术语仅仅是为了示例性地描述特定实施例,而不意图限制所要求保护的发明。

[0029] 下文详细说明了本发明的一个或多个示例性实施例。所公开的实施例仅仅是说明性的,因为其中的大量改进和变型对本领域普通技术人员来说是明显的。

[0030] 本发明的一个或多个示例性实施例涉及提供一种放置在位于芯片堆叠中的芯片之间的材料。所述材料具有的碳纳米纤维 / 碳纳米管被排列以将热量有效地传输至芯片堆叠的至少两侧 (例如,东侧和西侧,或北侧和南侧)。所述材料具有的碳纳米纤维 / 碳纳米管被排列以沿碳纳米纤维 / 碳纳米管的轴线更有效地传输热量。碳纳米纤维形成在“磁种”周围。所述材料被加热,碳纳米纤维 / 纳米管混合进液化材料中。在平行于垫板的与半导体芯片或其它类似电子器件接触的一侧的方向上施加磁场。该磁场足够强以排列碳纳米纤维 / 碳纳米管。然后冷却所述材料,将材料切成垫板,并被放置在芯片堆叠中的芯片层之

间。在一个实施例中,所有碳纳米纤维 / 碳纳米管“东 / 西”排列,并将热量抽吸至位于芯片堆叠东西侧的散热片。在另一实施例中,所述垫板在芯片之间交替,使得交替层将热量抽吸至位于芯片堆叠东 / 西侧的散热片,并抽吸至芯片堆叠的北 / 南侧。在又一实施例中,所述垫板的片布置成使所述装置(arrangement)的两个相对侧沿东 / 西传导热量,另两个相对侧沿北 / 南传导热量。在该实施例中,碳纳米纤维 / 碳纳米管布置成使两端垂直于所述垫板的最近边缘。

[0031] 公知的是,结合具有足够流动特性的某些类型的材料来“充满”和“填充”那些间隙不是十分导热的。需要具有低粘性 / 高表面张力的材料来填充芯片堆叠中的芯片层之间的空间。通过将陶瓷、金属和 / 或其它颗粒或细线(strand)混合(或“填充”)进主聚合物(primary polymer)、环氧树脂或基体中可改进底层填料和其它粘合剂的热属性。

[0032] 热界面材料用于填充传热表面之间的间隙,例如微处理器和散热片之间的间隙,以提高传热效率。这些间隙通常充满空气(空气为热的不良导体)。热界面材料可采取许多形式。最常见的是白色的膏体或热脂,典型地为用氧化铝、氧化锌或氮化硼填充的硅油。一些品牌的热界面材料使用微粒或粉末化银。另一类型的热界面材料是相变材料。相变材料在室温下为固体,但是在操作温度下液化而且表现得类似脂类。

[0033] 相变材料是具有高熔化热的物质,其在特定温度下熔融和固化时,能够存储和释放大能量。当该材料从固体变为液体或从液体变为固体时,吸收或释放热量,因此,相变材料被归类为潜热储热单元。

[0034] 相变材料的潜热储热可经由固-固、固-液、固-气和液-气相变来实现。然而,用于热界面相变材料的唯一相变是固-液相变。液-气相变对于用作热存储是不实用的,这是因为当它们处于气相时,需要大体积或高压来存储这些材料。液-气转换具有比固-液转换高的转换热或相变热。固-固相变通常十分慢,具有相当低的转换热。

[0035] 最初,固-液相变材料表现得像显热储热材料,随着它们吸收热,它们的温度升高。然而,与常规的显热储热不同,当相变材料到达它们的相变温度(即,熔融温度)时,它们在一几乎恒定温度吸收大量热。相变材料继续吸收热而没有显著的升温,直到所有材料转变为液相为止。当液体材料周围的环境温度下降时,相变材料固化,释放其存储的潜热。在从-5°C至190°C的任何所需温度范围内存在大量的相变材料。一些相变材料在20°C至30°C的人体舒适范围内十分有效。它们在每单位体积内能够存储的热量是诸如水、砖瓦或岩石等常规储热材料的5至14倍。

[0036] 众所周知,将某些类型的碳纳米纤维掺入热界面材料中会使这些材料具有导热性。碳纳米纤维或碳纳米管可以通过各种熟知技术分散在热界面材料中。这些技术包括但并不限于形成掺和物(admixture)的熔融、捏合(kneading)和分散混合器,所述掺和物可随后成型以形成导热制品。

[0037] 纳米纤维被定义为直径为100纳米数量级的纤维。它们能够通过界面聚合和电纺而制成。碳纳米纤维是通过在催化核心周围进行催化合成而制成的石墨化纤维。为了示例性目的,周围形成有石墨片的催化核心被称为金属种子或催化性金属种子,其中,催化性金属种子是具有磁性属性的材料,例如铁、钴或镍。其它适于形成能以磁方式排列的石墨纳米纤维的非金属材料也在本发明的范围内。

[0038] 石墨纳米纤维可以以各种形状在催化性金属种子周围生长。从物理角度来看,石

墨纳米纤维的长度在 5 至 100 微米之间变化,直径在 5 至 100nm 之间。包括石墨片的石墨纳米纤维相对于纤维的长轴以各种取向排布,产生各种各样的形态。在一个实施例中,在石墨纳米纤维沉积在金属核上之前,对金属催化剂施加磁场。在施加磁场的情况下,种子的磁极由磁场排列,并且在沉积后,当它们在施加的场中旋转时,它们携带着附着的石墨纳米纤维与它们一起。

[0039] 在具有菱形催化性金属种子的情况下,大部分石墨片沿由外部磁场控制 (dictate) 的纤维轴排列,使得催化性金属种子的磁极垂直于或平行于外部磁场排列。种子颗粒不限于长菱形,以使得沉积的金属核石墨纳米纤维形成人字纹 (chevron)。石墨片可具有多种形状中的任意一种。如果催化性金属种子是矩形板,那么石墨片沉积为板。如果催化性金属种子是柱形的,那么石墨片沉积为柱形板。如果催化性金属种子是小条,那么石墨片沿矩形条的长轴沉积为矩形固体。石墨片呈现出催化性金属种子表面的几何形状。

[0040] 碳纳米管 (CNTs) 是具有柱形纳米结构的碳的同素异形体。碳纳米管具有高达 132,000,000:1 的长度直径比构造,明显大于任何其它材料。它们具有非凡的强度和独特的电学属性,是有效的热导体。

[0041] 纳米管是富勒烯结构族中的一员,富勒烯结构还包括球形巴克球。纳米管的末端可覆盖有巴克球结构的半球。它们的名字源于它们的尺寸,因为纳米管的直径处于几纳米的数量级 (大约为人体头发宽度的 1/50,000),而它们的长度可高达 18 厘米。

[0042] 石墨纳米纤维和纳米管因它们显著的导热性而在电子领域中得到极大关注。而且,石墨纳米纤维和纳米管的导热性是各向异性的。各向异性是方向依赖性的性质,其与在所有方向上具有均一性的各向同性相反。因此,本发明通过沿传导轴线有效地排列石墨纳米纤维和纳米管而利用石墨纳米纤维和纳米管的各向异性性质,从而在相当低的负载水平下产生具有优越导热性的热界面材料。已知钻石、石墨和石墨纤维是具有高达 3000W/m-K 的高导热性的优良热导体。

[0043] 希望所有纳米管沿所述管都是非常好的热导体,具有已知为“冲滑导”的属性,而在管轴线的横向方向上是良好的绝缘体。测量值显示,与能传递 385W/m·K 的铜 (因其良好的导热性而熟知的金属) 相比,单壁纳米管沿其轴线具有约 3500W/m·K 的室温导热性。单壁纳米管在跨轴线方向上 (沿径向方向) 具有约 1.52W/m·K 的室温导热性,这大约为土壤的导热性。已知钻石、石墨和石墨纤维为具有高达 3000W/m-K 的高导热性的优良导热体。表 1 列出在将某些类型的材料掺入热界面材料中的情况下,能够有效冷却的每个芯片的最大功率 (假设 100% 的覆盖度 (coverage)) 和这种材料的导热性。

[0044] 表 1

[0045]

TIM 材料	传导性 (W/mK)	每芯片的功率
油脂	2.8	35
凝胶	5.7	80
CNF	6000	>300

[0046]

CNT	3500	~ 150
-----	------	-------

[0047] 现在参见附图,其中,在这些附图中,类似的标号代表类似的元件。图 1 是示出在芯片堆叠 10 中使用的可控塌陷芯片连接 17(即 C4)或倒装芯片、电传导通道 16 和热传导通道 18 的示例的横截面框图。

[0048] 芯片堆叠 10 包括大量芯片 13(A-D),大量芯片还包括从顶表面向底表面延伸穿过芯片 13 的一个或多个电传导通道 16 和 / 或热传导通道 18。在一个实施例中,“传导通道”实际上是由一个或多个可控塌陷芯片连接 17(C4)相继连接起来的两个或更多个硅通孔(TSV)的组合。

[0049] 优选地,电传导通道 16 由钨或铜形成,然而,可以使用和设想其它传导材料。电传导通道 16 选择地将电信号传导至其上的电路 14 的一部分以及从其上的电路 14 的一部分传导电信号,或者简单地耦接至焊料凸点 17,以在芯片堆叠 10 中将不同的芯片 13(例如,芯片 13A 和 13B)互相连接起来,或者具有以上两种功能。焊料凸点 17 位于热界面材料(TIM)垫板 40 的区域 41 内。在一个实施例中,在 TIM 垫板 40 上冲压出区域 41。在另一实施例中,在制造 TIM 垫板 40 期间形成区域 41。

[0050] TIM 垫板 40 包括分散在相变材料(PCM)或硅脂中的碳纳米管(CNT)或石墨纳米纤维(GNF)。然后,在 xy 平面中排列 CNT 或 GNF(即,定位成平行于芯片 13 的表面)。这使得热量可被带至芯片堆叠 10 的边缘。一旦热量被带至芯片堆叠 10 的边缘,可以采用多个散热片或其它类型的装置来更有效地消散芯片堆叠 10 的热量。

[0051] CNT 或 GNF 借助于施加的磁场沿一个方向在热界面材料 30 中排列。通过在 3D 芯片堆叠 10 的 xy 平面中沿传导轴线排列 CNT 或 GNF 会制成在相当低负载水平下具有卓越导热性的 TIM 垫板 40。于 2010 年 7 月 23 日提交的名称为“A METHOD AND SYSTEM FOR ALIGNMENT OF GRAPHITE NANOFIBERS FOR ENHANCED THERMAL INTERFACE MATERIAL PERFORMANCE”的共同受让和共同在审的美国专利申请 12/842200(代理人案卷号 ROC92010010US1)描述了用于排列石墨纳米纤维以增强热界面材料性能的系统和方法,通过引用将该专利申请并入本文。

[0052] 优选地,热传导通道 18 形成并填充有传导材料、金属,或者可替换地,热传导通道 18 由热脂形成。热脂通常是填充有氧化铝、氧化锌或氮化硼的硅油,然而,可以使用和设想其它传导材料。一些品牌的热传导通道 18 使用微粒或粉末化银。另一类型的热传导通道 18 是相变材料。相变材料在室温下是固体,但是在操作温度下液化并表现得像油脂。热传导通道 18 将热量传导至其上的电路 14 的一部分以及从其上的电路 14 的一部分传导热量。热传导通道 18 耦接至焊料凸点 17,以将芯片堆叠 10 中的不同芯片 13(例如,芯片 13A 和 13B)互相连接起来,热传导通道 18 经由本发明的热脂 12 或 TIM 垫板 40 耦接至散热片 11,散热片 11 将热量传导至芯片堆叠 10 的一侧。

[0053] 电传导通道 16 耦接至位于芯片 13A-C 底表面的焊盘(bond pad)(未示出)上的焊料凸点 17。根据常规作法,焊料凸点 17 与芯片 13 电绝缘,而且彼此电绝缘。此外,电传导通道 16 优选地通过设置在传导通道 16 和芯片 13 之间的绝缘区域(未示出)与芯片 13 电绝缘。绝缘区域优选是二氧化硅(SiO₂),然而,可以采用和设想其它落入本发明范围内的绝缘材料。绝缘区域防止在电传导通道 16 中传送的信号干扰芯片 13 的偏置电压(其通常

是接地电位或 Vdd)。当然, 在一些情况下, 位于顶表面上的电路 14 的端子之一可保持处于基板电位, 在该情况下, 在需要时, 适合的电传导通道 16 可以是非绝缘的, 因此, 可以与保持在同样电位的芯片 13 电接触。

[0054] 如所示, 芯片 13 均使用处于可控塌陷芯片连接 (C4) 结构 (还通常称为焊料凸点或倒装焊接) 中的电传导通道 16。芯片堆叠 10 包括基础芯片 13A。然后, 焊料凸点 17 放置在用于第二 (或顶部) 芯片 13A 的电传导通道 16 的焊盘 (未示出) 上, 第二 (或顶部) 芯片朝下取向 (即倒装芯片), 排列并接触电传导通道 16。通过将焊料凸点 17 加热至回流焊温度 (在该温度, 焊料流动) 来形成电传导通道 16 之间的电气互连。在焊料流动后, 随后的冷却导致在导电通道 16 之间形成固定的导电接头。

[0055] 基础芯片 13A 在一侧通过热脂 12 附接至散热片 11。在替代实施例中, 包含竖直排列的碳 (石墨) 纳米纤维的热界面材料可取代热脂 12 作为基础芯片 13 顶部和散热片 11 之间的十分有效的热界面材料。美国专利申请 No. 12/842200 (名称为“A METHOD AND SYSTEM FOR ALIGNMENT OF GRAPHITE NANOFIBERS FOR ENHANCED THERMAL INTERFACE MATERIAL PERFORMANCE”) 公开了这样的布置。其它芯片 13B-13D 可具有在其顶表面和底表面上实施的 C4 连接结构, 如图 1 所示。在这种情形下, 第二芯片 13B 可类似地相对于基础芯片 13A 面朝下取向, 并使用焊料凸点 17 耦接至基础芯片 13A。

[0056] 图 1 的 C4 结构克服了连接方法的一个缺点。最初, 因为避免了球形焊接附接技术, 所以在连接期间加在焊料凸点 17 上的应力非常小, 这允许在焊料凸点 17 下方形成电路 14A-C。电路 14A-C 根据许多常规半导体加工技术中的任一种形成。然而, 图 1 的 C4 结构的一个主要缺点是不能消散由电路 14A-D 产生的热量。本发明的 TIM 垫板 40 包括分散在相变材料 (PCM) 或硅脂中的碳纳米管 (CNT) 或石墨纳米纤维 (GNF)。CNT 或 GNF 与芯片 13 的表面平行的位置排列。这使得热量可被带至芯片堆叠 10 的边缘。一旦热量被带至芯片堆叠 10 的边缘, 可以采用多个散热片或其它类型的装置来更有效地消散芯片堆叠 10 的热量。在一个实施例中, 所有碳纳米纤维 / 碳纳米管沿“东 / 西”排列, 并将热量抽吸至位于芯片堆叠东西两侧的散热片。

[0057] 图 2A 是示出随机分散在热界面材料 30 中的石墨纳米纤维 31 的示例的框图。如所示, 在坩埚 22 中有热界面材料 30。坩埚 22 被加热器 26 加热至使热界面材料 30 熔化的温度。在一个实施例中, 热界面材料 30 在比热界面材料 30 熔化温度高 10°C - 20°C 的温度下熔化。在一个实施例中, 热界面材料 30 是石蜡基的材料, 并在两侧由电磁体 21 包围。通过围绕电磁体 21 的线圈 23 在电磁体 21 中产生磁场。线圈 23 连接到开关 24, 这允许施加功率。

[0058] 图 2B 是示出具有石墨纳米纤维 31 的热界面材料 30 的示例的框图, 石墨纳米纤维 31 由磁场 25 排列, 以使传导轴线在热界面材料 30 中的取向为期望方向。足够强度的磁场 25 被施加到包含石墨纳米纤维 31 的热界面材料 30, 以排列石墨纳米纤维 31。在一个实施例中, 在平行于配合面的方位上排列石墨纳米纤维 31 的长轴。在另一实施例中, 沿石墨纤维的传导轴排列石墨纳米纤维 31。坩埚 22 被冷却至大约室温。一旦具有在相变材料中排列的石墨纳米纤维 31 的坩埚 22 被冷却至大约室温, 则从坩埚 22 移除热界面材料 30。在一个实施例中, 室温通常处于 60°F 至 80°F 的范围内。热界面材料 30 可以是但并不局限于石蜡 ($\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$)、脂肪酸 ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$)、金属盐水合物 ($\text{M}_n\text{H}_2\text{O}$) 和共晶体 (往往是盐在水中的

溶液)。在又一实施例中,热界面材料 30 可以是最终固化为垫板的基于有机硅的凝胶或膏体。

[0059] 石墨纳米纤维 31 使用公知方法分散在熔化的热界面材料 30 中。在一个实施例中,可以利用高速分散混合器。基于基础相变材料的量,本发明的热界面材料 30 中的石墨纳米纤维 31 量通常处于 4% 至 10% 的重量百分比范围内,优选大约 5% 的重量百分比。石墨纳米纤维 31 通常基本均匀地分散在整个热界面材料 30 的本体 (bulk) 中。坩锅 22 被冷却至大约室温。然后,从热界面材料 30 中将 TIM 垫 40 切割成期望的覆盖区域。使用本领域技术人员已知的常规技术从热界面材料 30 的板坯中切割出适当尺寸几何形状 (长度 X 和宽度 Y) 的垫板。与热界面材料垫板 40 配合的集成电路的覆盖区域控制所述几何形状。

[0060] 根据本公开,位于多个芯片 13A-D 之间的具有排列的石墨纳米纤维 31 的 TIM 垫板 40 增大期望位置处的导热性。通过利用位于多个芯片 13A-D 之间的具有排列的石墨纳米纤维 31 的 TIM 垫板 40,能够将更多的热量传输至芯片堆叠 10 的边缘。该解决方案的优点是其不用改变芯片表面就可以进一步降低了芯片温度,并且不需要改变生产线或将更多部件添加到该系统,例如液体冷却剂和微通道换热器。

[0061] 图 2C 是示出将热界面材料 30 切分成期望覆盖区域或 TIM 垫板 40 和块 (block) 45 的示例的框图。使用本领域技术人员已知的切割设备 28 的常规技术从热界面材料 30 的板坯 (slab) 中切割出适当尺寸几何形状 (长度 X 和宽度 Y) 的垫板 40。垫板 40 的几何形状由与热界面材料垫板 40 配合的集成电路的覆盖区域控制。使用本领域技术人员已知的切割设备 28 的常规技术从热界面材料 30 的板坯中切割出适当尺寸几何形状 (长度 X 和宽度 Y) 的块 45。块 45 旋转以使石墨纳米纤维 31 竖直地排列。热界面材料垫板 40 的竖直轴的覆盖区域将围绕块 45 的几何形状构造。

[0062] 图 3A 和 3B 是示出 TIM 垫板 40 的俯视图的示例的框图, TIM 垫板 40 具有由磁场 25 排列以使传导轴线取向为关于 TIM 垫 40 的垂直方向的石墨纳米纤维 31,并具有形成在 TIM 垫板上的各个位置处的多个区域 41。区域 41 在芯片 13 上提供用于形成在电传导通道 16 上的焊料凸点 17 的空间。焊料凸点 17 安置在传导通道 16 上,以经由 TIM 垫板 40 将一个芯片连接至另一芯片,以便例如将信号从芯片 13A 电气地传导至另一芯片 13B。在另一实施例中,焊料凸点 17 可例如将热量从芯片 13A 传导至另一芯片 13B,并最终传导至散热片 11。在另一实施例中,焊料凸点 17 可经由两个芯片 13(A-D) 之间的 TIM 垫板 40(A-C) 将热量从焊料凸点 17 横向地传导至芯片堆叠 10 的边缘。在另一实施例中, TIM 垫板 40 中的石墨纳米纤维 31 的方向在芯片之间交替改变,使得交替层将热量抽吸至位于芯片堆叠东 / 西侧的散热片,并抽吸至芯片堆叠的北 / 南侧。

[0063] 如所示,多个焊料凸点 17 和区域 41 是圆形的,然而,这仅用于说明性的,焊料凸点 17 和区域 41 可以具有任何形状,包括但并不限于三角形、矩形、方形、圆形、椭圆形、不规则或任何四边形或多边形。区域 41 的尺寸和形状通常由焊料凸点 17 的尺寸和形状确定。这是为了在 TIM 垫板 40 中提供用于焊料凸点 17 的空间。

[0064] 另外如所示,在一个实施例中,焊料凸点 17 和区域 41 以规则样式布置,然而,这仅是说明性的,焊料凸点 17 和区域 41 具有以任何期望样式布置的灵活性。该额外的灵活性水平允许电路 14A-C 与焊料凸点 17 和区域 41 位置无关地布置。这还允许电路 14A-C 上方的焊料凸点 17 位置以最优化方式定位,以与另一芯片 13 上的电路直接耦接。在另一实施

例中,焊料凸点 17 和区域 41 可以以这样的样式形成,即传导通道 16 在芯片 13 周界处提供功率,以协助冷却芯片 13。因此,焊料凸点 17 和区域 41 可定位在芯片 13A-D 上的任何地方,如图 1 所示,而不需要在模子周缘处形成这样的互连。

[0065] TIM 垫板 40 用于消除热传输表面之间(例如芯片 13(A-D)之间,微处理器和散热片之间)的任何间隙,以增加热传输效率。任何间隙通常填充有空气(十分差的导体)。

[0066] 图 3C 是示出热界面材料块 45 的俯视图示例的框图,热界面材料块 45 具有取向为传导轴线平行于 TIM 块 45 上的焊料凸点 17 和区域 41 的石墨纳米纤维 31。有多个区域 41 形成在 TIM 块上的各个位置。这些区域 41 是为了用焊料凸点 17 将芯片 13(A-D) 连接起来。在替代实施例中,额外的 TIM 块 45 与位于芯片 13(A-D) 之间的 TIM 块 45 的中心热接触,以将热量有效地抽吸到上方的芯片和下方的芯片,以便最终连接到位于芯片堆叠 10 顶部的散热片 11。在另一替代实施例中,额外的 TIM 块 45 与在芯片 13(A-D) 之间伸出的 TIM 垫板 40 边缘热接触,以将热量有效地抽吸至位于芯片堆叠 10 两侧的散热片 11。

[0067] 图 3D 是示出石墨纳米纤维 31 在其中排列的向量的示例的框图。在该图中,纳米纤维 31 经由使用如图 3A-3C 所示石墨纳米纤维 31 的芯片堆叠水平(即 XWY 平面)和竖直(即 XWZ 平面)地排列。竖直纳米纤维 31(即 XWZ 平面)位于与水平纳米纤维 31(即 XWY 平面)垂直的平面中。为了区分在水平平面(即 XWY 平面)中取向的纳米纤维 31 和在竖直平面 31(即 XWZ 平面)中取向的纳米纤维 31,从现在开始,那些在竖直平面(即 XWZ 平面)中取向的纤维被称为纳米纤维 32。这意味着石墨纳米纤维 31 总在垂直于 TIM 垫板 50 的最近侧边缘(即,不是顶部或底部)的水平平面(即 XWY 平面)中排列。然而,垫板 55 上的石墨纳米纤维 32 在竖直平面(即, XWZ 平面)中排列,并总是垂直于所有石墨纳米纤维 31。

[0068] 图 4 是示出具有石墨纳米纤维 31 的 TIM 垫板 50 的俯视图示例的框图,石墨纳米纤维 31 布置成具有石墨纳米纤维 31 的热界面材料 30 的两个相对侧在平行于 TIM 垫板 50 与芯片 13 接触的各侧的第一方向上传导热量,而另两个相对侧在垂直于第一方向且仍平行于 TIM 垫板 50 与芯片 13 接触的各侧的第二方向上传导热量。所示示例还示出具有竖直热传送块 55(即通道)的 TIM 垫板 50,竖直热传送块 55 包括与 TIM 垫板 50 中的所有石墨纳米纤维 31 垂直的石墨纳米纤维 32。在该实施例中,在图 3A 和 3B 中以俯视图显示的双向 TIM 垫板 50 可易于分段和连接起来,以使用石墨纳米纤维 31 将热量传导至芯片堆叠的所有四侧,并使用石墨纳米纤维 32 将热量竖直地传导通过竖直热传送块 55,如所示。竖直热传送块 55 从如图 3C 所示的块 45 中切割出。这意味着石墨纳米纤维 31 总是在垂直于 TIM 垫板 50 的最近边缘的水平平面(即, W→X 和 W→Y 平面)中排列。而位于竖直热传送块 55 上的石墨纳米纤维 32 在竖直平面(即, XYZ→Z1 和 XYZ→X1 平面)中排列,并总是垂直于所有石墨纳米纤维 31。在该实施例中,在组装了 TIM 垫板 50 之后,通常在 TIM 垫板 50 上施加用于芯片焊料凸点 17 的图案区域 51。这是为了确保恰当地排列用于芯片 13 上的芯片焊料凸点 17 的区域 51。

[0069] 图 5 是示出具有石墨纳米纤维 31 的 TIM 垫板 60 的另一示例的框图,石墨纳米纤维 31 布置成具有石墨纳米纤维 31 的 TIM 垫板 60 的两个相对侧在平行于 TIM 垫板 60 与芯片 13 接触的各侧的第一方向上传导热量,而另两个相对侧在垂直于第一方向且仍平行于 TIM 垫板 60 与芯片 13 接触的各侧的第二方向上传导热量。所示示例还示出具有竖直热传送块

65(即通道)的TIM垫板60, 竖直热传送块65包括垂直于TIM垫板60中的所有石墨纳米纤维31的石墨纳米纤维32。在该实施例中, 在图3A和3B中以俯视图显示的双向TIM垫板60可易于分段和连接起来, 以使用石墨纳米纤维31将热量传导至芯片堆叠的所有四侧, 并使用石墨纳米纤维32将热量竖直地传导通过图3C所示的竖直热传送块65, 如所示。这意味着石墨纳米纤维31总在垂直于TIM垫板60的最近边缘的XY平面中排列。然而, 垫板65上的石墨纳米纤维32在ZX或ZY平面中排列, 并总是垂直于所有石墨纳米纤维31。在替代实施例中, 在图3A和3B中以俯视图显示的双向TIM垫板60可易于分段和连接起来, 以将热量传导至芯片堆叠的所有四侧, 如所示, 使得石墨纳米纤维31将热量传导至TIM垫板60的最近边缘。在替代实施例中, TIM垫板60是矩形形状, 不管矩形的W/L比如何, 区域面积 $A=B=C=D$ 。在该替代实施例中, 存储芯片的芯片堆叠10被覆盖。在组装了TIM垫板60之后, 通常在TIM垫板60上施加用于芯片焊料凸点17的图案区域。这是为了确保恰当地排列用于芯片13上的芯片焊料凸点17的区域51。

[0070] 图6A是示出利用TIM垫板40形成芯片堆叠10的方法的示例的流程图, TIM垫板40具有由磁场25水平/竖直排列并被加热以使传导轴线取向为本发明的期望方向的石墨纳米纤维31。有若干方法用来形成独立芯片13并随后组装起来, 所以下面仅仅是利用具有排列的石墨纳米纤维31的热界面材料垫板40在多层堆叠10中构造硅器件的方法的一个示例。

[0071] 在步骤101, 添加至少一个热固性聚合物以生成TIM30基础。在一个实施例中, 根据下列程序制备热界面材料30。对于至少25ml的圆底烧瓶, 添加氨丙基(aminopropylmethyl)-二甲基硅氧烷共聚物(5g, 0.002摩尔APTES)(从Gelest Inc. 商业上获得)以及15ml的无水四氢呋喃(THF)和搅拌棒。关于该溶液, 逐滴添加糖基异氰酸盐(0.262g, 0.002摩尔)。在50°C下搅拌该反应物24小时。通过蒸馏去除THF, 以产生期望的糖基聚二甲基硅氧烷(PDMS)。

[0072] 在替代实施例中, 根据下列程序制备聚合物2。对于至少100ml的圆底烧瓶, 在添加磁性搅拌棒之后, 将呋喃保护的马来酸酐或呋喃保护的酸酐(0.5g, 0.002摩尔)溶解在30ml苯(20ml)中。关于该溶液, 连同苯(20ml)一起逐滴添加氨丙基-二甲基硅氧烷共聚物(5g, 0.002摩尔APTES)(从Gelest Inc. 商业上获得)。该反应物在80°C下磁力地混合2小时。然后, 添加 $ZnCl_2$ (0.27g, 0.002摩尔), 并磁力地搅拌30分钟。然后, 逐滴添加六甲基二硅氮烷(HMDS)(0.48g, 0.003摩尔)和苯(2.0ml)的溶液, 回流该反应物并混合1小时。过滤该溶液并利用0.5N HCl洗涤(wash)该溶液, 以实现最终的产品。用硫酸镁干燥有机层并通过蒸馏去除挥发物。

[0073] 为了制备TIM基础, 以相同重量%使用聚合物1和聚合物2。在将聚合物1和聚合物2混合在一起时, 可添加并混合碳纤维状结构。一旦混合, 可施加TIM, 并允许从室温到70°C固化。当准备排列时, 使温度为约110°C, 在该温度下, 聚合物会经受逆狄尔斯-阿尔德反应, 使聚合物解交联(un-crosslink), 从而明显减少粘性并允许经由外场容易地排列。这使得最佳地排列碳纳米纤维31状结构。下面是说明逆狄尔斯-阿尔德反应的示例。

[0074] 在步骤102, 使用已知方法将石墨纳米纤维31分散在TIM30中。在一个实施例中, 可以使用高速分散混合器。基于TIM30的量, 本发明的TIM30中的石墨纳米纤维31量通常处于4%至10%重量百分比范围中, 优选大约5%的重量百分比。石墨纳米纤维31通常基本

均匀地分散在整个 TIM30 的本体中。在替代实施例中,碳纳米纤维或碳纳米管可代替石墨纳米纤维 31。

[0075] 在步骤 103,对包含石墨纳米纤维 31 的 TIM30 施加足够强度的磁场 25(图 2B),以排列石墨纳米纤维 31。在一个实施例中,沿石墨纤维的传导轴线排列石墨纳米纤维 31 的长轴。在另一实施例中,在垂直于配合面的方位上排列石墨纳米纤维 31。在又一实施例中,磁场通常处于 500-160000 高斯或 0.05-16 特斯拉的范围内。

[0076] 在步骤 104,将具有石墨纳米纤维 31 的 TIM30 加热至一温度,以交联 TIM30 中的聚合物。在优选的环境中,将 TIM30 加热至并保持在大约 60°C -80°C 的温度。在步骤 105,将 TIM30 冷却至大约室温,即大约 20°C -25°C。

[0077] 一旦将具有排列的石墨纳米纤维 31 的 TIM30 冷却至大约室温,则将 TIM30 切割成用于 TIM 垫板 40 和块 45 的期望覆盖区域。使用本领域中技术人员已知的常规技术从 TIM30 板坯中切割出具有适当尺寸几何形状(长度 X、宽度 Y 和厚度 Z)的 TIM 垫板 40 和块 45。TIM 垫板 40 和块 45 的几何形状由与 TIM 垫板 40 和块 45 配合的集成电路的覆盖区域控制。在步骤 107,将 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 组装成期望样式。在一个实施例中,该样式是大约方形 TIM 垫板 50。在另一实施例中,该样式是矩形 TIM 垫板 60。在又一实施例中,该样式是设计用于芯片堆叠 13 的任何几何构造。

[0078] 在步骤 111,则在芯片 13 的底表面上形成焊料凸点 17。这些焊料凸点 17 通常与芯片 13 上的电传导通道 16 对准,以传导电信号。在替代实施例中,热传导通道 18 可传导热量,而不是电信号,并使用具有热传导能力的焊料凸点 17。在一个实施例中,同一工艺可用于生成既用于导电通道 16 又用于任何热传导通道 18 的焊料凸点 17。

[0079] 在步骤 112,在 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 内放置(即冲压)与芯片 13 上的焊料凸点 17 对应的区域 41。这允许芯片 13 上的这些焊料凸点延伸穿过 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45,以机械方式和电气方式连接另一芯片 13。在步骤 113,芯片堆叠 10 中的芯片 13 与 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 组装,TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 位于在两个相邻芯片 13 之间。

[0080] 在步骤 114,将芯片堆叠 10 加热至回流焊温度,在该温度,焊料凸点 17 中的焊料流动。随后的冷却导致在电传导通道 16 之间形成固定的导电接头。一个示例是使第一芯片 13A 的底表面耦接至第二芯片 13B 的顶表面,TIM 垫板 40A(图 1)在两者之间。

[0081] 在步骤 115,确定是否测试芯片堆叠 10 中的芯片 13 上的电路。如果在步骤 115 确定不执行对芯片堆叠 10 中的电路的测试,则方法 100 跳至步骤 119。然而,如果在步骤 115 确定测试芯片堆叠 10 中的芯片 13 上的电路,则在步骤 116 测试电路的电学性能。

[0082] 在步骤 119,方法 100 将散热片 11 附接至一个或多个芯片 13 的一个或多个表面。

[0083] 图 6B 是示出利用具有石墨纳米纤维 31 的 TIM30 形成硅器件的替代方法的示例的流程图,石墨纳米纤维 31 被磁场水平/竖直排列并被加热以使传导轴线取向为本发明的期望方向。

[0084] 在步骤 121,在坩锅 22 中使 TIM30 熔化。在一个实施例中,基体 TIM30 在比 TIM30 熔化温度高 12-20°C 的温度下熔化。在一个实施例中,TIM30 是基于石蜡的材料。在另外实施例中,TIM30 可以但并不局限于石蜡(C_nH_{2n+2})、脂肪酸($CH_3(CH_2)_nCOOH$)、金属盐水合物(M_nH_2O)和共晶体(往往是盐在水中的溶液)。在又一实施例中,TIM30 可以是用作最终固化为垫板的 TIM30 的基于有机硅的凝胶或膏体。

[0085] 在步骤 122, 使用已知方法将石墨纳米纤维 31 分配在熔化的 TIM30 中。在一个实施例中, 可以使用高速分散混合器。基于 TIM30 的量, 本发明的 TIM30 中的石墨纳米纤维 31 量通常处于 4% 至 12% 重量百分比范围内, 优选大约 5% 重量百分比。石墨纳米纤维 31 通常基本均匀地分散在整个 TIM30 的本体中。在替代实施例中, 碳纳米纤维或碳纳米管可代替石墨纳米纤维 31。

[0086] 在步骤 123, 对包含石墨纳米纤维 31 的 TIM30 施加足够强度的磁场 25 (图 2B), 以排列石墨纳米纤维 31。在一个实施例中, 沿石墨纤维的传导轴线排列石墨纳米纤维 31 的长轴。在另一实施例中, 在垂直于配合面的方位上排列石墨纳米纤维 31。在又一实施例中, 磁场通常处于 500-160000 高斯或 0.05-16 特斯拉的范围内。

[0087] 在步骤 124, 将 TIM30 冷却至大约室温, 即大约 20°C -25°C。一旦将具有排列的石墨纳米纤维 31 的 TIM30 冷却至大约室温, 则在步骤 125 将 TIM30 切割成用于 TIM 垫板 40 和块 45 的期望覆盖区域。使用本领域技术人员已知的常规技术从 TIM30 的板坯中切割出具有适当尺寸几何形状 (长度 X、宽度 Y 和厚度 Z) 的 TIM 垫板 40。TIM 垫板 40 的几何形状由与 TIM 垫板 40 配合的集成电路的覆盖区域控制。在步骤 126, 将 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 组装为期望样式。在一个实施例中, 该样式为大约方形 TIM 垫板 50。在另一实施例中, 该样式为矩形 TIM 垫板 60。在又一实施例中, 该样式为设计用于芯片堆叠 13 的任何几何构造。

[0088] 在步骤 131, 则在芯片 13 的底表面上形成焊料凸点 17。这些焊料凸点 17 通常与芯片 13 上的电传导通道 16 对准, 以传导电信号。在替代实施例中, 热传导通道 18 可传导热量, 而不是电信号, 并使用具有热传导能力的焊料凸点 17。在一个实施例中, 同一工艺可用于生成既用于电传导通道 16 又用于任何热传导通道 18 的焊料凸点 17。

[0089] 在步骤 132, 在 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 内放置 (即冲压) 与芯片 13 上的焊料凸点 17 对应的区域 41。这允许芯片 13 上的这些焊料凸点延伸穿过 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45, 以机械方式和电气方式连接另一芯片 13。在步骤 133, 芯片堆叠 10 中的芯片 13 与 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 组装, TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 在两个相邻芯片 13 之间。

[0090] 在步骤 134, 将芯片堆叠 10 加热至回流焊温度, 在该温度, 焊料凸点 17 中的焊料流动。随后的冷却导致在导电通道 16 之间形成固定的导电接头。一个示例是使第一芯片 13A 的底表面耦接至第二芯片 13B 的顶表面, TIM 垫板 40A (图 1) 位于两者之间。

[0091] 在步骤 135, 确定是否测试芯片堆叠 10 中的芯片 13 上的电路。如果在步骤 135 确定不执行对芯片堆叠 10 中的电路的测试, 则方法 110 跳至步骤 139。然而, 如果在步骤 135 确定测试芯片堆叠 10 中的芯片 13 上的电路, 则在步骤 136 测试电路的电学性能。

[0092] 在步骤 139, 方法 110 将散热片 11 附接至一个或多个芯片 13 的一个或多个表面。

[0093] 图 7A 是示出利用具有石墨纳米纤维 31 的 TIM30 形成硅器件 13 的替代方法的示例的流程图, 石墨纳米纤维首先被磁场 25 水平排列, 以使传导轴线取向为期望方向, 然后通过磁场 25 竖直排列中心部分, 以使传导轴线取向为垂直或竖直方向。

[0094] 在步骤 141, 添加至少一个热固性聚合物以生成 TIM30 基础。在一个实施例中, 根据下列程序制备热界面材料 30。添加将氨丙基 - 二甲基硅氧烷共聚物 (5g, 0.002 摩尔 APTES) (可从 Gelest Inc. 商业获得) 以及 15ml 无水四氢呋喃 (THF) 和搅拌棒添加到至少 25ml 的圆底烧瓶。将糖基异氰酸盐 (0.262g, 0.002 摩尔) 逐滴添加到该溶液。在 50°C 下搅拌该反应物 24 小时。通过蒸馏去除 THF, 以产生期望的糖基聚二甲基硅氧烷 (PDMS)。

[0095] 在替代实施例中,根据下列程序制备聚合物 2。对于至少 100ml 的圆底烧瓶,在添加磁性搅拌棒之后,将呋喃保护的马来酸酐或呋喃保护的酸酐(0.5g, 0.002 摩尔)溶解在 30ml 苯(20ml)中。氨丙基-二甲基硅氧烷共聚物(5g, 0.002 摩尔 APTES)(从 Gelest Inc. 商业上获得)连同苯(20ml)一起逐滴添加到该溶液中。该反应物在 80°C 下磁力地混合 2 小时。然后,添加 $ZnCl_2$ (0.27g, 0.002 摩尔),并磁力地搅拌 30 分钟。然后,逐滴添加六甲基二硅氮烷(HMDS)(0.48g, 0.003 摩尔)和苯(2.0ml)的溶液,回流该溶液并混合 1 小时。过滤该溶液并用 0.5N HCl 洗涤,以建立反应产物。通过硫酸镁干燥有机层并通过蒸馏去除挥发物。

[0096] 为了制备 TIM 基础,以相同重量百分比使用聚合物 1 和聚合物 2。在将聚合物 1 和聚合物 2 混合在一起时,可添加并混合碳纤维状结构。合适磁场的应用允许最佳地排列碳纳米纤维 31 状结构。

[0097] 在步骤 142,使用已知方法将石墨纳米纤维 31 分散在 TIM30 中。在一个实施例中,可以使用高速分散混合器。基于 TIM30 的量,本发明的 TIM30 中的石墨纳米纤维 31 量通常处于 4% 至 14% 的重量百分比范围中,优选大约 5% 重量百分比。石墨纳米纤维 31 通常基本均匀地分散在整个 TIM30 的本体中。在替代实施例中,碳纳米纤维或碳纳米管可代替石墨纳米纤维 31。

[0098] 在步骤 143,对包含石墨纳米纤维 31 的 TIM30 施加足够强度的磁场 25(图 2B),以水平地排列石墨纳米纤维 31。在一个实施例中,沿石墨纤维的传导轴线排列石墨纳米纤维 31 的长轴。在另一实施例中,在垂直于配合面的方位上排列石墨纳米纤维 31。在又一实施例中,磁场通常处于 500-160000 高斯或 0.05-16 特斯拉的范围内。

[0099] 在步骤 144,将具有碳纳米纤维 31 的 TIM30 加热至一温度,以交联 TIM30 中的聚合物。在优先实施例中,将 TIM30 加热并保持在大约 60°C -80°C 的温度。在步骤 145,将 TIM30 冷却至大约室温,即大约 20°C -25°C。

[0100] 一旦将具有排列的石墨纳米纤维 31 的 TIM30 冷却至大约室温,则将 TIM30 切割成用于 TIM 垫板 40 的期望覆盖区域。使用本领域中技术人员已知的常规技术从 TIM30 板坯中切割出具有适当尺寸几何形状(长度 X、宽度 Y 和厚度 Z)的 TIM 垫板 40。TIM 垫板 40 的几何形状由与 TIM 垫板 40 配合的集成电路的覆盖区域控制。在步骤 147,将 TIM 垫板 40 组装成期望样式。在一个实施例中,该样式是大约方形 TIM 垫板 50。在另一实施例中,该样式是矩形 TIM 垫板 60。在又一实施例中,该样式是设计用于芯片堆叠 13 的任何几何构造

[0101] 在步骤 148,TIM 垫板 40 和石墨纳米纤维 31 经受局部加热,以使 TIM 垫板 40 中的聚合物解交联。在步骤 149,磁性掩模用于竖直地排列 TIM 垫板 40 中的石墨纳米纤维 31。这生成竖直热传送块 55(图 4)和包括垂直于 TIM 垫板 40 中的所有石墨纳米纤维 31 的石墨纳米纤维 32 的竖直热传送块 65(图 5)。在步骤 151,将 TIM 垫板 40 加热至一温度,以交联 TIM 垫板 40 中的聚合物。在优选实施例中,将 TIM 垫板 40 冷却并保持在大约 60°C -80°C 的温度,以经由狄尔斯-阿尔德反应交联 TIM。在步骤 152,将 TIM 垫板 40 冷却至大约室温。在一个实施例中,室温通常处于 60 °F 至 80 °F 的范围内。

[0102] 在步骤 153,则在芯片 13 的底表面上形成焊料凸点 17。这些焊料凸点 17 通常与芯片 13 上的电传导通道 16 对准,以传导电信号。在替代实施例中,热传导通道 18 可传导热量,而不是电信号,并使用具有热传导能力的焊料凸点 17。在一个实施例中,同一工艺可

用于生成既用于电传导通道 16 又用于任何热传导通道 18 的焊料凸点 17。

[0103] 在步骤 154, TIM 垫板 40 内放置(即冲压)与芯片 13 上的焊料凸点 17 对应的区域 41。这允许芯片 13 上的这些焊料凸点延伸穿过 TIM 垫板 40, 以机械方式和电气方式连接另一芯片 13。在步骤 155, 芯片堆叠 14 中的芯片 13 与 TIM 垫板 40 组装, TIM 垫板 40 在两个相邻芯片 13 之间。

[0104] 在步骤 156, 将芯片堆叠 14 加热至回流焊温度, 在该温度, 焊料凸点 17 中的焊料流动。随后的冷却导致在电传导通道 16 之间形成固定的导电接头。一个示例是使第一芯片 13A 的底表面耦接至第二芯片 13B 的顶表面, TIM 垫板 40A(图 1) 位于两者之间。

[0105] 在步骤 157, 确定是否测试芯片堆叠 14 中的芯片 13 上的电路。如果在步骤 157 确定不执行对芯片堆叠 14 中的电路的测试, 则方法 140 跳至步骤 159。然而, 如果在步骤 157 确定测试芯片堆叠 14 中的芯片 13 上的电路, 则在步骤 158 测试电路的电学性能。

[0106] 在步骤 159, 方法 140 将散热片 11 附接至一个或多个芯片 13 的一个或多个表面。

[0107] 图 7B 是示出利用具有石墨纳米纤维 31 的 TIM30 形成硅器件 13 的替代方法的示例的流程图, 石墨纳米纤维首先被磁场 25 水平排列, 以使传导轴线取向为期望方向, 然后通过磁场 25 垂直排列中心部分, 以使传导轴线取向为垂直或垂直方向。

[0108] 在步骤 161, 在坩锅 22 中使 TIM30 熔化。在一个实施例中, 在比 TIM30 熔化温度高 16-20°C 的温度下使基体 TIM30 熔化。在一个实施例中, TIM30 是基于石蜡的材料。在另外实施例中, TIM30 可以但并不局限于石蜡 (C_nH_{2n+2})、脂肪酸 ($CH_3(CH_2)_nCOOH$)、金属盐水合物 (M_nH_2O) 和共晶体(往往是盐在水中的溶液)。在又一实施例中, TIM30 可以是用作最终固化为垫板的 TIM30 的基于有机硅的凝胶或膏体。

[0109] 在步骤 162, 使用已知方法将石墨纳米纤维 31 分散在熔化的 TIM30 中。在一个实施例中, 可以使用高速分散混合器。基于 TIM30 的量, 本发明的 TIM30 中的石墨纳米纤维 31 量通常处于 4% 至 16% 重量百分比范围内, 优选大约 5% 重量百分比。石墨纳米纤维 31 通常基本均匀地分散在整个 TIM30 的本体中。在替代实施例中, 碳纳米纤维或碳纳米管可代替石墨纳米纤维 31。

[0110] 在步骤 163, 对包含石墨纳米纤维 31 的 TIM30 施加足够强度的磁场 25(图 2B), 以排列石墨纳米纤维 31。在一个实施例中, 沿石墨纤维的传导轴线排列石墨纳米纤维 31 的长轴。在另一实施例中, 在垂直于配合面的方位上排列石墨纳米纤维 31。在又一实施例中, 磁场通常处于 500-160000 高斯或 0.05-16 特斯拉的范围内。

[0111] 在步骤 164, 将 TIM30 冷却至大约室温。在一个实施例中, 室温通常处于 60 °F 至 80 °F 的范围内。一旦将具有排列的石墨纳米纤维 31 的 TIM30 冷却至大约室温, 则在步骤 165 将 TIM30 切割成用于 TIM 垫板 40 的期望覆盖区域。使用本领域技术人员已知的常规技术从 TIM30 的板坯中切割出具有适当尺寸几何形状(长度 X、宽度 Y 和厚度 Z)的 TIM 垫板 40。TIM 垫板 40 的几何形状由与 TIM 垫板 40 配合的集成电路的覆盖区域控制。在步骤 166, 将 TIM 垫板 40 组装为期望样式。

[0112] 在步骤 167, TIM 垫板 40 和石墨纳米纤维 31 经受对 TIM 垫板 40 的局部加热。在步骤 168, 磁性掩模用于竖直地排列 TIM 垫板 40 中的石墨纳米纤维 31, 并将这些石墨纳米纤维 31 转变为石墨纳米纤维 32。这生成了竖直热传送块 55(图 4) 和包括垂直于 TIM 垫板 40 中的所有石墨纳米纤维 31 的石墨纳米纤维 32 的热传送块 65(图 5)。

[0113] 在步骤 171, 将 TIM 垫板 40 冷却至大约室温, 即大约 20°C -25°C。

[0114] 在步骤 172, 则在芯片 13 的底表面上形成焊料凸点 17。这些焊料凸点 17 通常与芯片 13 上的电传导通道 16 对准, 以传导电信号。在替代实施例中, 热传导通道 18 可传导热量, 而不是电信号, 并使用具有热传导能力的焊料凸点 17。在一个实施例中, 同一工艺可用于生成既用于电传导通道 16 又用于任何热传导通道 18 的焊料凸点 17。

[0115] 在步骤 173, 在 TIM 垫板 40 和 TIM 块 45 内放置 (即冲压) 与芯片 13 上的焊料凸点 17 对应的区域 41。这允许芯片 13 上的这些焊料凸点延伸穿过 TIM 垫板 40, 以机械方式和电气方式连接另一芯片 13。在步骤 174, 芯片堆叠 10 中的芯片 13 与 TIM 垫板 40 组装, TIM 垫板 40 位于两个相邻芯片 13 之间。

[0116] 在步骤 175, 将芯片堆叠 10 加热至回流焊温度, 在该温度, 焊料凸点 17 中的焊料流动。随后的冷却导致在导电通道 16 之间形成固定的导电接头。一个示例是使第一芯片 13A 的底表面耦接至第二芯片 13B 的顶表面, TIM 垫板 40A (图 1) 位于两者之间。

[0117] 在步骤 176, 确定是否测试芯片堆叠 10 中的芯片 13 上的电路。如果在步骤 176 确定不执行对芯片堆叠 10 中的电路的测试, 则方法 160 跳至步骤 179。然而, 如果在步骤 176 确定测试芯片堆叠 10 中的芯片 13 上的电路, 则在步骤 177 测试电路的电学性能。

[0118] 在步骤 179, 方法 160 将散热片 11 附接至一个或多个芯片 13 的一个或多个表面。

[0119] 本文中使用的术语仅用于描述具体实施例, 且不意在限制本发明。如本文中所使用的, 单数形式“一个”及其变体也意图包括复数形式, 除非上下文另外清楚地指明。应进一步理解, 当在本说明书中使用术语“包括”及其变体表示存在所述特征、整体、步骤、操作、要素和 / 或部件, 但不排除存在或添加一种或多种其它特征、整体、步骤、操作、要素、部件和 / 或其集合。

[0120] 附图中的流程图和框图说明根据本发明的各种实施例的系统和方法的可能实施方式的功能性和操作。在这点上, 流程图或框图中的各个框可表示待实施的模块、段或任务, 其包括一个或多个用于实施规定功能的可执行步骤。还应指出的是, 在一些替代实施方式中, 在所述框中记载的功能可以不同于附图中所示的顺序发生。例如, 取决于所涉及的功能性, 连续显示的两个框事实上可基本同时实施, 或者所述框可有时以相反的顺序执行。

[0121] 应强调的是, 本发明的上述实施方案, 特别是任何“优选的”实施方案, 仅为用于清楚地理解本发明的原理而给出的实施方式的可行例子。在基本不脱离本发明的主旨和原理的情况下, 可对发明的上述实施方案做出许多改变和改型。所有这样的改型和改变在此均意图包括在本公开和本发明的范围内, 并由以下权利要求保护。

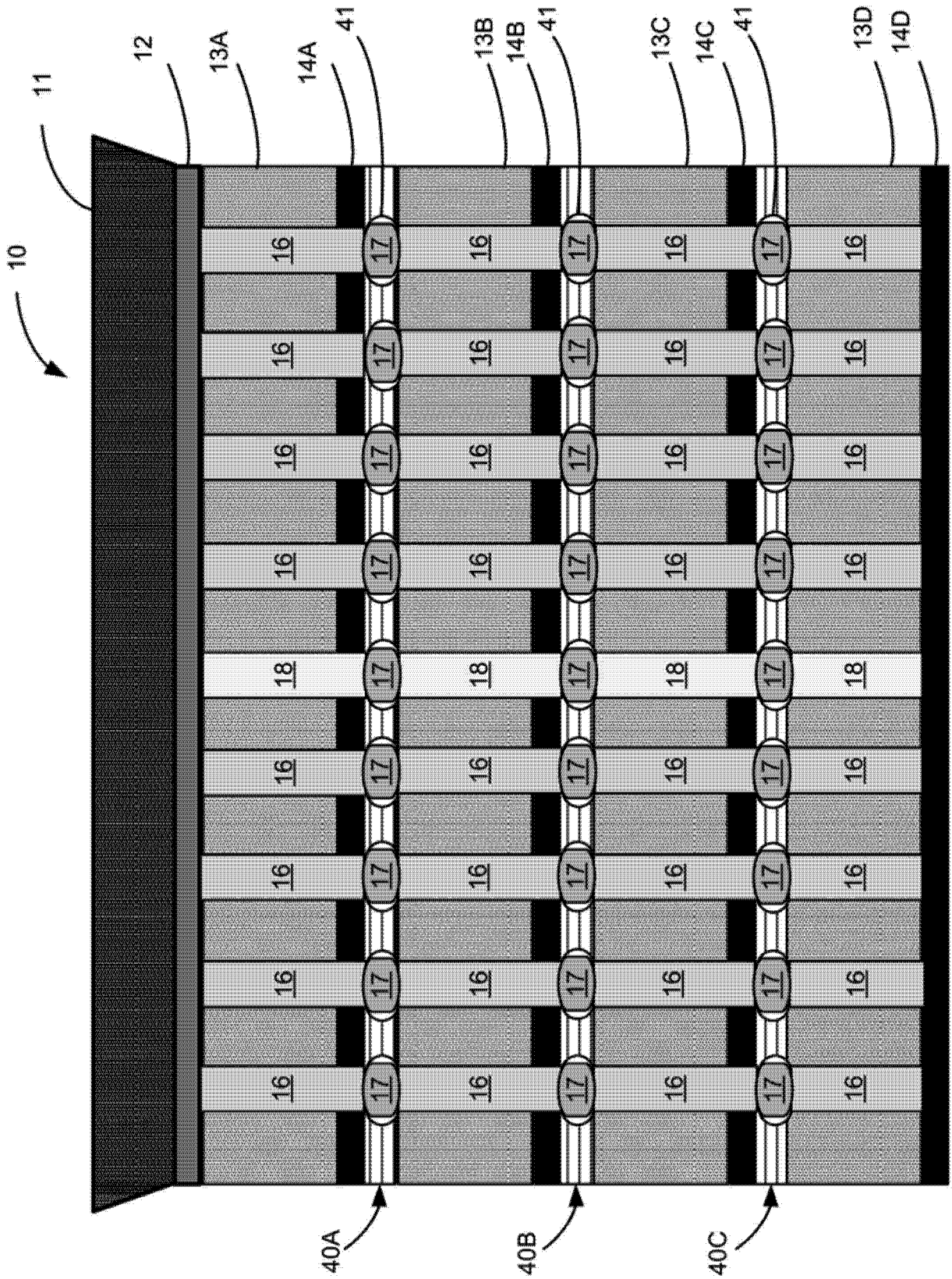


图 1

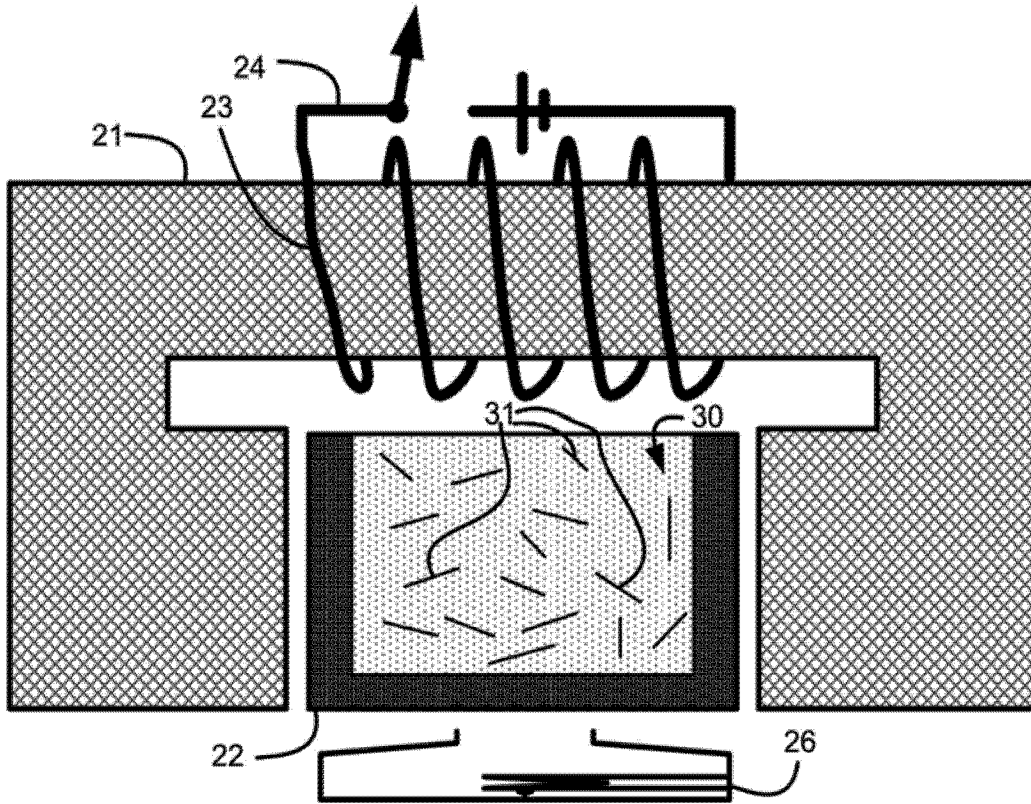


图 2A

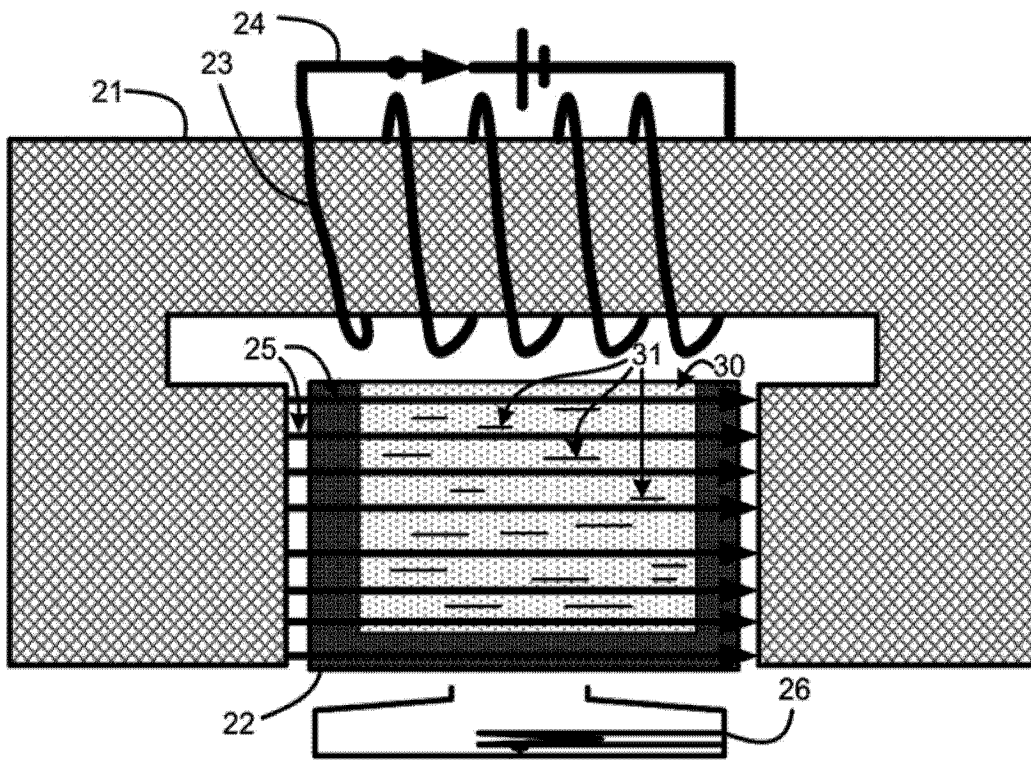


图 2B

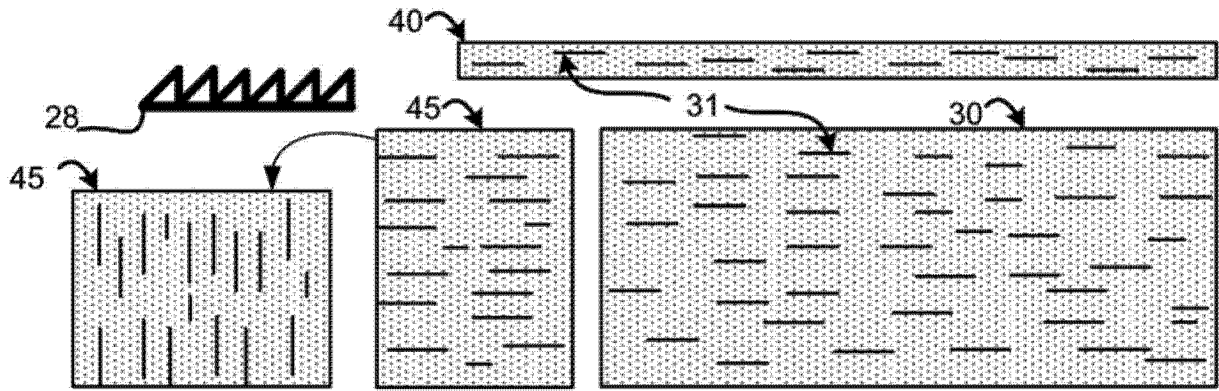


图 2C

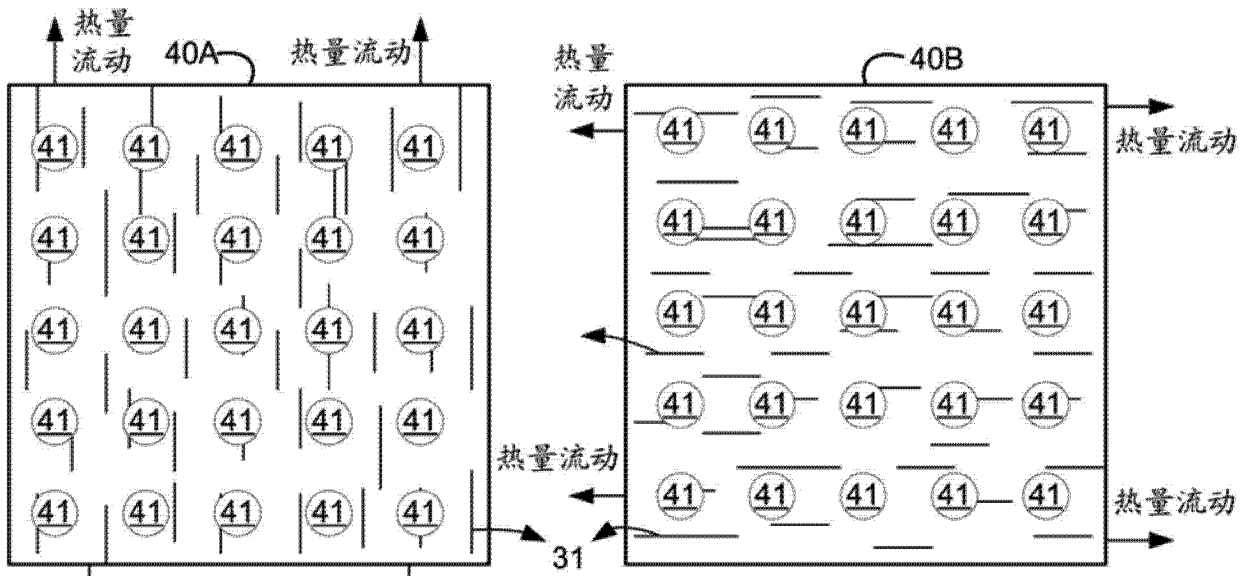


图 3A

图 3B

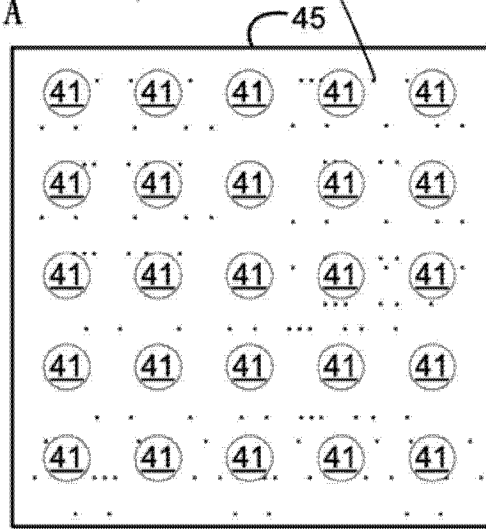


图 3C

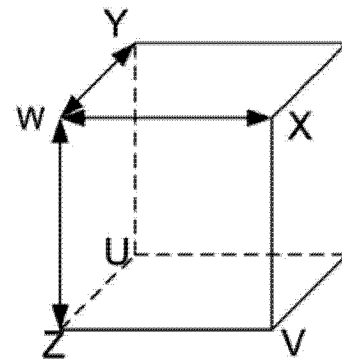


图 3D

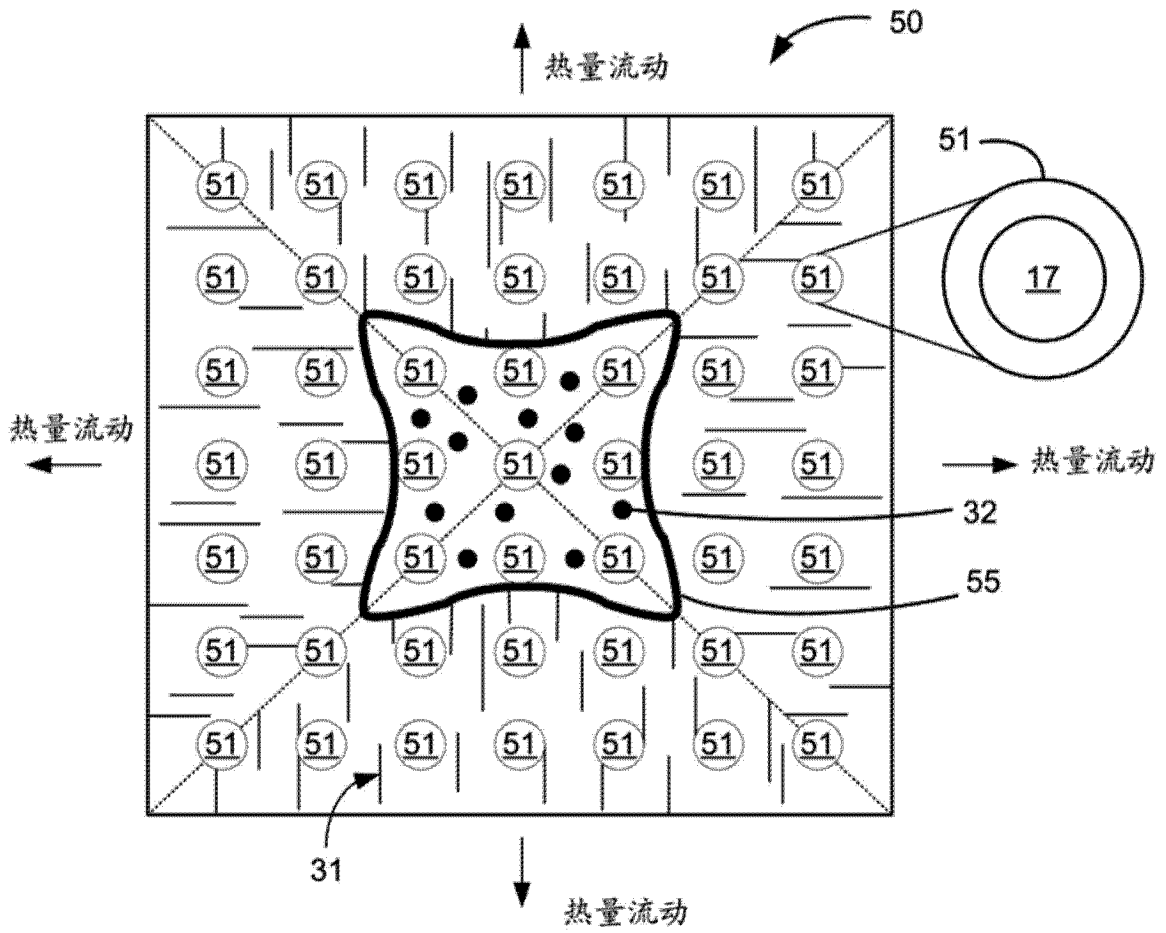


图 4

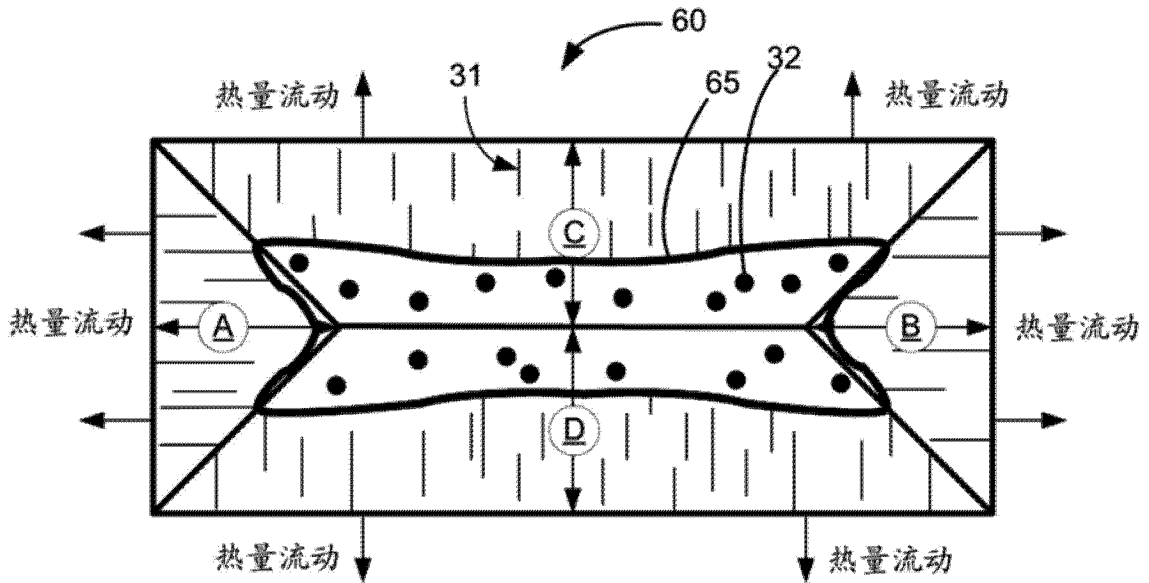


图 5

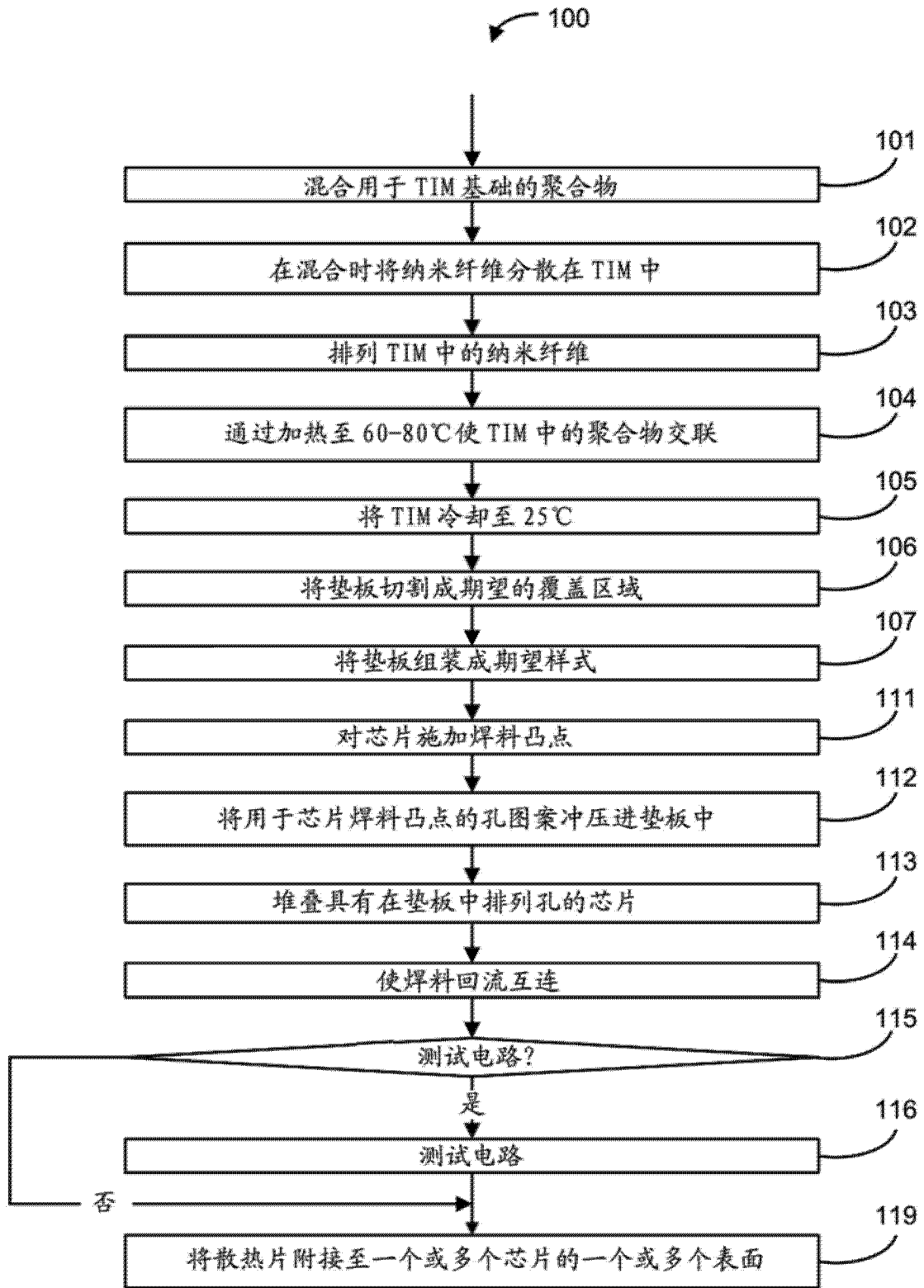


图 6A

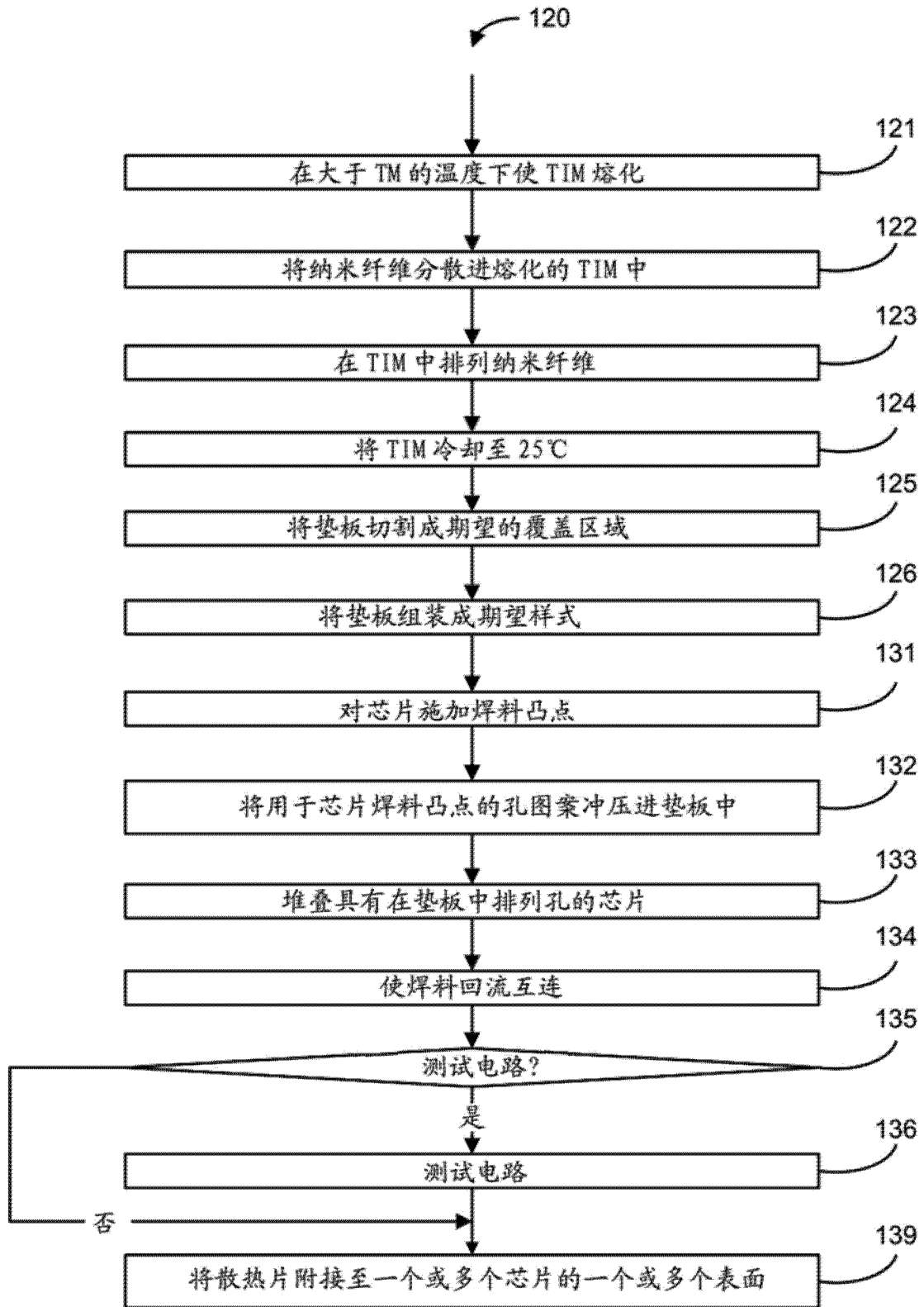


图 6B

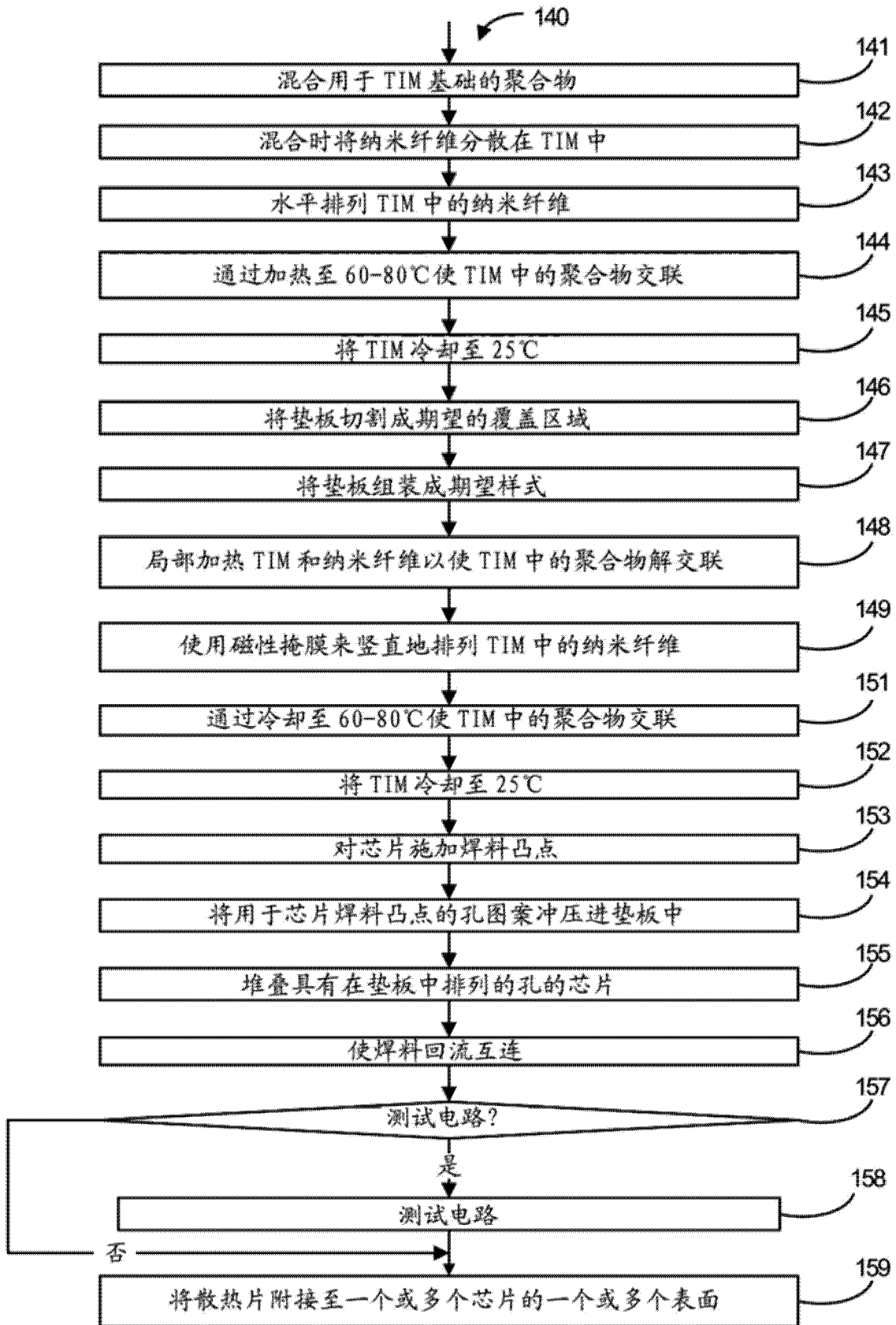


图 7A

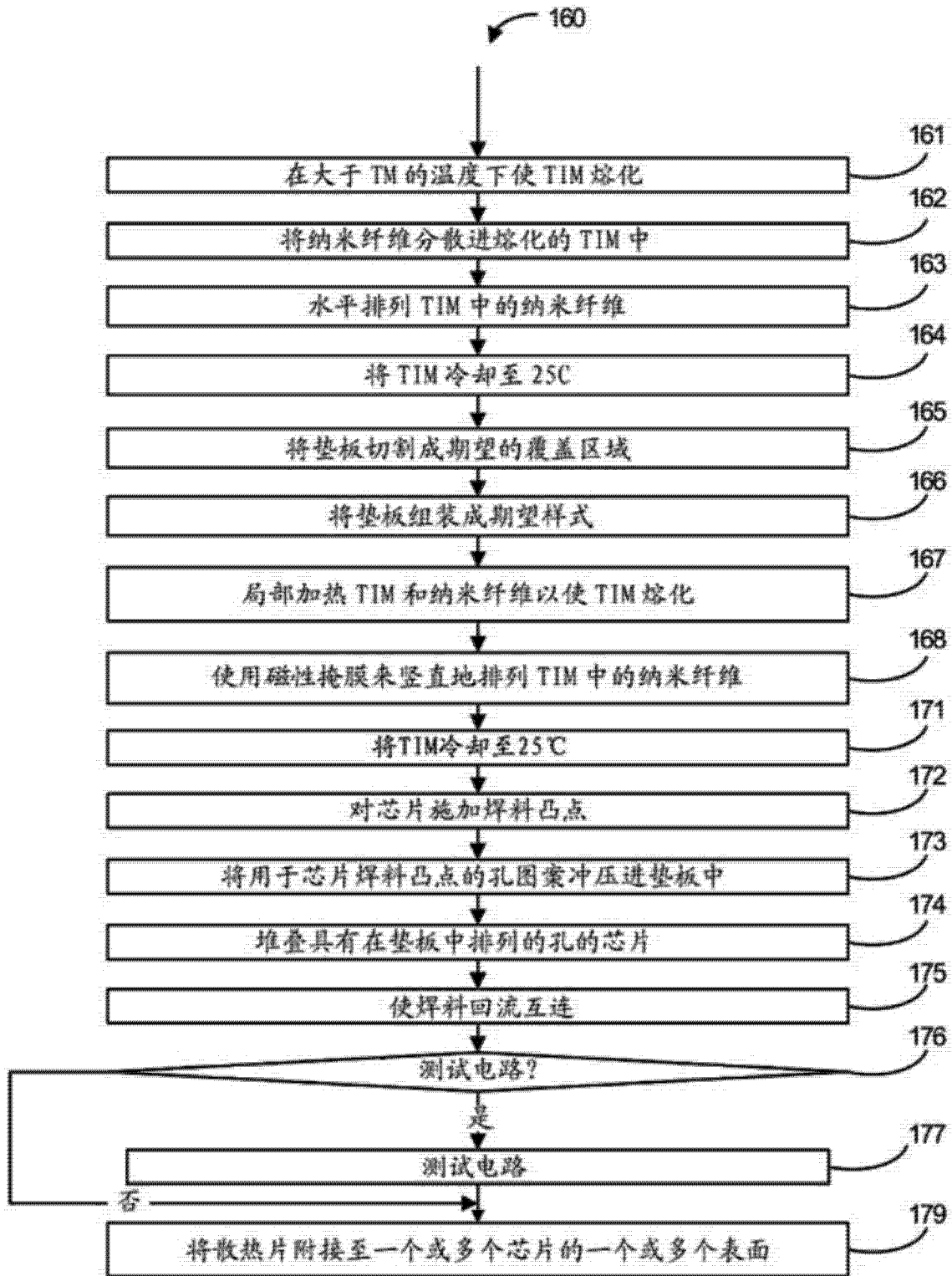


图 7B