



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104813751 B

(45)授权公告日 2019.12.31

(21)申请号 201380061372.9

(22)申请日 2013.09.24

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104813751 A

(43)申请公布日 2015.07.29

(30)优先权数据  
61/705,362 2012.09.25 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.05.25

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2013/061335 2013.09.24

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/052282 EN 2014.04.03

(73)专利权人 莫门蒂夫性能材料股份有限公司  
地址 美国纽约

(72)发明人 范炜 刘翔 约翰·马里纳  
亚伦·雷普

(74)专利代理机构 北京品源专利代理有限公司  
11332

代理人 杨生平 钟锦舜

(51)Int.Cl.  
H05K 3/10(2006.01)  
H05K 7/20(2006.01)  
B32B 15/04(2006.01)

(56)对比文件  
JP 特开2011-23670 A, 2011.02.03, 说明书  
第0024段至第0060段、附图1至8.

CN 1792124 A, 2006.06.21, 说明书第2页第  
12行至第6页第15行、附图1.

US 5195021 A, 1993.03.16, 说明书第3栏第  
53行至第7栏第23行, 附图1-5.

US 2012/0234524 A1, 2012.09.20, 说明书  
第0040段至第0076段、附图1-8.

CN 1874889 A, 2006.12.06, 说明书第8页第  
5行至第22页第1行、附图1-3.

审查员 黄栋栋

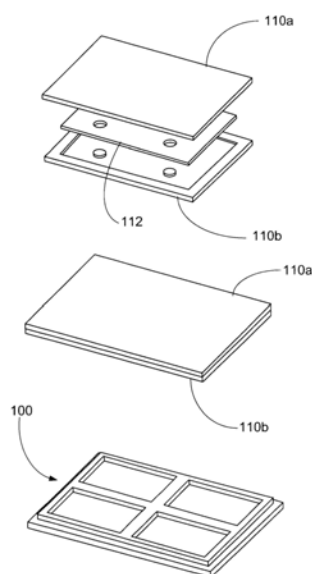
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

## (54)发明名称

包括块状石墨烯材料的热管理组件

## (57)摘要

一种热管理组件,其包括块状石墨烯材料和设置在块状石墨烯材料相对面上的金属基涂层,其包括与所述石墨烯反应以形成碳化物的试剂。金属基涂层可以用作组件的外层或者可以用以将石墨烯结合至封装石墨烯芯部的其它材料。具有反应试剂的金属基涂层提供表现出优异热导率性能和极大改进界面热阻的组件。



1. 一种热管理组件,其包括:  
第一基板;  
第二基板;  
块状石墨烯材料,其设置在所述第一基板和所述第二基板之间;以及  
热结合层,其设置在(a)块状石墨烯层的第一表面和所述第一基板之间以及(b)块状石墨烯层的第二表面和所述第二基板之间,所述热结合层包括(i)金属基材料,其中所述金属基材料从银、锡、铅、银-铜、镍或者其中两种或更多种的组合中独立地选取以及(ii)与所述块状石墨烯反应以形成碳化物的试剂,其中所述试剂选自钛、锆、铬、钎、铝、钼、铁、硅或其中两种或更多种的组合,其中所述热结合层是单层,并且其中所述热结合层独立地具有20W/m-K或者更高的热导率,并且熔融温度小于所述基板的熔融温度和所述块状石墨烯的熔融温度。
2. 根据权利要求1所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料包括至少3000个石墨烯层,所述石墨烯层以每毫米厚度至多1度的角度彼此平行。
3. 根据权利要求2所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料表现出至少1000W/m-K的平面内热导率。
4. 根据权利要求2所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料表现出从1000W/m-K至1800W/m-K的平面内热导率。
5. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述热结合层具有与所述第一基板和所述第二基板的组成不同的组成。
6. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述第一基板和所述第二基板独立地包括金属或者陶瓷材料。
7. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述第一基板和所述第二基板独立地包括铜、铝、钨、钼、镍、铁、锡、银、金、铍或其中两种或更多种构成的合金。
8. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述第一基板和所述第二基板独立地包括氮化硅、碳化硅、氮化铝、氧化铝、氧化铍、氮化硼或其中两种或更多种的组合。
9. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述第一基板包括铜、铝、钨、钼、镍、铁、锡、银、金、铍或其中两种或更多种构成的合金,并且所述第二基板包括氮化硅、碳化硅、氮化铝、氧化铝、氧化铍、氮化硼或其中两种或更多种的组合。
10. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料的厚度为所述热管理组件的总厚度的25%至95%。
11. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料的厚度为所述热管理组件的总厚度的35%至90%。
12. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料是热裂解石墨。
13. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯材料包括至少3000个石墨烯层,并且所述块状石墨烯材料设置在所述组件中使得所述石墨烯层垂直于所述第一基板和所述第二基板定向。
14. 根据权利要求13所述的热管理组件,其中,具有从200W/m-K至1200W/m-K的跨平面

热导率。

15. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述热结合具有小于 $10 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

16. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述热结合具有小于 $5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

17. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述热结合具有小于 $1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

18. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述热结合具有小于 $0.5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

19. 根据权利要求1-4中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述热结合具有小于 $0.1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

20. 一种热管理组件,其包括设置在第一基板和第二基板之间的热导芯部材料,以及设置在所述第一基板和所述芯部材料的相邻表面之间以及所述第二基板和所述芯部材料的相邻表面之间的热结合层,其中所述热结合层是包括(i)金属基材料和(ii)与石墨烯反应以形成碳化物的活化材料的单层,并且其中所述热管理组件在基板和芯部之间的每个界面处具有小于 $5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

21. 根据权利要求20所述的热管理组件,其中,所述热管理组件具有小于 $0.5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

22. 根据权利要求20所述的热管理组件,其中,所述热管理组件具有小于 $0.1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

23. 根据权利要求20所述的热管理组件,其中,所述热管理组件具有 $0.1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 至 $5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的热阻。

24. 根据权利要求20所述的热管理组件,其中,所述芯部材料包括块状石墨烯材料,并且所述第一基板和所述第二基板由金属或者陶瓷材料形成。

25. 根据权利要求20所述的热管理组件,其中,所述活化材料选自钛、锆、铬、钎、铝、钽、铁、硅或其中两种或更多种的组合。

26. 根据权利要求20-25中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述第一基板和所述第二基板由铜材料形成,所述芯部材料包括块状石墨烯,并且热结合层包括从Al-Si、Ag-Cu-Ti、Ti-Ni、Ni-Pd-Ti、Sn-Ti、Sn-Al或Sn-Ag-Ti中独立地选择的材料。

27. 一种热管理组件,其包括:

块状石墨烯芯部材料,其具有第一表面和与所述第一表面相对的第二表面;以及

第一外层,其设置在所述芯部材料的所述第一表面上;以及

第二外层,其设置在所述芯部材料的所述第二表面上;其中,所述第一外层和所述第二外层由(i)金属基材料和(ii)与石墨烯反应以形成碳化物的试剂独立地形成,并且所述第一外层和所述第二外层都是单层。

28. 根据权利要求27所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯芯部材料包括至少3000个石墨烯层,所述石墨烯层以每毫米厚度至多1度的角度彼此平行。

29. 根据权利要求28所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯芯部材料表现出至少 $1000 \text{W/m-K}$ 的平面内热导率。

30. 根据权利要求28所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯芯部材料表现出从1000W/m-K至1800W/m-K的平面内热导率。

31. 根据权利要求27-30中的任何一项所述的热管理组件,其中,与石墨烯反应的试剂选自钛、锆、铬、钨、铝、钽、铁、硅、或其中两种或更多种的组合。

32. 根据权利要求27-30中的任何一项所述的热管理组件,其中,所述块状石墨烯芯部材料包括至少3000个石墨烯层,并且所述块状石墨烯芯部材料设置在组件中使得所述石墨烯层垂直于所述第一外层和所述第二外层定向。

33. 根据权利要求27-30中的任何一项所述的热管理组件,包括设置在所述第一外层上并且邻近所述第一外层的第一基板。

34. 根据权利要求33所述的热管理组件,其中,所述第一基板包括金属材料、陶瓷材料或者其组合。

35. 根据权利要求27中的任何一项所述的热管理组件,所述块状石墨烯芯部材料是热裂解石墨。

36. 一种电子设备,其包括热生成部件和邻近热生成部件设置的根据权利要求1-19中的任何一项所述的热管理组件使得来自热生成部件的热量能够通过热管理组件传递。

37. 一种电子设备,其包括热生成部件和邻近热生成部件设置的根据权利要求20-26中的任何一项所述的热管理组件使得来自热生成部件的热量能够通过热管理组件传递。

38. 一种电子设备,其包括热生成部件和邻近热生成部件设置的根据权利要求27-35中的任何一项所述的热管理组件使得来自热生成部件的热量能够通过热管理组件传递。

## 包括块状石墨烯材料的热管理组件

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本专利申请要求于2012年9月25日递交的、名称为“Thermal Management Assembly Comprising Thermal Pyrolytic Graphite”的临时申请No.61/705,362的优先权,通过引用方式将其全部内容并入本文中。

### 技术领域

[0003] 本发明涉及一种可以用于传递热离开热源的热管理组件;具有与热源接触的热管理组件的组件;以及一种制备这样组件的方法。具体地,本发明涉及包括块状石墨烯材料的热管理组件。

### 背景技术

[0004] 新的电子装置都在不断变得更强大和更紧凑。包括RF/微波电子、二极管激光器、发光二极管(LED)、绝缘栅双极型晶体管(IGBT)、中央处理单元(CPU)等的高功率部件被用于各种各样的工业,如电信、汽车、航天、航空电子设备、医学和材料的加工。这些更小,更强大的装置产生了对消散由装置产生的热的增加的要求。如果操作期间所产生的热未被充分或者有效消散,那么电子设备可以由温度增加而损坏。新功能受限于设计师以具有成本效益的方式除去热量的能力。通常,芯片结温中每增加10°C就将装置的寿命减少一半。

[0005] 常规的热管理产品通常由铜(Cu)或者铝(Al)构成。但良好的热管理和散热需要半导体晶片直接结合至散热器,并且常规材料与半导体的热膨胀系数不匹配。当直接结合以便最佳热管理时,热压力可能影响组件的寿命。利用热膨胀材料,如钨铜(WCu),钼铜(MoCu)和铝碳化硅(铝碳化硅)的低系数以减少散热器和半导体模具之间的热应力。为了达到必要的介电性能,氮化铝(AlN)和氧化铍(BeO的)也是作为用于微电子的基板材料的常见的选择。

[0006] 已经公开了其它的材料和设计以使用块状石墨烯材料从电子装置管理和移除热量。美国专利No.5,296,310公开了包括金属或者基体增强金属的一对面板之间夹着的高热导率材料的混合结构装置。芯部材料可以高度定向热解石墨(HOPG)、压缩退火热解石墨(CAPG)、合成金刚石、使用这些材料的复合材料或类似物。美国专利No.6,215,661公开了一种封装在铝中的L形板的热裂解石墨。美国专利No.5,958,572公开了一种散热基板,其包括热裂解石墨(“TPG”)、类金刚石碳或者具有多个通孔形成于内部的其它类似材料制成的插入物,以通过多个通孔优化热流量传递。

[0007] 具有其金属封装复合物的热裂解石墨(TPG)(例如,从迈图高新材料公司可得到的TC1050®)是服务军事和航空宇宙工业十多年的先进的热管理材料。TPG经由提供良好排列的石墨烯平面的两个步骤的过程形成从而提供具有优异热导率(例如,大于1500W/m-K的)的材料。与在被动冷却中常用的并且所有上述材料之间最导热的铜相比,TPG可以以铜的1/4的重量提供四倍的冷却功率。

[0008] 由于石墨烯层之间的弱的范德华力,因此包括上述材料的块状石墨烯材料是一种

相对较软的材料。通常,包括块状石墨烯的散热器通过将块状石墨烯经由扩散结合过程封装进入金属壳体例如铝、铜等而形成。这样的过程在美国专利No.6,661,317中描述。封装的块状石墨烯复合材料部件行为类似于固态金属,并且可以进一步加工、镀或结合到其它部件,以满足不同用户的需求。典型的制造过程在图1A至图1C中示出。块状石墨烯-金属复合材料100可以通过(A)将块状石墨烯芯部112放置在金属面板110a和110b之间;(B)通过使组件承受扩散结合工艺;以及(C)加工复合材料以提供所期望形状的结构而形成。

[0009] 封装的块状石墨烯复合材料,例如冷板、散热器、热带等能迅速将热量引导离开热源并且极大地提高了电子装置的效率和使用寿命。多年来,块状石墨烯-金属复合材料已经被成功地实现在可以充分利用其高热性能、高耐久性以及重量轻的卫星、航空电子设备、以及相控阵雷达的冷却系统中。

[0010] 然而,铝/铜和块状石墨烯之间的相互扩散需要高温和高压,这使得扩散结合工艺相当复杂并且非常昂贵。当高熔融温度的合金例如钨和钼被用于封装时,这变得更具挑战性。陶瓷基板的刚度、脆性和陶瓷的极高温稳定性使得陶瓷与块状石墨烯直接在热和压力下的结合是特别具有挑战性的过程,其基本上消除了它作为一个选项以形成这样的结构。扩散结合的这些限制妨碍块状石墨复合材料的发展。

## 发明内容

[0011] 本发明提供一种热管理组件,其包括设置在块状石墨烯芯部材料和周围的金属或者陶瓷基板之间的金属基热结合。金属基中间层包括与石墨烯反应以形成碳化物的材料。金属基中间层提供允许与优异热导率和低热阻的块状石墨烯芯部的界面。

[0012] 在一个方面中,本发明提供表现出低界面热阻的热管理组件。本发明甚至可以提供比传统热界面组件低几个数量级的热界面。

[0013] 在一个方面中,本发明提供热管理组件,其包括第一基板;第二基板;块状石墨烯材料,其设置在所述第一基板和所述第二基板之间;以及热结合,其设置在(a)所述块状石墨烯层的第一表面和所述第一基板之间,和(b)所述块状石墨烯层的第二表面和所述第二基板之间,所述热结合包括金属基材料,其包括与所述石墨烯反应以形成碳化物的试剂。

[0014] 在又一个方面中,本发明提供热管理组件,其包括:块状石墨烯芯部材料,块状石墨烯芯部材料具有第一表面和与所述第一表面相对的第二表面;第一外层,其设置在所述芯部材料的所述第一表面上;以及第二外层,其设置在所述芯部材料的所述第二表面上;其中,所述第一外层和所述第二外层由包括与石墨烯反应以形成碳化物的试剂的金属基材料独立地形成。

[0015] 热管理组件可以具有小于 $10 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $8 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $2 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $0.5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、甚至小于 $0.1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的界面热阻。

## 附图说明

[0016] 图1A至图1C示出了包括通过扩散结合工艺由金属封装的块状石墨烯的散热器;

[0017] 图2是根据本发明的实施例的热管理组件的横截面图;

[0018] 图3是根据本发明的方面的热管理组件的另一个实施例的横截面图;

- [0019] 图4是根据本发明的实施例的热管理组件的跨平面热导率的图；
- [0020] 图5是在不同块状石墨烯加载下根据本发明实施例的热管理组件的界面热阻；以及
- [0021] 图6示出了由不同制备方法形成的热管理组件的热阻的图。

### 具体实施方式

[0022] 本发明提供包括块状石墨烯材料和放置在石墨烯层的表面上的金属基涂层的热管理组件。金属基涂层包括与石墨烯反应以形成碳化物的材料。金属基涂层提供与允许优良的热导率和低热阻的块状石墨烯的界面。热管理组件可以包括一种包括块状石墨烯芯部的结构，块状石墨烯芯部具有设置在块状石墨烯材料的表面上的金属基涂层。在一个实施例中，热管理组件包括设置在块状石墨烯芯部材料和外部金属或者陶瓷基板之间的金属基涂层。

[0023] 如本文所用，术语“热管理组件”指的是一种包括用于从热源消散或去除热量的高热导率材料的热管理装置或热传递装置。热管理组件可以包括，但不限于，散热器、散热片、冷却板等。

[0024] 包括与石墨烯反应以形成碳化物的材料的金属基涂层在文中也被称为“热结合层”。根据该结构，金属基涂层也可以被称为设置在所述石墨烯芯部材料的表面和基板之间的中间层。

[0025] 图2示出了根据本发明的各方面和各实施例的热管理组件的实施例。热管理组件220包括设置在基板220和230之间的块状石墨烯芯部210。热管理组件200包括设置在基板和块状石墨烯芯部之间的界面上的热结合层240和250。热结合层240和250是包括可以与石墨烯反应以产生碳化物表面的添加剂或试剂的金属基涂层界面。在图2的实施例中，层240和250也被称为“中间层”、“界面层”或“填充物”。

[0026] 块状石墨烯芯部可以由每毫米厚度至多1度地彼此平行的多个石墨烯层形成。如本文所用，术语“块状石墨烯”包括如热解石墨（“PG”）、热裂解石墨（“TPG”）、高定向热解石墨（“HOPG”）、压缩退火的热解石墨（“CAPG”）等的材料。在一个实施例中，块状石墨烯也可指由具有相当尺寸的微晶构成的石墨材料，所述微晶相对于彼此被高度对齐或定向并具有良好的有序碳层或高度优选微晶定向。块状石墨烯材料大多包括在每个平面内设置成六边形图样的碳原子。在一个实施例中，块状石墨烯材料包括至少3000个石墨烯层，石墨烯层以在每毫米厚度至多1度的角度彼此平行。在一个实施例中，石墨烯层是以在每毫米厚度0.001度和1度之间的角度。块状石墨烯的厚度大于1微米，尺寸是至少1毫米×1毫米。它显示出高的热导率，通常高于1000W/m-K。在一个实施例中，块状石墨烯具有大于1000W/m-K、大于1100W/m-K、大于1200W/m-K、甚至大于1500W/m-K的平面内（a-b方向）的热导率。在一个实施例中，块状石墨烯具有从约1000W/m-K至约1800W/m-K、从约1100W/m-K到约1700W/m-K、甚至约1200W/m-K到约1500W/m-K的热导率。块状石墨烯和热管理组件还可以表现出优异的跨平面热导率。在一个实施例中，块状石墨烯和/或热管理组件具有从约200W/m-K至约1200W/m-K、从约400W/m-K至约1000W/m-K、甚至从约500W/m-K到约800W/m-K的跨平面热导率。如同说明书和权利要求书的其它地方，在这里数值可以组合形成新的和未公开的范围。

[0027] 块状石墨烯可以以任何合适的形式提供。在一个实施例中，块状石墨烯被提供作

为板材。根据特定目的或预期用途需要,块状石墨烯芯部可以有任何尺寸或厚度。在一个实施例中,芯部可以具有从约0.001毫米至约1毫米、1毫米至约5毫米、从约1.5毫米至约4毫米、甚至从约2至约3毫米的厚度。在一个实施例中,芯部层可以具有热管理组件的总厚度的从约25%至约95%、热管理组件的总厚度的从约35%至约90%;热管理组件的总厚度的从约40%至约80%;甚至热管理组件的总厚度的从约50%至约75%的厚度。这里如同说明书和权利要求书的其它地方,数值可以组合形成新的和未公开的范围。

[0028] 可以根据特定目的或预期应用的期望来配置芯部。在一个实施例中,块状石墨烯芯部被布置在组件中,使得石墨烯平面基本上平行于所述衬底定向。在另一个实施例中,块状石墨烯被布置在组件中使得所述石墨烯平面被垂直于基板定向。图2中,石墨烯层212垂直于基板的平面定向。

[0029] 在一个实施例中,块状石墨烯芯部可设置有通孔。通孔的加载密度的范围可以是从小于约0.01%占用面积到近似约40%占用面积。在另一个实施例中,通孔加载密度可为从约0.1%至约20%。在一个实施例中,通孔的间距可以是在从约0.5至约125毫米的范围内。在另一个实施例中,通孔的间距可以是在从约1至约25毫米的范围内。在美国专利公开号2010/0326645中描述具有通孔的块状石墨烯材料,通过引用方式将其全部内容并入本文中。

[0030] 基板层可以如所期望的由任何合适的金属或陶瓷材料形成以用于特定目的或预期应用。用于基板层的合适金属的实例包括,但不限于,铜、铝、钨、钼、镍、铁、锡、银、金、铍或其中两种或更多种的合金。合适的陶瓷的实例包括,但不限于,氮化硅、碳化硅、氮化铝、氧化铝、氧化铍、氮化硼等。第一和第二基板可以由相同或不同的金属或陶瓷材料制成。基板的厚度可以根据需要选择以用于特定目的或预期应用。厚度可以相同或不同。在一个实施例中,基板可以均具有从约2微米至约2毫米的厚度。

[0031] 虽然图2的组件示出基板220和230,但应当理解的是,组件可以包括叠加在基板220和230上的一个或多个其它基板。其它基板可以由与基板220和230相同或者不同的材料形成。

[0032] 热管理组件包括设置在芯部的相对表面上的金属基涂层。所述金属基材料可以作为外层或将芯部结合至基板的层。金属基涂层包括能够在足够高的温度下形成具有石墨烯的碳化物的试剂。一般地,金属基涂层材料具有比块状石墨烯或基板更低的熔融温度。在一个实施例中,金属基涂层材料具有约20W/m-K或以上的热导率。金属基涂层材料可包括任何合适的金属或合金,包括但不限于,银、银-铜、锡、铅,其中两种或更多种的组合等,其在低于基板熔融温度的升高温度下熔融并结合到周围的金属或陶瓷基板。活化剂包括可以在足够高的温度下形成具有石墨烯的碳化物的材料。在一个实施例中,所述活化剂选自钛、锆、铬、钨、铝、钼、铁、硅或其中两种或更多种的组合。可用于结合块状石墨烯至各种材料的合适金属基涂层的实例包括但不限于:铝、硅、铁、铝-硅、铁-硅、银-铜-钛、钛-镍、镍-钨-钛、锡-钛、锡-铝、TiH<sub>2</sub>、锡-银-钛或其中两种或更多种的组合。在一个实施例中,金属基涂层材料具有比基板层的组成不同的组成。

[0033] 图3示出了根据本发明的各方面的热管理组件的另一个实施例。在图3中,热管理组件300包括具有第一表面312和第二表面314的块状石墨烯芯部310,设置在芯部的第一表面上的第一外层320和设置在芯部的第二表面上的第二外层330。芯部层具有垂直于或平行



于外层的平面定向的石墨烯层316。第一和第二外层由金属基涂层材料形成。在一个实施例中，金属基涂层材料可由包括与石墨烯反应以形成碳化物的合金形成。在本实施例中，可用作上述的界面材料的任何材料可以被用以形成第一和第二外层。

[0034] 金属基涂层可以具有从约0.01毫米至约2毫米、从约0.02毫米至约1毫米；甚至从约0.05mm至约0.5mm的厚度。这里如同说明书和权利要求书的其它地方，数值可以组合形成新的和非公开的范围。

[0035] 图3的组件可以单独用作热管理组件或可以被进一步修改为在组件中包括一个或多个基板。例如，在一个实施例中，基板可以邻近所述第一外层320设置。在另一个实施例中，可以通过设置第一基板与第一外层320相邻的以及第二基板与外层330相邻来改进组件300以提供类似于图2所示的热管理组件。

[0036] 热管理组件显示出良好的热导率。在实施例中，热管理组件具有从约200W/m-K至约1200W/m-K的、从约400W/m-K至约1100W/m-K、从约500瓦W/m-K至约1000W/m-K；甚至从约600W/m-K到约800W/m-K的跨平面热导率。热管理组件可以具有相对低的界面热阻。在一个实施例中，热管理组件具有小于 $10 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $8 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $2 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、小于 $0.5 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、甚至小于 $0.1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 的界面热阻。在一个实施例中，热管理组件具有为从约 $0.1 \times 10^{-6}$ 的 $\text{K-m}^2/\text{W}$ 至约 $1 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、从约 $0.2 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 至约 $0.8 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 、甚至从约 $0.3 \times 10^{-6} \text{K-m}^2/\text{W}$ 至约 $0.6 \times 10^{-6}$ 的 $\text{K-m}^2/\text{W}$ 的界面热阻，这里如同说明书和权利要求书的其它地方，数值可以组合形成新的和非公开的范围。

[0037] 一种热管理组件可以通过将块状石墨烯芯部材料设置在两个基板层之间并且经由金属基涂层材料接合基板层而形成。金属基涂层材料可以被应用到块状石墨烯材料的相对表面，并且基板材料可以被设置在包括金属基涂层材料的块状石墨烯的表面上，该组件可以在高于金属基涂层材料的熔融温度并低于芯部或基板的熔融温度的温度下在真空下经受接合。

[0038] 如上所述，本发明提供了具有良好热导率并且在一个实施例中具有低的界面热阻的热管理组件。由于不同的材料的电子和振动性质有差异，当能量载体试图穿过界面时，能量载体在界面散射。对于包括由不同的热管理材料形成的层的热管理部件，差的热界面可能助于界面散射。理论上通过多个层的热阻可以被呈现为：

[0039] 
$$R = \sum_i R_i = \sum_i \frac{t_i}{k_i}$$

[0040] 其中 $t$ 是单个层的厚度并且 $k$ 是相应的热导率。

[0041] 差的界面可以增加对热流的显著阻力，并且因此，抵消或甚至克服使用高热导率材料如块状石墨烯的优点。例如，对于由其它的方法如常规扩散或钎焊形成的组件，由于缺乏反应和扩散，因此块状石墨烯和铜之间的界面表现出较高阻力，这可能导致总热导率比铜低。

[0042] 接合异质材料的常用的方法包括机械紧固、粘接剂结合、焊接、固态接合、钎焊和软钎焊。机械紧固必然留下两种材料之间的窄间隙，这是对热流的显著热障，因此，被认为是用于热传导的接合的最坏类型。固化前的流体粘合剂可填满界面处的空间，但其聚合物遗留决定了它的低热导率（通常小于 $10 \text{W/m-K}$ ）以下，其远小于大多数金属。高温材料的焊接

是困难的,例如接合W或Mo,并且当涉及陶瓷或石墨时有时是不可能的。固态接合包括扩散结合,这是在过去开发以用于将块状石墨烯与各种金属结合。如在前面的段落中所讨论的,扩散结合工艺表现出高复杂、高成本、对陶瓷和高温金属应用困难以及高界面阻的问题。另一方面,钎焊和焊接依靠熔融填充金属以润湿接合的配合表面,导致的冶金接合的形成。该钎焊/焊接结合的金属属性提供连续高浓度能量载体(电子),并且因此,导致在此被称为“热结合”的高热导结合。然而下通常钎焊或焊接填料熔融形式并不润湿块状石墨烯并且不自由展开以填充块状石墨烯和基板之间的间隙。由于块状石墨烯和钎焊或焊接之间的热障,这样的组件仍然表现出相对较高的界面热阻。

[0043] 在另一方面,发明人发现,在芯部和基板之间的金属基中间层采用块状石墨烯散热器可以提供将芯部结合至基板并且表现出极低界面热阻力的界面层,基板具有与石墨烯反应以形成碳化层的试剂。

[0044] 热管理组件的大小和形状可以根据特定目的或预期使用的需要。热管理组件可以用于助于设备的热管理的设备。热管理组件可以邻近设备中的热生成部件设置,并且可以消散热生成部件的热量。热管理组件可以用在电子装置中,如计算机,半导体,或其中需要部件之间的热传递的任何装置。在一个实施例中,电子部件包括作为热量产生部件的半导体芯片。在这样的情况下,热产生部件是一个芯片载体,区域阵列封装,芯片级封装,或其它半导体封装结构。在其它实施例中,半导体芯片本身是热产生部件。热装置可以是其包括但不限于,发光二极管、激光二极管、功率放大器、MMIC、IGBT等的任何热装置。实例

[0045] 现在将关于以下的实例来描述并且进一步理解本发明。这些实例只是说明性的,并且应理解为不以任何方式限制本文公开的发明至材料或工艺参数、设备或条件。

[0046] 复合材料形成为包括两个铜(Cu)基板和设置在所述两个金属层之间的块状石墨烯板。在实例中,块状石墨烯材料是热裂解石墨。块状石墨烯板垂直于铜基板定向,使得块状石墨烯的高热导率路径与穿过层状结构的热流对齐。具有钛添加剂的银-铜被用来在真空下在850℃接合Cu和块状石墨烯。制备的样品具有类似图2所示的实施例的结构。块状石墨烯的厚度的范围是复合材料的总厚度的从37%至87%。

[0047] 复合材料的热导率是由Netzsch LFA NanoFlash 447估计的。对于自由界面热阻的层状结构,块状石墨烯复合材料的总热导率可以计算为:

$$[0048] \quad k_c = \frac{1}{V_m/k_m + V_g/k_g}$$

[0049] 其中, $k_c$ 、 $k_m$ 、 $k_g$ 分别是复合材料、封装材料和块状石墨烯的热导率;以及 $V_m$ 、 $V_g$ 分别是基板和块状石墨烯的体积(厚度)百分比等。图3示出了具有各种块状石墨烯加载的所测量的跨平面热导率匹配计算值,通过采用具有活化剂的金属基中间层指示Cu和块状石墨烯之间的优异热结合。

[0050] 热阻可以通过比较理论和实验热导率之间的不同而估计,根据如下公式:

$$[0051] \quad R_{int} = \frac{t_{total}}{k_{experimental}} - \frac{t_{total}}{k_{theoretical}}$$

[0052] 其中 $k$ 是热导率并且 $t$ 是总厚度。

[0053] 图4至图5示出了根据本发明的方面形成的复合材料的热阻。如图4中所示,本发明

可以提供具有范围为 $10^{-7}\text{K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$ 的极低热阻的复合材料,并且该阻力独立于块状石墨烯加载的量。

[0054] 铜/块状石墨烯/铜样品也通过粘合剂结合、扩散结合、以及常规钎焊制备。图6比较了这些复合材料的热阻和根据本发明的各方面的那些,并示出了比较复合材料具有比根据本发明的各方面形成的复合材料更高至少一个数量级的热阻。

[0055] 前面的描述确定的热管理组件的各种非限制性实施例。本领域技术人员和可以制造和使用本发明的那些人可以改进。所公开的实施例仅仅是为了说明的目的并且不旨在限制本发明的范围或在权利要求书中阐述的主题。

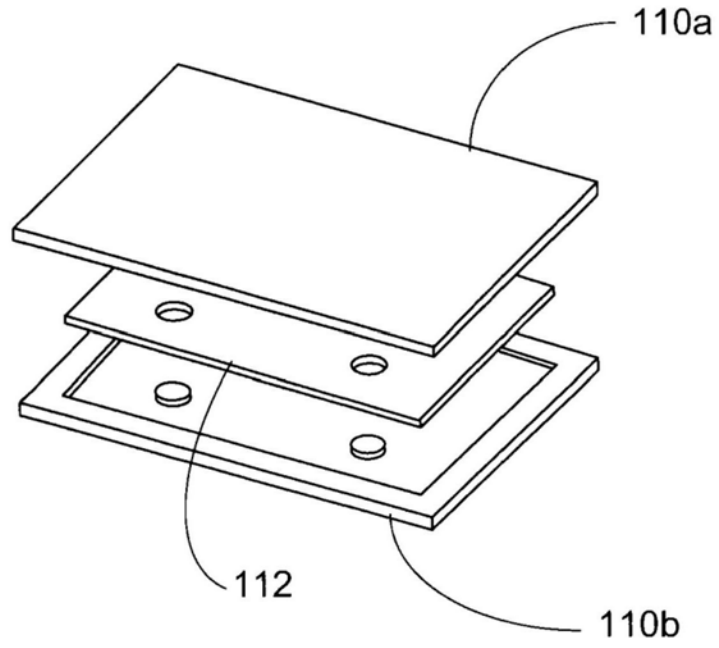


图1A

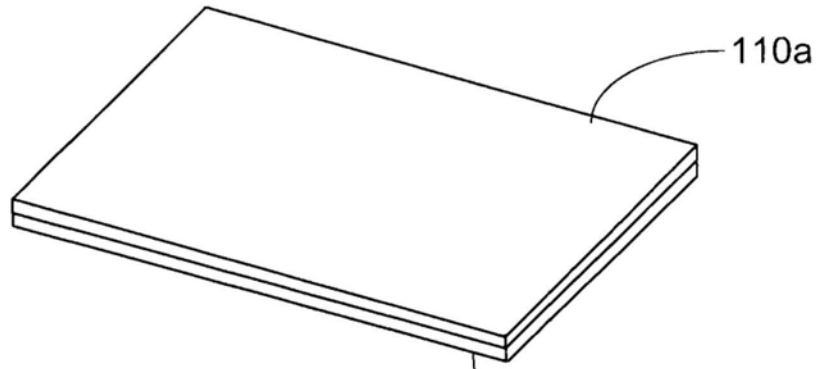


图 1B

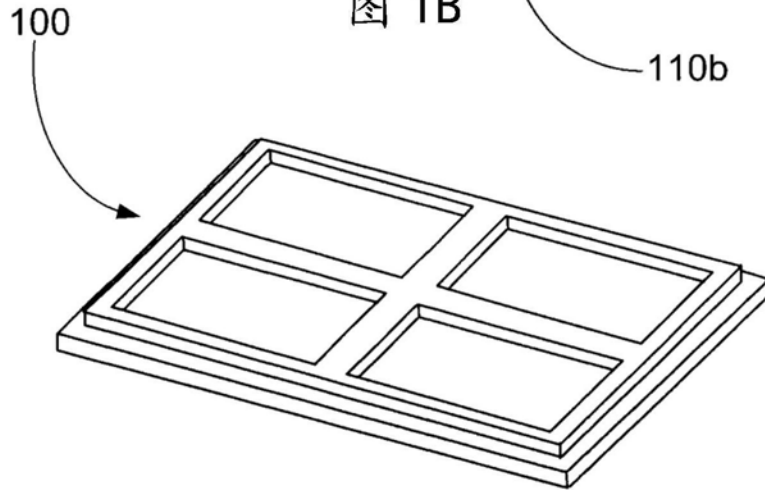


图 1C

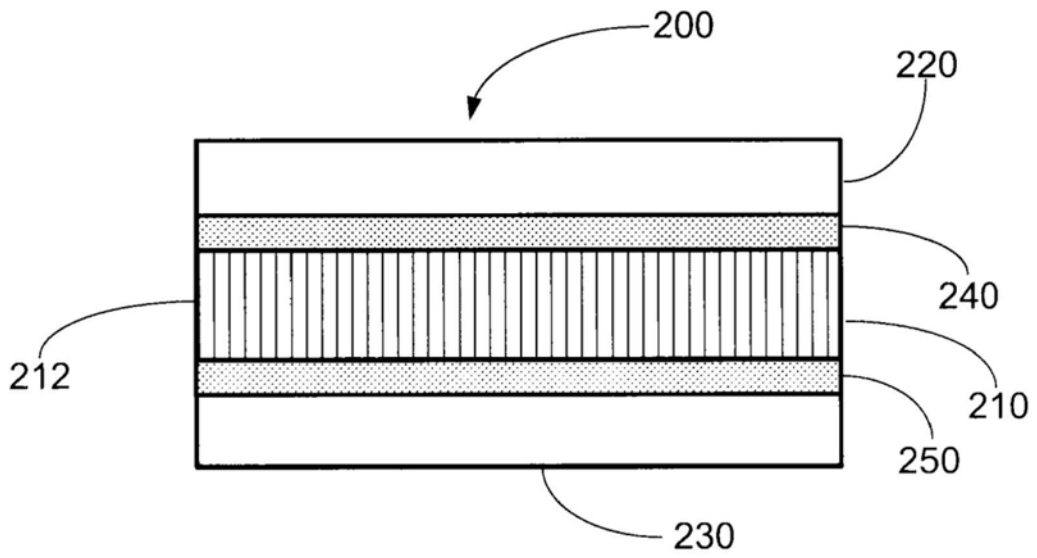


图2

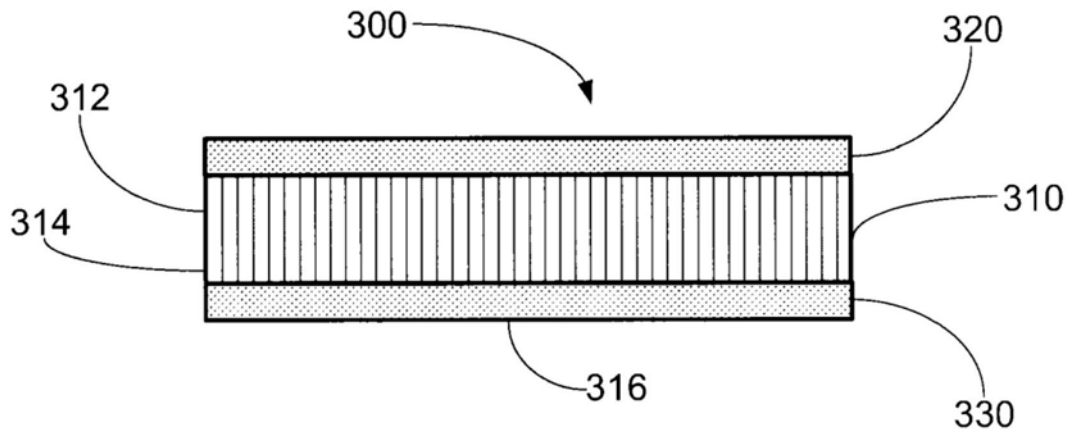


图3

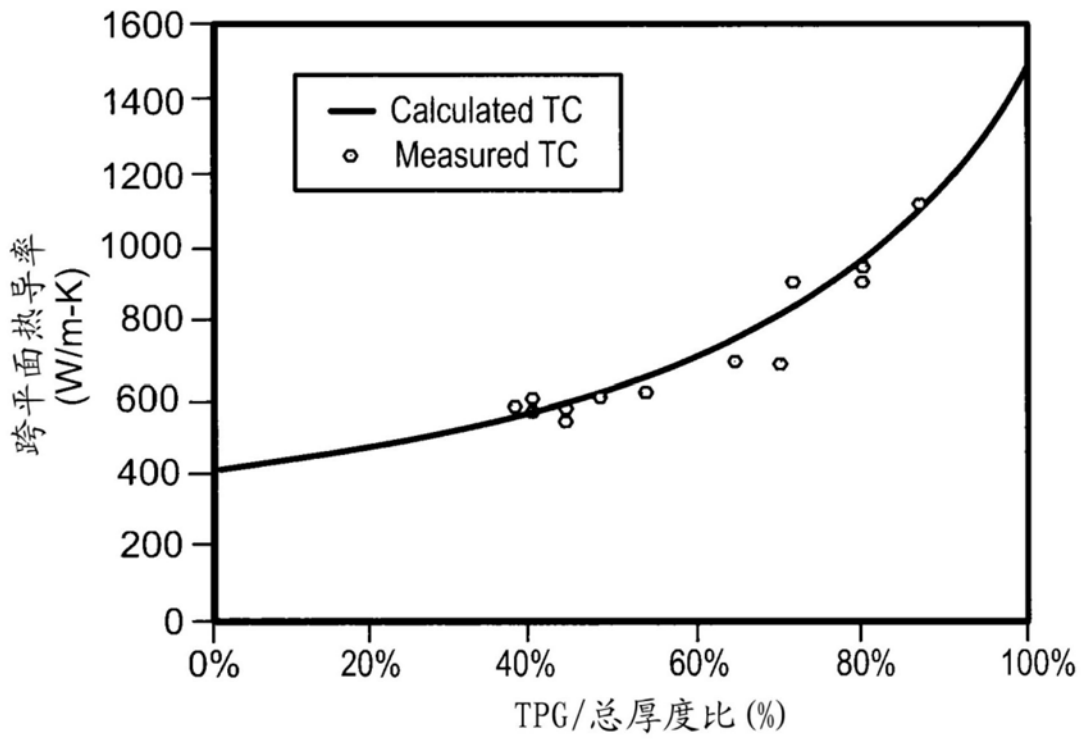


图4

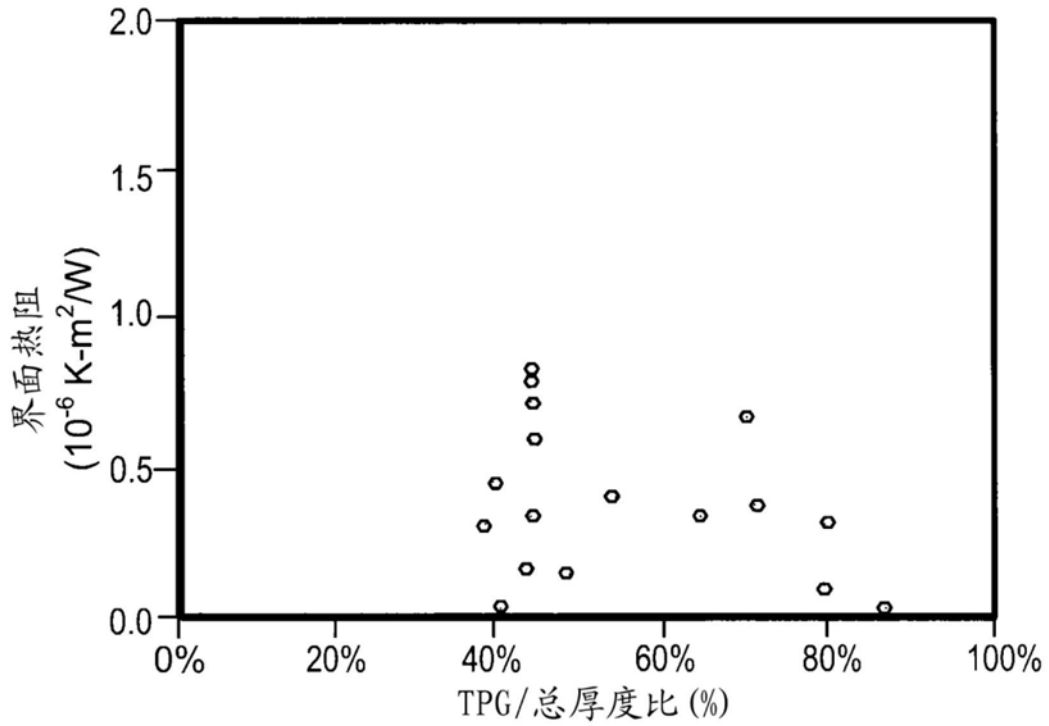


图5

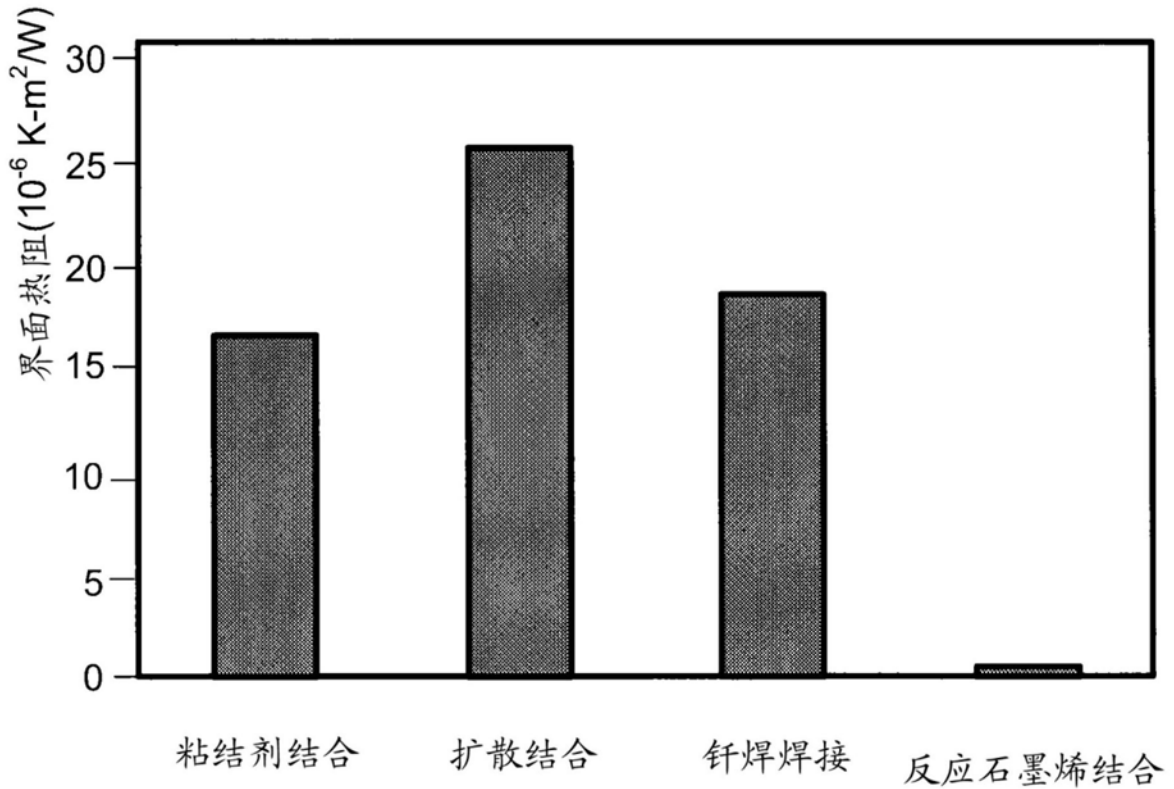


图6