[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H05K 7/20 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02806959.5

[45] 授权公告日 2006 年 4 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 1253063C

[22] 申请日 2002.3.12 [21] 申请号 02806959.5

[30] 优先权

[32] 2001.3.19 [33] US [31] 09/811,815

[86] 国际申请 PCT/US2002/007312 2002.3.12

[87] 国际公布 WO2002/076164 英 2002.9.26

[85] 进入国家阶段日期 2003.9.19

[71] 专利权人 哈里公司

地址 美国佛罗里达州

[72] 发明人 史蒂文·斯奈德 查尔斯·牛顿 迈克尔·兰格

审查员 喻 颖

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所

代理人 寇英杰

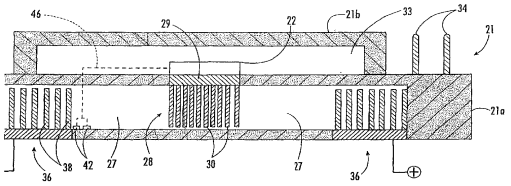
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 5 页

[54] 发明名称

包括具有流体离解电极的冷却基底的电子组件及相关方法

[57] 摘要

一种电子组件，包括冷却基底、安装在该冷却基底上的电子器件、以及承载在该冷却基底上的多个冷却流体离解电极，该冷却流体离解电极用于离解冷却流体以控制冷却流体的压力。尤其是，冷却基底可以具有一邻近电子器件的蒸发室、至少一个邻近散热器的冷凝室、以及至少一条使该蒸发器与至少一冷凝室流体连通的冷却流体通道。



1. 一种电子组件，包括：

冷却基底和安装在该冷却基底上的电子器件；

所述冷却基底具有一与所述电子器件相邻的蒸发室、至少一个冷凝室、以及至少一条使所述蒸发室与所述至少一个冷凝室流体连通的热管型冷却流体通道，该热管型冷却流体通道具有在管子内部的毛细突起；以及

由所述冷却基底承载的多个冷却流体离解电极，所述离解电极用于离解冷却流体以控制其压力。

2. 根据权利要求 1 所述的电子组件，还包括与所述冷却基底相邻的散热器；所述多个冷却流体离解电极包括一蒸发器传热部件和至少一个冷凝器传热部件，所述蒸发器传热部件热连通在所述蒸发室与所述电子器件之间，所述至少一个冷凝器传热部件热连通在所述至少一个冷凝室与所述散热器之间。

3. 根据权利要求 2 所述的电子组件，其特征在于，所述蒸发器传热部件和所述至少一个冷凝器传热部件的导热率均高于相邻的冷却基底部分。

4. 根据权利要求 2 所述的电子组件，其特征在于，所述蒸发器传热部件包括一暴露在所述蒸发室内的毛细部分，用于通过毛细作用促进冷却流体的流动。

5. 根据权利要求 2 所述的电子组件，其特征在于，所述至少一个冷凝器传热部件包括暴露在所述至少一个冷凝室内的至少一个毛细部分，用于通过毛细作用促进冷却流体的流动。

6. 根据权利要求 1 所述的电子组件，还包括与所述冷却基底相邻的散热器。

7. 一种控制电子组件内的冷却流体的压力的方法，所述电子组件包括：冷却基底，所述冷却基底具有一蒸发室、至少一个冷凝室、以及至少一条使所述蒸发室与所述至少一个冷凝室流体连通的热管型冷

却流体通道，该热管型冷却流体通道具有在管子内部的毛细突起；电子器件，其由所述至少一个冷凝室附近的冷却基底承载，所述方法包括：

驱动由所述冷却基底承载的用于离解冷却流体以控制该冷却流体的压力的多个冷却流体离解电极。

包括具有流体离解电极的冷却基底的电子组件及相关方法

技术领域

本发明涉及电子组件领域，更具体的，涉及这样一种电子组件及相关方法，该电子组件具有用于冷却一个或多个电子器件的基底。

发明背景

电子器件广泛应用于各种电子设备中。集成电路也是一种电子器件，其包括一硅或砷化镓基片以及形成在该基片的上表面内的许多有源器件例如晶体管等。通常还需要将一个或多个这种集成电路支承在一外壳内，该外壳用以提供对集成电路的保护并允许集成电路与外部电连接。

随着一般集成电路中有源器件密度的增大，对所产生的热量进行分散变得越来越重要。特别是在例如多芯片组件（MCM）、微波发射机以及光子器件中会产生相当多的热量。

一种被称为“热管”的装置已经用在各种设备例如电子电路组件中，该热管用于进行长距离的高效热传递。热管是一种封闭系统，其包括蒸发器、冷凝器、连接该蒸发器与冷凝器且用于输送流体和蒸气的绝热区域、以及用于使其内冷却流体循环流动的毛细管。与其它形式的热调节装置相比，热管的优点在于其不需要机械泵、压缩机或电子控制就可传递热量，在某些情况下，这可以节省空间。

Davidson等人申请的名称为“Optimized Integral Heat Pipe and Electronic Module Arrangement”的美国专利No.5216580中公开了一种采用热管的MCM例子。该MCM包括安装在其一个侧面上的电子电路组件以及安装在其另一个侧面上的热毛细管。热管的蒸发器和冷凝器组件与MCM和毛细管组件相连接。此外，将一种适当的工作流体引

入热管组件内，然后气密封该热管组件。

自然的，冷却装置的尺寸通常需要与其将要冷却的电子器件的尺寸相同。于是，热管的冷却效率就受到尺寸的限制。也就是说，一旦增大外壳的密度，使高功率器件紧密地靠近传统电路，那么与采用不具备泵的传统热管相比，就要求能更迅速地传递更多的热量。

发明概述

考虑到上述背景，本发明的一个目的是提供一种电子组件及相关方法，该电子组件用于给一个或多个电子器件提供充分的冷却，且具有较小的尺寸。

本发明的这个及其它目的、特征以及优点由这样一种电子组件提供，该电子组件包括冷却基底、安装在该冷却基底上的电子器件、以及承载在该冷却基底上的多个冷却流体离解电极，该冷却流体离解电极用于离解冷却流体以控制冷却流体的压力。该冷却基底可具有靠近电子器件的一蒸发室、靠近散热器的至少一个冷凝室、以及使该蒸发器与至少一冷凝室流体连通的冷却流体通道。

更特别的，该电子组件例如通过检测其温度，并依据所检测到的温度驱动多个冷却流体离解电极。多个冷却流体离解电极还允许在电子组件的制造过程中离解冷却流体。每个冷却流体离解电极均由金属组成，该金属最好能抵抗冷却流体的腐蚀。该金属可包括例如金和镍中的至少一种。

此外，该电子组件还包括靠近冷却基底的一散热器。多个冷却流体离解电极包括一蒸发器传热部件和至少一个冷凝器传热部件，蒸发器传热部件使蒸发室与电子器件热连通，至少一个冷凝器传热部件使至少一个冷凝室与散热器热连通。蒸发器传热部件和至少一个冷凝器传热部件的导热率均高于附近的冷却基底部分。此外，蒸发器传热部件和至少一个冷凝器传热部件的导热率均大于约100瓦特每米摄氏度。

此外，蒸发器传热部件、至少一个冷凝器传热部件以及至少一条冷却流体通道使得流体可在电子组件的操作过程中流动，而不需要泵。

蒸发器传热部件包括一暴露于蒸发室的毛细部分，以利用毛细作用促使冷却流体流动。同时，至少一个冷凝器传热部件包括暴露于至少一个冷凝室内的至少一个毛细部分，以利用毛细作用促使冷却流体流动。

另外，冷却基底还包括向内延伸入至少一条冷却流体通道的突起，以利用毛细作用促使冷却流体流动。冷却基底还包括向内延伸入蒸发室和至少一个冷凝室的突起，以利用毛细作用促使冷却流体流动。

依照本发明还提供了一种用于控制电子组件内的冷却流体压力的方法，该电子组件包括包括一冷却基底及承载在该冷却基底上的一电子器件。冷却基底具有一蒸发室、至少一个冷凝室、以及使蒸发室与至少一个冷凝室流体连通的至少一条冷却流体通道。此外，电子器件承载在至少一个冷凝室附近的冷却基底上。该方法包括驱动承载在冷却基底上且用于离解冷却流体的多个冷却流体离解电极，以控制冷却流体的压力。

附图的简要说明

图1是依照本发明的电子组件的透视图。

图2是沿图1中线2-2的截面图。

图3是依照本发明的冷却基底的分解透视图。

图4是图2所示电子组件的蒸发器传热部件的顶视图。

图5是图2所示电子组件的蒸发器传热部件的侧视图。

图6是图2所示电子组件的冷凝器传热部件的透视图。

图7是图2所示电子组件的冷凝器传热部件的顶视图。

图8是图2所示电子组件的冷凝器传热部件的侧视图。

图9是在图1所示电子组件中，传热量相对于槽宽或毛细管宽的图表。

图10是器件温度相对于图1所示电子组件中所采用的热通路数量的图表。

图11是结温相对于图1所示电子组件的分散功率的图表。

优选实施例的详细说明

以下将参照附图更详细地描述本发明，附图中表示了本发明的优选实施例。但是，本发明可具体化为许多不同的形式，不应将其仅限制为这里所提供的实施例。相反，提供这些实施例仅是为了使本公开内容对于本领域技术人员而言详尽且完整，并可完全涵盖本发明的范围。自始至终，相同的数字代表相同的部件。为了更清楚地表示，附图中可能夸大了各层和各个区域的尺寸。

首先参照图1-8，现在说明依据本发明的电子组件20。该电子组件20包括环绕电子器件22的一外壳21。该外壳21包括一基底或冷却基底21a，以及与该冷却基底21a连接的一盖21b。该盖21b限定了一个位于电子电路22上方的空腔33，该空腔33用于保护电子电路及其接触面（未表示）。可使用例如密封环通过铜焊方法来固定该盖21b，如本领域技术人员所熟知的，但也可采取其它的构造形式。外壳21可由例如低温同向烧结陶瓷（LTCC: low temperature co-fired ceramic）材料构成。这种材料的优点是坚固，可在其内形成凹穴及坚固的小通道，同时还可提供经过该材料的电流通道。当然，也可采用其它类似的材料。

如本领域技术人员所能理解的，在其它实施例中，外壳21上可承载两个或更多的电子器件22。该电子器件22包括例如半导体器件或集成电路、热线圈、电阻器等。当然，该电子组件20也可包括其它的电子器件。如图1中最清晰表示的，外壳21的至少一个表面上可承载有电接插件34。如图所示，该电接插件34可为例如排列成栅格状阵列的插脚。在其它实施例中，可提供一边缘插头座以与带状电缆连接，如本领域技术人员所能理解的。

一散热器23靠近冷却基底21a，且该散热器23具有例如散热片24。当然，也可采用本领域公知的其它散热器。例如，散热器可以是一格架或金属框架，电子组件安装在该格架或金属框架内。此外，该散热器可与一个或多个冷凝器传热部件（以下将对其进行描述）形成为一个整体。冷却基底21a还具有靠近电子器件22的一蒸发室25、靠近散热器23的至少一个冷凝室26、以及使该蒸发室与至少一个冷凝室流体连

通的至少一条冷却流体通道27。冷凝室26的总面积可大于蒸发室25的总面积，以减少进入散热片（或散热器）24的热流量。当电子器件22变得相当热，即使该电子器件22与散热器直接接触也不足以充分冷却该器件时，这一点特别可取。

在图3所示实施例中，冷却基底21a包括四个冷凝室26，以及四条自蒸发室25起径向向外延伸的冷却流体通道27，该四条流体通道27的构形类似于“X”。当然，如本领域技术人员所能理解的，在不脱离本发明范围的情况下，可采用任意数量的冷却流体通道和冷凝室。

电子组件20还包括一蒸发器传热部件28和一冷凝器传热部件36。该蒸发器传热部件28使蒸发室25与电子器件22之间热连通。该冷凝器传热部件36使冷凝室26与散热器23之间热连通。当然应意识到的是，本发明可采用不止一个散热器23。

蒸发器传热部件28和冷凝器传热部件36两者的导热率最好都大于约100瓦特每米摄氏度。该热传递部件28,36的导热率可高于相邻的冷却基底21a部分。如图10所示，本领域技术人员可以理解的是，该热传递部件28,36可以维持电子器件22的较低操作温度。

蒸发器传热部件28和冷凝器传热部件36可包括铜-石墨合成材料、AlSiC、以及金属中的至少一种。当然，也可采用本领域公知的其它合适材料，且优选的是，所采用的该材料（例如，至少镍或金中的一种）应能抵抗冷却流体的腐蚀。还希望本发明所采用的两热传递部件28,36能使冷却流体的流动达到最大程度。但应认识到的是，不是在每种情况下都需要以上两种热传递部件，可仅采用其中的一种。

结果，蒸发器传热部件28、冷凝器传热部件36以及冷却流体通道27使得冷却流体可在电子组件的操作过程中流动，而不需要泵。此外，以上所述用于冷却基底21a以及热传递部件28,36的各种材料的热膨胀系数（CTE）（一种物质属性）均与半导体材料的热膨胀系数相匹配。这种匹配就允许将硅或其它电子器件22直接安装在冷却基底21a上。例如，冷却基底21a可为LTCC，热传递部件28,36可为铜-石墨合成材料。

为促使冷却流体流动，蒸发器传热部件28包括暴露于蒸发室25的

一毛细部分，该毛细部分利用毛细管作用推动冷却流体流动。该毛细部分包括自基板29起向外延伸的许多突起30。如图4和5所示，该许多突起30通常可设置为一矩形，但也可采用其它构形。如以下将要进一步说明的，基板29密封相邻的冷却基底21a部分。

类似的，每个冷凝器传热部件36也包括暴露于各个冷凝室26的至少一个毛细部分，该毛细部分利用毛细管作用推动冷却流体流动。

冷凝器传热部件36的毛细部分包括一基底45和自该基底45起向外延伸的许多突起38。如图6和7所示，该突起可设置成两个通常为矩形的群组。同时，冷凝器传热部件36还可包括一基板37，从而密封相邻的冷却基底21a部分，如以下将要进一步说明的。每个突起38可包括一宽度减小的顶部39，以增大各突起顶部之间的间距，缓解毛细流动。这有助于除去阻热流体层，从而加速冷凝。冷凝器传热部件36还可包括靠近毛细部分的一储槽部分40，该储槽部分40限定了一个冷却流体储槽。

此外，为使冷却流体回流至蒸发室25，冷却基底21a还包括向内延伸入冷却流体通道、蒸发室以及冷凝室26的突起41，该突起41限定了各个毛细表面，以在毛细作用下推动冷却流体的流动。也就是说，高流率毛细管（high flow rate capillary）形成高表面能，从而可完全覆盖整个内部表面，并迅速地传输流体。这有助于缓解毛细损耗，对于小型热管装置而言这一点特别重要，毛细损耗可能发生在非毛细面上。

突起41可这样生成，例如通过在与冷却流体通道27以及室25,26的相对平行表面相邻的冷却基底21a层上形成相互垂直的槽。生成这些构造所采用的方法基于本领域技术人员公知的标准多层陶瓷制造技术。当然，本领域技术人员均能认识到，本发明也可采用其它毛细构造。

另外，冷却基底21a可承载多个流体离解电极，以控制冷却流体的压力。在一种实施例中，两个热传递部件28,36可用作流体离解电极，并利用不同的DC电位（例如，电极和负极）来驱动该两个热传递部件28,36（见图2），以使冷却流体离解。在另一种实施例中，可将一流体离解电极42安装在冷却基底21a内。流体离解电极通过使冷却流体的

构成成分离解为气体，来控制冷却流体的压力，并由此控制冷却流体的流率。也就是说，增大所离解气体的分压，从而减少蒸发流体的分压并提高操作温度。当采用流体离解电极时，冷却流体最好是当电流通过其时，其可以发生离解的那种冷却流体，例如水。

在一种实施例中，流体离解电极允许冷却流体在制造过程中发生离解。在另一种实施例中，可检测电子器件22的温度，并根据所检测到的温度来驱动流体离解电极42（或热传递部件），如图2中虚线46所示。流体离解电极42可为金属，该金属最好也能抵抗冷却流体的腐蚀。因而，电极42可为镍和金中的至少一种。当然，本领域技术人员均能认识到，所采用的流体离解电极42除了如这里所公开的位于冷却基底内外，也可采用其它各种构造。

可依照如下所述方法，将电子组件20制造为一多层陶瓷结构。对未焙烧的陶瓷（生陶瓷）进行加工，以切割出所需要的凹穴及毛细构造。然后根据要求印制出内部厚膜导体，以获得规定的多级电路。一旦各单层完成后，就将各单层堆叠起来并进行层压，以形成一个生坯，然后再进行焙烧。如果必要，可利用金钢石锯或其它适当方法对各单层构造进行均一化（singulation）。如本领域技术人员所能理解的，还需要进行研磨，以除去在层压和焙烧过程中造成的表面变形。

接着，对焙烧后的厚膜导体进行印制及再焙烧以获得基板29,37，该基板29,37分别提供了蒸发及冷凝器传热部件28,36的可铜焊密封表面。然后，再给热传递部件28,36（例如，铜-石墨合成材料）的基料镀上镍和金，以铜焊到LTCC冷却基底21a上。铜焊操作最好不用助焊剂，以避免破坏毛细表面，并提供冷却基底21a的气密封。

如本领域技术人员所能理解的，可采用细漏检测法（fine leak verification）来确保外壳的完整性。同时有必要在安装电子器件22之后，再将冷却流体注入冷却基底21a内，以允许将焊模放在热传递部件28,36上。否则，如果内部蒸气压过高，已注满的操作热管会阻止回流，并导致严重的故障。冷却基底21a内可具有一填充管例如一铜管，该填充管用于排出及填充。填充过程可通过喷射来完成。

本领域技术人员将认识到，本发明具有许多优点。例如，本发明可促进毛细流动，从而可缩小冷却流体通道的尺寸，这在以前的现有技术中是无法实现的。同时，流体槽40及具有毛细部分的蒸发器传热部件28可降低流体池沸腾的影响，并可提高功率密度的上限。

此外，冷凝器传热部件36有助于清除冷凝表面上的冷凝物(液体)，从而提供一种基本上连续且无阻碍的冷凝。同时，本发明提供了这样一种设计，该设计具有一个中央蒸发室25或多个蒸发室25，以及一个或多个冷凝室26，利用一条或多条用于冷却流体流动的冷却流体通道27使该一个或多个冷凝室26相互连通。这种设计允许高产热器件可以密集排列，并保持该多个器件的温度在同一温度上。另外如上所述，利用离解电极42可产生气体，由此调节压力及操作温度。

参照以下检测结果可以更充分地理解前述优点，该检测结果是依据本发明制造的一种电子组件例子提供的。

实例

如本领域技术人员所能理解的，依据本发明的电子组件20可以分散电子器件22的热量，并保持恒定的操作温度。热量的分散是这样实现的，增大冷凝区域相对于蒸发区域的面积，并使冷凝区域与蒸发区域相分离。例如，依据本发明的一种测试电子组件具有这样的构造，其冷凝区域的总面积大约为蒸发区域总面积的二倍，但本发明也可采用其它尺寸的电子组件。

由冷却基底21a限定的热管构造的每个部件都要单独考虑，其中一些部件受到尺寸限制。最值得注意的限制因素是，这种“小型”热管的绝热区域与较大热管相比对气流体交互更加敏感。如果不维持某些特性尺寸，就会极大地限制蒸气的流动。对于这里所述的测试装置而言，要求其最小蒸气道的横断面为1.27mm，但依据本发明的其它设计也可采取更小的尺寸，如本领域技术人员所能理解的。

由任何非预定气体造成的分压应保持在较低的水平，以避免由冷却流体形成的预定蒸气分压降低。小型热管对非预定气体相当敏感，

因而有助于气密封。此外，毛细表面41应具有足够精细的构造，以防止形成冷凝流体滴，并从而减少冷却流体的量。另外，冷却流体应与热源紧密接触，以维持恒定的器件操作温度，同时冷凝区域的表面应当没有阻热流体层。此外，应尽量地不阻碍毛细流动，冷凝区域与蒸发区域的比率应远远大于1。冷却流体的选择也很重要，因为该冷却流体应不被污染，特别是可离解为气体。本测试装置选择采用的冷却流体是水，因为水具有较高的热蒸发性、人们熟知其特性、且其通过沸腾易离解为气体。当然，也可采取其它冷却流体。

同时还需要考虑其它一些设计参数。例如，一些关键的几何参照包括冷却流体通道27的横截面构造以及毛细表面41的长度。如本领域技术人员所能理解的，其它参数包括蒸发室及冷凝室25,26的尺寸及构造，可根据经验数据或制造规范来选择。这些参数确定了所需要的装置尺寸，从而为给定类型及数量的电子器件22提供一给定的热离解性能。此外，在本发明申请人撰写的一篇名为“ Miniature Embedded Heat Pipes in Low Temperature Co-Fired Ceramic for Electronic Devices Requiring Temperature Stability”的文章中对本发明这些设计参数作了详细描述，该文章记载在期刊“ Society of Automotive Engineers Aerospace Power Systems Meeting on November 1,2000, in San Diego, California”中，在此引入其整体内容以供参考。

一般而言，毛细作用泵的一个限制因素是其传热能力。毛细泵的一个关键参数是用以限定突起41以及所得到毛细表面的槽宽。这个参数很重要，因为其确定了向蒸发室25供应冷却流体的毛细极限。应认真选择该槽宽，以满足下弯（sag）及分层的要求。本测试装置的槽宽（大约0.102mm（0.004英寸））是基于材料及制造规范，并考虑到基底的总厚度而进行选择的。上述参考文章对该参数作了进一步描述。自图9中可看出，传热量相对于槽宽的曲线。

另一个关键且重要的参数是热源（即，电子器件22）至蒸发室25的传输距离。该参数对于冷却基底21a维持热分散所要求的电子器件22的适度低温很重要。电子器件22应以尽可能小的热阻率与蒸发室25连

接。因此优选的是，电子器件22下方所采用的任何材料都应与以上所述的LTCC真空密封，并与其CTE相匹配。

利用一个简化模型来说明具有热通路（thermal vias）35的LTCC冷却基底21a的热阻率，该热通路35用于将热量导入蒸发室25。该模型包括这样一条热通道，该热通道穿过电子器件22及具有热通路35的冷却基底21a（两者均具有各自的热阻率），并终止于一温度理想上保持恒定的蒸发室。

基于这个模型，尽管蒸发室在大约45℃下工作，但源设备温度可相当高，如图10所示，该温度取决于材料及几何构造。自变量表示直接位于电子器件22下方的通道内的热通路35的数量。该图表还说明了如果热通道内的热阻率相当大，则相对于热负荷而言，不能将电子器件22的温度维持在一个恒定值。如果要取消该系统的热电冷却器（thermal electric coolers），则热阻率特别重要。室温环境下，通常要尽可能使电子器件在接近环境温度的条件下操作。

有了以上设计考虑后，开始制造测试装置。所制造的测试装置包括四个冷凝室26以及使各个冷凝室26与蒸发室连接的四条冷却流体通道27。每条冷却流体通道的长度做成9.5mm，但依据本发明也可使该长度更长或更短。同时，在电子组件20的顶面且一个冷凝室26的正上方形成一个小孔，将一根用于填充的铜管焊接在该孔上，以排出及填充冷却流体。

然后安装热传递部件28,36，使其与各个毛细表面41直接结合。利用80/20金/锡将热传递部件28,36气密封地焊接在LTCC冷却基底21a上。本发明指定一种Ultra_FETTm Power金属氧化物半导体场效应晶体管（MOSFET）为电子器件22。将该MOSFET焊接在蒸发室25附近，其引线粘附在形成基板29的金属化厚膜表面上，以提供电连接。焊接在该金属表面上的引线与一电子检测装置连接。

如上所述，冷却基底21a可为LTCC，LTCC是一种可购买到的低温焙烧玻璃陶瓷（850℃），其原来用于多层电路的制作，LTCC可容纳具有高导电性的金属电路（例如金、银及铜）以及气密封的外壳。

以上所述带的一般特性包括其导热率在2至3W/mK之间，其CTE为7ppm/℃。采用高导电性的热传递部件28,36来密封蒸发室及冷凝室25,26处的热管，该热传递部件28,36的CTE与LTCC的CTE相匹配，同时采用80/20金/锡来提供气密封。

为检测该装置，所采用的检测设备包括一DC电源、一普通功率控制电路、一热电冷却器、以及两个带有温度计的.003″线式K热电偶。普通功率控制电路利用反馈电路来独立控制MOSFET的功率，热电冷却器用以维持一个恒定的冷凝器温度。在整个检测过程中维持热电冷却器的温度在20℃，以提供一个恒定的冷凝室26温度，这有助于进行测量及计算。两热电偶中一个用于测量冷凝器的温度，另一个与MOSFET表面接触，这有助于热润滑（thermal grease），从而可连续地监测结温（junction temperature）。所有检测都在该装置平放在静态空气中的情况下进行。

在10瓦特的热分散范围内，对依照如上所述制造的检测单元进行检测。结果如图5所示。该图表说明了与基底处于有源操作状态（线47）相比，当基底处于无源状态时（即，未填充状态）（线46），结温失去控制。还提供了一条滞后参考线（hystersis reference line）48。热管的热循环在大约3瓦特处启动，且在大约6瓦特处得以稳定。此参数范围对于许多电子器件或者其它需要减少功率耗散及降低电路复杂性的系统来说是理想的。因而更特别的，本发明可适用于例如激光二极管阵列、计算机中央处理单元（CPU）芯片、射频（RF）功率组件、高密度多芯片组件、光学组件以及相控阵天线。

在前述说明及附图的启示下，本领域技术人员可以得到本发明的各种变形及其它实施例。因此，应认识到的是，本发明并不限于这里公开的特定实施例，其它变型及实施例者包括在所附权利要求书的范围内。

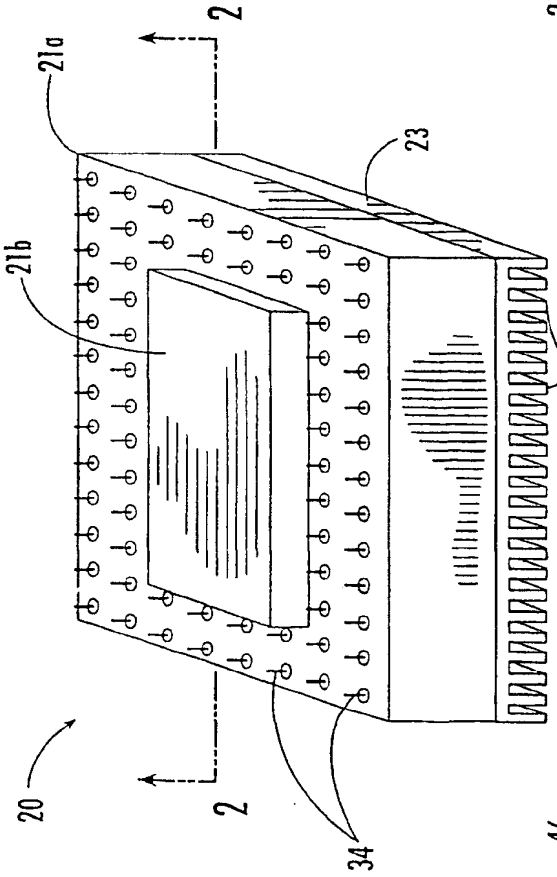

21a
2
23
21b
24
20
2
34

图1

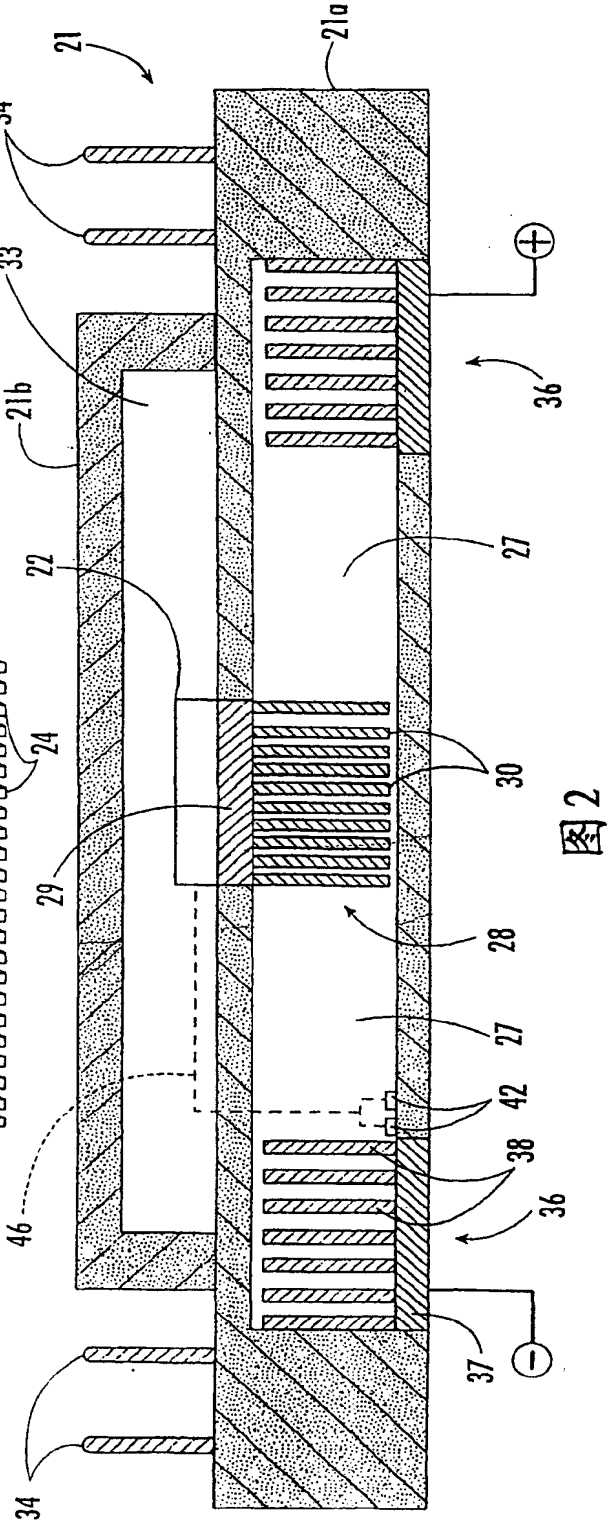
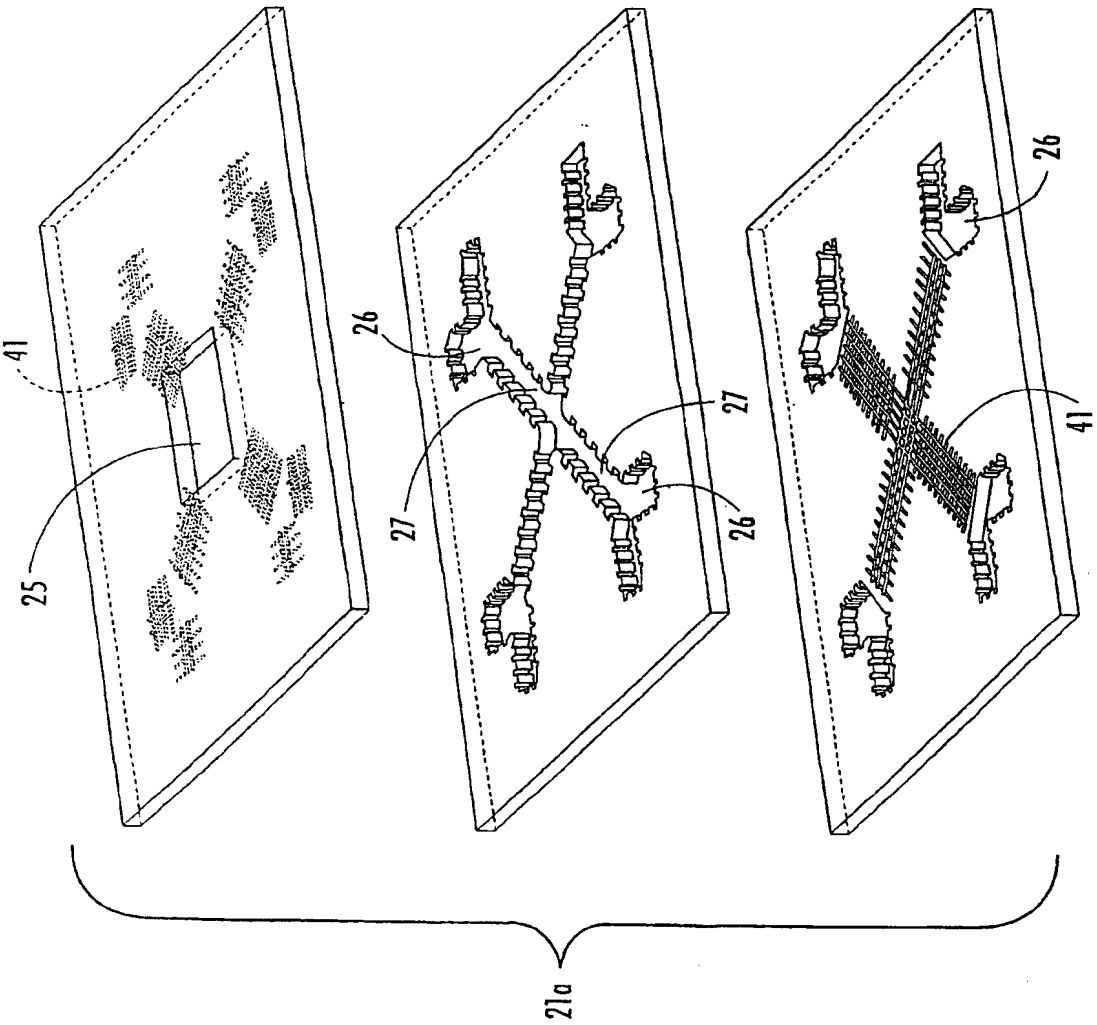

21
21a
34
33
21b
36
22
27
30
29
28
27
42
38
46
36
37
34

图2

图 3



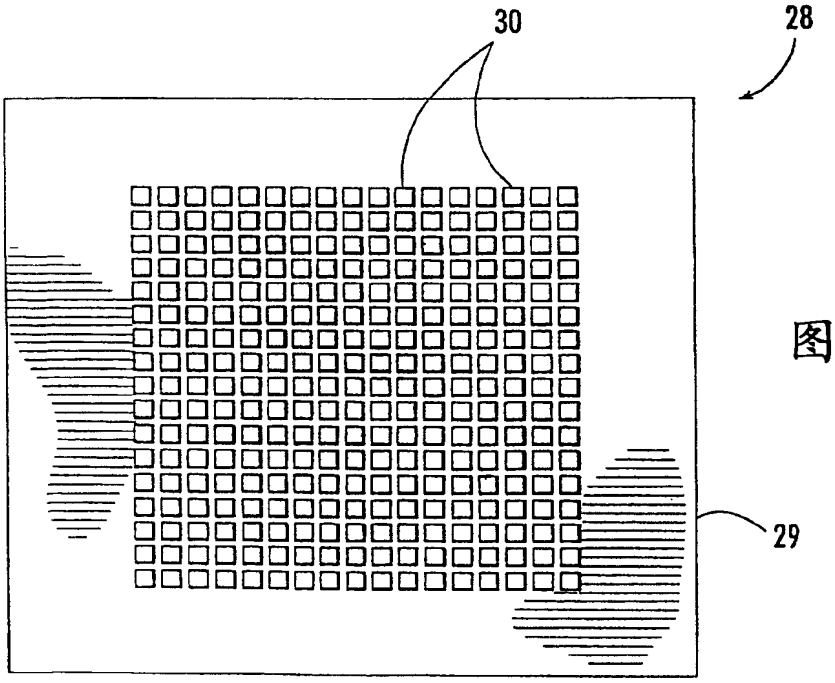


图 4

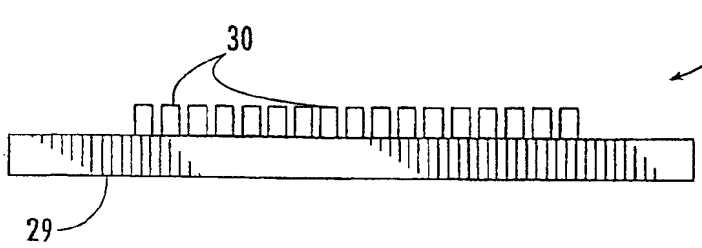


图 5

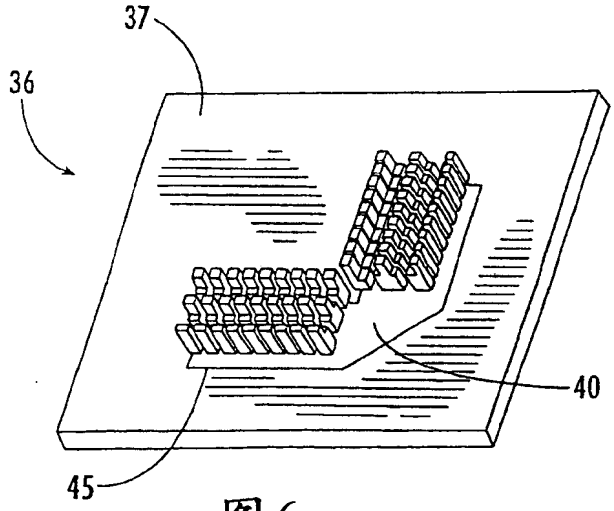


图 6

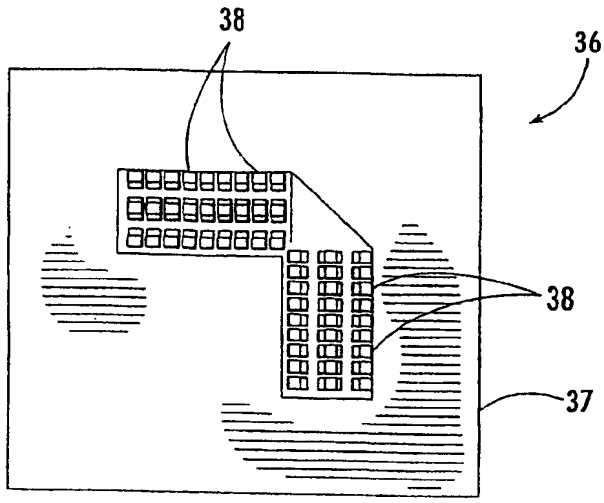

38
36
38
37

图 7

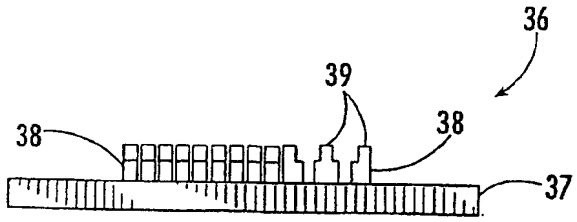

36
39
38
38
37

图 8

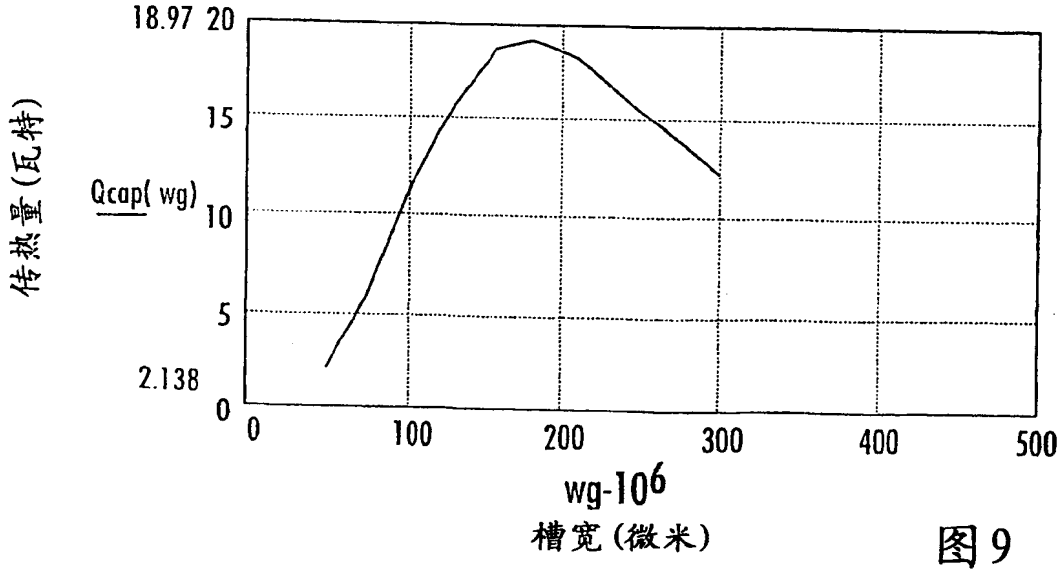

18.97
20
15
Qcap(wg)
10
5
2.138
0
0
100
200
300
400
500
wg-10⁶
传热量(瓦特)
槽宽(微米)

图 9

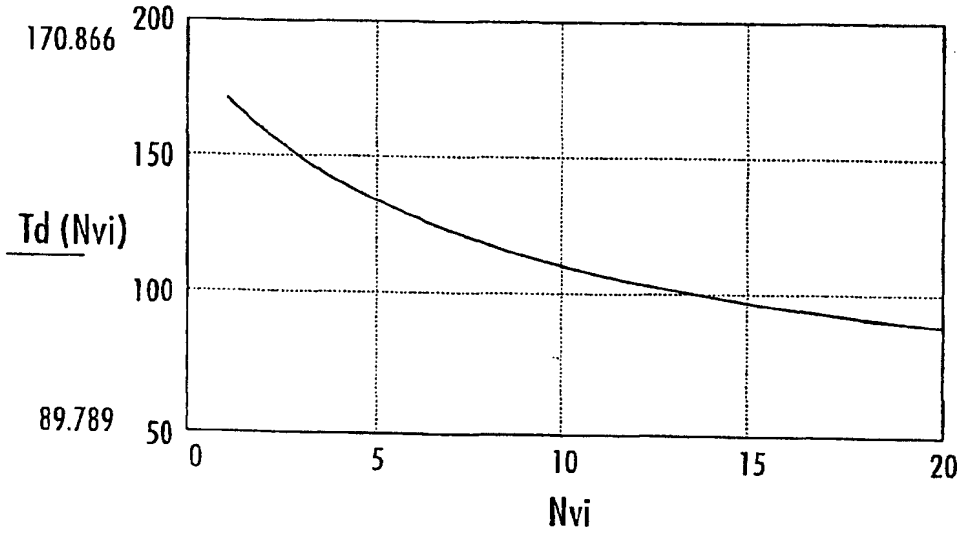

170.866
200
150
Td (Nvi)
100
89.789
50
0
5
10
15
20
Nvi

图10

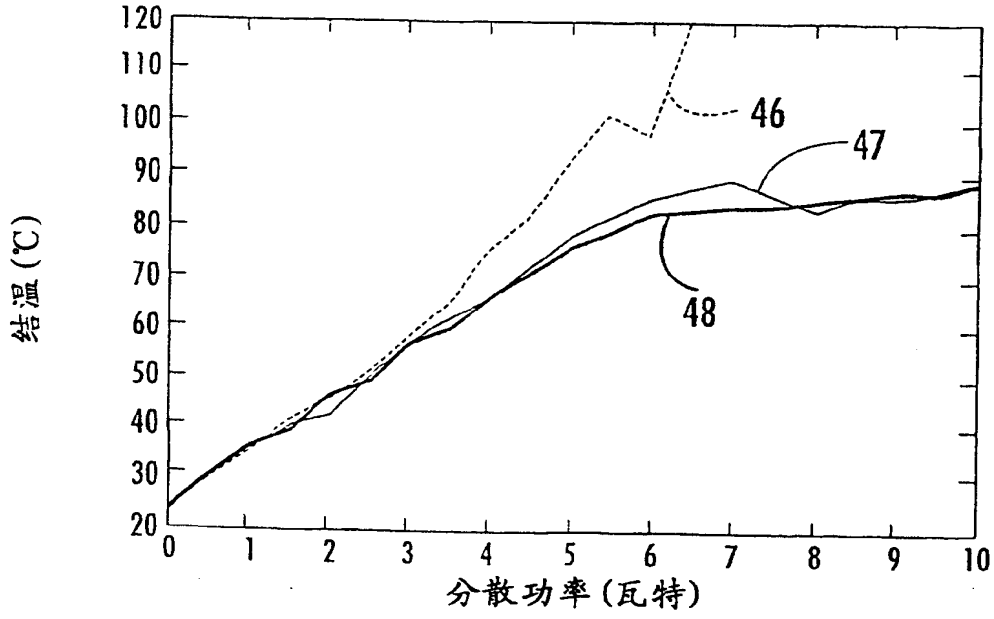

120
110
100
90
80
70
60
50
40
30
20
结温 (℃)
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
分散功率(瓦特)
46
47
48

图11