



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110658594 A

(43)申请公布日 2020.01.07

(21)申请号 201910548082.6

(22)申请日 2019.06.24

(30)优先权数据

16/022,924 2018.06.29 US

(71)申请人 瞻博网络公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 R·马科克西亚 B·R·科赫

T·J·施密特 C·P·怀兰

R·S·古兹索恩 G·A·菲什

(74)专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 鄢迅

(51)Int.Cl.

G02B 6/42(2006.01)

H05K 7/20(2006.01)

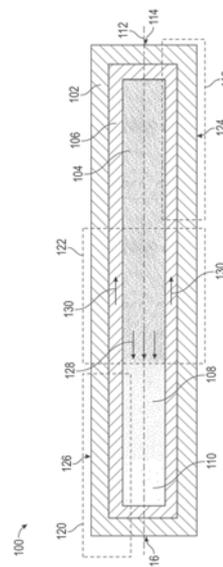
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54)发明名称

利用可变热导性热管的热管理

(57)摘要

本公开的实施例涉及利用可变热导性热管的热管理。光子集成电路可以使用可变热导性热管来冷却,可变热导性热管除了相变工作流体之外还包括不凝性气体。为了将热管与包括集成电路的子组件封装在提供散热器接触区的标准外壳中,在一些实施例中,利用蒸发器端与冷凝器端之间的热管的轴来定向热管,该轴与集成电路子组件和散热器接触区分离的方向大致垂直,并且利用合适的隔热结构,热管的外表面的一部分与散热器接触区热隔离。



1. 一种热管理的光学封装,包括:
光学子组件,包括光子集成电路;
外壳,包围所述光学子组件,所述外壳包括散热器接触区;以及
热管子组件,被设置在所述光学子组件与所述散热器接触区之间,所述热管子组件包括:

具有第一端和第二端的可变热导性热管,所述热管包含工作流体和不凝性气体,所述热管的在所述第一端处的蒸发器区域与所述光子集成电路热接触,并且所述热管的在所述第二端处的冷凝器区域与所述散热器接触区热接触,所述热管至少通过所述工作流体在所述蒸发器区域中的蒸发以及所述工作流体在所述冷凝器区域中的冷凝来冷却所述光子集成电路,并且所述不凝性气体在不同程度上部分地阻止所述工作流体到达所述冷凝器区域以便调整所述热管的热导性;以及

隔热结构,将所述热管的外表面部分与不包括所述冷凝器区域的区域中的所述散热器接触区隔离。

2. 根据权利要求1所述的光学封装,其中所述第一端和所述第二端沿着与所述光学子组件和所述散热器接触区分离的方向大致垂直的方向分离。

3. 根据权利要求1所述的光学封装,其中所述蒸发器区域位于所述热管的第一外表面部分,并且所述冷凝器区域位于所述热管的第二外表面部分,所述第二外表面部分在所述光学子组件和所述散热器接触区分离的方向上与所述第一外表面部分相对,被隔离的所述外表面部分是所述第二外表面部分的一部分。

4. 根据权利要求3所述的光学封装,其中所述热管子组件进一步包括导热转接板,所述导热转接板在所述蒸发器区域中与所述第一外表面部分的外表面机械接触。

5. 根据权利要求4所述的光学封装,进一步包括柔性热界面材料层,所述柔性热界面材料层被设置在所述光子集成电路和所述转接板之间并且与所述光子集成电路和所述转接板机械接触。

6. 根据权利要求1所述的光学封装,其中所述光学收发器进一步包括电子集成电路。

7. 根据权利要求7所述的光学封装,其中所述蒸发器区域进一步与所述电子集成电路热接触。

8. 根据权利要求1所述的光学封装,其中所述热管具有针对0°C至70°C的范围内的所述冷凝器区域的温度变化至少两倍的热导性。

9. 根据权利要求1所述的光学封装,其中所述热管子组件被配置为针对0°C至70°C的范围内的所述冷凝器区域的温度将所述蒸发器区域的温度保持在20°C至85°C的范围内。

10. 一种用于冷却光学子组件的热管子组件,所述热管子组件包括:
具有第一端和第二端的可变热导性热管,所述热管包括:
壁,所述壁限定出所述第一端和所述第二端之间的轴、在所述轴的相对的相应侧的第一外表面部分和第二外表面部分以及限定出空腔的内表面;

毛细结构,所述毛细结构为所述热管的所述壁的所述内表面加衬;以及

被包含在所述空腔内的相变工作流体和不凝性气体,其中所述相变工作流体通过在所述第一端处的蒸发器区域中的蒸发以及在所述第二端处的冷凝器区域中的冷凝来操作地冷却所述光学子组件,并且所述不凝性气体通过在不同程度上至少部分地阻止所述工作流

体到达所述冷凝器区域来操作地调整所述热管的热导性；

导热转接板,所述导热转接板在所述蒸发器区域中被粘附至所述第一外表面部分;以及

隔热结构,所述隔热结构操作地将所述热管与不包括所述冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离,所述隔热结构跨越从所述第一端延伸到所述冷凝器区域但不包括所述冷凝器区域的区域覆盖所述第二外表面部分。

11. 根据权利要求10所述的热管子组件,其中所述导热转接板是被焊接至所述热管的金属板。

12. 根据权利要求10所述的热管子组件,其中所述热管具有针对0°C至70°C的范围内的所述冷凝器区域的温度变化至少两倍的热导性。

13. 根据权利要求10所述的热管子组件,其中所述热管子组件被配置为针对0°C至70°C的范围内的所述冷凝器区域的温度将所述蒸发器区域的温度保持在20°C至85°C的范围内。

14. 一种热管理的光学封装,包括:

光学子组件;

外壳,包围所述光学子组件,所述外壳包括散热器接触区;以及

热管子组件,被设置在所述光学子组件与所述散热器接触区之间,所述热管子组件包括具有第一端和第二端的可变热导性热管,所述热管包含工作流体和不凝性气体,所述热管的在所述第一端处的蒸发器区域与所述光学子组件热接触,并且所述热管的在所述第二端处的冷凝器区域与所述散热器接触区热接触,

其中针对在较低的第一温度与较高的第二温度之间的所述冷凝器区域的温度,所述热管子组件被配置为调整所述热管的热导性以将所述蒸发器区域的温度保持在较低的第三温度与较高的第四温度之间的温度范围内,所述第三温度高于所述第一温度至少15°C,并且所述第四温度不低于所述第三温度。

15. 根据权利要求14所述的光学封装,其中所述第四温度和所述第三温度之间的差异小于所述第二温度和所述第一温度之间的差异。

16. 根据权利要求14所述的光学封装,其中所述热管子组件包括导热转接板,所述导热转接板在所述蒸发器区域中被粘附至所述热管并且与所述光学子组件热接触。

17. 根据权利要求16所述的光学封装,进一步包括柔性热界面材料层,所述柔性热界面材料层被设置在所述光子集成电路和所述转接板之间并且与所述光子集成电路和所述转接板机械接触。

18. 根据权利要求17所述的光学封装,进一步包括隔热结构,所述隔热结构操作地将所述热管与不包括所述冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离。

19. 根据权利要求14所述的光学封装,其中所述光学子组件是收发器子组件。

20. 根据权利要求14所述的光学封装,其中所述光学子组件包括一个或多个集成电路。

利用可变热导性热管的热管理

技术领域

[0001] 本公开涉及光子和/或电子集成电路的热管理,具体地,涉及使用热管的被动热管理。

背景技术

[0002] 许多光子和电子部件具有对温度变化敏感的属性,并且除非对它们进行热管理以使其保持在可接受温度的操作范围内,否则它们存在性能退化或者变得完全无法操作的风险。因此,一般利用热管理系统来控制这种光子/电子部件的温度。一般,热管理包括在操作期间去除由这些部件本身生成的热量,尽管在一些情况下也可以使用主动加热来实现最低温度。相应地,热管理系统一般包括散热器和/或加热器以及在要进行温度控制的部件与散热器或加热器之间进行传热的装置。

[0003] 热管理的一种方法(其有时被用于包含集成电路的封装中)是使用热管,即,填满工作流体的密封腔,该工作流体在与热源接触的高温区域中蒸发并且与散热器接触的低温区域中凝结,除了通过管壁的热传导之外,还通过对流和相变的组合来传热。然而,在没有进一步措施的情况下,热管可能会导致要进行热管理的部件过冷,例如,在散热器的温度下降得太低时。解决该问题的备选方法是主动热管理,例如,利用热电冷却器。热电冷却器利用Peltier效应来沿着一个方向以由电流可控制的速率传热。如果与温度传感器组合,则热电冷却器可以因此主动地控制热管理部件的温度。然而,这种能力的代价是针对包括热管理部件的封装和热管理系统的增加的功率需求、复杂度和花费。

发明内容

[0004] 根据一些实施例,一种热管理的光学封装,包括:光学子组件,包括光子集成电路;外壳,包围光学子组件,外壳包括散热器接触区;以及热管子组件,被设置在光学子组件与散热器接触区之间,热管子组件包括:具有第一端和第二端的可变热导性热管,热管包含工作流体和不凝性气体,热管的在第一端处的蒸发器区域与光子集成电路热接触,并且热管的在第二端处的冷凝器区域与散热器接触区热接触,热管至少通过工作流体在蒸发器区域中的蒸发以及工作流体在冷凝器区域中的冷凝来冷却光子集成电路,并且不凝性气体在不同程度上部分地阻止工作流体到达冷凝器区域以便调整热管的热导性;以及隔热结构,将热管的外表面部分与不包括冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离。

[0005] 根据一些实施例,一种用于冷却光学子组件的热管子组件,热管子组件包括:具有第一端和第二端的可变热导性热管,热管包括:壁,壁限定出第一端和第二端之间的轴、在轴的相对的相应侧的第一外表面部分和第二外表面部分以及限定出空腔的内表面;毛细结构,毛细结构为热管的壁的内表面加衬;以及被包含在空腔内的相变工作流体和不凝性气体,其中相变工作流体通过在第一端处的蒸发器区域中的蒸发以及在第二端处的冷凝器区域中的冷凝来操作地冷却光学子组件,并且不凝性气体通过在不同程度上至少部分地阻止工作流体到达冷凝器区域来操作地调整热管的热导性;导热转接板,导热转接板在蒸发器

区域中被粘附至第一外表面部分；以及隔热结构，隔热结构操作地将热管与不包括冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离，隔热结构跨越从第一端延伸到冷凝器区域但不包括冷凝器区域的区域覆盖第二外表面部分。

[0006] 根据一些实施例，一种热管理的光学封装，包括：光学子组件；外壳，包围光学子组件，外壳包括散热器接触区；以及热管子组件，被设置在光学子组件与散热器接触区之间，热管子组件包括具有第一端和第二端的可变热导性热管，热管包含工作流体和不凝性气体，热管的在第一端处的蒸发器区域与光学子组件热接触，并且热管的在第二端处的冷凝器区域与散热器接触区热接触，其中针对在较低的第一温度与较高的第二温度之间的冷凝器区域的温度，热管子组件被配置为调整热管的热导性以将蒸发器区域的温度保持在较低的第三温度与较高的第四温度之间的温度范围内，第三温度高于第一温度至少15°C，并且第四温度不低于第三温度。

附图说明

[0007] 在本文中结合附图描述了各种示例实施例，其中：

[0008] 图1是根据各种实施例的示例可变热导性热管的示意性横截面图；

[0009] 图2是包含根据各种实施例的可变热导性热管的示例光学收发器模块的分解图；

[0010] 图3是根据各种实施例进行热管理的集成电路的示例温度分布的曲线图；以及

[0011] 图4是总结了根据各种实施例的可变热导性热管的操作周期的流程图。

具体实施方式

[0012] 本文公开了用于对配置在较大组件内的光子和/或电子子组件（例如，包括集成电路）的热管理的可变热导性热管，尤其是施加空间约束的封装，诸如，例如四通道小型可插拔（QSFP）或其它可插拔封装。可变热导性热管的使用特别有利于管理光学封装的温度，诸如，用于数据通信应用的光学收发器封装或光学传感器封装。

[0013] 一般而言，热管在一端与热源热接触，并且在另一端与散热器热接触。在与热源热接触的一端，热管的工作流体（例如，其可以是水）蒸发；该端在下文中也被称为“蒸发器端”。在与散热器热接触的一端，工作流体蒸汽（例如，水蒸汽）凝结；该端在下文中也被称为“冷凝器端”。蒸汽在管内从蒸发器端流向冷凝器端。在凝结之后，经由为管壁的内表面加衬的毛细结构中的毛细力将液态的工作流体从冷凝器端汲取回至蒸发器端。

[0014] 除了实现所期望的传热的工作流体之外，可变热导性热管还包括不凝性气体，该不凝性气体一般具有较低的热导率。在热管的操作期间，不凝性气体倾向于被推向冷凝器端并且积聚在冷凝器端，其中，它通过部分地阻止蒸汽到达冷凝器区域中的内管表面来抑制工作流体蒸汽的冷凝，从而减少冷却。这种效应与温度有关，导致管的热导性也与温度有关，即，针对蒸发器和/或冷凝器区域中的低温，管的热传导一般也较低。在具有固定热导性的常规热管可能会使发热部件过冷的场景中，添加不凝性气体以形成可变热导性热管可能会导致冷却在一定温度（高于散热器的温度）下停止，其中，从蒸发器端到冷凝器端的传热减少平衡了源处的发热。同时，较高温度下的较高热导性可以导致有效的冷却，即使在散热器的相对较高的温度下。因此，对于与散热器以及冷凝器区域相关联的给定温度范围，利用适当配置的可变热导性热管可以将热源以及蒸发器区域的温度保持在其下限显著高于冷

凝器区域的温度范围的下限并且其上限不比冷凝器区域的温度范围的上限高多少(如果有的话)的范围内。换言之,正被冷却的集成电路或其它设备所经历的温度范围小于散热器所经历的温度范围。例如,在(例如,由外壳的散热器接触区所提供的)散热器的温度可以从0℃变化至70℃的一些实施例中,热管具有在该范围上变化至少两倍的热导性,允许蒸发器区域中的温度被保持在20℃至85℃的范围内,在一些实施例中,被保持在40℃至85℃的范围内。

[0015] 在各种实施例中,可变热导性热管被用来控制被包含在标准的小型外壳内的一个或多个光子和/或电子部件(例如,多芯片模块内的光子和/或电子集成电路)。无论是否被提供为离散设备或者集成在(多个)光子集成电路中,例如,光学部件都可以形成紧凑型热可插拔光学封装(例如,QFSP收发器或光学传感器模块)内的光学子组件的一部分。在这种情况下,空间约束可以防止热管沿着将构成热源集成电路与外壳上的散热器接触区分离的方向定向。相反,需要超过一定长度来以足够的速率传热的热管可以利用其轴来定向(在本文中理解为对应于热管的最长维度以及冷凝器与蒸发器分离的方向,即,操作中流体流动的一般方向),该轴一般平行于散热器接触区和集成电路。参照沿着热管的相对表面(沿着垂直于热管的轴的方向被分离为第一和第二外表面),第一外表面可以与集成电路热接触,并且第二外表面可以与散热器接触区热接触。可以将热管放置为使得与集成电路的热接触被限于蒸发器端的区域。然而,散热器接触区在标准封装中一般如此之长,以致于它会沿着其整个长度与热管接触。因此,为了将冷凝限制在冷凝器端的区域,可以将隔热结构插入到热管与散热器接触区之间,隔热结构从蒸发器端延伸到冷凝器区域的开始。

[0016] 参照附图通过以下对各种方面和示例实施例的描述将更容易理解前述内容。

[0017] 图1是根据各种实施例的示例可变热导性热管100的(沿着轴的)示意性横截面图。热管100形成由包围空腔(或内腔)104的热管壁102所限定的密封腔,并且包括为壁102的内表面加衬的毛细结构106。壁102一般由可以形成密封腔并且不与包含在腔室内的流体发生化学反应的材料制成。例如,壁102可以由诸如铜、铝或钛等金属制成,这些金属的优点是坚固,可弯曲并且在沸腾流体中发挥作用。然而,诸如塑料或陶瓷等其它材料也可以被用于壁102。热管壁102可以有助于经由热传导通过热管100传热(即使只是很小的贡献)。毛细结构106可以是分离的层,例如,由筛网或其它多孔材料制成。备选地,壁102的内表面可以被粗糙化或者以其它方式构造以提供共同构成毛细结构106的孔隙和/或毛细管的网。

[0018] 在亚大气压下,空腔104被工作流体和不凝性气体110(即,在热管100的操作范围内不凝结的气体)填充,该工作流体在热管100的操作温度/压力范围内进行相变(工作流体的气相被标记为108)。在热管100中可以通过首先排空它,然后回填少量的工作流体和不凝性气体来实现亚大气压。通常被用于冷却电子和光子部件的工作流体包括但不限于水、氨、丙酮和甲醇。适合于一些实施例的不凝性气体包括例如氮气和诸如氩气等惰性气体。

[0019] 热管100的特点一般是较高纵横比,该纵横比限定了沿着最长维度在图1中通过轴112所指示的轴向方向。垂直于轴112的横截面一般是圆形的,但是一般也可以是例如矩形的(可选地具有圆角),例如,以提供与热源和散热器接触的平坦表面。进一步地,横截面不一定要沿着热管100的整个长度均匀分布。借助于使位于或靠近热管的远端114、116的区域分别与热源和散热器热接触,在相应端114、116处创建蒸发器区域118和冷凝器区域120,在中间形成绝热区域122。

[0020] 出于操作热管110的目的,蒸发器和冷凝器区域118、120沿着热管110的圆周的精确位置(意味着垂直于轴112的横截面中的角度位置)一般并不重要,但是相反可以取决于将使用热管100的封装的几何配置。在图1中,蒸发器区域118位于热管100的底表面124,而冷凝器区域120位于热管100的顶表面126。(在本文中,“顶部”和“底部”引用热管100在附图内的定向,这可能与使用中的热管100的定向不同。更一般地,所描绘的示例实施例中的蒸发器区域118和冷凝器区域120位于在轴112的相对侧(即,在与轴112的方向垂直的方向上彼此相对)上的第一和第二外表面部分124、126。)例如,该配置被用来以图2所图示的方式将热管100集成到收发器模块中。然而,一般而言,蒸发器区域118和冷凝器区域120也可以位于轴112的同一侧上(例如,都在底表面124处或都在顶表面126处)或者在任何其它圆周位置中。(要注意的是:轴112的相对侧不与轴112的相对端114、116混淆)。

[0021] 当热管100在操作时,在蒸发器区域118的高压与冷凝器区域120的低压之间生成压力梯度,使工作流体的蒸汽108流向冷凝器区域120,如在图1中由箭头128所指示的。凝结的流体沿着相对方向流回到蒸发器区域118,如由箭头130所指示的。工作流体蒸汽108在空腔104中的流动将不凝性气体110扫向冷凝器端116,其中,它部分地阻止蒸汽108进入冷凝器区域120。蒸发器区域118中的温度越高,蒸汽压力一般越大,并且不凝性气体110被压缩得越多。因此,随着蒸发器温度升高,更多的冷凝器区域120将会暴露于蒸汽108,增大热管100的热导性,并因此更有效地冷却蒸发器区域118。相反,随着蒸发器区域118中的温度降低,蒸汽压力下降,不凝性气体110膨胀并覆盖更多的冷凝器区域120,并且热管100的热导性减小,减少蒸发器区域118的冷却。通过热管100的传热速率(用瓦特测量)与热管的热导性(用瓦特/°C测量)以及蒸发器和冷凝器区域118、120之间的温度差成正比。对于给定的冷凝器温度,蒸发器的温度将稳定在高于冷凝器温度的水平,其中,传热平衡了由热源生成的热量,并且由于较低的蒸发器温度下的较低热导性,温度差距在较低的冷凝器温度下一般将会更高。

[0022] 可变热导性热管(诸如,图1的热管100)可以被用来冷却(但不是过冷却)各种封装设备(诸如,电信收发器或传感器封装)中的集成光子和/或电子电路和/或离散光子或电子部件。

[0023] 图2是包含根据各种实施例的可变热导性热管100的示例光学收发器模块200的分解图。模块200包括光学子组件202以及一起封装在外壳206(分为顶部和底部示出)中的热管子组件204,该外壳206可以是例如QSFP外壳。光学子组件202包括一个或多个(例如,如所示的一个)光子集成电路208和一个或多个(例如,如所示的四个)电子集成电路210。在使用中,这些集成电路208、210生成将经由外壳206的散热器接触区212消散的热量。散热器接触区212一般对应于外壳206的一部分,该部分经由风扇所生成的气流或者沿着表面运行的冷却液而暴露于冷却。

[0024] 热管子组件204包括如图1概念性地示出那样配置的热管100,其轴112(沿着最长维度和流体流动的方向)被定向为与散热器接触区212和集成电路208、210大致平行,并因此与散热器接触区212和外壳206分离的方向(在绘图中是垂直方向)大致垂直。该定向用以适配热管100,其需要超过一定的最小长度以在蒸发器和冷凝器区域118、120之间提供足够的热阻以在光学子组件202与外壳206之间可用的较小空间中有效地控制传热;在紧凑型外壳内的标准模块配置中,通过空间限制来阻止热管100沿着光学子组件202与外壳206之间

的分离方向的定向。如所示,热管100可以被弯曲;这种弯曲用以在空间上避免模块内的其它部件(未示出),并且不影响热管100的操作。

[0025] 由于热管100的定向与散热器接触区212和集成电路208、210平行,因此蒸发器区域118形成在热管100的底表面124(在本文中也被称为第一外表面部分)处,并且冷凝器区域120形成在热管100的顶表面126(在本文中也被称为第二外表面部分)处。在冷凝器区域120中,热管100的顶表面126可以是平坦的并且粘合(利用合适的粘合剂)至散热器接触区212以提供良好的热接触。

[0026] 为了在蒸发器区域118与集成电路208、210之间建立热接触,热界面结构被设置在集成电路208、210与蒸发器区域118中的底表面124之间并且与其机械接触(即,接触)。如所示,热界面结构可以是包括例如导热转接板216和柔性热界面材料层218的分层结构。转接板216可以由例如铜、铝、钢、锌、金刚石、氮化铝或氮化硼制成。转接板216在蒸发器端114与热管100的底表面124直接相邻放置并且与其机械接触(热管100与转接板216之间的接触区限定出热管100的蒸发器区域118),并且通常被固定粘附至热管100,形成热管子组件204的一部分。例如,在一些实施例中,转接板216由金属制成并且被焊接至热管100以创建蒸发器区域118。在完整组件中,金属转接板216的另一侧与热界面材料层218直接接触,该热界面材料层218进而被直接放置在光学子组件202之上。热界面材料层218由柔性的可变形导热材料制成,诸如,导热热塑性塑料、凝胶或油脂。当被放置为与光学子组件202接触时,热界面材料层218倾向于符合表面结构,提供与光学子组件202(诸如,集成电路208、210)的表面特征的良好机械和热接触。如所示,转接板216和热界面材料层218的大小和形状可以设置为覆盖完全包含待冷却的所有集成电路208、210的区域。

[0027] 如所提到的,热管100的顶表面126面向外壳206的散热器接触区212。为了防止工作流体蒸汽108沿着热管100的整个长度发生冷凝,热管子组件204进一步包括在热管100与散热器接触区212之间插入的隔热结构220。隔热结构220覆盖热管100的从蒸发器端114一直到冷凝器区域120的开始的顶表面126,从而进行隔热。例如,隔热结构220可以由塑料(例如,聚酯薄膜)、泡沫或环氧树脂制成。

[0028] 热管子组件204可以被配置为通过调谐各种参数来提供所期望的与温度有关的热导性。一般,热管子组件204的性能取决于多个因素,包括:如通过壁材料的热导率、壁厚、热管100的长度以及毛细结构(由于其厚度和毛细作用的速度可能会对热管100的热性能具有显著效果)而被确定的热管壁102的热阻;不凝性气体110和工作流体108的量;限定出蒸发器和冷凝器区域118、120的接触区的大小,其控制通过热管100的热流;以及热管100与空气的绝缘或固体绝缘,除了在蒸发器和冷凝器区域118、120分别与热源或散热器的接触区中(这对于确保热量主要从蒸发器端114流到冷凝器端116是重要的)。另外,散热器的温度范围影响了工作流体在热管100中的性能。在一个示例实施例中,热管壁由铜制成并且具有0.18mm的厚度,铜网被用于毛细结构,工作流体是水,并且不凝性气体是氮气(所使用的量大约为 $1 \cdot 10^{-12}$ 摩尔)。热管的长度是大约36mm,具有10-mm长的蒸发器区域和15-mm长的冷凝器区域。使用该结构,在散热器大约0°C的温度下,集成电路温度可以保持在大约35°C的期望水平,其中热管跨越壁和绝热区域的热阻是大约10°C/W并且功耗是大约3.5W。

[0029] 图3是根据实施例进行热管理的集成电路的示例温度分布的曲线图,在该实施例中使用了具有上面列举的参数的可变导热。根据散热器接触区112中的模块外壳的温度来

绘制示例光子集成电路和三个示例电子集成电路的温度300、302、304、306。可以看到,当外壳温度在0℃与70℃之间变化时,光子集成电路的温度300在大约40℃与大约76℃之间变化,并且其中一个电子电路的温度302在大约30℃与大约78℃之间变化,而其它两个电子电路的温度304、306在大约40℃与大约80℃至85℃之间变化。一般而言,使用适当配置的可变热导性热管,可以将集成电路的温度范围保持在外壳所经历的下限温度范围以上,同时还较高的外壳温度下为集成电路提供充分的冷却。换言之,集成电路可以得到充分的冷却,而不存在过冷却的风险。在一些实施例中,由电子电路生成的热量部分地耗散到光子电路,使光子电路温度保持在一定的最低温度以上。光子电路所经历的温度范围的减小可以减少冷却或加热的功耗。

[0030] 图4是总结了根据各种实施例的可变热导性热管(例如,图1所示的热管100)的操作周期400的流程图。所示的各种过程一般在热管的不同相应部分中同时发生。热管的操作涉及工作流体由于从热源(例如,一个或多个集成电路)提取的热量而在蒸发器区域中蒸发(过程402),所生成的工作流体蒸汽108在热管内从蒸发器端114流向冷凝器端116(过程404),蒸汽通过向散热器区域的传热而在冷凝器区域中凝结(过程406),以及所凝结的工作流体通过为热管的内表面加衬的毛细结构而从冷凝器区域被输送回蒸发器区域(过程408)。该周期引起从蒸发器到冷凝器的传热,换言之,它实现了蒸发器的冷却。

[0031] 此外,工作流体的蒸发及其朝向冷凝器区域的流动(过程402、404)使不凝性气体被推动到冷凝器端并且在冷凝器端被压缩(过程410),其中,不凝性气体部分地阻止工作流体到达冷凝器区域。取决于蒸发器的温度以及所产生的蒸汽压力,不凝性气体的体积相对于工作流体蒸汽的体积而变化,因此冷凝器处的堵塞程度发生变化,从而引起热管的热导性和冷却程度的对应调整。该机制允许冷却蒸发器区域,同时始终将其保持在其下限显著高于冷凝器区域的最低温度(例如,高至少15℃)的温度范围内。

[0032] 已经描述了可变热导性热管及其与集成电路子组件的封装的不同方面和特征,以下的编号示例被提供为说明性实施例:

[0033] 示例1:一种热管理的光学封装,包括:光学子组件,包括光子集成电路;外壳,包围光学子组件,外壳包括散热器接触区;以及热管子组件,被设置在光学子组件与散热器接触区之间。热管子组件包括:具有第一端和第二端的可变热导性热管,热管包含工作流体和不凝性气体,热管的在第一端处的蒸发器区域与光子集成电路热接触,并且热管的在第二端处的冷凝器区域与散热器接触区热接触,热管至少通过工作流体在蒸发器区域中的蒸发以及工作流体在冷凝器区域中的冷凝来冷却光子集成电路,并且不凝性气体在不同程度上部分地阻止工作流体到达冷凝器区域以便调整热管的热导性;以及隔热结构,将热管的外表面部分与不包括冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离。

[0034] 示例2:示例1的光学封装,其中第一端和第二端沿着与光学子组件和散热器接触区分离的方向大致垂直的方向分离。

[0035] 示例3:示例1或示例2的光学封装,其中蒸发器区域位于热管的第一外表面部分,并且冷凝器区域位于热管的第二外表面部分,该第二外表面部分在光学子组件和散热器接触区分离的方向上与第一外表面部分相对,被隔离的外表面部分是第二外表面部分的一部分。

[0036] 示例4:示例3的光学封装,其中热管子组件进一步包括导热转接板,该导热转接板

在蒸发器区域中与第一外表面部分的外表面机械接触。

[0037] 示例5:示例4的光学封装,进一步包括柔性热界面材料层,该柔性热界面材料层被设置在光子集成电路和转接板之间并且与光子集成电路和转接板机械接触。

[0038] 示例6:示例1至5中任一项的光学封装,其中光学收发器进一步包括电子集成电路。

[0039] 示例7:示例7的光学封装,其中蒸发器区域进一步与电子集成电路热接触。

[0040] 示例8:示例1至7中任一项的光学封装,其中热管具有针对0°C至70°C范围内的冷凝器区域的温度变化至少两倍的热导性。

[0041] 示例9:示例1至8中任一项的光学封装,其中热管子组件被配置为针对0°C至70°C范围内的冷凝器区域的温度将蒸发器区域的温度保持在20°C至85°C的范围内。

[0042] 示例10:一种用于冷却光学子组件的热管子组件,该热管子组件包括:具有第一端和第二端的可变热导性热管,该热管包括:壁,该壁限定出第一端和第二端之间的轴、在轴的相对的相应侧的第一外表面部分和第二外表面部分以及限定出空腔的内表面;毛细结构,该毛细结构为热管的壁的内表面加衬;以及被包含在空腔内的相变工作流体和不凝性气体(其中相变工作流体通过在第一端处的蒸发器区域中的蒸发以及在第二端处的冷凝器区域中的冷凝来操作地冷却光学子组件,并且不凝性气体通过在不同程度上至少部分地阻止工作流体到达冷凝器区域来操作地调整热管的热导性);导热转接板,该导热转接板在蒸发器区域中被粘附至第一外表面部分;以及隔热结构,该隔热结构操作地将热管与不包括冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离,隔热结构跨越从第一端延伸到冷凝器区域但不包括冷凝器区域的区域覆盖第二外表面部分。

[0043] 示例11:示例10的热管子组件,其中导热转接板是被焊接至热管的金属板。

[0044] 示例12:示例10或示例11的热管子组件,其中热管具有针对0°C至70°C范围内的冷凝器区域的温度变化至少两倍的热导性。

[0045] 示例13:示例10至12中任一项的热管子组件,其中热管子组件被配置为针对0°C至70°C范围内的冷凝器区域的温度将蒸发器区域的温度保持在20°C至85°C的范围内。

[0046] 示例14:一种热管理的光学封装,包括:光学子组件;外壳,该外壳包围光学子组件,外壳包括散热器接触区;以及热管子组件,被设置在光学子组件与散热器接触区之间,该热管子组件包括具有第一端和第二端的可变热导性热管,热管包含工作流体和不凝性气体,热管的在第一端处的蒸发器区域与光学子组件热接触,并且热管的在第二端处的冷凝器区域与散热器接触区热接触,其中针对在较低的第一温度与较高的第二温度之间的冷凝器区域的温度,热管子组件被配置为调整热管的热导性以将蒸发器区域的温度保持在较低的第三温度与较高的第四温度之间的温度范围内,第三温度高于第一温度至少15°C,并且第四温度不低于第三温度。

[0047] 示例15:示例14的光学封装,其中第四温度和第三温度之间的差异小于第二温度和第一温度之间的差异。

[0048] 示例16:示例14的光学封装,其中热管子组件包括导热转接板,该导热转接板在蒸发器区域中被粘附至热管并且与光学子组件热接触。

[0049] 示例17:示例16的光学封装,进一步包括柔性热界面材料层,该柔性热界面材料层被设置在光子集成电路和转接板之间并且与光子集成电路和转接板机械接触。

[0050] 示例18:示例17的光学封装,进一步包括隔热结构,该隔热结构操作地将热管与不包括冷凝器区域的区域中的散热器接触区隔离。

[0051] 示例19:示例14至18中任一项的光学封装,其中光学子组件是收发器子组件。

[0052] 示例20:示例14至19中任一项的光学封装,其中光学子组件包括一个或多个集成电路。

[0053] 虽然已经参照特定示例实施例对本发明主题内容进行了描述,但是将明显的是,在不脱离本发明主题内容的更广泛的精神和范围的情况下,可以对这些实施例做出各种修改和改变。相应地,说明书和附图被认为是说明性的而不是限制性的。

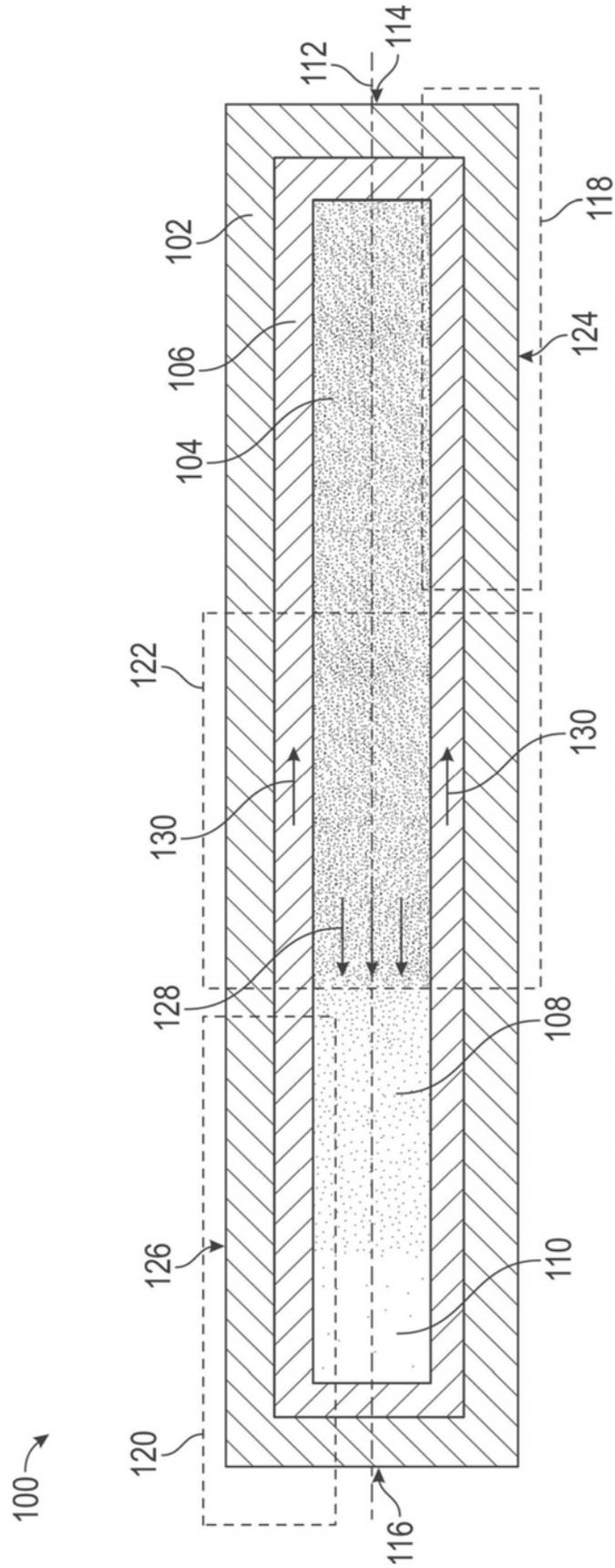


图1

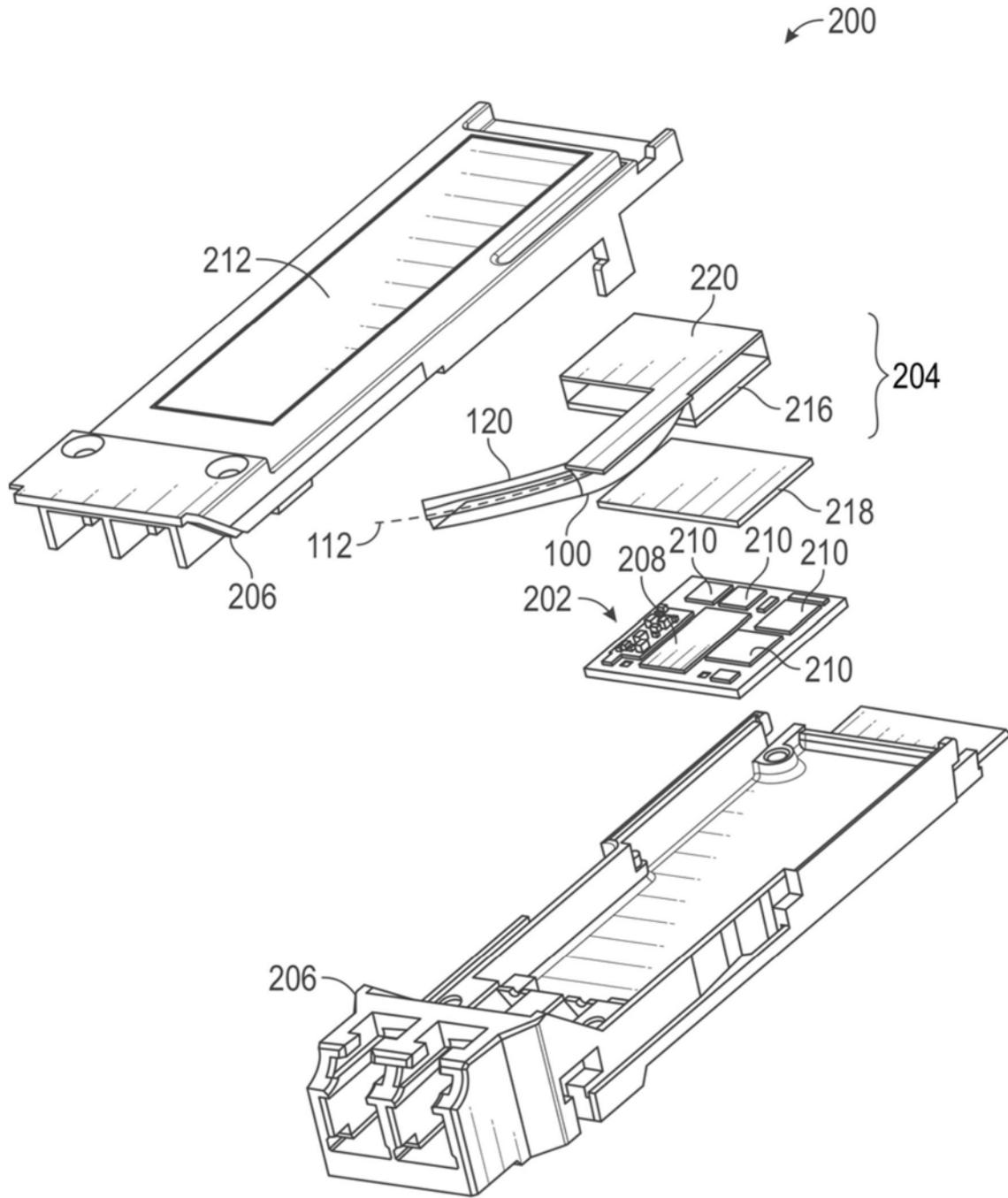


图2

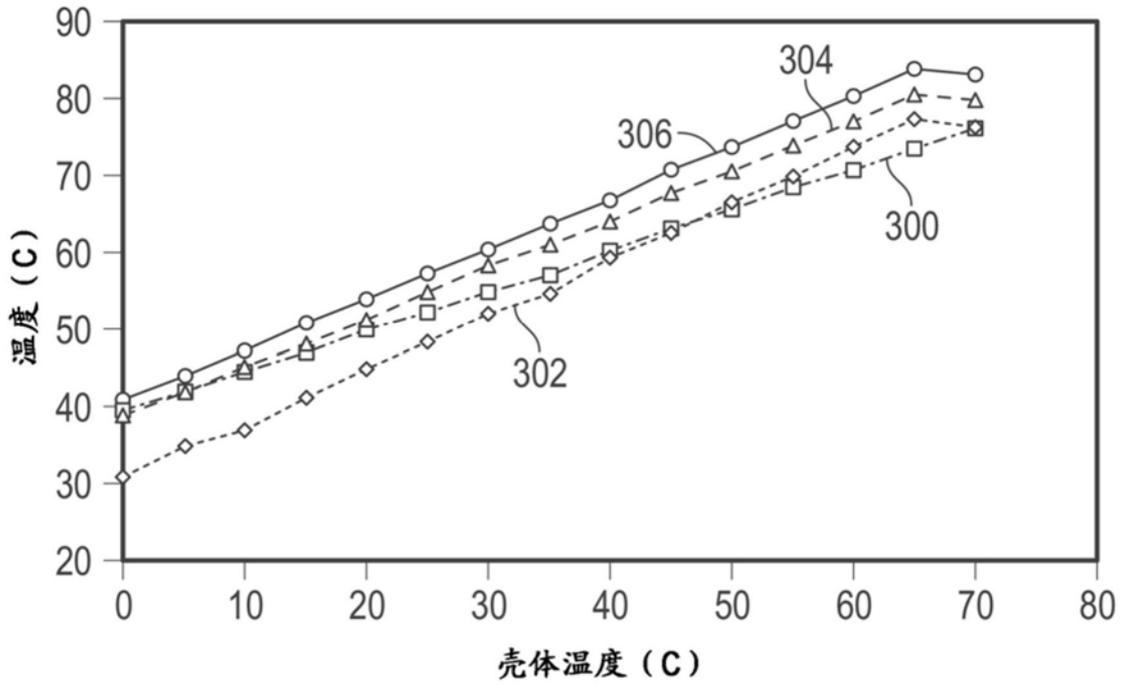


图3

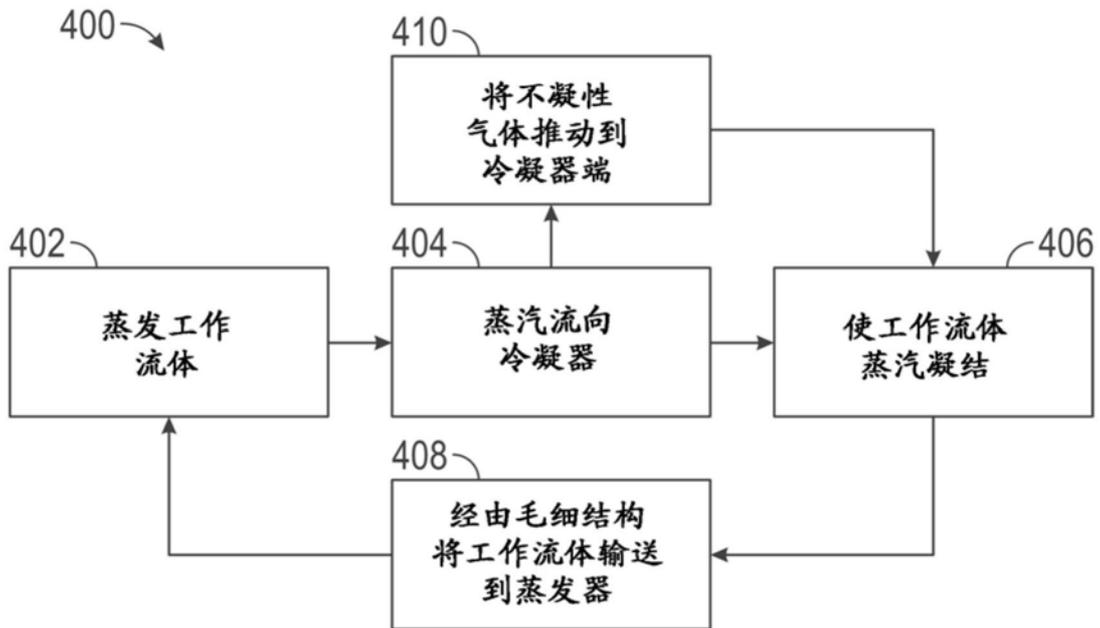


图4