



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200380101053.2

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 27 日

[11] 授权公告号 CN 100492620C

[22] 申请日 2003. 10. 14

[21] 申请号 200380101053. 2

[30] 优先权

[32] 2002. 10. 11 [33] US [31] 10/270,018

[32] 2003. 6. 2 [33] US [31] 10/453,469

[86] 国际申请 PCT/US2003/032217 2003. 10. 14

[87] 国际公布 WO2005/038912 英 2005. 4. 28

[85] 进入国家阶段日期 2005. 4. 7

[73] 专利权人 宋健民

地址 中国台湾台北

[72] 发明人 宋健民

[56] 参考文献

US2002/0023733A1 2002. 2. 28

US5614320A 1997. 3. 25

审查员 王琳

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所
代理人 杨晓光 于静

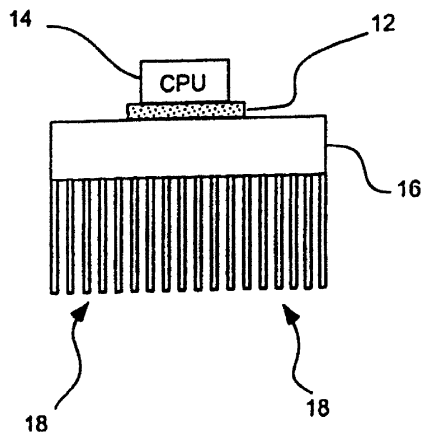
权利要求书 5 页 说明书 25 页 附图 1 页

[54] 发明名称

含碳散热器及相关方法

[57] 摘要

一种散热器，包括多个含碳颗粒，每个基本上与至少一个其它含碳颗粒接触。不含碳材料基本上与多个含碳颗粒结合成复合物块。含碳颗粒是金刚石颗粒。含碳颗粒的量占散热器的至少约体积 50%。不含碳材料的量占散热器的至少约 5 体积%。不含碳材料包括选自如下的物质：Cu、Al 和 Ag。在另一个方案中，散热器包括多个金刚石颗粒，其中每个金刚石颗粒基本上与至少一个其它金刚石颗粒烧结。



1. 一种散热器，包括：
多个含碳颗粒，每个所述含碳颗粒与至少一个其它所述含碳颗粒接触；
以及
不含碳材料，其与所述多个含碳颗粒结合成复合物块。
2. 根据权利要求1的散热器，其中所述含碳颗粒是金刚石颗粒。
3. 根据权利要求2的散热器，其中所述金刚石颗粒相互充分接触以提供连续金刚石-金刚石路径，所述路径通到每个所述金刚石颗粒。
4. 根据权利要求2的散热器，其中所述金刚石颗粒的量占所述散热器的50体积%至80体积%之间。
5. 根据权利要求1或2的散热器，其中所述不含碳材料是选自如下的一种或多种材料：Fe、Ni、Co及其合金。
6. 根据权利要求5的散热器，其中所述不含碳材料是选自如下的Ni合金：Ni-Cr-B和Ni-Cr-P。
7. 根据权利要求5的散热器，其中所述不含碳材料是选自于Ti、Zr和Cr的材料的Fe、Ni或Co合金。
8. 根据权利要求1或2的散热器，其中所述不含碳材料是选自于Ni、Ti、Al和Cr的材料的Si合金。
9. 根据权利要求1或2的散热器，其中所述不含碳材料包括至少50重量%的选自如下的一种或多种物质：Si、Ti、Fe、Co、Ni、Cu、Mn、W、La、Ce及其合金。
10. 根据权利要求1的散热器，其中：
所述含碳颗粒的量占所述散热器的至少50体积%；以及
所述不含碳材料的量占所述散热器的至少5体积%，所述不含碳材料包括选自如下的材料：Cu、Al和Ag。
11. 根据权利要求10的散热器，其中所述含碳颗粒的量占所述散热器的至少80体积%。

12. 根据权利要求 11 的散热器, 其中所述含碳颗粒的量占所述散热器的至少 90 体积%。

13. 根据权利要求 10 的散热器, 其中所述含碳颗粒是金刚石颗粒。

14. 根据权利要求 13 的散热器, 其中所述金刚石颗粒是无涂层的金刚石颗粒。

15. 根据权利要求 10 的散热器, 其中所述不含碳材料由 Cu、Al 或 Ag 构成。

16. 根据权利要求 10 的散热器, 其中所述不含碳材料包括占其 1% w/w 到 10% w/w 的除碳以外的碳化物形成物质。

17. 根据权利要求 16 的散热器, 其中所述碳化物形成物质的量为至少 1% w/w。

18. 根据权利要求 16 的散热器, 其中所述碳化物形成物质选自于如下: Sc、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Cr、Mo、Mn、Ta、W、Tc、Si、B、Al 及其合金。

19. 根据权利要求 16 的散热器, 其中所述碳化物形成物质是 Cu-Mn 合金。

20. 根据权利要求 10 的散热器, 其中所述不含碳材料是共晶熔点低于 1100℃ 的合金。

21. 根据权利要求 10 的散热器, 其中所述不含碳材料是使所述含碳颗粒润湿的合金。

22. 根据权利要求 13 的散热器, 其中所述不含碳材料包括至少 2% w/w 的除碳以外的碳化物形成剂。

23. 根据权利要求 1、2 或 10 中任一权利要求的散热器, 其中所述散热器的厚度大于 1 毫米。

24. 一种冷却单元, 用于从热源将热量传走, 所述单元包括:
热沉; 以及

根据权利要求 1、2 或 10 中任一权利要求的散热器, 其被设置为与所述热沉和所述热源都进行热交换。

25. 根据权利要求 24 的冷却单元, 其中所述散热器至少部分嵌在所述热源中。

26. 根据权利要求 24 的冷却单元, 其中所述散热器至少部分嵌在所述热沉中。

27. 根据权利要求 26 的冷却单元, 其中所述散热器通过压紧安装被保持在所述热沉中。

28. 根据权利要求 27 的冷却单元, 其中将所述散热器保持在所述热沉中的所述压紧安装是热致压紧安装。

29. 根据权利要求 24 的冷却单元, 其中所述散热器被焊接到所述热沉上。

30. 根据权利要求 24 的冷却单元, 其中所述热沉包括具有内部运转流体的热管。

31. 根据权利要求 30 的冷却单元, 其中所述散热器从所述热管的壁突出, 并具有与所述热管的所述运转流体直接接触的底部表面。

32. 一种冷却热源的方法, 包括以下步骤:

提供根据权利要求 1、2 或 10 中任一权利要求的散热器; 以及
将所述散热器设置成与热沉和所述热源都进行热交换。

33. 根据权利要求 32 的方法, 其中所述不含碳材料是选自如下的一种或多种材料: Fe、Ni、Co 及合金。

34. 根据权利要求 32 的方法, 其中所述不含碳材料是选自于 Ni、Ti、Al 和 Cr 的材料的 Si 合金。

35. 根据权利要求 34 的方法, 其中所述热源是 CPU。

36. 一种制造散热器的方法, 包括以下步骤:

提供具有第一平均目尺寸的第一组多个金刚石颗粒;
组合所述金刚石颗粒, 以使每个所述金刚石颗粒与至少一个其它所述
金刚石颗粒接触;

提供不含碳材料; 以及

键合所述组合的金刚石颗粒和所述不含碳材料, 使得所述不含碳材料

至少部分填充所述组合的金刚石颗粒之间的任何空隙。

37. 根据权利要求 36 的方法，其中通过所述不含碳材料的渗透来进行所述键合步骤，其中在低于 1100℃ 的温度下进行所述渗透。

38. 根据权利要求 36 的方法，其中通过所述不含碳材料的渗透来进行所述键合步骤，其中在气压低于 10^{-3} torr 的真空炉中进行所述渗透。

39. 根据权利要求 36 的方法，其中所述组合步骤还包括，在提供所述不含碳材料之前将所述金刚石组合为占所述散热器的 50 体积%以上。

40. 根据权利要求 36 的方法，其中所述金刚石颗粒彼此充分接触以提供连续金刚石-金刚石路径，所述路径通到每个所述多个金刚石颗粒。

41. 根据权利要求 36 的方法，还包括以下步骤：

在所述键合步骤之前提供多孔陶瓷材料；以及

在所述键合步骤之前将所述陶瓷材料邻接所述组合的金刚石颗粒地放置。

42. 根据权利要求 41 的方法，其中所述陶瓷材料包括至少 50 体积%的选自如下的材料：SiC、Si₃N₄、Al₂O₃、WC 和 ZrO₂。

43. 根据权利要求 41 的方法，其中所述不含碳材料是铜，以及其中在 4GPa 和 6GPa 之间的气压下进行所述键合步骤。

44. 根据权利要求 43 的方法，其中所述不含碳材料是选自如下的 Ni 合金：Ni-Cr-B 和 Ni-Cr-P。

45. 根据权利要求 43 的方法，其中所述不含碳材料是选自于 Ti、Zr 和 Cr 的材料的 Fe、Ni 或 Co 合金。

46. 一种将热量从热源除去的方法，包括以下步骤：

提供根据权利要求 1、2 或 10 中任一权利要求的散热器；以及
放置所述散热器与所述热源有效连接。

47. 一种制造金刚石散热器的方法，包括以下步骤：

提供具有第一平均目尺寸的第一组多个金刚石颗粒；

组合所述金刚石颗粒，以使所述金刚石颗粒相互紧密接触；

提供不含碳材料；以及

在存在所述不含碳材料的情况下，在 4GPa 和 8GPa 之间的气压下烧结所述多个金刚石颗粒，以使所述金刚石颗粒至少部分烧结在一起，从而提供金刚石成分占 70 体积%至 98 体积%的烧结的金刚石颗粒块。

48. 根据权利要求 47 的方法，其中所述不含碳材料选自于如下的一种或多种材料：Si、Ti、Ni、Fe、Co、Cu、Mn、Cr、Al、La、Ce 及其合金。

49. 根据权利要求 47 的方法，其中所述金刚石散热器的金刚石成分占 90 体积%至 98 体积%之间。

50. 根据权利要求 47 的方法，还包括如下步骤，将第二组多个金刚石颗粒添加到所述组合的金刚石颗粒中，其中所述第二组多个金刚石颗粒的第二平均目尺寸小于所述第一平均目尺寸，以使所述第二组多个金刚石颗粒部分填充所述较大颗粒之间的空隙，从而形成金刚石占 50 体积%和 80 体积%之间的组合的金刚石聚集物。

含碳散热器及相关方法

相关申请的交叉引用

本申请要求2002年10月11日提交的美国专利申请10/270,018和2003年6月2日提交的美国专利申请10/453,469的优先权，其在此引入作为参考。

技术领域

本发明涉及可以用于从热源传导或吸收热量的含碳装置和系统。因此，本发明涉及化学、物理和材料科学领域。

背景技术

半导体工业的发展一直跟随着由英特尔的共同创始人 Gordon Moore 于1965年提出的 Moore 法则的趋势。该趋势需要集成电路 (IC) 或通常半导体芯片的能力每18个月增加一倍。这样，2002年中央处理器 (CPU) 上的晶体管数量将接近100百万。该密集电路的结果是，2002年的线宽窄到0.18微米，并且更先进的芯片使用窄到0.13微米的布线。随着该趋势的继续，设想在未来几年可以获得和超越看似不可超越的“亚微米”即0.1微米的极限。

随着这种提高，带来了各种设计挑战。通常被忽视的挑战之一是散热问题。多数情况下，在制造元件之前，该阶段的设计被忽视，或在最后设计时被考虑。根据热力学第二定律，在一个密闭系统中进行的工作越多，获得的熵越高。随着 CPU 功率的增加，更大的电流产生更多的热量。因此，为了防止电路短路或烧坏，必须除去熵增加带来的热量。一些现有的 CPU 的功率为约60瓦 (W)。例如，利用0.13微米技术制造的 CPU 将超过100

瓦。当前的散热方法，例如使用金属（例如 Al 或 Cu）散热片和水蒸发热管，将不足以充分冷却未来一代 CPU。

近来，已经使用陶瓷散热器（例如 AlN）和金属阵列复合物散热器（例如 SiC/Al）来解决增加的热量产生。然而，这些材料的热导率不大于 Cu，因此从半导体芯片散热的能力是有限的。

通常的半导体芯片包括接近组合的金属导体（例如 Al、Cu）和陶瓷绝缘体（例如氧化物、氮化物）。金属的热膨胀系数通常为陶瓷的 5-10 倍。当芯片被加热超过 60℃ 时，金属和陶瓷之间热膨胀系数的不匹配可以产生微裂。重复的温度循环将加剧对芯片的损坏。结果，半导体的性能将下降。此外，当温度达到高于 90℃ 时，芯片的半导体部分将变成导体，结果失去了芯片的功能。此外，电路将被损坏，半导体不再可用（即被“烧坏”）。这样，为了保持半导体的性能，必须保持其温度低于阈值水平（例如 90℃）。

散热的常规方法是用金属热沉接触半导体。通常的热沉由铝制成，其包括散热片。将这些散热片附在风扇上。来自芯片的热量将流到铝基，然后被传递到散热片，并通过空气对流被带走。因此，通常将热沉设计为具有高热容量，以充当从热源散热的热库。

可选地，可以在热沉和位于分离位置的冷却器之间连接热管。热管包括密封在真空管中的水汽。水汽将在热沉处蒸发并在冷却器处凝结。凝结的水将通过多孔介质（例如铜粉）的毛细作用回流到热沉。因此，半导体芯片的热量通过蒸发水而被带走，并通过凝结水在冷却器处被除去。

尽管热管和热板可以非常有效地散热，但是复杂的真空室和精细的毛细系统不能使设计足够小以直接从半导体元件散热。结果，这些方法通常被限制于从较大的热源例如热沉传递热量。这样，通过传导从电子元件散热仍然是工业中研究的领域。

已经开发用于散热器的一种有希望的选择是包含金刚石的材料。金刚石可以比任何其它材料更快地把热量带走。室温下金刚石的热导率（约 2000W/mK）远远高于通常使用的两个最快的金属热导体铜（约 400W/mK）或铝（250W/mK）。此外，金刚石的热容量（1.5J/cm³）远远低于铜（17J/cm³）

或铝 ($24\text{J}/\text{cm}^3$)。金刚石的将热量带走而不存储的能力使其成为希望的散热器。与热沉相比，散热器很快地将热量从热源传走而不存储。表 1 示出了与金刚石相比的几种材料的各种热学特性（在 300K 的值）。

表 1

材料	热导率 (W/mK)	热容量 ($\text{J}/\text{cm}^3\text{K}$)	热膨胀 (1/K)
铜	401	3.44	1.64E-5
铝	237	2.44	2.4E-5
钼	138	2.57	4.75E-5
金	317	2.49	1.43E-5
银	429	2.47	1.87E-5
碳化钨	95	2.95	0.57E-5
硅	148	1.66	0.258E-5
金刚石 (IIa)	2300	1.78	0.14E-5

此外，金刚石的热膨胀系数是所有材料中最低的。低热膨胀系数使金刚石与低热膨胀系数的硅半导体更容易接合。因此，可以最小化在接合界面处的应力。从而形成金刚石和硅之间的稳定键合，所述键合在重复的热循环下不会分层。

最近几年，已经使用金刚石散热器从高功率激光二极管散热，例如将所述散热器用于增加光纤中的光能的激光二极管中。然而，大面积金刚石非常昂贵；因此，金刚石不能商业地用于发散来自 CPU 的热量。为了将金刚石用作散热器，必须抛光金刚石的表面以使其与半导体芯片可以紧密接触。此外，金刚石的表面必须（例如通过 Ti/Pt/Au）金属化以通过焊接与常规的金属热沉连接。

许多当前的金刚石散热器由通过化学气相沉积 (CVD) 形成的金刚石薄膜构成。未加工的 CVD 金刚石薄膜的一个实例现在的价格高于 $\$10/\text{cm}^2$ ，当该薄膜被抛光和金属化后价格将翻倍。如此高的价格限制了金刚石散热器的广泛使用，而只用于这样的应用（例如高功率激光二极管）中，其中只需要小面积的散热器、或没有有效的可选的散热器可用。除了昂贵，CVD

金刚石薄膜只能以非常低的速率（例如每小时几微米）生长；因此，这些薄膜很少超过1mm的厚度（通常为0.3-0.5mm）。然而，如果芯片的受热面积很大（例如CPU），优选利用较厚（例如3mm）的散热器。

除了利用CVD方法制造金刚石产品，还试图利用大量颗粒金刚石或“多晶金刚石”（PCD）来形成散热器。这种装置的特定实例见美国专利6,390,181和美国专利申请公开2002/0023733，其在此引入作为参考。通常，通过在高压、高温（HPHT）条件下处理金刚石颗粒以使金刚石颗粒彼此以及/或者与间隙材料烧结或键合，来制造PCD产品（或“坯块”）。结果，由于HPHT工艺需要极高的气压，因此多数PCD坯块具有相对小的厚度。由于使用了极高气压，用于制造PCD坯块的模型或腔局限于小厚度，以使产生极高气压的机械设备可以保持所需的气压和温度。这种PCD坯块有限地用于散热器领域，因为它们传递或传导热量的物理能力有限。

因此，仍需要通过目前的研究和开发成果来找出，能够有效地从热源传走热量的成本有效的系统或装置。

发明内容

因此，本发明提供了可以用于从热源传走或导走热量的散热器。在一个方案中，复合物散热器可以包括多个含碳颗粒，每个基本上与至少一个其它含碳颗粒接触。还可以提供不含碳材料，所述材料基本上与多个含碳颗粒结合成复合物块。

根据本发明的另一方案，含碳颗粒可以是金刚石颗粒。

根据本发明的另一方案，提供的散热器可以包括多个金刚石颗粒，其中每个金刚石颗粒基本上与至少一个其它金刚石颗粒烧结。

根据本发明的另一方案，金刚石颗粒可以相互充分接触以提供连续金刚石-金刚石路径，所述路径通到基本上每个金刚石颗粒。

根据本发明的另一方案，所述金刚石颗粒占散热器的体积的约50%至约80%。

根据本发明的另一方案，所述金刚石颗粒占散热器的体积的约70%至

约 98%。

根据本发明的另一方案，不含碳材料选自于如下的一种：Fe、Ni、Co 及其混合物或合金。

根据本发明的另一方案，所述含碳颗粒占散热器的体积的至少约 50%，以及不含碳材料占散热器的体积的至少约 5%。不含碳材料包括选自于如下的一种物质：Cu、Al 和 Ag。

根据本发明的另一方案，金刚石颗粒是无涂层的金刚石颗粒。

根据本发明的另一方案，提供了用于从热源传走热量的冷却单元，所述单元可以包括热沉和根据上述方面的散热器。散热器可以设置成与热沉和热源都进行热交换。

根据本发明的另一方案，散热器可以至少部分镶嵌在热源和/或热沉中。可以通过压紧安装将散热器装在热沉中，该压紧安装是热致压紧安装。

根据本发明的另一方案，提供了制造散热器的方法，所述方法包括以下步骤：提供多个含碳颗粒；以及用上述方案中的不含碳材料渗透多个含碳颗粒，以形成热传导块。

根据本发明的另一方案，提供了冷却热源的方法，包括以下步骤：提供上述方案中的散热器；以及将散热器设置成与热沉和热源都进行热交换。

根据本发明的另一方案，提供了制造复合物散热器的方法，包括以下步骤：提供具有第一平均目尺寸的多个金刚石颗粒；这样组合金刚石颗粒，使每个金刚石颗粒基本上与至少一个其它金刚石颗粒接触；提供不含碳材料；以及利用不含碳材料键合所组合的金刚石颗粒，使得不含碳材料至少部分填充组合的金刚石颗粒之间的任何空隙。

根据本发明的另一方案，提供了从热源除去热量的方法，包括以下步骤：提供上述方案中的散热器；以及将散热器放置为与热源有效地连接。

根据本发明的另一方案，提供了制造金刚石散热器的方法，包括以下步骤：提供具有第一平均目尺寸的第一组多个金刚石颗粒；这样组合金刚石颗粒，使金刚石颗粒相互紧密接触；提供不含碳材料；以及在不含碳材料的存在下，在约 4GPa 和约 8GPa 之间的气压下烧结多个金刚石颗粒，

以使金刚石颗粒部分烧结在一起,从而提供金刚石成分为约 70 体积%和约 98 体积%之间的基本上烧结的金刚石颗粒块。

上文已经较全面地概括了本发明的多个特征,以使下面的详细说明更加容易理解,并使对本领域的贡献更加明显。通过下面对根据所附权利要求书的本发明的详细描述,将使本发明的其它特征更加明显,所述其它特征还可以通过实施本发明来获知。

附图说明

图 1a 是根据本发明的实施例的与热源和热沉进行热交换的散热器的示意图;

图 1b 是根据本发明的另一实施例的与热源和热沉进行热交换的散热器的示意图; 以及

图 1c 是根据本发明的另一实施例的与热源和热沉进行热交换的散热器的示意图。

具体实施方式

在公开和说明本发明之前,应该理解,本发明并不限于这里公开的特定结构、工艺步骤、或材料,而是包括本领域的一般技术人员所认识的等同替换。应该理解,这里采用的术语只用于说明具体实施例的目的,并不是为了限制。

应该注意,在本说明书和权利要求书中所用的单数形式“a”、“an”和“the”包括多个所指物,除非所述内容另外清楚地指出。这样,例如,提及“a 金刚石颗粒”,则包括一个或多个这样的颗粒,提及“a 不含碳材料”或“间隙材料”,则包括一种或多种这样的材料,以及提及“the 颗粒”,则包括一个或多个这样的颗粒。

定义

在说明本发明和要求其权利中,将使用根据如下定义的术语。

这里使用的“颗粒”和“砂粒”可以互换,当用于含碳材料时,指这

种材料的颗粒形式。这种颗粒或砂粒可以是各种形状，包括圆形、长方形（oblong）、正方形、自形等，以及多种特定的目（mesh）尺寸。本领域公知的是，“目”指在目数（U.S. mesh）单位下每单位面积上的孔眼数。全部目尺寸在这里都是指目数，除非另外指出。此外，通常将目尺寸理解为给定颗粒集合的平均目尺寸，因为在特定“目尺寸”内的每个颗粒将实际上在尺寸分布的小范围上变化。

这里使用的“基本的”或“基本上”是指，将对希望的目的、操作或结构的作用实现看作实际上已经实现了这些目的或结构。因此，基本上互相接触的含碳或金刚石颗粒被看作或被几乎看作它们实际上互相接触地作用。同样，基本上具有相同的尺寸的含碳颗粒实现或获得这样的结构，其中看作每一个所述颗粒都具有完全相同的尺寸，即使它们可能在尺寸上有一些改变。

这里使用的“散热器”指从热源散布或传导热量并将热量传走的材料。散热器与热沉明显不同，热沉用作在其中保持热量的热库，直到通过其它机制将热量从热沉传走，而散热器不保留大量的热量，而是仅仅从热源把热量传走。

这里使用的“热源”指具有高于希望的大量热能或热量的装置或物体。热源可以包括这样的装置，所述装置产生热量作为它们运行的副产物，还包括这样的物体，所述物体通过从另一热源传递到其上的热量而被加热到高于希望的温度。

这里使用的“含碳”指主要由碳原子构成的任何材料。公知碳原子有各种键合排列或“同素异形体”，包括平面、变形（distorted）四面体和四面体键合排列。本领域的一般技术人员公知，这样的键合排列确定了特定的形成材料，例如石墨、类金刚石（DLC）、或非晶金刚石和纯金刚石。在一个方案中，含碳材料可以是金刚石。

这里使用的“活性元素”和“活性金属”可以互换，指可以通过形成碳键（carbide bond）与碳发生化学反应和化学键合的元素，特别是金属元素。活性元素的例子包括但不限于：过渡金属元素，如钛（Ti）和铬（Cr），

其中包括难熔元素如锆 (Zr) 和钨 (W); 以及非过渡金属元素和其它材料, 如铝 (Al)。此外, 可以包括例如硅 (Si) 的特定非金属元素作为焊接合金中的活性元素。

这里使用的“润湿 (wetting)”指在含碳颗粒的至少部分表面上流过熔融金属的工艺。浸湿的发生通常由于或至少部分由于熔融金属的表面张力, 并可以通过在熔融金属中使用或添加特定的金属而变得容易。在某些方案中, 当利用金属形成碳化物时, 浸湿有助于在含碳颗粒和熔融金属的界面处形成含碳颗粒和熔融金属之间的化学键。

这里使用的“化学键”和“化学键合”可以互换, 指在原子之间施加吸引力的分子键, 所述吸引力足够强以在原子之间的界面处形成二元固体化合物。本发明中包括的化学键在金刚石高级研磨 (superabrasive) 颗粒的情况下通常是碳键, 或在立方系氮化硼的情况下是氮键 (nitride) 或硼键 (boride)。

这里使用的“焊接合金”和“用于焊接的合金”可以互换, 指这样的合金, 其包含足够量的活性元素以在合金和高级研磨颗粒之间形成化学键。合金可以是固体或是溶液, 所述溶液是其中具有活性元素溶质的金属载体溶剂的溶液。此外, 术语“焊接”用于指在高级研磨颗粒和焊接合金之间形成化学键。

这里使用的“烧结”指将两个或多个单个颗粒接合以形成连续固体块。烧结工艺包括固化颗粒以至少部分消除颗粒之间的空隙。烧结可以在金属或含碳颗粒如金刚石中发生。金属颗粒的烧结根据材料的成分在各种温度下发生。金刚石颗粒的烧结通常需要超高气压和作为金刚石助烧结剂的碳溶剂的存在, 这将在下面进行详细说明。通常存在助烧结剂来协助烧结工艺, 且其部分将保留在最终的产物中。

浓度、数量、颗粒尺寸、体积和其它数字的数据在这里将以范围形式表示或存在。应该理解, 使用这种范围形式只是为了方便和简短, 因此应该将所述范围灵活地解释为, 不仅包括被列举为范围边界的具体数值, 而且包括该范围内包含的所有单个数值或子范围, 即如每个数值或子范围都

被具体列举。

例如，数值范围“约 1 微米到约 5 微米”应该解释为不仅包括具体列举的数值约 1 微米到约 5 微米，而且包括所述范围内的单个数值和子范围。因此，在该数值范围内包括单个数值如 2、3 和 4，子范围如 1-3、2-4 和 3-5 等。同样的原理适用于只列举单个数值的范围。此外，不管范围的幅度或将要说明的特征，这样的解释同样适用。

本发明

本发明包括从热源传走热量的装置、系统和方法。根据本发明的方法制造的散热器通常包括多个含碳颗粒，在实施例中每个含碳颗粒基本上互相接触。通过使用不含碳材料或直接将含碳颗粒烧结或熔合成块，将多个含碳颗粒结合在一起。

在一个方案中，制造具有高含碳颗粒体积的散热器的常规工艺开始于在合适的模型中组合第一组多个含碳颗粒。可选地，第一组多个颗粒可以每个近似具有相同的目尺寸。这些颗粒的具体尺寸可以高达约 18 目（1mm），通常在约 30 目（0.5mm）和约 400 目（37 微米）之间。虽然颗粒的尺寸可以改变，通常的原理认为，越大的含碳颗粒提供越大的路径，所述路径的热传递特性被改进为接近固态含碳材料如纯金刚石的传热特性。

这样组合颗粒以使颗粒之间基本上接触。在组合组中，每个颗粒应该与至少另一个颗粒接触。这样，可能存在这样的颗粒组，其中颗粒两两接触而与其它颗粒分离。在本发明的另一方案中，颗粒之间的接触足以为散热器中基本上所有的含碳颗粒提供连续路径。通过基本上颗粒-颗粒的接触，很容易从热源将热量传走。可以这样组合颗粒使得占用大部分体积并最小化颗粒之间的空隙量。

在一个方案中，可以通过在连续的步骤中组合尺寸不同的含碳颗粒来实现获得上述目标的颗粒组合。例如，将较大的含碳颗粒组合到合适的模型中。可以通过下沉或压紧，例如通过振动器在模型内部振动，来改善含碳颗粒的组合。然后可以添加多个较小的含碳颗粒以填充较大含碳颗粒周

围的空隙。根据较小颗粒的尺寸，需要从组合的碳材料的多个侧面引入较小颗粒，以填充大多数可获得的空隙。较小含碳颗粒的尺寸可以变化。通常在较大金刚石直径的约 1/3 到约 1/20 之间的范围内的颗粒会增加组合效率。也可以使用在约 1/5 和约 1/10 之间的颗粒，而使用直径是较大颗粒直径的 1/7 的颗粒已经获得了很好的结果。使用这种连续组合步骤，体积组合效率达到高于三分之二。如果需要，甚至可以添加更小的含碳颗粒来进一步增加组合效率。然而，当填充变得越来越困难，同时，组合效率的增加变得越来越小时，则该连续组合方法将很快到达递减点。根据上述理论原理形成的组合的颗粒将提供在约 50% 到约 80% 之间的碳体积含量。

在一个可选实施例中，首先混合不同大小的含碳颗粒，然后在引入间隙材料之前将其组合在一起。该方法可以使组合效率增加，然而，由于较大颗粒没有与其它较大颗粒紧密接触，可能会牺牲一些热利益。这样，热量必须穿过更多的颗粒-颗粒界面边界，增加了最终的散热器的热阻。

在另一个可选实施例中，通过使用均匀形状的含碳颗粒可以增加金刚石的含量。特别是，市场上可以获得基本上为立方系金刚石的颗粒，尽管可以使用其它形状。立方系金刚石可以边缘-边缘地组合以形成单层或多层组合的金刚石颗粒，其中具有高达约 90%-98% 的金刚石体积含量。具体的排列不重要，可以以规则的行和列或错开的行和列组合颗粒。在该实施例中，对金刚石颗粒的排列使颗粒之间具有基本上较小体积的空隙，而不需要将金刚石颗粒烧结在一起。此外，如果颗粒的取向相同，而不是任意的方向，则改善了最终的复合物的热学特性。下文讨论对如上述组合的金刚石颗粒的组合金刚石颗粒的排列施加间隙材料或不含碳材料及所述施加的处理。

在本发明的一个方案中，可以结合含碳颗粒使用间隙材料，以将它们键合成复合物块。然而，通过如上所述在引入间隙材料之前组合颗粒，可以保持初始的颗粒-颗粒接触，从而组合效率远远超过通过首先混合含碳颗粒和间隙材料、然后通过热压固化所获得的效率。在后一情况中，含碳颗粒可能构成小于器件体积的一半，因为间隙材料趋于填充在金刚石颗粒周

围和它们之间，从而完全将多个颗粒互相分开。在此情况下，热量必须穿过不含碳材料的大量区域。

这样，根据本发明的一个方案，如上所述在引入任何不含碳材料之前组合含碳颗粒。在设计本发明的含碳复合物散热器中所考虑的一个因素是，在含碳颗粒之间的界面和在不含碳材料和含碳颗粒之间的界面处的复合物的热学特性。空的空隙和在界面间的仅仅机械接触成为热的阻碍。尽管沿颗粒的绝大部分表面的含碳颗粒的紧密接触改善了在这些边界处的热学特性，但结果比完全连续的含碳材料的差。这样，希望是界面的绝大部分不只是仅仅机械接触。

因此，可以使用这样的间隙材料，所述间隙材料具有适于获得特定理想工具的特定特征。在一个方案中，间隙材料可以适于充当在超高气压下的碳烧结辅助剂，以将含碳颗粒烧结或实际熔融在一起。在本发明的另一个方案中，可以选择将组合的金刚石颗粒化学键合在一起的间隙材料。

间隙材料的选择必须考虑到间隙材料本身的热导率和热容量。包含低热导率材料的金刚石小型散热器将成为结构中的限制元件，从而消除了金刚石的一些热传递优势。因此，如下的间隙材料极大地促进了穿过界面边界的热传递，所述材料具有高热导率、低热容量、并能提供与金刚石的化学键。当然，较大程度的金刚石-金刚石接触也可以改善散热器的热传递特性。

可以通过多种方法提供用于键合或烧结含碳颗粒的间隙材料，所述方法包括渗透、烧结和电沉积。当材料被加热到其熔点并以液体的形式流过颗粒之间的间隙时，发生渗透。当材料被充分加热以使材料的临近颗粒在它们的边缘附近熔化，并在所述材料主要是固态的过程中将临近颗粒烧结在一起时，发生烧结。这样，基本上没有间隙材料的流动发生。电沉积涉及在电流作用下在含碳颗粒的表面上沉积在溶液中被加热到其熔点之上的金属。

两种基本的间隙材料包括液态金属和熔融陶瓷。当键合含碳颗粒以产生含碳复合物散热器时，间隙材料将包含至少一种可以与碳反应形成碳化

物的活性元素。碳化物形成剂的存在有助于润湿金刚石颗粒润湿，并使间隙材料通过毛细作用进入间隙。当烧结合碳颗粒以产生含碳散热器时，间隙材料应该充当烧结辅助剂以增加碳烧结的程度，并不需要包含碳化物形成剂，而是包含碳溶剂

在本发明的一个方案中，可以将间隙渗透合金用作渗透剂以将含碳颗粒键合成基本上固态的散热块。如上所述，许多间隙材料实际上会妨碍穿过散热器的热传递。例如，没有与碳化学键合而仅仅被机械地保持的间隙材料将减缓热传递。此外，许多作为好的碳化物形成剂的难熔材料是差的热导体。

其它的考虑是，当含碳材料是金刚石，必须注意选择间隙材料以避免渗透或烧结的温度足够高而损坏金刚石。因此，在本发明的一个方案中，间隙材料是在约 1,100℃以下的温度熔化或烧结的合金。当在高于该温度下加热时，应该将时间最小化以避免过度损坏金刚石颗粒。由于金刚石在金属夹杂物的地方破裂，还会从内部引起对金刚石颗粒的损坏。合成金刚石通常包括金属催化剂（例如 Fe、Co、Ni 或其合金）作为夹杂物。这些金属夹杂物具有高的热膨胀系数，且它们可以将金刚石转变回石墨碳。因此，在高温下，由于金属夹杂物的热膨胀系数不同，金刚石将破裂或转变回碳。

根据本发明，间隙材料可以包括金刚石或碳的焊接合金作为金属渗透剂、或可以包括硅合金作为陶瓷渗透剂。此外，渗透剂能够“润湿”碳润湿，从而可以通过毛细作用被带到含碳颗粒的间隙中。间隙材料基本上填充组合的含碳颗粒之间的任何剩余空隙。通常的碳浸湿剂包括 Co、Ni、Fe、Si、Mn 和 Cr。当将要把含碳颗粒化学键合在一起时，间隙材料可以包含碳化物形成剂，其在颗粒之间的边界处提供改善的热学特性。该碳化物形成剂包括 Sc、Y、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Cr、Mo、Mn、Ta、W、Tc、Si、B、Al 及其合金。

本发明的间隙或渗透材料可以包括这样的成分，如 Ag、Cu、Al、Si、Fe、Ni、Co、Mn、W、或它们的合金或混合物。金刚石或碳黄铜包括显现出对含碳颗粒的浸湿的 Fe、Co 或 Ni 合金。这些黄铜的合金还可以包括

碳化物形成剂如 Ti、Zr 或 Cr。陶瓷硅合金可以包括 Ni、Ti 或 Cr。例如，Ni-Cr 合金如 BNi_2 (Ni-Cr-B) 或 BNi_7 (Ni-Cr-P) 是好的渗透剂。有效的渗透剂的其它例子包括 Al-Si、Cu-Sn-Ti、Ag-Cu-Ti 和 Cu-Ni-Zr-Ti。大多数含碳间隙材料包括活性元素（例如 Cr、Ti），该活性元素既能通过形成碳化物与碳键合，又容易被氧化。因此，应该在真空炉中或在惰性气氛的保护下进行对间隙材料的引入。

可以通过至少部分地在含碳颗粒中的孔或间隙中填充可以相当快地传导热量的间隙材料，来制造上述含碳复合物散热器。可以通过各种方法将间隙材料引入组合的颗粒中。提供间隙材料的一种方法是通过在水溶液中的电沉积（例如 Ag、Cu、Ni）。通常在酸溶液提供金属，这可以由本领域的技术人员进行。还可以添加各种附加元素以减小溶液的表面张力或另一方面改善进入空隙的渗透。

在本发明的另一个方案中，提供的含碳散热器包括至少占散热器体积的约 50% 的量的多个含碳颗粒。不含碳渗透剂的量至少占散热器体积的约 5%。不含碳渗透剂可以包括选自 Cu、Al 和 Ag 的元素。在该实施例的另一方案中，含碳颗粒的量可以至少占散热器体积的约 80%，或至少占散热器体积的约 90%。

在本发明的其它方面，含碳颗粒可以包括金刚石颗粒。金刚石颗粒的含量可以大于散热器体积的约 50%。渗透剂的量可以大于散热器体积的约 5%，所述渗透剂至少包含约 2% w/w 的碳化物形成剂。

在本发明的另一方案中，所提供的散热器包括含碳颗粒和不含碳渗透剂，所述不含碳渗透剂可以与或不与含碳颗粒化学键合。在该实施例中，不含碳渗透剂可以是例如 Cu、Al 或 Ag。通过在相当高的气压下处理散热器，不含碳渗透剂增加了散热器的最终散热能力，同时增加了含碳颗粒的组合密度。例如，在含碳颗粒是金刚石的情况下，当在超高压下处理散热器时，金刚石颗粒在金刚石-金刚石接触点处被至少部分挤压。当金刚石颗粒被挤压时，熔融 Cu、Al 或 Ag 可以部分地被注入到金刚石颗粒中，并因此导致金刚石颗粒密度的增加。

当最终的散热器包括高浓度的金刚石颗粒、金刚石颗粒之间的基本上所有的空隙都被 Cu、Al 或 Ag 填充时，散热器可以显现出高的热导率。已经发现，根据该实施例形成的散热器显现出的热导率是纯铜的热导率的 1/2 到 2 倍的量级。此外，Cu、Al 和 Ag 相对是非昂贵材料，根据该实施例的散热器可以以商业上有竞争力的成本形成。而且，通常，Cu 具有相对低的熔点（低于约 1100℃），因此可以在较低的温度和气压下进行所述工艺，然而在常规的金剛石 PCD 形成工艺中需要高温和高压。

已经使用涂覆有碳化物或碳化物形成材料的金剛石颗粒形成了一些现有技术金剛石复合物散热器。相反，在本发明的一个方案中，金剛石颗粒和 Cu、Al 或 Ag 中的每个可以在它们的基本、未处理的形式下使用。这可以消除在用渗透剂渗透金剛石块之前涂覆金剛石颗粒的昂贵工艺。此外，在根据本发明的散热器中使用的金剛石颗粒可以使用具有相对粗颗粒的金剛石颗粒，例如 50 微米或更大的颗粒。这可以使得存在更少的使热流减慢的颗粒边界。

提供间隙材料的另一个方法是通过烧结在含碳颗粒之间的空隙中的固态粉末。可以通过本领域的技术人员公知的各种方法来实现烧结，这些方法例如但不限于热压、减压烧结、真空烧结和微波烧结。尽管热压是通常的方法，微波烧结正在成为越来越有用的方法，因为它加快了烧结时间并减小了孔隙率。这在本发明中非常有利，因为微波主要用于加热可烧结的金属材料而不是碳。当使用金剛石时，这有利于在处理期间降低金剛石的降级。

在烧结的材料占据了含碳颗粒之间的大部分空间并阻止了基本上颗粒-颗粒接触的情况下，可以在组合工艺中提供可烧结的间隙材料。然而，可以以与连续组合较小金剛石颗粒相似的方式引入可烧结的间隙材料，其中选择间隙材料的尺寸以使在组合含碳颗粒之后所述材料基本上填充含碳颗粒之间的空隙。一旦空隙被充分填充，烧结间隙材料。以这种方式可以改善颗粒-颗粒接触。

提供间隙材料的第三种方法是用熔融材料（例如 Al、Si、BNi₂）渗透

金刚石颗粒。电沉积金属不能与碳化学键合，从而将含碳颗粒包围在其中。此外，烧结材料不能牢固地保持颗粒，因为在烧结期间与含碳颗粒的键合主要是机械的。渗透剂应该包含活性元素，从而它可以与碳反应形成碳化物形式的化学键。碳化物形成剂的存在还使渗透剂将颗粒表面润湿并通过毛细作用将渗透剂进一步引入间隙。

当使用金刚石颗粒时，为了最小化金刚石降级，优选在低于 1100℃ 的温度下进行渗透。许多上述的 Fe、Ni 和 Co 合金具有该范围内的熔点温度。在间隙材料的渗透或烧结过程中，热金属将不可避免地引起一些小程度的金刚石降级。然而，可以通过降低处理时间和仔细选择间隙材料来最小化该效应。硅非常有利于填充在金刚石之间的间隙中，由于其趋向于通过反应形成 SiC。在金刚石和熔融 Si 之间的界面处形成的 SiC 的防止金刚石进一步降级。纯 Si 的熔点温度为约 1400℃。在高真空（例如低于约 10^{-3} 如 10^{-5} torr）下，熔融 Si 或其合金可以有效地渗透到金刚石中，而不会过于损坏金刚石，从而可以制造优质的散热器。

这样，可以通过渗透、烧结或电沉积将间隙材料引入组合的含碳颗粒中。当在低压下进行时，这些间隙材料仅仅填充颗粒之间的空隙并将颗粒键合在一起。在非常高的气压下，有两种基本的可能。首先，间隙材料会与碳化学键合并且/或者在含碳材料与间隙材料的界面上提供有利的热学特性，以及含碳材料将被部分挤压以消除部分空隙。其次，如果间隙材料是碳溶剂例如但不限于铁、钴、镍或这些材料的合金，含碳颗粒将烧结在一起形成连续的含碳块。当含碳颗粒烧结在一起时，热传递的路径主要是基本上不用通过机械或不含碳界面的连续碳路径。

在本发明的一个实施例中，使用铜作为间隙材料。铜是用于制造金刚石散热器的希望热导体。然而，铜不是碳溶剂，且不是石墨到金刚石转变的催化剂，其也不能充当在超高压下的烧结辅助剂。因此，如果使用铜作为间隙材料，也可以通过电沉积或烧结来完成。然而，电沉积在填充紧密组合的金刚石颗粒中的孔时非常慢且没有效率。另一方面，烧结将不可避免地金刚石颗粒之间留下铜。在上两种方法中，在最终的散热器中含碳

颗粒的组合效率都较低（例如 60 体积 %）。

尽管铜不是烧结辅助剂以沿含碳颗粒边界将含碳颗粒烧结在一起，碳铜混合物的超高压固化可以使含碳颗粒更紧密地靠在一起，以达到更高的碳含量如 70 体积 %。气压的范围从约 4GPa 到约 6GPa。在这些高压下，一些含碳颗粒被部分挤压而消除了颗粒之间的部分空隙。为了获得高于 70 体积 % 的碳并不形成碳-碳桥，必须通过吸收材料（sink material）吸取过剩的铜。该吸收材料在超高气压条件下包含孔并在铜的熔点温度下不会变软。该吸收材料可以由陶瓷粉如 SiC、Si₃N₄ 和 Al₂O₃ 构成，但也可以由任何多孔材料形成，该多孔材料提供用于吸收过剩的铜的充分介质。其它可用的多孔材料包括 WC 和 ZrO₂。通过参考下面的实例 1 将进一步说明该技术。

在本发明的另一个方案中，间隙材料可以是碳润湿渗透合金，所述合金中具有低体积百分比含量的碳润湿剂。以这种方式，显著减少了碳和渗透剂之间的机械界面，而提供了具有相当高的热导率的渗透剂。例如，好的热传导金属如 Ag、Cu 或 Al 会与碳化物形成剂如 Ti 形成合金。

除了通过包括具有好的导电性和金刚石润湿特性的渗透合金提供利益之外，可以这样选择渗透合金，以使所述合金具有相对低的共晶熔点。以这种方式，可以避免相关于在极高温度和气压下处理金刚石颗粒的上述不利。在一个方案中，所用合金的共晶熔点可以小于约 1100℃。在另一个方案中，熔点可以小于约 900℃。

好的碳化物形成物质的例子包括但不限于上述那些。此外，具有高热导率的材料例子包括但不限于 Ag、Cu 和 Al。可以使用宽范围的特定合金，该合金可以获得希望的热传递和化学键合特性并具有上述温度内的共晶熔点。然而，在本发明的一个方案中，渗透合金可以包括碳化物形成物质和至少 1wt% 到约 10wt% 的 Ag、Cu 或 Al。在另一个方案中，碳化物形成物质的量至少占散热器的约 1% w/w。

在另一个方案中，渗透合金可以包括 Cu-Mn 合金。Cu-Mn 合金可以是 Cu-Mn (30%) -Ni (5%)，其熔点为约 850℃，远远低于过去使用的

烧结温度。例如熔点为 1500℃的 Co 在用于形成 PCD 坯块的 HPHT 工艺中通常用作烧结辅助剂。如上所述，该温度不利于含碳材料的完整性并引起含碳材料的降级。这对于金刚石颗粒来说尤其如此。相反，从完整性角度和工艺控制和成本的角度出发，在约 850℃的相对低的温度下处理金刚石颗粒更理想。除了上述这些材料以外，本发明使用的渗透合金可以包括多种其它材料。例如，在本发明的一个方案中，可以使用 CuAlZr (9%) 和 CuZr (1%)。虽然 Zr 不是特别好的热导体，但在渗透合金中所占的体积相对小，从而不会显著抑制通过散热器的热传导。

通过利用具有相对低的熔点并具有好的润湿和导电特性的渗透合金，可以提供很好的含碳散热器。较低的工作温度导致较低的工作气压。由于需要较低的工作气压，可以利用本发明形成厚度比现有技术方法高很多的含碳散热器，因为形成 PCD 所需的极高气压限制了过去使用的模型的尺寸。例如，在一个方案中，可以利用本发明形成厚度大于约 1mm 的散热器。在另一个方案中，根据本发明形成的散热器具有大于等于约 2mm 的厚度。通过形成具有较大厚度的散热器，最终的散热器具有每单位时间传递或传播更多的热量的能力，并因此具有显著更大的冷却能力。

根据本发明形成的散热器可以根据需要采用各种结构。可以根据将要使用的热源的特需要定需要对如上述形成的含碳材料抛光或成形。与 CVD 不同，这里的含碳复合物可以被相对快速地形成几乎任何尺寸。最通常，对于电子应用，散热器的厚度将在约 0.1mm 和约 1mm 之间，或可以在高达 5mm 的厚度范围内变化。可以将散热器形成为圆形或椭圆形的盘或四边形如正方形、矩形或其它形状的片。热源可以是产生热量的任何电子或其它部件。

一旦形成散热器，则基于设计和热传递的原理合适地放置。散热器可以直接与部件紧密接触，甚至可以被形成为包围形式或者被成形为与热源在大表面区域上直接接触。可选地，可以通过热导管或其它热传递装置将散热器从热源除去。

除了这里公开的散热器之外，本发明包括冷却单元，用于将热量从热

源传走。如图 1a 所示，根据这里描述的原理形成的散热器 12 可以设置成与如 CPU 14 的热源和热沉 16 都进行热交换。散热器将 CPU 产生的热量传递到热沉。热沉可以是本领域的一般技术人员公知的多个热沉，包括其材料和结构。例如，公知将铝和铜用作热沉，以及如图 1a 所示，可以具有包括冷却片 18 的结构。当通过散热器将热量快速有效地从 CPU 传走时，热沉吸收热量，并且冷却片帮助将热量散发到周围环境中。根据将要获得的特定结果，可以使用热沉、热源和散热器之间的多个接触结构。例如，可以彼此相邻地设置部件，还可以将部件键合或耦合在一起。在本发明的一个方案中，可以将散热器焊接到热沉上。

尽管在图中将热沉 18 示出为包括冷却片的热沉，可以理解，本发明可以使用本领域的技术人员公知的任何热沉。在美国专利 6,538,892 中描述了公知的热沉的例子，在此引入其作为参考。在本发明的一个方面中，热沉包括具有内部运转流体的热管。在美国专利 6,517,221 中描述了热管热沉的例子，在此引入其作为参考。

如图 1b 所示，在本发明的一个方案中，将散热器 12 至少部分嵌入热沉和/或热源中。以此方式，不仅将热量从散热器的底部传递到热沉，而且将热量从散热器的侧面至少部分地传递到热沉。在被嵌入热沉中之后，可以将散热器键合或焊接到热沉上。在一个方案中，可以通过压紧安装将散热器保持在热沉中。以此方式，在散热器和热沉之间不存在键合或焊接材料，所述材料会成为从散热器到热沉的有效热传递的障碍。

虽然可以通过各种本领域的技术人员公知的机制将散热器保持在热沉中，但是在本发明的一个方案中，通过热致压紧安装 (compression fit) 将散热器保持在热沉中。在该实施例中，可以将热沉加热到升高的温度，以扩大在热沉中形成的开口。然后将散热器装入该扩大的开口中，并将热沉冷却。一旦冷却，具有相对高的热膨胀系数的热沉将围绕散热器收缩，并形成热致压紧安装，所述安装将散热器保持为嵌在热沉中而不需要引入键合材料。还可以使用机械摩擦安装将散热器保持在热沉中。

如图 1c 所示，在本发明的一个方案中，热沉可以包括具有内部运转流

体（未示出）的热管 22。内部运转流体可以是任何本领域的技术人员所公知的，以及在一个方案中是水或水蒸汽。可以基本上密封热管以将运转流体保持在热管内。散热器可以被设置成邻接热管，以及在一个方案中被焊接到热管上。在图 1c 所示的实施例中，散热器从热管的壁突出，从而散热器的底部直接与运转流体接触。可以将散热器焊接在热管中，如在 26 处所示，以辅助保持热管的基本密封的条件。

当散热器直接与运转流体接触时，运转流体可以更有效地将热量从散热器传走。在图 1c 所示的实施例中，在此情况下为水（未示出）的运转流体接触散热器并在吸收来自散热器的热量后汽化。然后，水蒸汽可以在热管的底部凝结为液态，此后，由于毛细作用，液体将移 24 回到热管的壁上，并到达散热器，在那里液体将再次汽化并重复该循环。当热管的壁可以由高热导率系数的材料构成时，热量将从热管的壁传到周围环境中。

如上所述，组合的含碳颗粒，特别是金刚石也可以被烧结在一起以形成大部分为碳的基本上烧结的颗粒的块。当含碳颗粒被烧结在一起时，存在连接相邻碳颗粒的碳桥。上述组合方法可以增加初始的碳组合效率。通过在连续的步骤中组合不同大小的含碳颗粒，可以使组合效率增加到约 80 体积%。然而，因为没有碳-碳键合，组合效率达到极限。因此，为了进一步增加组合效率和热导率，必须将含碳颗粒烧结在一起。此外，当将含碳颗粒烧结在一起使得存在连接相邻碳颗粒的碳桥时，为热流提供了无阻碍的路径。通过此方法，热量可以快速通过含碳散热器，而没有在仅仅是紧密接触的单个颗粒之间的界面处变慢。

为了将金刚石颗粒烧结在一起，必须在金刚石的稳定区域对其进行加热，否则，金刚石将转变成更稳定形式的石墨。美国专利 3,574,580、3,913,280、4,231,195 以及 4,948,388 中更加详细地说明了该过程，并在此引入作为参考。对金刚石的烧结通常在非常高的气压下进行。通常，需要大于约 4GPa 到约 8GPa 的气压，尽管已经开发了少数方法来降低该气压需要，例如美国专利 4,231,195。更典型的烧结气压是约 5 到约 6GPa。在该气压下，通过公知的液相烧结的机制将金刚石颗粒烧结在一起。

可以提供间隙材料用作金刚石或含碳颗粒的烧结辅助剂。在此过程中，间隙材料（例如 Fe、Co、Ni、Si、Mn、Cr）可以将金刚石颗粒润湿。由于溶解度在所述气压下增加，金刚石将溶解在该间隙材料中。在金刚石颗粒的接触点处的局部气压较高，从而金刚石颗粒将首先在这些点处溶解。相反，在金刚石颗粒之间的初始空隙中的气压较低，从而以碳原子的形式溶解在熔融液态中的金刚石将在空隙中析出为金刚石。因此，金刚石的接触点将逐渐溶解，以及在金刚石颗粒之间的空隙中将逐渐填满析出的金刚石。结果是，使金刚石颗粒超过了初始的接触点而更加靠近，并基本上消除了初始的空隙，从而形成了金刚石成分在约 70 体积%和约 98 体积%之间的金刚石结构。此外，不像上述低压过程，金刚石颗粒不会经历任何降级，因为温度和气压条件在金刚石的稳定区域。

超高压烧结金刚石的最终产物是多晶体金刚石（PCD），其中将剩余金刚石颗粒烧结在一起。在该结构中，初始金刚石颗粒的结构大部分消失，而是形成了显著的金-金-金刚石桥。如果可以几乎完全地实现金刚石烧结，整个块将由包括小团非金刚石材料的金刚石构成，所述非金刚石材料被包括在 PCD 内部的初始空隙中。这种结构将包括大于 95 体积%的连续结构金刚石，因此导热效率很高并达到了纯金刚石的热学特性。

该超高压方法还可以用于这样的含碳复合物散热器，其通过在上述热压的情况下，在较低气压（ $<2\text{GPa}$ ）下将金属烧结在一起而形成。该超高压方法还可以用于固化含碳复合物散热器，以将碳含量增加为超过只通过热压获得的碳含量。

根据本发明的方法适合超高压制造散热器的间隙材料包括 Si、Ti、Fe、Co、Ni、Cu、Mn、W、La、Ce 和这些材料的混合物或合金。不是所有的这些材料可以充当烧结辅助剂。

在本发明的另一个方案中，提供吸收材料如陶瓷以加速对烧结辅助剂的去除。如上所述，该吸收材料是多孔的、并在用于烧结金刚石颗粒的超高压下不会变软。该吸收材料最通常是陶瓷粉末如 SiC、 Si_3N_4 和 Al_2O_3 ，但可以是能够用于吸收过剩的烧结辅助剂材料的任何多孔介质。其它可用

的多孔材料包括 WC 和 ZrO_2 。

除了上述系统和装置之外，本发明还提供了制造散热器的方法，所述方法可以包括以下步骤，提供多个含碳颗粒；以及利用如上述各种方案中描述的不含碳渗透剂渗透多个含碳颗粒，从而形成导热块。在另一个方案中，提供了冷却热源的方法，该方法包括，提供如上述各种方案中描述的散热器，以及设置散热器与热源和热沉都进行热交换。

下面的实例呈现出制造本发明的散热器的各种方法。这些实例只是为了说明，而并不意味着对本发明进行限制。

实例

实例 1

金刚石颗粒可以与粉末铜混合以形成混合物。然后冷压该混合物以形成毛坯 (slug)。提供由难熔金属 (例如 Ti、Zr、W、Mo、Ta) 构成的薄壁模型。首先将具有粗颗粒尺寸 (例如 40/50 目) 的陶瓷颗粒 (例如 SiC、 Si_3N_4 和 Al_2O_3) 置于模型中，然后用金刚石-铜毛坯覆盖陶瓷颗粒。然后将样品组件置于高压单元中，并将气压设到高于 5GPa。然后通过使电流流过包围样品组件的加热管，将组件加热到高于 1200℃。在该温度和气压下，铜熔化并从金刚石颗粒之间被挤出。液态铜流到容纳陶瓷颗粒的模型的底部。陶瓷颗粒包含充足的空孔以容纳液态铜。这样，金刚石颗粒被部分挤压并基本上填充了铜留下的空间。从而获得了高金刚石含量 (例如 85 体积%) 的散热器。部分铜保留在复合物材料中，并与金刚石键合以将颗粒保持在一起。

由于缺少金刚石-金刚石桥，上述铜接合的金刚石复合物没有达到 PCD 中的烧结的金刚石的高达 95 体积% 的金刚石含量，但是它的金刚石含量远远高于通过电沉积或热压所获得的。因此，热导率会远远高于本发明的低压金刚石复合物散热器。此外，当与 PCD 相比时铜的高热导率部分补偿了较低的金​​刚石含量 (约 80 体积%)，而 PCD 包含热导率低于铜的碳溶剂金属例如 Co。

已经常规地制造了 PCD，但是 PCD 通常被设计并专门用于机械功能，

度为 2mm。金刚石含量为约 82V%。最终的金剛石-铜散热器的热传递速率是纯铜的 1.5-2 倍。

实例 4

根据实例 3 制造散热器，除了使用浓度为约 1wt% 的 Cu-Zr 来改善铜和金刚石的润湿特征。

实例 5

将石墨薄片 (grafoil) 置于铝容器中，并用 30/40 金刚石晶体覆盖。通过使用平板将晶体压入石墨薄片。将 AgCuSnTi 薄片置于金刚石/石墨薄片混合物的顶部。在真空炉中将组件加热到 950℃，持续 15 分钟。从而形成合金渗透金刚石-石墨。

实例 6

将 30/40 目的金刚石颗粒 (约 500 微米) 与黄铜粉末 (约 20 微米) 混合以获得 50% 的体积效率。将混合物热压在石墨模型中至 40MPa (400 个大气压) 的气压，并加热到 750℃ 持续 10 分钟。获得直径为 30mm、厚度为 3mm 的金刚石金属复合物盘。

实例 7

将 30/40 目的金刚石颗粒与铝粉末混合并装入氧化铝盘中。将装料在 10^{-5} torr 的真空炉中加热到 700℃ 持续 5 分钟，从而使铝熔化。在冷却之后，获得了金刚石铝复合物。

实例 8

将 30/40 目的金刚石置于石墨模型中，并用约 325 目的 MICROBRAZ LM (Wall Colmonoy) 粉末覆盖。将装载物 (load) 在 10^{-5} torr 的真空炉中加热到 1010℃ 持续 12 分钟。熔融 Ni-Cr 合金渗入金刚石颗粒而形成金刚石金属复合物。

实例 9

将 30/40 目的金刚石置于石墨模型中并用碎硅晶片覆盖。将装载物在 10^{-5} torr 的真空炉中加热到 1470℃ 持续 9 分钟。熔融 Si 渗入金刚石颗粒以形成复合物。

实例 10

将 30/40 目的金刚石置于石墨模型中并搅动。然后将 220/230 目的金刚石置于该模型中并轻轻地搅动直到大多数空隙被较小颗粒填充。然后用约 325 目的 NICROBRAZ LM (Wall Colmonoy) 粉末覆盖组合的金刚石。将装载物在 10^{-5} torr 的真空炉中加热到 1010°C 持续 12 分钟。熔融 Ni-Cr 合金渗入金刚石颗粒而形成金刚石金属复合物。

实例 11

将 30/40 目的金刚石围绕阴极组合并浸入包含铜离子的酸浴中。在电流通过之后，铜逐渐沉积在这些金刚石颗粒的孔中。从而获得金刚石铜复合物。

实例 12

将基本上为立方系的 20/25 目的金刚石颗粒 (由 De Beers 制造的 SDA-100S) 在氧化铝盘上边缘-边缘对准，以形成约 40mm^2 的单层金刚石颗粒。将 0.7mm 厚的硅晶片置于该层颗粒上。然后将组件置于真空炉中并抽到 10^{-5} torr。然后将温度上升到 $1,450^{\circ}\text{C}$ 持续 15 分钟。硅熔化并渗透到金刚石颗粒之间。冷却之后，加工复合物以除去过剩的硅。获得了约 0.8mm 的金刚石散热器。该散热器包含约 90 体积%的金刚石。使用基本上立方系的颗粒使金刚石含量远远高于使用上述连续组合方法常规获得的。

实例 13

将 40/50 目的金刚石颗粒与 Si 和 Ti 粉末的混合物混合，并将全部混合物装载到石墨模型中，再将该石墨模型装到钛加热管中。然后将组件置于叶蜡石块的中间。将该块装在立方压中并承受 5.5GPa 的气压。通过在钛管中流过电流来加热。当硅熔化后，硅溶解钛，且二者流到金刚石颗粒周围。然后金刚石颗粒在硅液的帮助下烧结。在淬火和减压后，将金刚石复合物与叶蜡石和其它气压媒介分离。获得了金刚石含量为 92 体积%的金刚石复合物。形成 20 个这样的金刚石复合物，每个的尺寸为 20mm 的直径和 3mm 的厚度。通过金刚石砂轮抛光这些金刚石复合物盘，并测量出其热导率是铜的约两倍。

当然，应该理解，上述配置只是为了说明本发明的原理的应用。只要不脱离本发明的精神和范围，本领域的技术人员可以设计各种修改和替换设置，所附权利要求书旨在包括这些修改和设置。这样，虽然根据目前认为是最实用和优选的本发明的实施例详细并具体地说明了本发明，但是对于本领域的技术人员来说显而易见的是，在不偏离这里所述的原理和概念下可以进行多种修改，所述修改包括但不限于如下物理量的变化：尺寸、材料、形状、形式、功能以及操作、组装和使用的方式。

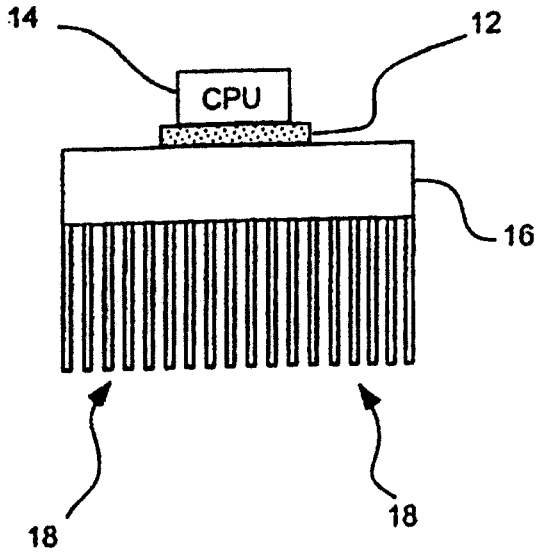


图 1a

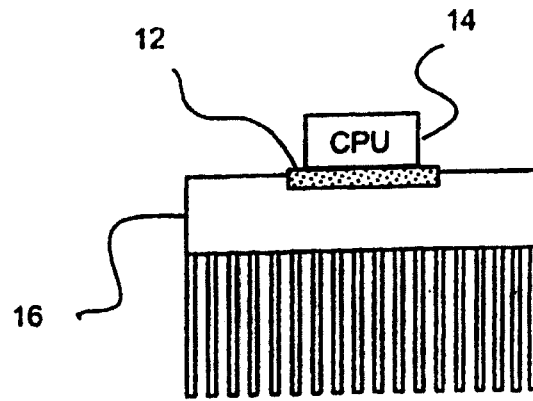


图 1b

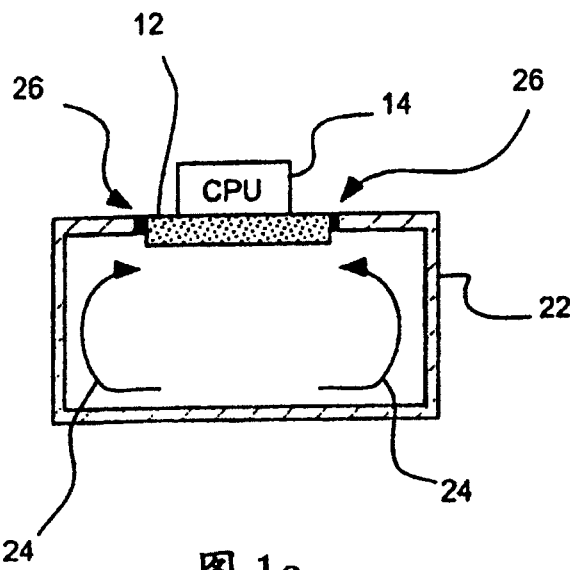


图 1c