



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104976801 A

(43) 申请公布日 2015. 10. 14

(21) 申请号 201510321087. 7

(22) 申请日 2015. 06. 05

(71) 申请人 孙红琴

地址 226000 江苏省南通市启东市汇龙镇人民中路 288 号

(72) 发明人 孙红琴

(51) Int. Cl.

F24J 2/46(2006. 01)

F24J 2/05(2006. 01)

F24J 2/30(2006. 01)

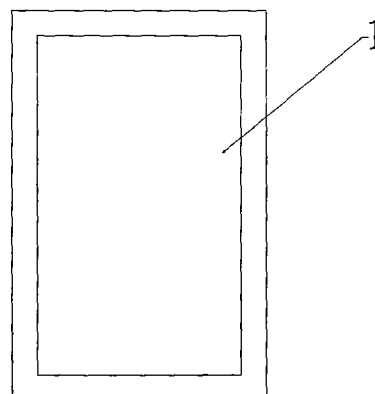
权利要求书1页 说明书6页 附图16页

### (54) 发明名称

吸热板芯及平板型太阳能集热器

### (57) 摘要

本发明公开了吸热板芯及平板型太阳能集热器,其创新点是:包括一种基于波纹金属薄板结构的吸热板芯、一种超导混合传热工质、透明盖板、保温材料层和外框。本发明的平板型太阳能集热器具有结构紧凑、传热效率高、压损小、重量轻巧、安装灵活、承压性高、抗冻、防结垢、耐腐蚀、使用寿命长以及低成本等特点,非常适合与建筑相结合。通过采用混合超导热媒作为传热工质,该太阳能集热器在低温下仍旧正常运行,大大提升了其热利用效率和使用范围,拓宽了平板型太阳能集热器的应用途径,广泛适用于民用建筑及工业厂房等太阳能集热场合。



1. 吸热板芯,其特征在於:所述吸热板芯为由两片平行设置的金属薄板通过全密封焊接构成,具有一个换热介质紊流通道,以及具有至少一个与换热介质流道连通的工质进口和至少一个与换热介质流道连通的工质出口;所述两片平行设置的金属薄板包括上端的平滑金属薄板和下端的波纹金属薄板;所述平滑金属薄板表面镀有复合太阳能吸热涂层,所述波纹金属薄板内侧表面冲压成型有导流凸起或凸筋;

所述波纹金属薄板的内侧面设置有若干相互平行设置的导流凸筋,所述导向凸筋的自进液侧向出液侧设置,且相邻两排导流凸筋的流道口错开设置;所述导流凸筋为直条形或人字形。

2. 根据权利要求 1 所述的吸热板芯,其特征在於:所述波纹金属薄板为鼓泡式波纹,所述波纹金属薄板内侧面冲压成型有若干排均匀分布的尺寸规格相同或者相异球形导向凸起,相邻两排的球形导向凸起错开设置。

3. 根据权利要求 2 所述的吸热板芯,其特征在於:所述波纹金属薄板的导向凸起为球体、圆柱、圆锥、多面体、长方体;所述波纹金属薄板导向凸起的排列形状为平行四边形、长方形、圆形、椭圆形、三角形、梯形、菱形。

4. 一种基于超薄超导式吸热板芯的平板型太阳能集热器,其特征在於:包括透明盖板、吸热板芯、保温层和外框;所述透明盖板、吸热芯板及保温层从上至下依次平行设置,且所述吸热板芯的平滑金属板面向透明盖板,波纹金属板贴向保温层;

超薄超导式的平板型太阳能集热器还包括一个用于安装透明盖板、吸热板芯和保温层的金属外框,所述金属外框由侧框和侧框底端的背框构成,透明盖板固定在金属外框的侧框顶部内,并与吸热板芯之间留有空气保温层。

5. 根据权利要求 4 所述的一种基于超薄超导式吸热板芯的平板型太阳能集热器,其特征在於:所述金属外框的侧框与背框可整体成形,也可以采用分体式,由螺栓或卡扣连接固定。

6. 根据权利要求 4 所述的一种基于超薄超导式吸热板芯的平板型太阳能集热器,其特征在於:所述平板型太阳能集热器通过连接管件依次串联或并联构成换热阵列。

7. 根据权利要求 4 所述的一种基于超薄超导式吸热板芯的平板型太阳能集热器,其特征在於:所述吸热芯板内填充超导混合传热工质,其成分为 1,3-丙二醇、水和防腐剂的混合物,其中 1,3-丙二醇、水和防腐剂均按照 5 : 4.4 : 0.5 的重量比混合,所述防腐剂为中性有机羧酸。

8. 根据权利要求 4 所述的一种基于超薄超导式吸热板芯的平板型太阳能集热器,其特征在於:所述超导混合传热工质还可以为甲醇或乙二醇或丙酮与水和防腐剂的混合物。

## 吸热板芯及平板型太阳能集热器

### 技术领域

[0001] 本发明属于中低温的太阳能集热技术领域,尤其涉及吸热板芯及平板型太阳能集热器阳能集热器。

### 背景技术

[0002] 平板型太阳能集热器已经广泛应用于生活用水加热、游泳池加热、工业用水加热、建筑物采暖与空调等诸多领域。平板型太阳能集热器主要由透明盖板、吸热板芯、隔热层和外壳框架等几部分组成,其中平板型吸热板芯是太阳能热利用的核心部件。

[0003] 当平板型太阳能集热器工作时,太阳辐射穿过透明盖板后,投射在吸热板芯上,被吸热板芯吸收并转换成热能,然后将热量传递给吸热板芯内的传热工质,使传热工质的温度升高,作为集热器的有效能量输出。

[0004] 吸热板芯是平板型太阳能集热器内吸收太阳辐射能并向传热工质传递热量的部件,其基本上是平板形状。为增加吸热板的热性能,往往在吸热板芯表面喷刷吸热涂层。在平板形状的吸热板上,通常都布置有排管和集管。排管是指吸热板纵向排列并构成流体通道的部件;集管是指吸热板上下两端横向连接若干根排管并构成流体通道的部件。吸热板芯的材料种类很多,有铜、铝合金、铜铝复合、不锈钢、镀锌钢、塑料、橡胶等。吸热板芯主要结构形式及其各自的优缺点阐述如下:

[0005] (1) 管板式吸热板芯是将排管与平板以一定的结合方式连接构成吸热条带,然后再与上下集管焊接成吸热板。这是目前国内外使用比较普遍的吸热板结构类型。由于这种板芯的排管是圆形,它与吸热板的接触是一条线,因此接触面小、接触热阻大,传热效率低。

[0006] (2) 翼管式吸热板芯是利用模子挤压拉伸工艺制成金属管两侧连有翼片的吸热条带,然后再与上下集管焊接成吸热板。吸热板材料一般采用铝合金。翼管式吸热板芯的优点:热效率高,管子和平板是一体,无结合热阻,耐压能力强。缺点是工艺复杂,材料用量大,工艺要求管壁和翼片都有较大的厚度以增加肋片导热系数,动态特性差,吸热板芯有较大的热容量、自身温升大。

[0007] (3) 扁盒式吸热板芯是将两块金属板分别模压成型,然后再焊接成一体构成吸热板,吸热板材料可采用不锈钢、铝合金、镀锌钢等。通常,流体通道之间采用点焊工艺,吸热板四周采用滚焊工艺。扁盒式吸热板的优点:热效率高,管子和平板是一体,无结合热阻;不需要焊接集管,流体通道和集管采用一次模压成型。缺点:焊接工艺难度大,容易出现焊接穿透或者焊接不牢的问题;耐压能力差,焊点不能承受较高的压力;动态特性差,流体通道的横截面大,吸热板有较大的热容量、自身温升大。

[0008] (4) 蛇管式吸热板芯是将金属管弯曲成蛇形,然后再与平板焊接构成吸热板芯。吸热板材料一般采用铜,焊接工艺可采用高频焊接或超声焊接。蛇管式吸热板的优点:不需要另外焊接集管,减少泄漏的可能性;耐腐蚀,耐压能力强。缺点:接触热阻大,肋片导热效率低;板芯沿工质流动方向温度分布不均匀;串联流道流动阻力大、流动压损大;曲线焊缝工艺难度大。

[0009] 平板型太阳能集热板芯通常采用水或丙酮等作为传热工质,其易结冻和在低温下运行效率差等问题长期存在于太阳能热水器行业中,该技术缺陷一直阻碍着平板型太阳能集热器在温带地区的冬季及部分严寒地区的使用,因此研发一种结构简单紧凑、传热效率高、压损小、低温运行性能优越的吸热板芯及平板型太阳能集热器势在必行。

## 发明内容

[0010] 本发明要解决的技术问题是提供一种结构简单紧凑、传热效率高、压损小、低温运行性能优越的超薄超导式吸热板芯。

[0011] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:

[0012] 吸热板芯,其创新点在于:所述吸热板芯为由两片平行设置的金属薄板通过全密封焊接构成,具有一个换热介质紊流通道,以及具有至少一个与换热介质流道连通的工质进口和至少一个与换热介质流道连通的工质出口;所述两片平行设置的金属薄板包括上端的平滑金属薄板和下端的波纹金属薄板;所述平滑金属薄板表面镀有复合太阳能吸热涂层,所述波纹金属薄板内侧表面冲压成型有导流凸起或凸筋。

[0013] 在一些实施方式中,所述波纹金属薄板为鼓泡式波纹,所述波纹金属薄板内侧面冲压成型有若干排均匀分布的球形导向凸起,相邻两排的球形导向凸起错开设置。

[0014] 进一步的,所述波纹金属薄板的导向凸起为球体、圆柱、圆锥、多面体、长方体。

[0015] 进一步的,所述波纹金属薄板导向凸起的排列形状为平行四边形、长方形、圆形、椭圆形、三角形、梯形、菱形。

[0016] 在一些实施方式中,所述波纹金属薄板为直条形波纹,波纹金属薄板的内侧面冲压成型有若干相互平行设置的直条形导流凸筋,导流凸筋自进液侧向出液侧设置,且所述相邻两排导流凸筋的流道口错开设置。

[0017] 在一些实施方式中,所述波纹金属薄板为人字形波纹,波纹金属薄板的内侧面自冲压成型有若干相互平行设置的人字形导流凸筋,导流凸筋进液侧向出液侧,所述相邻排导流凸筋的流道口错开设置。

[0018] 本发明的另一目的是提供一种超薄超导式的平板型太阳能集热器,其创新点在于:包括透明盖板、吸热板芯、保温层、超导混合传热工质和外框;所述透明盖板、吸热板芯及保温层从上至下依次平行设置。

[0019] 透明盖板材料是厚度为 3 ~ 5mm 的超白低铁钢化玻璃或超白低铁布纹钢化玻璃。一般情况下,在我国南方地区采用单层透明盖板,在我国北方地区,宜采用双层透明盖板。透明盖板与吸热板芯之间的距离应大于 20mm 以获得平板夹层内最佳空气自然对流换热。保温材料可采用酚醛泡沫、岩棉、玻璃棉、聚氨酯、聚苯乙烯等。隔热层的厚度应根据选用的材料种类、集热器的工作温度、使用地区的气候条件等因素来确定。材料的导热系数越大、集热器的工作温度越高、使用地区的气温越低则隔热层的厚度就要求越大。一般来说,底部隔热层的厚度选用 30 ~ 50mm,侧面隔热层的厚度与之大致相同。外壳的材料有铝合金、不锈钢板、碳钢板、塑料、玻璃钢等。为了进一步提高外壳的密封性,可采用 0.4 ~ 0.8mm 的铝合金或碳钢板一次模压成型工艺。平板太阳能集热器总体厚度最低约为 55mm,比传统平板太阳能集热器变薄了近 30%。

[0020] 优选的,所述吸热板芯的平滑金属板面向透明盖板,波纹金属板贴向保温层。

[0021] 进一步的,超薄超导式的平板型太阳能集热器还包括一个用于安装透明盖板、吸热板芯和保温层的金属外框,所述金属外框由侧框和侧框底端的背框构成,透明盖板固定在金属外框的侧框顶部内,并与吸热板芯之间留有空气保温层,所述金属外框的侧框与背框可整体成形,也可以采用分体式,由螺栓或卡扣连接固定。

[0022] 进一步的,所述平板型太阳能集热器通过连接管件依次串联或并联构成换热阵列。

[0023] 进一步的,所述超导混合传热工质的主要成分为 1,3-丙二醇、水和少量防腐剂,所述传热工质各主要成分需按 5 : 4.4 : 0.5 的比例进行混合,所述传热工质适用于中低温太阳能集热器,运行温度范围为  $-30^{\circ}\text{C}$  至  $105^{\circ}\text{C}$ ,工作温度可根据主要成分不同的混合比例进行调整。

[0024] 进一步的,所述传热工质的成分还可为甲醇或乙二醇或丙酮与水和防腐剂的混合物。

[0025] 本发明的有益效果:

[0026] (1) 超薄超导式吸热板芯是由一片平滑金属薄板和一片具有不规则波纹表面的波纹金属薄板平行重叠组成,板片之间形成不等截面的紊流通道,通过流道的传热与吸热板芯的涂层表面直接进行热量交换,减少换热热阻,增加总体换热效率。吸热板芯自具排管与集管功能,可自动均匀分配工质进行换热,减少材料用量和板芯重量,且完全消除了接触热阻的影响。吸热板芯全密封焊接而成,承压性能高。板芯内多处并联流动阻力小,压损小。在相同压力损失情况下,其传热系数比管板式集热结构高出 3-5 倍,热回收率可高达 90% 以上。

[0027] (2) 波纹板片通常由厚度为 0.5 ~ 3mm 的不锈钢、铝合金、铜等薄板冲制而成,可以任意定制规格尺寸。其换热系数高、压损小、高承压、耐腐蚀,且生产工艺简单,标准生产化程度高,成本低廉。通过使用各种不同形式的磨具可将金属薄板压成形状各异的波纹,并在波纹板片的两个角上开有四个角孔,作为工作介质的进出口通道。金属薄板的波纹形式主要有入字形波纹、直条波纹、横直波纹、梯形平直波纹、曲折形波纹和鼓泡型等。这些波纹设计构成了复杂的流道,使得工作介质在波纹板间流道内呈旋转三维流动,能在较低的雷诺数下产生紊流,所以该集热结构的传热系数较高。两个薄板片采用全焊接工艺密封工艺焊接而成(如氩弧焊),不采用任何非金属密封材料,因而有较高的耐温、耐压性能,可适用的工作温度和压力范围非常广泛。此外由于薄板均采用金属冲压加工而成,标准化生产程度高,大规模生产的价格比管板式约低 40% -60%。

[0028] (3) 传热工质防冻能力强,即使在易出现霜冻 ( $-30^{\circ}\text{C}$ ) 的寒冷地区都正常运行。传热工质比热容大、换热能力强,即便在  $-20^{\circ}\text{C}$  情况下,比热容依然有 3.02-3.62kJ/kg-K;在  $100^{\circ}\text{C}$  的情况下,比热容高达 3.41-3.81kJ/kg-K。传热工质防腐蚀保护性强,板芯材料可选择范围广泛。传热工质防结垢能力强,对板芯材料几乎无任何化学反应,不产生油泥等悬浮杂质堵塞管路。传热工质具有低降解性特点,防空晒能力强,增加集热器的使用寿命。传热工质主要成分 1,3-丙二醇可由快速生产的农植物中提炼,如以玉米为原料的可再生生物转化生产技术,摆脱对传统化石燃料的依赖,减少对环境的负面影响。

[0029] (4) 保温材料能够减少金属薄板式换热器向四周环境散失热量,以提高组件的集热效率。保温材料需要导热系数小、不吸水、有一定的硬度等特点,厚度一般为 3-5 厘米。常

用的保温材料有聚苯乙烯、聚氨脂等。保温材料可根据工作介质不同的进出口管径进行开孔。

[0030] (5) 平板型太阳能集热器具有结构紧凑、传热效率高、压损小、重量轻巧、安装灵活、承压性高、抗冻、防结垢、耐腐蚀、使用寿命长以及低成本等特点。通过采用混合超导热媒作为传热工质,平板型太阳能集热器在低温下仍旧正常运行,大大提升了集热器的热效率和使用范围。此外无论从整体外形、重量、厚度及结构强度等方面,该平板型太阳能集热器均更适合与建筑相结合,拓宽了其应用途径,广泛适用于民用建筑及工业厂房等太阳能集热场合。

#### 附图说明

- [0031] 图 1 为本发明超薄超导式吸热板芯的正面示意图。
- [0032] 图 2 本发明超薄超导式吸热板芯的背面示意图。
- [0033] 图 3 为本发明超薄吸热板芯三维组装图。
- [0034] 图 4 为凸起波纹交错排列的吸热板芯的背面示意图。
- [0035] 图 5 为凸起波纹排列呈长方形的吸热板芯的背面示意图。
- [0036] 图 6 为凸起波纹排列呈平行四边形的吸热板芯的背面示意图。
- [0037] 图 7 为凸起波纹排列呈椭圆形的吸热板芯的背面示意图。
- [0038] 图 8 为凸起波纹呈球体的吸热板芯的三维示意图。
- [0039] 图 9 为凸起波纹呈尺寸各异球体的吸热板芯的三维示意图。
- [0040] 图 10 为凸起波纹呈圆柱体的吸热板芯的三维示意图。
- [0041] 图 11 为凸起波纹呈正方体的吸热板芯的三维示意图。
- [0042] 图 12 为凸起波纹呈圆锥体的吸热板芯的三维示意图。
- [0043] 图 13 为凸起波纹呈多面体的吸热板芯的三维示意图。
- [0044] 图 14 为凸起波纹呈球体的吸热板芯的平面剖视图。
- [0045] 图 15 为凸起波纹呈圆柱体的吸热板芯的平面剖视图。
- [0046] 图 16 为凸起波纹呈正方体的吸热板芯的平面剖视图。
- [0047] 图 17 为凸起波纹呈圆锥体的吸热板芯的平面剖视图。
- [0048] 图 18 为凸起波纹呈多面体的吸热板芯的平面剖视图。
- [0049] 图 19 为凸筋波纹呈直条的吸热板芯的平面剖视图:垂直平行流道。
- [0050] 图 20 为一种凸筋波纹呈直条的金属薄板式换热器平面图:垂直曲折流道
- [0051] 图 21 为一种凸筋波纹呈直条的金属薄板式换热器平面图:水平曲折流道
- [0052] 图 22 为一种凸筋波纹呈人字形直条的金属薄板式换热器平面图:人字形流道
- [0053] 图 23 为平板型太阳能集热器前视图。
- [0054] 图 24 为平板型太阳能集热器侧视图。
- [0055] 图 25 为平板型太阳能集热器背视图
- [0056] 图 26 为平板型太阳能集热器俯视图。
- [0057] 图 27 为平板型太阳能集热器三维组装示意图。
- [0058] 图 28 为平板型太阳能集热器部件组装示意图。
- [0059] 图 29 为平板型太阳能集热器联接方式示意图。

[0060] 图 30 为平板型太阳能集热器的另一联接方式示意图。

### 具体实施方式

[0061] 下面结合附图和具体实施例对本发明的技术方案作详细说明。

[0062] 参阅图 1-17, 本发明的吸热板芯 7, 由平滑金属薄板 10 和波纹金属薄板 9 平行设置, 平滑金属薄板 10 外侧表面镀有复合太阳能吸热涂层 11, 波纹金属薄板 9 内侧表面冲压成型出导流凸起或凸筋 12。为能在较低的雷诺数下产生紊流, 提高吸热芯 7 的换热效率, 其平面金属板体的两片金属薄板中, 一片为无波纹平面薄板 10, 另一片为在内侧表面冲压成型出导流凸起或凸筋 12 的波纹状薄板 9。

[0063] 本发明中的金属薄板式吸热芯 7 整体不采用任何非金属密封材料; 波纹板片由厚度为 0.5 ~ 3mm 的不锈钢、铝、钛、钼等薄板冲制而成, 可以任意根据需求定制几何尺寸, 并通过使用不同形式的磨具压成形状各异的波纹。

[0064] 平滑金属薄板 10 和波纹金属薄板 9 通过全密封焊接构成, 具有多个换热介质紊流通道 13, 以及具有至少一个与换热介质流道连通的工质进口 8 和至少一个与换热介质流道连通的工质出口 5。波纹金属薄板 9 具有导向凸起波纹 12, 其排列形状可以为平行四边形、长方形、圆形、椭圆形、三角形、梯形、菱形以及其他不规则排列设置。波纹金属薄板 9 的导向凸起波纹 12 由内板表面冲压成型, 凸起形状可为球体、圆柱、圆锥、多面体、长方体以及其他不规则几何形状体。板芯内换热介质紊流通道 13 亦根据凸起的形状和分布排列不同而有多重选择。

[0065] 本技术人员应当了解, 这里波纹状薄板 9 的纹路仅仅是示意性的, 不是局限性的。如图 18 ~ 20 所示, 波纹状薄板 9 的纹路也可以是直条形波纹, 具体为: 波纹状薄板 9 的内侧面自进液侧向出液侧冲压成型有若干相互平行设置的直条形导流凸筋 15, 且相邻排导流凸筋的流道口或平行设置或错开设置, 这里的直条形导流凸筋可以根据安装需求平行或垂直设置。该具有垂直或平行直条形导流凸筋的波纹状薄板 9 与无波纹平面薄板 10 焊接后形成换热介质紊流通道 14 或换热介质紊流通道 16 或换热介质紊流通道 17。

[0066] 另外, 如图 21 所示, 波纹状薄板 9 也可以为人字形波纹, 具体为: 波纹状薄板 9 的内侧面自进液侧向出液侧冲压成型有若干相互平行设置的人字形导流凸筋 19, 相邻排导流凸筋的流道口错开设置, 进而形成换热介质紊流通道 18。

[0067] 如图 22-25 所示, 本发明还公开了一种基于上述吸热板芯的平板型太阳能集热器, 其包括玻璃盖板 2、边框 3、背框 4、保温材料 6、吸热板芯 7、工质循环进口 8 和出口 5。

[0068] 具体的: 玻璃盖板 2、吸热板芯 7、保温材料 6、背框 4 由上至下依次平行设置于边框 3 中。为提高换热效率, 透明盖板与吸热板芯之间留有一段空气保温层, 吸热芯 7 紧贴保温材料层 6 并压紧置于背框 4 上。本实施例中, 金属薄板式吸热芯 7 和保温材料层 6 为矩形, 工质进口 8 和工质出口 5 为圆形, 分别有两个开在矩形的四角直角处。

[0069] 金属薄板式换热器可通过连接管件依次串联或者并联构成换热阵列。图 26 给出了平板型太阳能集热器阵列的水平串联和垂直串联联接方式, 其通过使用标准的管路连接件 20 连接构成换热矩阵。

[0070] 在实际运行中, 传热工质各主要成分可按一定比例进行混合得到适宜在该气候环境中使用的工质。传热工质成分为 1,3- 丙二醇、水和少量防腐剂, 传热工质各主要成分需

按 5 : 4.5 : 0.5 的比例进行混合 ; 传热工质适用于中低温太阳能集热器, 运行温度范围为  $-30^{\circ}\text{C}$  至  $105^{\circ}\text{C}$ , 工作温度可根据主要成分不同的混合比例进行调整 ; 传热工质热力学属性根据主要成分不同的混合比例存在一定变化范围 ; 传热工质防腐蚀保护性强, 板芯材料可选用的金属材料如铜、铝合金、铜铝复合、不锈钢、镀锌钢等 ; 所述传热工质中的防腐剂为中性有机羧酸, 不含磷酸盐, 硼酸钠、亚硝酸盐或者胺类。

[0071] 超导混合传热工质还可以为甲醇或乙二醇或丙酮与水和防腐剂的混合物。

[0072] 混合工质中水的比例越高, 综合传热性能越强, 但工作温度下限上升 ; 反之混合工质中水的含量越少, 工作温度下限降低, 但综合传热性能减弱。

[0073] 太阳能集热器的工作原理简述为 : 当太阳辐射穿过透明盖板后, 投射在吸热板芯上, 绝大部分能量被吸热板芯吸收并转换成热能 ( 少部分能量以热量或者光反射等形式损失掉 ), 然后将热量传递给吸热板芯内的超导传热工质, 使传热工质的温度升高, 作为集热器的有效能量输出。此为太阳能热水器公知技术。

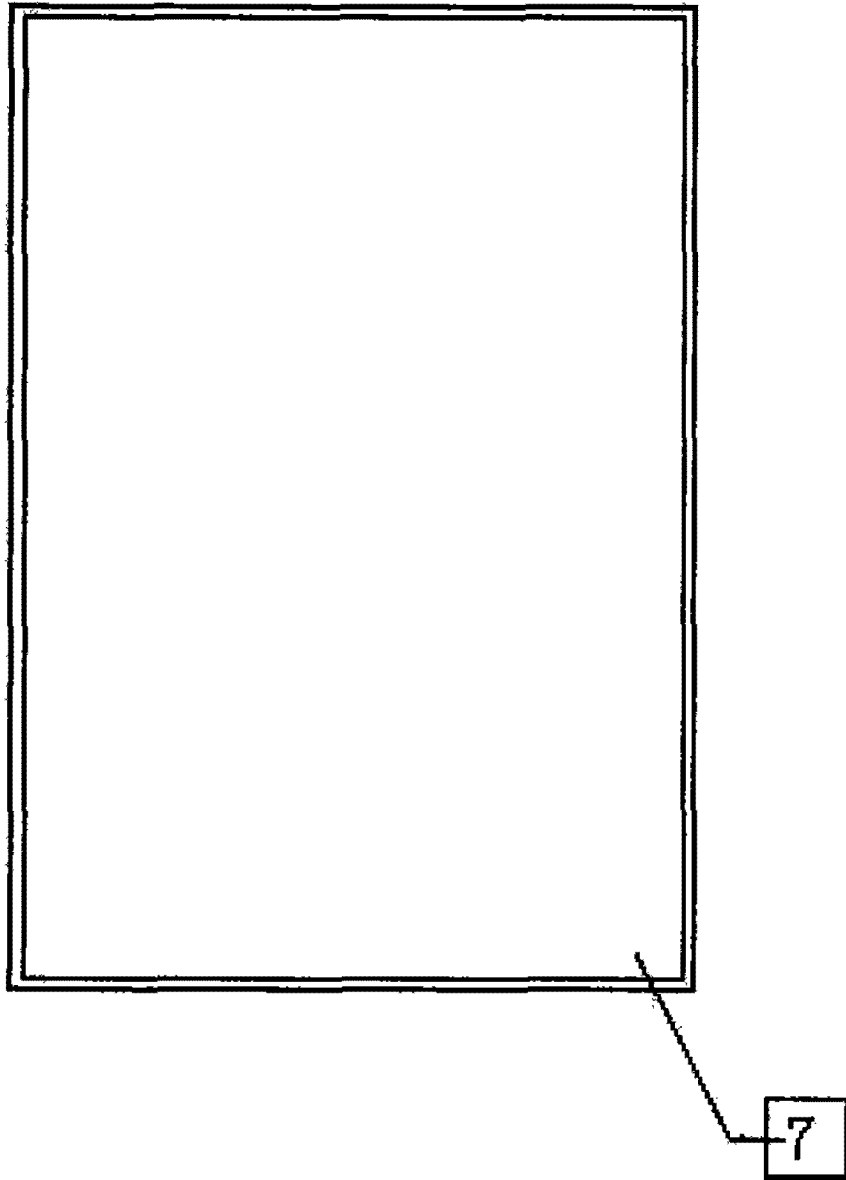


图 1

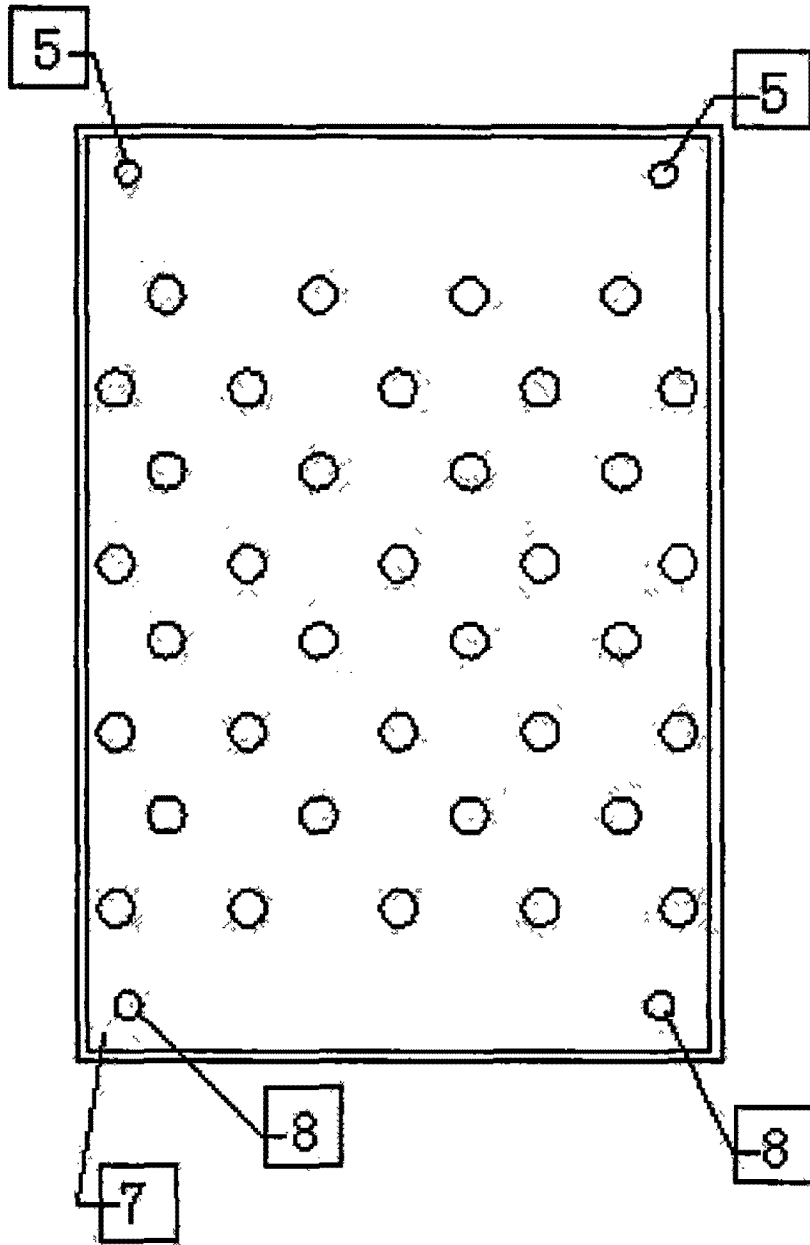


图 2

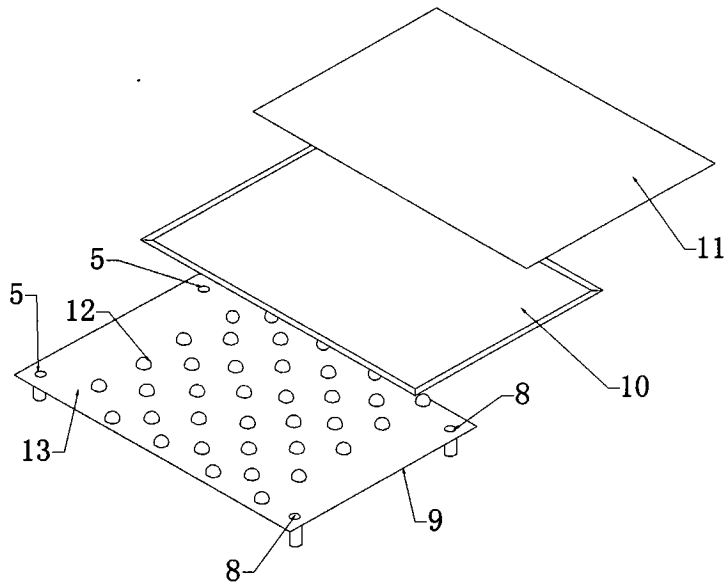


图 3

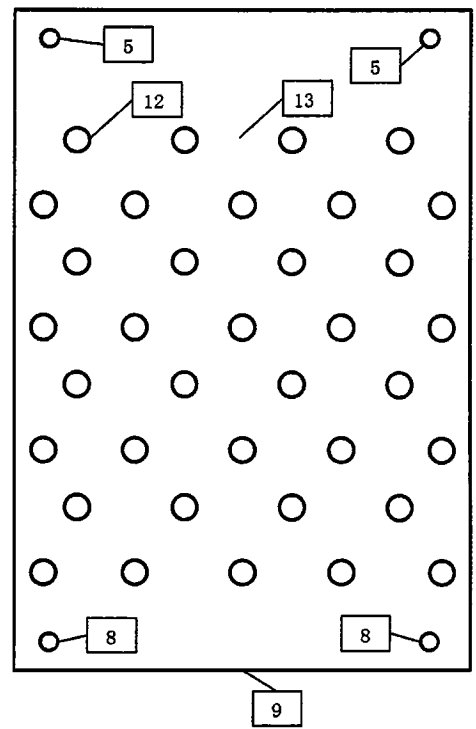


图 4

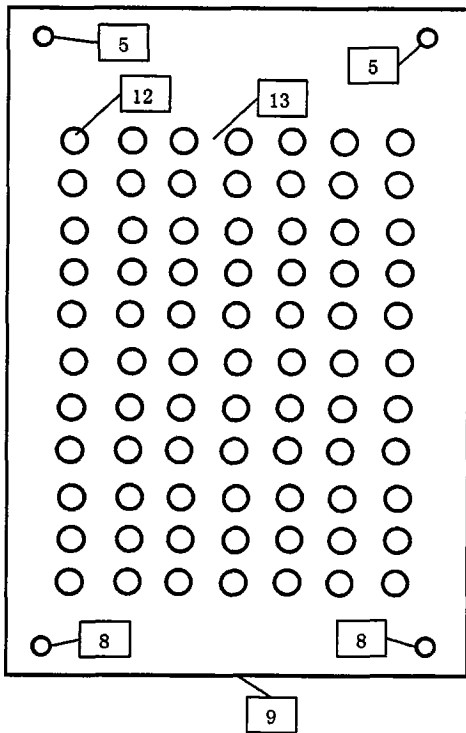


图 5

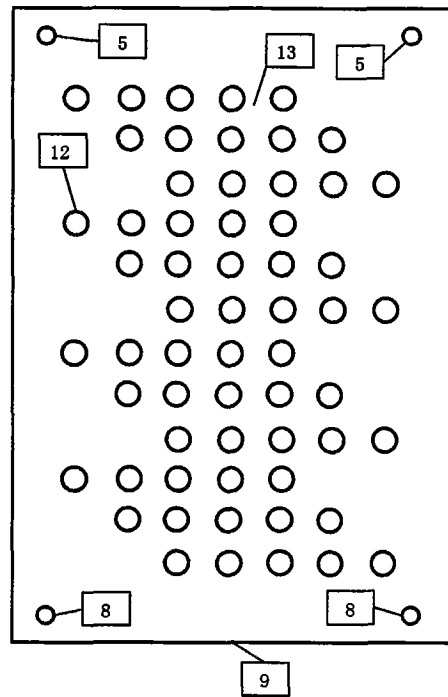


图 6

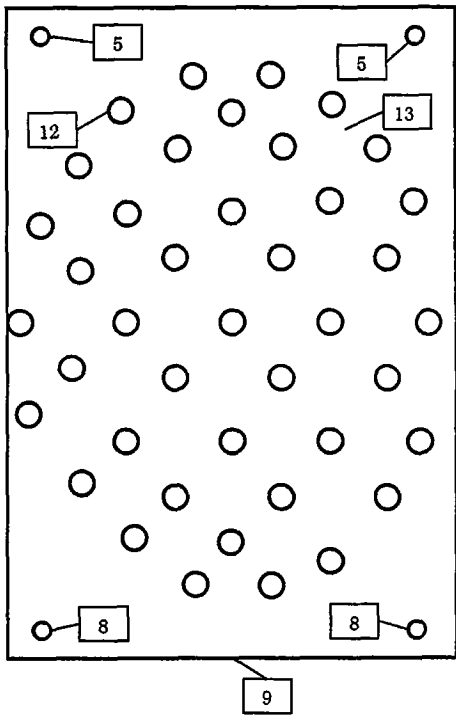


图 7

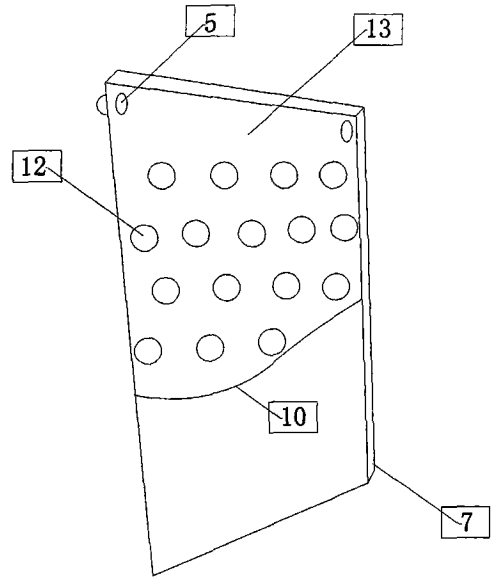


图 8

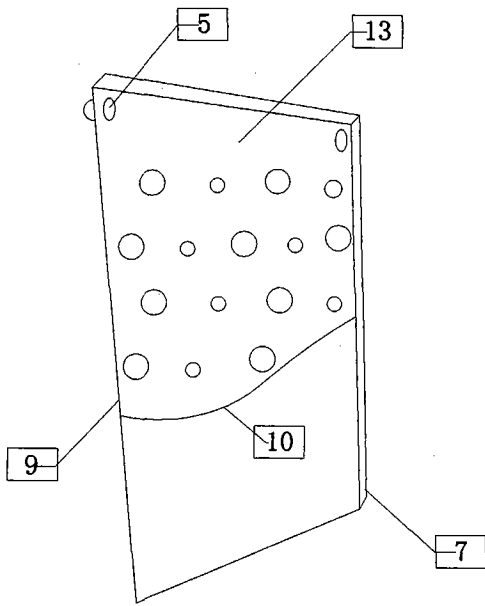


图 9

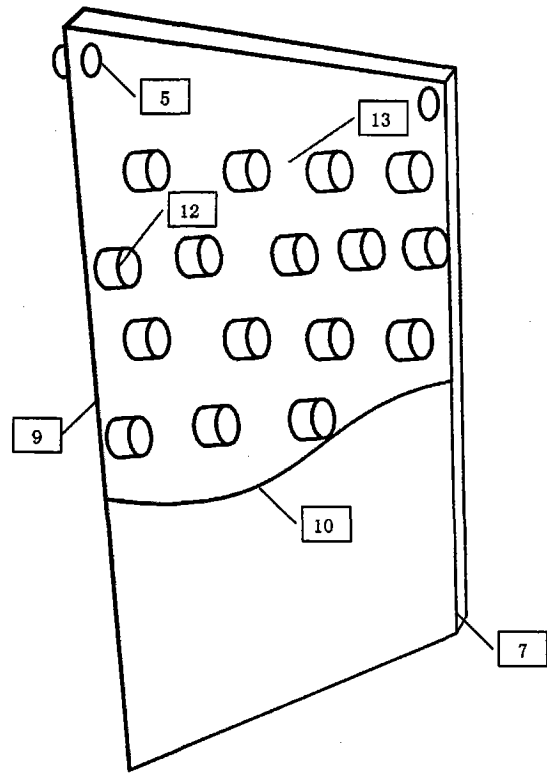


图 10

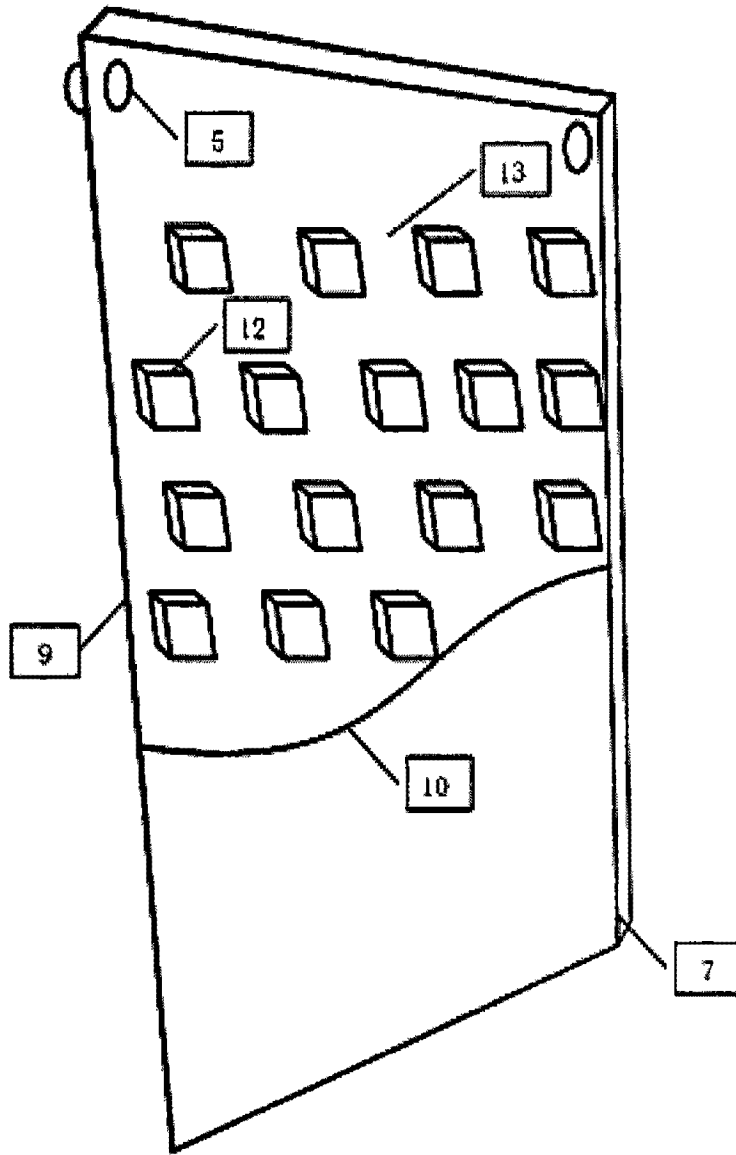


图 11

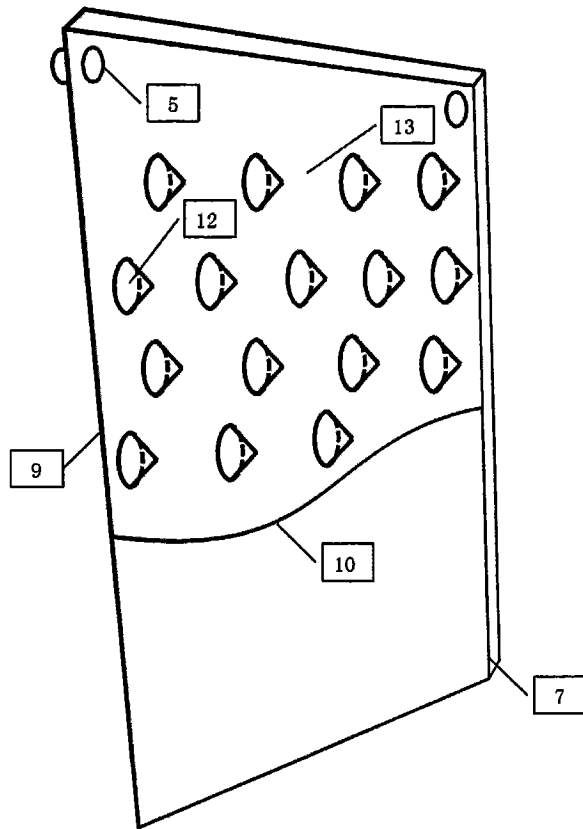


图 12

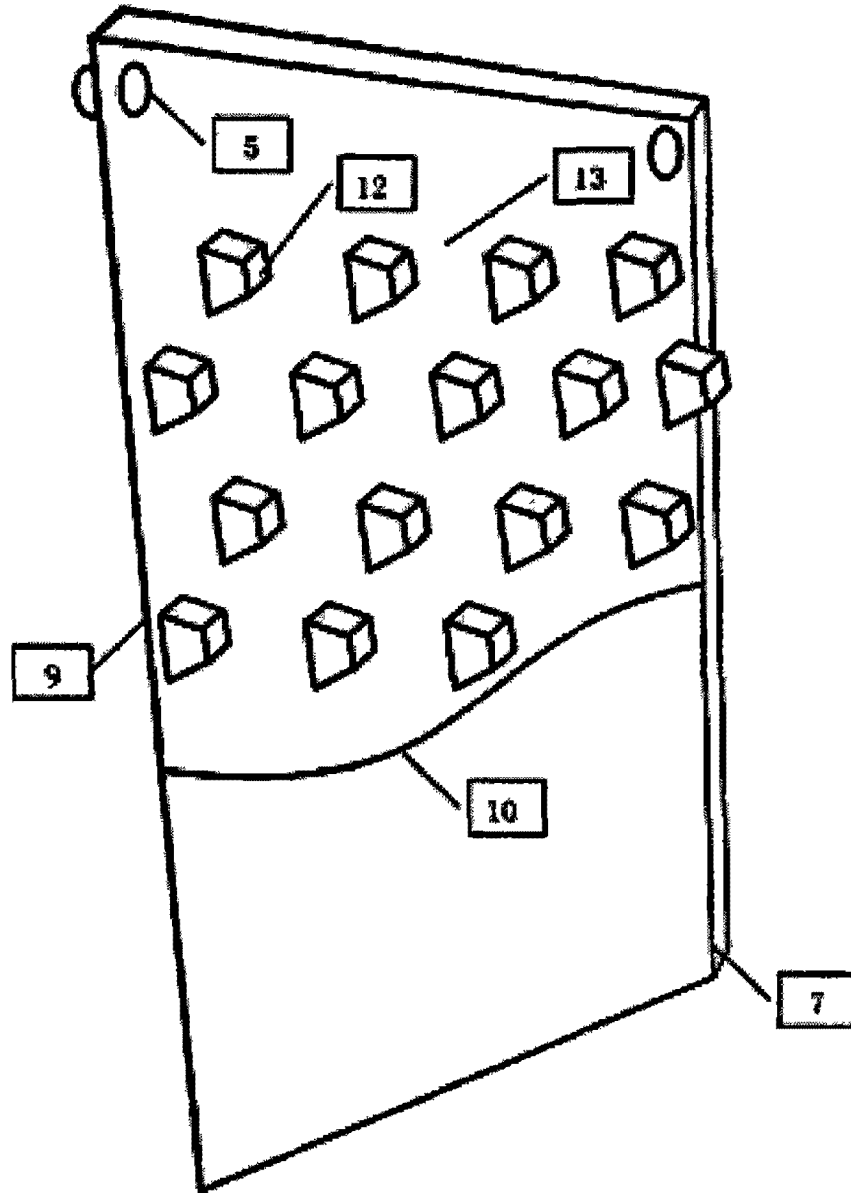


图 13

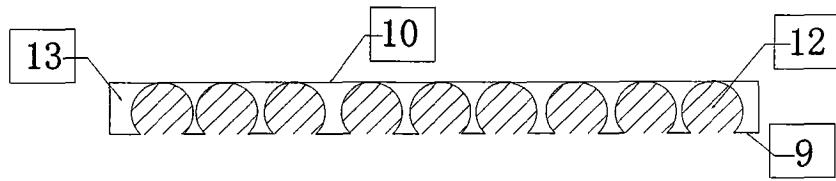


图 14

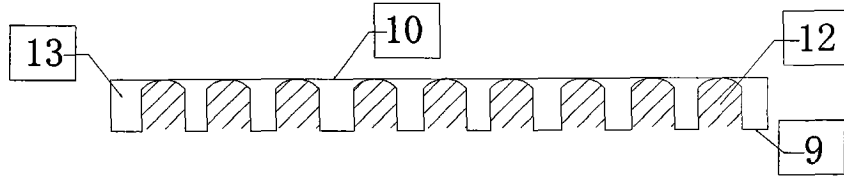


图 15

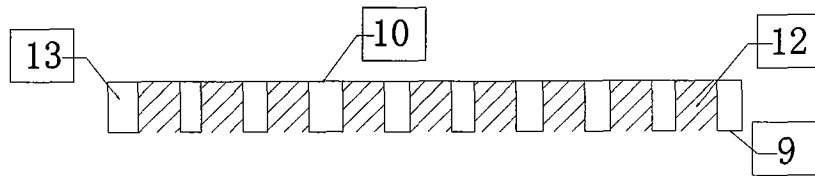


图 16

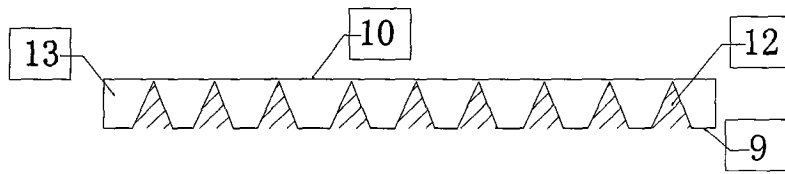


图 17

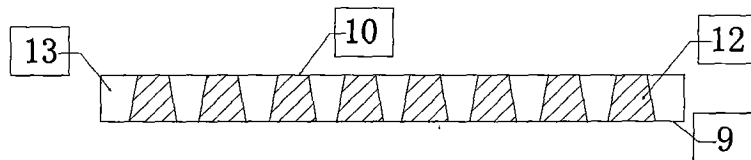


图 18

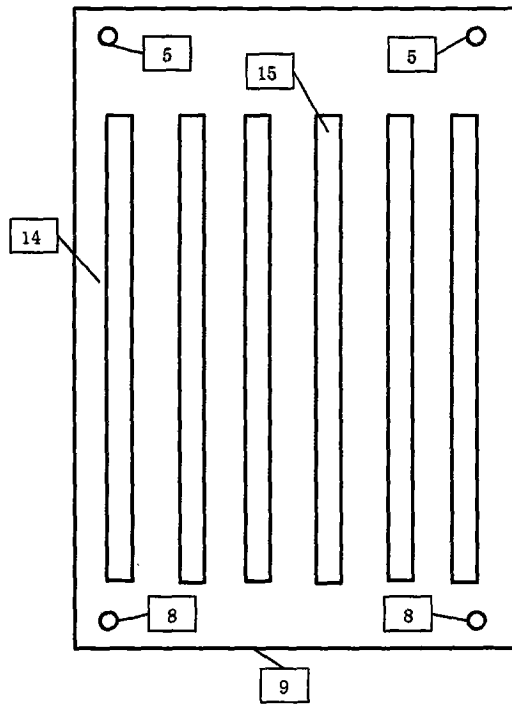


图 19

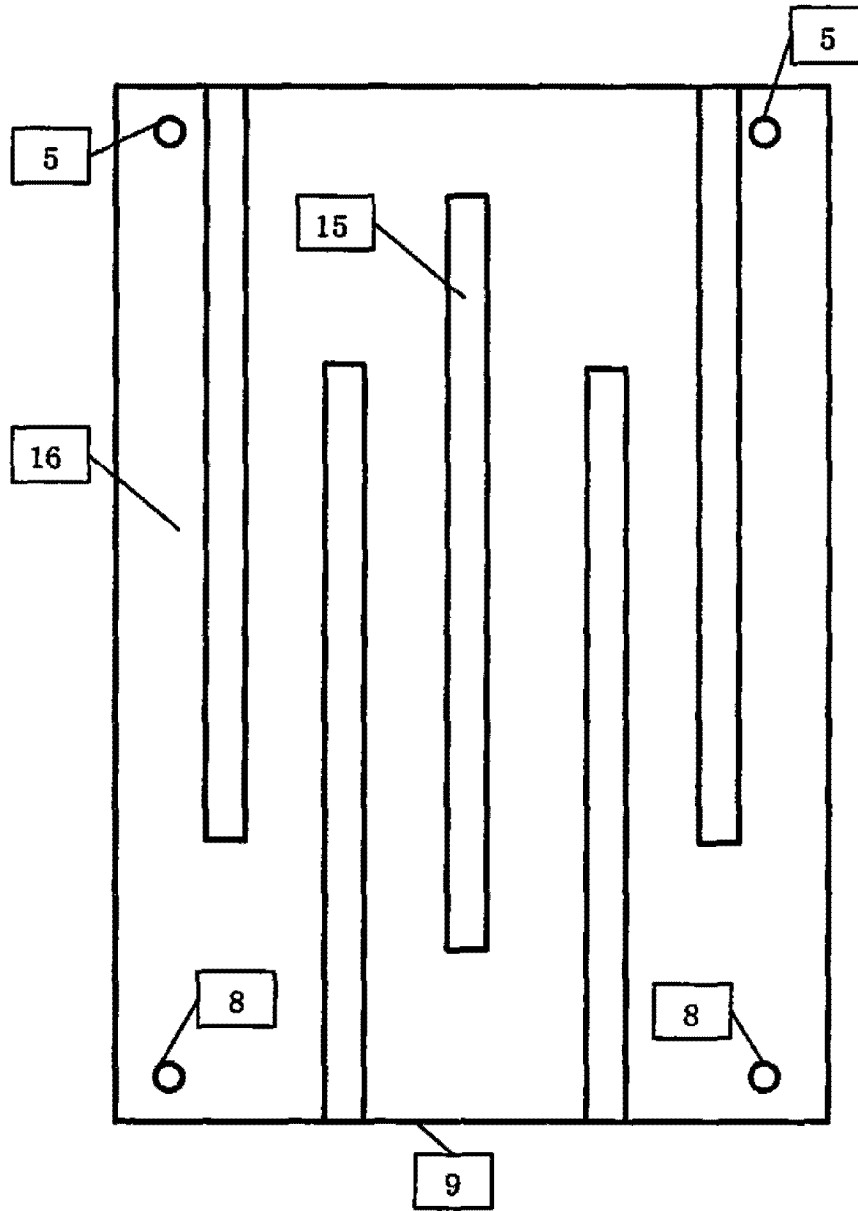


图 20

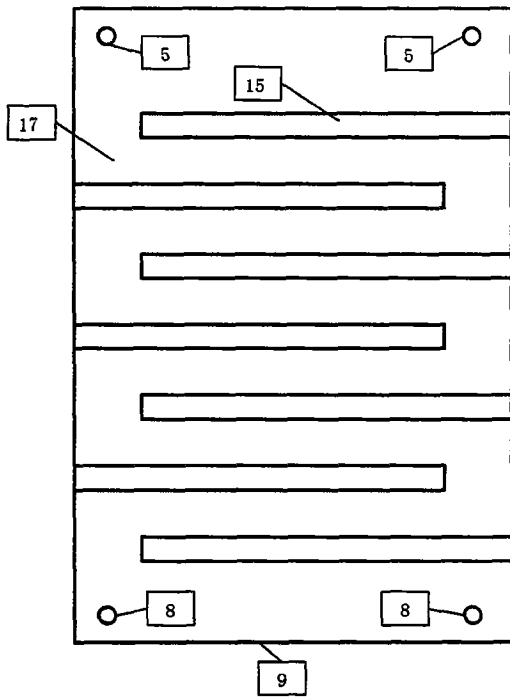


图 21

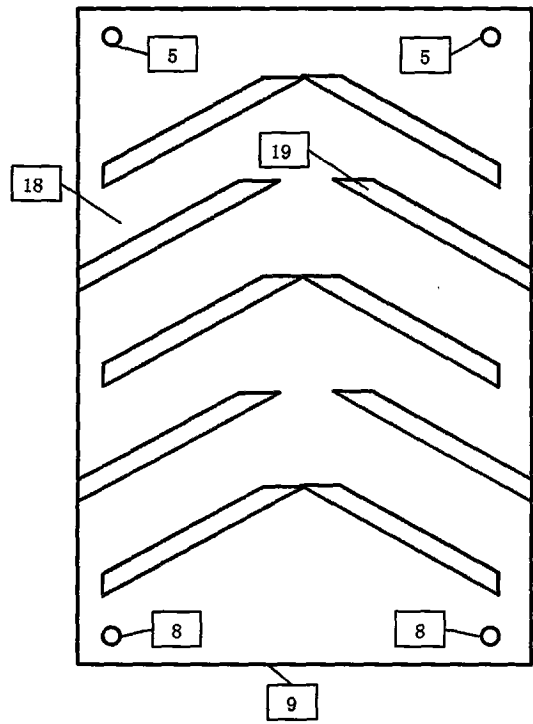


图 22

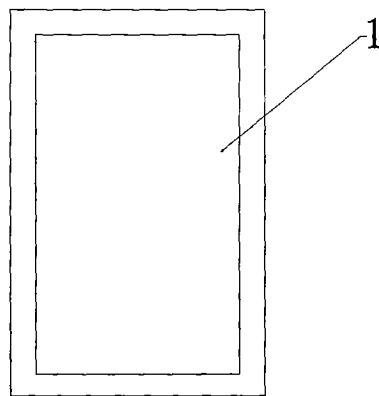


图 23

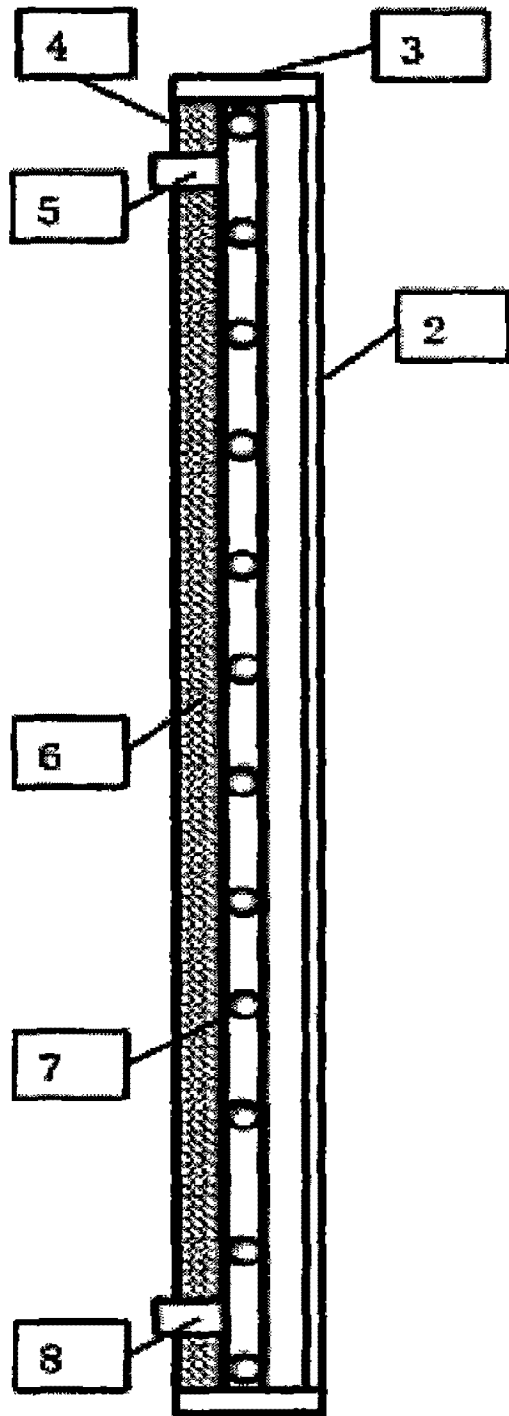


图 24

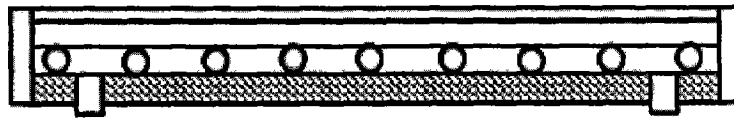


图 25

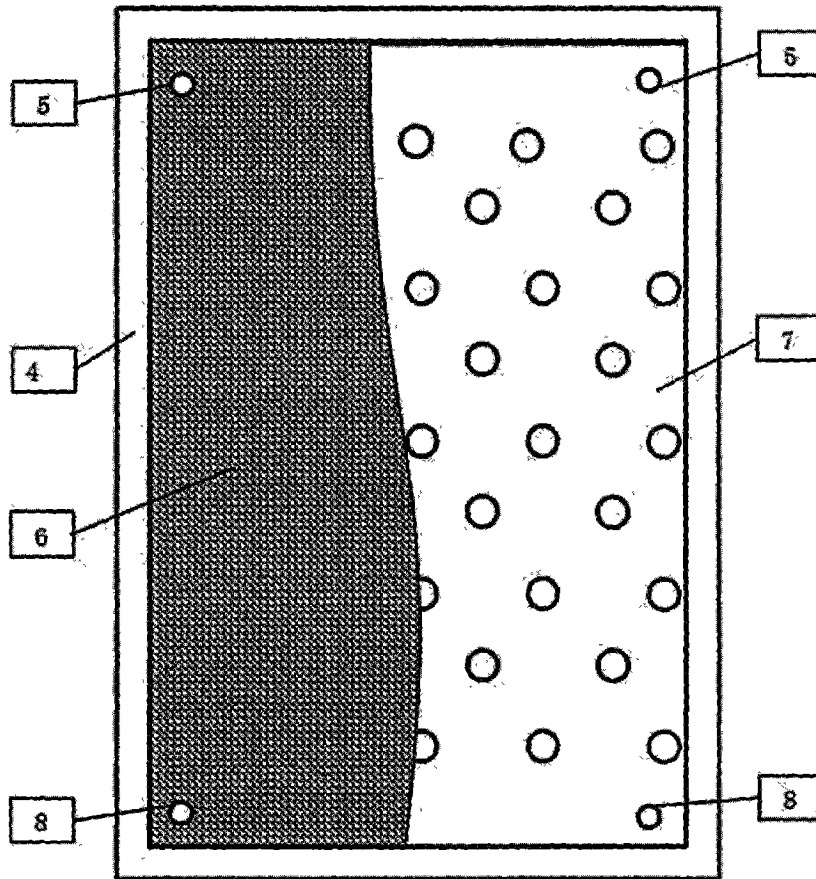


图 26

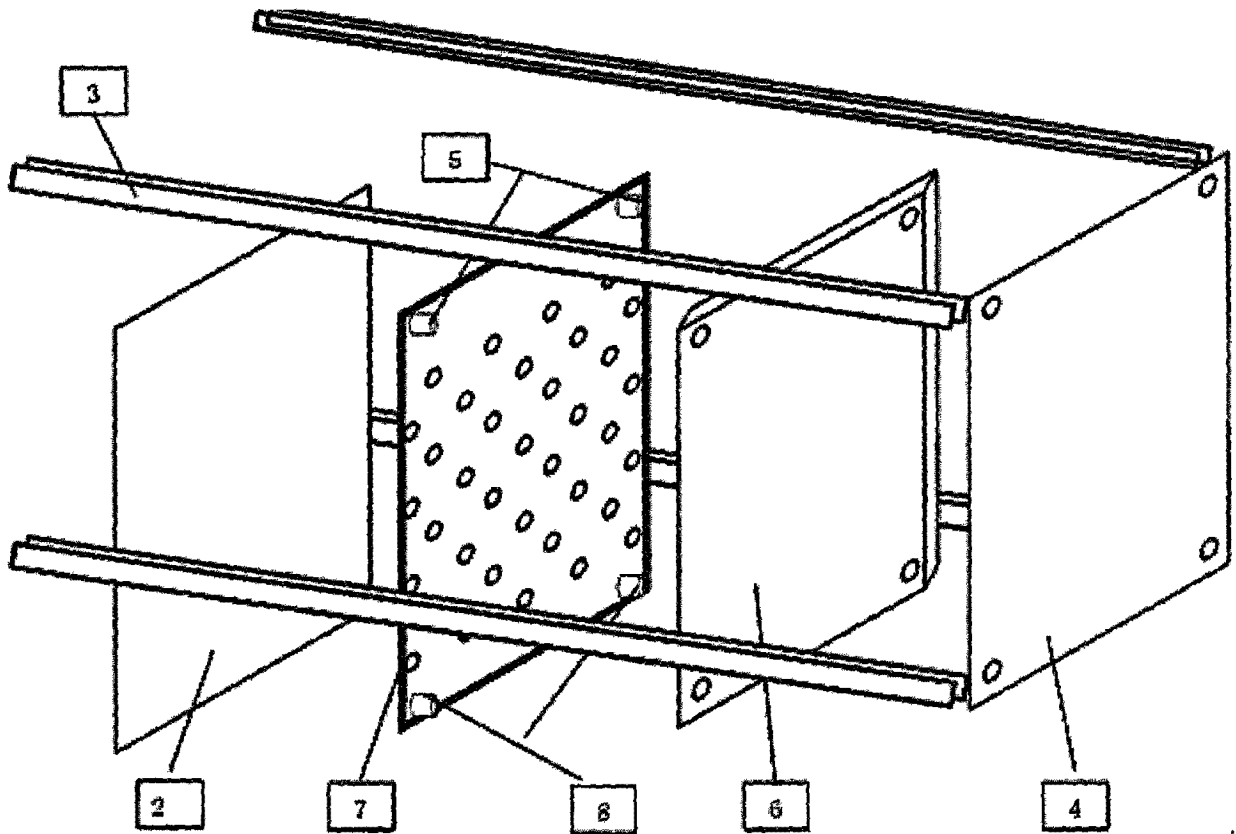


图 27

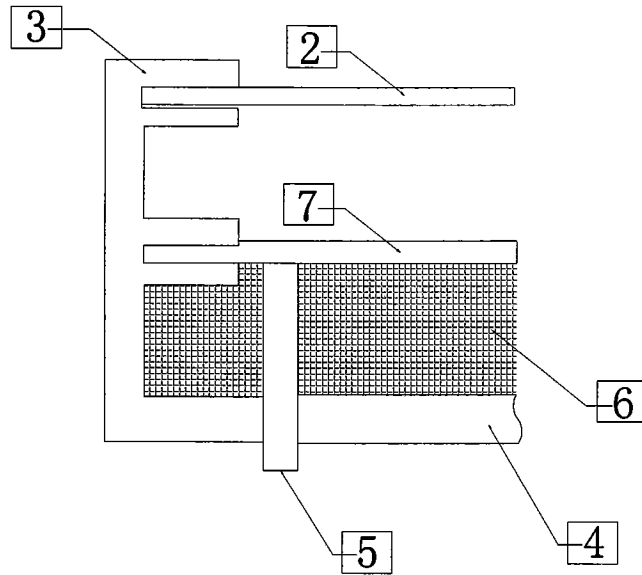


图 28

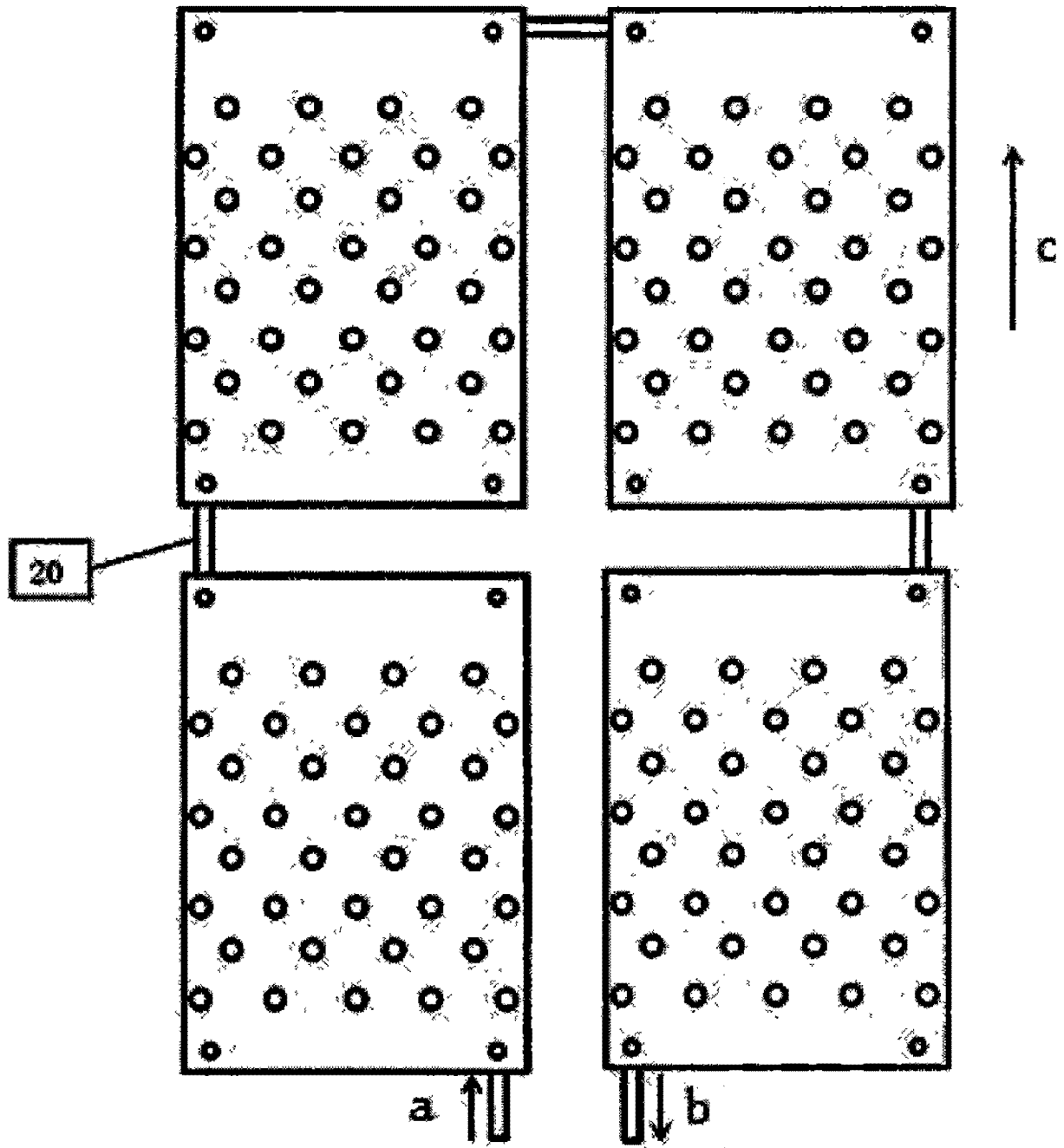


图 29

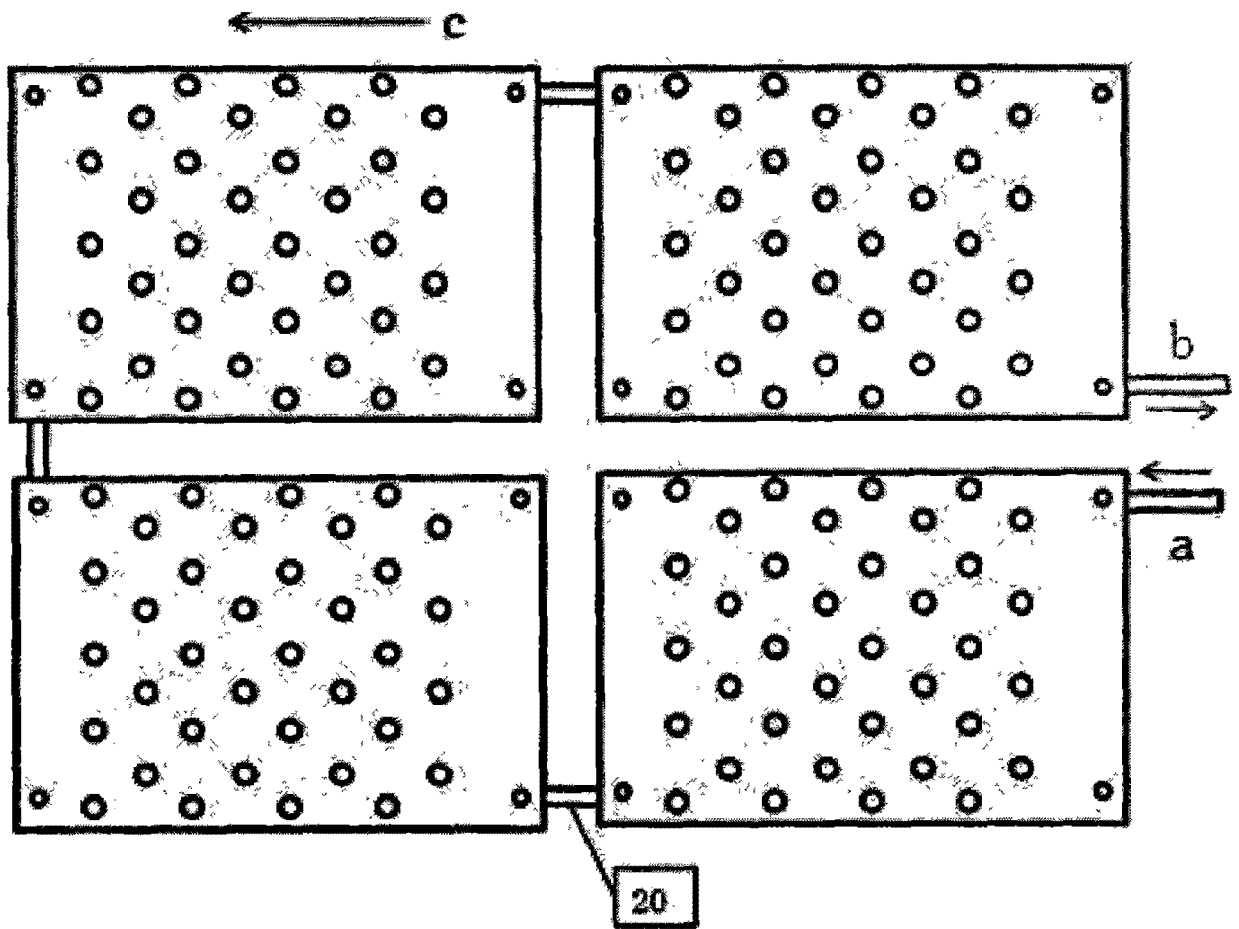


图 30