



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103402341 A

(43) 申请公布日 2013. 11. 20

(21) 申请号 201310298647. 2

(22) 申请日 2009. 06. 29

(30) 优先权数据

12/165, 225 2008. 06. 30 US

(62) 分案原申请数据

200980125542. 9 2009. 06. 29

(71) 申请人 阿尔卡特朗讯美国公司

地址 美国新泽西州

(72) 发明人 多姆纳尔·赫农

马克·史考特·荷德斯

尚卡尔·克里斯南

艾伦·麦克·里昂 艾伦·欧洛夫林

(74) 专利代理机构 北京律盟知识产权代理有限

责任公司 11287

代理人 林斯凯

(51) Int. Cl.

H05K 7/20 (2006. 01)

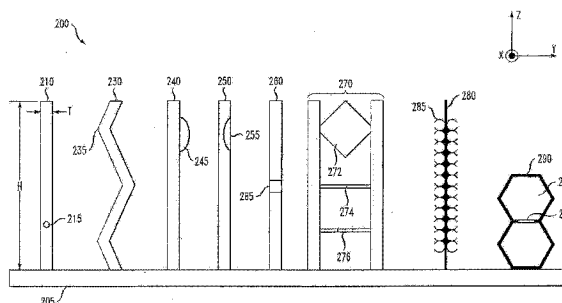
权利要求书1页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

单片结构的复杂散热器设计

(57) 摘要

一散热器包含基座和耦合至该基座的热交换元件。该热交换元件包含耦合至该基座的泡沫结构。



1. 一种散热器,包括:
基座;以及
热交换元件,包含耦合至该基座的泡沫结构。
2. 根据权利要求1所述的散热器,其中所述热交换元件是单片地耦合至所述基座。
3. 根据权利要求1所述的散热器,其中所述热交换元件包含垂直鳍形以形成鳍形泡沫结构。
4. 根据权利要求3所述的散热器,其中所述泡沫结构的单位单元宽度小于两个相邻鳍形之间的距离。
5. 根据权利要求1所述的散热器,其中所述泡沫结构经配置以提供用于空气流经该散热器的路径,且进一步的,其中该路径是无阻碍的路径。
6. 根据权利要求1所述的散热器,其中所述泡沫结构经配置以提供用于空气流经该散热器的路径,且进一步的,其中该路径包含至少一无阻碍的路径和曲折的路径的组合。
7. 根据权利要求1所述的散热器,其中所述泡沫结构包含分形的几何结构、或从水平或垂直板上突起的板或钉,以增加用于热交换的表面区域。
8. 一种方法,包含:
提供牺牲散热器图案,其包含:
基座模板;和
热交换元件模板,包含耦合至所述基座的泡沫结构;以及。
提供该牺牲散热器图案至熔模铸造过程以形成单片散热器。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述热交换元件模板包含垂直鳍形以形成鳍形泡沫结构。
10. 根据权利要求8所述的方法,进一步包含使用立体平板印刷形成所述散热器的步骤。

单片结构的复杂散热器设计

[0001] 本申请是申请日为 2009 年 6 月 29 日, 优先权日为 2008 年 6 月 30 日, 发明名称为“单片结构的复杂散热器设计”, 申请号为 200980125542.9 的发明专利申请的分案申请。

[0002] 相关申请的交叉引用

[0003] 本申请涉及 Hernon 等人的题为“Active Heat Sink Designs”、编号 12/165,063 的美国专利申请, 该申请与本申请一起联合转让, 本申请还涉及 Hernon 等人的题为“Flow Diverters to Enhance Heat Sink Performance”、编号 12/165,193 的美国专利申请, 将这两个申请通过引用的方式并入, 如同将其全文复制于本文中。

技术领域

[0004] 本发明总体上涉及散热器。

背景技术

[0005] 散热器一般被用于增加电子设备的对流性表面区域, 以减少设备和诸如空气的冷却介质之间的热阻。使用了包括挤压、机械加工和压铸法在内的各种制造方法。这些方法适合相对简单的散热器。然而, 需要更复杂的结构来增强散热器的性能。制造散热器的传统方法不适于制造这种复杂结构。

发明内容

[0006] 一个实施例是散热器, 包括基座以及耦合至该基座的热交换元件。该热交换元件包含耦合至该基座的泡沫结构。

[0007] 另一实施例是方法, 包括提供牺牲散热器图案, 该牺牲散热器图案包含基座模板和连接至基座模板的热交换元件模板。该热交换元件模板包含耦合至该基座的泡沫结构。该牺牲散热器图案被提供至熔模铸造过程以形成单片散热器。

附图说明

[0008] 当与附图一起阅读时, 通过以下详细描述来理解各种实施例。为了讨论的清楚, 各种特征未按照比例画出, 并且可在尺寸上任意增加或减少。可将图中的各种特征描述为“垂直的”或“水平的”, 以便于引用这些特征。这种描述不限制该特征相对于自然的地平线或重力的定向。现结合附图对随后的描述进行引用, 在附图中:

[0009] 图 1 示出了现有技术的散热器;

[0010] 图 2 示出了依照本发明的散热器的元件;

[0011] 图 3 示出了方法;

[0012] 图 4 示出了周期性的鳍形泡沫散热器;

[0013] 图 5A 示出了最小表面结构散热器;

[0014] 图 5B 示出了具有变化的横截面区域的路径;

[0015] 图 6 示出了开槽的蜂巢形散热器;

[0016] 图 7A、7B 和 7C 分别示出了图 4、5A 和 6 的实施例的元件；以及

[0017] 图 8 示出了散热器的性能特性。

具体实施方式

[0018] 本文描述的实施例反映了以下认知：可以使用三维 (3-D) 渲染 (rendering) 和熔模铸造来制造具有现有技术方法所做不到的结构复杂度的单片散热器。单片散热器设计中的这种复杂度提供了形成具有新颖结构特征的散热器的手段，以相对于现有技术散热器来增强这种散热器的性能。所述实施例使散热器设计者可使用迄今为止难以达成的结构元件。相比于“简单的”散热器，这些元件的可用性向设计者提供了更好地利用流体力学和热耗散物理学的能力，下面对其进行定义。本文描述了导致显著提高结构复杂的散热器相对于简单散热器的热传递特性的实施例。

[0019] 本讨论引入了使用牺牲性图案 (sacrificial pattern) 的 3-D 印刷和后续的熔模铸造来形成散热器的概念，在该散热器中，可以将热交换元件单片地附着到散热器的基座。如本文使用的，关于散热器的元件来定义的“单片”意味着元件和基座是单一连续的实体。换言之，元件和基座是单一铸件单元的一部分，并且不将它们通过粘合剂、螺钉、焊接、压接或任何类似的化学或机械方式固定到剩余部分。然而，如果使用这些固定方式中的任何方式将另一元件附着到单片部分或者将散热器附着到电路或部件，如果热交换元件和基座是多晶体的，它们依然是单片相连的。

[0020] 典型的 3-D 印刷机使用激光和液体光敏聚合物，通过一连串固体层产生 3-D 模板。示例是立体平板印刷快速原型制作系统。相关领域技术人员对这种系统以及在其中使用的光敏聚合物很熟悉。例如，在可转移阶段，一种类型的印刷机使用激光在液体光敏聚合物的薄层中产生固体图案。进行该阶段，并在第一层上形成另一层。通过一连串层，可以形成几乎任意复杂度的对象的 3-D 模板，该 3-D 模板的特征的潜在解析度在 $100\ \mu\text{m}$ 的量级。在一些系统中，还使用蜡或可溶解的光敏聚合物，以机械的形式支撑 3-D 模板的脆弱部分。可以直接使用该 3-D 模板作为下面进一步描述的常规熔模铸造过程中的图案。

[0021] 本文中，将使用 3-D 印刷生成的图案所形成的散热器称为“结构复杂”的散热器，以反映结构复杂度的潜在可能。然而应当理解，特定物理特征的存在不是将散热器包括在此处定义的复杂散热器类别中的先决条件。

[0022] 图 1 示出了现有技术的散热器 100。散热器 100 的特征包括基座 110 和鳍形 120。鳍形 120 在结构上是统一的，例如，除了典型的特定制造方法的表面粗糙外，在鳍形 120 的表面没有突起或凹陷。散热器 100 代表了通过常规方法形成的散热器类别，常规方法包括金属块或牺牲性模板的挤压、沙模铸造、压铸法、压焊、折叠、锻造、削磨和机械加工。机械加工被定义为通过机械方式从块上移除材料。取决于制造方法，一般将鳍形的最大纵横比（即，鳍形高度 H 与鳍形厚度 T 之比）限制在大约 8 : 1 到大约 20 : 1。本文中将该类别的散热器定义为“简单的”散热器，并且明确放弃权利。

[0023] 图 2 示出了可以使用 3-D 印刷和铸造来形成的结构复杂的散热器 200 的各种结构特征。示出坐标轴以在后续讨论中用于引用。基座 205 为各种示出的热交换元件提供基底。基座被示出为平坦的，但是其可以是任何需要的形状。例如，可以以和电路板或电子设备的底层拓扑结构相符的形状来形成基座。图 2 中示出了热交换元件的若干示例。注意到，这

些示例不是排他性的,并且散热器 200 可单独包括每种类型的元件或包括每种类型的元件与其它元件的组合。

[0024] 鳍形 210 是从基座 205 突起的矩形固体元件。鳍形可具有常规的小于大约 20 : 1 的纵横比(高度与厚度之比),或者可以具有更大的纵横比。鳍形 210 可包括冷却剂通道 215,诸如水或空气的冷却剂可以通过冷却剂通道 215 循环,以增加从鳍形到例如与鳍形 210 相邻的气流的热传递。可以由现有技术的形成散热器的方法所不能达成的方式路由冷却剂通道,例如,在 X-Z 平面的任意路径中。如果需要,也可以在基座 205 中提供这种通道。鳍形 210 的纵横比可受诸如以下因素限制:例如材料强度、在铸造期间填充高纵横比孔隙的能力以及在服务期间鳍形经受负载所需的机械强度。保守估计,可以以超过 100 : 1 的纵横比来构建鳍形。

[0025] 鳍形 230 包括在 Y-Z 平面上形成的弯曲 235。在不增加基座 205 上的鳍形高度的情况下,需要这种弯曲以例如增加鳍形的表面区域。取决于复杂度,可能难以通过前述方法来制造弯曲 235,特别是如果与图 2 所示的其它特征相组合时。例如,可以同时 Y-Z 和 X-Y 平面上形成弯曲。常规的制造方法不能适用于这种结构复杂的特征。

[0026] 在另一实施例中,鳍形 240 包括扩展 245。扩展 245 在 X 方向上可以是薄的,在该情况下,最小厚度将取决于包括用于散热器的材料在内的因素。X 方向上的厚度可以从该最小值至大于鳍形 240 在 X 方向上的完整长度。当例如扩展 245 形成在散热器 200 的逆风放置的涡流生成器的一部分时,X 方向上的厚度可超过鳍形 240 的长度。例如,参见美国专利申请 ____ (Hernon2)。扩展 245 在 Z 方向上的高度可以从最小可形成的厚度到大于鳍形 240 的高度。在一些实施例中,扩展形成扁平的板,例如,从鳍形 240 突起到流经鳍形 240 的气流中的薄平面特征。以这种方式配置的扩展 245 可以是例如在 ____ 申请 (Hernon2) 中描述的偏流器。在其它实施例中,扩展形成凸块,可以是例如圆形、椭圆形或金字塔形。

[0027] 鳍形 250 包括凹陷 255。凹陷 255 可以例如是在 X-Z 平面具有圆形或椭圆形横截面的凹痕。凹陷 255 在 Y-Z 平面中的轮廓可以是任意需要的轮廓,例如,圆形(所示意的)、三角形、正方形或甚至凹腔。如针对扩展 245 所描述的,凹陷 255 也可以在 X 方向上扩展至鳍形 250 的完整长度,或者在 Z 方向上扩展至鳍形 250 的完整高度。

[0028] 鳍形 260 包括开口 265。开口 265 与鳍形 260 的两个相对的表面交叉。开口 265 可以是任何需要的形状,例如,圆形、三角形、正方形或六边形,并且鳍形 260 可包括任何所需数量的开口 265。当然,可通过以下因素来限制开口 265 的配置:所使用的材料的机械强度、鳍形厚度以及为了保持鳍形 265 的物理完整性的服务环境。

[0029] 鳍形 270 包括桥接元件 272、274、276。可以确定这种桥接元件的方向,以使得将主表面例如定位在 Y-Z 平面中(例如,桥接元件 272),或者定位在 X-Y 平面中(例如,桥接元件 274)。桥接特征还可以包括开口,例如桥接元件 276。桥接元件还可用于形成管道,以从散热器的一部分向另一部分传导空气。参见例如美国专利申请 No ____ (Hernon3)。

[0030] 鳍形 280 包括凹的孔隙(void) 285。孔隙 285 具有仅可以通过小于该腔的最大横截面区域的开口来接入的凹体。这种特征提供了显著增加鳍形 280 的表面区域以减少鳍形 280 和周围环境之间的热阻的方式。也可以如下所述产生新颖的散热器结构,例如,最小区域表面。

[0031] 在一些情况下,甚至不使用鳍形。蜂巢通道 290 是一个这种热交换元件。在该实

施例中,蜂巢所形成的通道 295 彼此平行延伸,并与基座 205 平行延伸。通道 295 是闭合的通道,意味着在沿着通道的某点上,每条通道的横截面都是闭合的多边形。通道 295 的壁可包括其它已经描述的特征,包括例如开口 297、扩展和凹陷。如本文所使用的术语“闭合通道”,通道可在通道壁中包括开口(例如,开口 297),并仍被视为闭合。

[0032] 前述的物理特征不排除可由所述方法形成的可能的特征。此外,可以通过创新的方式将所描述的元件组合,以达成迄今为止不可获得的热传递特性。通过这些元件与单片散热器 200 是一体的这一事实,对元件的可能组合所提供的优势进行扩展。因此热脂或粘合剂材料没有将这些元件与散热器部分地隔绝,并且增强了散热器整体的热传导性。此外,散热器的均匀导热性可以提供用于对散热器的热性能进行建模的更一致的环境,消除了设计负担。如果将附加的结构元件以非单片的方式附着到散热器,形成元件和基座作为单片结构的优势未被丢失。

[0033] 通过所述实施例形成的散热器意在用于下述应用,在这些应用中对复杂散热器的特征进行机械加工不实际、不经济或不可能。同样地,将目标应用限于这样的应用:在该应用中,散热器的特征的物理尺寸低于可经济和实际地使用机械加工的大小。当然,在散热器的表面上对间隔 1mm 或更小的特征进行机械加工被视为不实际、不经济或不可能的。当表面的间隔为 5mm 时,这种机械加工仍可被视为至少不实际或不经济的,并且可能是不可行的。在 1cm 以上,在最需要的应用中,即使以很大的代价,机械加工可能是可实行的。相应地,明确地放弃对具有间隔大于大约 1cm 的相对表面的散热器的权利。

[0034] 图 3 示出了用于形成结构复杂的散热器的方法 300。在步骤 310 中,设计者将概念简化为设计。可以通过任何适合在稍后将设计数据传输到 3-D 渲染系统中的方式来设计散热器。一个特别有用的技术包括 3-D 计算机辅助设计和制造 (CAD/CAM) 系统,以对结构复杂的散热器的结构进行定义。可以在步骤 320 中将 CAD/CAM 系统提供的数据直接提供给 3-D 渲染系统。还可以有利地将该数据提供给热建模系统,以对各种条件下(例如,空气速度、热负载和最大热流量)散热器设计的性能进行预测和优化。虽然在散热器的设计阶段热建模可以是有利的,应该理解,方法 300 不要求这种建模。

[0035] 在步骤 320 中,将作为步骤 310 结果的设计渲染为牺牲性材料的散热器模板。该材料可以是例如在立体平板印刷快速原型制作系统中使用的光敏聚合物。可以将基座模板和热交换模板制造为单片图案。作为结果的图案可以具有几乎任意的复杂度。在单一图案不能捕捉所需设计的情况下,可以将两个或更多模板相连以产生最终需要的图案。

[0036] 在步骤 330 中,使用步骤 320 中产生的图案将散热器渲染在所需要的金属中,作为熔模铸造过程中的牺牲性模板。熔模铸造领域的技术人员对各种熔模铸造方法很熟悉。在优选的实施例中,使用磷酸粘合石膏铸造 (phosphoric acid bonded plaster casting) 方法。

[0037] 在步骤 340 中,将散热器集成在系统(例如,电子部件)中。在一些情况下,将散热器与电子组件相连,例如微处理器或功率放大器、光放大器、或类似的热耗散器件之类的集成电路。在一些情况下,当热电设备的暖侧用于加热器件时,可以将散热器附着到热电设备的冷侧。可以使用热脂或导热垫来增强器件封装和散热器之间的热传导。在其它情况下,当在散热器中提供液体冷却剂通道(例如,冷却剂通道 245)时,可以将冷却管路附着到散热器上。

[0038] 以下实施例是所述形成单片散热器的方法的非限制性应用。这些应用示出了在图 2 中之前描述并示出的各种结构特征的使用。然而,应当理解,未放弃权利的并且包括诸如图 2 所示并通过所述方法形成的结构特征的任何散热器都在本公开的范围之内。

[0039] 参见图 4,图 4 示出了鳍形泡沫散热器 400 的实施例。鳍形泡沫散热器 400 包括基座 430 上的垂直鳍形 410 和泡沫结构 420。泡沫结构 420 是热传递元件的结构复杂的部件,具有填充散热器空间的多孔结构。当泡沫结构与散热器鳍形组合时,该组合结构被称为鳍形泡沫。

[0040] 在一些情况下,泡沫结构是无结构的(伪随机的)。在其它情况下,泡沫结构具有一个或更多热传递元件,该一个或更多热传递元件被配置为具有二维或三维周期性的单位单元。在图 4 中,例如 X-Y 元件 440 具有大约与由 XYZ 坐标参考来表示的 X-Y 平面平行的主表面,以及 Y-Z 元件 450 具有大约与 Y-Z 平面平行的主表面。在该非限制的示例中,单位单元 460 包括一个 Y-Z 元件和两个 X-Z 元件。

[0041] 热传递元件被配置为:为通过散热器 400 的气流提供路径 470。在一些情况下,路径 470 是无阻碍的路径,意味着路径 470 为通过散热器 400 的气流提供直线路由,附加地,路径 470 可与基座 430 平行。在其它情况下,路径 470 是曲折的路径,意味着气流通过散热器的路径包括弯曲。弯曲路径的平均路径大约平行于底座 430。特定散热器设计(例如所示的鳍形泡沫设计)可包括无阻碍路径和曲折的路径。

[0042] 在鳍形泡沫散热器 400 中,垂直鳍形 410 之间的距离等于单位单元宽度,但是在其它实施例中,单位单元宽度可以小于该距离。例如,鳍形 410 之间的空间可以包括两个或更多单位单元。在一些实施例中,鳍形 410 被完全省略,因此散热器仅由基座 430 上的泡沫结构 420 组成。当需要周期性的泡沫结构时,使用例如体心立方(BCC)、面心立方(FCC)、A15 格形部件以及其它任何需要的格形部件来生成泡沫结构。泡沫可包括分形的几何结构、或从水平或垂直板上突起的板或钉,以增加用于热交换的表面区域。

[0043] 泡沫结构还可被设计为:产生在鳍形通路的泡沫孔隙下游的有利的流特征。这种结构可被配置为:产生增加鳍形泡沫散热器 400 和环境之间的热传递的流不稳定性、不稳定的薄片、转变的、湍流的、混乱的、共鸣的流。参见例如美国专利申请 ____ (Hernon2)。

[0044] 可通过上述铸造过程将鳍形 410 和泡沫结构 420 形成为单一的单片铸造结构。这种设计提供了高于从分开的子部件来装配散热器的显著优势,因为没有由于粘合剂等造成的、与具有额外热障相关联的热阻惩罚,例如与简单的散热器设计相比,鳍形泡沫实施例导致显著增加了可用于去往或来自于鳍形泡沫散热器 400 的热交换的表面区域。例如,在鳍形泡沫散热器 400 上可用于热交换的表面区域大约比具有相同长度、高度和宽度的平行鳍形散热器的表面区域大 15%。

[0045] 现在参见图 5,图 5 示出了仅具有一个内表面 510 和一个外表面 520 的散热器元件 500 的实施例。所示实施例被称为 Schwarz' P 表面,并且特征在于平滑变化的表面曲率。形式上, Schwarz' P 结构的特征在于具有零平均曲率,并且有时称之为“最小表面”结构。当然,可以使用除了 Schwarz' P 结构之外的其它结构,不需要区域最小化,其它结构可包括平坦的或有角的特征。

[0046] 元件 500 可包括任何形状或大小的、包括内部和外部体积的单位单元,由连续相连的表面将内部和外部体分开(例如, Schwarz' P 结构)。元件 500 将空间分割成两个全

等的迷宫。元件 500 还提供无阻碍的路径 530。在一些实施例中,通过由于内部流通道内横截面区域的变化而产生的分离效应或简单的加速和减速效应,以普遍的不稳定性来扰乱元件 500 内的内部流。同样地,单位单元不需要是对称的,而是可以是任意的结构阵列,例如可维持流的自振荡的结构阵列。

[0047] 内表面 510 限定了内部区域,外表面 520 限定了外部区域。元件 500 可被用在强制通风的应用中,在这样的情况下,空气流过内表面以及外表面以进行冷却。在其它情况下,可在液体冷却应用中使用元件 500,在液体冷却应用中,使液体冷却剂流过内部区域。如果需要,可以使用一个或更多盖子 540 来引导或限制流体流。盖子 540 可以是例如在美国专利申请 ___ (Hernon1) 中公开的有源元件。在一个实施例中,可将更多空气或冷却流体引导到元件靠近电子器件的如下区域的部分:该区域比器件的其它区域耗散更多功率。还可以使用对通过元件 500 的通路的最小或最大直径进行变化,来优选地引导空气或液体流。

[0048] 参见图 5B,示出了诸如空气的冷却流体通过通道横截面 560 的路径 550。将 Schwartz' P 结构的非限制情况示出为示例。这种结构的一个方面是:流体在散热器上所流经的通道的宽度在流的路径上变化。在一些实施例中,该结构被配置为:有益于具有层流态的自维持流振荡。可以使用这种振荡以在流阻没有增加很大的情况下增强热传递。这种结构还可以触发不稳定性,例如 Tollmien-Schlichting 波或 Kelvin-Helmholtz 不稳定性,或者可以触发至湍流的转变。

[0049] 现在参见图 6,图 6 示出了单片散热器元件 600 的实施例。可以将元件 600 用作例如无鳍形的散热器,或者作为鳍形(未示出)之间的热传递元件。元件 600 包括基座 610、平行通道 620 和开口 630。通道 620 具有六边形的横截面,并共同形成蜂巢形的图案。也可以使用形成闭合的多边形横截面的其它形状,例如,正方形、三角形或圆形的通道。平行通道 620 提供了通过散热器元件 600 的无阻碍路径。

[0050] 开口 630 可以是例如偏移的(错列的)矩形或圆形,或者除此之外,可被以有益于元件 600 的热传递和压力特性的方式沿着通道 620 的长度安置。考虑到在一些情况下,开口 630 可以改进对流或从基座 610 离开的气流。在一些情况下,通过重新启动与通道 620 的壁相邻的边界层区域,开口 630 可以减少散热器和冷却流体之间的热阻。边界层是与被用作热绝缘体的通道壁相邻的、相对静态的空气的区域。重新启动边界层可导致自由流空气更靠近通道壁流动,从而提高了热传递。使用之前描述的常规过程的组件散热器规模,不能达成诸如图 6 所示的、导致这种流效应的复杂几何模板。

[0051] 图 7 示出了由所述实施例共享的几何特征。图 7A 示出了泡沫结构 420 的细节 710。图 7B 示出了散热器元件 500 的 Schwartz' P 结构的细节 735。图 7C 示出了散热器元件 600 的通道 620 的细节 735。每个细节 710、735、755 具有与通过对应的热交换元件的相邻路径至少部分地邻接的表面。散热器的表面包括其所有表面区域,不管是相邻的或非相邻的。

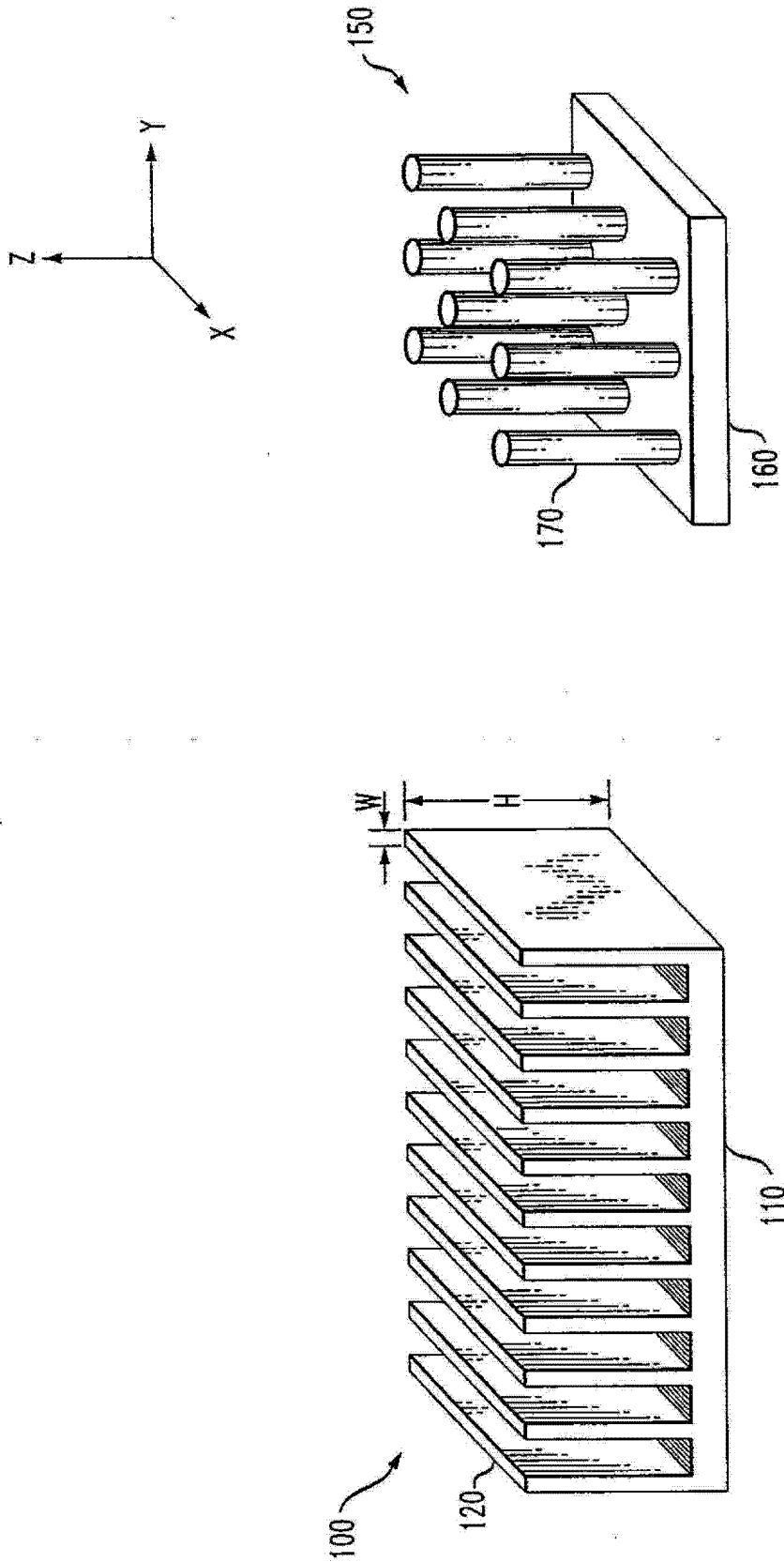
[0052] 首先关注细节 710,泡沫元件 715 的下侧是与通过泡沫结构 420 的路径 720 部分地邻接并形成路径 720 的上边界的表面。泡沫元件 725 的下侧是与通过泡沫结构 420 的路径 730 部分地邻接并形成路径 730 的上边界的表面,泡沫结构 420 与路径 720 相邻。开口(在视线外)与路径 720 和路径 730 相连。关于细节 735,散热器元件 500 的一部分 740 的下侧是与通过散热器元件 500 的路径 745 和路径 750 邻接并形成路径 745 和路径 750 的上边界的表面。颈部区域 752 形成路径 745 和路径 750 之间的开口。关于细节 755,散热器元

件 600 的一部分 760 的下侧是与路径 765 部分地邻接并形成路径 765 的上边界的表面。散热器 600 的一部分 770 的下侧是与路径 775 部分地邻接并形成路径 775 的上边界的表面。开口 780 与路径 760 和路径 765 相连。

[0053] 参见图 8, 图 8 示出了将蜂巢形散热器 (例如, 散热器 600)、鳍形泡沫散热器 (例如, 散热器 400) 与标准鳍形散热器 (例如散热器 100) 的实验性性能相比较的图。性能曲线示出了作为散热器的直接上游的空气速度的函数的三种情况的热阻。针对散热器宽度、高度、长度和散热器基座, 对散热器进行控制。将所有设计放在完全通过管道输送的流中, 以使得通过每个散热器的速度是恒定的。

[0054] 对于所测试的配置, 鳍形泡沫和蜂巢形散热器都胜过了鳍形散热器, 并且鳍形泡沫散热器胜过蜂巢形设计。尽管特定的散热器性能将取决于很多因素, 但是该性能特性清楚地示出了鳍形泡沫设计和开槽的蜂巢设计高于传统鳍形散热器的潜在优点。该高于简单散热器的提高出乎意料的大。提高的幅度使得有可能将气冷散热器的使用扩展到高功率耗散电子组件, 否则, 高功率耗散电子组件可能需要更昂贵的冷却方式 (例如, 液体冷却)。

[0055] 尽管详细描述了本发明, 本领域技术人员应当理解, 在不脱离本发明最广的精神和范围的情况下, 可以进行各种改变、替换和备选。



(现有技术)

图 1

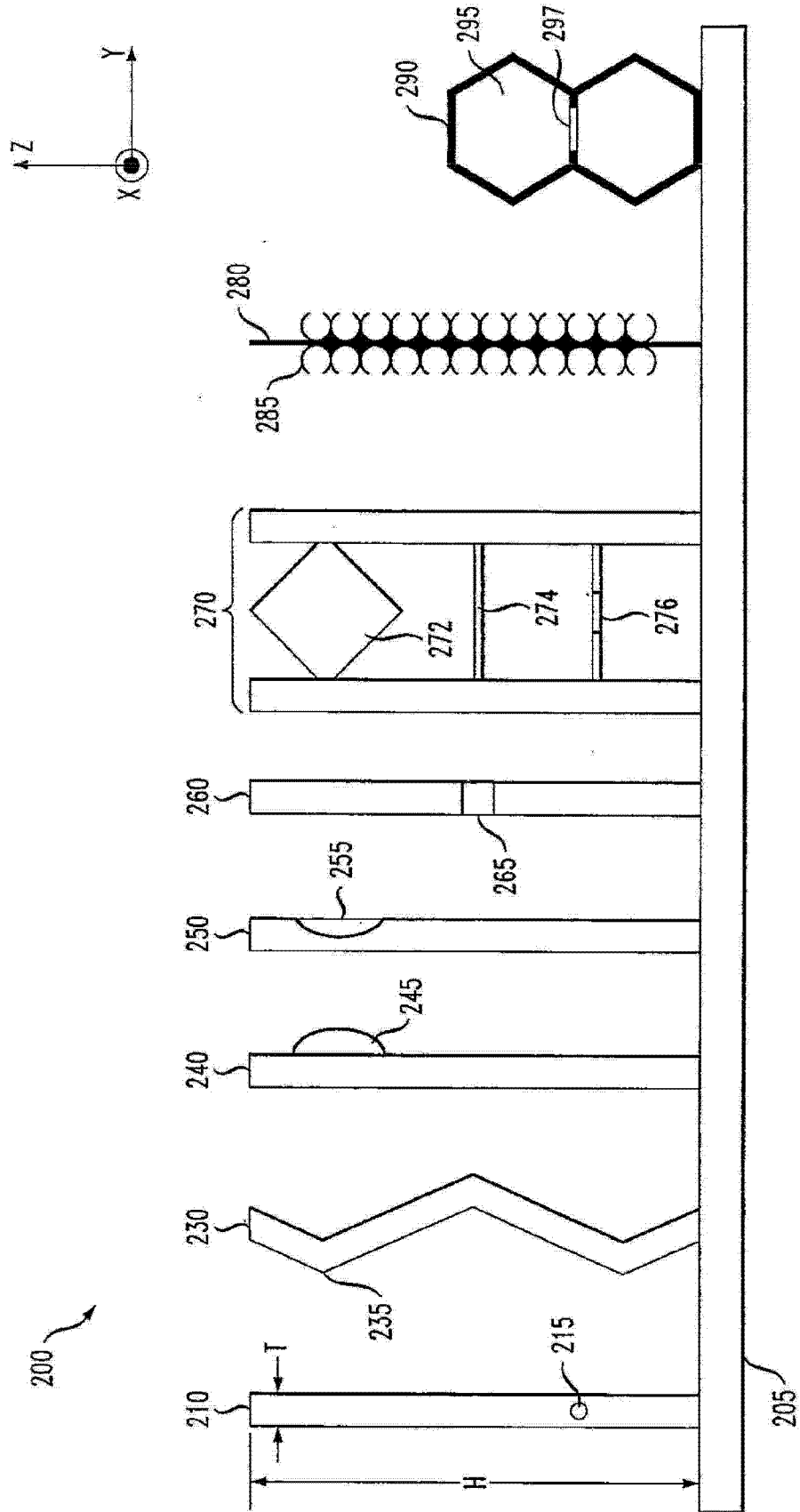


图 2

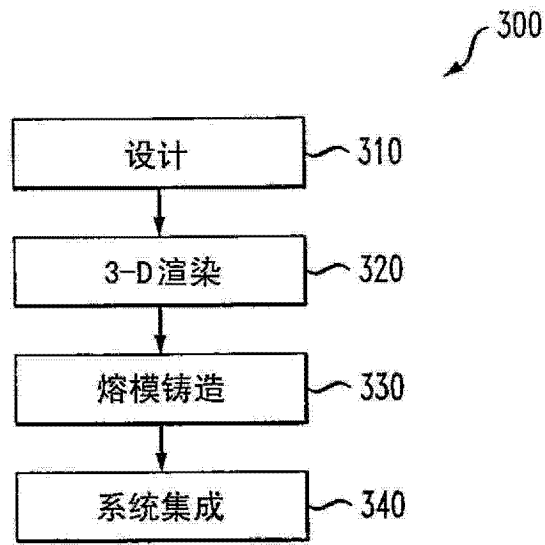


图 3

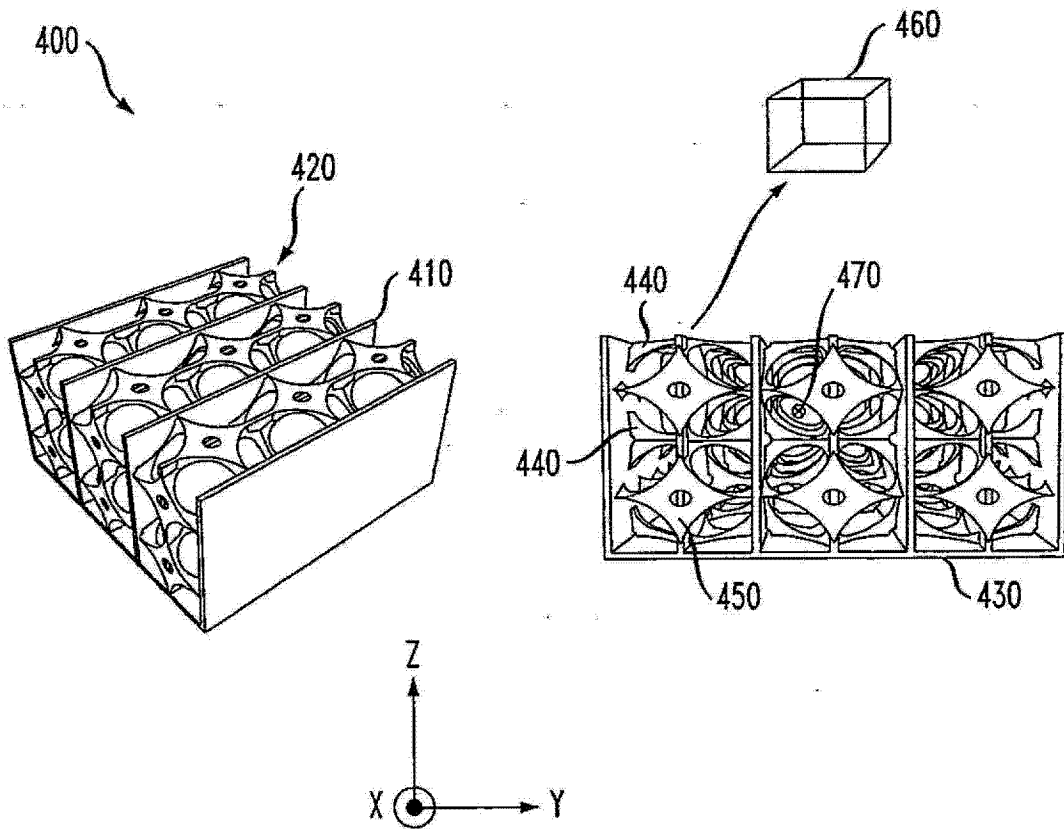


图 4

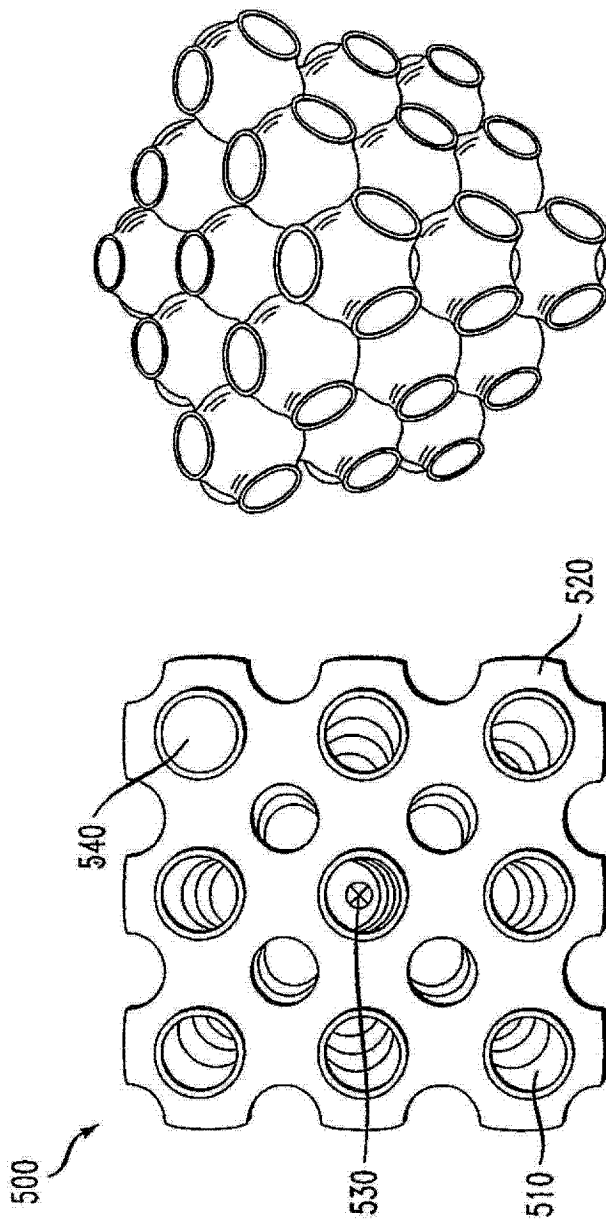


图 5A

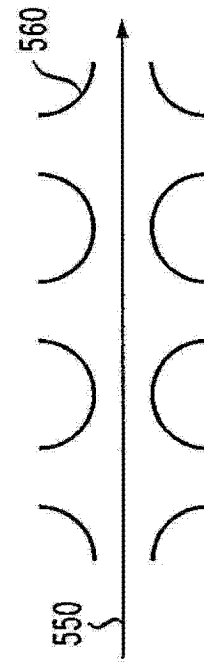


图 5B

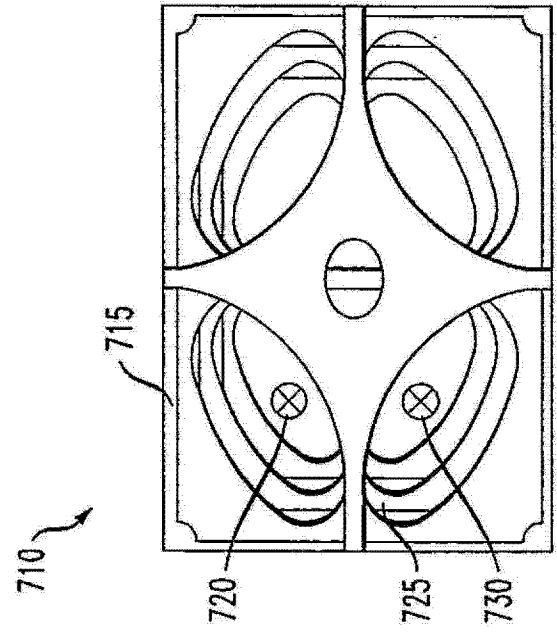
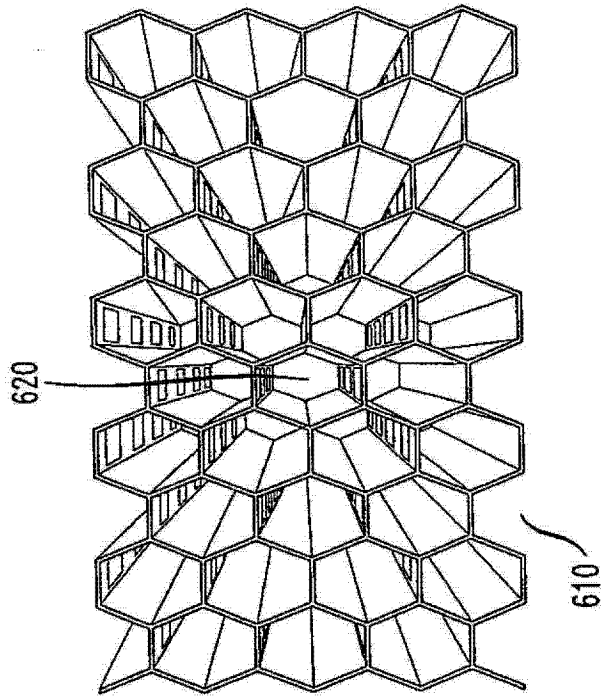


图 7A

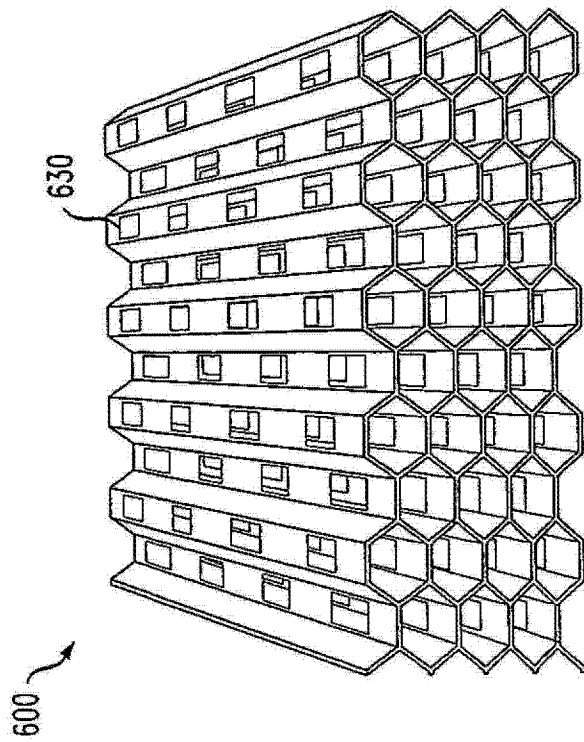


图 6

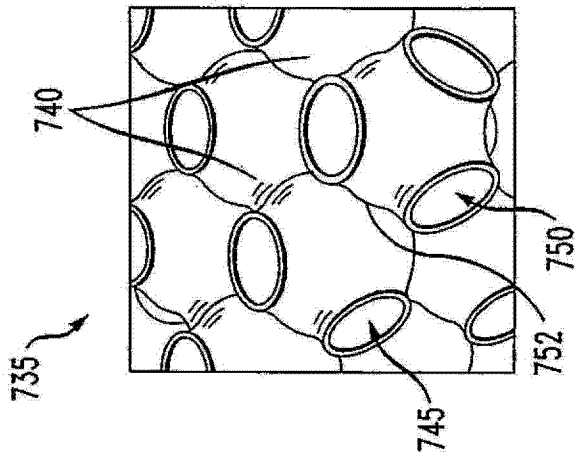


图 7B

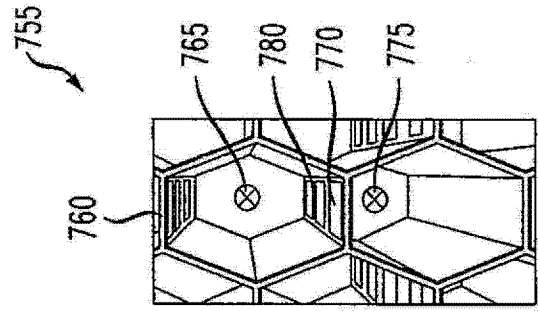


图 7C

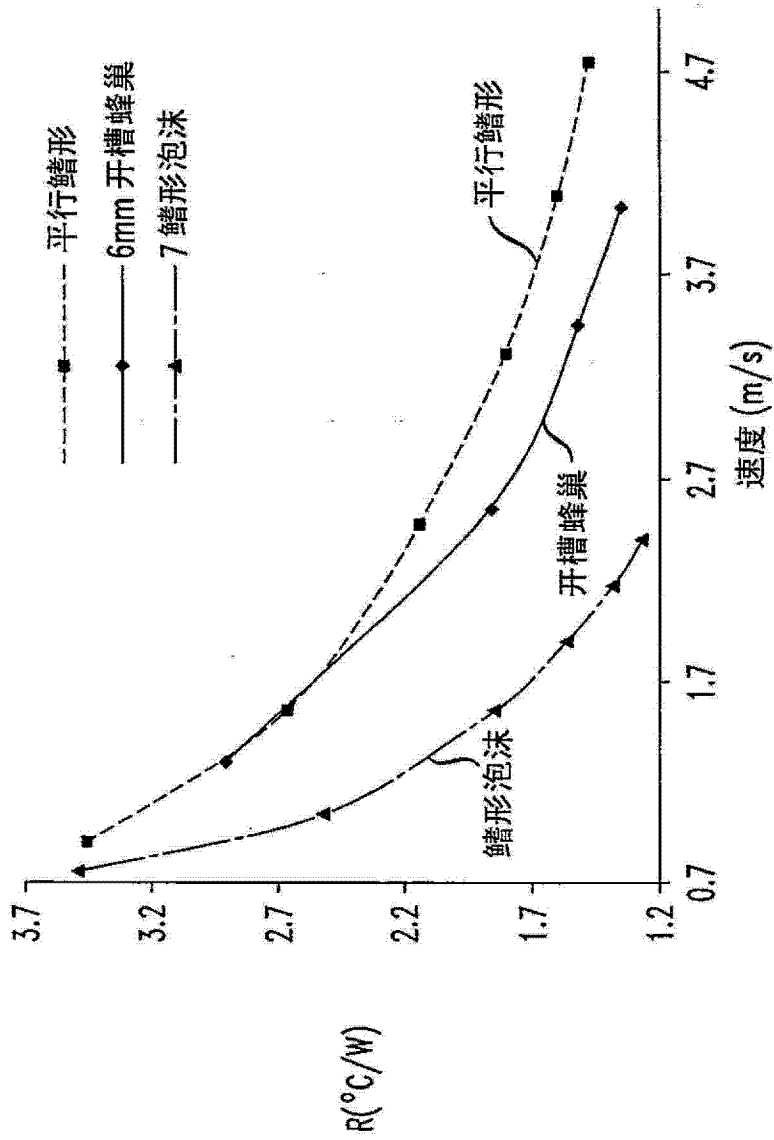


图 8