

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102175650 A

(43) 申请公布日 2011. 09. 07

(21) 申请号 201110033559. 0

(22) 申请日 2011. 01. 30

(71) 申请人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大直街 92 号

(72) 发明人 王付刚 王治乐 张伟 汪洪源

(74) 专利代理机构 哈尔滨市松花江专利商标事务所 23109

代理人 岳泉清

(51) Int. Cl.

G01N 21/55(2006. 01)

G01N 21/25(2006. 01)

F16M 11/06(2006. 01)

F16M 11/18(2006. 01)

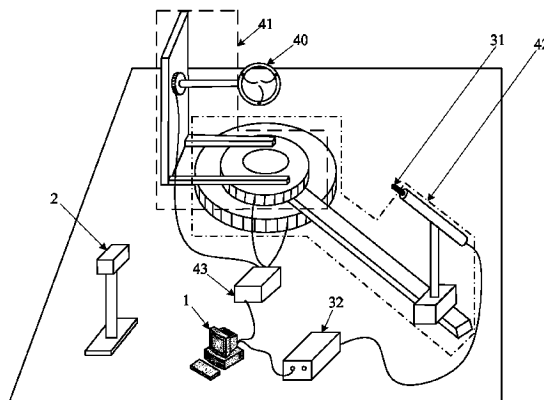
权利要求书 2 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

连续光谱双向反射分布函数测量装置

(57) 摘要

连续光谱双向反射分布函数测量装置,它属于光谱学、计算机图形学和机器视觉领域,它解决了现有装置不能够在可见光波段内测量连续光谱 BRDF 的问题。样品环的中心点为旋转中心,并安在样品水平和垂直方向旋转支架上,所述支架用于带动样品环以旋转中心为中心点在水平面和垂直于水平面的竖直面上旋转;光纤探头安探测器位置调整支架上,并光路指向旋转中心,所述支架用于带动光纤探头以旋转中心为中心点在水平面上旋转,带动光纤探头做运动轨迹穿过旋转中心的一维直线运动,光纤探头信号输出端连光谱仪输入端;旋转控制器用于所述的两个支架的旋转;PC 机连光谱仪和旋转控制器;光源组件光束照射在样品环上。应用于测量在可见光波段内的连续光谱 BRDF。



1. 连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于它包括光源组件(2)、探测器组件、测量架组件和控制及数据处理PC机(1);探测器组件包括光纤探头(31)和光谱仪(32),测量架组件包括样品环(40)、样品水平和竖直方向旋转支架(41)、探测器位置调整支架(42)和旋转控制器(43);样品环(40)安装在样品水平和竖直方向旋转支架(41)上,所述的样品环(40)的中心点为旋转中心,所述的样品水平和竖直方向旋转支架(41)用于带动样品环(40)以旋转中心为中心点在水平面上和垂直于水平面的竖直面上旋转;光纤探头(31)安装在探测器位置调整支架(42)上,并且光纤探头(31)的光路指向旋转中心,所述的探测器位置调整支架(42)用于带动光纤探头(31)以旋转中心为中心点在水平面上旋转,还用于带动光纤探头(31)做一维直线运动,所述运动轨迹的直线穿过旋转中心,光纤探头(31)的信号输出端连接光谱仪(32)的输入端;旋转控制器(43)用于控制样品水平和竖直方向旋转支架(41)和探测器位置调整支架(42)的旋转;光谱仪(32)的测量信号输出端和旋转控制器(43)的控制信号输入端分别连接控制及数据处理PC机(1)的测量信号输入端和控制信号输出端;光源组件(2)的输出光束照射在样品环(40)上。

2. 根据权利要求1所述的连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于探测器位置调整支架(42)包括探测器水平方向电控旋转台(421)、导轨(422)、滑块(423)、探测器支柱(424)和探测器调整架(425);探测器水平方向电控旋转台(421)水平放置在平面上,探测器水平方向电控旋转台(421)用于带动探测器在水平面上旋转;导轨(422)的一端连接在探测器水平方向电控旋转台(421)上,并与探测器水平方向电控旋转台(421)连动,导轨(422)上安装有滑块(423),探测器支柱(424)的底端安装在滑块(423)上表面上,探测器支柱(424)的顶端安装有探测器调整架(425)。

3. 根据权利要求2所述的连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于样品水平和竖直方向旋转支架(41)包括样品水平方向电控旋转台(411)、L型连接板(412)、样品竖直方向电控旋转台(413)和样品支架(414);样品水平方向电控旋转台(411)水平设置在探测器水平方向电控旋转台(421)上部,并且样品水平方向电控旋转台(411)与探测器水平方向电控旋转台(421)的旋转轴重合,样品水平方向电控旋转台(411)与探测器水平方向电控旋转台(421)彼此独立旋转,样品水平方向电控旋转台(411)用于带动样品在水平面上旋转;L型连接板(412)底板的底面固定在样品水平方向电控旋转台(411)的上表面上,L型连接板(412)的侧板位于样品水平方向电控旋转台(411)一侧的侧面上固定有样品竖直方向电控旋转台(413),样品竖直方向电控旋转台(413)用于带动样品在垂直水平面的竖直面上旋转,并且样品竖直方向电控旋转台(413)的旋转轴的轴线延长线与样品水平方向电控旋转台(411)的旋转轴的轴线延长线交于一点,样品支架(414)的一端安装在样品竖直方向电控旋转台(413)的旋转轴心上,样品支架(414)的另一端安装有样品环(40),样品支架(414)用于调节样品环(40),并且样品环(40)的旋转中心与所述的样品竖直方向电控旋转台(413)的旋转轴的轴线延长线与样品水平方向电控旋转台(411)的旋转轴的轴线延长线的交点相重合。

4. 根据权利要求3所述的连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于探测器水平方向电控旋转台(421)、样品水平方向电控旋转台(411)和样品竖直方向电控旋转台(413)安装有步进电机。

5. 根据权利要求4所述的连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于旋转控制

器 (43) 采用步进电机控制器。

6. 根据权利要求 1、2、3、4 或 5 所述的连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于控制及数据处理 PC 机 (1) 包括控制模块、数据采集模块和数据处理模块,所述的控制模块,用于发送控制三个电控旋转台的旋转角度及旋转顺序信号给旋转控制器 (43);所述的数据采集模块,用于记录光谱仪 (32) 获得的样品辐射出射度;所述的数据处理模块,用于计算双向反射分布函数所需要的辐射亮度、入射天顶角 θ_i 、入射方位角 φ_i 、反射天顶角 θ_r 和反射方位角 φ_r 。

7. 根据权利要求 6 所述的连续光谱双向反射分布函数测量装置,其特征在于光源组件 (2) 由光源 (21)、光纤 (22)、光源光纤探头 (23) 和准直镜 (24) 组成;光源 (21) 的输出端连接光线 22 的输入端,光线 22 的输出端连接光源光纤探头 (23) 的输入端,光源光纤探头 (23) 的光输出端的出射光照射在准直镜 (24) 的接收面上,准直镜 (24) 用于调节出射光为平行光。

连续光谱双向反射分布函数测量装置

技术领域

[0001] 本发明属于光谱学领域、计算机图形学和机器视觉领域，具体是一种测量测量材料表面光反射特性的装置。

背景技术

[0002] 双向反射分布函数 (Bidirectional Reflected Distribution Function, 简称 BRDF), 用来描述材料表面上半球空间的光反射特性, 主要包括光谱反射特性和角度特性。该函数包含五个参数: 入射光的波长 λ 、入射天顶角 θ_i 、入射方位角 φ_i 、反射天顶角 θ_r 和反射方位角 φ_r 。该函数定义为某一反射方向上的辐射亮度与入射到材料表面的辐射照度的比值 (如图 1), 其表达式为:

$$[0003] \quad f_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r; \lambda) = \frac{dL_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r; \lambda)}{dE_i(\theta_i, \varphi_i; \lambda)} \quad \text{公式一}$$

[0004] 式中 $dL_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r; \lambda)$ —— (θ_r, φ_r) 反射方向上的光谱反射辐射亮度, 单位为 $W/(m^2 \cdot sr)$; $dE_i(\theta_i, \varphi_i; \lambda)$ —— 光源沿 (θ_i, φ_i) 入射方向辐射到的材料表面的光谱辐射照度, 单位为 W/m^2 ; $f_r(\theta_i, \varphi_i; \theta_r, \varphi_r; \lambda)$ —— 为光谱 BRDF, 单位为 sr^{-1} 。

[0005] 最开始出现的 BRDF 测量装置称为角度反射测量计 (gonioreflectometer), 该装置的测量数据不包含光谱信息, 并且测量非常耗时。伯克利大学劳伦斯实验室的 Ward 对上述测量装置进行了改进, 采用了一个半球形反射镜和负眼镜头, 大大提高了测量速度。但是该装置不能测量光滑表面, 不能测量掠入射时的情况。同样, 也不包含光谱信息。

[0006] 哈尔滨工业大学的戴景民研制了一种光谱 BRDF 测量装置, 采用固定波长的激光器作为光源, 因此只能测量几个波长的 BRDF 数据。安徽光机所设计了一个进行光谱 BRDF 测量装置, 由于其接收器件采用的是光电倍增管, 因此需要借助于标准漫反射体才能够测量光谱 BRDF 数据, 不能够直接获得材料表面的光谱 BRDF。

发明内容

[0007] 本发明为了解决现有光谱 BRDF 测量装置不能够在可见光波段内测量连续光谱 BRDF 的问题, 而提出了一种连续光谱双向反射分布函数测量装置。

[0008] 连续光谱双向反射分布函数测量装置包括光源组件、探测器组件、测量架组件和控制及数据处理 PC 机; 探测器组件包括光纤探头和光谱仪, 测量架组件包括样品环、样品水平和竖直方向旋转支架、探测器位置调整支架和旋转控制器; 样品环安装在样品水平和竖直方向旋转支架上, 所述的样品环的中心点为旋转中心, 所述的样品水平和竖直方向旋转支架用于带动样品环以旋转中心为中心点在水平面上和垂直于水平面的竖直面旋转; 光纤探头安装在探测器位置调整支架上, 并且光纤探头的光路指向旋转中心, 所述的探测器位置调整支架用于带动光纤探头以旋转中心为中心点在水平面上旋转, 还用于带动光纤探头做一维直线运动, 所述运动轨迹的直线穿过旋转中心, 光纤探头的信号输出端连接光谱仪的输入端; 旋转控制器用于控制样品水平和竖直方向旋转支架和探测器位置调整支架

的旋转；光谱仪的测量信号输出端和旋转控制器的控制信号输入端分别连接控制及数据处理 PC 机的测量信号输入端和控制信号输出端；光源组件的光束照射在样品环上。

[0009] 该装置主要优点就是可以测量在可见光波段内的连续光谱 BRDF, 该测量装置还可以测量粗糙表面, 同样也可以测量具有高反射率的光滑表面。光谱 BRDF 能够真实的反映材料表面属性, 比如光泽度、粗糙度、颜色等。因此, 通过测量获得材料表面的真实光谱 BRDF 数据对研究表面特性很有帮助。测量的光谱 BRDF 数据不但可以验证理论 BRDF 模型的正确性, 而且还可以直接应用在计算机图形学中, 使构造的物体更加真实。同样, 在计算机视觉中, 利用测量的光谱 BRDF 数据识别不同的材料, 进而对物体进行识别。因此, 本发明的光谱 BRDF 测量装置是十分有意义的, 为实验室研究材料 BRDF 提供实验验证。

[0010] 本发明的光谱双向反射分布函数测量装置的优点在于：

[0011] 1、能够获得连续的光谱 BRDF 数据；

[0012] 2、具有较快的测量速度；

[0013] 3、测量精度高；

[0014] 4、测量装置经济可行。

[0015] 本发明是一种装置简单、经济可行的快速连续光谱 BRDF 测量装置。在整个测量过程中, 采用 PC 机通过步进电机控制器控制电控旋转台的旋转角度, 以此实现角度的变化, 提高了角度旋转的速度和精度。入射辐射照度和反射辐射出射度均用光纤光谱仪进行测量, 反射辐射出射度通过后续数据处理便可得到相应的反射辐射亮度。这样用一种仪器便可以实现光谱 BRDF 的测量, 改变了传统的 BRDF 测量需要照度计和亮度计两种仪器, 节省了装置成本。

附图说明

[0016] 图 1 是双向反射分布函数的示意图, 其中 A 为入射光线, B 为反射光线; 图 2 是本发明的结构示意图; 图 3 是样品水平和垂直方向旋转支架 41 的结构示意图; 图 4 是探测器位置调整支架 42 的结构示意图; 图 5 是光源组件 2 的结构示意图。

具体实施方式

[0017] 具体实施方式一: 结合图 2 说明本实施方式, 本实施方式中的连续光谱双向反射分布函数测量装置, 它包括光源组件 2、探测器组件、测量架组件和控制及数据处理 PC 机 1; 探测器组件包括光纤探头 31 和光谱仪 32, 测量架组件包括样品环 40、样品水平和垂直方向旋转支架 41、探测器位置调整支架 42 和旋转控制器 43; 样品环 40 安装在样品水平和垂直方向旋转支架 41 上, 所述的样品环 40 的中心点为旋转中心, 所述的样品水平和垂直方向旋转支架 41 用于带动样品环 40 以旋转中心为中心点在水平面上和垂直于水平面的竖直面上旋转; 光纤探头 31 安装在探测器位置调整支架 42 上, 并且光纤探头 31 的光路指向旋转中心, 所述的探测器位置调整支架 42 用于带动光纤探头 31 以旋转中心为中心点在水平面上旋转, 还用于带动光纤探头 31 做一维直线运动, 所述运动轨迹的直线穿过旋转中心, 光纤探头 31 的信号输出端连接光谱仪 32 的输入端; 旋转控制器 43 用于控制样品水平和垂直方向旋转支架 41 和探测器位置调整支架 42 的旋转; 光谱仪 32 的测量信号输出端和旋转控制器 43 的控制信号输入端分别连接控制及数据处理 PC 机 1 的测量信号输入端和控制信号输

出端；光源组件 2 的光束照射在样品环 40 上。

[0018] 具体实施方式二：结合图 2 和图 4 说明本实施方式，本实施方式与具体实施方式一不同点在于探测器位置调整支架 42 包括探测器水平方向电控旋转台 421、导轨 422、滑块 423、探测器支柱 424 和探测器调整架 425；探测器水平方向电控旋转台 421 水平放置在平面上，探测器水平方向电控旋转台 421 用于带动探测器在水平面上旋转；导轨 422 的一端连接在探测器水平方向电控旋转台 421 上，并与探测器水平方向电控旋转台 421 连动，导轨 422 上安装有滑块 423，滑块 423 用于调节光纤探头 31 距离样品环 40 的远近，探测器支柱 424 的底端安装在滑块 423 上表面上，探测器支柱 424 调节光纤探头 31 的高度，探测器支柱 424 的顶端安装有探测器调整架 425。通过探测器支柱 424 和探测器调整架 425 使光纤探头 31 在整个测量过程中部对准样品环 40 的旋转中心。其它组成和连接方式与具体实施方式一相同。

[0019] 具体实施方式三：结合图 2 和图 3 说明本实施方式，本实施方式与具体实施方式二不同点在于样品水平和垂直方向旋转支架 41 包括样品水平方向电控旋转台 411、L 型连接板 412、样品垂直方向电控旋转台 413 和样品支架 414；样品水平方向电控旋转台 411 水平设置在探测器水平方向电控旋转台 421 上部，并且样品水平方向电控旋转台 411 与探测器水平方向电控旋转台 421 的旋转轴重合，样品水平方向电控旋转台 411 与探测器水平方向电控旋转台 421 彼此独立旋转，样品水平方向电控旋转台 411 用于带动样品在水平面上旋转；L 型连接板 412 底板的底面固定在样品水平方向电控旋转台 411 的上表面上，L 型连接板 412 的侧板位于样品水平方向电控旋转台 411 一侧的侧面上固定有样品垂直方向电控旋转台 413，样品垂直方向电控旋转台 413 用于带动样品在垂直水平面的垂直面上旋转，并且样品垂直方向电控旋转台 413 的旋转轴的轴线延长线与样品水平方向电控旋转台 411 的旋转轴的轴线延长线交于一点，样品支架 414 的一端安装在样品垂直方向电控旋转台 413 的旋转轴心上，样品支架 414 的另一端安装有样品环 40，样品支架 414 用于调节样品环 40，并且样品环 40 的旋转中心与所述的样品垂直方向电控旋转台 413 的旋转轴的轴线延长线与样品水平方向电控旋转台 411 的旋转轴的轴线延长线的交点相重合。其它组成和连接方式与具体实施方式二相同。

[0020] 具体实施方式四：本实施方式与具体实施方式三不同点在于探测器水平方向电控旋转台 421、样品水平方向电控旋转台 411 和样品垂直方向电控旋转台 413 安装有步进电机。旋转控制器 43 采用步进电机控制器。其它组成和连接方式与具体实施方式三相同。样品垂直方向电控旋转台 413 在竖直面内旋转，带动样品环 40 做俯仰运动，其旋转角精度为 0.003° ，样品水平方向电控旋转台 411 带动 L 型连接板 412 及样品环 40 一起在水平面内旋转，其旋转角精度为 0.002° ，探测器水平方向电控旋转台 421 带动光纤探头 31 在水平面内旋转，其旋转角精度为 0.002° 。

[0021] 具体实施方式五：本实施方式与具体实施方式一、二、三或四不同点在于控制及数据处理 PC 机 1 包括控制模块、数据采集模块和数据处理模块，所述的控制模块，用于发送控制三个电控旋转台的旋转角度及旋转顺序信号给旋转控制器 43；数据采集模块，用于记录光谱仪 32 获得的样品辐射出射度；数据处理模块；用于计算双向反射分布函数所需要的参数，其中包括把待测样品的辐射出射度转化为辐射亮度和通过记录下的样品垂直方向电控旋转台 413、样品水平方向电控旋转台 411 和探测器水平方向电控旋转台 421 在测量中旋转

的顺序和角度,来计算入射天顶角 θ_i 、入射方位角 φ_i 、反射天顶角 θ_r 和反射方位角 φ_r 。角度计算公式如下:

$$[0022] \quad \theta_i = \arccos(\cos \alpha \cos \beta) \quad \text{公式二}$$

$$[0023] \quad \varphi_i = \begin{cases} \arccos \frac{-\sin \beta \cos \alpha}{\sqrt{\sin^2 \beta \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}} & \sin \alpha > 0 \\ 2\pi - \arccos \frac{-\sin \beta \cos \alpha}{\sqrt{\sin^2 \beta \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}} & \sin \alpha < 0 \end{cases} \quad \text{公式三}$$

$$[0024] \quad \theta_r = \arccos(\cos \beta (-\sin \gamma \sin \alpha + \cos \gamma \cos \alpha)) \quad \text{公式四}$$

$$[0025] \quad \varphi_r = \begin{cases} \arccos \frac{\sin \beta (\sin \gamma \sin \alpha - \cos \gamma \cos \alpha)}{\sqrt{\sin^2 \beta (\sin \gamma \sin \alpha - \cos \gamma \cos \alpha)^2 + (\sin \gamma \cos \alpha + \cos \gamma \sin \alpha)^2}} & (\sin \gamma \cos \alpha + \cos \gamma \sin \alpha) > 0 \\ 2\pi - \arccos \frac{\sin \beta (\sin \gamma \sin \alpha - \cos \gamma \cos \alpha)}{\sqrt{\sin^2 \beta (\sin \gamma \sin \alpha - \cos \gamma \cos \alpha)^2 + (\sin \gamma \cos \alpha + \cos \gamma \sin \alpha)^2}} & (\sin \gamma \cos \alpha + \cos \gamma \sin \alpha) < 0 \end{cases} \quad \text{公$$

式五

[0026] 式中, α 为样品水平方向电控旋转台 411 在水平面内旋转的角度; β 为探测器水平方向电控旋转台 421 在水平面内旋转的角度; γ 为样品竖直方向电控旋转台 413 在竖直面内的旋转的角度。。其它组成和连接方式与具体实施方式一、二、三或四相同。

[0027] 具体实施方式六:结合图 5 说明本实施方式,本实施方式与具体实施方式五不同点在于光源组件 2 由光源 21、光纤 22、光源光纤探头 23 和准直镜 24 组成;光源 21 的输出端连接光线 22 的输入端,光线 22 的输出端连接光源光纤探头 23 的输入端,光源光纤探头 23 的光输出端的出射光照射在准直镜 24 的接收面上,准直镜 24 用于调节出射光为平行光。光源 21 在可见光波段能够发出连续、稳定的光谱,根据光谱仪 32 的波段响应,还可以扩展为紫外光源或者红外光源。其它组成和连接方式与具体实施方式五相同。

[0028] 本发明内容不仅限于上述各实施方式的内容,其中一个或几个具体实施方式的组合同样也可以实现发明的目的。

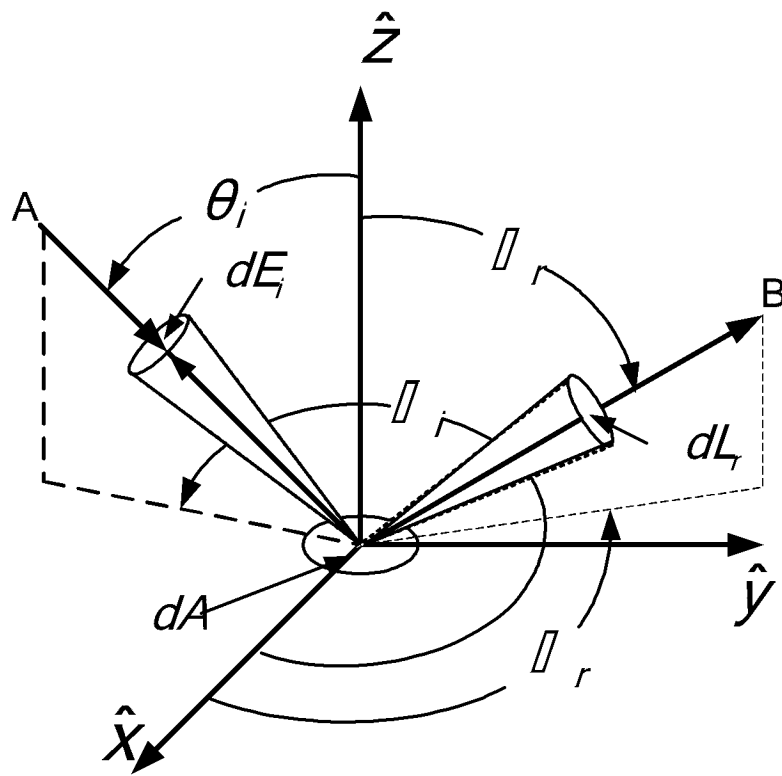


图 1

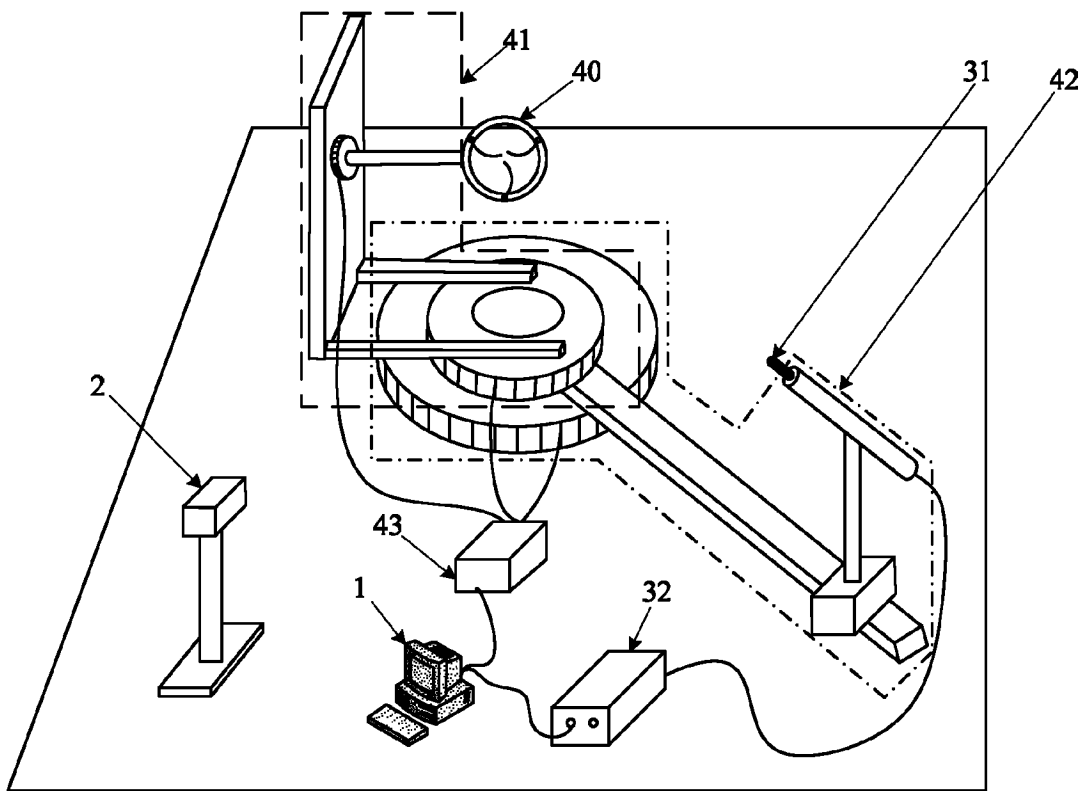


图 2

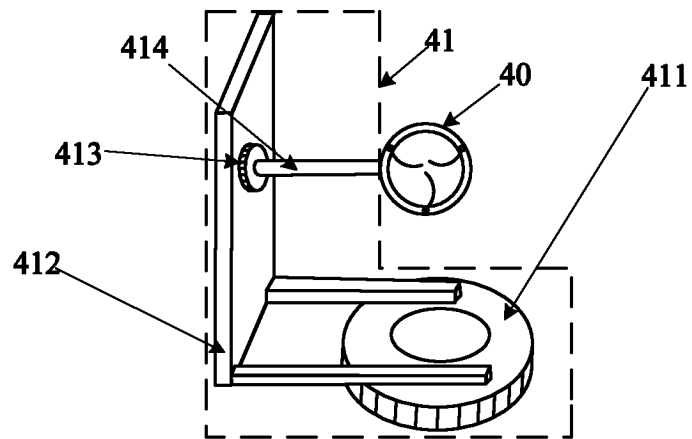


图 3

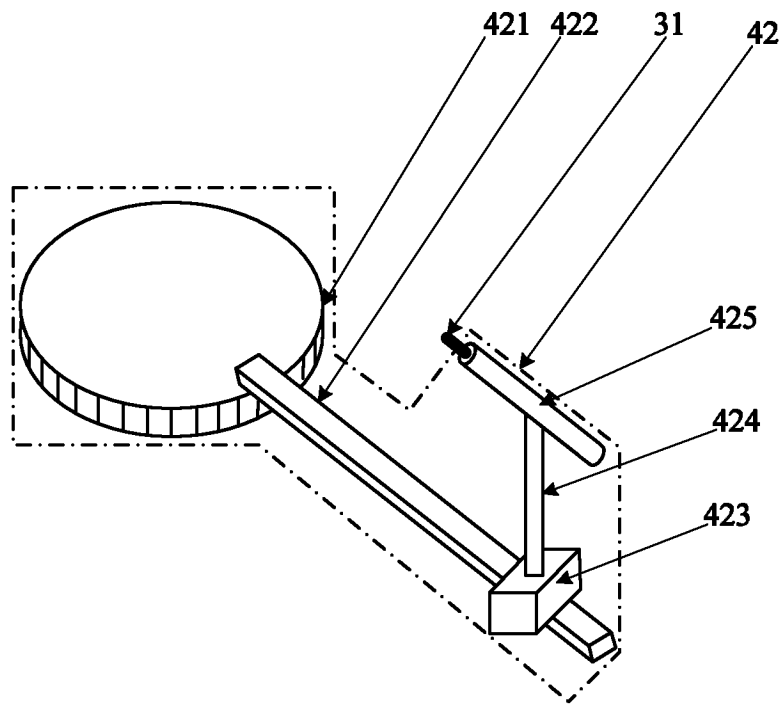


图 4

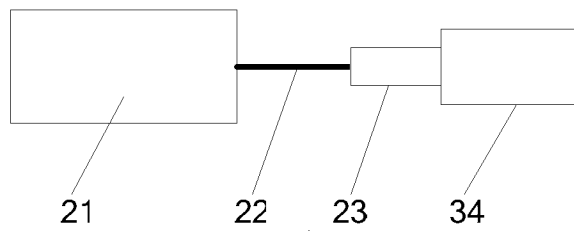


图 5