



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105783576 B

(45)授权公告日 2019.03.22

(21)申请号 201410813889.5

F28F 7/00(2006.01)

(22)申请日 2014.12.24

H05K 7/20(2006.01)

C09K 5/14(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105783576 A

(56)对比文件

CN 103258802 A, 2013.08.21, 说明书第26-43段, 附图1-2.

(43)申请公布日 2016.07.20

CN 102906015 A, 2013.01.30, 说明书第23-45段.

(73)专利权人 中国科学院宁波材料技术与工程研究所

CN 203015365 U, 2013.06.19, 说明书第19-23段, 附图1.

地址 315201 浙江省宁波市镇海区庄市大道519号

CN 103086362 A, 2013.05.08, 说明书第

(72)发明人 余海斌 戴雷

[0004]-[0022]段.

(74)专利代理机构 杭州华进联浙知识产权代理有限公司 33250

审查员 钱李义

代理人 聂智

(51)Int.Cl.

F28F 21/00(2006.01)

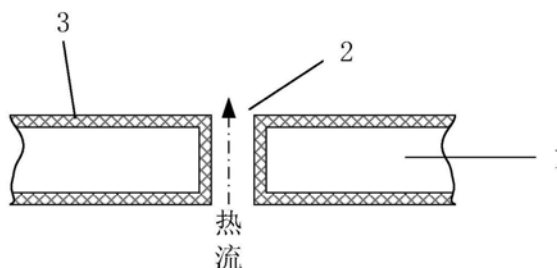
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种复合导热片

(57)摘要

本发明提供了一种复合导热片,其包括:第一导热基片,该第一导热基片设置有多个贯穿孔垂直于所述第一导热基片;多个第二导热片,该第二导热片设置在所述第一导热基片的上、下表面及贯穿孔的内表面,且设置在所述第一导热基片的上、下表面的第二导热片基本平行于第一导热基片,设置在所述贯穿孔的内表面的第二导热片基本平行于所述贯穿孔的内表面。



1. 一种复合导热片,其特征在于,其包括:

第一导热基片,该第一导热基片设置有多个贯穿孔垂直于所述第一导热基片;

多个第二导热片,该第二导热片设置在所述第一导热基片的上、下表面及贯穿孔的内表面,且设置在所述第一导热基片的上、下表面的第二导热片基本平行于第一导热基片,设置在所述贯穿孔的内表面的第二导热片基本平行于所述贯穿孔的内表面;

其中,所述第一导热基片为金属箔,所述第二导热片为石墨烯,所述石墨烯通过液相沉积法形成于所述金属箔上;

所述液相沉积法的过程为:将石墨烯、分散剂和溶剂进行分散,得到含石墨烯的分散液,然后将进行开孔处理的第一导热基片浸入分散液中,浸渍后取出,烘干得到所述复合导热片;其中,所述分散剂为苯胺低聚物,所述苯胺低聚物包括苯胺三聚体、苯胺四聚体、苯胺五聚体或苯胺六聚体中的一种或组合,所述苯胺低聚物与石墨烯之间形成 π - π 键。

2. 一种如权利要求1所述的复合导热片,其特征在于,所述第一导热基片为导热同向性材料,所述第一导热基片的导热率为 $0.05\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 500\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,所述第二导热片为导热异向性材料,沿其平面方向的导热率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。

3. 一种如权利要求2所述的复合导热片,其特征在于,所述第一导热基片的厚度为 $5\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,所述第二导热片的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

4. 一种如权利要求3所述的复合导热片,其特征在于,所述贯穿孔的孔径为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ 。

5. 一种如权利要求4所述的复合导热片,其特征在于,所述贯穿孔的密度为 10^1 个/ $\text{cm}^2\sim 10^6$ 个/ cm^2 。

6. 一种如权利要求1所述的复合导热片,其特征在于,其包括一网状导热基片及包覆该导热基片的导热异向性的导热层,所述导热基片的网孔孔径为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$;所述导热层包覆该导热基片的上下表面及网孔的孔壁,所述导热层沿其平面方向的导热率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,垂直其平面方向的导热率为 $1\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 100\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,所述导热层包括石墨烯。

7. 一种如权利要求6所述的复合导热片,其特征在于,所述导热层在该导热基片上的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$,所述导热层附着在孔壁上的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

一种复合导热片

技术领域

[0001] 本发明属于涉及一种散热器件,尤其涉及一种高导热的复合导热片。

背景技术

[0002] 导热材料在国防工业和国民经济各个领域都有很广泛的应用。随着工业生产和科学技术的迅速发展,人们对导热材料提出了更新、更高的要求,除导热性外,希望材料具有优良的综合性能如质轻、易加工性、力学性能优异、耐化学腐蚀等。

[0003] 在电子电器领域常使用散热片来进行散热。散热片通常是由高导热的金属制成的,可以通过传导、对流或辐射等方式将热量从发热部件传送到环境当中。但是金属材料导热性能有限,比如铜的热导率 $377\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,铝的热导率为 $230\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。

[0004] 高分子材料具有质轻、耐化学腐蚀、易加工成型、电绝缘性能优异、力学及抗疲劳性能优良等优异的特点;但高分子材料是绝缘体,且热导率极低,在很大程度上限制了它在导热领域的应用。

[0005] 近几年来,石墨烯作为一种新型材料在全世界引起了广泛关注。它是由碳原子以 sp^2 杂化连接的单原子层构成的,其理论厚度仅为 0.35nm ,是目前所发现的最薄的二维材料。石墨烯是构成其它碳材料的基本单元,可以翘曲成零维的富勒烯,卷曲形成一维的CNTs或者堆垛成三维的石墨。这种特殊结构蕴含了丰富而奇特的物理现象,使石墨烯表现出许多优异的物理化学性质。这里所涉及的是它的热学性能,它作为一种低维纳米碳材料,具有高达 $3000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 的热导率,是目前发现的导热性能最好的材料。但是石墨烯材料也有不足之处,比如其耐折性差,材料的强度弱,可以轻易撕裂或者因所粘附部位发生位移而产生破损以及表层物质脱落,因此其无法单独作为散热材料来进行应用。

[0006] 碳纳米管自1991年被发现以来,立刻引起科学界和产业界的极大重视。碳纳米管为由呈六边形排列的碳原子构成数层到数十层的同轴圆管。碳纳米管具有优良的热导率、电学性能和机械性能。然而,由于碳纳米管具有非常大的长径比,因而其沿着长度方向的热导率很高,而垂直其长度方向的热导率很低,这不利于碳纳米管作为导热材料进行产业化应用。

[0007] 综上,开发出高结合强度、高热导率的复合导热片不仅具有重大的创造性,对于电子工业散热也具有巨大的推动作用。

发明内容

[0008] 本发明的主要目的是提供一种高导热的复合导热片,该复合导热片不仅具有较高的热导率,还具有较高的结合强度,将其应用于集成电路、电子器件、热交换器、LED等电子设备的散热装置中,起到快速散热保障电子元器件高效、稳定、长寿命运行的效果。

[0009] 为了实现以上目的,本发明提出以下技术方案:

[0010] 一种复合导热片,其包括:第一导热基片,该第一导热基片设置有多个贯穿孔垂直于所述第一导热基片;多个第二导热片,该第二导热片设置在所述第一导热基片的上、下表

面及贯穿孔的内表面,且设置在所述第一导热基片的上、下表面的第二导热片基本平行于第一导热基片,设置在所述贯穿孔的内表面的第二导热片基本平行于所述贯穿孔的内表面。

[0011] 所述第一导热基片为导热同向性材料,所述第一导热基片的导热率为 $0.05\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 500\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,所述第二导热片为导热异向性材料,沿其平面方向的导热率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。

[0012] 所述第一导热基片为金属箔,所述第一导热基片的厚度为 $5\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,所述第二导热片的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0013] 所述贯穿孔的孔径为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ 。

[0014] 所述贯穿孔的密度为 $10^2\text{个}/\text{cm}^2\sim 10^4\text{个}/\text{cm}^2$ 。

[0015] 所述第二导热片包括石墨烯或碳纳米管膜。

[0016] 所述第一导热基片为高分子膜,所述第一导热基片的厚度为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$,所述第二导热片的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0017] 一种复合导热片,其包括一导热基片、垂直于该导热基片设置的多个热管及与分布在所述导热基片相对的上、下表面的石墨烯,所述热管由贯穿该导热基片的石墨烯形成,且形成该热管的石墨烯基本垂直于所述导热基片,设置在所述导热基片的上、下表面的石墨烯基本平行于导热基片。

[0018] 一种复合导热片,其包括一网状导热基片及包覆该导热基片的导热异向性的导热层,所述导热基片的网孔孔径为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$;所述导热层包覆该导热基片的上下表面及网孔的孔壁,所述导热层沿其平面方向的导热率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,垂直其平面方向的导热率为 $1\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 100\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。

[0019] 所述导热层在该导热基片上的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$,所述导热层附着在孔壁上的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0020] 相较于现有技术,本发明提供的复合导热片具有如下优点:(1)具有优异的散热性能。现有技术制备的导热片一般是平铺在基板的表面,热流方向垂直于基板的表面,导致最终散热效果并不理想。而本发明所述复合导热片,第一导热基片的两个表面和贯穿孔的内表面均设置有第二导热片。位于第一导热基片的下表面的第二导热片不仅可以使热源传来的热量快速分散在第一导热基片的表面,而且可将得到的热量通过附于贯穿孔的内表面的第二导热片迅速转移到第一导热基片上表面的第二导热片。传输到上部的热量通过的第二导热片表面快速扩散,最终通过对流和辐射的方式实现快速散热。也就是说,所述复合导热片的贯穿孔内表面的第二导热片可提高垂直于第一导热基片表面的方向上的热导率,从而大大提高了复合导热片的整体热导率。并且,通过对贯穿孔进行合理的孔径设计和孔密度设计,可使复合导热片的导热更为均匀。(2)第二导热片与第一导热基片结合强度高。现有技术制备的第二导热片由于其平铺在第一导热基片表面,二者间存在界面应力,因而容易导致第二导热片剥离。而本发明所述复合导热片,其中的第二导热片不仅覆盖在第一导热基片的上下两个表面,而且也分布于贯穿孔的内表面,该分布于上下表面和贯穿孔的内表面的第二导热片连成一体层状结构,将第一导热基片夹在中间并套牢,从而大幅提高第二导热片与第一导热基片的结合强度。

附图说明

[0021] 图1为本发明所述复合导热片的结构示意图(其中,1表示第一导热基片;2表示贯穿孔;3表示第二导热片)。

[0022] 图2为本发明实施例1得到的复合导热片的显微镜照片。

[0023] 图3a为图2所述复合导热片的A位置所测得的Raman图谱。

[0024] 图3b为图2所述复合导热片的B位置所测得的Raman图谱。

具体实施方式

[0025] 以下将结合附图对本发明提供的复合导热片及其制备方法作进一步说明。

[0026] 本发明所提供的物质可以通过市售原料或传统化学转化方式合成。

[0027] 本发明的其他方面由于本文的公开内容,对本领域的技术人员而言是显而易见的。

[0028] 以下结合具体实施例,进一步阐明本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而不适用于限制本发明的范围。

[0029] 除非另有定义或说明,本文中所使用的所有专业与科学用语与本领域技术熟练人员所熟悉的意义相同。此外任何与所记载内容相似或均等的方法及材料皆可应用于本发明方法中。

[0030] 请参阅图1,本发明提供一种复合导热片。所述复合导热片包括:第一导热基片1和多个第二导热片3。该第一导热基片1设置有多个贯穿孔2垂直于所述第一导热基片1。该第二导热片3设置在所述第一导热基片1的上、下表面及贯穿孔的内表面。具体的,设置在所述第一导热基片1的上、下表面的第二导热片3基本平行于第一导热基片1,设置在所述贯穿孔2的内表面的第二导热片3基本平行于所述贯穿孔2的内表面。

[0031] 所述复合导热片通过以下制备方法可得到。所述制备方法包括以下步骤:

[0032] (1) 将第一导热基片1进行表面清洗处理,处理过程包括:除油、酸洗、水洗、醇洗、烘干;

[0033] 其中,所述第一导热基片1为导热同向性材料,所述第一导热基片1的导热率为 $0.05\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 500\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。所述第一导热基片1可为金属箔或高分子膜。当第一导热基片1为金属箔时,所述第一导热基片1的厚度为 $5\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$,优选为 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。当第一导热基片1为高分子膜时,所述第一导热基片1的厚度为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$,优选为 $10\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ 。

[0034] (2) 将清洗后的第一导热基片1进行开孔处理,开孔方式包括激光打孔、等离子打孔、机械钻孔、化学刻蚀孔等,得到多个贯穿孔2;

[0035] 其中,所述贯穿孔2的孔密度为 $10^1\text{个}/\text{cm}^2\sim 10^6\text{个}/\text{cm}^2$,优选为 $10^2\text{个}/\text{cm}^2\sim 10^4\text{个}/\text{cm}^2$ 。当第一导热基片1为金属箔时,所述贯穿孔2的孔径为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$;为了使得第一导热基片1散热更均匀,所述贯穿孔2的孔径优选为 $10\mu\text{m}\sim 500\mu\text{m}$ 。当第一导热基片1为高分子膜时,所述贯穿孔2的孔径为 $100\text{nm}\sim 100\mu\text{m}$;为了使得第一导热基片1散热更均匀,贯穿孔2的孔径优选为 $1\mu\text{m}\sim 50\mu\text{m}$;

[0036] (3) 在进行开孔处理的第一导热基片1的上、下表面及贯穿孔2的内表面设置第二导热片3,使设置在所述第一导热基片1的上、下表面的第二导热片3基本平行于第一导热基片1,设置在所述贯穿孔2的内表面的第二导热片3基本平行于所述贯穿孔2的内表面。

[0037] 具体的,所述第二导热片3为导热异向性材料,沿其平面方向的导热率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。由于第二导热片3具有导热异向性,当热量传至第二导热片2时,热量会迅速的沿第二导热片3平面上导热率高的方向传递并分散,而不会滞留。所述第二导热片的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0038] 所述第二导热片包括石墨烯或碳纳米管膜。所述第二导热片3可通过液相沉积法或化学气相沉积法形成于所述第一导热基片1。

[0039] 当采用液相沉积法时,可预先形成含石墨烯或碳纳米管的分散液,然后将进行开孔处理的第一导热基片1浸入含石墨烯或碳纳米管的分散液中,经过一段时间后取出,烘干即得所述复合导热片。具体的,将石墨烯或碳纳米管、分散剂和溶剂通过高速搅拌、超声、球磨和/或砂磨等手段进行分散,得到均相且稳定的含石墨烯或碳纳米管的分散液。所述分散剂为苯胺低聚物。所述苯胺低聚物具有良好的溶解性,可溶于所述溶剂中。所述苯胺低聚物包括苯胺三聚体、苯胺四聚体、苯胺五聚体或苯胺六聚体中的一种或组合。该苯胺低聚物可与石墨烯或碳纳米管之间形成 $\pi-\pi$ 相互作用力而实现结合。具体的,由于所述苯胺低聚物中的苯环与石墨烯及碳纳米管结构相近,因而所述苯胺低聚物可与石墨烯或碳纳米管之间形成 $\pi-\pi$ 键而实现与石墨烯或碳纳米管均匀混合。

[0040] 所述溶剂可为去离子水、乙醇、丙酮、异丙醇、丁醇、乙酸乙酯、甲苯、氯仿、二甲基甲酰胺、二甲基亚砷二氯乙烷中的一种或组合。所述含石墨烯或碳纳米管的分散液中石墨烯或碳纳米管的质量百分比(即固含量)为 $0.1\%\sim 10\%$ 。可以理解,为了帮助所述第二导热片更紧密的吸附于所述第一导热基片,可对所述第一导热基片进行负电荷处理。由于苯胺低聚物带正电,使得含有石墨烯或碳纳米管的分散液也带正电,第一导热基片与石墨烯或碳纳米管通过强烈的静电引力,实现石墨烯或碳纳米管在第一导热基片表面的附着沉积,从而得到复合导热片。

[0041] 当采用化学气相沉积法时,可将所述开孔处理的第一导热基片1放入化学沉积反应区,通入碳源气体和载气,在一定温度和压强条件下,通过化学气相沉积法以实现在金属箔1的表面和贯穿孔2的孔壁均沉积上石墨烯或碳纳米管。

[0042] 该沉积于第一导热基片1的表面和贯穿孔2的内表面的石墨烯或碳纳米管连成一体形成层状结构,而将第一导热基片1夹在中间并套牢。即所述第二导热片3覆盖所述第一导热基片1的表面和贯穿孔2的内表面。

[0043] 当所述第二导热片3的材料为石墨烯时,所述第二导热片3由多层纯的石墨烯组成。所述第二导热片3中石墨烯的层数为1层 ~ 100 层。所述第二导热片3的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。此时,当第一导热基片为金属箔时,得到的复合导热片的热导率为 $500\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 2000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,第二导热片与第一导热基片的结合强度为 $1\text{Mpa}\sim 100\text{Mpa}$;当第一导热基片为高分子膜时,得到的复合导热片的热导率为 $20\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 500\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,第二导热片与第一导热基片的结合强度为 $1\text{Mpa}\sim 20\text{Mpa}$ 。

[0044] 当所述第二导热片3的材料为碳纳米管时,所述第二导热片3由多个无序排列的碳纳米管组成。相邻的两个碳纳米管相互搭接而形成一网络结构。所述第二导热片3的厚度为 $0.01\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ 。

[0045] 本发明还提供另一种复合导热片,其包括一导热基片、垂直于该导热基片设置的多个热管及与分布在所述导热基片相对的上、下表面的石墨烯。所述热管由贯穿该导热基

片的石墨烯形成。形成该热管的石墨烯基本垂直于所述导热基片,设置在所述导热基片的上、下表面的石墨烯基本平行于导热基片。

[0046] 本发明还提供另一种复合导热片,其包括一网状导热基片及包覆该导热基片的导热异向性的导热层,所述导热基片的网孔孔径为 $1\mu\text{m}\sim 1000\mu\text{m}$ 。所述导热层包覆该导热基片的上下表面及网孔的孔壁。所述导热层沿其平面方向的导热率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 6000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,垂直其平面方向的导热率为 $1\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}\sim 100\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ 。

[0047] 所述复合导热片作为散热元件应用于集成电路、电子器件、热交换器或LED的散热装置中。

[0048] 相较于现有技术,本发明提供的复合导热片具有如下优点:(1)具有优异的散热性能。现有技术制备的导热片一般是平铺在基板的表面,热流方向垂直于基板的表面,导致最终散热效果并不理想。而本发明所述复合导热片,第一导热基片的两个表面和贯穿孔的内表面均设置有第二导热片。位于第一导热基片的下表面的第二导热片不仅可以使热源传来的热量快速分散在第一导热基片的表面,而且可将得到的热量通过附于贯穿孔的内表面的第二导热片迅速转移到第一导热基片上表面的第二导热片。传输到上部的热量通过的第二导热片表面快速扩散,最终通过对流和辐射的方式实现快速散热。也就是说,所述复合导热片的贯穿孔内表面的第二导热片可提高垂直于第一导热基片表面的方向上的热导率,从而大大提高了复合导热片的整体热导率。并且,通过对贯穿孔进行合理的孔径设计和孔密度设计,可使复合导热片的导热更为均匀。(2)第二导热片与第一导热基片结合强度高。现有技术制备的第二导热片由于其平铺在第一导热基片表面,二者间存在界面应力,因而容易导致第二导热片剥离。而本发明所述复合导热片,其中的第二导热片不仅覆盖在第一导热基片的上下两个表面,而且也分布于贯穿孔的内表面,该分布于上下表面和贯穿孔的内表面的第二导热片连成一体层状结构,将第一导热基片夹在中间并套牢,从而大幅提高第二导热片与第一导热基片的结合强度。

[0049] 为进一步描述本发明,下面为所述石墨烯复合贴膜的制备方法,在不同参数下的具体实施例:

[0050] 实施例1:

[0051] 选取 $35\mu\text{m}$ 厚的铜箔,并对其进行除油、酸洗、水洗、醇洗、烘干等清洗处理。将清洗后的铜箔进行激光打孔处理,得到多个贯穿孔。所述贯穿孔的孔径为 $100\mu\text{m}$ 、孔密度为 2000 个/ cm^2 。然后将进行开孔处理过的铜箔放入化学气相沉积反应区,通入甲烷和还原性氢气,在 1000°C 和 50Pa 压强条件下,在铜箔表面和贯穿孔的孔壁沉积石墨烯层。最后得到石墨烯复合铜箔。所述石墨烯层的厚度为 $0.05\mu\text{m}$ 。

[0052] 对所述石墨烯复合铜箔进行性能测试。具体的,通过热反射法薄膜导热系数测量仪(型号Nano TR,德国NETZSCH公司)测得其热导率;通过拉开法附着力测试仪(型号PosiTest AT,美国DeFelsko公司)测得石墨烯与金属箔的结合强度。测试结果为:所述石墨烯复合铜箔的热导率为 $1000\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$,石墨烯与铜箔的结合强度为 10Mpa 。

[0053] 还对所述石墨烯复合铜箔进行了显微镜下拍照以及Raman光谱测试。请参阅图2,可见在铜箔的表面均匀分布有多个贯穿孔。请参阅图3a和图3b,可见,在铜箔的表面以及贯穿孔的位置所得到的Raman图均在 1600cm^{-1} 和 2700cm^{-1} 位置附近出现了分别对应于石墨烯的G峰和2D峰的吸收峰,这说明在铜箔的表面以及贯穿孔的内壁均覆盖有所述石墨烯。

[0054] 实施例2:

[0055] 称取10g石墨烯、3g苯胺四聚体和990g乙醇,在高速搅拌下混合均匀形成固含量为1%的石墨烯分散液。选取5 μm 厚的金箔,并对其进行除油、酸洗、水洗、醇洗、烘干等清洗处理。将清洗后的金箔进行等离子开孔处理,得到多个贯穿孔。所述贯穿孔的孔径为1 μm ,孔密度为 10^5 个/ cm^2 。然后将进行开孔处理过的金箔浸入到上述石墨烯分散液中,5min后取出,烘干即得石墨烯复合金箔。在金箔的表面和贯穿孔的孔壁形成石墨烯层,所述石墨烯层的厚度为0.5 μm 。

[0056] 对所述石墨烯复合金箔进行性能测试。测试方法同实施例1。测试结果为:所述石墨烯复合金箔的热导率为1000W/m·K,石墨烯与金箔的结合强度为20Mpa。

[0057] 实施例3:

[0058] 称取5g石墨烯、2g苯胺五聚体和995g丙酮,在高速搅拌下混合均匀形成固含量为5%的石墨烯分散液。选取100 μm 厚的银箔,并对其进行除油、酸洗、水洗、醇洗、烘干等清洗处理。将清洗后的银箔进行化学刻蚀开孔处理,得到多个贯穿孔。所述贯穿孔的孔径为10 μm 、孔密度为 10^4 个/ cm^2 。然后将进行开孔处理过的银箔浸入到上述石墨烯分散液中,2min后取出,烘干即得石墨烯复合银箔。在银箔的表面和贯穿孔的孔壁形成石墨烯层,所述石墨烯层的厚度为0.1 μm 。

[0059] 对所述石墨烯复合银箔进行性能测试。测试方法同实施例1。测试结果为:所述石墨烯复合银箔的热导率为1500W/m·K,石墨烯与银箔的结合强度为5Mpa。

[0060] 实施例4:

[0061] 称取2g石墨烯、2g苯胺六聚体和998g四氢呋喃,在高速搅拌下混合均匀形成固含量为2%的石墨烯分散液。选取孔径为50 μm 、孔密度为 10^2 个/ cm^2 、厚度为500 μm 的多孔PET膜,并对其进行清洗处理以及负电荷处理。然后将经过负电荷处理的多孔PET膜浸入到上述石墨烯分散液中,10min后取出,烘干即得石墨烯复合PET膜。在PET膜的表面和贯穿孔的孔壁形成石墨烯层,所述石墨烯层的厚度为0.3 μm 。

[0062] 对所述石墨烯复合PET膜进行性能测试。测试方法同实施例1。测试结果为:所述石墨烯复合PET膜的热导率为20W/m·K,石墨烯与PET膜的结合强度为2Mpa。

[0063] 实施例5:

[0064] 选取200 μm 厚的镀镍铜箔,并对其进行除油、酸洗、水洗、醇洗、烘干等清洗处理。将清洗后的镀镍铜箔进行激光打孔处理,得到多个贯穿孔。所述贯穿孔的孔径为50 μm 、孔密度为 10^3 个/ cm^2 。然后将进行开孔处理过的镀镍铜箔放入化学气相沉积反应区,通入甲烷和氢气,在1100 $^\circ\text{C}$ 和0.1Pa压强条件下,在镀镍铜箔表面和贯穿孔的孔壁沉积碳纳米管层。最后得到碳纳米管复合镀镍铜箔。所述碳纳米管层的厚度为0.1 μm 。

[0065] 对所述碳纳米管复合镀镍铜箔进行性能测试。测试方法同实施例1。测试结果为:所述碳纳米管复合镀镍铜箔的热导率为1200W/m·K,碳纳米管与镀镍铜箔的结合强度为5Mpa。

[0066] 以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以对本发明进行若干改进和修饰,这些改进和修饰也落入本发明权利要求的保护范围内。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不

脱离本发明的精神或范围的情况下在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

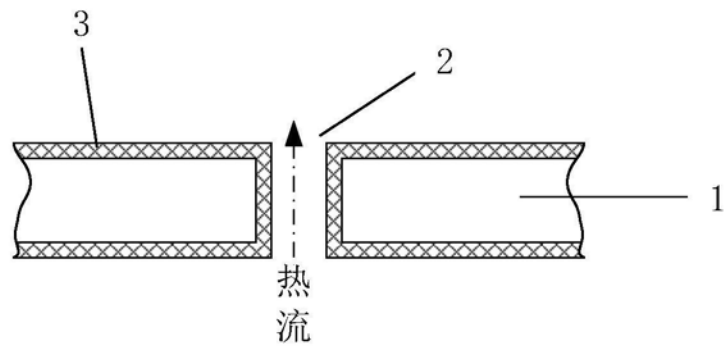


图1

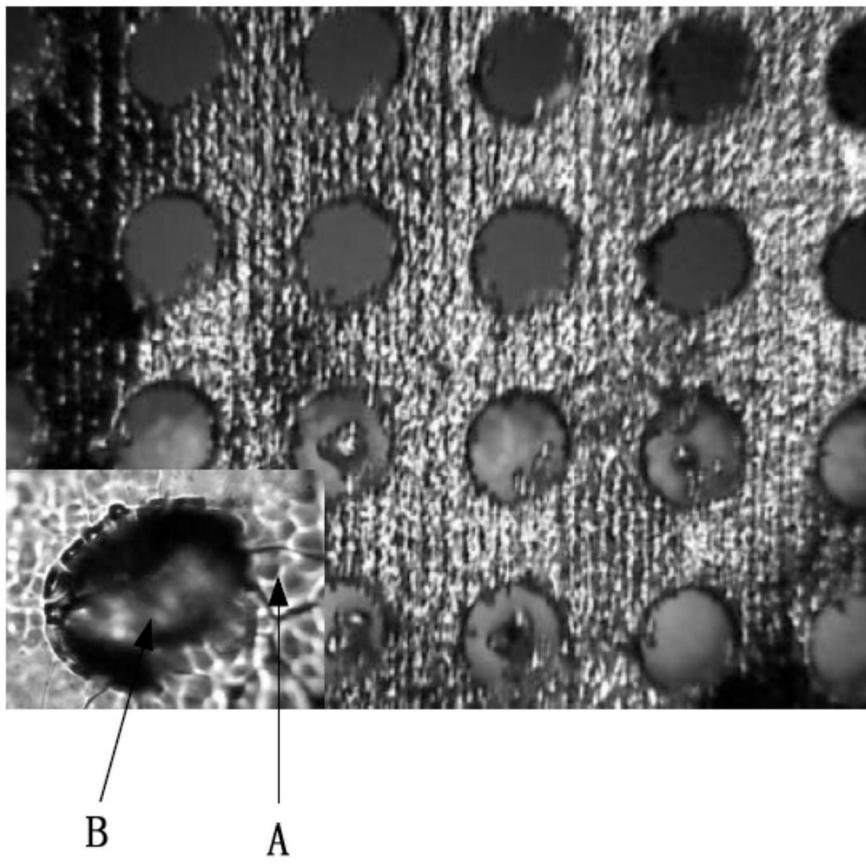


图2

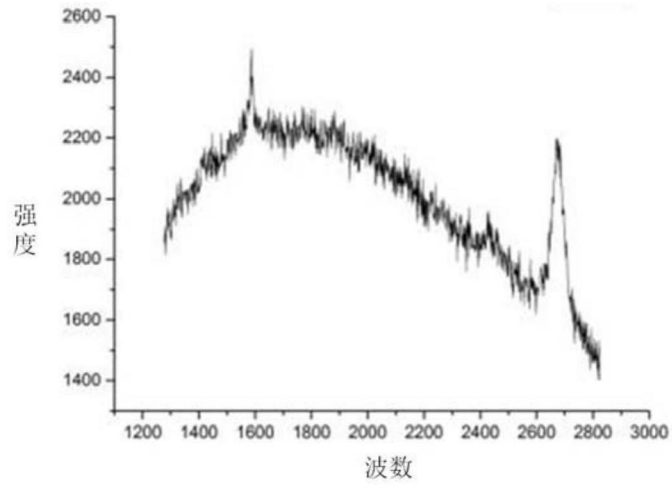


图3a

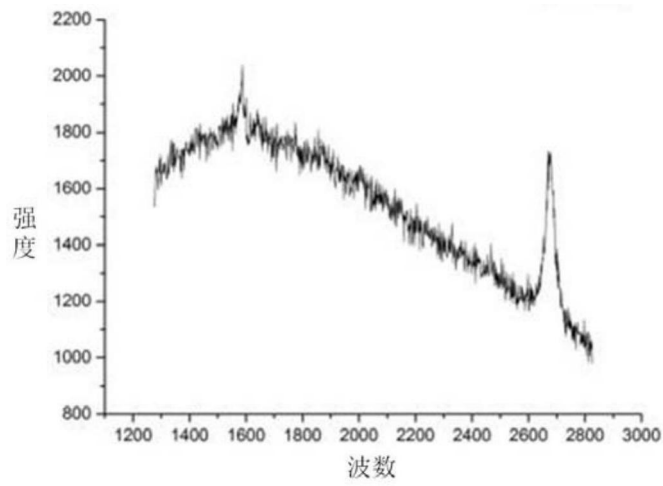


图3b