



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109152280 A

(43)申请公布日 2019.01.04

(21)申请号 201810678919.4

C01B 32/198(2017.01)

(22)申请日 2018.06.27

(30)优先权数据

62/525504 2017.06.27 US

15/970399 2018.05.03 US

(71)申请人 通用电气航空系统有限公司

地址 英国格洛斯特郡

(72)发明人 A.布兰德 A.J.林波

D.H.西奇维克 M.J.史密斯

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 郭帆扬 谭祐祥

(51)Int.Cl.

H05K 7/20(2006.01)

C01B 32/194(2017.01)

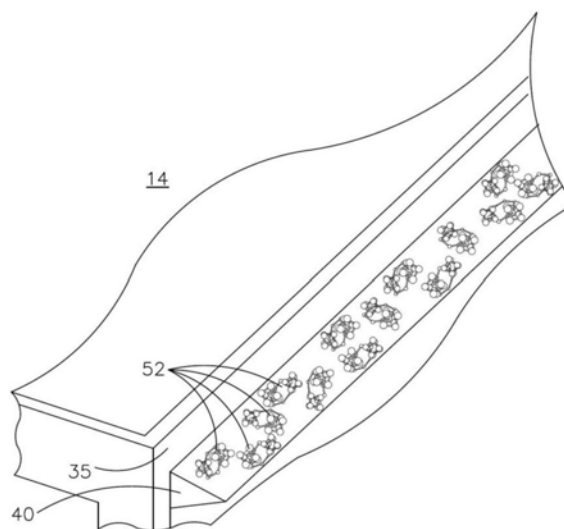
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54)发明名称

石墨烯掺杂铝复合材料和形成方法

(57)摘要

本公开涉及石墨烯掺杂铝复合材料以及形成这种复合材料的方法。用于散热的装置可包括这样的石墨烯掺杂铝复合材料,其中该复合材料可以在包括围绕基本上均一地分散的石墨烯结晶铝的过程中形成。



1. 一种形成石墨烯掺杂铝复合材料的方法,所述方法包括:
在基本上均一地分散的石墨烯周围结晶铝以形成石墨烯掺杂铝复合材料。
2. 根据权利要求1所述的方法,还包括将石墨烯粉末或氧化石墨烯粉末基本上均匀地分散到载液中以形成第一溶液。
3. 根据权利要求2所述的方法,还包括将铝粉末基本上均匀地分散到所述第一溶液中以形成基本上均匀的分散液。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,所述基本上均匀地分散石墨烯粉末或所述基本上均匀地分散铝粉中的任一者包括以下至少一者:连续搅拌、间隔搅拌或操作超声装置。
5. 根据权利要求3所述的方法,还包括蒸发所述基本上均匀的分散液以形成粉末混合物。
6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述蒸发所述基本上均匀的分散体发生在20摄氏度。
7. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述蒸发所述基本上均匀的分散体还包括操作真空室或辅助加热装置之一以从所述分散体中除去液体。
8. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述结晶还包括对所述粉末混合物进行加热并冷却以形成所述石墨烯掺杂铝复合材料。
9. 一种复合材料,包括:
石墨烯环,每个石墨烯环掺杂有至少一个铝晶体。
10. 一种热管理构件,包括:
石墨烯掺杂铝复合材料主体,其包括石墨烯环,每个石墨烯环掺杂有至少一个铝晶体以限定所述复合材料的粒子。

石墨烯掺杂铝复合材料和形成方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求提交于2017年6月27日的美国临时专利申请序列号62/525,504的益处,该申请全文以引用方式并入本文中。

背景技术

[0003] 现代动力系统,例如那些用于飞行器的动力系统,可以使用航空电子设备来控制用于飞行器飞行的各种设备和操作。航空电子设备可包括由电路板携带的电子部件。航空电子设备或电路板可以存储在电子机箱中,例如航空电子设备机箱,其执行若干有益功能,包括保护航空电子设备免受雷击、耗散由航空电子设备或电子部件产生的热量以及保护航空电子设备免受环境暴露。

[0004] 航空电子设备可产生高热负荷,而传统的散热装置可给飞行器带来相当可观的额外重量;航空电子系统布线中使用的金属可进一步增加飞行器重量。可能有益的是,利用具有高电导率和热导率同时还具有低密度以减轻重量的传导材料来改善冷却。

发明内容

[0005] 在本公开的一个方面,形成石墨烯掺杂铝复合材料的方法包括在基本上均一(uniformly)分散的石墨烯周围结晶铝以形成石墨烯掺杂铝复合材料。

[0006] 在本公开的另一个方面,复合材料可包括石墨烯环,每个石墨烯环掺杂有至少一种铝晶体。

[0007] 在本公开的又一个方面,热管理构件可包括石墨烯掺杂铝复合材料主体,其包括石墨烯环,每个石墨烯环掺杂有至少一个铝晶体以限定复合材料的粒子。

[0008] 具体地,本申请技术方案1涉及一种形成石墨烯掺杂铝复合材料的方法,所述方法包括:

[0009] 在基本上均一地分散的石墨烯周围结晶铝以形成石墨烯掺杂铝复合材料。

[0010] 本申请技术方案2涉及根据技术方案1所述的方法,还包括将石墨烯粉末或氧化石墨烯粉末基本上均匀地分散到载液中以形成第一溶液。

[0011] 本申请技术方案3涉及根据技术方案2所述的方法,还包括将铝粉末基本上均匀地分散到所述第一溶液中以形成基本上均匀的分散液。

[0012] 本申请技术方案4涉及根据技术方案3所述的方法,其中,所述基本上均匀地分散石墨烯粉末或所述基本上均匀地分散铝粉中的任一者包括以下至少一者:连续搅拌、间隔搅拌或操作超声装置。

[0013] 本申请技术方案5涉及根据技术方案3所述的方法,还包括蒸发所述基本上均匀的分散液以形成粉末混合物。

[0014] 本申请技术方案6涉及根据技术方案5所述的方法,其中,所述蒸发所述基本上均匀的分散体发生在20摄氏度。

[0015] 本申请技术方案7涉及根据技术方案5所述的方法,其中,所述蒸发所述基本上均

匀的分散体还包括操作真空室或辅助加热装置之一以从所述分散体中除去液体。

[0016] 本申请技术方案8涉及根据技术方案5所述的方法,其中,所述结晶还包括对所述粉末混合物进行加热并冷却以形成所述石墨烯掺杂铝复合材料。

[0017] 本申请技术方案9涉及根据技术方案8所述的方法,其中,所述加热所述粉末混合物包括将所述粉末混合物加热到至少660摄氏度。

[0018] 本申请技术方案10涉及根据技术方案8所述的方法,还包括通过利用氩气或氮气中的至少一种的气氛来防止所述粉末混合物的氧化。

[0019] 本申请技术方案11涉及根据技术方案8所述的方法,其中,所述加热所述粉末混合物还包括将所述粉末混合物加热到铝熔化而石墨烯保持固体形式的温度。

[0020] 本申请技术方案12涉及根据技术方案1所述的方法,其中,所述石墨烯掺杂铝复合材料具有至少0涉及 $7\mu\text{S}/\text{m}$ 的电导率和至少 $400\text{W}/\text{m}\times\text{K}$ 的热导率。

[0021] 本申请技术方案13涉及根据技术方案1所述的方法,其中,所述基本上均一地分散的石墨烯包括石墨烯环结构。

[0022] 本申请技术方案14涉及根据技术方案13所述的方法,其中,所述结晶铝包括在所述石墨烯环结构中的每一个上形成两个立方密堆积的铝晶体。

[0023] 本申请技术方案15涉及根据技术方案1所述的方法,还包括压制或挤出所述石墨烯掺杂铝复合材料中的至少一种。

[0024] 本申请技术方案16涉及一种复合材料,包括:

[0025] 石墨烯环,每个石墨烯环掺杂有至少一个铝晶体。

[0026] 本申请技术方案17涉及根据技术方案16所述的复合材料,其中,所述复合材料具有至少0涉及 $7\mu\text{S}/\text{m}$ 的电导率和至少 $400\text{W}/\text{m}\times\text{K}$ 的热导率。

[0027] 本申请技术方案18涉及根据技术方案16所述的复合材料,其中,所述复合材料的粒子包括平面六边形石墨烯环和两个立方密堆积的铝晶体,并且其中,所述石墨烯环与所述两个铝晶体中的每一个相交。

[0028] 本申请技术方案19涉及根据技术方案18所述的复合材料,其中,多个粒子在所述复合材料内具有随机取向。

[0029] 本申请技术方案20涉及一种热管理构件,包括:

[0030] 石墨烯掺杂铝复合材料主体,其包括石墨烯环,每个石墨烯环掺杂有至少一个铝晶体以限定所述复合材料的粒子。

[0031] 本申请技术方案21涉及根据技术方案20所述的热管理构件,其中,所述粒子以随机取向布置在所述复合材料主体内。

[0032] 本申请技术方案22涉及根据技术方案21所述的热管理构件,其中,所述复合材料主体具有至少0涉及 $7\mu\text{S}/\text{m}$ 的电导率和至少 $400\text{W}/\text{m}\times\text{K}$ 的热导率。

[0033] 本申请技术方案23涉及根据技术方案20所述的热管理构件,其中,所述热管理构件是航空电子设备机箱、热扩散器、散热器、热交换器、辐射器或热管中的一个。

附图说明

[0034] 在附图中:

[0035] 图1是根据本文描述的各个方面的具有电子机箱的飞行器的透视图。

- [0036] 图2是根据本文描述的各个方面的包括石墨烯掺杂铝复合材料的图1的示例性电子机箱。
- [0037] 图3示出了用于形成图2的石墨烯掺杂铝复合材料的方法。
- [0038] 图4示出了图2的石墨烯掺杂铝复合材料的分子结构。
- [0039] 图5示出了包括图4的分子结构的图2的电子机箱的一部分。
- [0040] 图6是包括图2的石墨烯掺杂铝复合材料的散热器形式的传导部件的透视图。
- [0041] 图7是包括图2的石墨烯掺杂铝复合材料的辐射器形式的另一传导部件的截面图。

具体实施方式

[0042] 本公开的各方面描述了形成和利用石墨烯掺杂铝复合材料的方法。飞行器和航空电子设备的需求越来越大,并且在更小的空间中更高的功率密度使得对发电装置的需求越来越大。新的发电和转换单元可能需要新材料以及更高效电和热管理。虽然铝合金是当前热交换器设计中常用的轻质材料,但是日益增长的需求已经导致铝和铜成为制约因素。与现有材料相比,石墨烯在石墨烯掺杂铝复合材料中的利用有助于设计用于增加功率并保持或甚至减小体积和重量的能力。与铝或铜相比,石墨烯具有更低的密度、更高的电导率和更高的热导率,并且这些性质在航空电子应用中可能是有益的。

[0043] 通过降低材料密度,本文所述的复合材料在占据相同或更少的体积和重量的同时使其自身具有增加的功率密度。增加的功率密度允许在物理受限空间、重量受限空间或体积受限空间内支持的增加的计算能力或增加的传感器或发射器功率。

[0044] 虽然这种复合材料可以具有一般适用性,但将更详细地描述飞行器的环境以及航空电子机箱和电气布线的具体应用。与当前的铝或铜相比,本文所述的石墨烯掺杂铝的各方面可以允许增加的散热和电导率以及减小的体积和重量。

[0045] 虽然将描述“一组”各种元件,但应当理解,“一组”可包括任何数目的相应元件,包括仅一个元件。此外,所有方向性参考(例如径向、轴向、上部、下部、向上、向下、左边、右边、横向、前方、后方、顶部、底部、上方、下方、竖直、水平、顺时针、逆时针)仅用于标识的目的以帮助读者理解本发明,且并不产生具体来说关于其位置、定向或使用的限制。除非另外指明,否则连接参考(例如,附接、耦合、连接和接合)应在广义上来解释,且可以包括一系列元件之间的中间构件以及元件之间的相对移动。因而,连接参考不一定推断两个元件直接连接且彼此成固定关系。示例性附图仅仅是出于说明的目的,且本发明的附图中反映的尺寸、位置、顺序和相对大小可变化。

[0046] 图1示意性地示出了具有热管理构件11的飞行器10,热管理构件11被示出为机载电子机箱12(以虚线示出),用于容纳在飞行器10的操作中使用的航空电子设备或航空电子部件。应当理解,在非限制性示例中,热管理构件11还可包括热扩散器、散热片、热交换器、散热器或热管。电子机箱12可以容纳各种航空电子元件,并保护它们免受污染物、电磁干扰(EMI)、射频干扰(RFI)、振动等的影响。备选地或附加地,电子机箱12可以具有安装在其上的各种航空电子设备。应当理解,电子机箱12可以位于飞行器10内的任何地方,而不仅仅是所示的机头。

[0047] 虽然在商用客机中示出,但是电子机箱12可以用于任何类型的飞行器,例如但不限于固定翼飞行器、旋转翼飞行器、火箭、商用飞行器、私人飞行器和军用飞行器。此外,本

公开的方面不仅限于飞行器方面,并且可以包括在其它移动和静止配置中。非限制性示例移动配置可包括陆基、水基或另外的空基交通工具。

[0048] 图2更详细地示出了电子机箱12,其中电子机箱12可包括热交换器14,热交换器14具有限定内部18和外部20的机箱外壳16。电子机箱12可包括机箱框架30,机箱框架30具有顶盖31、底壁32、后壁33和相对的侧壁34、35。机箱框架30还可包括可移除的前盖36,前盖36当被移除时提供到电子机箱12的内部18的通路,并且当联接或安装到机箱框架30时至少部分地限制到内部18的通路。此外,侧壁34、35可包括内表面37和外表面38。可以想到,电子机箱12及其任何部件可以由任何合适的材料形成,包括但不限于石墨烯掺杂铝复合材料50(图4)。例如,热交换器14可以由石墨烯掺杂铝复合材料50形成。

[0049] 此外,一组翅片40可以从侧壁34、35的外表面38突出。该组翅片40也可以由任何合适的材料形成,包括但不限于石墨烯掺杂铝复合材料50。虽然该组翅片40被示出在侧壁34、35上,但是该组翅片40可以设置在电子机箱12的任何外部部分上,例如在附加的非限制性示例中的顶盖31或底壁32上。虽然该组翅片40被示出为沿着整个侧壁34、35延伸,但是应当理解,该组翅片40不需要延伸侧壁34、35的整个长度,并且可以以其它配置来组织。

[0050] 电子机箱12还可包括一组卡轨60,卡轨60在内部18内,并由侧壁34、35的内表面37支撑。该组卡轨60可在内表面37上水平对准并在相对侧壁34、35上间隔开,以限定用于接纳航空电子系统卡64的至少一部分的有效卡槽62(由虚线示出)。每个航空电子卡64可包括一组线65。该组线可由任何合适的材料形成,包括但不限于石墨烯掺杂铝复合材料50。在航空电子系统卡64上可包括至少一个发热部件66(图4)。应当理解,该组线65可在发热部件66内使用,或用于连接多个发热部件66,或根据需要在航空电子系统卡64内或其上的任何其它地方使用。此外,虽然仅示出了一个航空电子系统卡64,但是电子机箱12可以被配置为容纳、支撑或包括任何数目的航空电子系统卡64。

[0051] 每个航空电子系统卡64可包括热扩散器67,该热扩散器67可以由传导材料制成,包括但不限于石墨烯掺杂铝复合材料50。热扩散器67可以引导热量从发热部件66移动到侧壁34、35,并通过一组翅片40远离电子机箱12。此外,热管68可以联接到航空电子系统卡64和框架30的一部分,例如侧壁35,以引导热量远离发热部件66。这样的热管68也可以由石墨烯掺杂铝复合材料50制成。可选地,热管68和热扩散器67可以组合用于单个航空电子系统卡64。在又一示例中,第一航空电子系统卡可以利用热管,而第二航空电子系统卡可以利用热扩散器。

[0052] 作为非限制性示例,可以设想,可以沿着该组翅片40提供空气以将热量移走。还可以设想,引入到电子机箱12的外部20的热量也将通过对流耗散。

[0053] 一组安装脚70可从机箱外壳16延伸,以便于通过螺栓或其它常规紧固件将电子机箱12安装到飞行器10。此外,该组安装脚70可以用作电接地,以将电子机箱12接地到飞行器10的框架。虽然在该示例中示出了一组安装脚70,但是电子机箱12可以与多种类型的附接机构一起使用。

[0054] 图3示出了形成例如在电子机箱12和航空电子系统卡64中使用的石墨烯掺杂铝复合材料50的方法。在100处,石墨烯粉末可以基本上均匀地(homogeneously)或均一地(uniformly)分散到载液中以形成第一溶液。尽管本文献中通篇使用术语“石墨烯粉末”,但是应当理解,石墨烯粉末还可包括氧化石墨烯粉末。

[0055] 如本文所用,物质“基本上均一地分散”或“基本上均匀地分散”可以指该物质的粒子均匀地分布在第二物质中,例如粉末均匀地分布在载体中,或者第一粉末和第二粉末组合以形成粉末混合物。在一个示例中,“基本上均一地分散”或“基本上均匀地分散”可以指物质的粒子对之间的间隔距离变化不超过预定值,例如在非限制性示例中为5%、小于10%或小于20%。在另一示例中,“基本上均一地分散”或“基本上均匀地分散”可以指物质的聚集或凝聚粒子(例如团聚物或聚集体)的尺寸小于预定尺寸,例如在非限制性示例中为1nm或1 μ m。还应当理解,“基本上均匀地分散”或“基本上均一地分散”可以分别指形成基本上均匀或均一的分散体的行为。

[0056] 还可以想到,载体可以是任何期望的形式,例如液体或固体,并且在本文中描述为示例性载液,示例性粉末(例如石墨烯粉末)可以分散在其中。载液可以是任何合适的载液,包括但不限于丙酮、甲乙酮(MEK)或任何合适的有机液体。

[0057] 在102处,铝粉可以与石墨烯粉末基本上均匀地分散到第一溶液中。可以想到,石墨烯粉末和铝粉末可以任何顺序或同时添加到载液中以形成溶液。此外,石墨烯粉末和铝粉末可以添加到分离的载液中,然后再结合。

[0058] 在104处,可将铝粉末和石墨烯粉末在载液中混合,直到在整个载液中形成铝和石墨烯两者的基本上均匀的分散体。在非限制性示例中,混合可通过连续地或间歇地搅拌,或通过使用可减少混合时间的超声装置来实现。在106处,可通过蒸发或其它合适的措施除去载液,留下基本上均一地分散的铝和基本上均一地分散的石墨烯粉末混合物。蒸发过程可基于载液的特性在合适的温度下进行。在使用丙酮作为载液的非限制性示例中,蒸发可在室温(20 $^{\circ}$ C)下发生。在另一个非限制性示例中,真空室可以与辅助加热装置一起或不与辅助加热装置一起使用以蒸发载液。

[0059] 在108处,可将粉末混合物置于合适的容器中,并在炉中加热到至少660 $^{\circ}$ C的温度,在该温度下,铝可熔化,而石墨烯在容器内保持固体形式。在该过程期间,可利用诸如氩或氮的气体向炉填充保护气氛以防止混合物氧化。在110处,基本上均一地分散的石墨烯可形成合适的晶种介质,以在冷却到室温时帮助铝结晶,并且所得石墨烯掺杂铝复合材料50可用于进一步加工(例如压制或挤压),或立即使用。

[0060] 石墨烯掺杂铝复合材料50的结构可以在图4中更详细地看到。平面六边形石墨烯环结构80包括碳原子之间的六向键。石墨烯环结构80可在每个结构80上种下铝的两个立方密堆积晶体82的构造,以形成复合材料50的粒子52,如图所示。还可以看出,石墨烯环结构80与粒子52中的每个晶体82相交。

[0061] 石墨烯通常是指形成近二维片材的环结构80的六方晶格,其具有比诸如铝或铜的传统材料高出至少五倍的电导率和热导率。当利用石墨烯环结构80来作为铝晶体82的晶种时,所得复合材料50可具有至少0.7 μ S/m的电导率和至少400W/m \cdot K的热导率。在另一示例中,所得复合材料50可具有0.5-2.0 μ S/m的电导率和300-700W/m \times K的热导率。可以理解,复合材料50的电导率和热导率中的任一者或两者接近或超过铜的电导率或热导率,并且与铝的电导率或热导率相比增加了大约200%。

[0062] 在图5中示出了热交换器14的一部分,并且示意性地示出了一组翅片40可由石墨烯掺杂铝复合材料50制成。此外,还示意性地示出了复合材料50的粒子52可以在每个翅片40的主体内布置成各种取向,包括随机取向,如图所示。在非限制性示例中,第一粒子可以

定向成垂直于第二粒子,或者两个粒子可以定向成彼此平行。在又一示例中,多个粒子可以在复合材料50内具有随机取向。

[0063] 转到图6,可以想到,石墨烯掺杂铝复合材料50可用于多种传导部件中。示出了可用于冷却发热部件115的示例性散热器112,发热部件115包括电发热部件。散热器112包括构造成联接到发热部件115的基部114。散热器112还包括从基部114延伸的多个翅片116,以将热量从发热部件传导出去,并将热量辐射到周围大气。翅片被示出为垂直地远离基部延伸,并且在非限制性示例中可以具有任何几何形状,包括扩口、斜面或圆柱形(例如销)。散热器112或其任何部分可以由石墨烯掺杂铝复合材料50制成。

[0064] 图7示出辐射器122形式的另一传导部件。辐射器122包括传导侧壁124和限定内部流体通路128的多个传导隔板126。入口130可以供应加热的流体132以流过内部流体通路128,并且流体132可以通过将热量通过传导侧壁124或隔板126传递到周围大气而冷却。冷却流体132可以通过出口134离开辐射器122。辐射器122或其任何部分,例如侧壁124或隔板126,可以由石墨烯掺杂铝复合材料50制成。

[0065] 本公开的各方面提供了多种益处。使用石墨烯掺杂铝复合材料的线可提供铜线的可行替代物,因为与铜相比,该复合材料可具有类似或更好的电导率和热导率,但是具有更小的质量。可以理解,提高的电导率可有助于减少电气装置的发热。此外,提高的热导率可通过热交换器、翅片、热扩散器、热管、辐射器等提供更有效的冷却。还可以理解,与飞行器的构造中使用的传统材料相比,在飞行器上使用石墨烯掺杂铝复合材料的电线、装置或其它物品的重量可以减小,这可以提高燃料效率或允许在给定飞行器重量限制的情况下在飞行器上包括附加物品。

[0066] 通过本公开可以设想除了上述附图中所示的配置之外的许多其它可能的配置。在尚未描述的程度,各方面的不同特征和结构可根据需要而与其它结合使用。一个特征不能在所有方面中示出并不意味着被解释为不能示出所述特征,而是为了简化描述才未示出。因此,不同方面的各种特征可根据需要混合和匹配来形成新的方面,而不论新方面是否被明确地描述。本公开涵盖本文所述的特征的组合或排列。

[0067] 本书面描述使用示例来公开包括最佳模式的本发明的各方面,并且还使所属领域的技术人员能够实践本发明的各方面,包括制造和使用任何装置或系统以及执行任何所并入的方法。本发明的可获专利的范围由权利要求书界定,并且可包括所属领域的技术人员想到的其它示例。如果此类其它示例具有并非不同于权利要求书的字面语言的结构要素,或如果它们包括与权利要求书的字面语言无实质差异的等效结构要素,那么它们意图在权利要求书的范围内。

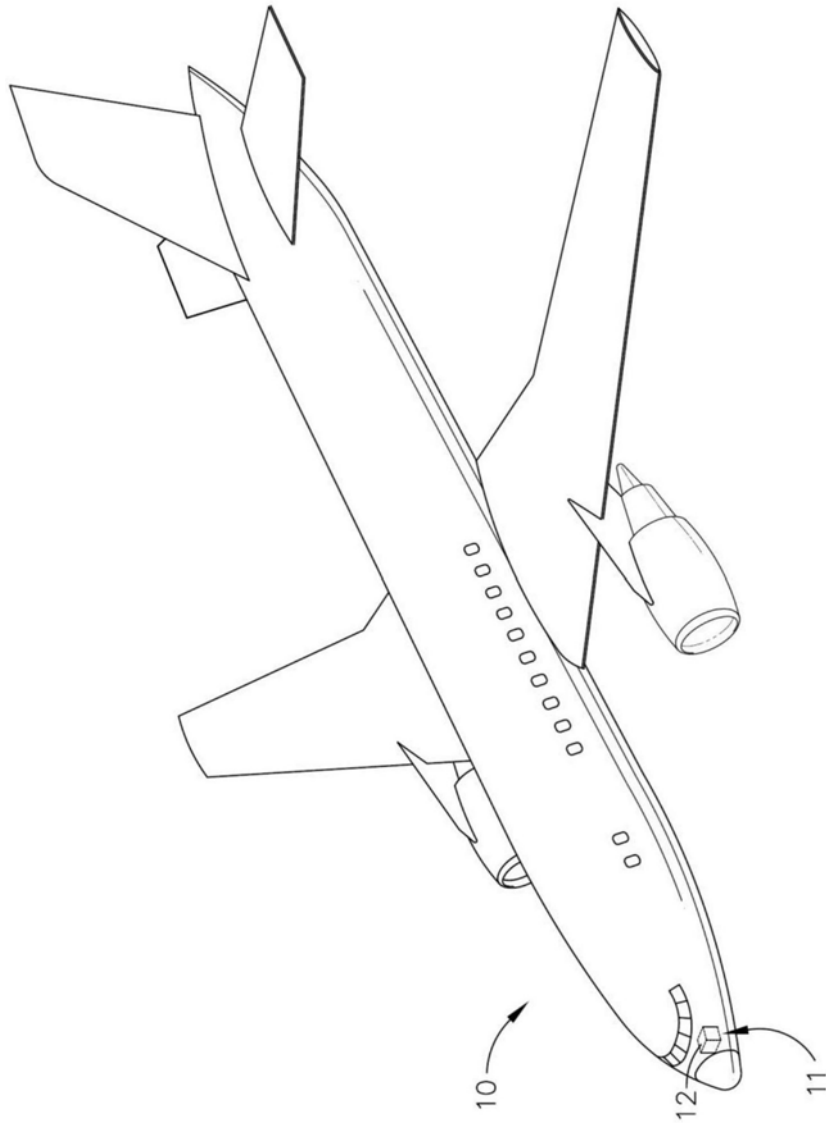


图1

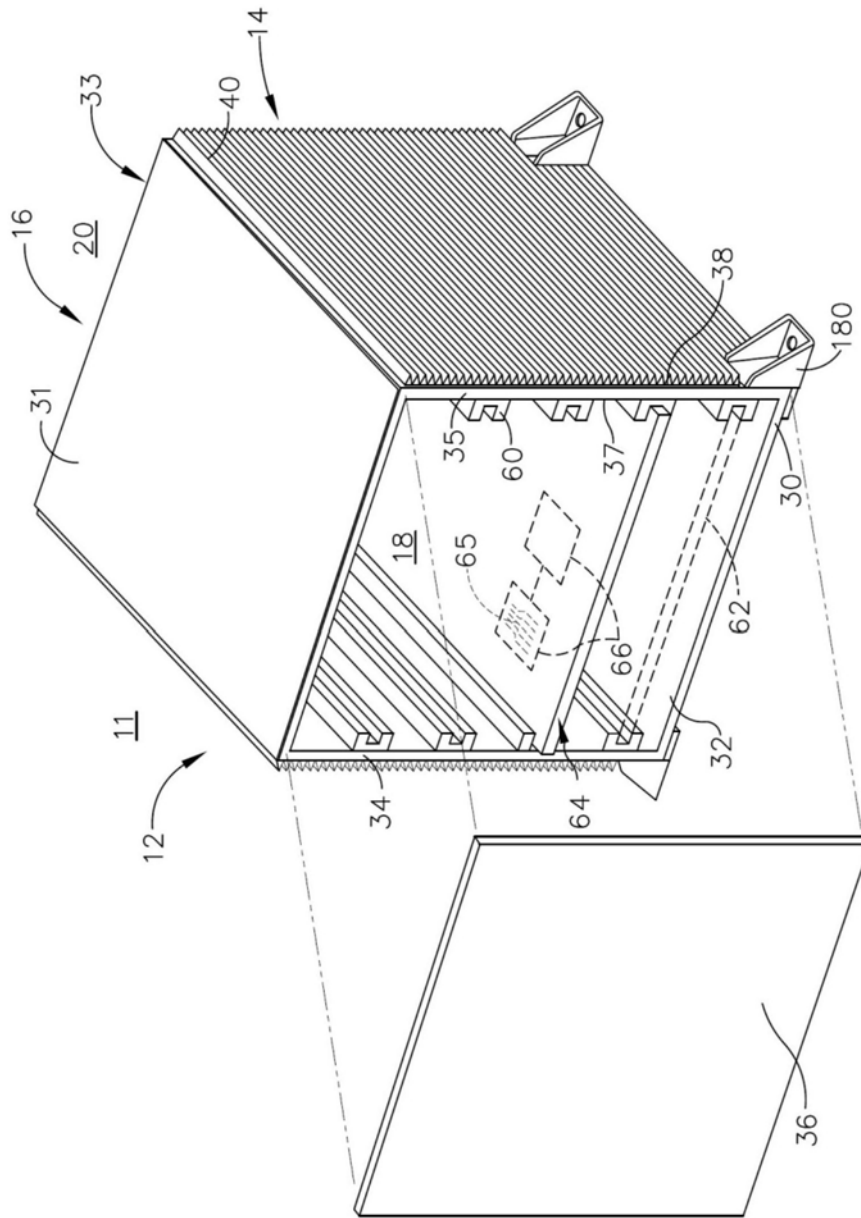


图2

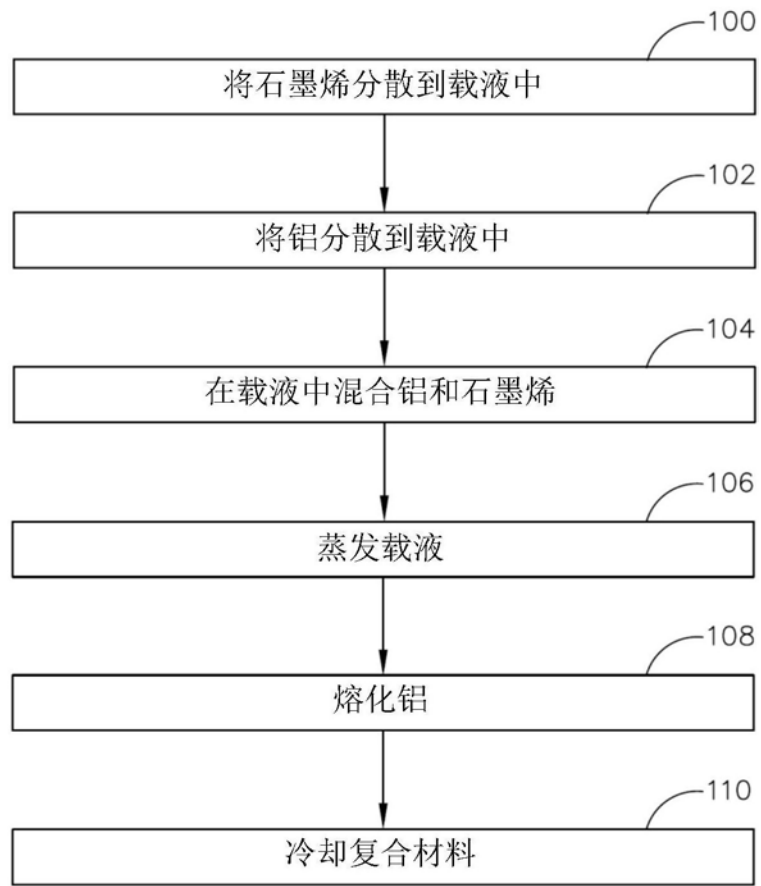


图3

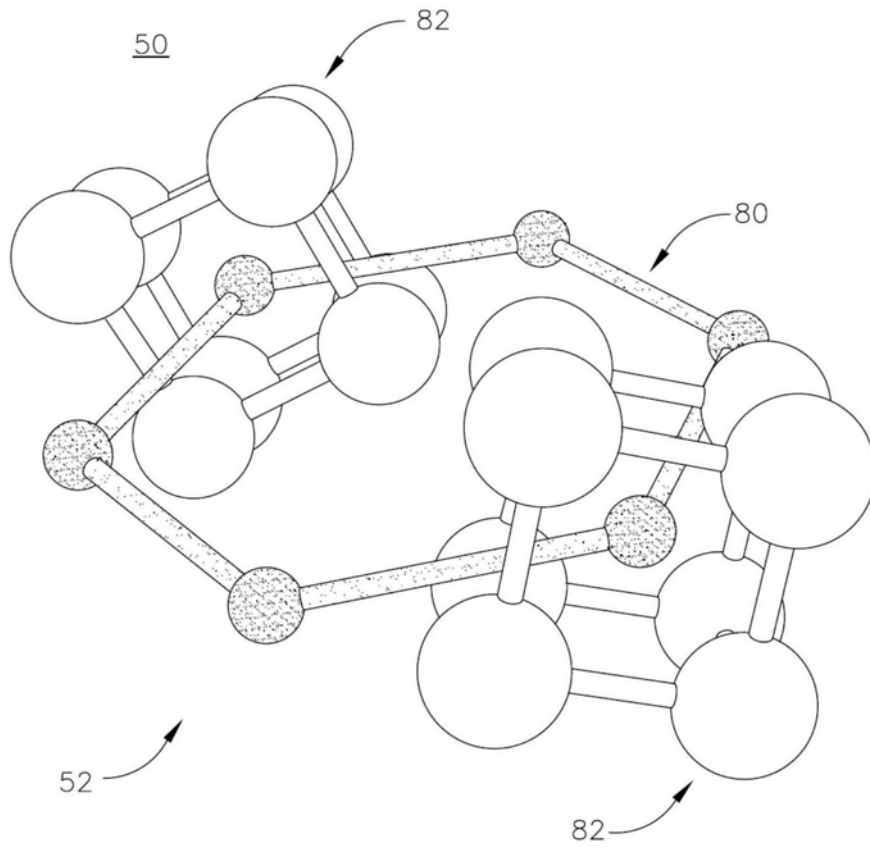


图4

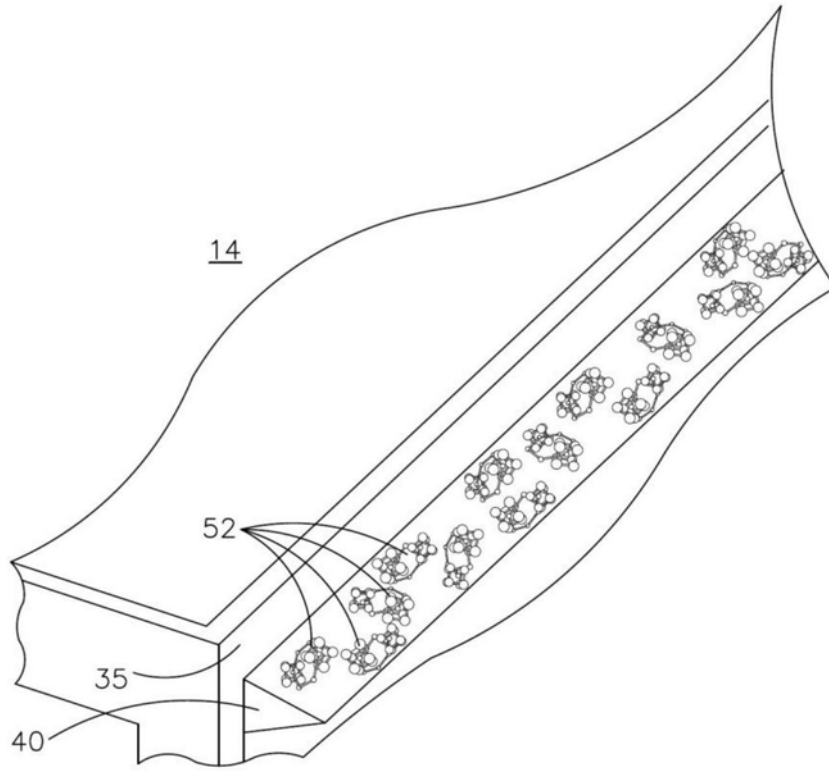


图5

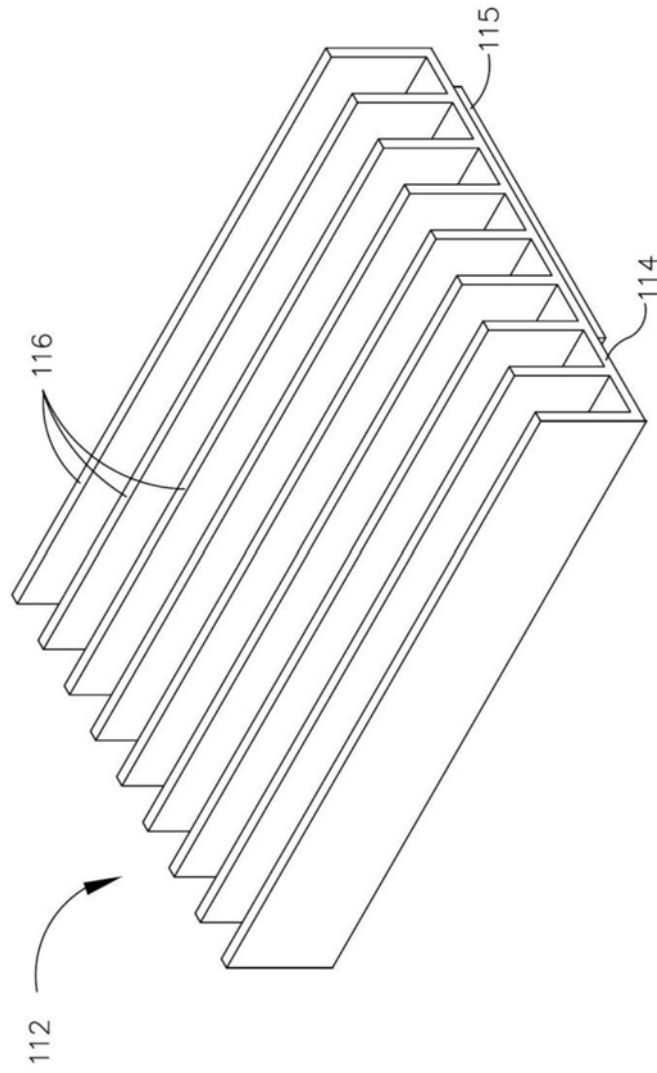


图6

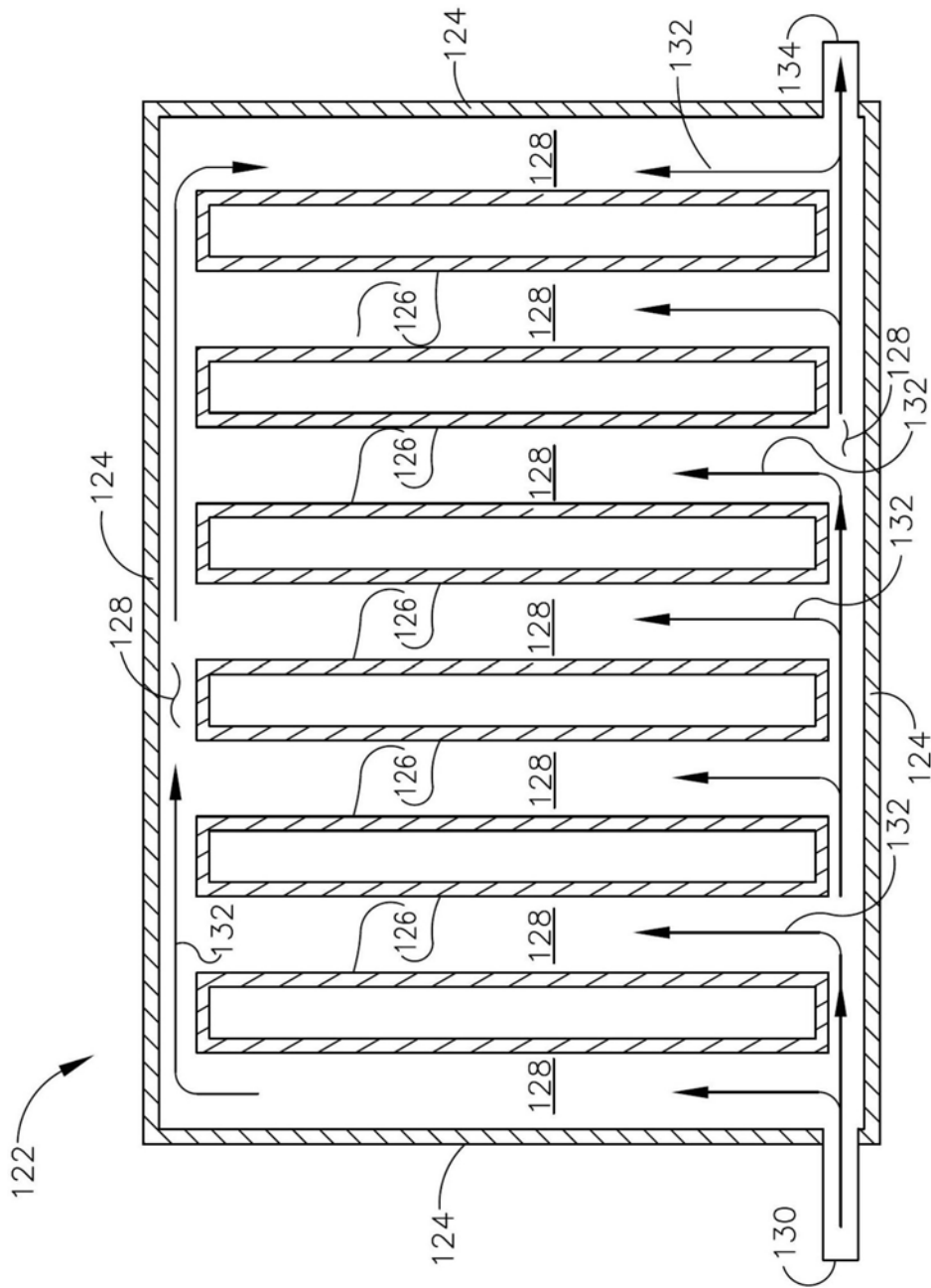


图7