



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 03160301.7

[43] 公开日 2004年6月9日

[11] 公开号 CN 1502669A

[22] 申请日 2003.9.26 [21] 申请号 03160301.7

[30] 优先权

[32] 2002.11.26 [33] US [31] 10/306108

[71] 申请人 英特尔公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 P·高希

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

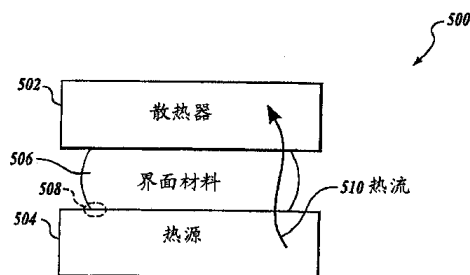
代理人 傅康 张志醒

权利要求书2页 说明书6页 附图6页

[54] 发明名称 降低材料界面的接触热阻

[57] 摘要

一种散热器组件，其中，界面材料化学键接到热源材料和散热器材料。化学键接可以降低使用传统粘合剂来将散热器粘附于热源所存在的接触热阻。在各材料之间实现的化学键接根据用来制造热源、界面材料和散热器的材料特性而可以是例如离子、共价或金属键。



1. 一种方法，包括：  
在界面材料与热源表面之间形成第一化学键；以及  
5 在界面材料与散热器表面之间形成第二化学键，其中，热量从热源传到散热器。
2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，第一化学键从包括离子键、共价键和金属键的组中选择。
3. 如权利要求 1 所述的方法，其中，第二化学键从包括离子键、  
10 共价键和金属键的组中选择。
4. 一种方法，包括：  
准备第一材料表面以进行化学键接；  
准备第二材料表面以进行化学键接；  
将第一和第二材料的表面粘附于界面材料，其中，在第一材料与  
15 界面材料的成分之间以及在第二材料与界面材料的成分之间形成化学键。
5. 如权利要求 4 所述的方法，其中，界面材料包括胶合材料和填充材料。
6. 如权利要求 5 所述的方法，其中，胶合材料包括硅酮，并且  
20 其中填充材料包括从包括硼、铟、银、铜或炭的组中所选的至少一种成分。
7. 如权利要求 4 所述的方法，其中，第一和第二材料分别是热源和散热器的一部分。
8. 如权利要求 7 所述的方法，其中，热源是半导体集成电路。
- 25 9. 一种装置，包括：  
第一材料，具有第一表面；  
第二材料，具有第二表面；  
界面材料，粘附于第一和第二表面，其中，在第一材料与界面材料的成分之间以及在第二材料与界面材料的成分之间形成化学键。
- 30 10. 如权利要求 9 所述的装置，其中，界面材料包括胶合材料和填充材料。
11. 如权利要求 10 所述的装置，其中，胶合材料包括硅酮，并

且填充材料包括从包括硼、铟、银、铜或炭的组中所选的至少一种成分。

12. 如权利要求 9 所述的装置，其中，第一和第二材料分别是热源和散热器的一部分。

5 13. 如权利要求 12 所述的装置，其中，热源是半导体集成电路。

## 降低材料界面的接触热阻

## 技术领域

5 本发明的实施例通常涉及接触热阻领域，更具体地说，涉及在散热器的配件之间生成化学键。

## 背景技术

10 固体材料如铜或铝一般比气体如空气的导热效率高。材料的热导率描述材料的导热能力。纯铜在零摄氏度的热导率为 386 瓦特/米摄氏度 ( $W/m^{\circ}C$ )。空气的热导率为  $0.024W/m^{\circ}C$ 。当两片固体材料通过机械接合而结合在一起时，在结合面存在残存空隙，这就要求热量流经表面光滑接触部位的结合处并且跨过残存空隙。在空隙区域，热传输根据结合表面的具体设计而受到残存气体的热导率或其不足的影响。在接触平面区域，热传输更受固体材料热导率的支配。

15 图 1 以 100 示出三种材料接合在一起的现有热源/散热器组件。参照图 1，热源 102 与界面材料 106 结合。界面材料 106 通过机械接合与散热器 104 结合。机械接合产生如 150 所示的残存空隙和由此引起的间隙。热流 110 的方向是沿着温度分布变化在箭头方向上递减的温度梯度从热源 102 到散热器 104 的方向。界面材料 106 具有  
20 厚度 108。材料的热阻与热导率成反比。导热系数高的材料如上述铜具有低热阻。气体如上述空气具有高热阻。在通过机械接合而接合在一起的两个材料的界面，存在接触热阻。

图 2 是热阻 204 相对于界面材料厚度 202 的图 200。热阻 206 与材料厚度 202 的线性变化表示当材料厚度在 210 (接触热阻) 为零时的  
25 非零热阻  $R_c$  208。如图 1 所示的现有传热组件显示图 2 在 208 和 210 所示的接触热阻。接触热阻具有降低图 1 中从热源 102 传到散热器 104 的热量的不良效果。

在分子级，接触表面由于机械接合而实际上隔得非常远。图 3 以  
150 示出现有的热源/表面材料界面的原子级图。热源表面分子的分布如 304 所示。热源表面分子 304 表示存在于图 1 的表面 112 上的  
30 原子标度。界面表面分子的分布如 302 所示。界面表面分子 302 表示存在于图 1 的表面 114 上的那些分子。

热源表面分子 304 的价电子层 310 作为各自具有原子核的同心圆示出。类似地，界面表面分子 302 的价电子层 308 作为各自具有原子核的同心圆示出。热源表面与界面材料表面之间是由间隙 306 限定的空隙 312。间隙 306 阻止价电子层 308 接触价电子层 310。由于热激励热源表面分子 304 不与界面材料表面分子 203 进行分子接触，因此传热受到间隙 308 和空隙 312 的阻碍。接触热阻由材料之间的空隙和由此引起的间隙产生。

现有的传热组件依赖于相邻材料结合表面的机械接合。再参考图 1，典型地，界面材料 106 比热源 102 或散热器 104 软。当较软的界面材料 106 压入热源 102 的表面 112 和散热器 104 的表面 118 的不规则处时，实现机械接合。随着时间的过去并且通过使用，机械接合会减弱和断开。传热组件 100 的组件 102、106 和 104 之间的本已较高的热阻 206 (图 2) 会增加。该热阻的增大会导致热源 102 的工作温度增高。从而，对所粘附电子设备 (未示出) 产生不利影响，并且危及到相关系统的使用年限。

#### 附图说明

通过参照用来阐述本发明实施例的下面描述和附图，本发明可以得到更好的理解。在附图中，本发明是作为例子来阐述的，并且不受其限制，其中，相同的标号表示类似的单元。

图 1 是示出典型传统热源/散热器组件的图；

图 2 是示出作为界面材料厚度函数的热阻的图；

图 3 示出图 1 所示的热源/表面材料界面的原子级图；

图 4 是示出根据本发明一个实施例的涉及在散热器内的表面/表面接触形成化学键的方法的流程图；

图 5 是示出根据本发明一个实施例的在材料之间进行化学键接的热源/散热器的图；

图 6 示出图 5 所示的热源/表面材料界面的化学键接的原子级图。

#### 具体实施方式

在下面的详细描述中，对各种特定细节进行阐述。然而，应该理解，本发明的实施例可以不以这些特定细节来实施。在其它的例子中，为了不使对本描述的理解含糊不清，公知的电路、结构和技术

未被详细示出。这些实施例被描述得足够详细从而使本领域的技术人员能够实施本发明。因此，下面详细描述不是限制性的，并且本发明的范围仅由所附权利要求限定。

5 在根据本发明实施例的散热器组件内，界面材料被化学键接到热源材料和散热器材料，从而降低了原先存在于其间的接触热阻。在各材料之间实现的化学键接根据用来制造热源、界面材料和散热器的材料的特性而可以是例如离子、共价或金属键。在其他实施例中，可以使用其他类型的键，例如，极性、非极性、氢键、双偶极、离子偶极和范德瓦尔斯键。在10 一些实施例中，可以在一个界面（例如，界面材料与散热器之间的界面或者界面材料与热源之间的界面）中形成多种类型的键。

在金属和非金属用于界面材料和一个相邻层（即，热源或散热器）的实施例中，可以在界面材料与相邻层之间形成离子键。

15 在非金属均用于界面材料和一个相邻层的实施例中，可以在界面材料与相邻层之间形成共价键。

在金属均用于界面材料和相邻层的一个实施例中，可以在这些金属之间形成金属键。

20 在相邻层之间形成的化学键通过增强前述的传热机制来提高相邻层之间的传热。更具体地说，化学键通过原子在其正常位置附近的振动能量（晶格振动）和通过电子的自由流动所传输的能量（当使用电子可以在原子之间自由流动的材料如铜时）来增强热传输。

25 虽然上面描述了热传输的应用，但是在其他实施例中，如上所述的化学键接可以用来在结构之间形成可靠的粘附或粘合。例如，半导体管芯可以固定地粘附于连线衬底（例如，由半导体、陶瓷、聚合物等制成）。这些应用无需要求高传热特性。

30 化学键（尤其是离子、共价和金属键）可以在材料之间形成强得多的“粘合”。另外，这些键在恶劣的环境条件下可以可靠得多。例如，在高温应用中，粘合剂可能软化，膨胀或者降低“粘合性能”。在低温中，粘合剂可能收缩，变脆或者降低粘合性能。此外，粘合剂在温度周期变化下可能减弱。相反，如上所述的化学键典型地将不退化（假如温度没有升高到断开键-在大部分应用的典型工作条件下这是不可能的）。

图 4 是示出用于在散热器内的接触表面之间的界面处形成化学键的方法 400 的流程图。该方法还可以用于除散热器与热源之外的相互粘附结构,如需要较高粘合性能的应用。

5 在初始操作中,对用于传热组件内的材料进行分类。例如,热源材料和散热器材料分类为金属或非金属。选择界面材料或者选择界面材料范围。该操作在图 4 中以方框 402 表示。

10 根据用于热源/界面材料界面的材料,选择兼容化学键(例如,共价、离子或金属)用于热源与界面材料之间的界面。例如,化学键应与散热器组件材料以及组件可以暴露的容许处理条件相兼容。该操作在图 4 中以方框 404 表示。

类似地,选择兼容化学键(例如,共价、离子或金属)用于散热器与界面材料之间的界面。例如,化学键应该与散热器组件材料以及组件可以暴露的容许处理条件相兼容,该操作在图 4 中以方框 406 表示。

15 根据打算用于界面的键类型来处理散热器材料表面。该操作在图 4 中以方框 408 表示。类似地,与打算用于界面材料各侧的化学键相一致地处理界面材料。例如,对散热器表面进行蚀刻或清除,以去除杂质和/或氧化物。在一些实施例中,在界面材料的两侧使用相同类型的键。在其他实施例中,在界面材料的一侧使用的键不同于在  
20 界面材料的另一侧使用的键。该操作在图 4 中以方框 410 表示。

与打算用于热源材料与界面材料之间的界面的键相一致地处理热源材料表面。例如,可以对热源表面进行蚀刻或清除,以去除杂质和/或氧化物。该操作在图 4 中以方框 412 表示。

25 传热组件的各部分在适当的处理条件下进行组合,以在各层之间(即热源、界面材料和散热器)生成所选的化学键。例如,处理条件可以包括在界面导入所选 PH 溶液和增高的温度。该操作在图 4 中以方框 414 表示。层间的化学键提供一种与使用机械接合的传统散热器组件相比可以有利提高热导率的结构(例如,通过大致上消除接触热阻并且增强振动能量传输和/或通过电子自由流动的能量传输)。

30 图 5 示出在材料之间进行化学键接的热源/散热器组件 500。参照图 5,热源 504 化学键接到界面材料 506。界面材料 506 化学键接到散热器材料 502。热流 510 的方向如图所示从热源 504 到散热器

502。图 6 以分解图的形式示出以 508(图 5)限定的样本区域中进行本发明的化学键接之后的原子级界面结构。

图 6 示出热源/表面材料界面的化学键接的原子级图 508。参照图 6, 示出根据本发明若干实施例之一的、热源表面分子 604 化学键接到界面材料表面分子 602 的相邻层之间的界面。原先存在于表面之间的间隙 306(图 3)已被本发明消除, 从而增强热源与界面材料之间的传热。

更具体地说, 在本实施例中, 化学键 610 存在于构成热源表面分子 604 的原子的价电子层 608 与构成界面表面分子 602 的原子的价电子层 606 之间。在 610 得到的化学键接可以是离子、共价或金属的。本发明不受哪种键存在于两个相邻层之间的限制。热流的方向是沿着温度梯度的箭头 612 所示的方向, 其中在箭头 612 表示的方向上温度分布递减。从图 6 可以看出, 本发明提高了各层之间的界面的传热, 并与存在于各层之间的传热模式无关。晶格振动和电子自由流动热传输机制通过根据本发明讲授的内容所生成的化学键而得到改进。

消除热源表面分子 604 与界面材料表面分子 602 之间的间隙使得相邻原子的价电子层直接相互接触。在其正常位置周围振动的原子 614 由于原子晶格中相邻原子 616 的连续性而激励相邻原子 616。类似地, 因为界面材料表面由于化学键接而被结合到原子晶格中, 所以界面材料表面分子 618 以及分子 620 被激励。

如果选择用于热源表面 604 和界面材料表面 602 的材料提供自由电子, 如存在于金属中的状态, 则由于在各层界面的分子价电子层例如 616 和 618 中共享电子而增强传热。本发明克服在图 3 中以 150 表示且特征在于间隙 306 的现有键界面的问题, 其中, 间隙 306 禁止电子从 304 自由流到 302, 从而阻碍现有传热组件中的热流动。

对于散热器的应用, 典型的热源材料包括半导体材料, 如硅和锗, 包括半导体材料的氧化物和氮化物(以及其他化合物)。典型的散热器材料包括金属如铝和铜和碳材料如碳素纤维、碳化硅和石墨。根据本发明的实施例, 界面材料是包括一种用作胶合或粘结材料以及用作填充材料的其他材料的化合物材料。在一些实施例中, 胶合材料是聚合物材料如硅酮。在其他实施例中, 可以使用其他适



当材料。根据热源和散热器的材料，填充材料可以包括硼、铟、银、铜和/或碳(该清单目录不意味着已经详尽)。在这些实施例中，填充材料的一种或多种成分可以与热源和散热器的材料形成化学键。在一些实施例中，通过如图 5 所示将散热器、界面材料和热源接触然后对该结构加热，可以引起形成化学键的反应。另外，可以把基本溶液(例如，水性氢氧化钠)导入到材料之间的界面中。可以在一种或多种材料中形成通道或孔隙以允许气体(当形成化学键时会生成的)从界面漏出。

应该理解，结合附图所述的方法可以用机器可执行指令例如软件来实施。这些指令可以用来使以这些指令编程的通用或专用处理器执行所述操作。可选地，可以由包含用于执行这些操作的硬连线逻辑的特定硬件组件或者由编程的计算机组件和定制硬件组件的任意组合来执行操作。这些方法可以作为计算机程序产品来提供，它可以包括其上存储有指令的机器可读介质，这些指令可以用来对计算机(或其他电子设备)编程以执行这些方法。对本说明书而言，术语“机器可读介质”应包括能够存储或者编码用于可由机器执行且使机器执行本发明任一种方法的指令序列的任何介质。因此，术语“机器可读介质”应包括但不限于固态存储器、光盘和磁盘以及载波信号。而且，在本技术领域内，以一种形式或其它形式谈到(例如，程序、过程、处理、应用、模块、逻辑... ..)的软件，普遍是指执行操作或产生结果的简称。

虽然本发明是根据若干实施例来描述的，但是本发明的普通技术人员应知道本发明不限于所述实施例，而是同样可以通过所附权利要求的精神和范围内的修改和变更来实施。因此，本描述被认为是示例性的，而不是限制性的。因此，所有这些变化和修改均包括由下面权利要求限定的本发明的保护范围内。

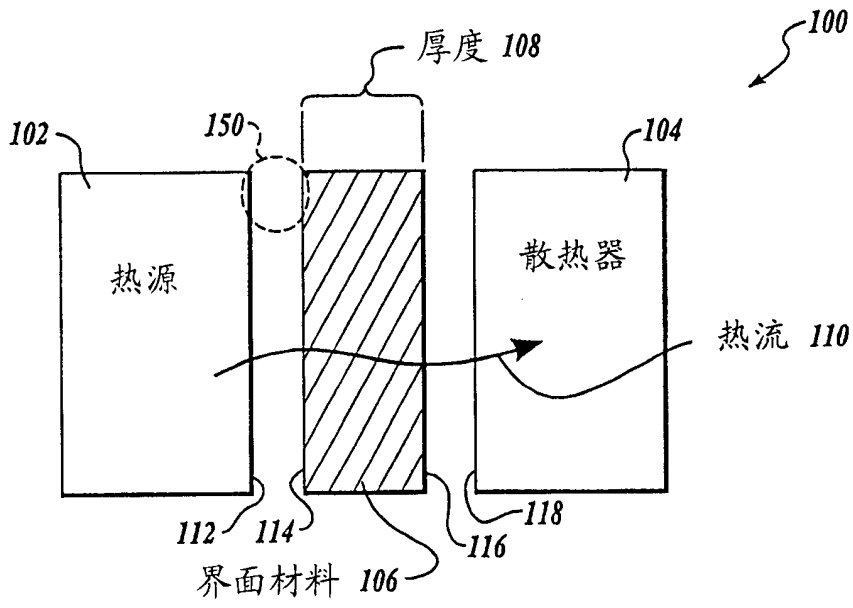


图 1

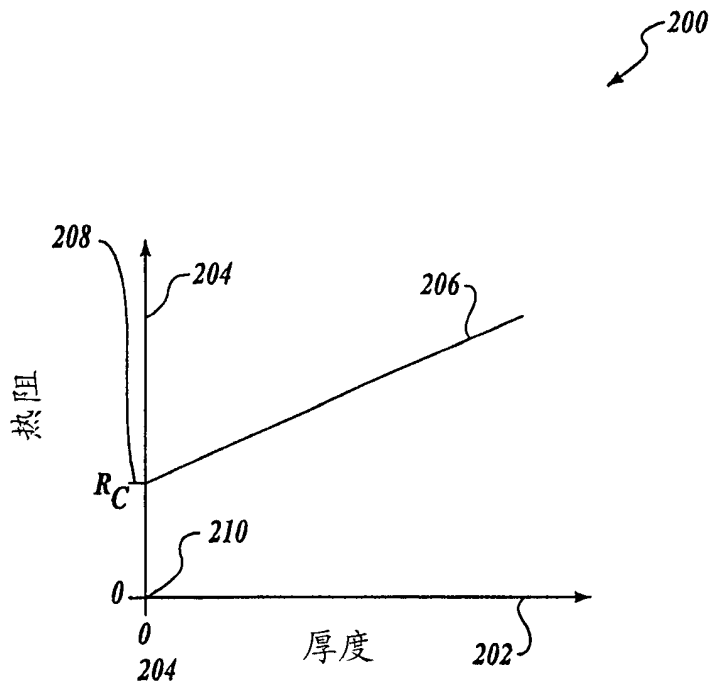


图 2

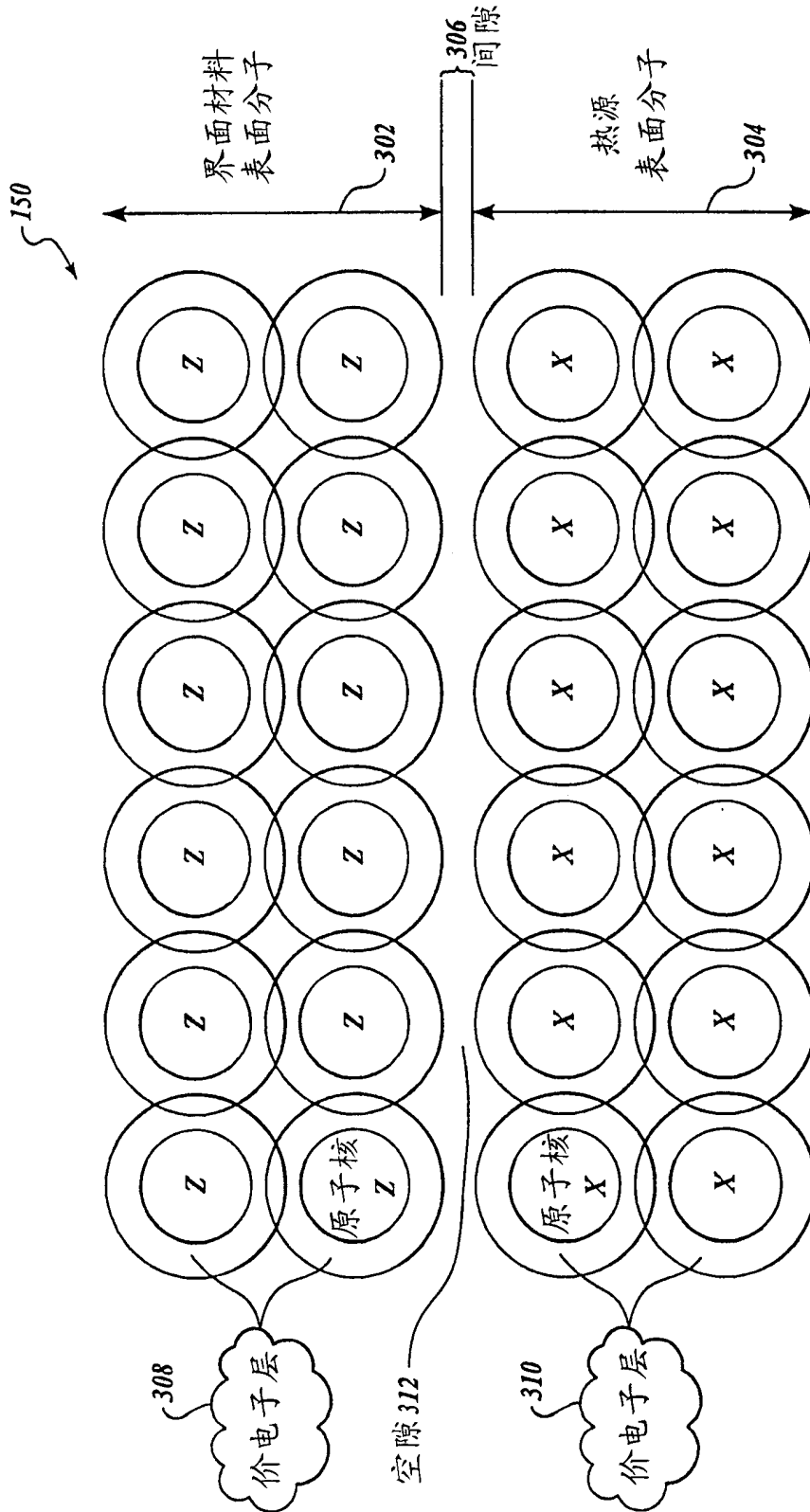


图 3

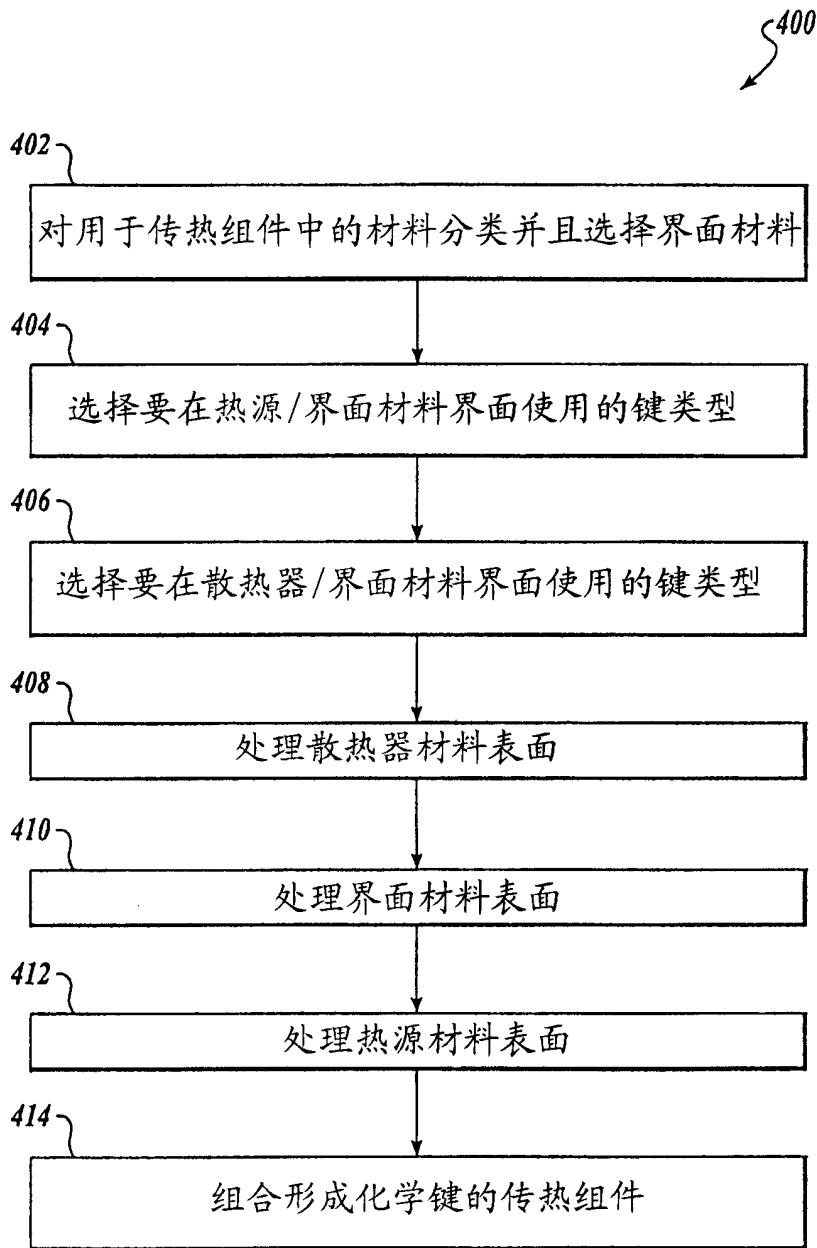


图 4

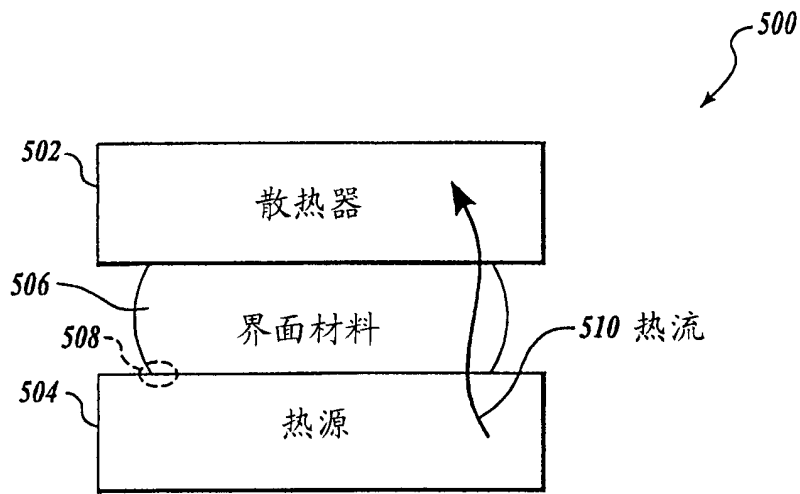


图 5

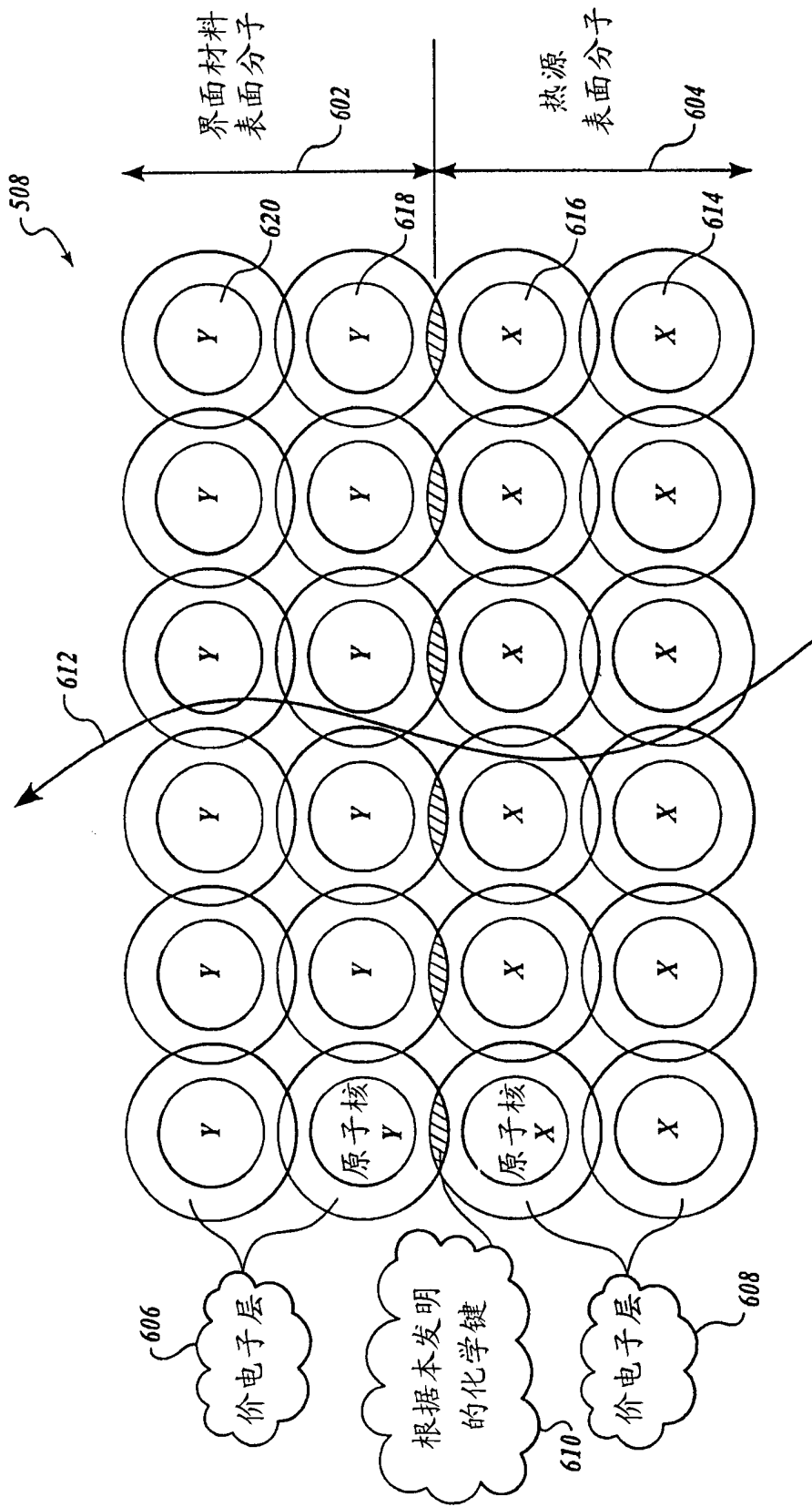


图 6