[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H01L 35/32 (2006.01)
H01L 35/34 (2006.01)
H01L 35/02 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02814026.5

[45] 授权公告日 2007 年 12 月 19 日

[11] 授权公告号 CN 100356602C

[22] 申请日 2002.4.16 [21] 申请号 02814026.5

[30] 优先权

[32] 2001.7.12 [33] US [31] 60/304,898

[32] 2001.11.29 [33] US [31] 09/998,090

[86] 国际申请 PCT/US2002/011974 2002.4.16

[87] 国际公布 WO2003/007391 英 2003.1.23

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.12

[73] 专利权人 磁性流体技术(美国)集团公司

地址 美国新罕布什尔州

[72] 发明人 罗伯特·W·奥蒂

审查员 王 莹

[74] 专利代理机构 北京金信立方知识产权代理有限公司

代理人 张金海

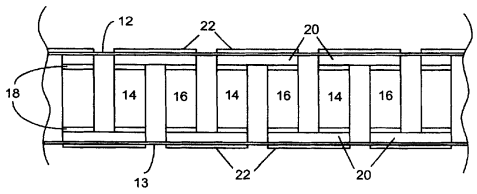
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 2 页

[54] 发明名称

具有薄膜式衬底的热电模块

[57] 摘要

一种弹性热电模块，具有一对弹性衬底，衬底对的每一个的一侧上的多个导电触点，及多个被电连接在具有多个传导触点的弹性衬底对的相对侧之间的 P 型及 N 型热电元件，其中多个传导触点使邻近的 P 型及 N 型元件相互串联连接且其中每一 P 型及 N 型元件具有连接到衬底之一的传导触点之一的第一端及连接到另一衬底的多个电触点之一的第二端。



1、一种热电模块，包括：

一对衬底，其中至少衬底之一是弹性衬底；

多个粘合到所述衬底对的相反面的传导触点；

粘合到所述衬底对中至少之一的外表面的导热及可焊接层；及

多个置于所述衬底对之间的P型及N型热电元件，所述多个传导触点的每一个使邻近的P型及N型热电元件相互串联连接且其中每一所述P型及N型元件具有连接到所述衬底之一的所述传导触点之一的第一端及连接到所述衬底的另一个的所述传导触点之一的第二端。

2、如权利要求 1 的模块，其中所述导热及可焊接层具有允许弹性衬底保持弹性的厚度。

3、如权利要求 1 的模块，其中所述导热及可焊接层形成多个导热及可焊接接触点，这些接触点在空间上与所述衬底对的所述相反面上的所述多个传导触点覆盖的区域相一致。

4、如权利要求 1 的模块，其中所述传导触点比所述导热及可焊接层厚。

5、如权利要求 4 的模块，其中所述传导触点具有等于或大于 0.003 英寸的厚度。

6、如权利要求 5 的模块，其中所述传导触点具有 0.012 英寸的厚度。

7、如权利要求 1 的模块，其中所述弹性衬底具有 500 伏特或更高的绝缘强度。

8、如权利要求 1 的模块，其中所述弹性衬底选自包括聚酰亚胺及环氧树脂的材料组。

9、如权利要求 1 的模块，其中所述多个传导触点具有足以允许所述模块使用 6 安培至 15 安培范围之间的电流运转的厚度。

10、如权利要求 1 的模块，其中所述弹性衬底具有足以提供所述多个传导触点与所述导热及可焊接层之间的电绝缘以及提供所述多个P型和N型元件与所述导热及可焊接层之间的导热性的厚度。

11、如权利要求 10 的模块，其中所述弹性衬底具有 0.0005 英寸至 0.002 英寸范围内的厚度。

12、如权利要求 1 的模块，进一步包括一位于所述多个传导触点与所述多个 P 型和 N 型元件的所述第一及第二端之间的扩散障碍层。

13、如权利要求 12 的模块，其中所述扩散障碍层由选自包括镍、钛/钨混合物及钼的组的材料制成。

14、一种制造弹性热电模块的方法，包括：

获得一对弹性衬底，每一衬底具有多个传导触点布置在其一侧上，导热及可焊接层粘合在所述衬底的另一侧上；及

电连接所述弹性衬底对的具有所述多个传导触点的相对侧之间的多个 P 型及 N 型热电元件，其中所述多个传导触点的每一个使邻近的 P 型及 N 型元件相互串联连接，其中每一所述 P 型及 N 型元件具有连接到所述衬底之一的所述多个传导触点之一的第一端及连接到所述衬底的另一个的所述多个传导触点之一的第二端。

15、如权利要求 14 的方法，其中所述方法进一步包括：所述衬底的一侧上的导热及可焊接层被成形为具有与所述衬底的另一侧上的所述多个传导触点的式样相一致的导热及可焊接接触点。

16、如权利要求 14 的方法，进一步包括在所述传导触点与所述多个 P 型及 N 型元件的所述第一及第二端之间布置一扩散障碍层。

具有薄膜式衬底的热电模块

技术背景

1. 技术领域

本发明总地涉及热电装置。特别地，本发明涉及热电装置及制造该装置的方法。

2. 现有技术

许多类型的工业设备在它们运转期间均需要冷却或加热。典型的例子包括半导体处理设备、制药的及生物技术发酵/分离池、工作母机、空调设备、塑料成型/挤出设备、分析设备、焊接设备、激光器等。提供所需要的冷却或加热的一种常用的方法是使用一再循环冷却剂温度控制装置或冷却器。一种典型的冷却器包括一经一热交换器连接到一再循环冷却剂回路的基于氟利昂的冷却回路。然而，由于全球各国均逐步关注臭氧损耗和全球变暖，因此需要替代标准的基于氟利昂的冷却技术的技术。热电技术提供了一种清洁的、利于环境的、固态备选方案。

热电冷却是由 Jean-Charles-Athanase Peltier 在 1834 年首先发现的，其是在观察到流经两个不同的导体之间的联结点的电流导致联结点处的加热或冷却时发现的，加热或冷却取决于电流的方向。这就是所谓的珀耳帖（Peltier）效应。热电的实际使用一直没有出现，直到 19 世纪 60 年代初期随着半导体热电偶材料的开发才出现，该材料被发现可产生最强的热电效应。今天的大多数热电材料包含由铋、碲、硒及锑的结晶合金。

热电装置是用作热泵的固态装置。它们以与机械热泵、致冷器或任何其他用于传递热能的设备一样的方式遵循热力学定律。主要区别在于，与更多的机械/流体加热及冷却元件相比，热电装置是与固态电元件一起运行。

用于简单的热电装置的电路通常包括两种不同的原料，如N型及P型热电半导体元件。典型地，热电元件被安排成交互式N型元件及P型元件结构。在许多热电装置中，具有不同特性的半导体材料以电串联、热并联的方式连接在一起。珀耳帖效应在电压应用到N型元件及 P 型元件从而导致电流流经串联的电连接且热在并联的热连接中的N型及P型元件上传递时出现。

热电模块的典型结构包括在一对电绝缘的衬底之间电连接一热电元件（小片）的基体。装置的运转产生一热侧衬底及一冷测衬底。模块通常被放置在一负载及一散热器之间，散热器有如液体极板、表面极板或对流散热片。最普通类型的热电元件由铋-碲(Bi_2Te_3)合金构成。最普通类型的衬底是氧化铝（96%）。这些衬底的厚度的典型范围为从约 0.010 英寸（0.25mm）到约 0.040 英寸（1.0mm）之间。对传统的热电模块及技术的描述还在 H. J. GOLDSMID 的热电及热电致冷的CRC手册中提供。

为了产生一净电流在一个方向上流经热电元件，典型的热电装置要求直流(DC)电源。电流流动的方向确定热跨越热电元件传递的方向。净电流、非零电流流经热电元件的方向确定热电装置的功能，即是作为一冷却器还是作为一加热器。

Kishi 等人在 2001 年申请的美国专利 6,222,243 公开了一种热电装置，其包括一对衬底（每一衬底具有一表面）、置于该对衬底之间的P型及N型热电材料片、布置在每一衬底的表面上并使邻近的P型及N型热电材料片相互连接的电极、以及放置在每一衬底的表面上的支撑元件，以用于支撑热电材料片于衬底对之间的各自的电极上并使这些片成直线排列。每一热电材料片具有一连接到衬底之一的电极之一的第一远端及连接到另一衬底的电极之一的第二远端。由电极连接的邻近的P型及N型热电材料片置于衬底对之间，使得邻近的P型及N型热电材料片的线连接中心与每一邻近的P型及N型热电材料片的对角线相一致。在Kishi等人的装置中使用的衬底为硅片。使用硅

片的不足之处在于晶片的脆性及出现在衬底与热电材料片的联结点处的热应力。

Yamamura 等人在 1994 年申请的美国专利 5,362,983 公开了一种串联连接的热电转换模块。热电转换模块由或多排热电半导体片、或同型的多列热电半导体片组成。这种排列改善了装配可使用性并防止错误排列。在 Yamamura 等人的装置中使用的衬底为陶瓷衬底。使用陶瓷衬底的不足之处在于陶瓷的脆性及出现在衬底与热电半导体片的联结点处的热应力。

目前的热电模块技术的其他不足之处还包括其要求衬底足够厚以免于破裂。衬底越厚，热电模块则变得越重。较厚的衬底的材料成本也较高。此外，硅或陶瓷衬底的使用限制了热电模块的大小和形状。例如，如果间距要求确定在衬垫的边缘及模块的边缘之间的通常的 0.025 英寸（0.64mm）边界太大，则要使用特殊的研磨处理以减少边界。由于其脆性，这可能导致陶瓷衬底的破片。

再者，陶瓷衬底的刚性及在模块的加热侧试图膨胀而模块的冷却侧试图收缩的情况下的热电模块的热循环导致“马铃薯片效应”（Potato Chip Effect）。这种效应施加应力在热电片上并导致不同介质之间的结合点处的可能的故障。进一步地，目前的热电模块技术限制了这些装置可以被使用的一些应用。例如，目前的热电模块技术不能在具有不规则及非平表面的应用中实施。

因此，需要一种比目前可用的热电模块薄的热电模块。也需要一种可在具有不规则及非平表面的应用中使用的热电模块。同时还进一步需要一种可调整形状和大小以配合实际应用的热电模块。

发明内容

本发明的一个目标是提供一比目前可用的热电模块薄的热电模块。本发明的另一目标是提供可在具有不规则和非平表面的应用中使用的热电模块。本发明还有一个目标是提供可加工成不固定形状的热

电模块并提供一种可制造比迄今为止的装置更大的装置的方法。本发明还有一个目标是提供一种具有薄的、弹性的衬底的热电模块。

本发明通过提供一在模块的一侧或两侧具有弹性薄膜式衬底的热电模块而实现这些及其他目标。薄膜式衬底在P型及N型热电元件之间提供电连接并电绝缘于热源或冷源。薄膜式衬底还用作热传递介质。用作薄膜材料的材料最好具有相对好的热传递性、较宽的操作温度范围、相对高的绝缘强度、及相对高的抗热循环疲劳性。用作薄膜材料的可接受的材料的一个例子是聚酰亚胺。其他具有类似性质的薄膜材料也可被使用。这样的材料的一个例子是环氧基的膜。

薄弹性膜被碾压或粘合在铜或其他导电材料上。粘合或碾压铜至薄弹性膜的方法的一个例子包括，溅射导电材料在表面上或使用粘合剂粘合铜材料到表面上。导电材料形成模块的半导体元件之间的电接头。薄膜材料还提供电连接及热源或冷源之间的电绝缘。

增强热电模块及热源或冷源之间的热传递的热传导材料的外层通常被使用、但不是必须的。外层也被碾压或粘合到薄膜式衬底的相对表面。外层热传导材料可覆盖薄膜式衬底的整个外表面，也可仅反映在热电模块的半导体元件之间形成接头的电连接衬垫的大小。

附图简要说明

图1为本发明的表示弹性衬底之间的热电元件的排列的截面图。

图 2 为本发明的表示具有弹性衬底的热电模块的不同组件的局部的放大截面图。

图3为本发明的表示使用弹性衬底的大热电模块的俯视图。

具体实施方式

本发明的优选实施例由图1-3图解说明。图1为根据本发明的热电装置 10 的侧视图。热电装置 10 的基本结构包括：夹在弹性衬底12、13之间的P型热电元件14及N型热电元件16。P型热电元件14及N型热电元件16电串联连接且热并联连接以提供珀耳帖效应，这是运转的热电模块的技术基础。应注意的是，只有热电装置 10 的一

侧可使用薄的、弹性的衬底，而另一侧使用传统的衬底，即陶瓷（氧化铝）或硅衬底。当使用单独的一侧薄的、弹性的衬底时，最好在热电模块的加热侧（hot side）使用弹性衬底。由于在热循环期间产生的较大的温差，加热侧往往产生较大的热应力。由于其可变形的特性，弹性衬底允许以较少的约束和应力膨胀和收缩。

弹性衬底 12、13 由弹性薄膜材料制成。薄膜材料提供电绝缘于热源或冷源，同时也用作热传递介质。特别地，材料应具有相对高的抗热循环疲劳性、相对高的绝缘强度、宽的操作温度范围、及相对好的热传递特性。本发明中使用的材料具有约 500 伏特或更高的绝缘强度，其优选是聚酰亚胺薄片材料，其具有约 0.0005 英寸（0.01mm）至约 0.002 英寸（0.051mm）的厚度。其他可用的材料包括薄膜式环氧树脂及满足给定应用所要求的特别规格的材料。尽管弹性薄膜材料的厚度将在损失其他材料特性时增强一定的材料特性，选择弹性衬底 12、13 的优选厚度的一般标准是材料的抗张强度、其抵抗相对于热电元件的重量的切应力的耐久性、其导热性（即其传递热的能力）、及其经受与热电装置的热循环关联的热应力的能力。

P 型热电元件 14 沿电流方向传递热量，N 型热电元件 16 沿电流的相反方向传递热量。通过交替 P 型及 N 型热电元件 14 及 16，当电流提供给热电装置 10 时，热及冷接头被形成。热交换器（未示出）因而被构成，从而使得仅改变流经热电装置 10 的电流的方向就可将热量从热交换器移走或将热量加给热交换器。相反，跨越热电装置 10 建立一差动温度（differential temperature）将导致直流电的产生，其电平取决于模块的物理设计及差动温度的大小。用于制造 P 型热电元件 14 及 N 型热电元件 16 的最常用的热电材料由铋-碲合金组成。

现在转向图 2，其图示了图 1 的所选择的部分的放大侧视图，以表现热电装置 10 的细节。热电装置 10 包括 P 型及 N 型热电元件 14 及 16，其分别被夹在薄膜式弹性衬底 12 及 13 之间。尽管 P 型及 N 型热电元件 14 及 16 的每一侧上的弹性衬底均被示出，热电装置 10

可只在一侧上具有弹性衬底，如先前所述。P 型及 N 型热电元件 14 及 16 的每一远端均被涂以扩散障碍层 18。扩散障碍层 18 阻止铜扩散/迁移进入 P 型及 N 型热电元件 14 及 16。铜扩散/迁移进入热电元件 14 及 16 缩短了这些组件作为热电元件的工作寿命，其在热电模块的成本是决定因素的应用中是可接受的。在这些类型的应用中，则不要求扩散障碍层 18。通常可接受的作为扩散障碍层材料的材料是镍、或钛/钨混合物、或钼。本发明中所使用的优选材料是镍。

弹性衬底 14 及 16 被涂覆、碾压、或粘合上一层导电材料，最好是铜，以形成导电衬垫 20。导电材料可被形成在弹性衬底 12 及 13 的整个表面上，其随后被蚀刻成想要的电连接衬垫式样（pattern）并去除额外的导电材料，或者所想要的连接衬垫式样可被涂覆、碾压或粘合至所想要的构型中的弹性衬底 12 及 13。

P 型及 N 型热电元件 14 及 16 最好以串联方式焊接至导电衬垫以形成夹层基体。导电环氧树脂是另一类型的导电材料，其也可被用于形成所想要的导电衬垫以串联连接 P 型及 N 型热电元件 14 及 16。在弹性衬底 14 及 16 的相对表面上，导电材料衬垫 20 的衬垫 22 的镜像式样也可被提供以增强热电装置 10 及热电装置 10 接触的表面之间的导热率。另外，导热环氧树脂可被用于在弹性衬底 12 及 13 的外表面上形成所想要的衬垫 22。

尽管扩散障碍层 18 被描述为应用到 P 型及 N 型热电元件 14 及 16 的远端，应注意的是扩散障碍层 18 可改为被用到弹性衬底 12 及 13 上的导电衬垫 20。

图 3 示出了一种简化的、比先前实践中的传统模块结构大的热电装置 10 的一个例子的俯视图。图 3 图示了具有 8 英寸（20.32cm）直径及一模块厚度约 0.100 英寸（2.54mm）的热电装置 10。

一种制造热电装置 10 的方法包括使用一薄的、有弹性的薄片材料，其两侧上均具有导电涂层。这样的衬底可从明尼苏达州的 Northfield 的 Sheldahl 公司获得，其商品名/商标为 GOULDFLEX。衬底通常在其两侧均具有铜涂层，涂层厚度为约 0.0028 英寸

（0.071mm）。想要的导电衬垫的式样被以现有的掩饰处理技术蚀刻在衬底上。传导衬垫式样的铜接着被预镀锡以准备用于在其上焊接小块（P 型元件 14 及 N 型元件 16）的表面。食欲形成 P 型热电元件 14 及 N 型热电元件 16 的热电偶半导体材料（Bi_2Te_3合金）被切割成想要的大小。P 型及 N 型元件的大小取决于热电装置 10 所需要的热泵容量，这很容易由本领域技术人员确定。

每一 P 型及 N 型元件的末端均被粘合以扩散障碍层 18，最好是镍。为降低热电装置 10 的制造成本，可以去掉扩散障碍层步骤。然而，应该理解的是，由于铜迁移进入 P 型及 N 型元件 14 及 16，热电装置 10 的有用寿命被缩短。P 型及 N 型热电元件 14 及 16 接着被附着、最好是焊接在弹性衬底 12 的预镀锡的导电衬垫 20 上，这可通过用手取、放 P 型及 N 型元件于衬底上、最好使用定位格栅或格网，或通过使用执行放置、排列及焊接的自动化系统，或使用焊接构件的半自动化取、放系统实现。第二衬底 13 被以类似方式附着在 P 型及 N 型元件的另一端。第二衬底 13 也可是薄的弹性衬底或其可以是传统的陶瓷衬底。

研究发现，要获得具有等于或优于陶瓷基衬底热电模块的性能特性的弹性衬底热电装置 10，形成传导衬垫 20 的导电材料必须具有大于目前可用的弹性衬底的传导涂层的厚度。目前的传导涂层厚度能够支持 4 安培（amps）的热电模块。导电材料的厚度取决于热电装置 10 所需要的热泵容量、热电装置 10 的大小、及在热电装置 10 中所使用的 P 型及 N 型热电元件的大小。较厚的导电涂层使能有较大的功率密度，其导致对任何给定区域均有较大的热泵容量。总之，设计导体截面应根据 Mil Standard 275E 中所参考的那些内容。

然而，目前可用的弹性衬底上的传导层厚度不能被用于制造能够使用 6-15 安培电流的热电模块，其要求传导层厚度等于或大于 0.003 英寸（0.076mm），其典型范围为 0.008 英寸（0.20mm）至 0.015 英寸（0.38mm）。优选厚度为 0.012 英寸（0.30mm）。

还发现生产用于制造 6 安培到 15 安培的热电模块的具有较厚的传导衬垫 20 的弹性衬底是一个问题。那些安装传导层在弹性衬底上的本领域技术人员的现有智慧认为使用当前的达到最新技术发展水平的工艺规程不能实现较厚的层。各种各样的方法被开发以获得具有所要求的特性的弹性衬底从而用在电流密度率为 6-15 安培的弹性衬底热电模块中，电流密度大小取决于应用。具有较厚的传导涂层的电绝缘衬底可从新罕布什尔州的 Nashua 的 Ferrotec USA 公司获得。

使用弹性衬底 12 及 13，使得本发明相对于现有技术可获得几个优势。现在可以制造相对大的热电模块，而先前是不可实现的。本发明提供了制造沿成形表面的轮廓的弹性热电模块的能力，因而对具有不规则和/或非平表面的应用可制造可行的热电模块。在热电模块中使用薄弹性膜衬底降低了热电模块的总重量并降低了制造成本。因为热电模块通常被用于开、关热电模块的应用中，使用薄弹性膜衬底增加了热电模块的循环寿命。衬底的弹性减少了由热循环引起的总应力。此外，根据本发明的教导制造的热电模块的降低了的厚度提供了新应用机会，这对现有的热电模块技术而言是不实际的。再者，本发明提供了创造具有不固定形状的热电模块的能力，这是使用传统模块构造技术所不能实现的。

尽管本发明的优选实施例已在此描述，上面的描述仅是说明性的。那些各自领域中的技术人员可对于此公开的发明做出进一步修改，所有那些修改均视为在本发明确定的范围之内。

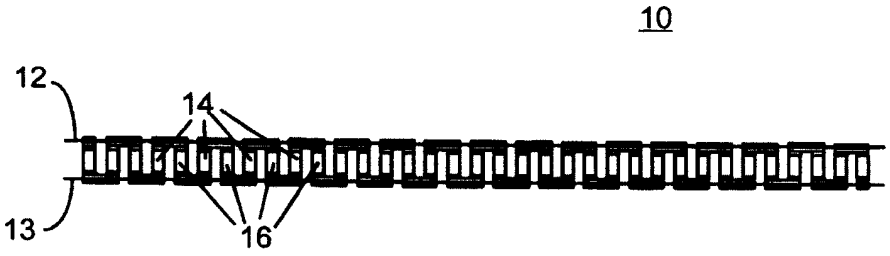


图 1

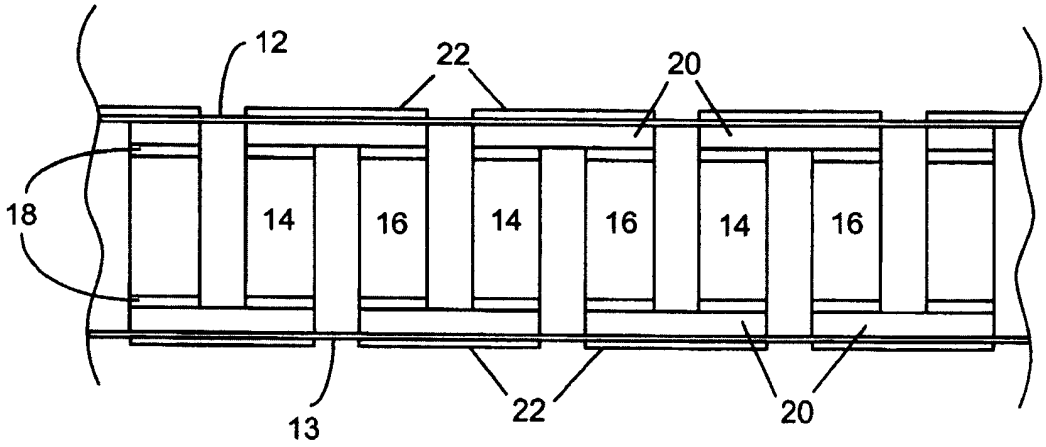


图 2

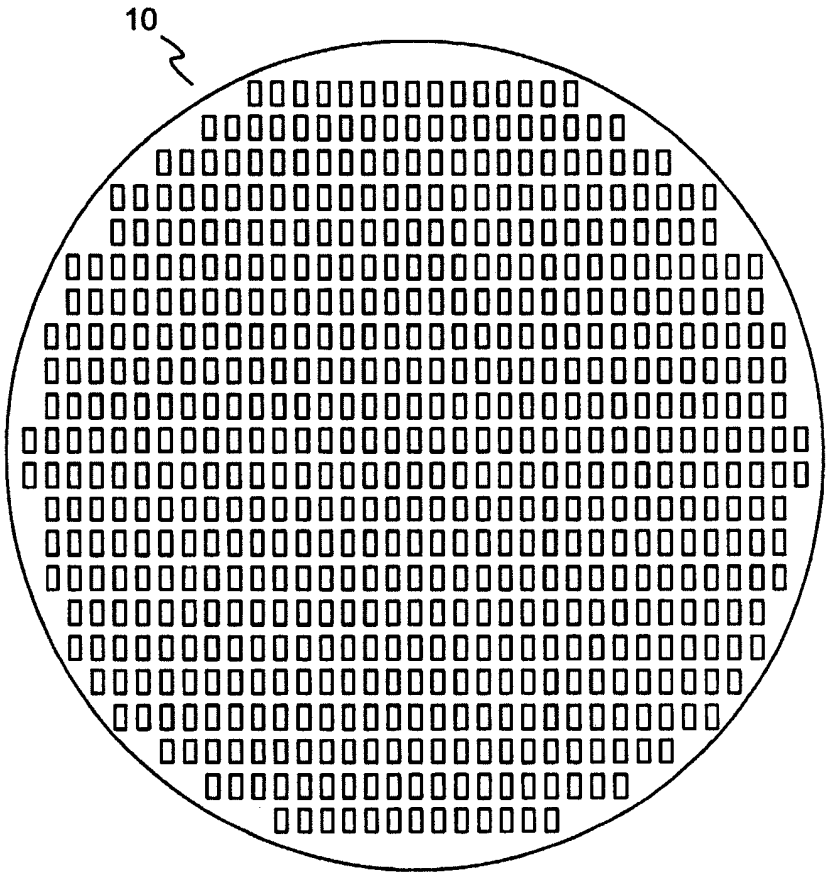


图 3