



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106907945 B

(45)授权公告日 2019.05.21

(21)申请号 201710088524.4

(22)申请日 2017.02.19

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 106907945 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(30)优先权数据  
15/060,426 2016.03.03 US

(73)专利权人 卡兰尼普责任有限公司  
地址 美国华盛顿州柯克兰市11110 117th  
P1 NE  
专利权人 无锡卡兰尼普热管理技术有限公司

(72)发明人 程鹏

(74)专利代理机构 北京市广友专利事务所有限  
责任公司 11237

代理人 耿小强

(51)Int.Cl.  
F28D 15/04(2006.01)  
G06F 1/20(2006.01)

(56)对比文件  
CN 105144861 A,2015.12.09,  
TW M334308 U,2008.06.11,  
CN 206488673 U,2017.09.12,  
US 2003051857 A1,2003.03.20,  
US 2009056911 A1,2009.03.05,  
CN 102148208 A,2011.08.10,  
US 2015092348 A1,2015.04.02,

审查员 武利媛

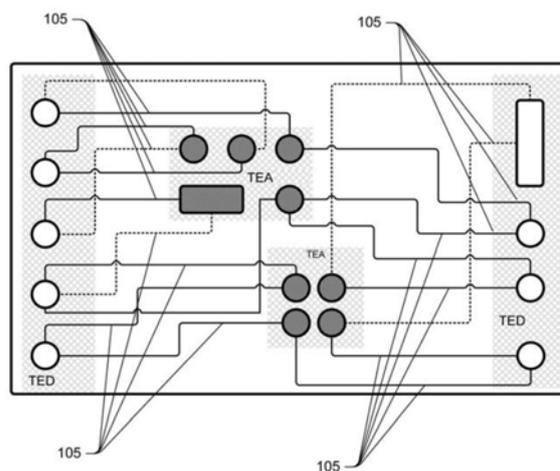
权利要求书3页 说明书12页 附图11页

## (54)发明名称

具有自组织性的热动力学系统

## (57)摘要

本发明公开了一种用于电子设备的热管理系统,更具体地,该热动力学系统具有两相流体回路,该两相流体回路具有自组织性,其内部流体运动可以将热量从吸热区域传递到散热区域。该热动力学系统包括毗邻于一个或多个热源的多个热能吸收(TEA)节点,通过一个封闭两相流体的毛细管通道系统连通到多个热能耗散(TED)节点。当热能在单个TEA节点处被两相流体所吸收,诸如压力和/或体积等局部条件的变化会驱动对流,载着所吸收的热能离开各个TEA节点。当热能在各个TED节点处从两相流体中消散时,局部条件变化(例如压力和/或体积减小)会进一步引起额外吸收的热能TE朝向各个TED节点的对流。



1. 一种热动力学系统,包括:

第一组热能吸收节点,第一组热能吸收节点中的每个节点封有两相流体,第一组热能吸收节点位于毗邻第一热源的第一热能吸收区域内;

第二组热能吸收节点,第二组热能吸收节点中的每个节点封有两相流体,第二组热能吸收节点位于毗邻第二热源的第二个热能吸收区域内;

第一组热能耗散节点,第一组热能耗散节点中的每个节点封有两相流体,第一组热能耗散节点位于第一热能耗散区域内;以及

一组毛细通道,用于连接第一组热能吸收节点到第二组热能吸收节点和第一组热能耗散节点,形成闭合流体回路。

2. 如权利要求1所述的热动力学系统,其特征在于:进一步包括嵌于至少第一个毛细通道内的毛细芯结构,通过两相流体中液体部分和两相流体中气体部分交界面上的毛细力,将液体部分从第一热能耗散节点吸到一个热能吸收节点,在该节点处液体部分汽化成为气体部分,此后,通过至少第二个毛细通道,交界面上的毛细力驱动气体部分流向第二个热能耗散节点。

3. 如权利要求1所述的热动力学系统,其特征在于:进一步包括嵌于至少一个第一个毛细通道内第一部分的毛细芯结构,其中第一毛细管道进一步包括没有毛细芯结构的第二部分,其中具备毛细芯结构的第一部分和没有毛细芯结构的第二部分从一个热能吸收节点延续到一个热能耗散节点。

4. 如权利要求1所述的热动力学系统,其特征在于:毗邻于第一热源的第一个热能吸收节点通过一个流体通路非直接地连接到毗邻于第二热源的第二个热能吸收节点,该流体通路包括:

一组毛细通道中的第一个毛细通道,直接连接第一个热能吸收节点到第一个热能耗散节点;和

一组毛细通道中的第二个毛细通道,直接连接第一个热能耗散节点到第二个热能吸收节点。

5. 如权利要求1所述的热动力学系统,其特征在于:第一热源是一个计算机系统的第一个计算组件,第二热源是该计算机系统的第二个计算组件;所有毛细通道中的第一组毛细通道镶嵌于基体内的第一层,所有毛细通道中的第二组毛细通道镶嵌于基体内的第二层;

所述毛细通道包括:

连接第一个热能耗散节点到第一个热能吸收节点的第一个毛细通道,该毛细通道具备一个特征长度;和

连接第一个热能吸收节点到第二个热能耗散节点的第二个毛细通道,其中第二个热能耗散节点进一步连接到第二个热能吸收节点,该第二个毛细通道具备第二个特征长度大于第一个特征长度,从而两相流体的流动在第一个热能耗散节点和第二个热能耗散节点间偏向于流向第二个热能耗散节点。

6. 如权利要求1所述的热动力学系统,其特征在于:每一个热能吸收节点与每一个其它热能吸收节点和每一个热能耗散节点是互通的,从而没有两相流体的一部分与该两相流体的任意其它部分相隔绝;进一步包括一个泵,用以将两相流体中的一部分从位于第一个热能耗散区域的第一个热能耗散节点,灌注到位于第二个热能耗散区域的第二个热能耗散节

点,中间经过位于第一个热能吸收区域的第一个热能吸收节点;

进一步包括:

一个压力传感器,用以显示位于闭合流体回路中的两相流体的相应内部压力,该内部压力至少部分依赖于该两相流体中一个气体部分的温度;同时

保存于一个内存中的逻辑指令,当该逻辑指令被一个中央处理器执行时,会根据内部压力达到或超过第一个预设阈值而启动泵,直到内部压力回落到小于第一个预设阈值的第二个预设阈值以下时,停止泵;

至少一个封有两相流体的热能吸收节点部分地填充有毛细芯结构,通过位于两相流体中液体部分同两相流体中气体部分的交界面上的毛细力,将液体部分吸入到至少一个热能吸收节点,同时允许气体部分从一个或多个毛细通道中逸出。

7. 一个热动力学系统,包括:

第一个热能吸收热沉包括封有两相流体的第一组热能吸收节点;

第二个热能吸收热沉包括封有两相流体的第二组热能吸收节点,第二个热能吸收热沉同第一个热能吸收热沉之间非连续;

至少一个热能耗散(TED)热沉,包括封有两相流体的一组热能耗散节点;和

一组毛细通道管体,连通第一组热能吸收节点到第二组热能吸收节点和所有热能耗散节点,用以形成闭合的流体回路。

8. 如权利要求7所述的热动力学系统,其特征在于:所有毛细通道管体中至少一个毛细通道管体包含一个毛细芯结构,从而将一个或多个两相流体中的液体部分吸收到第一组热能吸收节点中的至少一个热能吸收节点,或者第二组热能吸收节点中的至少一个热能吸收节点,或者两者都有;

第一组热能吸收节点中的第一个热能吸收节点至少连接一个具有毛细芯结构的毛细通道管体和至少第二个没有毛细芯结构的毛细通道管体;

所有毛细通道管体中至少有一个毛细通道管体是至少部分柔性的,从而至少一个热能耗散热沉是至少部分相对于至少第一个热能吸收热沉或第二个热能吸收热沉是可移动的。

9. 如权利要求7所述的热动力学系统,其特征在于:第一个热能吸收热沉和第二个热能吸收热沉中的至少一个,或者至少一个热能耗散热沉包括一组导热突起结构。

10. 一个自组织的热动力回路,包括:

一组封有两相流体的热能吸收节点,该组热能吸收节点至少包括第一个热能吸收节点、第二个热能吸收节点和第三个热能吸收节点;

一组封有两相流体的热能耗散节点,该组热能耗散节点至少包括第一个热能耗散节点、第二个热能耗散节点和第三个热能耗散节点;和

一组毛细通道,连接上述热能吸收节点组和热能耗散节点组,形成闭合的流体回路,该毛细通道组直接连接至少第一个热能吸收节点到至少第一个热能耗散节点、第二个热能耗散节点和第三个热能耗散节点;

所述毛细通道组进一步连接至少第二个热能耗散节点到至少第二个热能吸收节点和第三个热能吸收节点;

所述毛细通道组中至少第一个毛细通道是锥形的朝向至少第一个热能吸收节点,用以引导两相流体中第一个液体部分流向至少第一个热能吸收节点;

所述毛细通道组中至少第二个毛细通道是锥形的朝向至少第一个热能耗散节点,用以引导两相流体中第二个液体部分流向至少第一个热能耗散节点。

## 具有自组织性的热动力学系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于但不限于电子设备热管理的热动力学系统,更具体地,涉及一种具有自组织性的热动力学系统,该热动力学系统由封闭两相流体的回路构成,系统内部流体运动具有自组织性,通过流动将热量从吸热区域传递到散热区域,属于热管理技术领域。

### 背景技术

[0002] 热管理技术的进步对于高性能微电子器件的发展至关重要。例如,超级计算机、航空电子和移动电子等应用都可以从提升热管理系统的有效性或效率中获益。在这些领域,同时追求电子封装的紧凑性和计算能力以及功能的增加,在许多情况下会导致单位体积内产生热能的增加。因此,有效地管理这些增长的热能(TE)是一个挑战。此外,过多的热量累积在计算机部件上会导致部件故障,其后果严重程度根据不同的应用环境可以是单纯的小麻烦,也可能导致危及生命的重大事故。

[0003] 因此,在微电子设备追求更小和更强大计算能力的道路上热管理解决方案将持续扮演非常重要的角色。而一个可以增加热管理的有效性或效率,同时还适应微电子器材的尺度的新方法就显得尤为必要。

### 发明内容

[0004] 本发明的一个目的是基于各个单一热能吸收(TEA)和/或热能耗散(TED)节点处的本地条件(例如,温度、压力、两相液体状态等)以自组织方式实现从多个TEA节点到多个TED节点的高效热传递。

[0005] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:

[0006] 一种热动力学系统,包括:

[0007] 第一组热能吸收(TEA)节点,第一组热能吸收TEA节点中的每个节点封有两相流体,第一组热能吸收节点位于毗邻第一热(TE)源的第一热能吸收区域内;

[0008] 第二组热能吸收(TEA)节点,第二组热能吸收节点中的每个节点封有两相流体,第二组热能吸收节点位于毗邻第二热(TE)源的第二组热能吸收区域内;

[0009] 第一组热能耗散(TED)节点,第一组热能耗散节点中的每个节点封有两相流体,第一组热能耗散节点位于第一热能耗散(TED)区域内;以及

[0010] 一组毛细通道,用于连接第一热能吸收节点到第二热能吸收节点和第一热能耗散节点,形成闭合流体回路。

[0011] 优选地,所述的热动力学系统,进一步包括嵌于至少第一个毛细通道内的毛细芯结构,通过两相流体中液体部分和两相流体中气体部分交界面上的毛细力,将液体部分从第一TED节点吸到一个TEA节点,在该节点处液体部分汽化成为气体部分,此后,通过至少第二个毛细通道,交界面上的毛细力驱动气体部分流向第二个TED节点。

[0012] 优选地,所述的热动力学系统,进一步包括嵌于至少一个第一个毛细通道内第一

部分的毛细芯结构,其中第一毛细通道进一步包括没有毛细芯结构的第二部分,其中具备毛细芯结构的第一部分和没有毛细芯结构的第二部分从一个TEA节点延续到一个TED节点。

[0013] 优选地,所述的热动力学系统,其中毗邻于第一热(TE)源的第一个TEA节点通过一个流体通路非直接地连接到毗邻于第二热源(TE)的第二个TEA节点,该流体通路包括:

[0014] 一组毛细通道中的第一个毛细通道,直接连接第一个TEA节点到第一个TED节点;  
和

[0015] 一组毛细通道中的第二个毛细通道,直接连接第一个TED节点到第二个TEA节点。

[0016] 优选地,所述的热动力学系统,其中第一个热源是一个计算机系统的第一个计算组件,第二个热源是该计算机系统的第二个计算组件。

[0017] 优选地,所述的热动力学系统,其中所有毛细通道中的第一组毛细通道镶嵌于基体内的第一层,所有毛细通道中的第二组毛细通道镶嵌于基体内的第二层。

[0018] 优选地,所述的热动力学系统,其中所述毛细通道包括:

[0019] 连接第一个TED节点到第一个TEA节点的第一个毛细通道,该毛细通道具备一个特征长度;和

[0020] 连接第一个TEA节点到第二个TED节点的第二个毛细通道,其中第二个TED节点进一步连接到第二个TEA节点,该第二毛细通道具备第二个特征长度大于第一个特征长度,从而两相流体的流动在第一TED节点和第二TED节点间偏向于流向第二TED节点。

[0021] 优选地,所述的热动力学系统,其中每一个TEA节点与每一个其它TEA节点和每一个TED节点是互通的,从而没有两相流体的一部分与该两相流体的任意其它部分相隔绝。

[0022] 优选地,所述的热动力学系统,进一步包括一个泵,用以将两相流体中的一部分从位于第一个TED区域的第一个TED节点,灌注到位于第二个TED区域的第二个TED节点,中间经过位于第一个TEA区域的第一个TEA节点。

[0023] 优选地,所述的热动力学系统,进一步包括:

[0024] 一个压力传感器,用以显示位于闭合流体回路中的两相流体的相应内部压力,该内部压力至少部分依赖于该两相流体中一个气体部分的温度;同时

[0025] 保存于一个内存中的逻辑指令,当该逻辑指令被一个中央处理器执行时,会根据内部压力达到或超过第一个预设阈值而启动泵,直到内部压力回落到小于第一个预设阈值的第二个预设阈值以下时停止泵。

[0026] 优选地,所述的热动力学系统,其中至少一个封有两相流体的TEA节点部分地填充有毛细芯结构,通过位于两相流体中液体部分同两相流体中气体部分的交界面上的毛细力,将液体部分吸入到至少一个TEA节点,同时允许气体部分从一个或多个毛细通道中逸出。

[0027] 本发明的上述目的是通过以下另一个技术方案达到的:

[0028] 一个热动力学系统包括:

[0029] 第一个热能吸收(TEA)热沉,包括封有两相流体的第一组TEA节点;

[0030] 第二个热能吸收(TEA)热沉,包括封有两相流体的第二组TEA节点,第二个热能吸收(TEA)热沉同第一个热能吸收热沉之间非连续;

[0031] 至少一个热能耗散(TED)热沉,包括封有两相流体的一组TED节点;和

[0032] 一组毛细通道管体连通第一组TEA节点到第二组TEA节点和所有TED节点,用以形

成闭合的流体回路。

[0033] 优选地,所述的热动力学系统,其中所有毛细通道管体中至少一个毛细通道管体包含一个毛细芯结构,从而将一个或多个两相流体中的液体部分吸收到第一组TEA节点中的至少一个TEA节点,或者第二组TEA节点中的至少一个TEA节点,或者两者都有。

[0034] 优选地,所述的热动力学系统,其中第一组TEA节点中的第一个TEA节点至少连接一个具有毛细芯结构的毛细通道管体和至少第二个没有毛细芯结构的毛细通道管体。

[0035] 优选地,所述的热动力学系统,其中所有毛细通道管体中至少有一个毛细通道管体是至少部分柔性的,从而至少一个热能耗散(TED)热沉是至少部分相对于至少第一个热能吸收(TEA)热沉或第二个热能吸收(TEA)热沉是可移动的。

[0036] 优选地,所述的热动力学系统,其中第一个热能吸收(TEA)热沉和第二个热能吸收(TEA)热沉中的至少一个,或者至少一个热能耗散(TED)热沉,包括一组导热突起结构。

[0037] 本发明的另一目的是提供一种自组织的热动力回路。

[0038] 本发明的上述目的是通过以下技术方案达到的:

[0039] 一个自组织的热动力学回路,包括:

[0040] 一组封有两相流体的热能吸收(TEA)节点,该组热能吸收节点至少包括第一个TEA节点、第二个TEA节点和第三个TEA节点;

[0041] 一组封有两相流体的热能耗散(TED)节点,该组热能耗散节点至少包括第一个TED节点、第二个TED节点和第三个TED节点;和

[0042] 一组连接所有TEA节点到所有TED节点的毛细通道,该组毛细通道直接连接至少第一个TEA节点到至少第一个TED节点、第二个TED节点和第三个TED节点。

[0043] 优选地,所述的自组织的热动力学回路,其中所述一组毛细通道进一步连接至少第二个TED节点到至少第二个TEA节点和第三个TEA节点。

[0044] 优选地,所述的自组织的热动力学回路,其中所述一组毛细通道中至少第一个毛细通道是锥形的朝向至少第一个TEA节点,用以引导两相流体中第一个液体部分流向至少第一个TEA节点。

[0045] 优选地,所述的自组织的热动力学回路,其中所述一组毛细通道中至少第二个毛细通道是锥形的朝向至少第一个TED节点,用以引导两相流体中第二个液体部分流向至少第一个TED节点。

[0046] 本发明的优点:

[0047] 本发明的热动力学系统具有两相流体回路,该两相流体回路具有自组织性,其内部流体运动可以将热量从吸热区域传递到散热区域。

[0048] 下面通过附图和具体实施方式对本发明做进一步说明,但并不意味着对本发明保护范围的限制。实施例中的实施条件和装置除非特别注明,均为本领域常规的实施条件和市场上可采购的常规的装置。

## 附图说明

[0049] 图1为本发明中一个热动力学回路系统的示意图,由多组互相联通的热能吸收(TEA)节点和热能耗散(TED)节点构成。

[0050] 图2A为本发明图1所示的热动力学回路系统的俯视图。

[0051] 图2B为本发明图1所示热动力学回路系统的侧视图,其中附着了第一个热源和第二个热源。

[0052] 图3A为本发明图2B所示的热动力学回路系统沿线A-A的切面图。

[0053] 图3B为本发明图2B所示的热动力学回路系统沿线B-B的切面图。

[0054] 图3C为本发明图2A所示的热动力学回路系统沿线C-C的切面图。

[0055] 图3D为本发明图2A所示的热动力学回路系统沿线D-D的切面图。

[0056] 图4A为本发明中与图3A切面图类似的一种局部切面图,其中有两个毛细通道,具有不同剖面 and 长度以产生需要的毛细反应。

[0057] 图4B为本发明中与图3A切面图类似的另一种局部切面图,其中两个毛细通道,具有不同剖面 and 长度以产生需要的毛细反应。

[0058] 图5为一种热动力学回路系统的示意图,其中包括多组互相联通的TEA、TED节点,和一个泵,用以产生或支持两相流。

[0059] 图6A为一种热动力学回路系统的连接示意图,其中包括第一个TEA热沉和第二个TEA热沉,两者是非连续的。

[0060] 图6B为一种热动力学回路系统,其中包括第一个TEA热沉和第二个TEA热沉,两者是非连续的。

[0061] 图7A为示例性节点配置。

[0062] 图7B为示例性节点配置。

[0063] 图7C为示例性节点配置。

[0064] 图8为包括多个互相联通的热能吸收 (TEA) 节点和热能耗散 (TED) 节点的示例性热动力学回路的示意图。

[0065] 图9为包括多个互相联通的热能吸收 (TEA) 节点和热能耗散 (TED) 节点的示例性热动力学回路的示意图。

[0066] 图10为包括多个互相联通的热能吸收 (TEA) 节点和热能耗散 (TED) 节点的示例性热动力学回路的示意图。

[0067] 图11为包括多个互相联通的热能吸收 (TEA) 节点和热能耗散 (TED) 节点的示例性热动力学回路的示意图。

[0068] 图12为包括至少四个互连的TEA节点和TED节点的热动力学回路的示意图。

## 具体实施方式

[0069] 本发明公开了一个热动力学系统、装置和方法,通过封闭的两相流体回路将热能 (TE) 从一个或多个热能吸收 (TEA) 区域散发到一个或多个热能耗散 (TED) 区域。本发明的一个目的是基于各个单一TEA和(或者)TED节点处的本地条件(例如,温度、压力、两相液体状态等)以自组织方式实现从多个TEA节点到多个TED节点的高效热传递。本发明的实施例将TEA和TED区域切分成由多个TEA节点和TED节点表示的多个子区域,并且通过毛细通道网络连接TEA和TED节点来确保热动力学系统具备自组织临界性,从而实现节点之间质量和能量交互。

[0070] 如图1所示,TEA和TED区域分别由多个节点构成,每个节点与同一区域中的其他节点“分离”,即:没有节点直接连接到同一属性区域内的另一个节点。本发明公开的实施例利

用封闭流体回路的毛细通道内的毛细作用来消除重力对于节点之间的两相流体流动的影响。更多的关于本发明涉及的系统、装置和方法的其他设计要点和优点会在本发明中展开描述。

[0071] 如图1所示,为本发明中一个热动力学回路系统的示意图,由多组互相联通的热能吸收 (TEA) 节点和热能耗散 (TED) 节点构成,图1展示了用于将热能从一个或多个TEA区域传送到一个或多个TED区域的热动力学系统100的示意图,在TEA区域 (图中阴影部分),热能 (TE) 被吸收到封闭流体回路中,在TED区域 (图中阴影部分),热能 (TE) 从封闭流体回路中耗散出去。在一些实施例中,封闭流体回路包括经由多个毛细通道105互相联通的多个TEA节点 (灰色填充黑色轮廓) 和多个TED节点 (白色填充黑色轮廓)。节点可以采用多种不同的几何形状从而容纳两相流体,例如,节点可以是封闭于外界的腔体结构,其通过其他细长腔互连,又例如,节点本身也是封闭在基板内的毛细管。需要指出的是,示意图中每个单体毛细通道仅为示意性的表示节点之间的联通关系,并非确实代表特定几何形状。此外,几个以虚线形式示出的毛细通道,用以清楚地区分同它们交错的由实线表示的其它毛细通道。在一些实施例中,TEA节点中的至少一些 (或全部) 通过两个或更多的毛细通道直接连接到至少两个TED节点、至少三个TED节点、至少四个TED节点、至少五个TED节点、至少六个TED节点、至少七个TED节点、至少八个TED节点、至少九个TED节点、至少十个TED节点、至少十一个TED节点、至少十二个TED节点、至少十三个TED节点、至少十四个TED节点、至少十五个TED节点、至少十六个TED节点、至少十七个TED节点、至少十八个TED节点、至少十九个TED节点或至少二十个TED节点。因此,封闭在回路网络内的两相流体能够通过至少一个毛细通道流动,离开各个TEA节点。

[0072] 在一些实施例中,该热动力学回路系统中有一个或多个区域贴附于热源 (一个或多个) 从而被指定为热能吸收 (TEA) 区域。这些热能吸收 (TEA) 区域可以由包含处于该区域内以及周边 (例如,在阈值距离内) 的、互相之间相互隔离的多个热能吸收 (TEA) 节点构成。例如,当几个节点位置靠近单个热源时,节点可以被认为彼此非常接近。需要指出的是,热能吸收 (TEA) 区域的切分是独立于热源属性的,而单个热源同样可以是包括多个较小加热源的计算部件。例如,处理器可以包括多个核心,每个核心可以产生热量。在一些实施例中,热动力学回路系统的一个或多个部分可以被指定为热能耗散 (TED) 区域,其中每个热能耗散 (TED) 区域包括与同属于某个热能耗散 (TED) 区域的其他TED节点紧密接近但也相互隔离的多个热能耗散 (TED) 节点构成。

[0073] 需要指出的是,图1中所示的节点及节点间连接方式仅仅是本发明公开的系统和装置的许多可能的配置之一。因此,在不脱离本公开的范围的情况下,本发明所公开的系统和装置可以通过多种其他配置来实施。

[0074] 如图2A所示,为本发明图1所示的热动力学回路系统的俯视图,其中,包括:位于上方的第一热能吸收 (TEA) 区域,位于下方的第二热能吸收 (TEA) 区域,位于左侧的第一热能耗散 (TED) 区域,位于右侧的第一热能耗散 (TED) 区域;如图2B所示,为本发明图1所示热动力学回路系统的侧视图,其中附着了第一个热源和第二个热源。特别在图2B中,位于第一热能吸收 (TEA) 区域的一组第一热能吸收 (TEA) 节点毗邻第一热源202。此外,位于第二热能吸收 (TEA) 区域的一组第二热能吸收 (TEA) 节点毗邻第二热源204。在一些实施例中,第一热源202和第二热源204固定到公共基底结构206。热源202和热源204所代表的热源可以是多种

产生热量的计算机组件,例如作为中央处理单元(CPU)和/或图形处理单元(GPU)。此外,所示基板结构206可以包括计算设备的母板或任何类似的印刷电路板(PCB)。

[0075] 在一些实施例中,第一热源202与第二热源204产生热量的速率和大小是相互独立的。例如,在第一热源202是CPU,而第二热源204是GPU,每个组件将以基于相应当前工作负载的速率生成热量。特别地,CPU和GPU的相应工作负载可以随时间波动,这取决于在包括CPU和GPU中的每一个的计算设备上运行的各种程序。因此,如果某个时间段内GPU与CPU相比产生更多的热,从GPU传送热量远离GPU比从CPU转移热量更加关键。然而,当GPU或CPU的运行状态改变之后,可能变成将热量从CPU移走更加关键。本发明的另一个设计目标是构建自组织的两相流体流动,可以动态的响应特定热源的热量功率及其变化。

[0076] 在一些实施例中,一个或多个热能耗散(TED)区域可能包括导热突起结构208。如图2B所示的导热突起结构包括但不限于从热能耗散(TED)区域延伸的翅片,用以增加对流散热面积从而加速向环境释放热量。

[0077] 如图3A所示,为本发明图2B所示的热动力学回路系统沿线A-A的切面图,即图2B的热动力学回路沿着截面线A-A截取的横截面图,其中,302为第一组第一热能吸收(TEA)节点,304为毛细通道,306为第一组第一热能耗散(TED)节点,308为毛细通道,310为第一组第二热能吸收(TEA)节点,311为第二组第一热能吸收(TEA)节点,312为第二组第一热能耗散(TED)节点,314为第二组第二热能吸收(TEA)节点,316为具有毛细芯结构的毛细通道,318为气液界面,319为部分填充毛细芯结构的毛细通道,320为319中的毛细芯结构,322为第二组第二热能吸收(TEA)节点,324为第一组第二热能耗散(TED)节点,326为第一组第三热能吸收(TEA)节点,328为第二组第三热能吸收(TEA)节点,330为毛细通道,332为第二组第三热能耗散(TED)节点,334为毛细通道,336为热动力学回路系统基体;如图3B所示,本发明图2B所示的热动力学回路系统沿线B-B的切面图,即图2B中的热动力学回路沿着截面线B-B截取的横截面图。相应的,图3A中所示的毛细通道位于图3B所示的毛细通道结构的上方一层,通过这些毛细通道将多个第一热能吸收(TEA)节点以及多个第二热能吸收(TEA)节点与热能耗散(TED)节点联通。两相流流体在经过热能吸收(TEA)节点时吸收热量从而温度升高,甚至发生从液态蒸发为气态的相变(即,两相流体的液体部分蒸发成为气体部分)。需要注意的是,在某些热能吸收(TEA)节点(302)处热量由两相流中的气体部分吸收,气体部分的温度相应升高,导致节点302处的气体压力和体积这两个参数中的一个或两者的增加,从而将一定质量的两相流体通过毛细通道304推向热能耗散(TED)节点306,在热能耗散(TED)节点306处,从该热动力学回路系统中耗散出去。需要注意的是,取决于本地条件(例如温度和压力),位于节点306处的两相流中的气体可能发生冷凝转成液态,发生相变之后的两相流可以通过另一个毛细通道308被推动到热能吸收(TEA)节点310处。此外,随着热能吸收(TEA)节点302向节点306传输热量,热能吸收(TEA)节点302会冷却下来,从而降低节点302处两相流体的压力或体积,造成两相流的震荡运动,同样可以使得一部分两相流经过节点310。需要注意的是,热能吸收(TEA)和热能耗散(TED)节点通过毛细通道进行联通的联通性质允许闭合回路内的质量流动和热量流动形成自组织性,即,某个热能吸收(TEA)节点从外部热源吸收到热量时,整个热动力学回路系统的反应是,热量从该节点转移离开的趋势相对于其他热能吸收(TEA)节点会增强。

[0078] 在一些实施例中,热能吸收(TEA)节点,热能耗散(TED)节点,和/或毛细通道,包括

毛细芯结构,例如316、或320、或342,至少部分地嵌入了毛细芯结构。这种毛细芯结构可以通过两相流中液相部分和气相部分交界面上的表面张力驱动液体流向一个或多个热能吸收 (TEA) 节点。此外,在一些实施例中,在交界面处产生的毛细管力可以连续地,或者至少在条件允许的一段时间内,将特定TEA节点如311处两相流相变蒸发产生的气体向热能耗散 (TED) 节点314处推动。例如,假设热能耗散 (TED) 节点312处存在这样的局部条件,使得该节点处两相流体的液体部分保持液态,而气体部分会冷凝成液态;进一步假设热能吸收 (TEA) 节点311处存在这样的条件,使得两相流的液体部分可以吸收足够的热能以蒸发成为气态;相对应的,当液体部分通过毛细芯结构316被抽吸时,会在毛细芯结构316处的气液界面线318处蒸发;相对应的,当毛细芯结构316在界面线318左侧的部分由气态占据、毛细芯结构316的在界面线318右侧的部分由液态占据时,在边界层处产生的表面张力可以连续地向前牵引液体部分,从而进一步将新蒸发的部分朝向热能耗散 (TED) 节点314推动。需要指出的是,虽然界面线318的毛细力可以对蒸汽部分施加压力,从而随着边界线前进而增加其流动的趋势,但是在节点314处的任何特定时间存在的局部条件,例如压力,都可能克服这种趋势。

[0079] 在一些实施例中,一个或多个毛细通道可以只有一部分嵌入毛细芯结构。例如,毛细通道319部分地填充有毛细芯结构320。更进一步,毛细芯结构320和毛细通道319的组合可以被配置成一种结构使得毛细芯结构320可以产生足够大的毛细力从而吸入来自毛细通道319的两相流中的任何液态部分,只要该毛细芯结构具有气态部分占据的空间,就会吸入液态部分加以填充。例如,当液体部分在热能吸收 (TEA) 节点322处蒸发时,更多的液体部分可以通过毛细通道319内的毛细芯结构被吸入节点322,而蒸发的部分可以在毛细通道319内沿相反方向被推动,从而,一个部分地填充有毛细芯结构的毛细通道可以激活双向质量传递,即液体和气体形式的两相流体的流动在两个方向上同时发生,在液体部分通过毛细芯结构部分朝向热能吸收 (TEA) 节点322被抽吸的同时,气体部分被迫离开热能吸收 (TEA) 节点322回到热能耗散 (TED) 节点324。

[0080] 在一些实施例中,一个或多个热能吸收 (TEA) 节点部分地填充有毛细芯结构,用于把两相流体的液体部分吸入节点,同时允许气体部分从毛细芯结构逸出,从而在毛细芯结构中产生新的不饱和部分,进一步吸入两相流中的液体。作为例子,参考图3D,如图3D所示,为本发明图2A所示的热动力学回路系统沿线D-D的切面图,热能吸收 (TEA) 节点340部分地填充有毛细芯结构342,使得在节点340内存在空隙区域344,当两相流体的液体部分346与毛细芯结构342接触时,液体部分可被吸入毛细芯结构342,即,如果毛细芯结构342尚未饱和,会将毛细通道348中的液体部分清除。当节点340处的毛细芯结构342内的液体部分在吸收热能 (TE) 后蒸发成气体部分时,气体部分的压力和 (或) 体积会相应增加,从而迫使一部分气体通过毛细通道348离开节点340。需要注意的是,因为液体部分346已经被吸收到毛细芯结构342中,液体部分不再是毛细通道348内阻止新蒸发的气体从节点340直接逸出的塞柱结构。需要注意的是,毛细芯结构342 (或本发明公开的其它毛细芯结构配置) 可增加一个或更多的TEA节点处,至少部分地填充液体部分的可能性。更进一步需要注意的是,允许任何新蒸发的气体从TEA节点直接逸出,同时连续吸入液体部分可以增加整个热动力学回路系统在TEA节点处吸收热能 (TE) 的速率,以及被吸收热能 (TE) 流动至TED节点的速度,并最终从热动力学回路系统中释出到周边环境。

[0081] 在一些实施例中,来自第一热能吸收 (TEA) 区域的一个或多个热能吸收 (TEA) 节点,即所示依附在第一加热源的节点,与第二热能吸收 (TEA) 区域的第二热能吸收 (TEA) 节点,即所示依附在第二加热源的节点,它们之间的联通是非直接的。例如,第一热能吸收 (TEA) 节点326可以经由流体路径间接连接到第二热能吸收 (TEA) 节点328,该流体路径包括将第一热能吸收 (TEA) 节点326直接连接到热能耗散 (TED) 节点332的第一毛细通道330,以及直接将热能耗散 (TED) 节点332连接到第二热能吸收 (TEA) 节点328的第二毛细通道334。因此,存在于第一加热源附近的局部(当地)条件可影响存在于第二加热源附近的局部(当地)条件。此外,在一些实施例中,每个热能吸收 (TEA) 节点之间是互相联通的,即,至少一个或直接或间接地连接到其它每一个热能吸收 (TEA) 节点和每个热能耗散 (TED) 节点,使得没有任何一部分两相流体同系统内其它两相流体之间互相隔绝。或者用另一种方式描述为,整个封闭流体路径上的每个点到其它所有点之间总是存在一条流动路径,然而,这种路径可能仅由一个毛细通道构成。

[0082] 如图3C所示,为本发明图2A所示的热动力学回路系统沿线C-C的切面图,在一些实施例中,多个毛细通道组成的集合可以包括分散位于基体内多个层面上的多个子集。例如,图3A所示的沿截面线A-A设置的毛细通道嵌入热动力学回路系统基体336的第一层内。此外,图3B所示的沿着截面线B-B设置的毛细通道嵌入基体336的第二层内。

[0083] 在一些实施例中,热动力学回路系统的基体可以是非平面的。例如,在一些实施例中,节点(耗散和/或吸收)和/或毛细通道可以嵌入在具有不规则几何外形的基体内以符合特定应用需求。仅作为一个示例,对于一个包含多个电池的辅助动力系统,热动力学回路系统基体可以设计成外形与之相匹配,从而将热能 (TE) 从电池传送到一个或多个位于远处的热能耗散 (TED) 区域。

[0084] 在一些实施例中,不同的毛细通道可以被配置具有不同的特征长度,以便偏置两相流体朝向一个或多个特定节点的流动。例如,参考图4A,为本发明中与图3A切面图类似的一种局部切面图,其中有两个毛细通道,具有不同剖面 and 长度以产生需要的毛细反应,液体部分402同时处于两个毛细通道404和406,以及热能吸收 (TEA) 节点408中,在图4A中,毛细通道406的直径比毛细通道404大,因此,液体部分在接触毛细通道404时产生的表面张力与毛细通道404的截面面积之间的比值将大于液体部分接触毛细通道406产生的表面张力与毛细通道406的截面区域的比值,因此,在节点408和410之间,两相流体更倾向于流向节点408。另外,在一些实施例中,毛细通道配置有相应的长度比例,以便将两相流从第一热能耗散 (TED) 节点偏向第二热能耗散 (TED) 节点。

[0085] 此外,如图4A所示,在一些实施例中,一个或多个节点的几何形状类似于相应的毛细通道。例如,节点411的几何形状同毛细通道相同,因此可以用单个切削工具,例如具有单一直径的铣刀进行铣削,图7用以进一步阐明这一点。此外,在一些实施例中,可能期望将节点尽可能紧密地放置在一起,因而,基于可用的制造方法和其他设计考虑,例如产品耐用性,需要将节点几何形状保持为尽可能小,既能够充分保证两相流体通过节点进行移动又能够保证节点的排列足够紧密。因此,应当理解,尽管节点通常被示为扩大的圆形区域,但是本发明对节点的形状定义并不限于此。

[0086] 在一些实施例中,单独的毛细通道可以被设置引导流体朝特定方向流动。如图4B所示,为本发明中与图3A切面图类似的另一种局部切面图,其中两个毛细通道,具有不同剖

面和长度以产生需要的毛细反应,毛细通道412配置有锥形形状,使得在液体部分414和气体416之间的边界上产生的压力大于在液体部分414和气体部分418之间的边界上产生的压力,从而毛细通道412的锥形几何构造可以使其中的液体部分从热能耗散TED节点420朝向热能吸收(TEA)节点408流动。

[0087] 如图5所示,为一种热动力学回路系统的示意图,其中包括多组互相联通的TEA、TED节点,和一个泵,用以产生或支持两相流,在一些实施例中,热动力学回路系统500可以包括泵502,操作其将两相流体的一部分液体和/或气体,朝向/或远离TEA节点504流动。泵502可以是在热动力学回路系统的基体外部或集成在其中。因此,尽管本发明公开的系统 and 装置的一些实施例是被动系统,但是诸如包括泵502的其它实施例可以是有源主动系统,通过消耗外部功率来增强热能(TE)从一个或多个TEA节点传输出去的效果。在一些实施例中,热动力学回路系统500还可以包括传感器506,用以显示热动力学回路系统500中一个或多个物理状态。示例性的传感器包括但不限于压力传感器和温度传感器。在一些实施例中,热动力学回路系统500还可以包括用于控制泵502的逻辑指令508。例如,在一个实施例中,传感器506是压力传感器,逻辑指令可以被配置以使得泵502基于热动力学回路系统500的内部压力达到或超过预定阈值而操作。应当理解,由于流体具备两个物理相,并且通常压力的增加可以对应于温度的增加,因为热动力学回路系统500的闭合流体回路的体积可以保持恒定。因此,在一些实施例中,可以使用压力传感器来代替温度传感器,其优点是可以较少依赖于传感器放置位置。例如,可以在远离任何特定TEA节点的系统内的位置处获取压力读数,并且所得到的读数可以用于推断靠近该TEA节点处的温度。此外,逻辑指令可以被设置成为保持泵处于操作状态,直至压力读数下降到低于启动泵的压力阈值。

[0088] 在一些实施例中,逻辑指令508可以被编码到包括一个或多个集成电路512的印刷电路板510上。基于设计封装上的考虑,以及这些类型的电路板在大规模生产上廉价性质,将指令集放在集成在印刷电路板组合上具有一定优势。在一些实施例中,逻辑指令508可以作为计算机可读指令520存储在计算设备514的一个或多个计算机可读介质518上。因此,计算机可读指令520可以由计算设备514的一个或多个处理器516执行。此外,在一些实施例中,实际执行控制热动力学回路系统500的一个或多个部件和(或)操作逻辑指令520的处理器516,也可以同时是热动力学回路系统500转移热能TE的目标热源。

[0089] 如图6A所示,为一种热动力学回路系统连接示意图,其中包括第一个TEA热沉和第二个TEA热沉,两者是非连续的,图6A中的连接关系由具有几何尺寸的毛细通道表示;如图6B所示,其中包括第一个TEA热沉和第二个TEA热沉,两者是非连续的。在一些实施例中,热动力学回路系统600包括第一TEA热沉602,其中包括封闭两相流体的多个第一TEA节点(灰色填充的黑色轮廓),和第二TEA热沉606,其中包括多个第二TEA节点(灰色填充黑色轮廓),其中多个第一和第二TEA节点通过包括多个TED节点(白色填充黑色轮廓)的至少一个TED热沉604互连。此外,在一些实施例中,第一TEA热沉602可以与第二TEA热沉606不连续。如图6B所示,在一些实施例中,第一TEA热沉602和第二TEA热沉606和至少一个TED热沉604的相应节点通过多个管状毛细通道(未单独标记)互连,所述多个毛细通道联通方式与图6A中的连接示意图相对应。应当理解,类似于嵌入基体中的多个毛细通道(例如铣削或以其它方式形成在基体中的通道),多个管状毛细通道也可形成封闭的两相流体闭合回路。更进一步,在一些实施例中,节点间的连通具有完备性,使得两相流体的任何部分不与系统的任何其它

部分相隔离。

[0090] 在一些实施例中,多个管状毛细通道中的至少一些可以具有毛细芯结构608,毛细芯结构608驱动两相流体的一个或多个液体部分朝向至少一些TEA节点流动。例如,毛细通道608和610都具有毛细芯结构,可以抽吸液体部分离开TED节点612,而毛细通道614没有任何毛细芯结构,因此相对更容易允许两相流体中的气体部分向节点612流动。

[0091] 在一些实施例中,至少一些毛细通道本质上是柔性的,以允许第一TEA热沉602、第二TEA热沉606或至少一个TED热沉604中的一个或多个可以发生相对位移。例如,毛细管道可以由高温级柔性塑料管构成,同时各个热(TE)沉毗邻于多个热源,所述多个热源在操作期间可以相对于彼此移动。应当理解,各种类型的机械设计都可以作为热动力学回路系统600的示例性环境。

[0092] 在一些实施例中,TEA热沉或TED热沉中的一个或多个可以包括导热突起结构208。示例性的导热突起结构包括但不限于从TED区域延伸的散热翅片,以增强对流、加速从周围环境吸收热量或将热量散发到周围环境。

[0093] 如图7A-7C所示,分别为示例性节点配置,应当理解,本发明所描述的各种热能(TE)节点可以以各种几何形状来实现。特别地,尽管在一些实施例中,TE节点的几何性状可以如同这些图示所示进行设置,但是它们也可以采取许多其他的几何形式。示例性几何形式包括但不限于图7A-7C所限。具体来说,节点可以是如图7A所示的毛细通道或毛细管直直的一段,或者如图7B所示的毛细通道或毛细管的特定弯曲部分,或者如图7C所示的,两个或更多个毛细通道或毛细管之间的特定接头部分。

[0094] 如图8所示,为包括多个互相联通的热能吸收(TEA)节点和热能耗散(TED)节点的示例性热动力学回路的示意图,在一些实施例中,自组织热动力学回路800可以包括通过多个毛细通道802(黑色线)连接到多个TED节点804(白色填充的黑色轮廓)。

[0095] 在一些实施例中,密闭两相流体的多个TEA节点802包括至少第一TEA节点802(1)、第二TEA节点802(2)和第三TEA节点802(3),并且多个的TED节点804可以包括至少第一TED节点804(1),第二TED节点804(2)和第三TED节点804(3)。此外,在一些实施例中,多个毛细通道可以互连节点,使得第一TEA节点直接连接到第一,第二和第三TED节点804(1)-(3)中的每一个。因此,在一些实施例中,各个TEA节点可以直接连接到三个或更多个TED节点。类似地,在一些实施例中,各个TED节点可以直接连接到三个或更多个TEA节点。如图8所示,多个毛细通道可以进一步将至少第二TED节点直接连接到至少第二TEA节点和第三TEA节点。此外,在一些实施例中,如图8中箭头所示,一个或多个毛细通道具有特定的流动方向,例如,一个或多个毛细通道可以包括止回阀从而将流动专门限制到一个方向。在一些实施例中,一个或多个TEA节点和/或一个或多个TED节点通过毛细通道连接到仅一个对应节点上,即,这些节点是路径的“末端”,例如,TEA节点802(4)在网络内仅连接到单个其他节点,即, TED节点804(5)。在一些实施例中,一个或多个末端节点通过毛细通道连接到另外一个节点,所述毛细通道部分地填充有毛细芯结构,从而可以将两相流体的液体部分朝向末端节点拉动,同时允许两相的气体部分流体从末端节点逸出。

[0096] 如图9-11所示,为各种形态的包括多个互相联通的热能吸收(TEA)节点和热能耗散(TED)节点的示例性热动力学回路系统的示意图,展示了多个通过毛细通道将TEA节点联通到TED节点的示例性布置。应当理解,本发明所呈现和描述的每个附图仅用于示例性目

的,以有效地传达本发明的概念。显然,还有许多同样满足本发明公开定义范围内的其他性状配置。在一些实施例中,至少一些单独的TEA节点不直接连接到任何其他TEA节点,并且至少一些单独的TED节点不直接连接到任何其它TED节点,即,至少一些节点没有直接连接到同类节点上。在一些实施例中,TEA节点或TED节点都不直接与同类节点相互连接。

[0097] 如图12所示,为包括至少四个互连的TEA节点和TED节点的热动力学回路的示意图。在图12所示的实施例中,热动力学回路包括四个TEA节点和四个TED节点,并且具备完全连通性质,即,每个TEA节点都直接连接到每一个TED节点。在一些实施例中,具有完全互连的热动力学回路可以包括五个TEA节点,或六个TEA节点,或七个TEA节点,或八个TEA节点,或九个TEA节点或十个TEA节点。在一些实施例中,具有完全联通性质的热动力学电路可以包括五个TED节点,或六个TED节点,或七个TED节点,或八个TED节点,或九个TED节点或十个TED节点。

[0098] 如本发明别处所示,在一些实施方案中,多个毛细通道分散在基体内多个水平面上。例如,为了便于制造如图12所示的实施例,基体可以分为四个平面(或非平面的)毛细通道层。在优选实施例中,TEA节点仅直接连接到TED节点,反之亦然。TEA节点不直接连接到其他TEA节点。此外,在一些实施例中,整个回路网络的联通是完备的,使得不存在这样一个节点子集合同任何其它节点子集合之间零连接。在本发明中,特定的热动力学回路的拓扑性质可以根据连接比例来分类:

$$[0099] \quad \frac{\text{连接 TEA 节点的毛细管道总数}}{\text{TEA 节点总数}} : \frac{\text{连接 TED 节点的毛细管道总数}}{\text{TED 节点总数}}$$

[0100] 在一些实施例中,一个热动力学回路系统的优选拓扑性质满足不少于  $\frac{2}{1} : \frac{2}{1}$ , 即,每个TEA节点和TED节点连接到不少于两个对位节点上。这些子区域和子节点以及相应的联通关系代表了整个动态系统的自由度,它们的配置仅由是否可以保证所述热动力学回路系统具备自组织临界性这一准则而决定。

[0101] 在一些实施例中,自组织热动力学回路系统包括一个TEA区域和一个TED区域,其中一个TEA区域包括四个或更多个TEA节点,并且一个TED区域包括四个或更多个TED节点。在这样的实施例中,至少一些TEA节点可以连到至少三个TED节点,至少四个TED节点,至少五个TED节点,至少六个TED节点,至少七个TED节点,至少八个TED节点,至少九个TED节点,和/或至少十个TED节点。此外,在这样的实施例中,至少一些TED节点可以连到至少三个TEA节点,至少四个TEA节点,至少五个TEA节点,至少六个TEA节点,至少七个TEA节点,至少八个TEA节点,至少九个TEA节点,和/或至少十个TEA节点

[0102] 在一些实施例中,自组织热动力学回路系统包括两个TEA区域和两个TED区域,其中至少一个TEA区域包括四个或更多个TEA节点,并且至少一个TED区域包括四个或更多个TED节点。在这样的实施例中,至少一些TEA节点可以连到至少三个TED节点,至少四个TED节点,至少五个TED节点,至少六个TED节点,至少七个TED节点,至少八个TED节点,至少九个TED节点,和/或至少十个TED节点。此外,在这样的实施例中,至少一些TED节点可以连到至少三个TEA节点,至少四个TEA节点,至少五个TEA节点,至少六个TEA节点,至少七个TEA节点,至少八个TEA节点,至少九个TEA节点,和/或至少十个TEA节点。

[0103] 尽管已经通过结构特征和/或方式方法的专用语言描述了本发明的主旨,但是应当理解,所附权利要求所定义的本发明主旨并不限于所描述的具体特征或动作。相反,本发明所描述的具体特征和动作仅为实现权利要求的示例性形式。

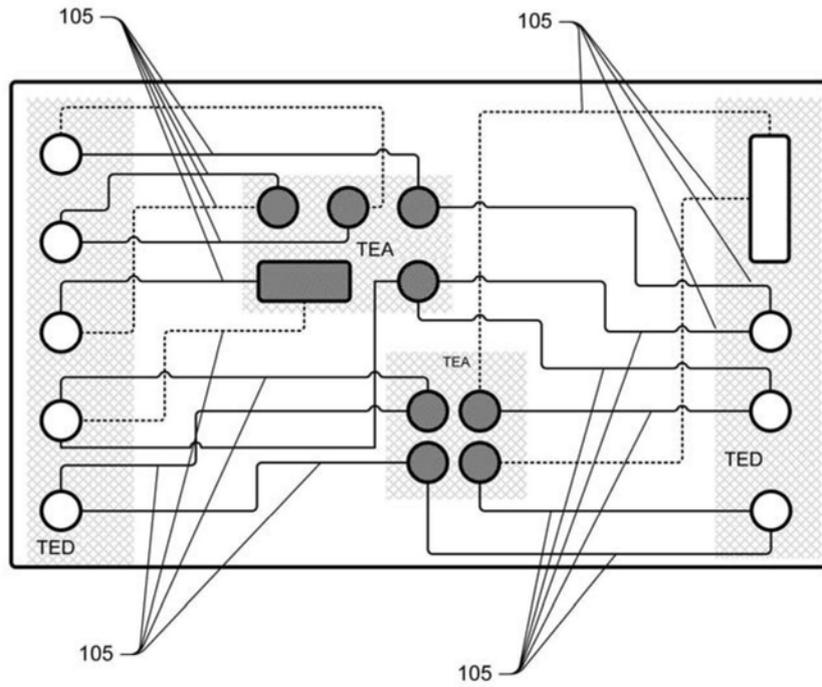


图1

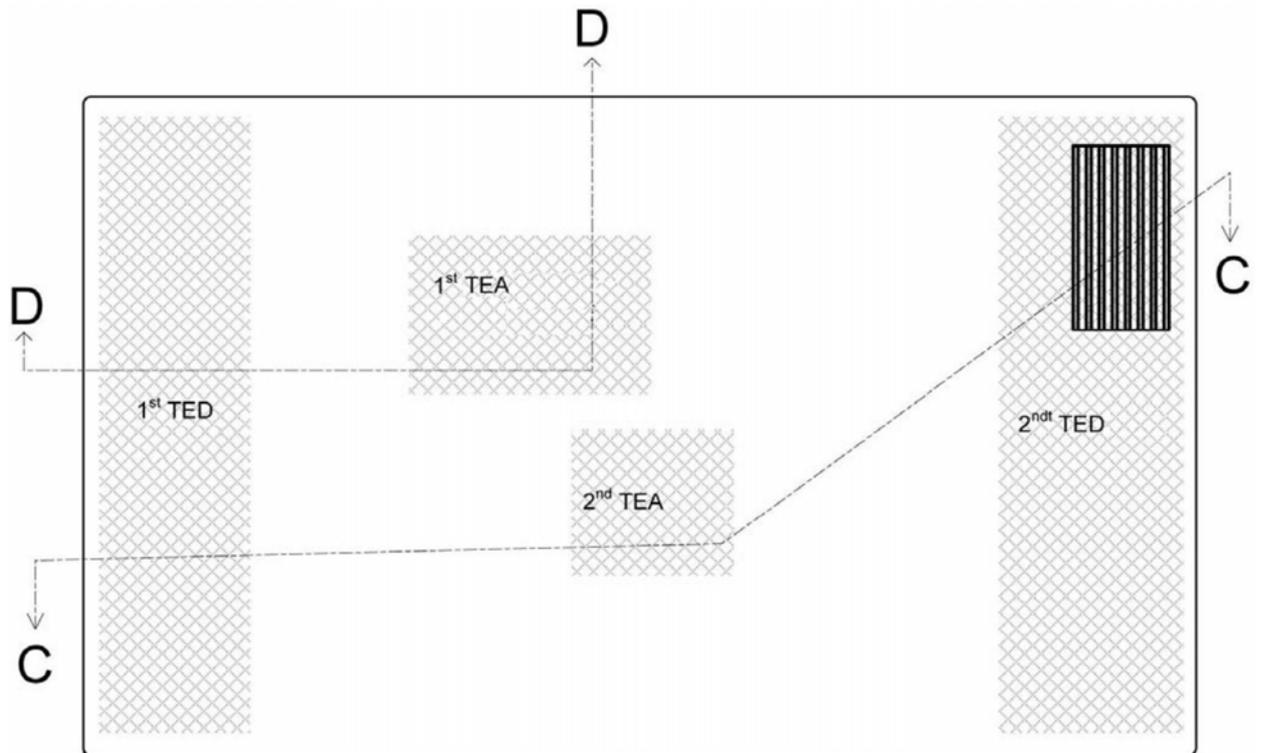


图2A

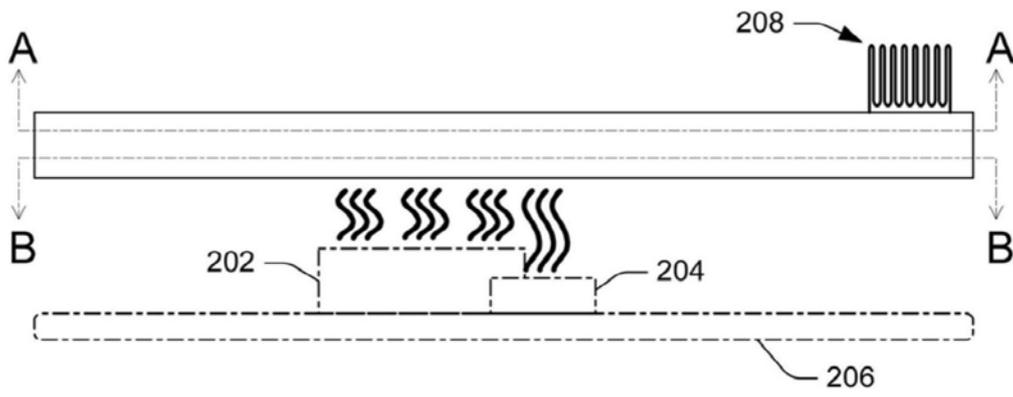


图2B

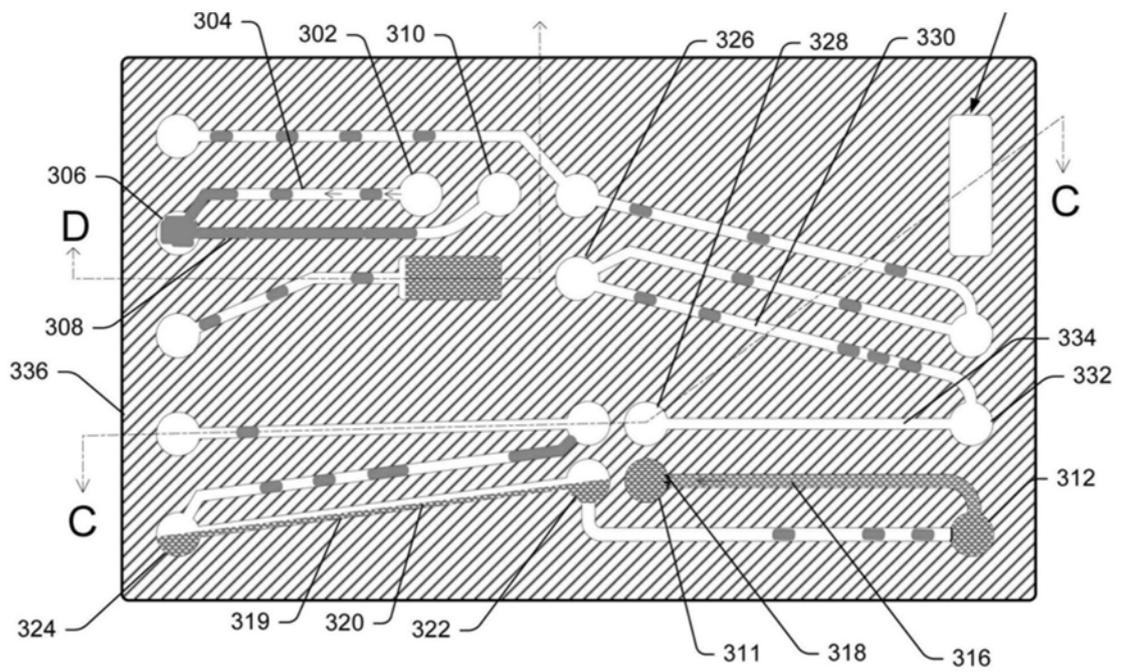


图3A

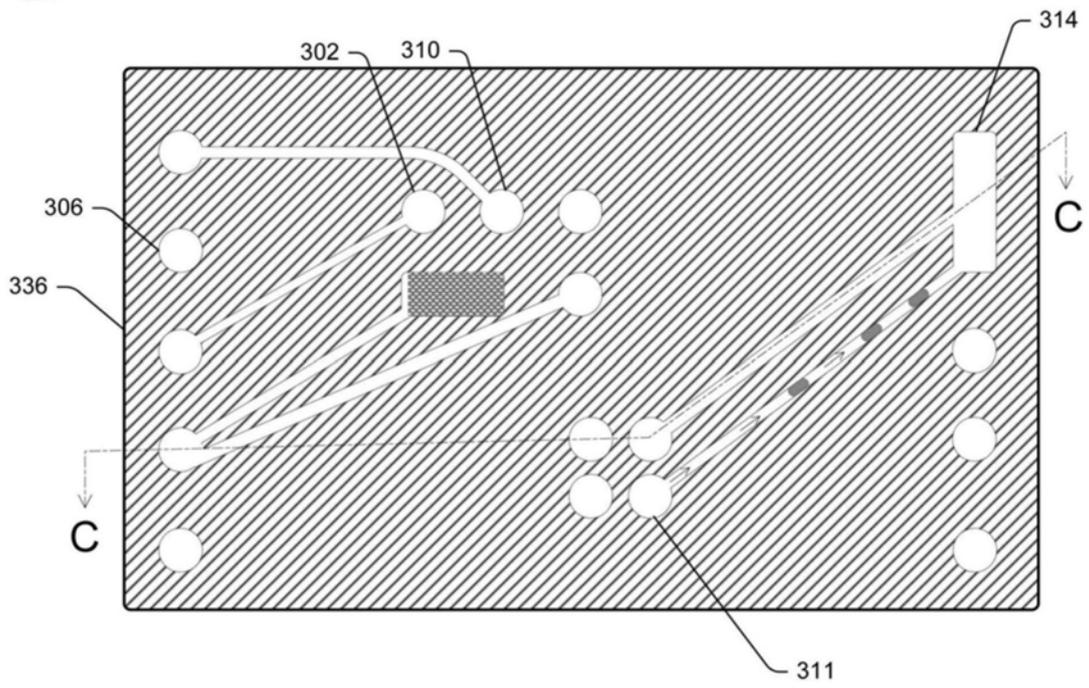


图3B

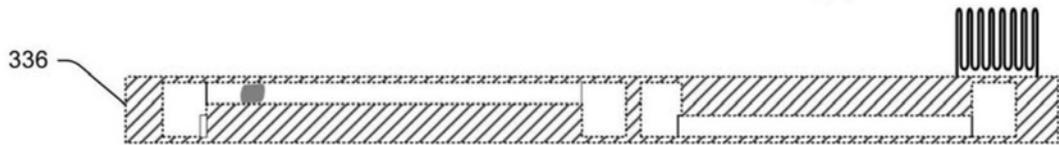


图3C

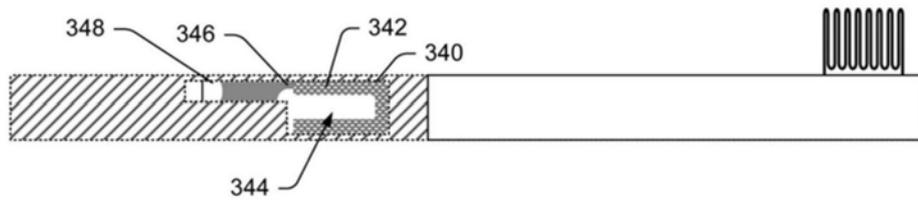


图3D

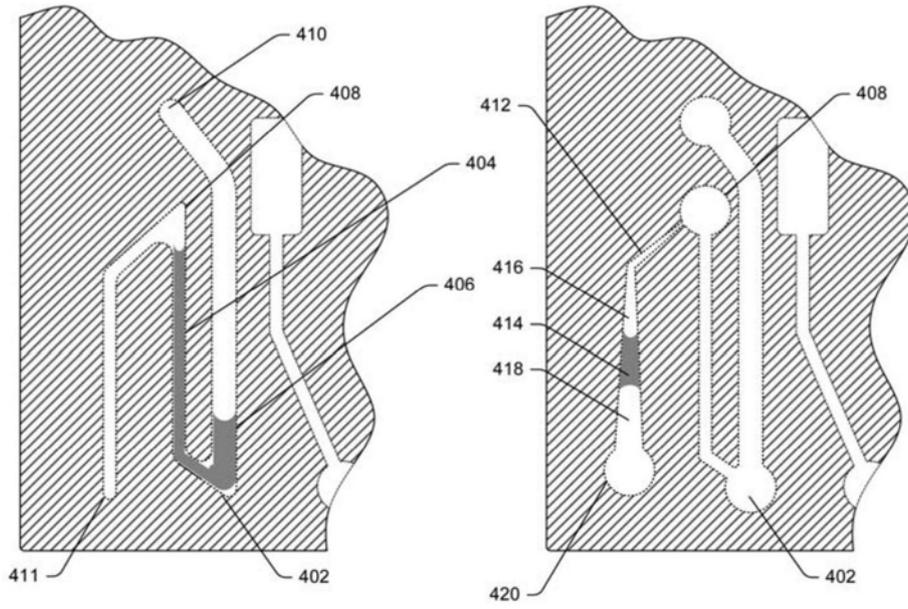


图 4A

图 4B

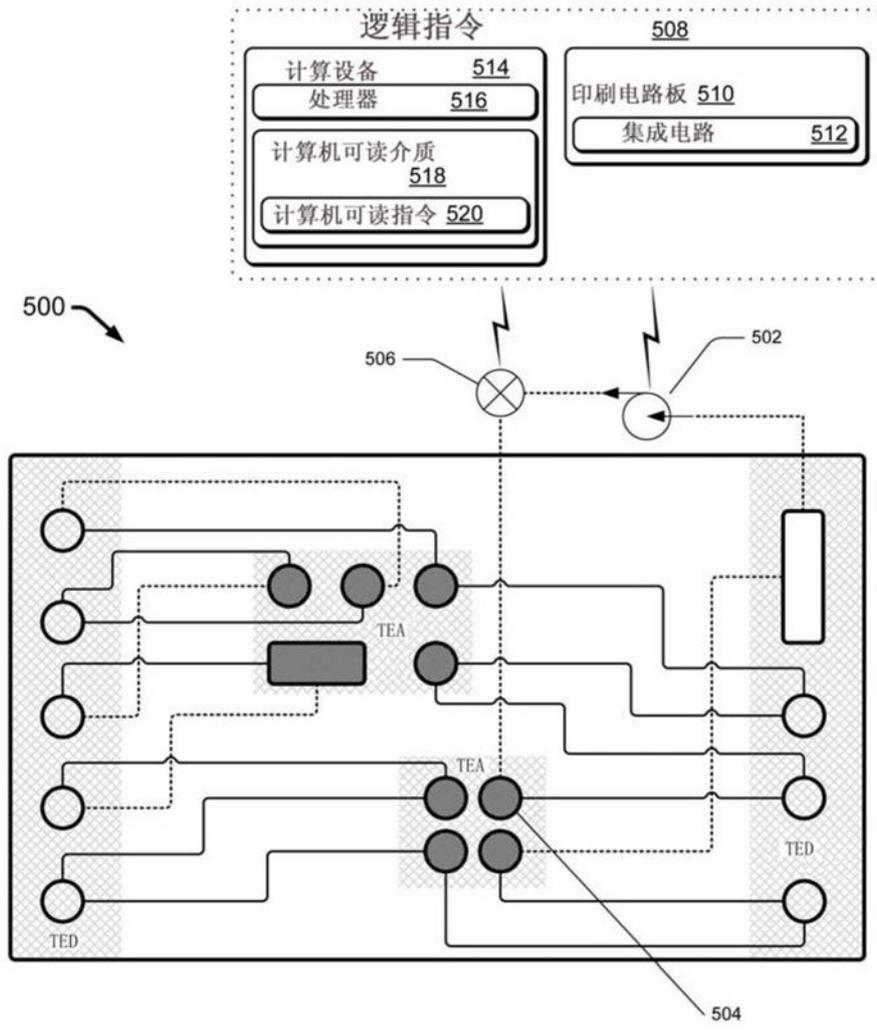


图5

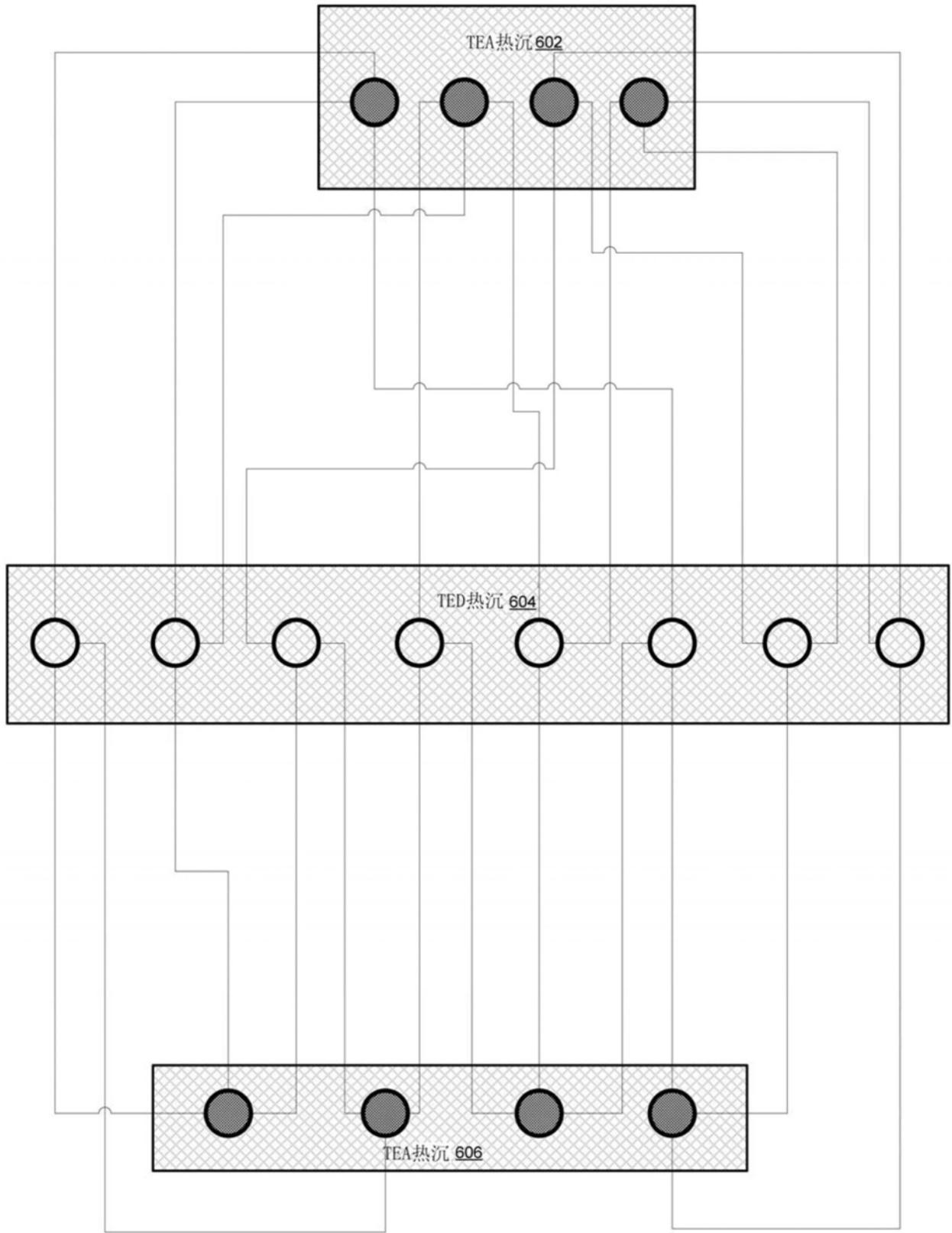


图6A

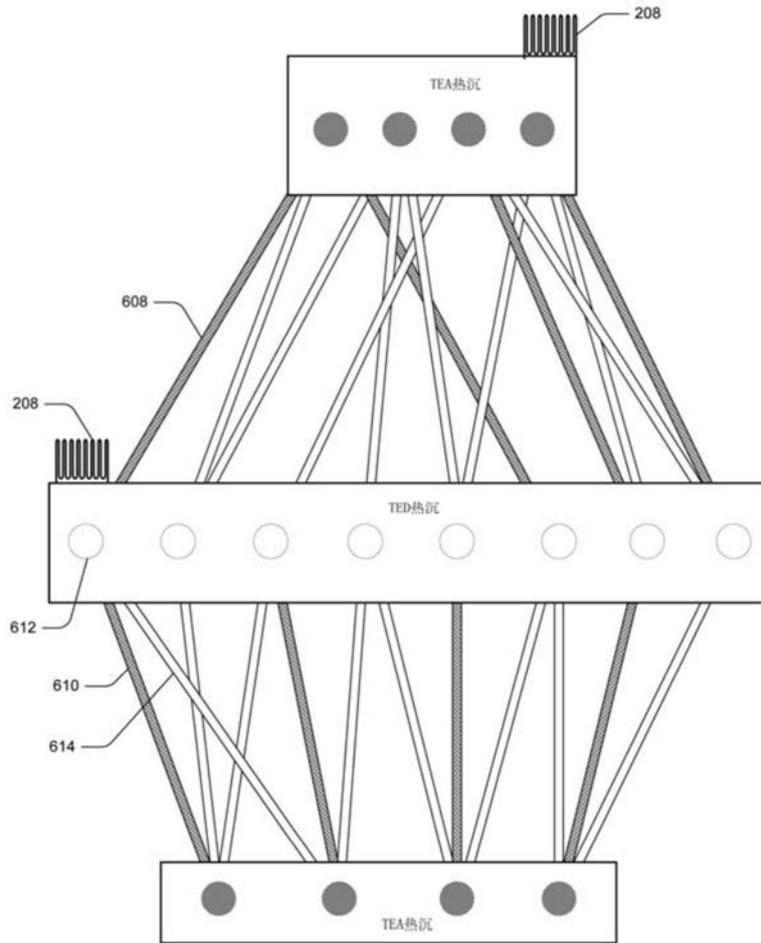


图6B

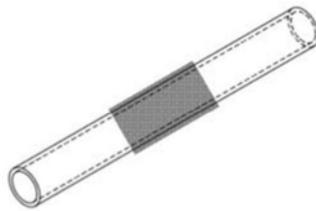


图7A

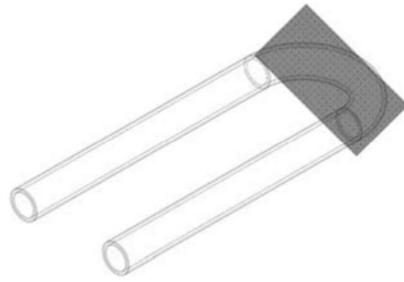


图7B

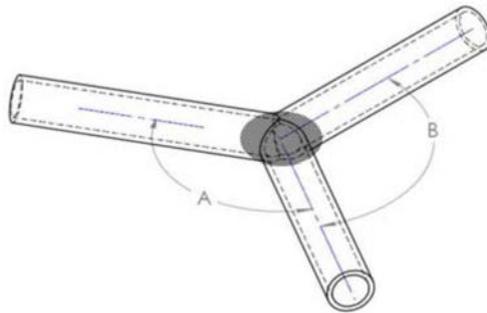


图7C

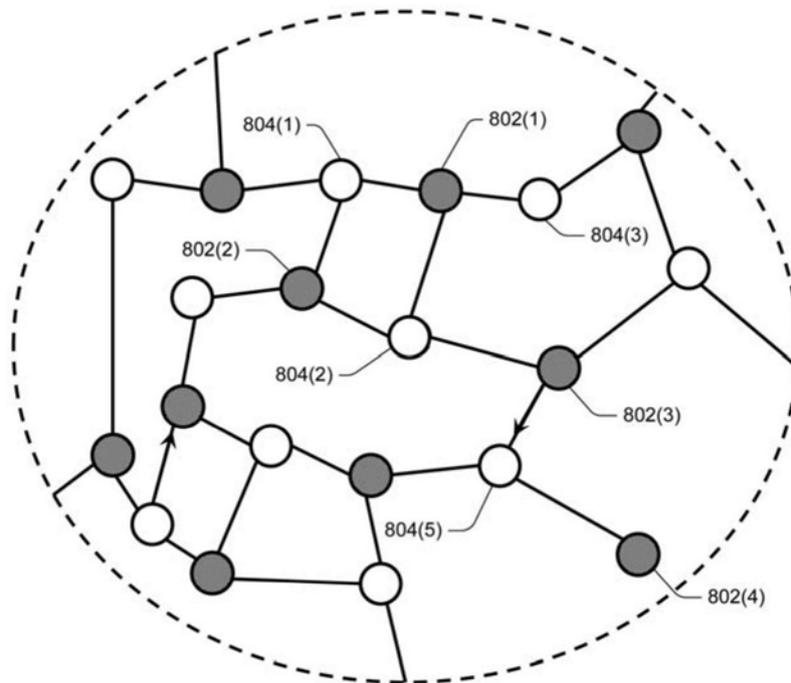


图8

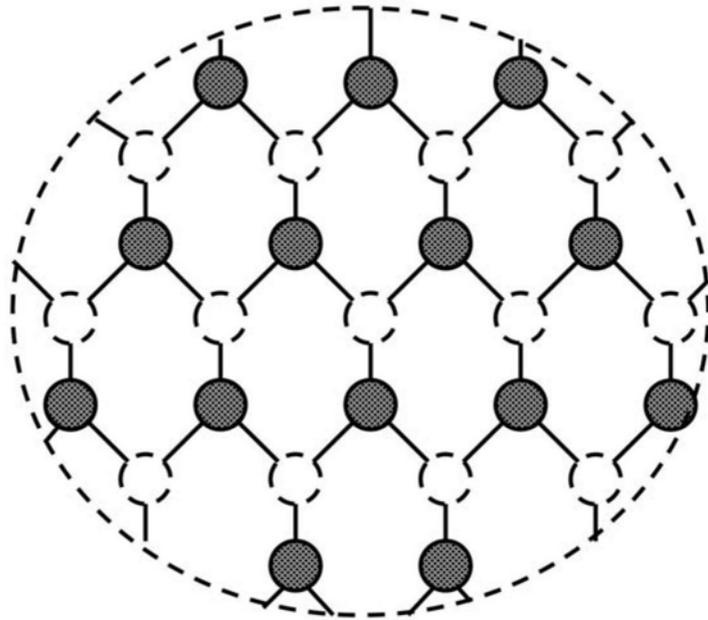


图9

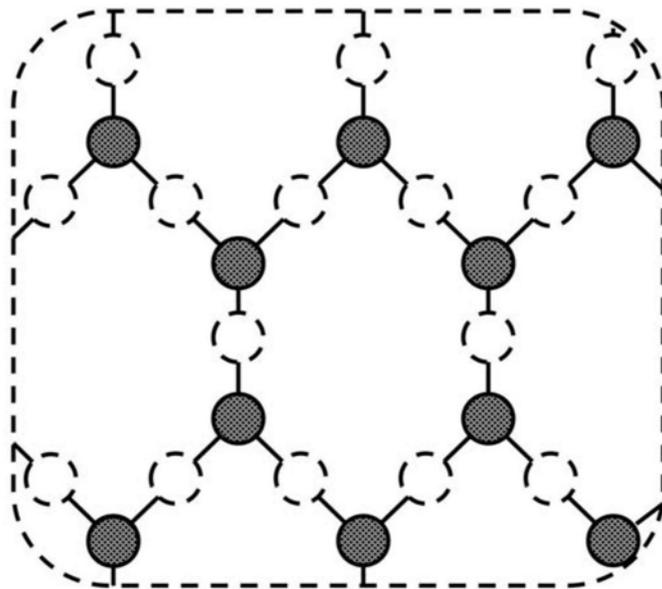


图10

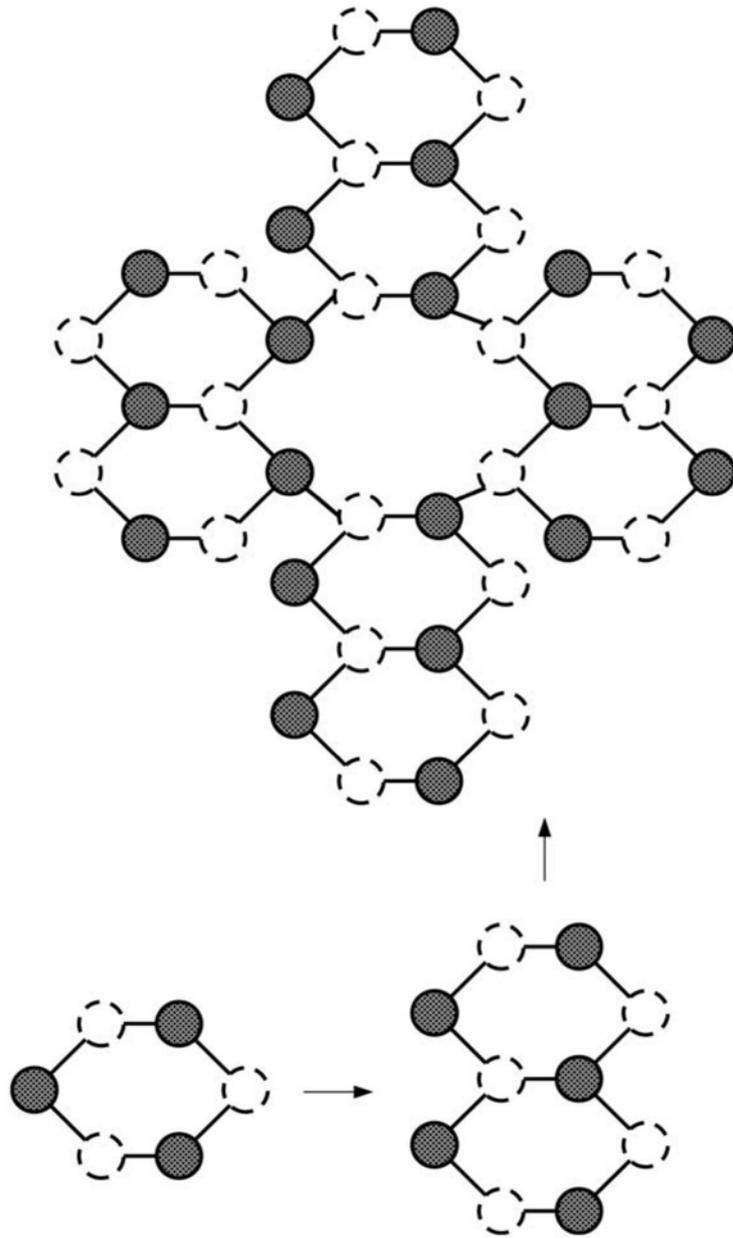


图11

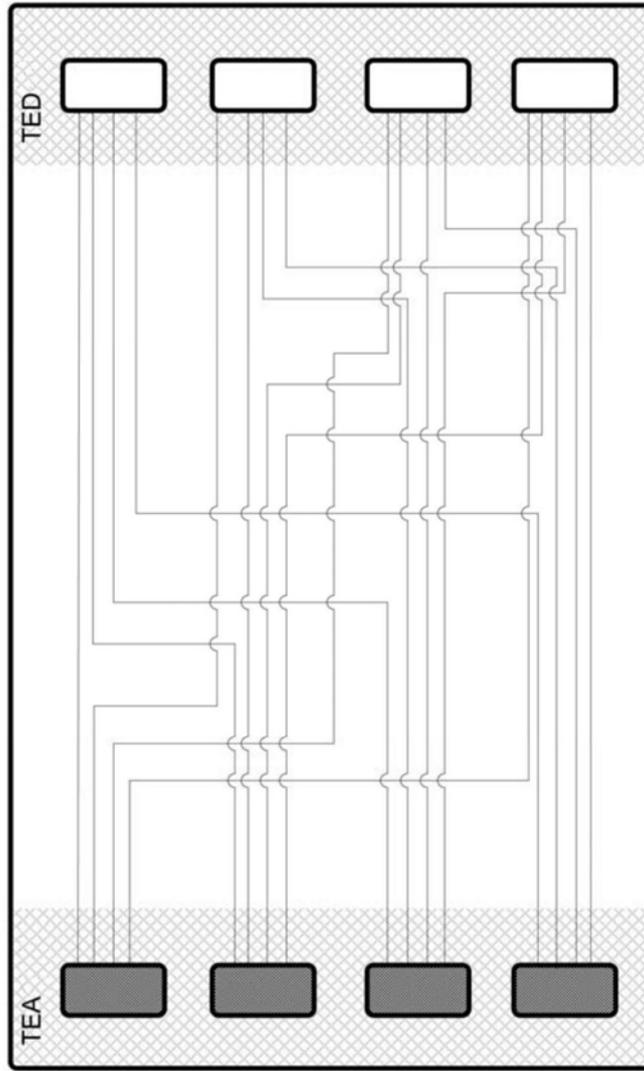


图12