



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104062268 A

(43) 申请公布日 2014. 09. 24

(21) 申请号 201410288992. 2

(22) 申请日 2014. 06. 24

(71) 申请人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道 17 号

申请人 交通运输部科学研究院

(72) 发明人 王允韬 阮驰 徐松松 陶圣

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

代理人 胡乐

(51) Int. Cl.

G01N 21/47(2006. 01)

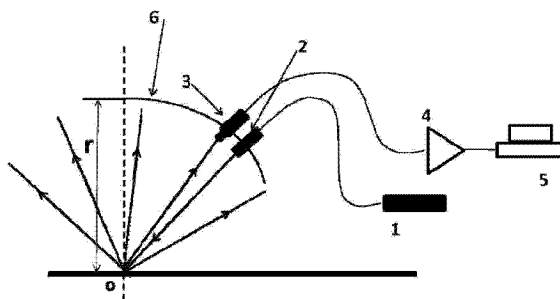
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种非接触式路面气象状态传感器及其应用方法

(57) 摘要

本发明提出一种通过测量路面漫反射光能量来判断路面气象状态的非接触式传感器,该传感器能够有效地分辨路面是否干燥、积水和结冰。该非接触式路面气象状态传感器主要包括激光器、数据采集分析系统、以及位于待测路面上方的弧形导轨,所述弧形导轨上安装有扩束镜和光电探测器;激光器发出的光通过扩束镜照射在待测路面上,光电探测器接收路面漫反射光能量,将光信号转换为电信号送入数据采集分析系统;所述扩束镜能够沿弧形导轨移动,或者扩束镜与光电探测器相对固定并能够一起沿弧形导轨移动。本发明结构简单、成本低廉、功能全面、性能可靠,可以应用于各种公路路面气象状态的测量,为交通管理部门的决策提供依据。



1. 一种非接触式路面气象状态传感器,其特征在于:包括激光器、数据采集分析系统、以及位于待测路面上方的弧形导轨,所述弧形导轨上安装有扩束镜和光电探测器;激光器发出的光通过扩束镜照射在待测路面上,光电探测器接收路面漫反射光能量,将光信号转换为电信号送入数据采集分析系统;

所述扩束镜能够沿弧形导轨移动,或者扩束镜与光电探测器相对固定并能够一起沿弧形导轨移动。

2. 根据权利要求1所述的非接触式路面气象状态传感器,其特征在于:所述光电探测器始终固定于路面法线位置,扩束镜能够沿弧形导轨移动。

3. 根据权利要求1所述的非接触式路面气象状态传感器,其特征在于:所述扩束镜与光电探测器固定在一起并能够一起沿弧形导轨移动,两者所在光轴相互平行;设扩束镜与光电探测器的间距为 d ,扩束镜与光电探测器整体作为探测组件,该探测组件与路面照射区域中心之间的距离为 r ,则应保证 $r/d > 100$ 。

4. 根据权利要求1所述的非接触式路面气象状态传感器,其特征在于:所述激光器发出的光通过多模光纤耦合输出至扩束镜。

5. 根据权利要求1所述的非接触式路面气象状态传感器,其特征在于:所述激光器为半导体激光器。

6. 根据权利要求5所述的非接触式路面气象状态传感器,其特征在于:所述激光器为单波长半导体激光器。

7. 权利要求1所述的非接触式路面气象状态传感器的应用方法,包括:

开启激光器,发出恒定功率的光,通过扩束镜照射在待测路面上;

保证照射区域中心不变的情况下,控制扩束镜沿弧形导轨移动,移动的总行程为 $\pi r/18$,入射角度变化范围为 $0 - 10^\circ$,光电探测器实时测得不同入射角对应的漫反射光能量并送入数据采集分析系统;完成设定行程后,数据采集分析系统以扩束镜入射角为横坐标,探测器相应接收的光功率为纵坐标,绘制一条曲线,得到反射光功率 - 角度谱;

根据所述反射光功率 - 角度谱,即判定待测路面的气象状态。

一种非接触式路面气象状态传感器及其应用方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种非接触式路面气象状态传感器,用于判断路面是否干燥、潮湿或结冰。

背景技术

[0002] 为了提高道路的通行效率,需要实时地获得各种信息。考虑到各种车辆都依靠地面摩擦力行驶和制动,路面积水、结冰都会显著降低轮胎与地面的摩擦力,所以路面状况信息非常紧密地关系到道路通行效率和行车安全。获得路面状况信息需要用到路面气象状态传感器,按照探测方式的不同,目前路面气象传感器主要分为接触式和非接触式两种。

[0003] 现有技术一:

[0004] 基于电导率测量的接触式路面气象传感器。在水盐(溶雪剂)混合体系的液相中,无机盐被解离为正负离子,这些离子作为载流子,使盐水具有一定的电导率。当体系转变为固相,根据相变理论,盐分会从体系中结晶析出,体系中载流子的丧失会导致电导率的变化。因而,通过测量电导率的变化,可以准确地判断路面是否冻结。根据具体实现方式的不同,电导率法可以分为二电极法、四电极法、以及电诱导法等。

[0005] 这一类技术的优点是原理简单、性能可靠。缺点是只能判断路面是否结冰,而且施工不便,同时也会严重降低路面的使用寿命。

[0006] 现有技术二:

[0007] 基于路面漫反射光谱探测的非接触式路面气象传感器。不同的路面气象状态下,路面的反射光谱有着不同的特征,所以可以通过光谱探测技术来判断路面的气象状态。为了降低成本,通常只探测少数特征波长的路面反射系数,与之相应,需要光源的光谱能够覆盖上述波段。可以采用宽谱光源或者将几个特定波长的光源结合起来使用。

[0008] 这一类技术的优点是原理简单、可靠性高。缺点是某些特征波长的激光器比较罕见且价格昂贵,传感器整体的成本比较高。

[0009] 现有技术三:

[0010] 基于反射光偏振检测技术的非接触式路面气象传感器。不同路面气象状态下,路面反射光的偏振态不同。通过光学偏振检测技术,将反射光中的S光和P光的光强分别测得,然后求得反射光的偏振态。由此可以判断路面的气象状态。

[0011] 这一类技术需要大量的偏振分离光学器件和探测器,增加了系统的复杂性和成本。

发明内容

[0012] 为了克服以上现有技术存在的缺陷,本发明提出一种通过测量路面漫反射光能量来判断路面气象状态的非接触式传感器,该传感器能够有效地分辨路面是否干燥、积水和结冰。

[0013] 本发明的技术方案如下:

[0014] 一种非接触式路面气象状态传感器,主要包括激光器、数据采集分析系统、以及位于待测路面上方的弧形导轨,所述弧形导轨上安装有扩束镜和光电探测器;激光器发出的光通过扩束镜照射在待测路面上,光电探测器接收路面漫反射光能量,将光信号转换为电信号送入数据采集分析系统;所述扩束镜能够沿弧形导轨移动,或者扩束镜与光电探测器相对固定并能够一起沿弧形导轨移动。

[0015] 上述扩束镜与光电探测器整体作为探测组件,具体可以有以下两种优化的结构形式:

[0016] 第一种:光电探测器始终固定于路面法线位置,扩束镜能够沿弧形导轨移动。

[0017] 第二种:扩束镜与光电探测器固定在一起并能够一起沿弧形导轨移动,两者所在光轴相互平行;设扩束镜与光电探测器的间距为 d ,探测组件与路面照射区域中心之间的距离为 r ,则应保证 $r/d > 100$ 。

[0018] 另外,本发明还做其他如下优化限定和改进:

[0019] 上述激光器发出的光通过多模光纤耦合输出至扩束镜。

[0020] 上述激光器为半导体激光器。

[0021] 上述激光器为单波长半导体激光器。

[0022] 对于上述两种具体优化结构形式的探测组件,本发明还给出通用的应用方法,包括:

[0023] (1) 开启激光器,发出恒定功率的光,通过扩束镜照射在待测路面上;

[0024] (2) 保证照射区域中心不变的情况下,控制扩束镜沿弧形导轨移动,移动的总行程为 $\pi r/18$,入射角度变化范围为 $0-10^\circ$,光电探测器实时测得不同入射角对应的漫反射光能量并送入数据采集分析系统;完成设定行程后,数据采集分析系统以扩束镜入射角为横坐标,探测器相应接收的光功率为纵坐标,绘制一条曲线,得到反射光功率-角度谱;

[0025] (3) 根据所述反射光功率-角度谱,即判定待测路面的气象状态。

[0026] 本发明结构简单、成本低廉、功能全面、性能可靠,可以应用于各种公路路面气象状态的测量,为交通管理部门的决策提供依据。具体有以下优点:

[0027] 1、结构简明,安装、调节方便,基于该硬件架构,利用成熟的控制及数据分析技术能够简单、快捷地测得路面气象状态。

[0028] 2、巧妙地应用了漫反射原理,探测路面漫反射光能量,不需要复杂昂贵的偏振检测元器件。

[0029] 3、通过反射光功率-角度谱来判断路面的气象状态,而不是特定角度下的反射光能量,极大地提高了检测准确度。

[0030] 4、采用单波长半导体激光器作为光源,价格低廉。

附图说明

[0031] 图1为本发明的原理图。

[0032] 图2为实施例一的反射光功率-角度谱,图中的三条理论曲线分别对应于干燥、潮湿和结冰三种状态。

[0033] 从图中我们可以看到,在入射角范围内 ($0-8^\circ$),潮湿和结冰两种状态下的反射光功率随入射角的增大而急剧下降。但潮湿状态下反射光功率的下降速率略大于结冰状

态。相比之下,干燥状态下的反射光功率值在 $0-8^\circ$ 范围内没有显著的变化。可以 $0-8^\circ$ 的入射角范围划分为以下四个判断区间:

[0034] 1. $0.9^\circ > \theta > 0^\circ$, $P(\text{潮湿}) > P(\text{结冰}) > P(\text{干燥})$;

[0035] 2. $1.8^\circ > \theta > 0.9^\circ$, $P > (\text{结冰}) > P(\text{潮湿}) > P(\text{干燥})$;

[0036] 3. $3.4^\circ > \theta > 1.8^\circ$, $P(\text{结冰}) > P(\text{干燥}) > P(\text{潮湿})$;

[0037] 4. $5.3^\circ > \theta > 3.4^\circ$, $P(\text{干燥}) > P(\text{结冰}) > P(\text{潮湿})$;

[0038] 其中 θ 表示入射角, P 表示反射光功率值。

[0039] 图 3 为实施例二的反射光功率 - 角度谱,途中三条曲线分别对应干燥、潮湿和结冰三种状态。

[0040] 同图 2 类似,潮湿和结冰两种状态的反射光功率随入射角度的增大而急剧下降。但潮湿状态下反射光功率的下降速率略大于结冰状态。相比之下干燥状态下的反射光功率值在 $0-8^\circ$ 范围内没有显著的变化。可以将 $0-8^\circ$ 的入射角范围划分为以下四个判断区间:

[0041] 1. $1.4^\circ > \theta > 0^\circ$, $P(\text{潮湿}) > P(\text{结冰}) > P(\text{干燥})$;

[0042] 2. $2.8^\circ > \theta > 1.4^\circ$, $P > (\text{结冰}) > P(\text{潮湿}) > P(\text{干燥})$;

[0043] 3. $4.4^\circ > \theta > 2.8^\circ$, $P(\text{结冰}) > P(\text{干燥}) > P(\text{潮湿})$;

[0044] 4. $7.3^\circ > \theta > 4.4^\circ$, $P(\text{干燥}) > P(\text{结冰}) > P(\text{潮湿})$;

[0045] 其中 θ 表示入射角, P 表示反射光功率值。

[0046] 图 4 为本发明的结构原理图。

[0047] 图 5 为实施例一的结构示意图。

[0048] 图 6 为实施例二的结构示意图。

具体实施方式

[0049] 本发明主要包括半导体激光器、光电探测器,扩束镜、信号放大器和数据采集分析系统。如图 1 所示,从半导体激光器 1 发出的光通过扩束镜 2 输出,照射在路面上,形成一个相对较大的光斑。光电探测器 3 接收路面反射光能量,将光信号转换为电信号,然后经过信号放大器 4 进入数据采集系统 5 进行数据处理。当光源的入射角发生改变,探测器接收到的路面漫反射光波的能量也随之改变,以激光入射角为横坐标,探测器接收光功率为纵坐标,可以绘制出路面的“反射光功率 - 角度谱”,如图 2 所示。

[0050] 路面干燥时,表面粗糙度比较大,可以将干燥路面当做是理想漫反射体,表面反射遵循朗伯余弦定理,在 $0-8^\circ$ 的入射角范围内,反射光功率值变化比较小,可以忽略不计,近似的认为是一条直线,如图 2 所示。

[0051] 路面潮湿或结冰时,表面形貌和介质都发生了改变,“反射功率 - 角度谱”也会发生改变。其中:

[0052] 对于潮湿路面,水分填塞了路面的缝隙,所以潮湿路面的粗糙度比干燥路面要小,不再是理想漫反射体,将潮湿路面考虑为倾角随机分布的光滑面元的集合,运用几何光学中原理可以分析计算反射光功率随入射角的变化,即“反射光功率 - 角度谱”。计算结果和实验数据显示,潮湿路面的反射光功率随入射角的变化比较明显,其“反射光功率 - 角度谱”的形状完全不同于干燥路面,如图 2 所示。

[0053] 对于冰冻路面,由于结冰的过程会在冰面产生特定的纹理,其粗糙度介于潮湿路

面和干燥路面之间,因此其“反射光功率-角度谱”既不同于潮湿路面也不同于干燥路面。图 2 也显示了数据计算得到的冰冻路面的“发射光功率-角度谱”,计算所用的方法与潮湿路面类似。

[0054] 综上所述,根据“反射光功率-角度谱”的形状特征,就可以判断出三种路面的气象状态。

[0055] 本发明中,为了在入射角改变的同时确保探测区域不发生改变,设计了如下的方法和装置:

[0056] 如图 3 所示:以探测区域中心为原点 o , 过原点 o 任选一垂直于路面的表面为主平面。在主平面上根据实际情况确定一个合适的距离作为半径 r , 以原点 o 为圆心绘制圆弧,按照圆弧的形状制作导轨 6, 导轨 6 为扩束镜 2 的移动位置曲线。令扩束镜始终指向原点 o , 同时改变扩束镜在圆弧导轨 6 上的位置,来改变激光的入射角。

[0057] 实施例一

[0058] 如图 4 所示,将扩束镜 2 与探测器 3 冰排固定在一起,保持平行。再将两者都安装在导轨 6 上。在此实施例中,光波的入射角度与探测器接收角度相同。扩束镜 2 和探测器 3 在导轨 6 上移动,激光的入射角度和探测器的接收角度一同随之改变。测量得到反射光功率-角度谱,根据谱线的特征来确定路面的气象状态。

[0059] 实施例二

[0060] 如图 5 所示,在此实施例中,扩束镜 2 与探测器 3 分离,探测器固定在路面法线位置,接收正向的反射光功率。扩束镜在导轨 6 上移动,激光的入射角度随之改变。测量得到反射光功率-角度谱,根据谱线的特征来确定路面的气象状态。

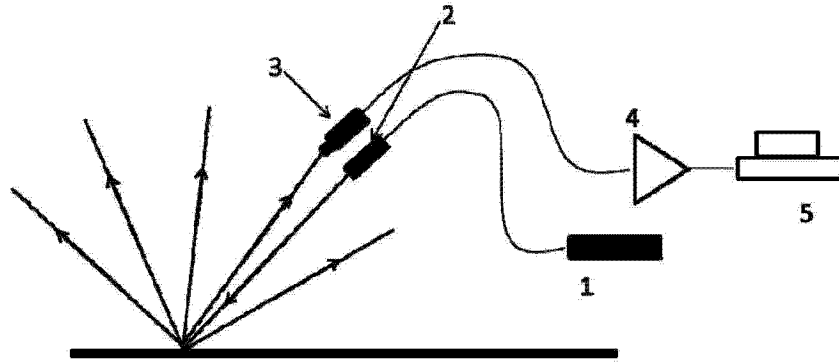


图 1

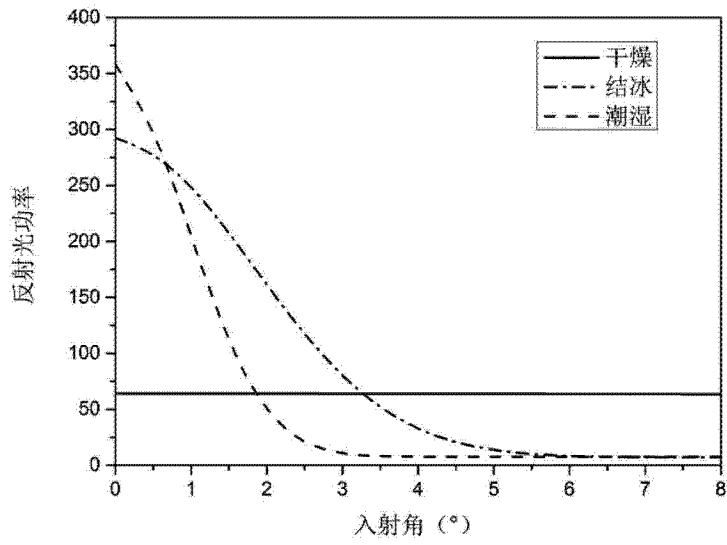


图 2

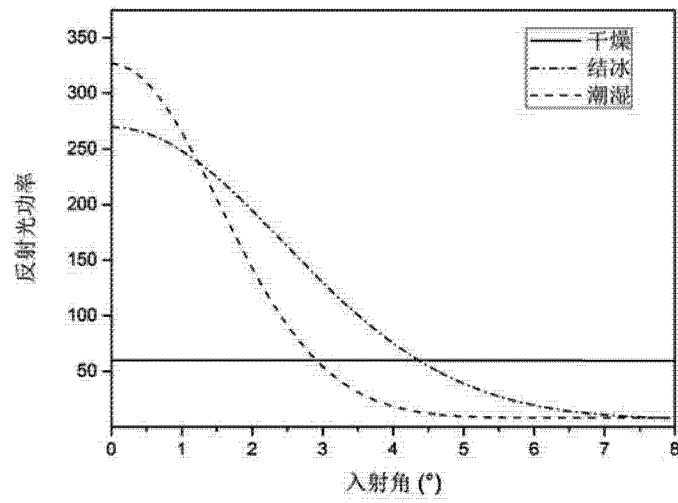


图 3

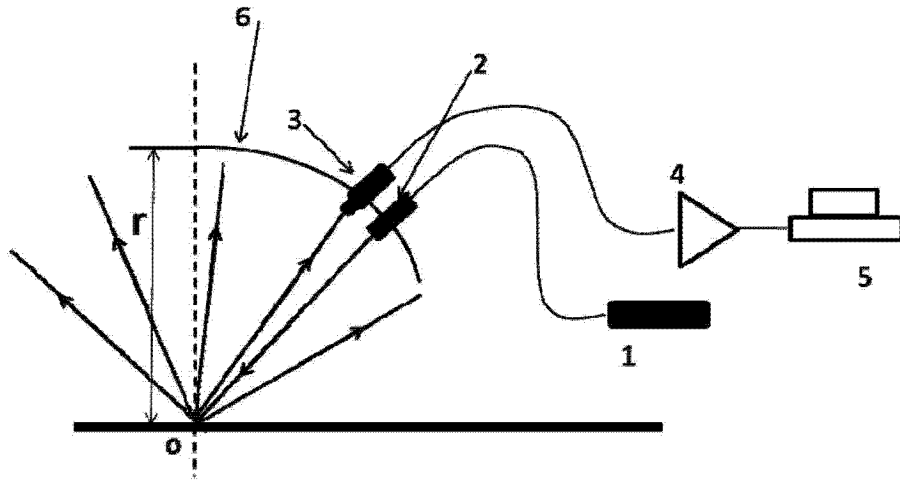


图 4

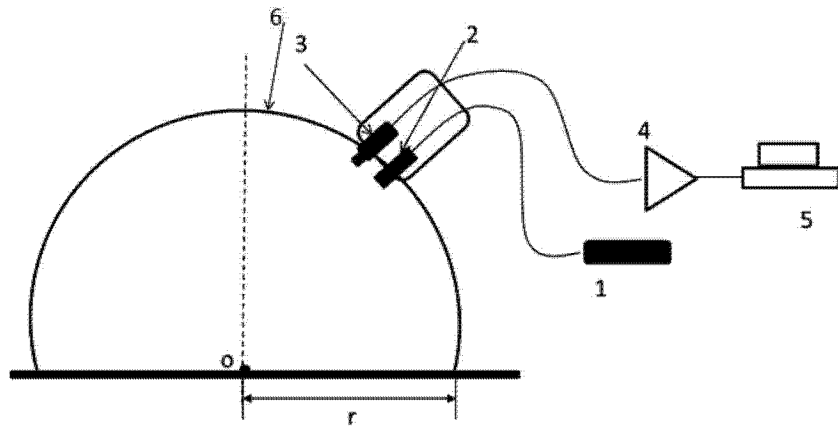


图 5

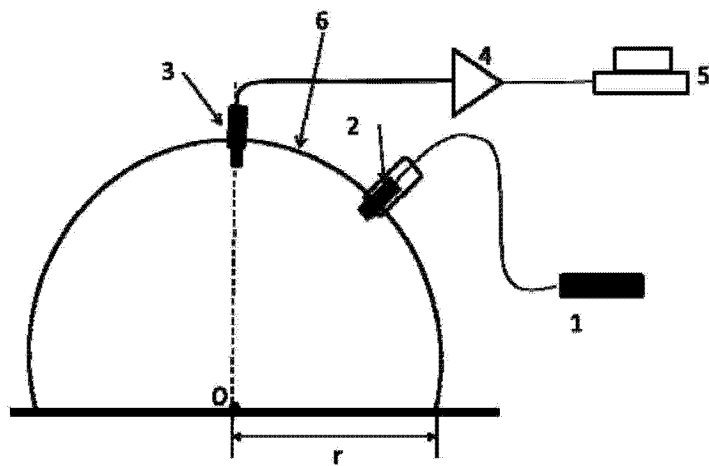


图 6