



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103592046 A

(43) 申请公布日 2014. 02. 19

(21) 申请号 201310497597. 0

(22) 申请日 2013. 10. 22

(71) 申请人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路 15 号

(72) 发明人 吴松 舒勇华 李进平 俞鸿儒

(74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理
事务所(普通合伙) 11390

代理人 王艺

(51) Int. Cl.

G01K 7/02(2006. 01)

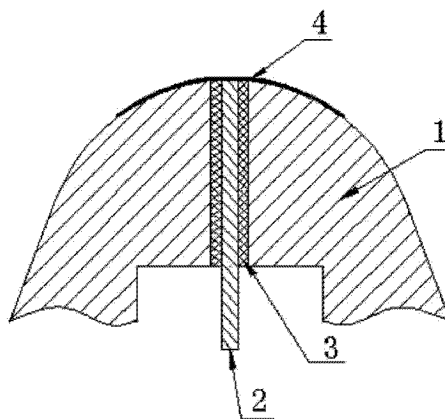
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种整体式热电偶

(57) 摘要

本发明涉及温度测量技术领域,尤其涉及一种整体式热电偶。整体式热电偶,包括第一极和第二极,其中,所述第二极设置在第一极内部,所述第一极和第二极采用不同的金属材料制成,且两者之间设置有绝缘层;所述第一极的端部设置有热结点层,且所述第二极的一端与热结点层连接。上述整体式热电偶的第二极设置在第一极内,且两者之间通过绝缘层隔离,并在第一极的端部设置热结点层连接第一极和第二极。此种结构的热电偶体积小,且具有更高的空间分辨率和更高的测量精度。



1. 一种整体式热电偶,包括第一极和第二极,其特征在于,所述第二极设置在第一极内部,所述第一极和第二极采用不同的金属材料制成,且两者之间设置有绝缘层;
所述第一极的端部设置有热结点层,且所述第二极的一端与热结点层连接。
2. 根据权利要求1所述的整体式热电偶,其特征在于,所述第一极由铜镍合金制成。
3. 根据权利要求1所述的整体式热电偶,其特征在于,所述第二极是由镍铬合金制成的金属丝。
4. 根据权利要求3所述的整体式热电偶,其特征在于,所述金属丝的直径大于等于0.06mm。
5. 根据权利要求2所述的整体式热电偶,其特征在于,所述第一极是由铜镍合金制成的圆锥形结构,所述圆锥形结构的中部具有放置第二极的通孔。
6. 根据权利要求5所述的整体式热电偶,其特征在于,所述第一极的最大直径大于等于1mm。
7. 根据权利要求1所述的整体式热电偶,其特征在于,所述热结点层所采用的材料和第一极相同。
8. 根据权利要求7所述的整体式热电偶,其特征在于,所述热结点层采用电子束物理气相沉积的方式设置在第一极上。
9. 根据权利要求1所述的整体式热电偶,其特征在于,所述绝缘层由环氧树脂制成。
10. 根据权利要求1所述的整体式热电偶,其特征在于,所述热结点层的厚度为 $2\mu\text{m}$,所述绝缘层的厚度为 $20\mu\text{m}$ 。

一种整体式热电偶

技术领域

[0001] 本发明涉及温度测量技术领域,尤其涉及一种整体式热电偶。

背景技术

[0002] 高超声速飞行器在临近空间中飞行时,热防护是直接关系飞行器安全的关键问题之一。在确定隔热措施时,实际部门首先需要知道气动加热输入飞行器表面的热流,然后才可能有针对性地设计热防护方案,包括选用合适的隔热材料,以及进行合理的热结构设计等。鉴于飞行试验费用昂贵,耗时长,测量难度大,地面试验是预测表面热流的主要途径之一。

[0003] 地面测热技术大致分为两类:一类是温度传感器,包括电阻温度计、热电偶、量热计等;另一类是光学测热技术,包括红外测温技术、液晶测温技术、相变涂层、磷光测温技术和温度压力敏感漆等。后者的空间分辨率和灵敏度显著高于前者,还可直观地看到飞行器模型表面的温度和热流的分布情况,但在激波风洞试验中,流场杂质、模型振动等因素,严重影响光学测量的准确性,因此目前国内外激波风洞热流测量主要依靠温度传感器。

[0004] 在激波风洞试验中,实验气流的均匀区的限制,飞行器往往采用缩比模型。尖锥驻点、尖翼、凸台、缝隙等,往往是热流集中的地方,缩比之后,局部尺寸很小,对于热流传感器的几何尺寸和空间分辨率提出了高要求。例如,激波风洞气动热试验所用柱状薄膜电阻温度计,目前最小直径约 1mm,无法满足实际关心的 $R=0.5\text{mm}$ 尖锐前缘驻点热流测量要求。

[0005] 针对上述问题,我们需要一种尺寸较小,且具有较高空间分辨率和测量精度的温度测量装置。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提出一种整体式热电阻,具有较小的尺寸,且具有较高的空间分辨率和测量精度。

[0007] 为达此目的,本发明采用以下技术方案:

[0008] 一种整体式热电偶,包括第一极和第二极,其中,所述第二极设置在第一极内部,所述第一极和第二极采用不同的金属材料制成,且两者之间设置有绝缘层;

[0009] 所述第一极端部设置有热结点层,所述第二极的一端与热结点层连接。

[0010] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述第一极由铜镍合金制成。

[0011] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述第二极由镍铬合金制成的金属丝。

[0012] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述金属丝的直径大于等于 0.06mm 。

[0013] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述第一极是由铜镍合金制成的圆锥形结构,所述圆锥形结构的中部具有放置第二极的通孔。

[0014] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述第一极的最大直径大于等于 1mm 。

[0015] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述热结点层所采用的材料和第一极相同。

[0016] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述热结点层采用电子束物理气相沉积的方式设置在第一极上。

[0017] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述绝缘层由环氧树脂制成。

[0018] 作为上述整体式热电偶的一种优选方案,所述热结点层的厚度为 $2\mu\text{m}$,所述绝缘层的厚度为 $20\mu\text{m}$ 。

[0019] 本发明的有益效果为:本申请提供了一种整体式热电偶,其包括第一极以及设置在第一极内的第二极,且两者之间通过绝缘层隔离,并在第一极的端部设置热结点层连接第一极和第二极,此种结构的热电偶体积小,且具有更高的空间分辨率和更高的测量精度。

附图说明

[0020] 图1是本发明具体实施方式提供的整体式热电阻的结构示意图;

[0021] 图2是本发明具体实施方式提供的制备整体式热电阻热热结点层示意图;

[0022] 图3是本发明具体实施方式提供的整体热电偶测温原理示意图。

[0023] 其中:

[0024] 1:第一极;2:第二极;3:绝缘层;4:热结点层;5:热电偶;6:基片台。

具体实施方式

[0025] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0026] 如图1所示,其为本实施方式提供的一种整体式热电偶,包括第一极1和第二极2,其中,第二极2设置在第一极1内部,第一极1和第二极2采用不同的金属材料制成,且两者之间设置有绝缘层3,第一极1和第二极2通过绝缘层3相互隔离;

[0027] 第一极1端部设置有热结点层4,第二极2的一端与热结点层4连接,且第一极1和第二极2通过热结点层4连接。

[0028] 在此实施方式中,作为优选的,第一极1由铜镍合金制成,第二极2由镍铬合金制成的金属丝。

[0029] 进一步优选的,金属丝的直径大于等于 0.06mm ,第一极1的最大直径大于等于 1mm 。

[0030] 上述整体式热电偶的具体结构为:第一极1是由铜镍合金制成的圆锥形结构,圆锥形结构的中部具有放置第二极的通孔,构成第二极2的金属丝穿设在圆锥结构的通孔内,且绝缘层3由环氧树脂制成针对以上提及的 $R=0.5\text{mm}$ 尖锐前缘,由于本实施方式提及的整体式热电偶为圆锥结构,其头部与 $R=0.5\text{mm}$ 尖锐前缘相同,实现了对较小结构热流的测量,需要说明的是,本申请方式提及的热电偶并不仅限于上述圆锥形结构,也可以根据被测量的结构任意设定热电偶的外部形状,也就是说只要被测量的结构大于第二极的横截面积,即可采用申请限定的热电偶即可进行测量。

[0031] 在此实施方式中,作为优选的,热结点层4的厚度为 $2\mu\text{m}$,绝缘层3的厚度为 $20\mu\text{m}$,第一极1的最大直径为 1mm ,金属丝的直径为 0.06mm ,因此本申请提及的热电偶头部较小,可以用来测量半径为 0.5mm 的尖锐驻点热流。

[0032] 在此实施方式中,热结点层4所采用的材料和第一极1相同。且该热结点层4采

用电子束物理气相沉积的方式设置在第一极 1 上。在此实施方式中,如图 2 所示,本申请还提供了热结点层 4 的具体设置方式:采用电子束物理气相沉积(EBPVD)方法,通过分别精确控制铜和镍的蒸发速率,在热电偶表面生成康铜合金薄膜作为热结点层 4。

[0033] 在电子束物理气相沉积(EBPVD)过程中,高能电子经电场加速、磁场聚焦后,作用于蒸发材料表面。电子迅速将能量传递给蒸发材料,使其熔化并蒸发。电子束可以蒸发各种材料,蒸发时材料置于水冷坩埚之中,可以避免坩埚材料对薄膜污染,这对于制备高纯度活性材料,特别是活性难熔材料薄膜很有好处。EBPVD 可精确地控制各蒸发源的速率,以满足薄膜组分和厚度的要求。

[0034] 多源电子束物理气相沉积系统(IMCAS-MEBPVD)为现有装置,该系统由真空和喷流、蒸发和控制、运动和加热、飞行时间质谱仪、稀薄蒸气流场定量预测软件等 5 部分组成。

[0035] 在制备尖锥热流传感器康铜(即铜镍合金)薄膜热结点层时,我们用 IMCAS-MEBPVD 的两个电子枪分别蒸发两种原材料,每个电子枪都有单独的晶控仪探头来测量和控制其蒸发速率。具体情况如下:两个电子枪分别蒸发金属 Ni 和 Cu,其纯度分别为 0.99999 和 0.99999,晶控仪探头分别采用 XTC/2 和 IC/5,蒸发速率均控制在 $1.8\text{\AA}/\text{s}$,在晶控仪探头表面的总沉积厚度均设定为 6000\AA 。

[0036] 尖锥热电偶 5 于基片台 6 上,锥头迎向蒸发源方向。基片台 6 旋转轴与真空室顶部的旋转电机通过磁流体密封连接,旋转电机速率为 80 转/分钟。康铜薄膜沉积前,真空室经烘烤除气,压力约为 $5 \times 10^{-4}\text{Pa}$ 。蒸发结束后,经 ICP-AES 测量,尖锥热流传感表面沉积薄膜厚度约 1.2 μm ,Ni 和 Cu 的原子比为 45:54。

[0037] 本实施方式提供的整体式热电偶的最小端可与第二级的直径相同,空间分辨率较传统测热传感器提高了一个数量级,可用于测量 $R0.5\text{mm}$ 的尖锥驻点热流。整体式热电偶测热传感器频响可达 100kHz,完全可以满足试验时间仅为毫秒的激波风洞。

[0038] 整体式热电偶的测量精度较高,7 次测量结果与平均值散差小于 10%。这样的测试精度明显优于传统的柱状铂薄膜电阻温度计。主要原因有三个方面:1、整体式热电偶采用的基底材料为金属,质地均匀,明显优于玻璃基底材料;2、整体式热电偶抗冲刷性较强,两极只要连接即可,与接点的大小无关;并且金属膜与金属基底的结合力远好于铂膜镀在玻璃基底上;3、整体式热电偶的最大优点就是最大限度的保证模型表面外形不变,其小至直径 0.1mm 的接点对外形的影响微乎其微。

[0039] 为了对上述热电偶 5 作出进一步的介绍,本申请还提供了上述热电偶 5 的工作原理:整体热电偶 5 是基于热电效应设计的。在一定温度下,两种不同导体材料中的自由电子密度会有所差异。在它们的连接处,由于自由电子扩散,产生扩散电动势,其大小取决于两种材料性质和接触点温度。

[0040] 如图 3 所示,两种材料形成一个回路,温度高的一端称为测量端或热端,温度低的一端称为参考端或冷端。通常参考端温度 T_0 保持不变,则热电势只依赖测量端温度 T ,即

$$[0041] \quad E_{AB}(T, T_0)_{T_0} = E_{AB}(T) \quad (1)$$

[0042] 镍铬丝即第二极 2 很细,其头部由于气动加热所引起的温度变化,可以近似用一维半无限体热传导方程描述,即

$$[0043] \quad \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

[0044] 其中 $\alpha = k\rho c$, k 是热传导系数, ρ 是密度, c 是比热。

[0045] 记镍铬丝头部表面热流为 $\dot{q}_s(t)$, 则

$$[0046] \quad x = 0 \quad \dot{q}_s(t) = -k \frac{\partial T}{\partial x} \quad (3)$$

$$[0047] \quad x = \infty \quad T = 0 \quad (4)$$

[0048] 方程(2), 在边界条件(3)和(4)下, 有如下解析解 [4]

$$[0049] \quad \dot{q}_s(t) = \frac{\sqrt{\rho ck}}{2\sqrt{\pi}} \left[\frac{2T(t)}{\sqrt{t}} + \int_0^t \frac{T(t) - T(\tau)}{(t-\tau)^{3/2}} d\tau \right] \quad (5)$$

[0050] 根据方程(1), 通过测量得到扩散电动势, 可获得整体式热电偶是镍铬丝表面温度随时间的变化历程; 再代入方程(5), 就得到实际关心尖锥顶点的热流。

[0051] 以上结合具体实施例描述了本发明的技术原理。这些描述只是为了解释本发明的原理, 而不能以任何方式解释为对本发明保护范围的限制。基于此处的解释, 本领域的技术人员不需要付出创造性的劳动即可联想到本发明的其它具体实施方式, 这些方式都将落入本发明的保护范围之内。

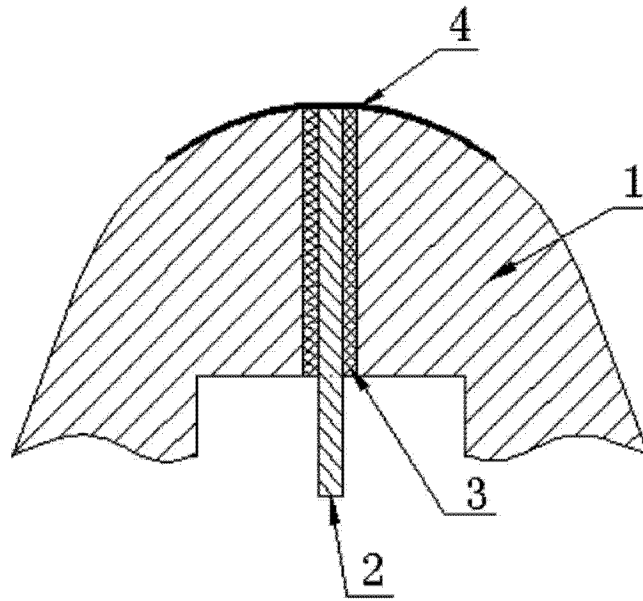


图 1

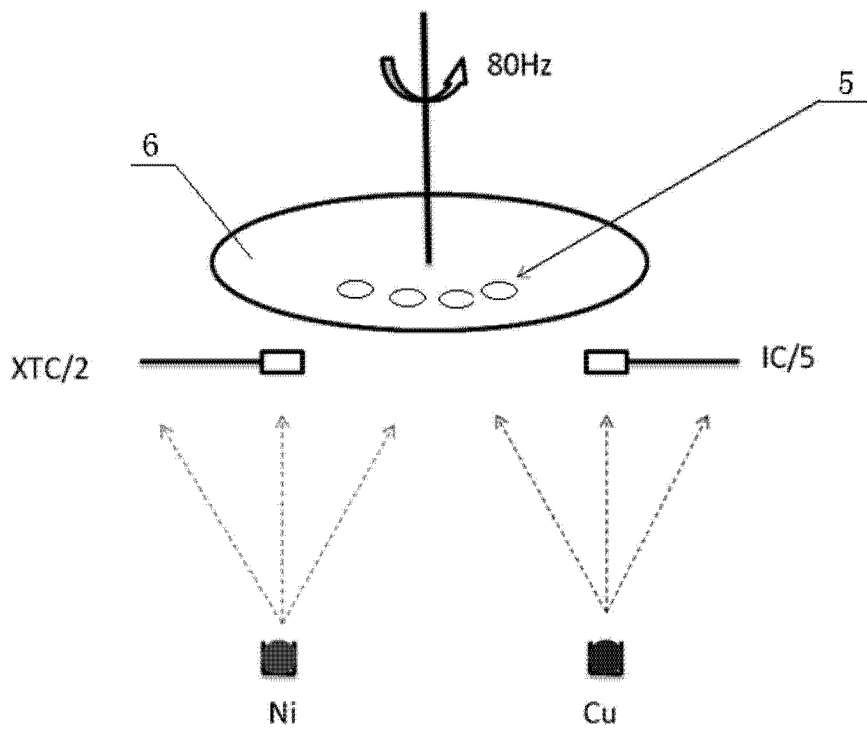


图 2

图 3