(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102128055 A
(43)申请公布日 2011.07.20

(21)申请号 201110100580.8

(22)申请日 2011.04.21

(71)申请人 西北工业大学
地址 710072 陕西省西安市友谊西路 127 号

(72)发明人 温志勋 李元生 敖良波 周国财
杜鹏飞 李磊 于明 岳珠峰

(74)专利代理机构 西北工业大学专利中心 61204
代理人 顾潮琪

(51)Int.Cl.
F01D 5/18(2006.01)

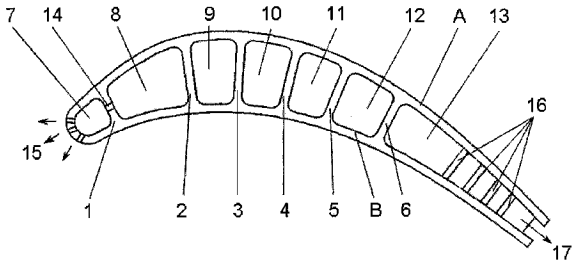
权利要求书 1 页 说明书 3 页 附图 4 页

(54)发明名称

一种带冠的燃气涡轮冷却叶片

(57)摘要

本发明公开了一种带冠的燃气涡轮冷却叶片，在叶身内壁自叶身前缘到尾缘依次排列有若干各沿径向排列的隔板，将叶身内腔分为沿叶身纵向的三条回流式冷却通道，最前端隔板上有冲击冷却孔，叶身前缘有气膜孔；叶身中部冷却通道末端与叶冠冷却腔相连；叶冠冷却腔内布置有分隔肋、扰流柱和排气孔；叶片尾缘处开有排气缝，排气缝处中有扰流柱。本发明结构简单，提高了冷却效率，降低了叶身和叶冠温度，同时降低叶尖漏气损失，提高涡轮叶片及整机性能。



CN 102128055 A

1. 一种带冠的燃气涡轮冷却叶片，包括叶片叶身和叶冠，其特征在于：叶片叶身内壁自叶片前缘到尾缘依次排列有若干个沿叶片径向排列的隔板，其中距离叶身前缘和尾缘不为最近的两个隔板将叶片叶身内腔分割为前、中、后三个独立部分，其余隔板将叶片内腔的前、中、后三部分分别分割成若干个连通的冷却腔，沿叶片纵向形成三条回流式冷却通道，通道的入口均在叶根处，冷气通过叶根处冷却通道入口进入叶身冷却通道，同时叶冠被设计为中空结构，冷气可以在叶冠空腔内流动，形成叶冠冷却腔；距离叶身前缘最近的隔板上具有若干个冲击冷却孔，叶身前缘有若干个从叶片内壁面穿透至外壁面的气膜孔；距离叶身尾缘最近的冷却腔在叶身尾缘处开有排气缝，在排气缝处从叶片压力面穿透至吸力面交错排列有若干扰流柱；叶身中部冷却通道顶部与叶冠相连处开有若干出气孔，流经叶身中部冷却通道内的冷气通过出气孔进入叶冠冷却腔；叶冠冷却腔内距叶身中部通道出气孔三分之一叶尖截面弦长范围内布置若干与叶尖弦线垂直且贯通叶冠冷却腔基底和顶板的分隔肋，该分隔肋不与叶冠冷却腔侧壁相连，同时在分隔肋上布置有若干与分隔肋表面垂直的矩形肋片；叶冠冷却腔内距叶身中部通道出气孔三分之一叶尖截面弦长范围外布置若干排贯穿冷却腔基底和顶板且交错排列的扰流柱；叶冠冷却腔侧壁距叶身中部出气孔一个叶尖截面弦长范围外的位置处布置有若干排气孔。

2. 根据权利要求 1 所述的带冠的燃气涡轮冷却叶片，其特征在于：所述的冲击冷却孔为圆形且垂直贯穿隔板。

一种带冠的燃气涡轮冷却叶片

技术领域

[0001] 本发明涉及一种涡轮冷却叶片，特别适用于航空发动机和燃气轮机。

背景技术

[0002] 涡轮叶片是航空燃气涡轮动力装置中的关键部件之一，其作用是将燃气热能转化为涡轮机械功，因此，涡轮叶片设计的好坏直接关系到燃气涡轮乃至整台发动机的性能。由于燃气轮机涡轮叶片在高温、高压和高转速的极端环境下工作，与此环境相关的热应力、机械应力和环境温度将显著降低涡轮叶片的使用寿命，如何对涡轮叶片进行有效的冷却，保证叶片正常、可靠、长期的工作就显得尤为重要。涡轮冷却叶片技术可有效降低涡轮叶片温度，保证涡轮叶片及其部件使用寿命，因而冷却叶片的设计已成为燃气涡轮发动机设计的核心技术之一。为减少涡轮叶片的漏气损失和改善涡轮叶片的振动特性，许多涡轮叶片叶尖处带有叶冠。考虑到叶冠与涡轮叶片连接处在工作期间将承受较大的离心力，涡轮叶片叶尖截面面积较小且叶冠附近燃气温度较高，叶冠设计的好坏将直接影响涡轮叶片的工作性能和使用寿命，因而降低叶冠温度和质量是非常必要的。叶冠冷却技术不仅可以降低叶冠处的温度，同时将叶冠掏空降低了叶冠质量，减轻了施加在叶冠与涡轮叶片连接处的离心力，在保证叶片工作性能的同时，延长了涡轮叶片及其部件的使用寿命。目前，例如中国专利 200480001588.7、200710161323.9、200810056400.9、200820029544.0 等提出的涡轮叶片冷却结构形式中均未涉及叶冠设计。专利 200910003507.1 和 200910003508.6 提出了涡轮叶片冷却叶冠结构形式，但该叶片叶身采用直通道冷却，叶身部位冷气利用效率较低。因此，针对带冠涡轮冷却叶片特点，设计与之相应的高效叶身及叶冠冷却结构形式是非常重要和迫切的。

发明内容

[0003] 为了克服现有技术带冠涡轮冷却叶片单位冷气冷却效率不高的不足，本发明提供了一种燃气涡轮带冠冷却叶片，其结构相对简单，并且在不增加冷却空气量的条件下能够提高带冠叶片叶身部位冷却效率，有效地降低叶身和叶冠部位的温度。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：包括叶片叶身和叶冠，叶片叶身内壁自叶片前缘到尾缘依次排列有若干个沿叶片径向排列的隔板，其中距离叶身前缘和尾缘不为最近的两个隔板将叶片叶身内腔分割为前、中、后三个独立部分，其余隔板将叶片内腔的前、中、后三部分分别分割成若干个连通的冷却腔，沿叶片纵向形成三条回流式冷却通道，通道的入口均在叶根处，冷气通过叶根处冷却通道入口进入叶身冷却通道，同时叶冠被设计为中空结构，冷气可以在叶冠空腔内流动，形成叶冠冷却腔。距离叶身前缘最近的隔板上具有若干个冲击冷却孔，对叶身前缘内壁形成冲击冷却；同时叶身前缘有若干个从叶片内壁面穿透至外壁面的气膜孔，冷气从气膜孔流出后，在主流压力和摩擦力作用下向下游弯曲，粘附在叶身表面形成气膜冷却，将叶身壁面与高温燃气隔开，从而降低叶身温度；距离叶身尾缘最近的冷却腔在叶身尾缘处开有排气缝，在排气缝处从叶片压力面穿透至吸

力面交错排列有若干扰流柱，扰流柱强化了尾缘部位的对流换热，提高冷却效率；叶身中部冷却通道顶部与叶冠相连处开有若干出气孔，流经叶身中部冷却通道内的冷气通过出气孔可直接进入叶冠冷却腔；叶冠冷却腔内距叶身中部通道出气孔三分之一叶尖截面弦长范围内布置若干与叶尖弦线垂直且贯通叶冠冷却腔基底和顶板的分隔肋，该分隔肋不与叶冠冷却腔侧壁相连，同时在分隔肋上布置有若干与分隔肋表面垂直的矩形肋片，该肋片增大了分隔肋表面传热面积，提高了冷却效率；叶冠冷却腔内距叶身中部通道出气孔三分之一叶尖截面弦长范围外布置若干排贯穿冷却腔基底和顶板且交错排列的扰流柱，该扰流柱强化了叶冠冷却腔下游的对流换热，进一步提高叶冠冷却效率；叶冠冷却腔侧壁距叶身中部出气孔一个叶尖截面弦长范围外的位置处布置有若干排气孔，冷气在冷却腔内流经分隔肋和扰流柱后最终由排气孔流出。对叶身前部冷却通道而言，冷却气体沿着通道流动，最终通过叶身前缘气膜孔流出，形成叶片前缘表面的冷却；对叶身中部冷却通道而言，冷却气体沿着通道流动，通过出气孔进入叶冠冷却腔；对于叶身后部冷却通道而言，冷却气体沿着通道流动，经过尾缘处交错排列的扰流柱的强化换热，最终在尾缘排气缝流出；对叶冠冷却腔而言，冷却气体流经贯穿冷却腔基底和顶板的分隔肋及下游交错排列的扰流柱的对流换热，最终在叶冠冷却腔侧面排气孔流出，形成完整的通路。

[0005] 所述的冲击冷却孔为圆形且垂直贯穿隔板。

[0006] 本发明的有益效果是：①由于在涡轮冷却叶片叶尖处加装叶冠，减小了涡轮叶片叶尖漏气损失，提高了叶片及整机效率；②由于冷却通道分为前、中、后三个独立部分，只有叶身中部冷却通道与叶冠冷却腔相连，使得冷却气体在叶身前后缘位置均具有较高的换热系数，提高了冷却效果；③叶身冷却通道包含多个腔，冷却气体在叶身内具有较长的行程，可大大增加叶身部位冷却效率；④叶冠冷却腔内分隔肋上布置有若干矩形肋片，并在冷气下游位置布置扰流柱，强化了冷气在叶冠冷却腔内的对流换热，提高叶冠冷却效率；⑤冷却叶片结构相对简单，具有良好的加工性和工程应用前景。

[0007] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

附图说明

[0008] 图 1 为发明带冠冷却叶片叶身横截面示意图；

[0009] 图中，1- 隔板一，2- 隔板二，3- 隔板三，4- 隔板四，5- 隔板五，6- 隔板六，7- 冷却腔一，8- 冷却腔二，9- 冷却腔三，10- 冷却腔四，11- 冷却腔五，12- 冷却腔六，13- 冷却腔七，14- 冲击冷却孔，15- 气膜孔，16- 扰流柱，17- 排气缝，A- 叶身外壁，B- 叶身内壁。

[0010] 图 2 为发明带冠冷却叶片叶身冷却通道结构示意图；

[0011] 图中，18- 进气孔一，19 一进气孔二，20- 进气孔三，21- 进气孔四，22- 叶身中部冷却通道出气孔。

[0012] 图 3 为发明带冠冷却叶片整体外形及冷气出流示意图；

[0013] 图 4 为发明带冠冷却叶片剖面图；

[0014] 图 5 为发明带冠冷却底部进气口效果图；

[0015] 图 6 为发明带冠冷却叶片叶冠冷却腔径向剖面图；

[0016] 图中，23- 分隔肋，24- 扰流柱，25- 叶冠冷却腔排气孔，26- 肋片。

具体实施方式

[0017] 如图 1 和图 2 所示，带冠冷却叶片叶身包括外壁 A 和内壁 B，由叶身前缘到尾缘依次排列有隔板一 1，隔板二 2，隔板三 3，隔板四 4，隔板五 5，隔板六 6，将叶片内腔分隔成冷却腔一 7，冷却腔二 8，冷却腔三 9，冷却腔四 10，冷却腔五 11，冷却腔六 12 和冷却腔七 13，其中隔板二 2 和隔板五 5 将冷却叶片叶身冷却通道分隔为前、中、后两个独立部分；隔板一 1 上等距排列有 12 个冲击冷却孔 14，冷却气流在叶身冷却腔二 8 流动时，通过冲击冷却孔喷出冷却空气对叶身内壁 B 前缘吹送冷却空气进行冷却。叶身前缘有交错排列的气膜孔 15，从叶身内壁 B 穿透至叶身内壁 A，如图 3 所示，多个气膜孔在叶身前缘沿叶高方向排列，构成气膜孔阵列。从气膜孔流出的气流遇到主流高温燃气，转折向后沿着叶身外壁 A 流动，在叶身外壁面 A 形成了薄膜冷却。叶身尾缘部分的冷却腔七 13 在叶片压力面和吸力面之间形成若干交错排列的扰流柱 16，多个扰流柱在叶身最后一个冷却腔内沿叶高方向交错排列，通过扰流柱对冷却通道内冷却气流的扰动，影响气流的流动和传热，同时扰流柱还能加强叶身壁面的传热。相邻叶身冷却腔之间上端与上端相互连通或下端与下端相互连通，冷气从叶片榫头底部进气孔一 18 和进气孔二 19 可分别进入叶身前缘和叶身中部冷却通道，从进气孔三 20 和进气孔四 21 可进入叶身尾缘冷却通道，叶身前缘冷却通道内冷气在前缘气膜孔 15 流出，叶身中部冷却通道内冷气经过叶身中部冷却通道出气孔 22 流入图 6 所示的叶冠冷却腔，叶身尾缘冷却通道内的冷气在叶身尾缘排气缝 17 流出。如图 6 所示，叶冠为中空结构，冷气可在空腔中流动，形成叶冠冷却腔。叶冠冷却腔内距叶身中部通道出气孔 22 三分之一叶尖截面弦长范围内布置五排与叶尖弦线垂直且贯通叶冠冷却腔基底和顶板的分隔肋 23，该分隔肋不与叶冠冷却腔侧壁相连，同时在分隔肋上布置有若干与分隔肋表面垂直的矩形肋片 26，叶冠冷却腔内距叶身中部通道出气孔三分之一叶尖截面弦长范围外布置若干排贯穿冷却腔基底和顶板且交错排列的扰流柱 24，叶冠冷却腔侧壁距叶身中部出气孔一个叶尖截面弦长范围外的位置处布置有四个排气孔 25，冷气由叶身中部通道出气孔流入叶冠冷却腔后流经分隔肋和扰流柱最终在叶冠冷却腔排气孔流出。

[0018] 如上所述，通过本发明的带冠冷却叶片设计方案，可以有效减少涡轮叶片叶尖漏气损失，同时在不增加冷却空气流量的前提下改善叶身前缘和尾缘等关键部位的冷却效果，提高叶身冷气的冷却效率，冷却叶冠设计可以同时减轻叶冠质量降低叶冠温度，在保证涡轮叶片工作性能和效率的同时延长叶片使用寿命，提高燃气轮机整体性能。

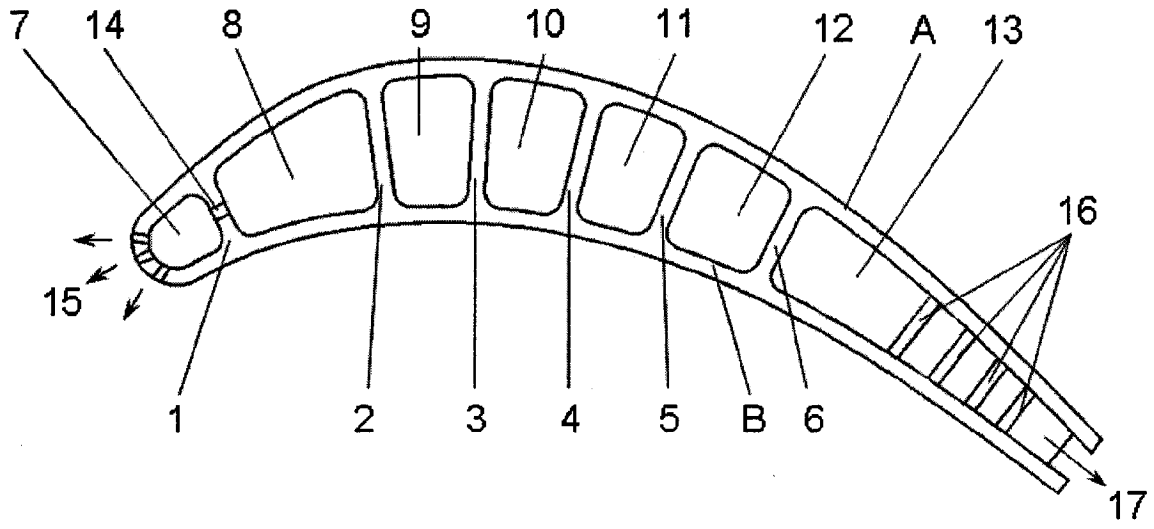


图 1

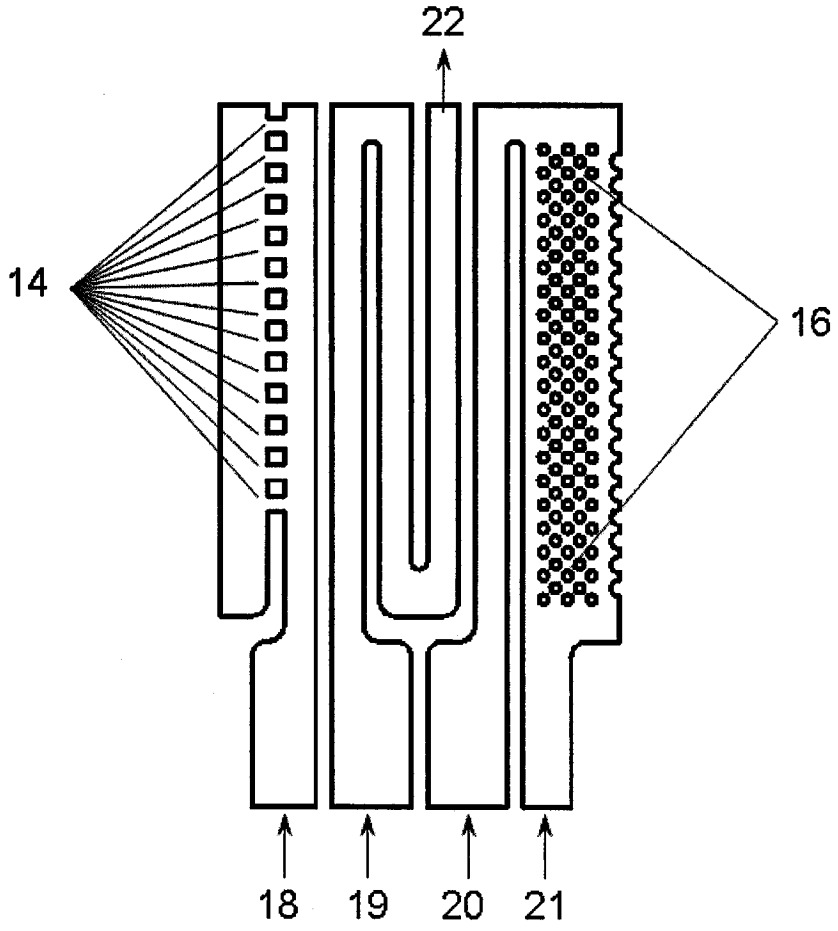


图 2

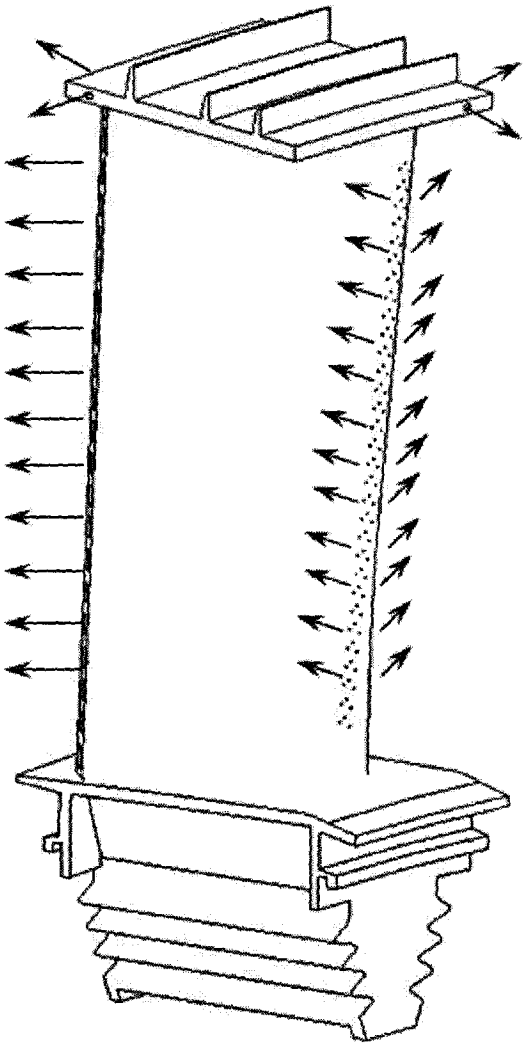


图 3

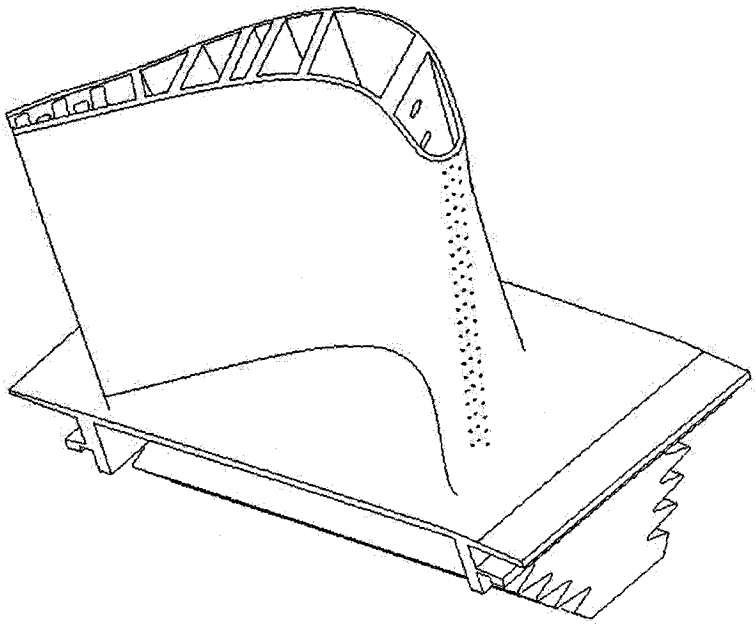


图 4

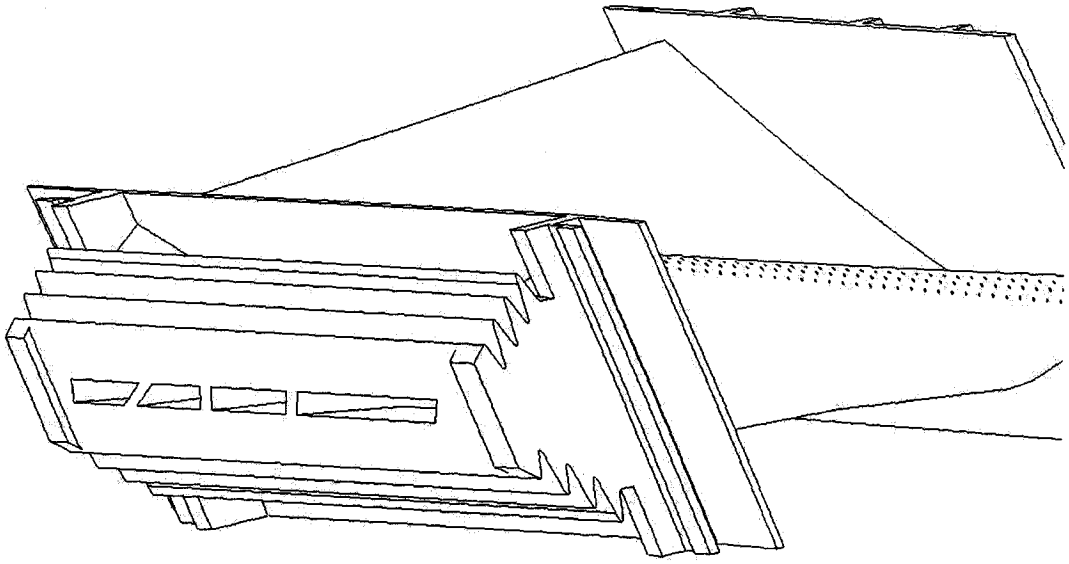


图 5

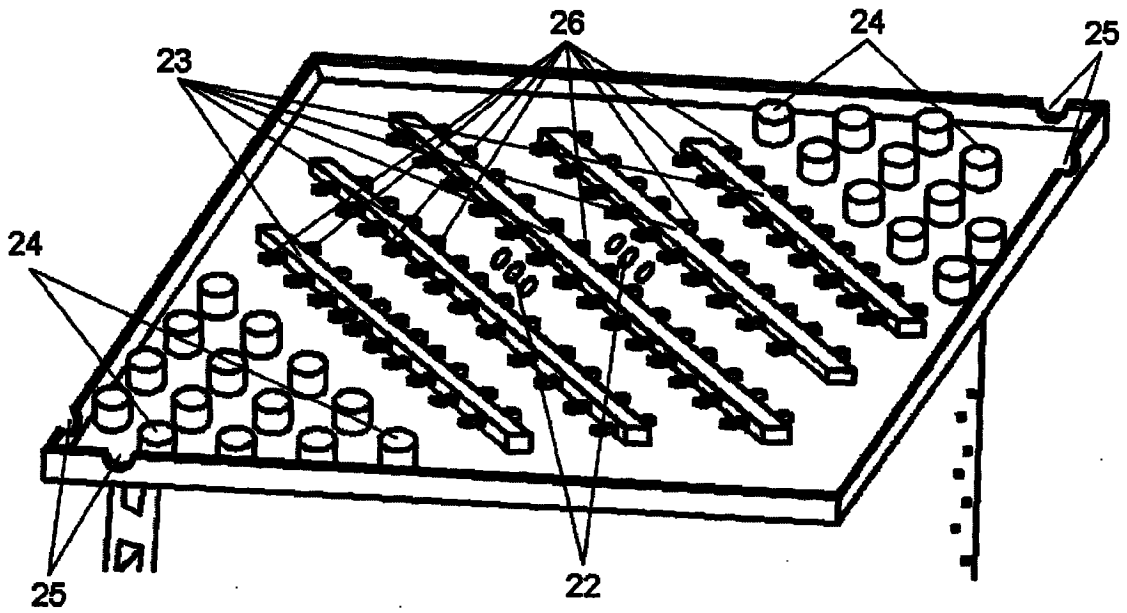


图 6