



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102606231 B

(45) 授权公告日 2015. 09. 30

(21) 申请号 201110429339. X

(22) 申请日 2011. 12. 09

(30) 优先权数据

12/965083 2010. 12. 10 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·S·班克 T·G·维策尔

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司
72001

代理人 李强 谭祐祥

(51) Int. Cl.

F01D 25/12(2006. 01)

(56) 对比文件

US 6617003 B1, 2003. 09. 09, 说明书第 3 栏
第 38-53 行, 第 5 栏第 29 行至第 7 栏第 39 行、附
图 1-4.

US 7553534 B2, 2009. 06. 30, 说明书第 3 栏
第 1 行至第 5 栏第 52 行、附图 2.

CN 101128649 A, 2008. 02. 20, 全文.

EP 1517008 A2, 2005. 03. 23, 全文.

CN 1717534 A, 2006. 01. 04, 全文.

US 2008/0286090 A1, 2008. 11. 20, 全文.

审查员 郭琦

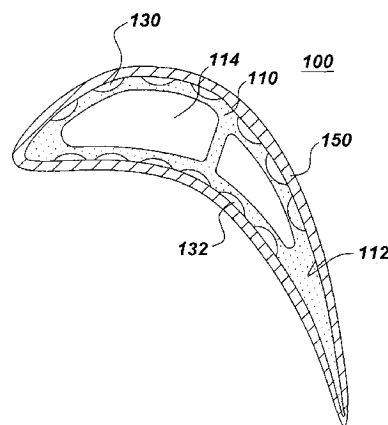
权利要求书2页 说明书11页 附图9页

(54) 发明名称

具有冷却通道的构件和制造方法

(57) 摘要

本发明涉及具有冷却通道的构件和制造方法。公开了一种构件。该构件包括包含外表面和内表面的衬底。内表面限定至少一个空心内部空间, 而外表面限定至少部分地沿着外部衬底表面延伸并且具有相应的基部的一个或多个凹槽。通过相应的凹槽的基部而形成一个或多个进入孔, 以将凹槽连接成与相应的空心内部空间处于流体连通。该构件进一步包括涂层, 该涂层包括设置在外表面上的至少一部分上的一个或多个层。凹槽(一个或多个)和涂层共同限定一个或多个通道以冷却构件。通过一个或多个涂层层而形成一个或多个沟道, 并且该一个或多个沟道为冷却通道(一个或多个)至少部分地限定至少一个出口区。还提供了一种制造构件的方法。



1. 一种构件 (100), 包括:

包括外表面 (112) 和内表面 (116) 的衬底 (110), 其中, 所述内表面 (116) 限定至少一个空心内部空间 (114), 其中, 所述外表面 (112) 限定一个或多个凹槽 (132), 其中, 所述一个或多个凹槽 (132) 中的各个均至少部分地沿着所述衬底 (110) 的所述外表面 (112) 延伸, 并且具有基部 (134), 其中, 通过相应的凹槽 (132) 的所述基部 (134) 而形成一个或多个进入孔 (140), 以将所述凹槽 (132) 连接成与所述至少一个空心内部空间 (114) 中的相应的一些处于流体连通; 以及

包括设置在所述衬底 (110) 的所述外表面 (112) 的至少一部分上面的一个或多个层的涂层 (150), 其中, 所述一个或多个凹槽 (132) 和所述涂层 (150) 共同限定一个或多个通道 (130) 以冷却所述构件 (100), 其中, 通过所述涂层 (150) 的一个或多个层而形成一个或多个沟道 (60), 以及其中, 所述一个或多个沟道 (60) 为所述一个或多个通道 (130) 至少部分地限定至少一个出口区 (62), 其中所述沟道 (60) 的覆盖区域 (70) 在所述沟道 (60) 的第一端 (72) 处比在所述沟道 (60) 的第二端 (74) 处更小。

2. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 所述涂层 (150) 至少包括结构涂层 (54) 和外部涂层 (56), 以及其中, 所述一个或多个沟道 (60) 延伸通过所述结构涂层 (54) 和所述外部涂层 (56), 以为所述一个或多个通道 (130) 限定所述至少一个出口区 (62)。

3. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 通过所述涂层 (150) 的所述一个或多个层而形成多个沟道 (60)。

4. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 多个凹槽 (132) 形成于所述衬底中, 其中, 多个通道 (130) 由所述涂层 (150) 和所述凹槽 (132) 限定, 以及其中, 所述一个或多个沟道 (60) 中的至少一个在相应的出口区 (62) 附近包括一个或多个涂层脊 (64)。

5. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 所述一个或多个沟道 (60) 具有成角度的出口壁 (66)。

6. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 多个凹槽 (132) 形成于所述衬底中, 其中, 多个通道 (130) 由所述涂层 (150) 和所述凹槽 (132) 限定, 以及其中, 所述通道 (130) 在所述沟道 (60) 的所述第二端 (74) 附近比它们在所述沟道 (60) 的所述第一端 (72) 附近隔得更靠近在一起。

7. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 多个凹槽 (132) 形成于所述衬底中, 其中, 多个通道 (130) 由所述涂层 (150) 和所述凹槽 (132) 限定, 以及其中, 在所述沟道 (60) 的所述第一端 (72) 附近的所述通道 (130) 在容量方面比在所述沟道 (60) 的所述第二端 (74) 附近的所述通道 (130) 中的至少一些更小。

8. 根据权利要求 1 所述的构件 (100), 其特征在于, 所述涂层 (150) 至少包括结构涂层 (54) 和外部涂层 (56), 其中, 所述一个或多个沟道 (60) 延伸通过所述外部涂层 (56), 但不完全延伸通过所述结构涂层 (54), 其中, 一个或多个膜冷却孔 (142) 延伸通过所述结构涂层 (54), 以使相应的一个或多个通道 (130) 与相应的沟道 (60) 连接, 使得所述一个或多个膜冷却孔 (142) 和所述一个或多个沟道 (60) 限定所述至少一个出口区 (62)。

9. 一种制造构件 (100) 的方法, 所述方法包括:

在衬底 (110) 的外表面 (112) 中形成一个或多个凹槽 (132), 其中, 所述衬底 (110) 具有至少一个空心内部空间 (114), 其中, 所述一个或多个凹槽 (132) 中的各个均至少部分地

沿着所述衬底 (110) 的所述外表面 (112) 延伸,并且具有基部 (134) ;

通过所述一个或多个凹槽 (132) 中的相应的一个的所述基部 (134) 而形成一个或多个进入孔 (140),以使所述凹槽 (132) 连接成与所述至少一个空心内部空间 (114) 中的相应的一些处于流体连通 ;

将涂层 (150) 淀积在所述衬底 (110) 的所述外表面 (112) 的至少一部分上面,使得所述一个或多个凹槽 (132) 和所述涂层 (150) 共同限定一个或多个通道 (130) 以冷却所述构件 (100) ;以及

通过所述涂层 (150) 的一个或多个层而形成一个或多个沟道 (60),以为所述一个或多个通道 (130) 至少部分地限定至少一个出口区 (62),其中所述沟道 (60) 的覆盖区域 (70) 在所述沟道 (60) 的第一端 (72) 处比在所述沟道 (60) 的第二端 (74) 处更小。

具有冷却通道的构件和制造方法

技术领域

[0001] 本发明大体涉及燃气轮机发动机,并且,更具体而言,涉及在其中进行冷却的微通道。

背景技术

[0002] 在燃气轮机发动机中,空气在压缩机中被加压,并且在燃烧器中与燃料混合而产生热的燃烧气体。在高压涡轮(HPT)和低压涡轮(LPT)中从气体中抽取能量,高压涡轮对压缩机提供动力,低压涡轮在涡轮扇航空器发动机应用中对风扇提供动力,或者对用于船舶应用和工业应用的外部轴提供动力。

[0003] 发动机效率随燃烧气体的温度的升高而提高。但是,燃烧气体沿着它们的流径加热各种构件,这继而需要对它们进行冷却,以实现长的发动机寿命。典型地,通过从压缩机放出空气以冷却热气路径构件。这个冷却过程会降低发动机效率,因为放出的空气在燃烧过程中不会被使用。

[0004] 燃气轮机发动机冷却技术是成熟的,并且对于各种热气路径构件中的冷却回路和特征的各方面包括许多专利。例如,燃烧器包括在运行期间需要冷却的径向外衬套和径向内部衬套。涡轮喷嘴包括支承在外部带和内部带之间的、也需要冷却的空心导叶。涡轮转子叶片是空心的,并且典型地在其中包括冷却回路,叶片被涡轮护罩包围,涡轮护罩也需要冷却。热的燃烧气体通过排气装置而排出,排气装置也可装有衬套且被恰当地冷却。

[0005] 在所有这些示例性燃气轮机发动机构件中,典型地使用高强度超合金金属制成的薄金属壁来获得增强的耐久性,同时最大程度地减小对其进行冷却的需要。针对这些单独的构件,在它们在发动机中的对应的环境中定制了各种冷却回路和特征。例如,一系列内部冷却通路或盘管可形成于热气路径构件中。可从气室中对盘管提供冷却流体,并且冷却流体可流过通路,从而冷却热气路径构件衬底和涂层。但是,这个冷却策略典型地导致有相当低的热传递速率和不均匀的构件温度分布。

[0006] 微通道冷却具有通过这样来显著地降低冷却要求的潜力:将冷却布置成尽量接近被加热的区域,从而对于给定的热传递速率而降低主要的承载衬底材料的热侧和冷侧之间的温差。但是,用于形成微通道冷却的构件的现有技术典型地需要为各个微通道形成单独的膜出口孔。由于热气路径构件可包括数以百计的微通道,所以形成膜出口孔因而将必须形成数以百计的孔,这增加了构件的总制造成本。

[0007] 因此提供一种更经济和高效的手段来为微通道形成出口区将是合乎需要的。

发明内容

[0008] 本发明的一方面在于一种包括具有外表面和内表面的衬底的构件。内表面限定至少一个空心内部空间,而外表面则限定一个或多个凹槽。各个凹槽至少部分地沿着衬底的外表面延伸,并且具有相应的基部。通过相应的凹槽的基部而形成一个或多个进入孔,以使凹槽连接成与该至少一个空心内部空间中的相应的一些处于流体连通。该构件进一步包括

涂层,该涂层包括设置在衬底的外表面的至少一部分上面的一个或多个层。凹槽(一个或多个)和涂层共同限定一个或多个通道以冷却构件。通过涂层的一个或多个层而形成一个或多个沟道,并且该一个或多个沟道为冷却通道至少部分地限定至少一个出口区。

[0009] 本发明的另一方面在于一种制造构件的方法。该方法包括在衬底的外表面中形成一个或多个凹槽,衬底具有至少一个空心内部空间。各个凹槽至少部分地沿着衬底的外表面延伸,并且具有相应的基部。该制造方法进一步包括通过相应的凹槽的基部而形成一个或多个进入孔,以使凹槽连接成与该至少一个空心内部空间中的相应的一些处于流体连通。该制造方法进一步包括将涂层淀积在衬底的外表面的至少一部分上面,使得凹槽(一个或多个)和涂层共同限定一个或多个通道以冷却构件。该制造方法进一步包括通过涂层的一个或多个层而形成一个或多个沟道,以为冷却通道(一个或多个)至少部分地限定至少一个出口区。

附图说明

[0010] 当参照附图阅读以下详细描述时,本发明的这些和其它特征、方面和优点将变得更好理解,在附图中,相同符号在图中表示相同部件,其中:

[0011] 图 1 是燃气轮机系统的示意图;

[0012] 图 2 是根据本发明的各方面的、具有冷却通道的一个实例翼型件构造的示意性截面;

[0013] 图 3 在透视图中的示意性地描绘了部分地沿着衬底的表面延伸以及将冷却剂引导到形成于翼型件涂层中的沟道中的相应的出口区的三个实例冷却通道;

[0014] 图 4 是图 3 的实例冷却通道中的一个的截面图,并且显示了将冷却剂从进入孔传送到形成于翼型件涂层中的沟道中的出口区的通道;

[0015] 图 5 是与冷却通道中的一个不一致的图 3 的构件的截面;

[0016] 图 6 在透视图中的示意性地描绘了部分地沿着衬底的表面延伸以及将冷却剂引导到形成于翼型件涂层中的沟道中的相应的出口区的三个实例凹腔形冷却通道;

[0017] 图 7 是具有三个实例冷却通道的构件的截面,其中,各个通道均具有可渗透槽口;

[0018] 图 8 是具有三个实例冷却通道的构件的截面,其中,各个通道均具有由外部涂层密封的可渗透槽口;

[0019] 图 9 在透视图中的示意性地描绘了具有三个实例冷却通道以及具有形成于外部涂层层中的沟道的构件的区段;

[0020] 图 10 是图 9 的实例冷却通道中的一个的截面图,并且显示了通过膜孔而流体地连接到形成于外部涂层层中的沟道上的通道;

[0021] 图 11 在透视图中的示意性地描绘了相对于形成于翼型件涂层中的沟道以非直角入射角来定向的三个实例冷却通道;

[0022] 图 12 在透视图中的示意性地描绘了具有四个实例冷却通道以及具有形成于涂层中的两个沟道的构件的区段;

[0023] 图 13 示意性地描绘了另一个沟道构造,其中,该沟道限定由涂层脊分开的出口区;

[0024] 图 14 是图 13 中的实例沟道的截面图;

[0025] 图 15 是与冷却通道中的一个不一致的构件的截面,其中,沟道具有成角度的入口壁和出口壁;

[0026] 图 16 示意性地描绘了另一个沟道构造,其中,沟道的覆盖区域在沟道的第一端处比在沟道的第二端处更小;

[0027] 图 17 示出了实例弯曲沟道构造;以及

[0028] 图 18-20 示出了用于形成构件的实例过程步骤。

[0029] 部件列表:

[0030] 10 燃气轮机系统

[0031] 12 压缩机

[0032] 14 燃烧器

[0033] 16 涡轮

[0034] 18 轴

[0035] 20 燃料喷嘴

[0036] 52 表面法线

[0037] 54 结构涂层

[0038] 56 外部涂层(一个或多个)

[0039] 60 沟道

[0040] 62 出口区(一个或多个)

[0041] 64 涂层脊

[0042] 66 出口壁

[0043] 68 入口壁

[0044] 70 沟道覆盖区域

[0045] 72 沟道的第一端

[0046] 74 沟道的第二端

[0047] 80 热气路径流

[0048] 100 热气路径构件

[0049] 110 衬底

[0050] 112 衬底的外表面

[0051] 114 空心内部空间

[0052] 116 衬底的内表面

[0053] 130 凹腔形通道

[0054] 132 凹腔形凹槽(一个或多个)

[0055] 134 凹槽的基部

[0056] 136 凹槽的顶部(开口)

[0057] 138 凹腔形凹槽的壁

[0058] 140 进入孔(一个或多个)

[0059] 142 膜冷却孔(一个或多个)

[0060] 144 多孔空隙(一个或多个)

[0061] 150 涂层(一个或多个)

[0062] 160 磨料液体射流

具体实施方式

[0063] 用语“第一”、“第二”等在本文中不表示任何顺序、数量或重要性,而是相反,它们用来使一个元件与另一个元件区别开。用语“一个”和“一种”在本文中不表示对数量的限制,而是相反,它们表示存在所参照的项目中的至少一个。结合数量所使用的修饰语“大约”包括本数,并且具有上下文所规定的含义,(例如包括与特定的数量的测量相关联的误差度)。另外,用语“组合”包括掺合物、混合物、合金、反应产物等等。

[0064] 此外,在本说明书中,后缀“(一个或多个)”通常意图包括其修饰的项目的单数和复数两者,从而包括该项目中的一个或多个(例如“通路孔”可包括一个或多个通路孔,除非另有说明)。贯穿说明书,对“一个实施例”、“另一个实施例”、“实施例”等等的参照意味着结合该实施例所描述的特定的元素(例如特征、结构和/或特性)包括在本文描述的至少一个实施例中,并且可存在或可不存在于其它实施例中。另外,将理解,所描述的有创造性的特征可按任何适当的方式结合在各种实施例中。

[0065] 图1是燃气轮机系统10的示意图。系统10可包括一个或多个压缩机12、燃烧器14、涡轮16和燃料喷嘴20。压缩机12和涡轮16可由一个或多个轴18联接。轴18可为单个轴或联接在一起而形成轴18的多个轴节段。

[0066] 燃气轮机系统10可包括许多热气路径构件100。热气路径构件是至少部分地暴露于通过系统10的高温气流的系统10的任何构件。例如,轮叶组件(也称为叶片或叶片组件)、喷嘴组件(也称为导叶或导叶组件)、护罩组件、过渡件、固持环和压缩机排气构件全部都是热气路径构件。但是,应当理解,本发明的热气路径构件100不限于上面的实例,而是可为至少部分地暴露于高温气流的任何构件。另外,应当理解,本公开的热气路径构件100不限于燃气轮机系统10中的构件,而是可为可暴露于高温流的机器或其构件的任何零件。

[0067] 当热气路径构件100暴露于热气流80时,热气路径构件100被热气流80加热,并且可达到热气路径构件100失效的温度。因此,为了允许系统10用处于高温的热气流80来运行,从而提高系统10的效率和性能,需要一种用于热气路径构件100的冷却系统。

[0068] 大体上,本公开的冷却系统包括形成于热气路径构件100的表面中的一系列小通道或微通道。该热气路径构件可设有涂层。可从气室中将冷却流体提供给通道,并且冷却流体可流过通道,从而冷却涂层。

[0069] 参照图2-17来描述构件100。如例如在图2中所指示的那样,构件100包括衬底110,衬底110包括外表面112和内表面116。如例如在图2中所指示的那样,内表面116限定至少一个空心内部空间114。如例如在图2和3中所指示的那样,外表面112限定一个或多个凹槽132。如例如在图3和11中所指示的那样,各个凹槽132至少部分地沿着衬底110的表面112延伸,并且具有基部134。

[0070] 典型地在衬底110的表面112中形成凹槽132之前铸造衬底110。如在共同转让的美国专利No. 5,626,462(该专利通过引用而以其整体结合在本文中)中论述的那样,衬底110可由在本文中被描述成第一材料的任何适当的材料形成。取决于构件100的预期应用,这可包括Ni基、Co基和Fe基超合金。Ni基超合金可为含有 γ 相和 γ' 相两者的那

些,尤其是含有 γ 相和 γ' 相两者的、其中 γ' 相占超合金的至少 40% (体积) 的那些 Ni 基超合金。已知这样的合金是有利的,因为结合了合乎需要的属性,包括高温强度和高温抗蠕变性。第一(衬底)材料还可包括 NiAl 金属间合金,因为还知道这些合金具有对于在用于航空器的涡轮发动机应用中使用来说有利的良好属性(包括高温强度和高温抗蠕变性)的组合。在 Nb 基合金的情况下,具有良好的抗氧化性的经涂覆的 Nb 基合金将是优选的,例如 Nb/Ti 合金,以及特别是包含 Nb(27-40)Ti(4.5-10.5)Al(4.5-7.9)Cr(1.5-5.5)Hf(0-6)V 的那些合金,其中成分范围以原子百分数为单位。第一(衬底)材料还可包括包含至少一个次生相(诸如包括硅化物、碳化物或硼化物的含 Nb 的金属间化合物)的 Nb 基合金。这样的合金类似于延展相(即 Nb 基合金)和加强相(即含 Nb 的金属间化合物)的复合物。对于其它布置,衬底材料包括钼基合金,例如以具有 Mo_5SiB_2 和 Mo_3Si 次生相的钼(固态溶液)为基础的合金。对于其它构造,衬底材料包括陶瓷基质复合物,例如用碳化硅(SiC)纤维加强的 SiC 基质。对于其它构造,衬底材料包括 TiAl 基金属间化合物。

[0071] 如例如在图 3 中所指示的那样,通过相应的凹槽 132 的基部 134 而形成一个或多个进入孔 140,以将凹槽 132 连接成与相应的空心内部空间 114 处于流体连通。进入孔 140 在截面方面典型地为圆形或椭圆形,并且可例如使用激光加工(激光钻孔)、磨料液体射流、放电加工(EDM)和电子束钻孔中的一个或多个来形成进入孔 140。进入孔 140 可垂直于相应的凹槽 132 的基部 134(在图 6 中显示),或者更一般而言,可相对于凹槽的基部 134 以在 20 度-90 度的范围中的角度来钻出进入孔 140。

[0072] 构件 100 进一步包括涂层 150,涂层 150 包括设置在衬底 110 的表面 112 的至少一部分上面的一个或多个层 54、56。如在图 3 中显示的那样,例如,凹槽 132 和涂层 150 共同限定一个或多个通道 130 以冷却构件 100。典型地,通道长度在膜孔直径的 10 倍至 1000 倍的范围内,并且更具体而言,在膜孔直径的 20 倍至 100 倍的范围内。有益地,可在构件的表面上的任何地方(翼型件本体、前缘、后缘、叶片尖部、端壁、平台)使用通道 130。另外,虽然显示了通道具有直的壁,但是通道 130 可具有任何构造,例如,它们可为直的、弯曲的,或者具有多个弯曲部。

[0073] 涂层 150 与翼型形外表面 112 一致,并且覆盖凹槽 132,从而形成通道 130。对于某些构造,涂层 150 可仅仅是覆盖通道的第一涂层或结构涂层。也就是说,对于某些应用,没有使用额外的涂层。但是,对于其它应用,还使用了结合层和/或隔热涂层(TBC)。涂层 150 包括第二材料,第二材料可为任何适当的材料,并且结合到衬底 110 的翼型形外表面上。对于特定的构造,涂层 150 具有的厚度在 0.1 毫米-2.0 毫米的范围内,并且更具体而言,在 0.1 毫米至 1 毫米的范围内,以及另外更具体而言,对于工业构件,在 0.1 毫米至 0.5 毫米的范围内。对于航空构件,这个范围典型地为 0.1 毫米至 0.25 毫米。但是,可使用其它厚度,这取决于特定的构件 100 的要求。

[0074] 如例如在图 3-6 和 9-16 中所指示的那样,通过涂层 150 的一个或多个层 54、56 而形成一个或多个沟道 60。如例如在图 3 和 4 中所指示的那样,该一个或多个沟道 60 为冷却通道(一个或多个)130 至少部分地限定至少一个出口区 62。对于图 3 和 4 中显示的实例构造,涂层 150 至少包括结构涂层 54 和外部涂层 56,并且沟道 60 延伸通过结构涂层 54 和外部涂层 56,以为冷却通道 130 限定出口区 62。有益地,各个沟道直接接入冷却通道区,从而消除精确地定位单独的膜孔的需要。照这样,可通过使用简化的加工过程来提供膜冷却。

[0075] 凹槽 132 可为直的或弯曲的,并且具有直壁或弯曲壁。对于图 6 中显示的构造,基部 134 比相应的凹槽 132 的顶部 136 更宽,使得各个凹槽 132 均包括凹腔形凹槽 132,以及使得各个通道 130 均包括凹腔形通道 130。在 Ronald S.Bunker 等人的序列号为 No. 12/943,624 的美国专利申请“Components with re-entrant shaped cooling channels and methods of manufacture(具有凹腔形冷却通道的构件和制造方法)”(对应于 GE 档案号 246424-1)中描述了凹腔形通道 130 的各种属性和益处,以及用于形成凹腔形通道 130 的技术,该专利申请通过引用而以其整体结合在本文中。

[0076] 对于特定的构造,凹腔形凹槽 132 中的相应的一个的基部 134 为相应的凹槽 132 的顶部 136 的至少两倍宽。对于更特定的构造,相应的凹腔形凹槽 132 的基部 134 为相应的凹槽 132 的顶部 136 的至少三倍宽,以及更具体而言,在大约 3 倍宽-4 倍宽的范围中。在 Bunker 等人的序列号为 No. 12/943,624 的美国专利申请中提供了用于形成凹腔凹槽 132 的技术。有益地,涂层 150 可淀积在未填充的凹腔凹槽 132 上面(也就是说,没有用牺牲填料来填充或部分地填充凹槽)。另外,凹腔凹槽相对于简单形状的凹槽(也就是说,具有大致相等宽度的顶部 136 和基部的凹槽)提供了增强的冷却。

[0077] 类似地,对于较小的构件,凹槽可为足够小,使得涂层 150 可淀积在未填充的凹槽 132(具有任意的形状,也就是说它们不必是凹腔形)上面,而无需填充或部分地填充凹槽。对于较小的(例如航空大小的)构件可为这种情况。

[0078] 对于图 7 和 8 中示出的实例构造,涂层层 54、56 中的至少一个限定一个或多个可渗透槽口 144,使得相应的层 54、56 不完全桥接该一个或多个凹槽 132 中的各个。更具体而言,对于图 7 中显示的布置,涂层 150 至少包括结构涂层 54 和外部涂层 56。如图 7 中显示的那样,外部涂层 56 不完全桥接形成于结构涂层 54 中的可渗透槽口 144,使得可渗透槽口 144 延伸通过外部涂层 56。但是,对于图 8 中描绘的实例构造,外部涂层 56 的至少一个层桥接相应的凹槽 132,从而密封相应的通道 130。在共同转让的、Ronald Scott Bunker 等人的序列号为 No. 12/943646 的美国专利申请“Component and methods of fabricating and coating a component(构件以及制造和涂覆构件的方法)”(对应于 GE 档案号 247894-1)中描述了可渗透槽口 144 的形成,该专利申请通过引用而以其整体结合在本文中。

[0079] 如在 Bunker 等人的序列号为 No. 12/943646 的美国专利申请中论述的那样,可针对各种各样的通道几何结构来形成可渗透槽口 144。典型地,可渗透槽口(空隙)144 具有不规则的几何结构,在施用了结构涂层且其增加厚度时,空隙 144 的宽度会有所变化。最初,在将结构涂层的第一部分施用到衬底 110 上时,空隙 144 的宽度可为微通道 130 的顶部 136 的宽度的差不多 50%。在结构涂层增加时,空隙 144 然后可缩小到顶部 136 的宽度的 5%或更少。对于特定的实例,空隙 144 的宽度在其最狭窄的点处为相应的通道顶部 136 的宽度的 5%至 20%。另外,可渗透槽口 144 可为多孔的,在这种情况下,“多孔”空隙 144 可具有一些连接部,也就是说,具有零空隙的一些点或位置。有益地,空隙 144 为涂层 150 提供应力消除。

[0080] 取决于它们的特定的功能,可渗透槽口 144 可延伸或者(1)通过所有涂层层,如图 7 中显示的那样,或者(2)通过一些但非所有涂层,例如,可渗透槽口 144 可形成于一个或多个涂层层 50 中,随后淀积的层桥接槽口,从而有效地密封槽口 144,如图 8 中显示的那样。有益地,可渗透槽口 144 可对结构涂层(一个或多个)起应力/应变消除部的作用。另外,

可渗透槽口 144 在其延伸通过所有涂层（图 7）时可用作冷却机构，也就是说，对于这个构造，可渗透槽口 144 构造成将来自相应的通道 130 的冷却剂流体传送到构件的外表面。另外，可渗透槽口 144 在被上部涂层桥接（图 8）时在那些涂层受损或散裂时的情况下可用作被动冷却机构。

[0081] 沟道（一个或多个）60 可相对于冷却通道 130 以各种各样的角度定向。对于图 3、6 和 9 中显示的实例构造，相应的沟道 60 定向成大致垂直于冷却通道 130。如此处所用，用语“大致”应当理解为意味着在 $\pm 10^\circ$ 之内。对于图 11 中显示的实例构造，沟道 60 相对于冷却通道 130 具有非直角入射角。也就是说，对于这个布置，沟道（一个或多个）60 和通道 130 不成直角。例如，对于图 11 中显示的布置，沟道 60 和通道 130 之间的非直角定向将有益于膜冷却剂相对于热气流的方向而进行分布。

[0082] 对于某些构造，仅为给定的一组冷却通道 100 提供了单个沟道 60，如例如在图 3、6、9 和 11 中所指示的那样。但是，对于其它构造，通过该一个或多个涂层层 54、56 而形成多个沟道 60。图 12 描绘了一个这种实例布置。但是，图 12 中显示的布置仅是例示性的。

[0083] 沟道 60 可为连续的或中断的。也就是说，连续的沟道 60 可具有大致恒定的深度或平滑但渐缩或弯曲的深度。在图 13 和 14 中显示了一个实例中断沟道 60。对于示出的布置，多个凹槽 132 形成于衬底中，使得多个冷却通道 130 由涂层 150 和凹槽 132 限定。如图 14 中所指示的那样，沟道 60 在相应的出口区 62 附近包括一个或多个涂层脊 64。对于图 13 和 14 中显示的实例布置，涂层脊分开相邻的出口区 62。但是，对于图 3 中显示的布置，沟道 60 不包括涂层脊，而是包括连续的沟道。

[0084] 虽然图 4、5、10 和 14 中显示了沟道具有大致垂直于通道的顶部的壁，但是对于其它构造，沟道壁可形成相对于通道成其它角度。例如，沟道 60 可具有成角度的出口壁 66，如图 15 中所指示的那样。对于图 15 中显示的实例布置，沟道 60 包括成角度的出口壁 66 和成角度的入口壁 68 两者。另外，虽然显示了入口壁 68 和出口壁 66 是直的，但是它们也可为弯曲的或圆的。

[0085] 沟道 60 可具有对称或不对称的覆盖区域。例如，对于图 3、6、9 和 11-13 中显示的沟道 60，相应的沟道的覆盖区域在沟道的两端处为相同的。但是，对于图 16 中显示的构造，沟道 60 的覆盖区域 70 在沟道 60 的第一端 72 处比在沟道 60 的第二端 74 处更小。另外，虽然显示了冷却通道 130 是均匀地隔开的，但是对于其它构造（未清楚地显示），通道 130 在沟道 60 的第二端 74 附近比它们在沟道 60 的第一端 72 附近隔开得更靠近在一起。另外，虽然显示了冷却通道 130 具有相同的容量，但是对于其它构造（未清楚地显示），在沟道 60 的第一端 72 附近的冷却通道 130 在容量方面比在沟道 60 的第二端 74 附近的冷却通道 130 中的至少一些更小。此外，虽然图 3、6、9 和 11-13 中显示的沟道 60 包括直的沟道 60，但是对于图 17 中显示的布置，沟道 60 包括弯曲的沟道 60。类似地，沟道的壁可为直的（如图 3 中显示的那样）、成角度的（如图 15 中显示的那样）或弯曲的（未清楚地显示）。

[0086] 对于图 9 和 10 中显示的实例布置，涂层 150 包括结构涂层 54 和外部涂层 56，并且沟道 60 延伸通过外部涂层 56，但不完全延伸通过结构涂层 54。对于示出的布置，膜冷却孔 142 延伸通过结构涂层 54，以使相应的冷却通道 130 与沟道 60 连接。膜孔 142 可为圆的，或者也可为非圆形孔。对于这个构造，膜冷却孔 142 和沟道 60 为冷却通道 130 限定出口区 62。因而，对于图 9 和 10 中显示的实例构造，微通道 130 将冷却剂从进入孔 140 传送到膜

冷却孔 142。对于这个构造,膜冷却孔 142 的定向对于某些布置可与沟道的定向对准。但是,对于其它布置,膜冷却孔 142 的定向与沟道(一个或多个)60 的定向不同,如在图 11 中由来自出口区 62 的冷却剂流的方向所指示的那样。通过提供不同定向的膜冷却孔 142 和沟道(一个或多个)60,可进一步增强冷却。

[0087] 参照图 2-6、9-13 和 15-20 来描述制造构件 100 的方法。如例如在图 18 中所指示的那样,该制造方法包括在衬底 110 的表面 112 中形成一个或多个凹槽 132。如上面参照图 2 所论述的那样,衬底 110 具有至少一个空心内部空间 114。如例如在图 3 中所指示的那样,凹槽 132 中的各个至少部分地沿着衬底 110 的表面 112 延伸,并且具有基部 134。虽然在图中显示了凹槽 132 和通道 130 为长方形,但是它们也可呈其它形状。例如,凹槽 132(和通道 130)可为凹腔凹槽 132(凹腔通道 130),如上面参照图 6 所描述的那样。另外,凹槽 132(通道 130)的侧壁不必是直的。对于各种应用,凹槽 132(通道 130)的侧壁可为弯曲的或圆的。

[0088] 可使用各种各样的技术来形成凹槽 132。例如,可使用下者中的一个或多个来形成凹槽 132:磨料液体射流、投浸式(plunge)电化学加工(ECM)、具有旋转的单点电极的放电加工(EDM) (“铣削”EDM)和激光加工(激光钻孔)。在共同转让的、2010 年 1 月 29 日提交的、序列号为 No. 12/697,005 的美国专利申请“Process and system for forming shaped air holes(用于形成成形空气孔的过程和系统)”中描述了实例激光加工,该专利申请通过引用以其整体结合在本文中。在共同转让的、2010 年 5 月 28 日提交的、序列号为 No. 12/790,675 的美国专利申请“Articles which include chevron film cooling holes, and related processes(包括人字纹膜冷却孔的物品和相关过程)”中描述了实例 EDM 技术,该专利申请通过引用以其整体结合在本文中。

[0089] 对于特定的过程构造,通过将磨料液体射流 160 引导到衬底 110 的表面 112 处来形成凹槽 132,如图 18 中示意性地描绘的那样。在序列号为 No. 12/790,675 的美国专利申请中提供了实例水射流钻孔过程和系统。如在序列号为 No. 12/790,675 的美国专利申请中阐述的那样,水射流过程典型地利用悬浮在高压水流中的高速磨料微粒流(例如磨料“砂粒”)。水的压力可有相当大的变化,但是通常在大约 35Mpa-620Mpa 的范围中。可使用许多磨料材料,例如金刚砂、氧化铝、碳化硅和玻璃珠。有益地,水射流过程不涉及将衬底 110 加热到任何显著的程度。因此,不存在形成于衬底表面 112 上的“受热影响的区域”,受热影响的区域可以别的方式不利地影响凹槽 132 的期望的出口几何结构。

[0090] 另外,以及如在序列号为 No. 12/790,675 的美国专利申请中阐述的那样,水射流系统可包括多轴计算机数字控制(CNC)单元。CNC 系统本身在本领域中是已知的,并且在例如美国专利公开 2005/0013926(S. Rutkowski 等人)中有所描述,该专利公开通过引用而结合在本文中。CNC 系统允许切削刀具沿着许多 X 轴、Y 轴和 Z 轴以及旋转轴而运动。

[0091] 如在图 19 中所指示的那样,该制造方法进一步包括通过凹槽 132 中的相应的一个的基部 134 而形成一个或多个进入孔 140,以使凹槽 132 连接成与相应的空心内部空间 114 处于流体连通。在上面描述了进入孔,并且可例如使用下者中的一个或多个来形成进入孔:激光加工(激光钻孔)、磨料液体射流、放电加工(EDM)和电子束钻孔。

[0092] 如图 20 中所指示的那样,该制造方法进一步包括将涂层 150 淀积在衬底 110 的表面 112 的至少一部分上面,使得凹槽 132 和涂层 150 共同限定一个或多个通道 130 以冷却

构件 100。这可包括淀积结构涂层的一个或多个层 54, 以及可选地使额外的涂层层 56 淀积在结构涂层 54 上面。例如, 结合层和 / 或隔热涂层 (TBC) 可用于某些应用。但是, 对于其它应用, 没有使用额外的涂层。可使用各种各样的技术来淀积结构涂层 54 和可选的额外的涂层 56。对于特定的过程, 通过执行等离子区淀积 (阴极电弧) 来淀积结构涂层 54。在共同转让的 Weaver 等人的序列号为 No. 20080138529 的美国已公开专利申请 “Method and apparatus for cathodic arc ion plasma deposition (用于阴极电弧等离子区淀积的方法和设备)” 中提供了实例等离子区淀积设备和方法, 该专利申请通过引用而以其整体结合在本文中。简而言之, 等离子区淀积包括: 将由涂层材料形成的阴极置于真空室内的真空环境中; 在真空环境内提供衬底 110; 对阴极供应电流以在阴极表面上形成阴极电弧, 从而导致阴极表面的涂层材料有电弧引起的腐蚀; 以及使来自阴极的涂层材料淀积到衬底表面 112 上。

[0093] 在一个非限制性实例中, 等离子区淀积过程包括等离子体蒸气淀积过程。涂层的非限制性实例包括结构涂层 54, 以及结合涂层和抗氧化涂层 (它们在本文中单独地和共同地由参考标号 56 标识), 如下面参照美国专利 No. 5, 626, 462 更加详细地论述的那样。对于某些热气路径构件 100, 结构涂层 54 包括镍基或钴基合金, 并且更具体而言, 包括超合金或 (NiCo)CrAlY 合金。例如, 在衬底材料为含有 γ 相和 γ' 相两者的 Ni 基超合金时, 结构涂层 54 可包括类似的材料成分, 如下面参照美国专利 No. 5, 626, 462 更加详细地论述的那样。

[0094] 对于其它过程构造, 通过执行热喷过程和冷喷过程中的至少一个来淀积结构涂层 54。例如, 热喷过程可包括燃烧喷涂或等离子体喷涂, 燃烧喷涂可包括高速氧气燃料喷涂 (HVOF) 或高速空气燃料喷涂 (HVOF), 而等离子体喷涂可包括大气 (例如空气或惰性气体) 等离子体喷涂, 或低压等离子体喷涂 (LPPS, 也称为真空等离子体喷涂或 VPS)。在一个非限制性实例中, 通过 HVOF 或 HVOF 来淀积 NiCrAlY 涂层。用于淀积结构涂层 54 的其它实例技术包括 (无限制) 溅射、电子束物理气相淀积、无电镀敷和电镀。

[0095] 对于某些构造, 合乎需要的是采用多种淀积技术来淀积结构涂层层 54 和可选的额外的涂层层 56。例如, 可使用等离子区淀积来淀积第一涂层层, 并且可使用其它技术 (例如燃烧喷涂过程或等离子体喷涂过程) 来淀积随后淀积的层和可选的额外的层 (未显示)。取决于所使用的材料, 对涂层层使用不同的淀积技术可在抗应变性和 / 或延展性方面提供益处。

[0096] 更一般而言, 以及如在美国专利 No. 5, 626, 462 中论述的那样, 用来形成涂层 150 的材料包括任何适当的材料。对于被冷却的涡轮构件 100 的情况, 结构涂层材料必须能够经受住高达大约 1150°C 的温度, 而 TBC 可经受住高达大约 1425°C 的温度。结构涂层 54 必须能够与衬底 110 的翼型形外表面 112 相容且适于结合到该翼型形外表面 112 上, 如在共同转让的 Bunker 等人的序列号为 No. 12/943, 563 的美国专利申请 “Method of fabricating a component using a fugitive coating (使用短时涂层来制造构件的方法)” (对应于 GE 档案号 245561-1) 中论述的那样, 该专利申请通过引用而以其整体结合在本文中。

[0097] 如在美国专利 No. 5, 626, 462 中论述的那样, 在衬底材料为含有 γ 相和 γ' 相两者的 Ni 基超合金或 NiAl 金属间合金时, 用于结构涂层 54 的材料可包括与衬底类似的材料成分。涂层 54 材料和衬底 110 材料的这种组合对于特定的应用是优选的, 例如在运行环境的最大温度类似于现有发动机的最大温度 (例如低于 1650°C) 的情况下。在衬底 110 的第

一材料为 Nb 基合金、NiAl 基金属间合金或 TiAl 基金属间合金的情况下,结构涂层 54 同样可包括类似的材料成分。

[0098] 如在美国专利 No. 5, 626, 462 中论述的那样,对于其它应用,例如施加使得使用单金属或金属间合金涂层 54 不适合的温度约束、环境约束或其它约束的应用,优选的是结构涂层 54 包括复合物。复合物可由金属间合金相和金属合金相 (I_s+M) 和金属间相-金属间相 ($+I_M$) 组成。金属合金 M 可为与用于衬底 110 的相同的合金,或者是不同的材料,这取决于构件 100 的要求。另外,两个组分相必须在化学方面相容,如在 Bunker 等人的序列号为 No. 12/943, 563 的美国专利申请中论述的那样。还注意到,在给定的涂层内,也可使用多种 I_s+M 或 I_s+I_M 复合物,并且这样的复合物不限于两种材料或两相的组合。在美国专利 No. 5, 626, 462 中提供了关于实例结构涂层材料的额外的细节。

[0099] 现在参看图 3-6、9-13、15 和 16,该制造方法进一步包括通过涂层 150 的一个或多个层 54、56 而形成一个或多个沟道 60,以为冷却通道(一个或多个)130 至少部分地限定至少一个出口区 62。对于特定的构造,涂层 150 至少包括结构涂层 54 和外部涂层 56。对于图 3、4、6 和 11-16 中显示的实例布置,该一个或多个沟道 60 形成为延伸通过结构涂层 54 和外部涂层 56,以为该一个或多个冷却通道 130 限定该至少一个出口区 62。有益地,通过使用诸如磨料水射流移除的操作来将涂层作为连接多个通道出口/端部的浅沟道而移除(以及因此使通道端部作为将它们的流喷射到沟道中的冷却“孔”而暴露),以为一排中的若干个微通道清洁且精确地移除涂层带,降低了制造成本,同时保持了膜的性能。

[0100] 更一般而言,可使用下者中的一个或多个来形成沟道(一个或多个)60:磨料液体射流、投浸式电化学加工(ECM)、具有旋转电极的放电加工(EDM)(铣削 EDM)、激光加工和传统的计算机数字控制(CNC)铣削。这些技术中的各个均可用来加工金属涂层。如果涂层中的一个或多个是非金属的,则可使用下者中的一个或多个来形成沟道(一个或多个):磨料液体射流、激光加工和传统的 CNC 铣削。上面参照序列号为 No. 12/790, 675 的美国专利申请论述了实例水射流钻孔过程和系统。如上面所提到的那样,在序列号为 No. 12/697, 005 的美国专利申请中描述了实例激光加工技术,并且在序列号为 No. 12/790, 675 的美国专利申请中描述了实例 EDM 技术。对于其它过程构造,可使用掩模技术来形成沟道(一个或多个)60,在这种情况下,使用掩模来淀积涂层,使得涂层不会施用到沟道(一个或多个)60 中。掩模方法典型地需要额外的加工后步骤,例如使用上面提到的材料移除技术中的一个或多个。

[0101] 对于许多热气路径构件构造,涂层 150 至少包括结构涂层 54 和外部涂层 56。对于图 9 和 10 中显示的实例构造,沟道 60 形成为延伸通过外部涂层 56,但不完全延伸通过结构涂层 54。对于这个构造,该方法进一步包括通过结构涂层 54 而形成一个或多个膜冷却孔 142,以使相应的冷却通道(一个或多个)130 与相应的沟道 60 连接,如例如图 10 中显示的那样。对于这个构造,膜冷却孔(一个或多个)142 和沟道(一个或多个)60 限定该至少一个出口区(62)。可使用各种各样的技术中的一个或多个来形成膜冷却孔 142,包括磨料液体射流、投浸式 ECM、具有旋转电极的 EDM(铣削 EDM)、传统的 EDM(电极不旋转)和激光加工。

[0102] 有利地,将沟道结合到热气路径构件的表面中提供了用于为沿着构件的衬底的表面而延伸的冷却通道形成出口区的成本较低的手段。另外,通过这样的方式,沟道可进一步

用来通过这样来增强对热气路径构件的表面的冷却：保持离开通道的冷却剂与热表面紧密接触，而非与热表面迅速分开以及与燃烧气体不合需要地混合。另外，使用沟道来为冷却通道至少部分地限定出口区使得膜冷却相对于冷却通道的布局能够有更加柔性的定向，这可进一步增强冷却。

[0103] 虽然在本文中示出和描述了本发明的仅某些特征，但是本领域技术人员将想到许多修改和改变。因此，将理解，所附权利要求意图覆盖落在本发明的真实精神内的所有这样的修改和改变。

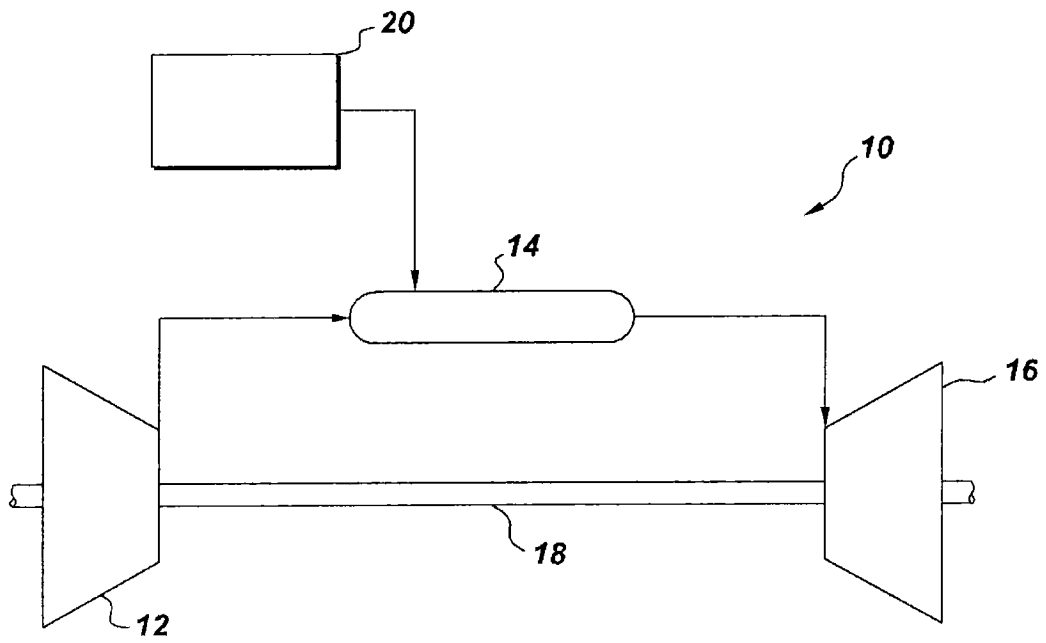


图 1

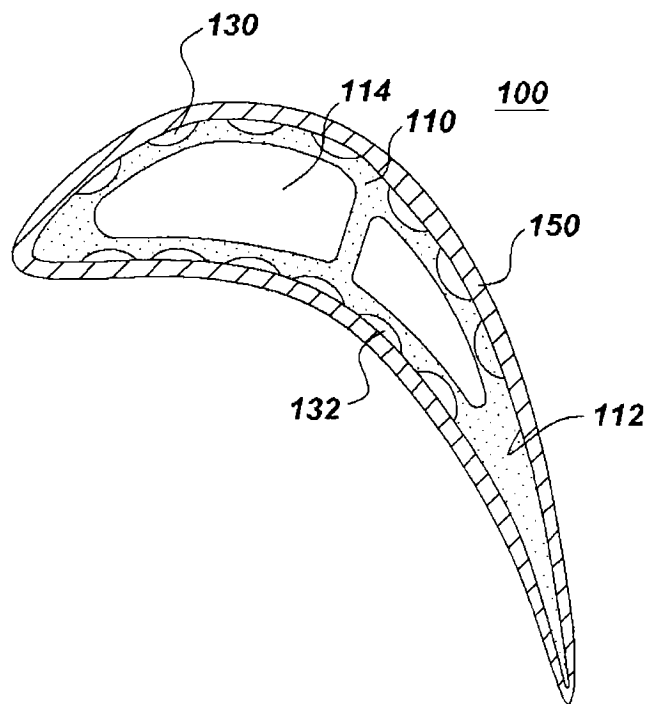


图 2

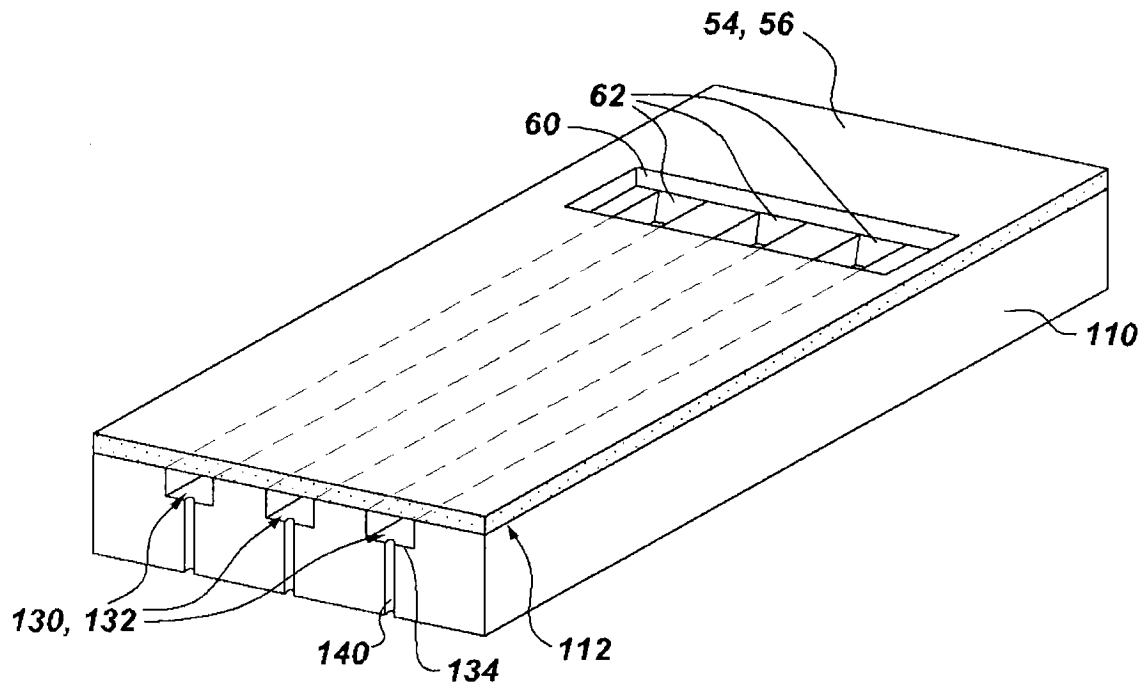


图 3

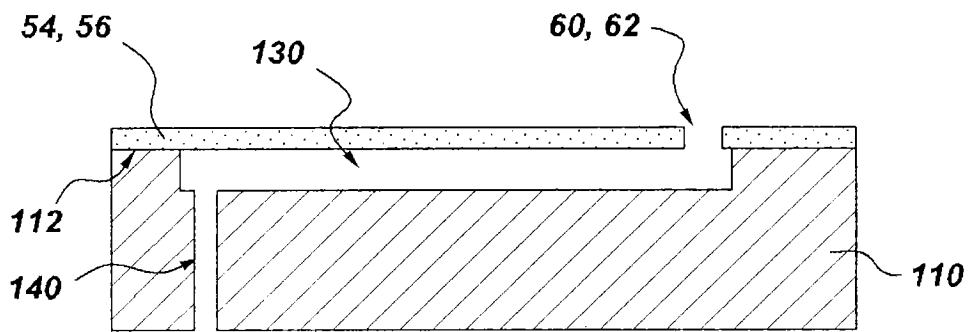


图 4

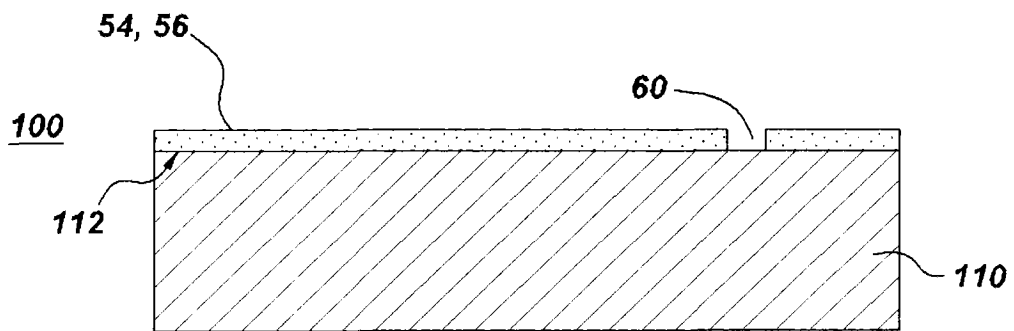


图 5

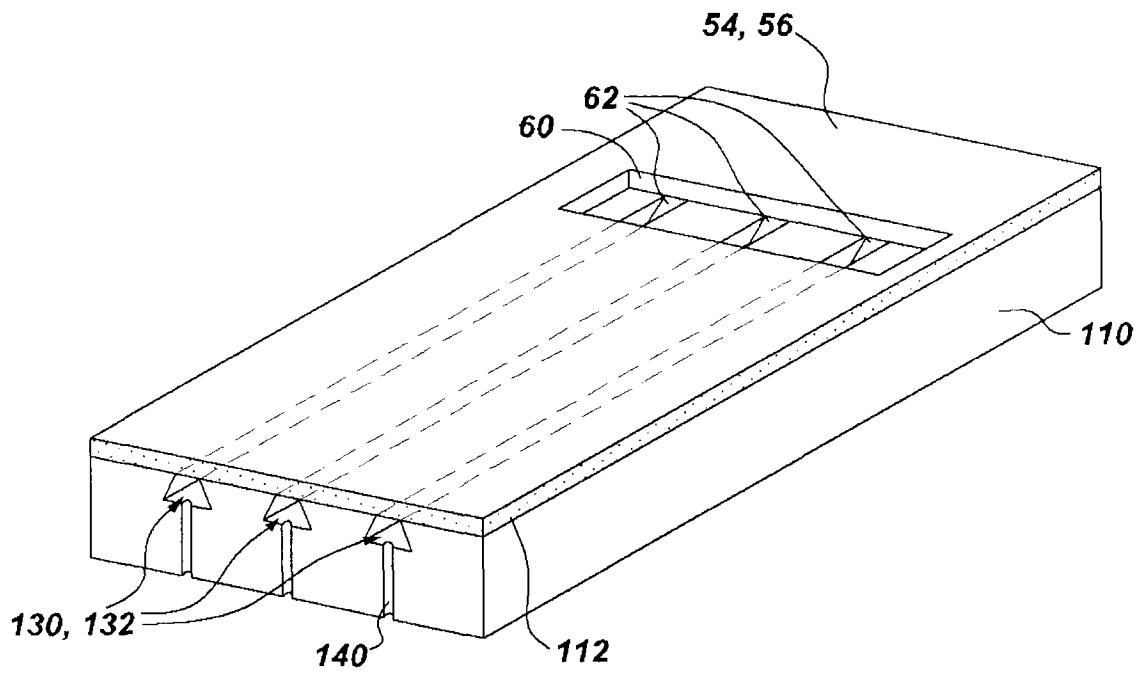


图 6

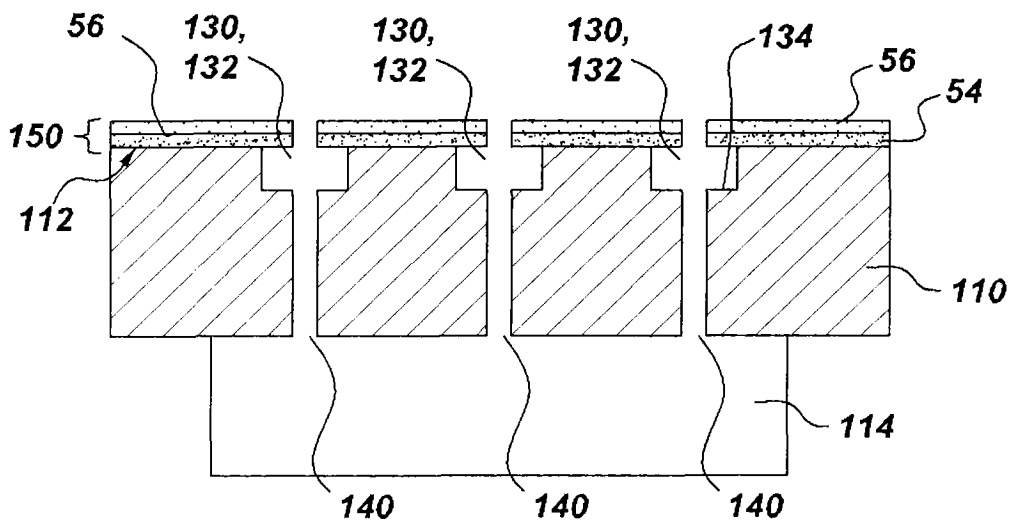


图 7

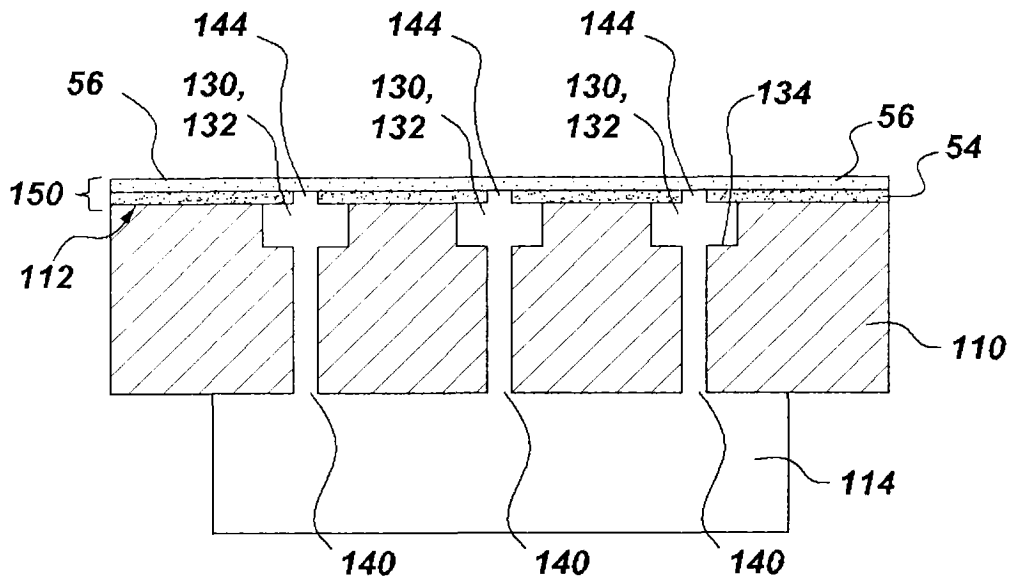


图 8

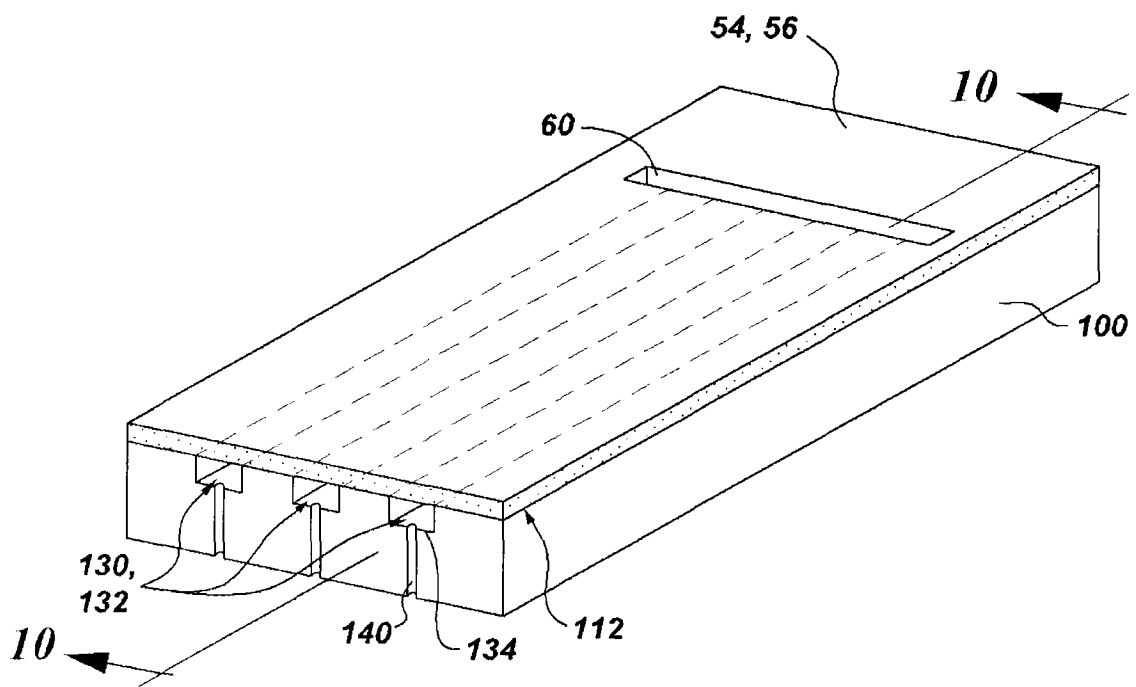


图 9

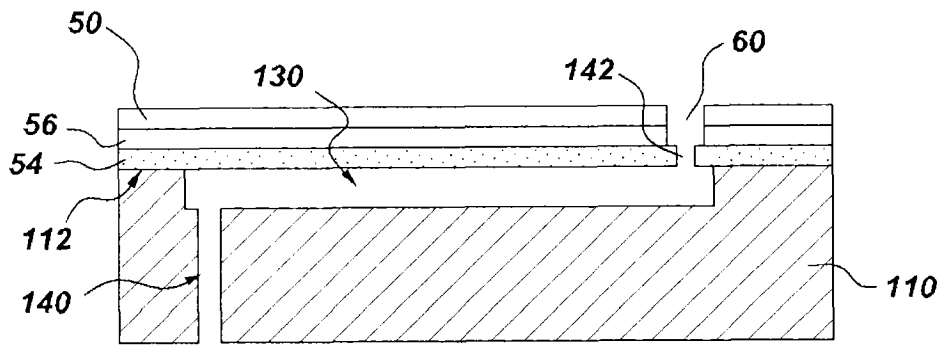


图 10

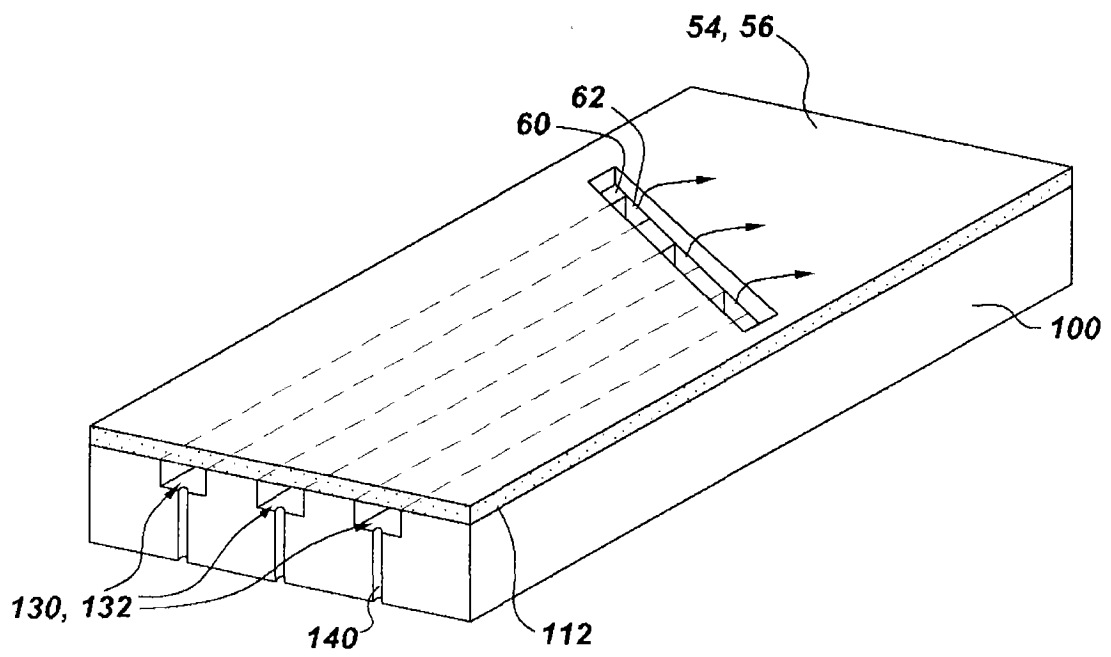


图 11

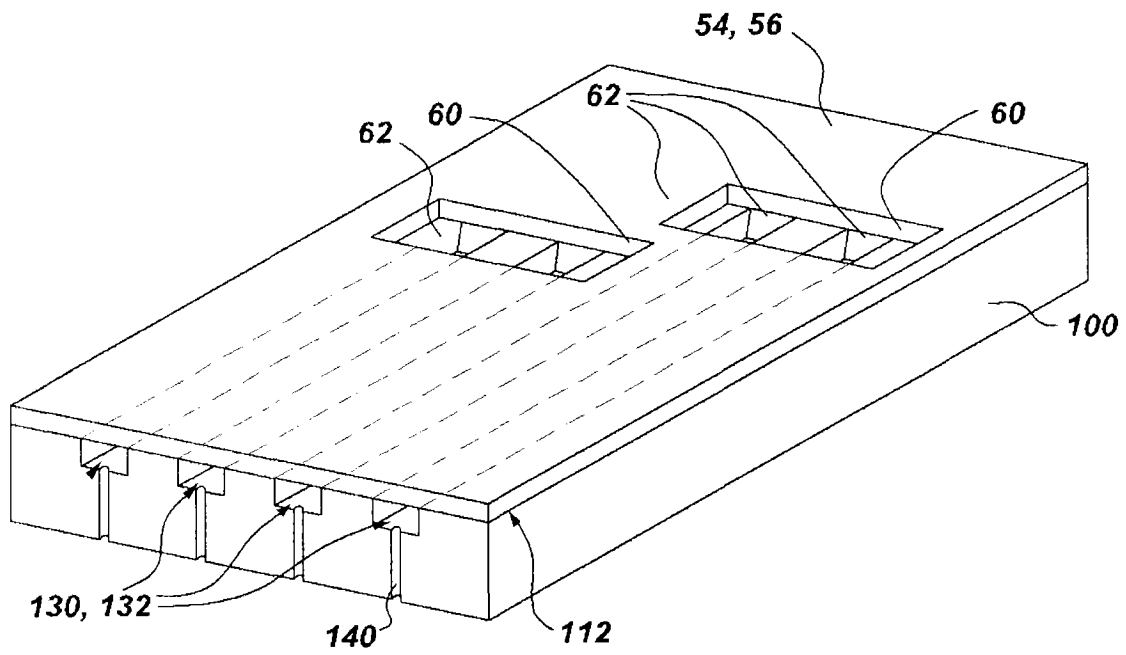


图 12

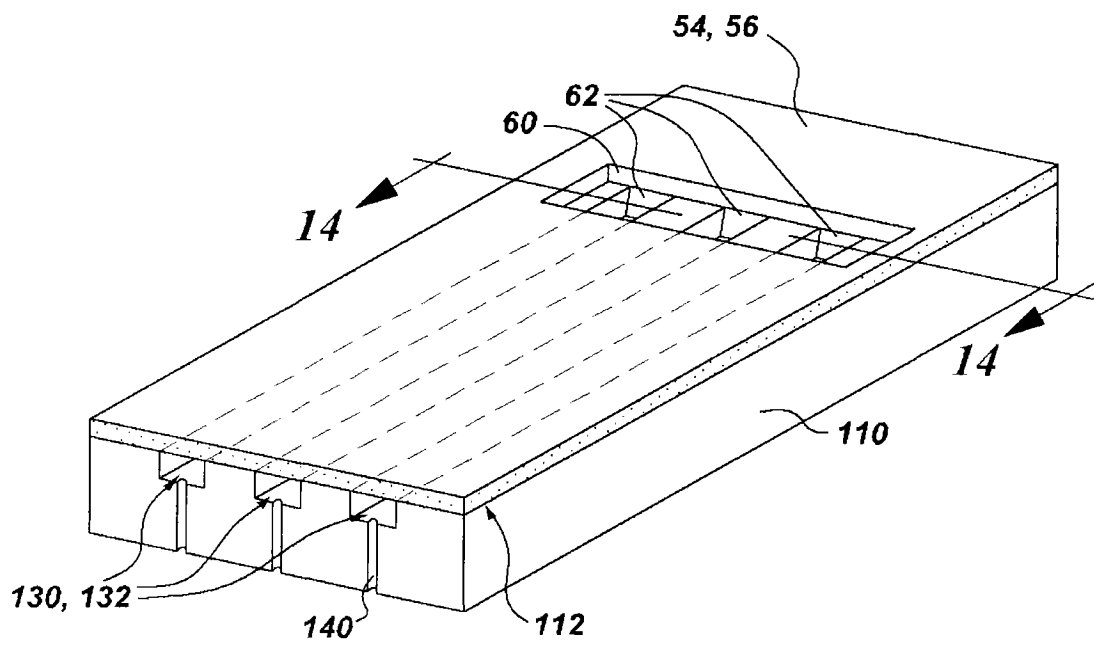


图 13

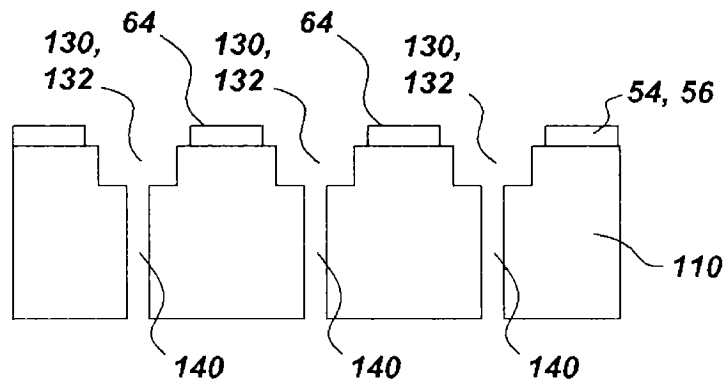


图 14

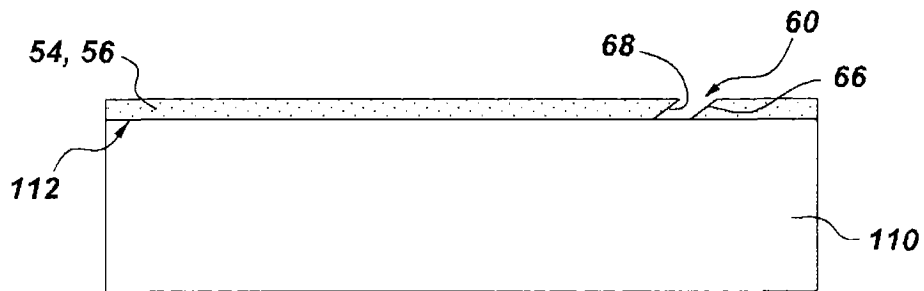


图 15

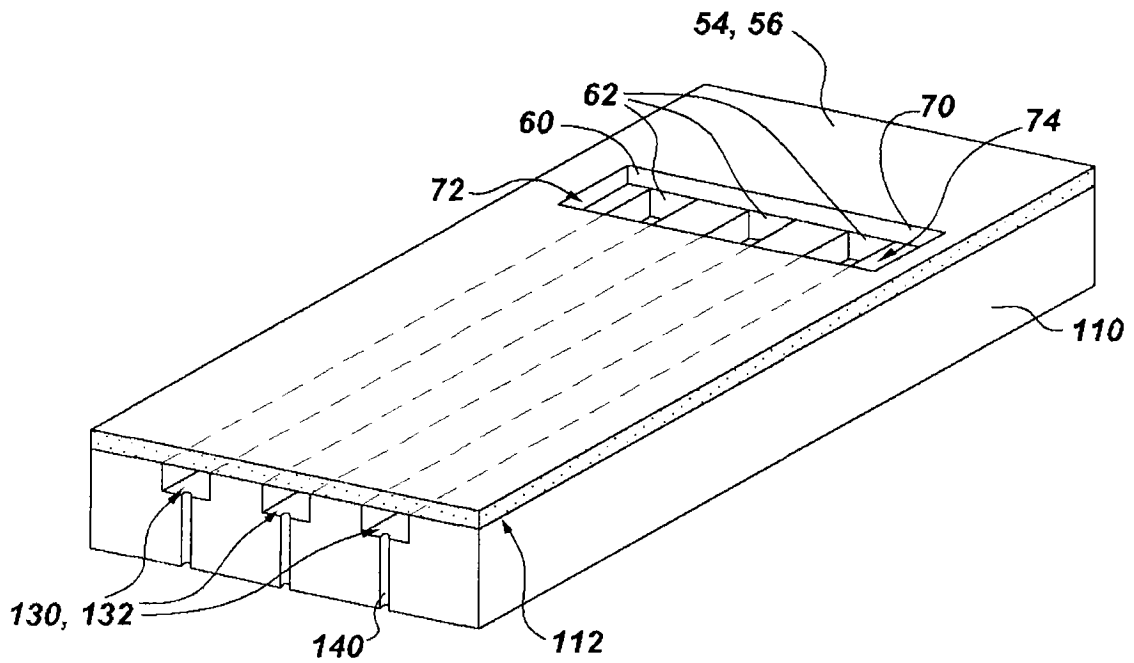


图 16

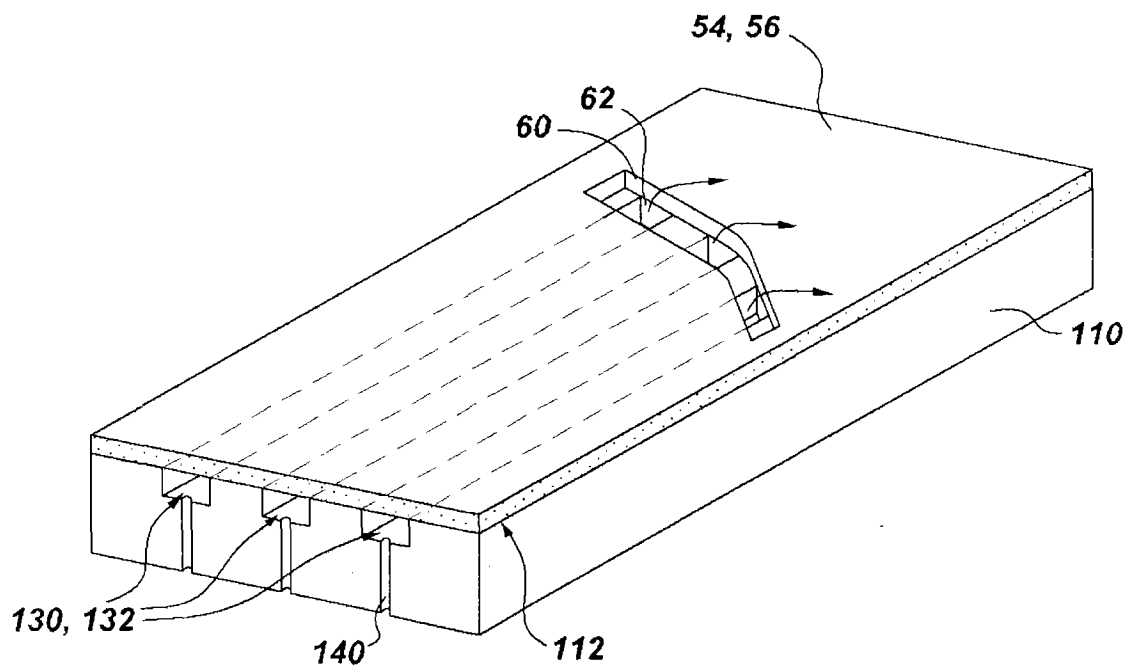


图 17

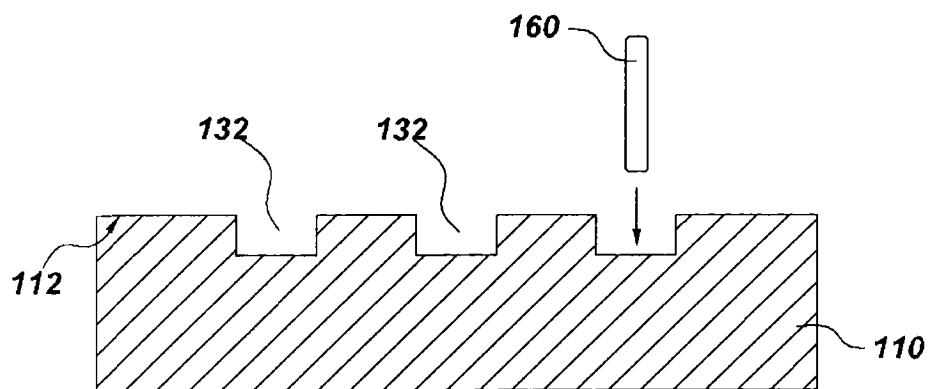


图 18

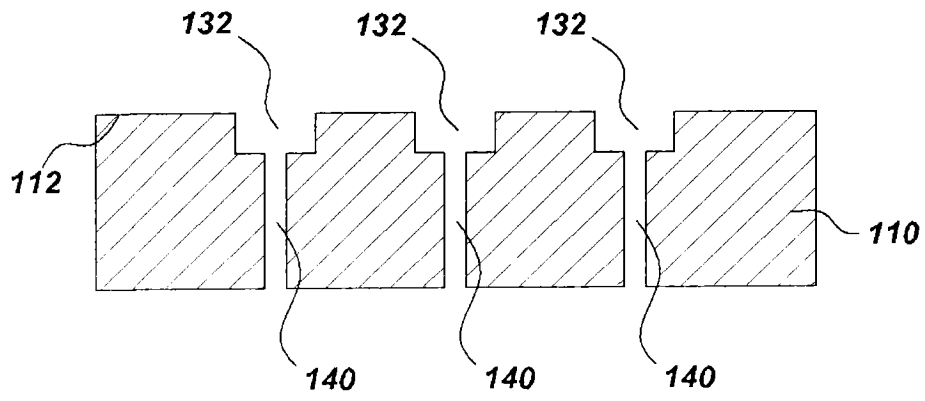


图 19

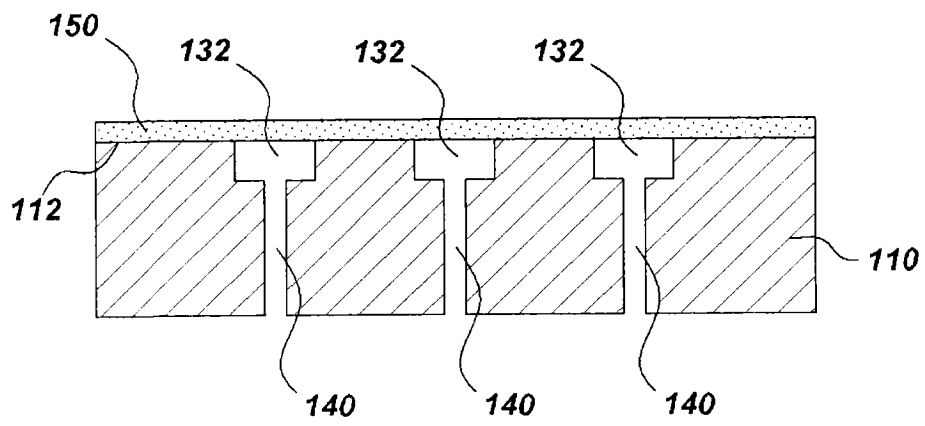


图 20