



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114166300 A

(43) 申请公布日 2022.03.11

(21) 申请号 202111305322.3

(22) 申请日 2021.11.05

(71) 申请人 杭州电子科技大学

地址 310018 浙江省杭州市经济技术开发区白杨街道2号大街1158号

(72) 发明人 祁佳莉 王瑞金 杜加友 朱泽飞

(74) 专利代理机构 浙江千克知识产权代理有限公司 33246

代理人 周希良

(51) Int. Cl.

G01F 1/68 (2006.01)

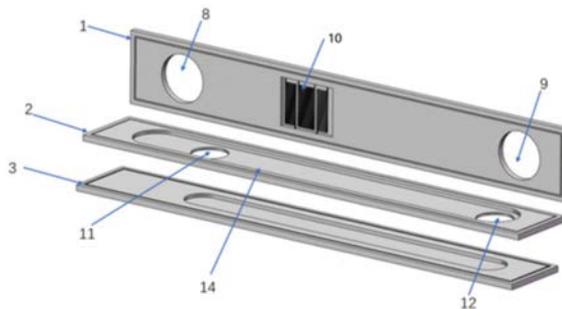
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种双层热感式宽量程气体微流量计

(57) 摘要

本发明提供一种双层热感式宽量程气体微流量计,由第一晶片、第二晶片、第三晶片依次层叠键合在一起;第一晶片上设有第一进口和第一出口,第一晶片与第二晶片键合一侧设有第一空腔;第二晶片上设有第二进口和第二出口、第一连接触点,与第一晶片键合一侧设有第二空腔,与第三晶片键合一侧设有第三空腔;所述第三晶片上设有第二连接触点,与第二晶片键合一侧设有第四空腔;所述第一空腔和第二空腔构成主流道,所述第三空腔和所述第四空腔构成副流道;本发明采用双层结构以实现输入流体的分流,小流量下读取主流道中第一热感流量传感器的信号,大流量下读取副流道中的第二热感流量传感器的信号,以此达到拓宽量程的目的。



1. 一种双层热感式宽量程气体微流量计,由第一晶片、第二晶片、第三晶片依次层叠键合在一起;其特征在于,所述第一晶片上设有第一进口和第一出口,所述第一晶片与第二晶片键合一侧设有第一空腔;所述第二晶片上设有第二进口和第二出口、第一连接点,与第一晶片键合一侧设有第二空腔,与第三晶片键合一侧设有第三空腔;所述第三晶片上设有第二连接点,与第二晶片键合一侧设有第四空腔;所述第一空腔和第二空腔构成主流道,所述第三空腔和所述第四空腔构成副流道;所述主流道中设有第一热感流量传感器,横跨第一空腔和第二空腔,所述副流道中设有第二热感流量传感器,横跨第三空腔和第四空腔;所述第一热感流量传感器和第二热感流量传感器中分别设有加热器和在加热器沿气体流动方向的两边对称分布的上游测温器和下游测温器,用于测量不同流速下加热器上下游的温差,并将温差信号转变为电信号后分别通过所述第一连接点和第二连接点传出;所述双层热感式宽量程气体微流量计在小流量下读取位于主流道中的第一热感流量传感器的信号,大流量下读取位于副流道中的第二热感流量传感器的信号。

2. 根据权利要求1所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计,其特征在于,所述第一晶片、第二晶片和第三晶片依次通过Al和Ge共晶键合在一起。

3. 根据权利要求1所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计,其特征在于,所述第一进口和所述第二进口的位置是错开设置分布,而所述第一出口和所述第二出口位置对应设置。

4. 根据权利要求1所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计,其特征在于,所述副流道中的流量与所述主流道中的流量成正比关系,比例系数根据第一进口、第一出口和第二进口、第二出口的位置和大小确定。

5. 根据权利要求1所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计,其特征在于,所述第一和第二热感流量传感器的加热器、上游测温器、下游测温器均为多层结构,自上而下各层材料依次为SiO<sub>2</sub>层、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>层、Pt层、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>层、SiO<sub>2</sub>层、Al层,其中Pt层为工作材料。

## 一种双层热感式宽量程气体微流量计

### 技术领域

[0001] 本发明属于微机电系统技术领域,具体涉及一种双层热感式宽量程气体微流量计。

### 背景技术

[0002] 伴随着MEMS技术的发展,微型传感器的应用领域不断拓宽,如航空航天、生化检测、医疗器械、精细化工业、医学生物分析等。微型传感器是用来探测和检测化学物理现象的器件,可分为热式与非热式。与非热式微传感器相比,热式传感器内无可移动部件,因此性能更加可靠,器件的磨损率大大降低,使用寿命更加长。其中热式微流量计以其灵敏度高、响应时间快、制作成本低在一众热式传感器中脱颖而出,拥有巨大的发展潜力。

[0003] 依据测量原理的不同,热式微流量传感器可分为:热损失型、热温差型、热脉冲型。热损失型微流量计的以热线式\热膜式微流量计为代表,主要用作风速计;热脉冲型微流量计的测量原理为:从与测温器具有固定距离的加热器发射一脉冲,测量该脉冲自加热器到达测温器所需的时间并据此得出响应的流量;热温差型微流量传感器通常由对称分布于加热器的两个测温器组成,采用热平衡原理并建立热敏元件热量损失与流体流量之间的函数关系。

[0004] 与热损失型和热脉冲型微流量传感器相比,热温差型微流量传感器具有结构简单、易于微型化、检测精度高、功耗低等优点。当采取恒温工作模式时,该微流量传感器的加热元件产生一个对称的热分布,流体的流动会将上游的热量携带至下游,由此可从改变的温度场分布判断流向,而流量的可由热敏电阻转化为电信号。一般来说,热温差型微流量传感器具有两种封装方式,即开放空间型和微通道型,其中微通道型的封装方式可使传感器获得更高的灵敏度。

[0005] 已有的热温差型微流量传感器可测量的流体流量范围十分有限,其准确性仅限于微量程段内,超出该范围,传感器极有可能出现“失灵”现象。为了解决这一问题,现提出一种采用层叠结构产生的副流道对主流道的流量进行分流,然后分别用热感温差式微流量传感器测量主副流道中的流量,通过主副流道信号的切换,达到拓宽量程的目的。

[0006] 目前,大多热感型微流量传感器可测量的流量范围十分有限,专利ZL201810993995.4“一种大量程双模桥式微流量计”,提出了采用功率模式和量热模式相结合的方法来提高量程。为了进一步提高量程,现提出一种采用层叠式结构的微流量传感器,双层结构设有主流道和副流道,副流道的流量是主流道的一个小支流,通过进出口和流道的几何结构参数的优化设计,确保副流道的流量与主流道的流量成正比(即按比例缩小),小流量时传感器表征主流道内的流量,大流量时则是表征副流道上的流量,然后,通过主流道信号的切换可以拓宽流量计的量程,还可以采用与专利ZL 201810993995.4相似的热线模式和功率模式的转换,进一步拓宽流量计的量程。

## 发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种双层热感式宽量程气体微流量计,在有效降低热损耗、提高灵敏度的同时,能达到拓宽流量计的量程,以期实现更广泛的应用。

[0008] 为了达到上述目的,本发明通过以下技术方案来实现:

[0009] 一种双层热感式宽量程气体微流量计,由第一晶片、第二晶片、第三晶片依次层叠键合在一起;所述第一晶片上设有第一进口和第一出口,所述第一晶片与第二晶片键合一侧设有第一空腔;所述第二晶片上设有第二进口和第二出口、第一连接触点,与第一晶片键合一侧设有第二空腔,与第三晶片键合一侧设有第三空腔;所述第三晶片上设有第二连接触点,与第二晶片键合一侧设有第四空腔;所述第一空腔和第二空腔构成主流道,所述第三空腔和所述第四空腔构成副流道;所述主流道中设有第一热感流量传感器,横跨第一空腔和第二空腔,所述副流道设有第二热感流量传感器,横跨第三空腔和第四空腔;所述第一热感流量传感器和第二热感流量传感器中分别设有加热器和在加热器沿气体流动方向的两边对称分布的上游测温器和下游测温器,用于测量不同流速下加热器上下游的温差,并将温差信号转变为电信号后分别通过所述第一连接触点和第二连接触点传出;所述双层热感式宽量程气体微流量计在小流量下读取位于主流道中的第一热感流量传感器的信号,大流量下读取位于副流道中的第二热感流量传感器的信号。

[0010] 本发明采用双层结构以实现输入流体的分流,小流量下读取流位于主流道中的第一热感流量传感器的信号,大流量下读取位于副流道中的第二热感流量传感器的信号,以此达到拓宽量程的目的。同时第二热感流量传感器可以采用热线模式和功率模式的结合,进一步拓宽量程。

[0011] 进一步地,所述第一晶片、第二晶片和第三晶片依次通过Al和Ge共晶键合在一起。

[0012] 进一步地,所述第一进口和所述第二进口的位置是错开设置分布,而所述第一出口和所述第二出口位置对应设置。

[0013] 进一步地,所述副流道中的流量与所述主流道中的流量成正比关系,比例系数根据第一进口、第一出口和第二进口、第二出口的位置和大小确定。

[0014] 进一步地,所述第一和第二热感流量传感器的加热器、上游测温器、下游测温器均为多层结构,自上而下各层材料依次为SiO<sub>2</sub>层、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>层、Pt层、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>层、SiO<sub>2</sub>层、Al层,其中Pt层为工作材料,具有良好的TCR系数,用于信号的感应与输出。

[0015] 本发明的优点是:与传统的机械式流量计相比,此热感式流量计无移动部件,性能更加可靠,使用寿命更加长;与单流道热感微流量计相比,此双流道式微流量计的测量量程更大。

## 附图说明

[0016] 为了更清楚地说明本发明实施例的技术方案,下面将对实施例描述所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0017] 图1为本发明所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计三维图。

[0018] 图2为本发明所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计剖面图。

[0019] 图3为本发明所述的第一晶片正面、背面三维图。

[0020] 图4为本发明所述的第二晶片正面、背面三维图。

[0021] 图5为本发明所述的第三晶片正面三维图。

[0022] 图6为本发明所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计小流量下温差电压信号随流量变化图。

[0023] 图7为本发明所述的一种双层热感式宽量程气体微流量计大流量下温差电压信号随流量变化图。

[0024] 具体的实施方式

[0025] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其它实施例,都属于本发明保护的范围。

[0026] 参照图1-图7,一种双层热感式宽量程气体微流量计,包括三块晶片和两个热感流量传感器;所述三块晶片:第一晶片1、第二晶片2、第三晶片3以层叠键合在一起;所述第一晶片1上设有一个第一进口8、一个第一出口9,背面设有第一空腔4,所述第二晶片2上设有一个第二进口11、一个第二出口12、正面设有第二空腔5、背面设有第三空腔13和第一连接触点14,所述第三晶片3上正面设有第四空腔16和第二连接触点17;所述第一晶片的第一空腔4和所述第二晶片2的正面第二空腔5构成主流道6,所述第二晶片的背面第三空腔13和所述第三晶片3的正面第四空腔16构成副流道7;第一热感流量传感器10和第二热感流量传感器15分别位于主流道6和副流道7中,且各自包括一个加热器A2,和对称分布的一个上游测温器A1和一个下游测温器A3,用于测量不同流速下加热器上下游的温差,并将温差信号转变为电信号后通过所述第一连接触点14和第二连接触点17传出;采用双层结构以实现输入流体的分流,小流量下读取流位于主流道6中的第一热感流量传感器10的信号,大流量下读取位于副流道7中的第二热感流量传感器15的信号,以此达到拓宽量程的目的。

[0027] 所述第一热感流量传感器10和第二热感流量传感器15,分别横跨第一晶片1的背面第一空腔4、第二晶片2的正面第二空腔5,以及第二晶片3的第三空腔13、第三晶片的正面第四空腔16,减小功耗的同时增大了灵敏度。

[0028] 不同流速(或流率,用于计算流量)的气体由微流量计的第一进口8进入,当气体流量为0时,第一热感流量传感器10的上游测温器A1和下游测温器A3对称分布于加热器A2两侧,此时上、下游温差为0,输出的电信号为0。流量较小时,可读取主流道6内的第一热感流量传感器10传出的信号值,此时温差随流速增大而增大;温差和流量先呈线性变化,随着流量的增加,在粘性耗散的作用下线性关系被破坏,当流量超过一定值时,由于粘性耗散的急剧增大温差随流量的增加反而下降,即进入“反升区”,第一流量热感传感器15失效,但此时由于分流作用,副流道7中的流量依然很小,可以利用副流道7中的第二热感流量传感器15的信号,由于主副流道6的流量成比例关系,可以通过换算得到所测流量信号。由此,达到了拓宽量程的目的。

[0029] 另外,所述第一热感流量传感器10和第二热感流量传感器15均采用桥式结构,与悬臂结构相比能减小振动,提高信号稳定性。其中加热器A2、上游测温器A1和下游测温器A3采用多层结构制作而成,自上而下各层所采用的制作材料依次为SiO<sub>2</sub>层A4、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>层A5、Pt

层A6、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>层A7、SiO<sub>2</sub>层A8、Al层A9,其中Pt层A6具有良好的TCR系数,用于信号的感应与输出。

[0030] 对于本领域技术人员而言,显然本发明不限于上述示范性实施例的细节,而且在不背离本发明的精神或基本特征的情况下,能够以其他的具体形式实现本发明。因此,无论从哪一点来看,均应将实施例看作是示范性的,而且是非限制性的,本发明的范围由所附权利要求而不是上述说明限定,因此旨在将落在权利要求的等同要件的含义和范围内的所有变化囊括在本发明内。不应将权利要求中的任何附图标记视为限制所涉及的权利要求。

[0031] 此外,应当理解,虽然本说明书按照实施方式加以描述,但并非每个实施方式仅包含一个独立的技术方案,说明书的这种叙述方式仅仅是为清楚起见,本领域技术人员应当将说明书作为一个整体,各实施例中的技术方案也可以经适当组合,形成本领域技术人员可以理解的其他实施方式。

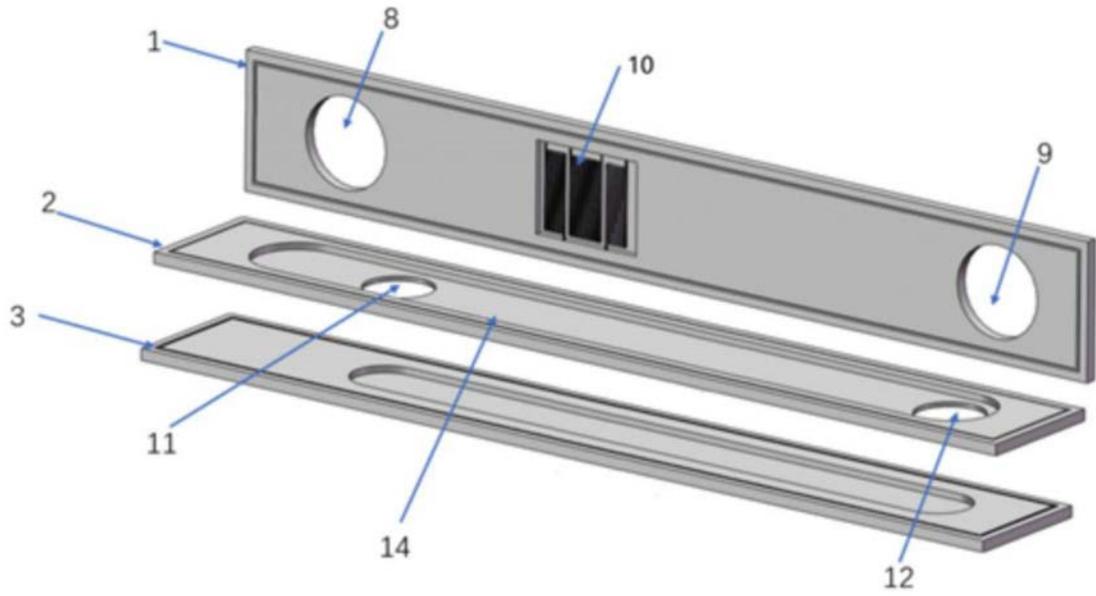


图1

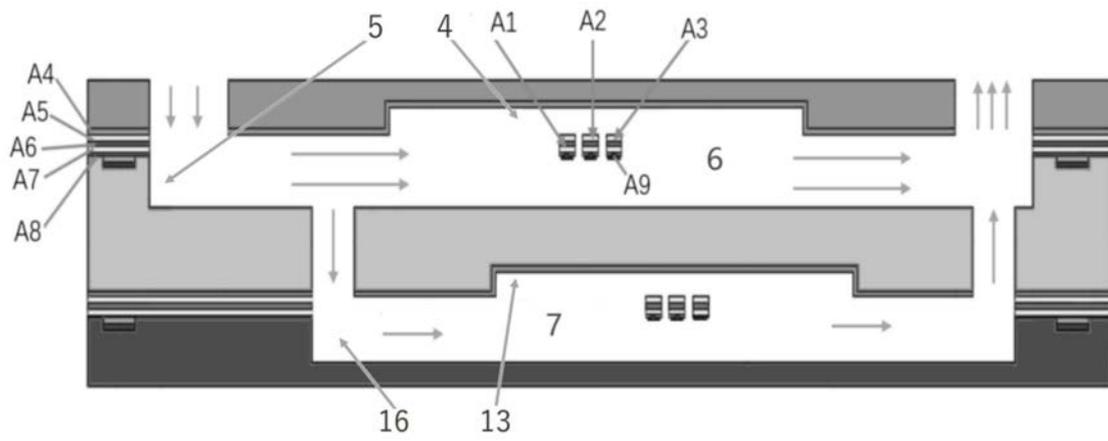


图2

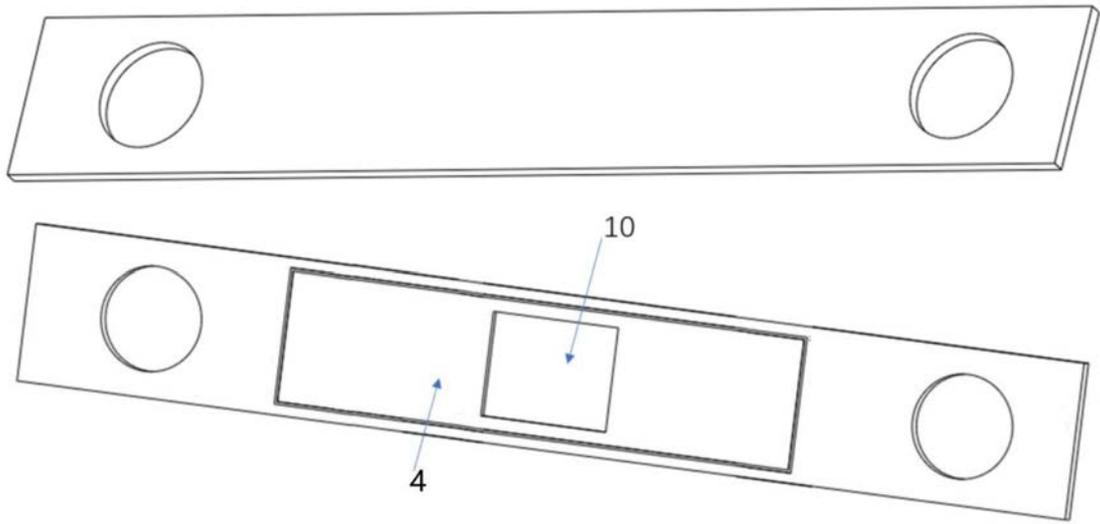


图3

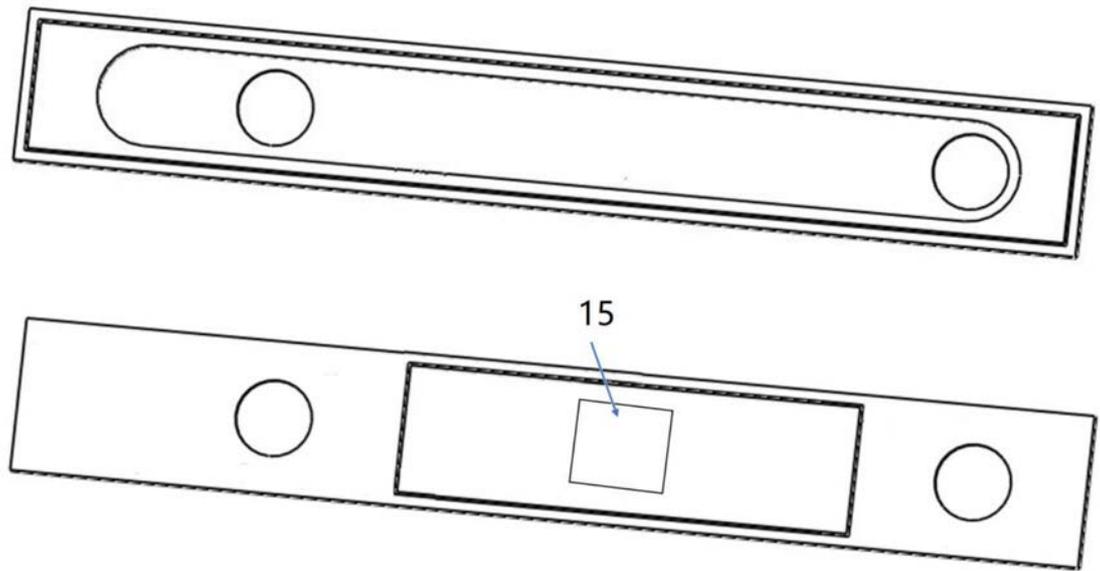


图4

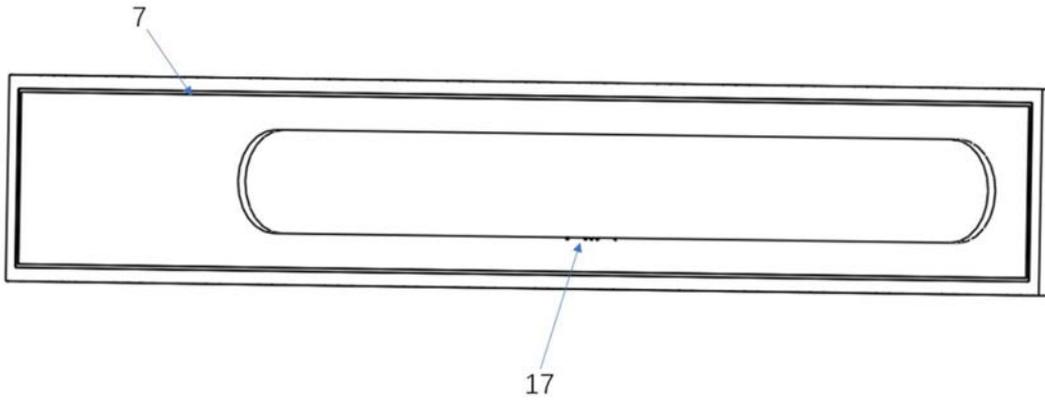


图5

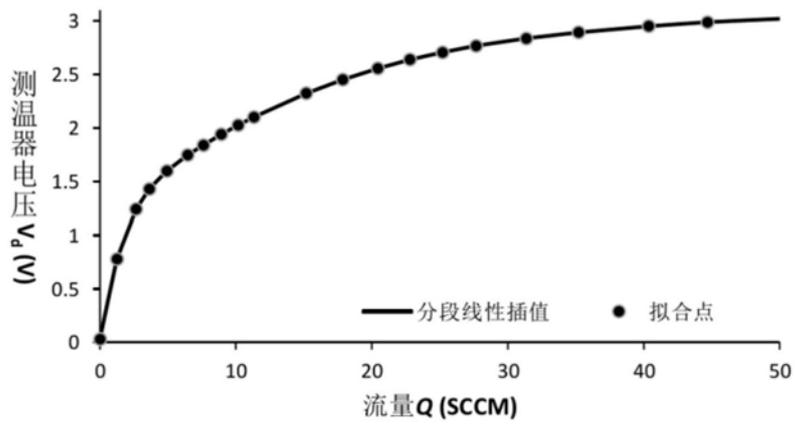


图6

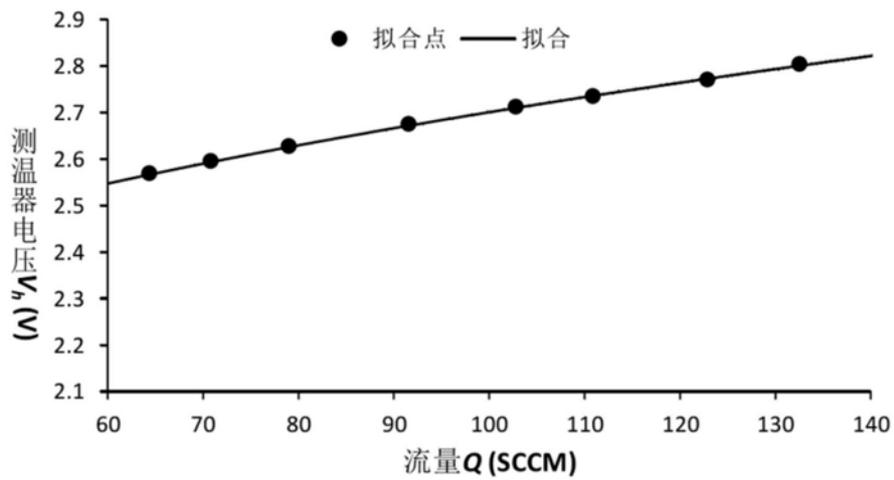


图7