



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102654413 B

(45) 授权公告日 2013. 11. 13

(21) 申请号 201110048817. 2

(22) 申请日 2011. 03. 01

(73) 专利权人 中国科学院合肥物质科学研究院
地址 230031 安徽省合肥市董铺岛

(72) 发明人 赵江海 叶晓东 王丹 徐林森
钱蓉蓉 蔡敏

(74) 专利代理机构 常州佰业腾飞专利代理事务
所(普通合伙) 32231

代理人 朱小杰

(51) Int. Cl.

G01F 23/14(2006. 01)

审查员 孙世新

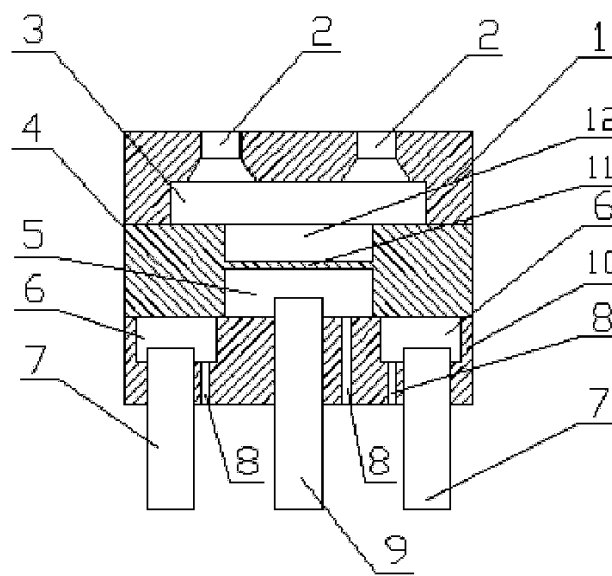
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

温度自补偿式光纤液位传感器

(57) 摘要

本发明涉及传感器技术类,更具体地说,它涉及一种能自动抑制环境温度干扰的光纤液位传感器。目的是提供一种具有新型结构的温度自补偿式光纤液位传感器的设计,能有效消除外界温度和光源强度变化的干扰,提高光纤液位传感器的性能。一种温度自补偿式光纤液位传感器,所述温度补偿式光纤液位传感器由缓冲圆柱体、传感圆柱体、温度补偿圆柱体、四根温度传感光纤和一根压力传感光纤组成,并顺序粘接在一起。所述缓冲、传感、温度补偿圆柱体都设有能够与所述光纤构成光学谐振,可以感应外界压力或者温度变化的腔体。



1. 一种温度自补偿式光纤液位传感器,其特征在于:所述温度自补偿式光纤液位传感器由缓冲圆柱体(1)、传感圆柱体(4)、温度补偿圆柱体(10)、四根温度传感光纤(7)和一根压力传感光纤(9)组成,所述缓冲、传感、温度补偿圆柱体(1、4、10)都设有能够与所述光纤构成光学谐振、可以感应外界压力或者温度变化的腔体;所述的缓冲圆柱体(1)的腔体包括均布于缓冲圆柱体(1)上表面的四个缓冲孔(2)和位于缓冲圆柱体(1)下表面中央的一个圆柱形缓冲腔(3),且四个缓冲孔(2)与圆柱形缓冲腔(3)连通;所述的传感圆柱体(4)的上下表面分别设有上圆柱形腔(12)和下圆柱形腔(5),下圆柱形腔(5)的深度为18um;下圆柱形腔(5)和上圆柱形腔(12)之间为一层弹性膜(11),弹性膜的厚度为100um,半径为500um,且上述压力传感光纤(9)伸入下圆柱形腔中;所述的温度补偿圆柱体(10)的上表面设有圆柱形腔体(6),且圆柱形腔体的数量为4个,均布于温度补偿圆柱体的上表面,腔体的深度为18um,上述4根温度传感光纤(7)分别伸入圆柱形腔体中。

2. 根据权利要求1的温度自补偿式光纤液位传感器,其特征在于:四个缓冲孔(2)的上半部为圆柱形,下半部为圆台形状。

3. 根据权利要求1的温度自补偿式光纤液位传感器,其特征在于:所述的四根温度传感光纤(7)和一根压力传感光纤(9)均为单模石英光纤。

4. 根据权利要求1的温度自补偿式光纤液位传感器,其特征在于:所述的缓冲圆柱体(1)、传感圆柱体(4)和温度补偿圆柱体(10)的制作材料均为单晶硅。

5. 根据权利要求1的温度自补偿式光纤液位传感器,其特征在于:所述的温度补偿圆柱体设有下圆柱形腔排气孔(81)和圆柱形腔体排气孔(82),下圆柱形腔排气孔与外界大气和传感圆柱体(4)的下圆柱形腔(5)连通,圆柱形腔体排气孔有4个,均布在温度补偿圆柱体上表面,且与外界大气和温度补偿圆柱体(10)的圆柱形腔体(6)连通。

温度自补偿式光纤液位传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及传感器技术类,更具体地说,它涉及一种能自动抑制环境温度干扰的光纤液位传感器。

背景技术

[0002] 液位传感器在工业和日常生活中有着重要而广泛的用途。在化工生产中,它可以用来计测反应釜的液位平面和化学储罐内的液体平面;在冶金工业中,可以用来计测铸造生产过程中的钢包液位;在电力工业中,可以用来检测油浸式变压器中导热油的液位;在日常生活中则用来检测大量的汽油、柴油和天然气储罐中的危险液体高度等。在上述液位测量场合中,现场恶劣的工作环境(腐蚀、高温、电磁干扰和易燃)对传感器的正常使用具有很大的干扰,往往导致检测误差。

[0003] 现有的光纤液位传感器如文献“基于非本征 Fabry-Perot 腔高精度光纤液位传感器研究”(吕涛,刘德森,刘志麟.《光子学报》,2007,36(4),pp. 690 ~ 693.)报道的光纤液位传感器,该传感器是基于 Fabry-Perot 腔制作的,在实际运用中,易受环境温度和光源强度变化的影响,造成传感器可操作性和连续性差,因此,必须采取相应补偿措施以满足传感器的高准确度和长期稳定性的要求。

发明内容

[0004] 本发明针对采用 Fabry-Perot 腔制作的光纤液位传感器所存在的易受温度和光源光强变化影响而导致的传感性能下降问题,将微细加工技术和光纤传感技术相结合,提供一种具有新型结构的温度自补偿式光纤液位传感器的设计,能有效消除外界温度和光源强度变化的干扰,提高了光纤液位传感器的性能,为解决在易燃、易爆、腐蚀、高温和电磁干扰等危险、恶劣环境下的液位可靠监测提供了一条切实可行的途径。

[0005] 为解决上述问题,本发明提出的温度自补偿式光纤液位传感器包括:缓冲圆柱体、传感圆柱体、温度补偿圆柱体和光纤;按照缓冲圆柱体、传感圆柱体、温度补偿圆柱体的次序顺次粘接构成传感器;在缓冲圆柱体的上表面加工有均布于表面的 4 个缓冲孔,缓冲圆柱体的下表面加工有一个缓冲腔,缓冲孔贯通缓冲腔;在传感圆柱体的下表面和上表面分别加工有一个上、下圆柱形腔,上下圆柱形腔之间构成一层弹性膜,厚度为 100um,半径为 500um;压力传感光纤穿过温度补偿圆柱体后与传感圆柱体的下圆柱形腔构成一个光学谐振腔,深度为 18um,当压力传感光纤中的传输光进入谐振腔后,在谐振腔的上下表面发生反射,上表面的反射光通过透射再次进入压力传感光纤后,与下表面的反射光汇聚成一束,进入信号接收单元;温度补偿圆柱体上表面加工有均布的 4 个圆柱形腔体,4 根温度传感光纤穿过温度补偿圆柱体与 4 个圆柱形腔体构成 4 个光学谐振腔,谐振腔的深度为 18um,当温度传感光纤中的传输光进入谐振腔后,在谐振腔的上下表面发生反射,上表面的反射光通过透射再次进入温度传感光纤后,与下表面的反射光汇聚成一束,进入信号接收和处理单元。

[0006] 所述缓冲圆柱体能够对传感圆柱体的弹性膜起到保护作用,防止外部硬物对弹性

膜的损伤和检测液体对弹性膜的剧烈冲击。

[0007] 所述缓冲圆柱体的缓冲孔的上半部为圆柱形,下半部为圆台形,液体通过该缓冲孔流入缓冲腔,防止待测液体对传感圆柱体弹性膜的剧烈冲击。

[0008] 所述的压力传感光纤和温度传感光纤均为单模光纤,在光纤中传输的为单模光。所述的缓冲圆柱体、传感圆柱体和温度补偿圆柱体的制作材料均为单晶硅,便于采用微机电系统技术进行加工。

[0009] 所述的温度补偿圆柱体设有有下圆柱形腔排气孔和圆柱形腔体排气孔,下圆柱形腔排气孔与外界大气和传感圆柱体的下圆柱形腔连通,圆柱形腔体排气孔有 4 个,均布在温度补偿圆柱体上表面,且与外界大气和温度补偿圆柱体的圆柱形腔体连通。

[0010] 本发明的工作原理如下:

[0011] 把所述的温度自补偿式光纤液位传感器安装在与储罐连通的管道上,储罐中储存的液体通过缓冲圆柱体的缓冲孔缓慢流入缓冲腔,当缓冲腔中的液体压力作用在传感圆柱体的弹性膜上,光学谐振腔的深度会发生变化,由谐振腔上下表面反射汇聚进入传感光纤的光束光强 I_s 可由下式表达:

$$[0012] \quad I_s = K_a \left[1 + V \cos \left(\frac{4\pi L_0}{\lambda} + \frac{4\pi(\Delta L_T)}{\lambda} + \frac{4\pi(\Delta L_s)}{\lambda} \right) \right] \quad (1)$$

$$[0013] \quad = K_a [1 + V \cos(\theta_0 + \theta_T + \theta_s)]$$

[0014] 式中 K_a 为与光源光强有关的常量; L_0 为谐振腔初始深度; ΔL_T 为温度干扰引起的谐振腔深度变化量; ΔL_s 为液体压力引起弹性膜偏移而导致的谐振腔深度的变化量; λ 为光源波长; θ_0 、 θ_T 、 θ_s 分别为谐振腔的初始相位、温度引起的相位改变量、压力引起的相位改变量, $\theta_0 = (4\pi L_0)/\lambda$, $\theta_T = [4\pi(\Delta L_T)]/\lambda$, $\theta_s = [4\pi(\Delta L_s)]/\lambda$,

[0015] 对 (1) 式的光强 I_s 求反余弦,并进行运算,可以得到 $\theta_0 + \theta_T + \theta_s$ 的值,其中 θ_T 为温度扰动引起的相位改变量,如果能求出 θ_T ,把 θ_T 从 $\theta_0 + \theta_T + \theta_s$ 的值中除去,则光强 I_s 只随压力引起的相位改变量变化,从而消除了温度干扰。

[0016] θ_T 可由下述过程得到:当传感器所处的工作环境温度发生变化,该变化会引起传感器长度发生变化,导致温度补偿圆柱体的光学谐振腔的深度也发生同样长度变化,由其中一个谐振腔的上下表面反射汇聚进入与该谐振腔连接的温度传感光纤的光束光强 I_T 可由下式表达:

$$[0017] \quad I_T = K_a \left[1 + V \cos \left(\frac{4\pi L_0}{\lambda} + \frac{4\pi(\Delta L_T)}{\lambda} \right) \right]$$

$$[0018] \quad = K_a [1 + V \cos(\theta_T + \theta_s)] \quad (2)$$

[0019] 依据 (2) 式,求光强 I_T 的反余弦值,并进行运算,可以得到单根温度传感光纤中由温度引起的相位变化量 θ_T ,对 4 根温度传感光纤,取温度引起的相位改变量的平均值,把该平均值作为 θ_T 从 $\theta_0 + \theta_T + \theta_s$ 中减去,压力传感光纤光束强度 I_p 为:

$$[0020] \quad I_p = K_a \left[1 + V \cos \left(\frac{4\pi L_0}{\lambda} + \frac{4\pi(\Delta L_s)}{\lambda} \right) \right]$$

$$[0021] \quad = K_a [1 + V \cos(\theta_0 + \theta_s)] \quad (3)$$

[0022] 设储罐液体深度为 h ,则液体引起的静压 p 与液体深度 h 之间的关系式为: $p =$

ρgh , 其中, g 为重力加速度, ρ 为液体密度。静压 p 引起弹性膜偏移而导致的谐振腔深度的变化量 ΔL_s 由下式表达:

$$[0023] \quad \Delta L_s = \frac{3PR_0^4}{16Eh^3} \quad (4)$$

[0024] 式中 E 为单晶硅的弹性模量; R_0 为弹性膜的半径; h 为弹性膜的厚度。

[0025] 由 (3) 式可以得到 ΔL_s , 再由 (4) 式得到压力 P 的值, 再由关系式 $p = \rho gh$ 计算储罐液体深度。

[0026] 本发明采用了传感器温度自补偿技术, 与现有技术相比, 本发明具有以下优点:

[0027] 1、本发明提出一种具有新型结构的光纤液位传感器, 具有体积小、重量轻、灵敏度高特点, 能消除外界环境温度变化产生的扰动, 提高了传感器的性能。

[0028] 2、本发明设计的光纤液位传感器环境适应性强, 能在易燃、易爆、腐蚀、高温和电磁干扰等危险、恶劣环境下使用, 对于液位检测的正常实施和保障生产运行安全有着重要的意义。

附图说明

[0029] 图 1 是本发明所述的光纤液位传感器的结构示意图。

[0030] 图 2 是由本发明所述的传感器构成的用于液位监测的传感系统实施例的结构示意图。

[0031] 具体实施方式 下面结合附图对本发明的实施方式作进一步的描述

[0032] 见图 1, 本发明温度自补偿式光纤液位传感器包括缓冲圆柱体 1、传感圆柱体 4、温度补偿圆柱体 10、四根温度传感光纤 7 和一根压力传感光纤 9。传感圆柱体粘结在缓冲圆柱体下方, 温度补偿圆柱体粘结在传感圆柱体下方, 以上缓冲圆柱体、传感圆柱体和温度补偿圆柱体都为单晶硅, 且都设有腔体, 能够与温度传感光纤或者压力传感光纤构成光学谐振, 感应外界压力或者温度变化。

[0033] 上述缓冲圆柱体的上表面均匀分布四个缓冲孔 2, 缓冲圆柱体的下表面中央设有圆柱形缓冲腔 3, 且四个缓冲孔 2 与圆柱形缓冲腔 3 连通, 缓冲孔的上半部为圆柱形, 下半部为圆台形状。

[0034] 上述的传感圆柱体 4 的上下表面分别设有上圆柱形腔 12 和下圆柱形腔 5, 下圆柱形腔的深度为 18um; 下圆柱形腔和上圆柱形腔 12 之间为一层弹性膜 11, 弹性膜的厚度为 100um, 半径为 500um。

[0035] 上述的温度补偿圆柱体 10 的上表面设有圆柱形腔体 6, 且圆柱形腔体的数量为 4 个, 均布于温度补偿圆柱体的上表面, 腔体的深度为 18um。上述温度补偿圆柱体设有有下圆柱形腔排气孔 81 和圆柱形腔体排气孔 82, 下圆柱形腔排气孔与外界大气和传感圆柱体 4 的下圆柱形腔 5 连通, 圆柱形腔体排气孔有 4 个, 均布在温度补偿圆柱体上表面, 且与外界大气和温度补偿圆柱体 10 的圆柱形腔体 6 连通。

[0036] 上述四根温度检测光纤 7 和一根压力检测光纤 9 分别伸入圆柱形腔体 6 和下圆柱形腔 5 中, 材质均为单模石英光纤。

[0037] 见图 2, 为本发明的一个实施例图示, 本实施例的光纤液位传感系统包括: 用光纤 100 顺次连接的激光器 101、一个 1×5 分光器 201、五个 1×2 光纤耦合器 301、自补偿式光纤

液位传感器 102 和五个信号接收单元 401。激光器 101 的出射光进入 1×5 分光器 201 后, 被分成 5 束强度相等的光束, 5 束光分别进入五个 1×2 光纤耦合器 301 进行分光, 分光后的光束再分别进入光纤液位传感器 102 的 1 根压力传感光纤 9 和四根温度传感光纤 7 (见图 1), 由 1 根压力传感光纤 9 和 4 根温度传感光纤 7 返回的光束再次进入光纤耦合器 301, 然后进入接收单元 401。

[0038] 当液体深度发生变化时, 作用在光纤液位传感器 102 的弹性膜 11 (见图 1) 上的压力也发生变化, 造成弹性膜 11 产生偏移, 该偏移量会改变光纤液位传感器 102 的压力传感光纤 9 的输出光强度, 压力传感光纤 9 的输出光强度的变化量被信号接收单元 401 处理后, 解调出液体深度。

[0039] 如果外界温度变化, 光纤液位传感器 102 的长度也会变化, 该变化会造成 4 根温度传感光纤 7 输出光强度的改变, 被接收单元 401 处理后, 解调出温度引起的光强变化量, 对该变化量进行补偿, 从而消除了温度对传感器精度的影响。

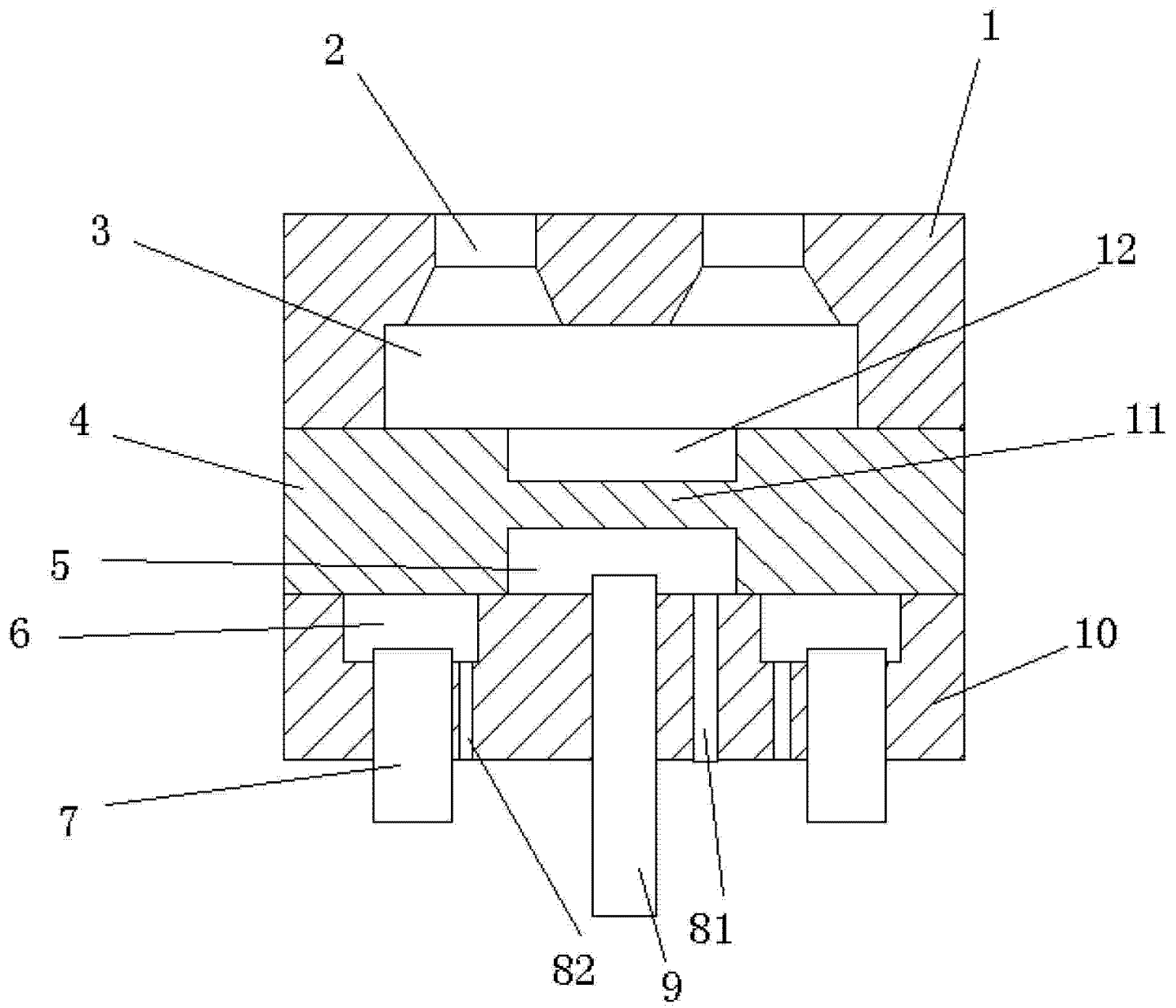


图 1

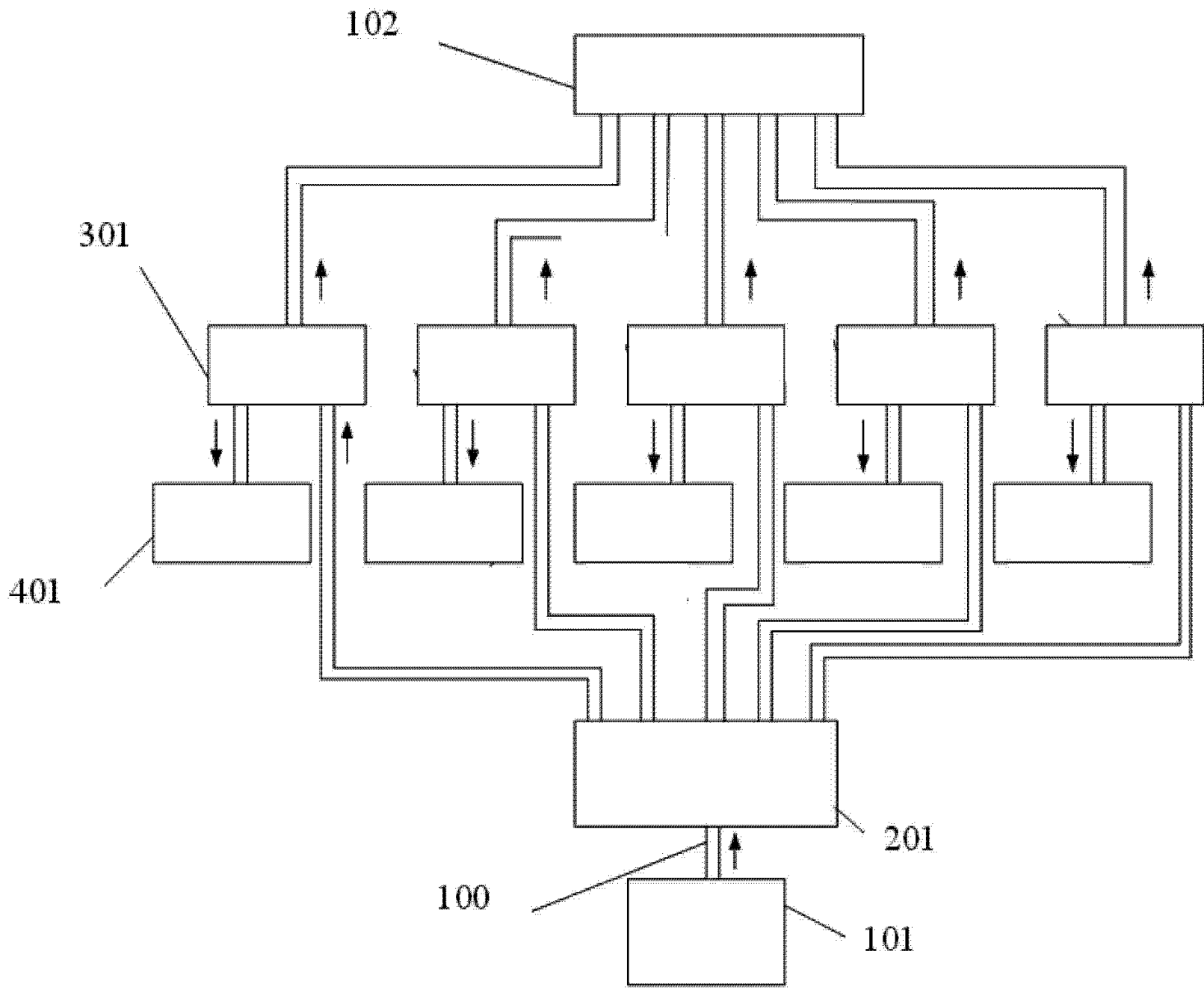


图 2