



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 109298205 B

(45)授权公告日 2019.11.22

(21)申请号 201811423015.3

审查员 吕卓凡

(22)申请日 2018.11.27

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109298205 A

(43)申请公布日 2019.02.01

(73)专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学路2号

(72)发明人 易真翔

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 熊玉玮

(51)Int.Cl.

G01P 5/26(2006.01)

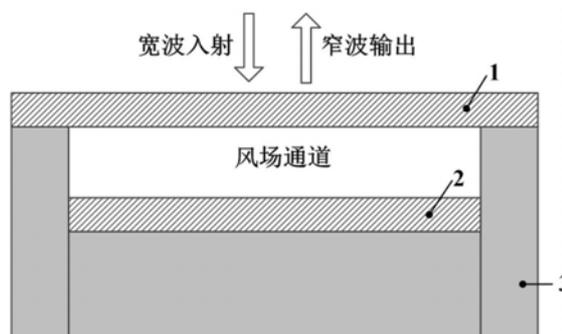
权利要求书1页 说明书2页 附图1页

## (54)发明名称

基于双层透镜结构的风速传感器

## (57)摘要

本发明公开了基于双层透镜结构的风速传感器,涉及MEMS器件,属于测量测试的技术领域。该风速传感器为柔性透镜和硅基上的固定透镜组成的双层透镜结构,柔性透镜与硅基上固定透镜之间留有足够空气腔,当有风流过时,根据伯努利效应,柔性透镜向固定透镜移动,自柔性透镜上方垂直照射宽波长光波,可根据反射波的波长测量风速大小。本发明依据伯努利效应及光学效应实现了非侵入式测量,无需引线,同时也降低了传感器的功率。



1. 基于双层透镜结构的风速传感器,其特征在于,所述风速传感器为上层柔性透镜和固化在硅衬底上的下层固定透镜组成的双层透镜结构,柔性透镜与固定透镜相互平行且两者之间留有风场流动通道,所述上层柔性透镜对其上方入射的光波反射,上层柔性透镜和下层固定透镜之间的距离在穿过风场流动通道的空气的流速大于外界空气流速时变小,反射至上层柔性透镜上方的光波波长随着上层柔性透镜和下层固定透镜之间距离的减小而变化。

2. 根据权利要求1所述基于双层透镜结构的风速传感器,其特征在于,所述固定透镜和柔性透镜制备在同一硅衬底上,制备方法为:刻蚀硅衬底以形成腔体,在腔体内旋涂聚二甲基硅氧烷,腔体内旋涂的聚二甲基硅氧烷固化后形成固定透镜,将在硅衬底上固化的聚二甲基硅氧烷剥离形成柔性透镜,采用键合技术将柔性透镜粘结在固化固定透镜的硅衬底腔体开口处。

3. 根据权利要求1所述基于双层透镜结构的风速传感器,其特征在于,所述固定透镜和柔性透镜为两个分离器件,固定透镜通过在硅衬底上固化聚二甲基硅氧烷形成,柔性透镜通过剥离固化在硅衬底上的聚二甲基硅氧烷形成。

4. 权利要求1至3中任意一项所述基于双层透镜结构的风速传感器的检测方法,其特征在于,向风场流动通道内送风,在柔性透镜一侧发射一个宽波长的入射波,检测柔性透镜的反射波,根据柔性透镜反射波波长与风速的关系反推出风场流动通道中的风速大小。

## 基于双层透镜结构的风速传感器

### 技术领域

[0001] 本发明公开了基于双层透镜结构的风速传感器,涉及MEMS器件,属于测量测试的技术领域。

### 背景技术

[0002] 风速测量涉及人们生活的方方面面,如工业建设、农业生产、航天航空、交通旅游、气象预报以及环境保护等。早期,风速的测量主要采用机械式风杯和风向标来实现,近些年来,又出现了基于超声原理和多普勒原理的风速传感器,但总的来说,这些风速传感器由于体积庞大、成本高而无法满足物联网技术中的小型化、低功耗等应用需求。

[0003] 尼尔·伯努利在1726年提出了“伯努利原理”,这是在流体力学的连续介质理论方程建立之前水力学所采用的基本原理,其实质是流体的机械能守恒,即:动能+重力势能+压力势能=常数。伯努利原理往往被表述为 $p + 1/2\rho v^2 + \rho gh = C$ ,这个式子被称为伯努利方程,式中, $p$ 为流体中某点的压强, $v$ 为流体在该点的流速, $\rho$ 为流体密度, $g$ 为重力加速度, $h$ 为该点所在高度, $C$ 是一个常量。根据伯努利原理,我们可以得到一个重要的推论:等高流动时,流速越大,压力越小。

[0004] 本申请旨在利用伯努利效应及光学原理实现结构轻便、功耗小的风速传感器。

### 发明内容

[0005] 本发明的发明目的是针对上述背景技术的不足,提供了基于双层透镜结构的风速传感器,实现了基于伯努利效应及光学原理的风速测量,解决了现有风速传感器由于体积庞大、成本高无法满足物联网技术中小型化、低功耗等应用需求的技术问题。

[0006] 本发明为实现上述发明目的采用如下技术方案:

[0007] 基于双层透镜结构的风速传感器,包括上层柔性透镜和固化在硅基上的下层固定透镜,上层柔性透镜和下层固定透镜之间留有风场通道。

[0008] 无风时,柔性透镜和硅基上的固定透镜之间的间距保持不变,在柔性透镜上方垂直入射一个宽波长的光波,反射出一个窄波的光波,其波长固定;有风时,由于伯努利效应,柔性透镜和固定透镜之间形成的空气腔内的压强小于外界压强,在外界压力的作用下,柔性透镜向下移动,从而使得柔性透镜与固定透镜之间的间距减小,最终导致反射波的波长发生改变。

[0009] 本申请公开的风速传感器,固定透镜和柔性透镜可以是分离器件也可以制备在同一硅衬底上,都基于伯努利效应和光学原理检测风速。

[0010] 本发明采用上述技术方案,具有以下有益效果:

[0011] (1) 本发明通过包含柔性透镜的双层透镜结构实现了风速传感器,将具有形变即时性特点的柔性透镜应用于风速传感器,能够使得整个风速传感器结构轻便,响应速度快。

[0012] (2) 利用伯努利效应及光学效应实现风速检测,利用光波检测器测量柔性透镜反射光波波长是一种非侵入式测量方式,无需制备测定端口,无需引线,自身热损耗小,降低

了传感器功率。

[0013] (3) 本申请利用已有的柔性透镜及硅基上的固定透镜即可实现,相较于现有风速传感器而言具有成本低的优势。

### 附图说明

[0014] 图1是一种基于双层透镜结构的风速传感器的俯视图。

[0015] 图2是一种基于双层透镜结构的风速传感器的剖面结构示意图。

[0016] 图中标号说明:1、柔性透镜,2、固定透镜,3、硅衬底。

### 具体实施方式

[0017] 下面结合附图对发明的技术方案进行详细说明。

[0018] 本申请公开的风速传感器如图1和图2所示,包含上层柔性透镜1和下层固定透镜2以及硅衬底3三部分,上层柔性透镜1和下层固定透镜2之间形成空气腔与外界连通。本申请公开的风速传感器还可以通过分离器件实现上层柔性透镜与下层固定透镜的双层透镜结构,其工作原理及检测方法和制备在同一硅衬底上的上层透镜结构相同。

[0019] 该风速传感器实际工作时,在上层柔性透镜上方垂直入射一个宽波长的光波,利用光波检测器测量反射光波的波长。在无风情况下,柔性透镜与硅基上固定透镜保持平行,两者之间的间距维持不变,测量的反射光波的波长不发生变化;在有风情况下,风穿过空气腔,使腔内空气流速 $v$ 大于外界空气流速 $v_0$ ,根据伯努利原理,腔内压强 $P$ 小于外界压强 $P_0$ ,柔性透镜由于上下压差向下移动,使得其与硅基上固定透镜之间的距离变小,从而使得测量的反射光波的波长发生变化,即可反推出待测的风速大小。

[0020] 相对于传统的MEMS风速传感器,本申请提出的基于双层透镜结构的风速传感器采用柔性材料,结构轻便,形变具有即时性,响应速度快;此外,整个测试过程均在外部实现,无需内部引线,提高了传感器可靠性,降低了传感器功率。

[0021] 本申请提出的基于双层透镜结构的风速传感器的制备流程如下:

[0022] (1) 上层柔性透镜

[0023] ①准备硅衬底;

[0024] ②旋涂聚二甲基硅氧烷(PDMS),固化;

[0025] ③剥离PDMS,形成上层柔性透镜1;

[0026] (2) 下层硅基固定透镜

[0027] ①准备硅衬底3;

[0028] ②刻蚀出腔;

[0029] ③在腔内旋涂PDMS,固化;

[0030] ④形成下层固定透镜2和具有腔体的硅衬底3。

[0031] (3) 将上层柔性透镜与硅衬底部分键合。

[0032] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

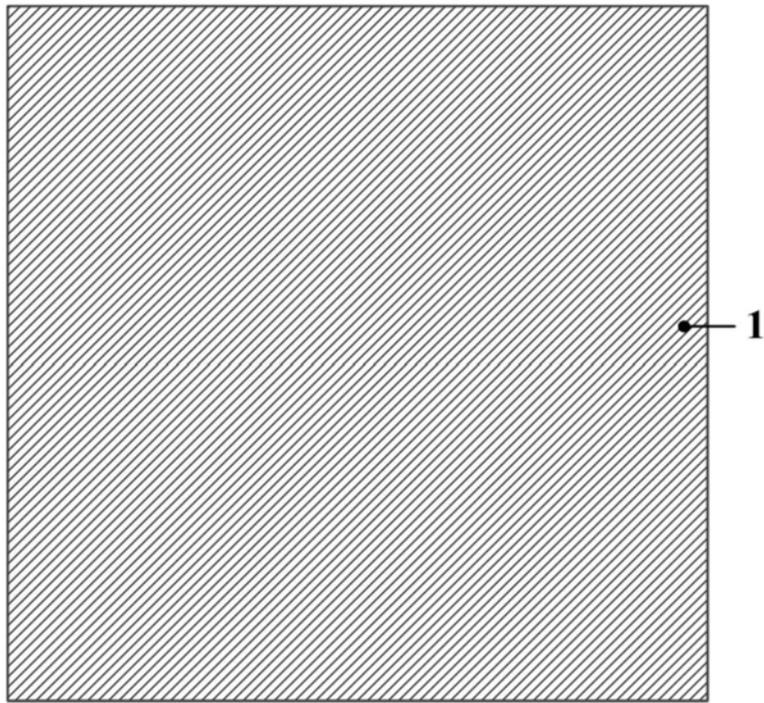


图1

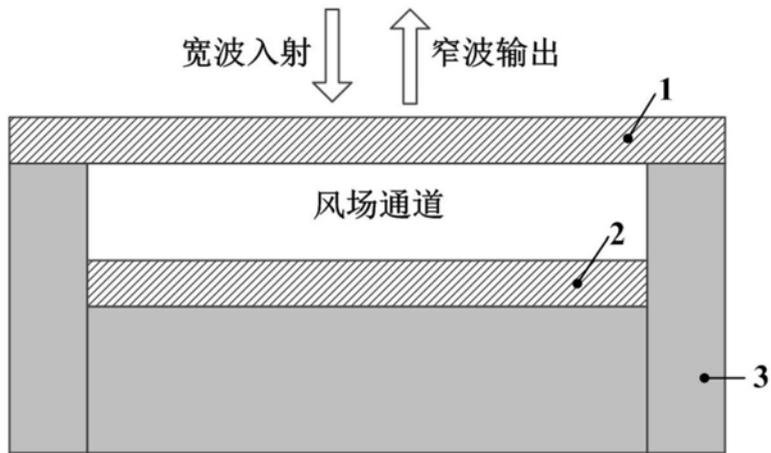


图2