

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
G01N 21/35 (2006.01)



## [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820169046.6

[45] 授权公告日 2009 年 9 月 9 日

[11] 授权公告号 CN 201307093Y

[22] 申请日 2008.12.4

[21] 申请号 200820169046.6

[73] 专利权人 中国计量学院

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区学  
源街

共同专利权人 中国科学院长春光学精密机械与  
物理研究所

[72] 发明人 吕 进 卢启鹏 施 秧 朴仁官  
刘辉军 林 敏 陈星旦

[74] 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公司  
代理人 周 烽

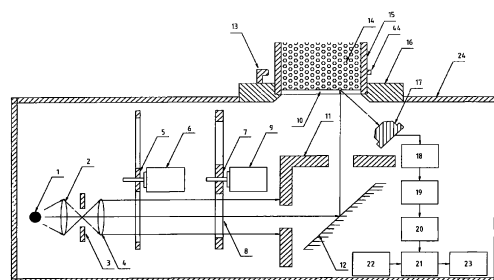
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

### [54] 实用新型名称

快速无损检测绿茶成分含量的装置

### [57] 摘要

本实用新型公开了一种快速无损检测绿茶成分含量的装置，它主要由光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统组成，光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统均封装在外壳内；本实用新型能够实现绿茶中氨基酸、咖啡碱、茶多酚、水分等常规检测项目的无损检测，比常规茶叶成分理化检验更为快捷、环保、无需进行样品预处理，检测结果重复性好，检测费用低。



1. 一种快速无损检测绿茶成分含量的装置，其特征在于，它主要由光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统组成，所述光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统均封装在外壳（24）内。
2. 根据权利要求 1 所述的快速无损检测绿茶成分含量的装置，其特征在于，所述光电信号检测系统主要由光源（1）、第一透镜（2）、圆形光孔（3）、第二透镜（4）、调制盘（5）、磁滞同步电机（6）、滤光片轮（7）、干涉滤光片（8）、步进电机（9）、二次光阑（11）、反光镜（12）、标准漫反射白板（48）、样品池（15）、旋转平台（16）和近红外探测器（17）组成；所述光源（1）、第一透镜（2）、圆形光孔（3）、第二透镜（4）、调制盘（5）、滤光片轮（7）和二次光阑（11）依次排列，所述光源（1）、第一透镜（2）、圆形光孔（3）、第二透镜（4）同轴，且它们的轴线与调制盘（5）和滤光片轮（7）的轴线平行，与样品池（15）的旋转中心轴线垂直，磁滞同步电机（6）的驱动轴与调制盘（5）相连，干涉滤光片（8）按照圆形排列均匀分布在滤光片轮（7）上，滤光片轮（7）与步进电机（9）的驱动轴相连，样品池（15）底部是一块透红外石英玻璃片（10），样品池（15）内部嵌入标准漫反射白板（48），样品池（15）放置旋转平台（16）上，旋转平台（16）固定在外壳（24）上，探测器（17）光学工作面的中心轴线与旋转样品池（15）旋转中心轴线成  $45^\circ$  夹角；反光镜（12）光学工作面与旋转样品池（15）旋转中心轴线成  $45^\circ$  夹角；样品池（15）外在标准漫反射白板（48）工作面处安装磁体（44），在旋转平台（16）上安装霍尔传感器（13）。
3. 根据权利要求 1 所述的快速无损检测绿茶成分含量的装置，其特征在于，所述嵌入式 DSP 数字信号处理系统主要由仪表放大器（18）、低通滤波器（19）和 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器（20）、DSP 数字信号处理器（21）、MSP430 单片机（22）、USB2.0 通信接口（23）和液晶显示屏组成；所述仪表放大器（18）、低通滤波器（19）和 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器（20）和 DSP 数字信号处理器（21）依次电连接，MSP430 单片机（22）和 USB2.0 通信接口（23）分别与 DSP 数字信号处理器（21）相连。

## 快速无损检测绿茶成分含量的装置

### 技术领域

本实用新型属于光电检测技术领域，特别地，涉及一种快速无损检测绿茶成分含量的装置。

### 背景技术

近红外光是指波长介于可见区与中红外区之间的电磁波，波长范围 780nm~2500nm，还可将其划分为短波近红外（780nm~1100nm）和长波近红外（1100nm~2500nm）两个区域。近红外光谱（NIR）的信息主要来源于分子内部振动引起光子吸收，主要反映分子中 C-H, N-H 与 O-H 等含氢基团的倍频与合频振动吸收。近红外光谱分析技术是利用近红外谱区所包含的信息对物质进行定性和定量的分析，是光谱分析技术与化学计量学方法的有机结合，通过接收反射光谱或透射光谱，并以现代化学计量学方法对其进行解析，就可以对物质成分进行定性或定量分析，在理论研究和技术应用上也已经趋于成熟。近红外光谱分析技术具有检测过程无需或很少进行样品预处理、检测速度快、不消耗任何试剂、对环境不造成污染以及容易实现在线分析等显著优点。

从上世纪 50 年代起，各国广泛开展了茶叶理化审评的研究，探讨茶叶的物理性状和分析茶叶各种有效化学成分的含量，试从计量的数据来寻求理化审评方法鉴定茶叶优劣。而茶叶色、香、味的形成是极其复杂的，茶叶的优劣往往是许多成分的适量适比，综合作用的结果。因此，目前各国和国际贸易中对于茶叶优劣等级鉴定，仍普遍采用感官审评法，并辅助测定重要的理化指标，如水、茶多酚、儿茶素、氨基酸、咖啡碱、水浸出物和灰分等。

国内外茶叶评定一般采用感官和理化审评相结合的方法，目前主要采用理化方法检测茶叶主要成分的含量。我国国家标准中检测评价茶叶的成分是氨基酸、咖啡碱、茶多酚、水分等常规检测项目。相应的国家标准分别是 GB/T 8314-2002、GB/T 8312-2002、GB/T 8348-2002、GB/T 8304-2002、GB/T 8305-2002。我国是茶叶的生产和消费大国，每年用于其成分检测的费用和工作量十分巨大。茶制品从其初加工到深加工和销售的各个环节，就涉及多次的成分检测。目前

常规茶叶成分理化检验具有较高的准确度和可靠性，但茶叶样品的预处理过程繁琐、测试耗时、成本较高以及对样品的破坏性，此外还必需配备专业检测人员，因此茶叶成分理化检验方法不能很好满足实际生产贸易需求。

## 实用新型内容

本实用新型的目的在于针对现有技术的不足，提供一种快速无损检测绿茶成分含量的装置。

本实用新型的目的是通过以下技术方案来实现的：一种绿茶成分含量快速无损检测的装置，它主要由光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统组成。所述光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统均封装在外壳内。

光电信号检测系统主要由光源、第一透镜、圆形光孔、第二透镜、调制盘、磁滞同步电机、滤光片轮、干涉滤光片、步进电机、二次光阑、反光镜、标准漫反射白板、样品池、旋转平台和近红外探测器组成。所述光源、第一透镜(2)、圆形光孔、第二透镜、调制盘、滤光片轮和二次光阑依次排列，所述光源、第一透镜、圆形光孔、第二透镜同轴，且它们的轴线与调制盘和滤光片轮的轴线平行，与样品池的旋转中心轴线垂直，磁滞同步电机的驱动轴与调制盘相连，干涉滤光片按照圆形排列均匀分布在滤光片轮上，滤光片轮与步进电机的驱动轴相连，样品池底部是一块透红外石英玻璃片，样品池内部嵌入标准漫反射白板，样品池放置旋转平台上，旋转平台固定在外壳上，探测器光学工作面的中心轴线与旋转样品池旋转中心轴线成  $45^\circ$  夹角。反光镜光学工作面与旋转样品池旋转中心轴线成  $45^\circ$  夹角。样品池外在标准漫反射白板工作面处安装磁体，在旋转平台上安装霍尔传感器。

嵌入式 DSP 数字信号处理系统主要由仪表放大器、低通滤波器和 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器、DSP 数字信号处理器、MSP430 单片机、USB2.0 通信接口和液晶显示屏组成。所述仪表放大器、低通滤波器和 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器和 DSP 数字信号处理器依次电连接，MSP430 单片机和 USB2.0 通信接口分别与 DSP 数字信号处理器相连。

本实用新型的有益效果是：本实用新型能实现绿茶中氨基酸、咖啡碱、茶多酚、水分等常规检测项目的无损检测，比常规茶叶成分理化检验更为快捷、环保、无需进行样品预处理，检测结果重复性好，检测费用低。

## 附图说明

- 图 1 为本实用新型的工作原理示意图；  
图 2 为本实用新型的工作模块框图；  
图 3 为调制盘结构示意图；  
图 4 为滤光片轮结构示意图；  
图 5 为本实用新型快速无损检测绿茶成分含量的装置机械结构俯视图；  
图 6 为旋转样品池内嵌标准漫反射白板工作原理示意图。

## 具体实施方式

在长波近红外（1100nm~2500nm）光谱区域内，首先根据绿茶光谱特性及遗传算法等波长选择方法，对绿茶中的四种常规成分的近红外特征波长进行提取，剔除不相关或非线性变量，简化绿茶成分含量检测模型，同时确保模型的可靠性。近红外绿茶专用成分及含量检测装置依据所选特征分析波长设计，采用滤光片型分光系统和旋转样品池测量装置，并将漫反射标准白板内嵌于旋转样品池中，从而实现快速交替检测样品及白板漫反射信号，简化仪器机械结构的同时，提高了光谱稳定性及样品检测速度。

本实用新型利用近红外光谱分析技术(Near-infrared Spectrum Technology)对绿茶主要成分进行分析。此快速无损检测绿茶成分含量的装置提供高测量精度光谱，是被测样品信息的载体，也是整个近红外光谱分析技术的硬件基础；配套的化学计量学方法用以消除或减少各种化学和非化学因素对光谱的干扰，从而建立绿茶样品光谱与被测绿茶样品性质之间的定量关系和样品类型识别信息库；绿茶样品检测模型基于大量样品数据，是绿茶样品化学组成成分数据与绿茶样品近红外光谱数据之间的某种内在联系。检测模型以不同波长下的吸光度为输入量，以绿茶中氨基酸、咖啡碱、茶多酚、水分 4 种成分含量为输出量。在模型建立完毕后，模型还需要不断的维护和升级，从而更好的完成样品定性和定量的检测。

本实用新型快速无损检测绿茶成分含量的装置的工作原理是，溴钨灯光源发出的光经透镜准直后，斩光器对准直平行光进行光强调制，再经由干涉滤光片、滤光片轮和步进电机构成的分光装置分光，然后带宽为 10nm-20nm 的单色光入射旋转样品池，在其底面发生漫反射，漫反射光入射到 InGaAs 探测器，探测器输出的微弱光电信号经仪表放大器放大和低通滤波后，被 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器转换为数字信号，此数字信号再传递给 DSP 数字信号处

理器,最后由数字处理器计算出漫反射吸光度值,然后输入绿茶成分含量分析模型得出绿茶样品中氨基酸、咖啡碱、茶多酚和水分的含量,并在液晶显示器上实时显示。还可以通过装置自带的 USB2.0 接口计算机互联,由计算机对光谱数据进行管理。

本实用新型中采用漫反射法测定绿茶吸收光谱,由于绿茶形状各异,样品多次测量后取其光谱平均值,光谱预测处理过程中利用 SNV 和去趋势(de-trending)方法,降低了不同样品固体颗粒大小、表面散射以及光程变化对 NIR 漫反射光谱的影响。样品池的旋转提高了光谱采集的均匀性,旋转样品池内嵌标准白板进一步提高了样品检测速度,以及漫反射光谱的稳定性。

本实用新型中建立了绿茶近红外光谱库,在选择定标样品时主要考虑的是奇异点的剔除和代表性样品的选择,主要采用了聚类方法和 K-S 方法,并综合研究应用了茶叶各组分的自然特性,分别建立了绿茶中氨基酸、咖啡碱、茶多酚、水分四种组分的近红外光谱模型,探测得到的光谱可以智能选择相应的模型进行含量计算。

下面结合附图和实例对本实用新型作进一步说明,本实用新型的目的和效果将变得更加明显。

如图 1 所示,本实用新型的绿茶成分含量快速无损检测的装置主要由光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统两部分组成。所述光电信号检测系统和嵌入式 DSP 数字信号处理系统均封装在外壳 24 内。

光电信号检测系统主要由光源 1、第一透镜 2、圆形光孔 3、第二透镜 4、调制盘 5、磁滞同步电机 6、滤光片轮 7、干涉滤光片 8、步进电机 9、二次光阑 11、反光镜 12、标准漫反射白板 48、样品池 15、旋转平台 16 和近红外探测器 17 组成。所述光源 1、第一透镜 2、圆形光孔 3、第二透镜 4、调制盘 5、滤光片轮 7 和二次光阑 11 依次排列,所述光源 1、第一透镜 2、圆形光孔 3、第二透镜 4 同轴,且它们的轴线与调制盘 5 和滤光片轮 7 的轴线平行,与样品池 15 的旋转中心轴线垂直,磁滞同步电机 6 的驱动轴与调制盘 5 相连,干涉滤光片 8 按照圆形排列均匀分布在滤光片轮 7 上,滤光片轮 7 与步进电机 9 的驱动轴相连,样品池 15 底部是一块透红外石英玻璃片 10,样品池 15 内部嵌入标准漫反射白板 48,样品池 15 放置旋转平台 16 上,旋转平台 16 固定在外壳 24 上,探测器 17 光学工作面的中心轴线与旋转样品池 15 旋转中心轴线成  $45^\circ$  夹角。反光镜 12 光学工作面与旋转样品池 15 旋转中心轴线成  $45^\circ$  夹角。样品池 15 外在标准漫反射白板 48 工作面处安装磁体 44,在旋转平台 16 上安装霍尔传感器 13,通过磁体 44 和霍尔传感器 13 进行角度的精确定位,实时确定光斑的相对样品

工作面的位置。

光源 1 发出的光经第一透镜 2、圆形光孔 3 和第二透镜 4 后准直；磁滞同步电机 6 带动调制盘 5 对准直光进行光强调制，光强调制频率在低频段的 400Hz-1000Hz 范围内；调制光经过干涉滤光片 8 后变为带宽 10nm-20nm 的单色光，滤光片轮 7 由步进电机 9 带动；单色光再经过二次光阑 11 和反光镜 12 作用，偏心垂直入射圆形工作面的旋转样品池 15，旋转样品池 15 底部有一块透红外石英玻璃片 10，旋转样品池 15 底部嵌入标准漫反射白板 48；旋转平台 16 带动旋转样品池 15 匀速转动，旋转样品池 15 同时使探测光快速交替扫描标准漫反射白板 48 和茶叶样品 14，探测器 17 为 InGaAs 探测器，近红外探测器 17 接收茶叶样品 14 和标准漫反射白板 48 的漫反射光，输出微弱光电信号。

嵌入式 DSP 数字信号处理系统主要由仪表放大器 18、低通滤波器 19 和 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器 20、DSP 数字信号处理器 21、MSP430 单片机 22、USB2.0 通信接口 23 和液晶显示屏组成；仪表放大器 18、低通滤波器 19 和 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器 20 和 DSP 数字信号处理器 21 依次电连接，MSP430 单片机 22 和 USB2.0 通信接口 23 分别与 DSP 数字信号处理器 21 相连。

探测器 17 两端经 2 个高精度电阻偏置后直接接入仪表放大器 18，近红外探测器 17 输出的微弱光电信号由仪表放大器 18 放大，再经低通滤波器 19 降噪处理，最后由 24 位高精度 Delta-Sigma A/D 转换器 20 转换为数字信号。DSP 数字信号处理器 21 对数字信号进行处理，计算得出吸光度值及茶叶主要成分含量。此外还可以通过 USB2.0 通信接口 23 与计算机相连接，传输漫反射光谱数据和茶叶主要成分含量数据。MSP430 单片机 22 负责液晶显示、霍尔传感器 45 以及步进电机 9 等底层硬件的控制。嵌入式 DSP 信号处理系统对数字信号做 FFT 处理，计算出有效调制信号范围内信号的平均功率，以平均功率作为吸光度计算的主要依据。例：旋转样品池旋转一周，先后计算出标准漫反射白板光电信号平均功率 ( $P_0$ ) 和茶叶样品漫反射光电信号平均功率 ( $P$ )，通过漫反射计算公式  $A = \log(P_0/P)$  计算出样品漫反射吸光度值。

### 实施例

图 3~5 示出了本实用新型光电信号检测系统的一个具体实施例。旋转样品池放置在旋转平台 25 上的圆形固紧卡口内，旋转平台通过高精度轴承与圆柱形封装体 40 装配。主动同步带轮 26 通过同步带带动旋转平台，使之可以平稳转动。主动带轮的转速由步进电机 27、步进电机驱动器 28 和单片机脉冲发生器控制。在旋转样品池发生旋转的同时，首先安装于光源精密滑动底座 36 上的溴钨灯 34 发出的复色光通过透射式准直物镜 32 进行准直，然后由转速为 3000R/M

的磁滞同步电机 30 带动调制盘 42 对准直光进行光强的调制。接着由步进电机驱动器 31、步进电机 33、滤光片轮 43、干涉滤光片和单片机脉冲发生器组成分光系统对调制光进行分光处理,利用霍尔角度定位系统使第一工作滤光片对准准直物镜光孔,使复色调制光 37 变为单色调制光 38。调制盘和安装有干涉滤光片和滤光片轮被固定在封装体 29 和固紧盖 41 构成的封闭体内,可以有效降低机械噪声以及灰尘对干涉滤光片表面的污染。当单色调制光入射旋转样品池底部工作面时,漫反射光被探测器 39 接收生成微弱光电信号。检测系统分别检测白板漫反射信号和绿茶样品漫反射信号后,根据漫反射吸光度的定义公式  $A = \lg(I_0/I)$  可以计算出当前第一个滤光片工作状态下的漫反射吸光度。当完成第一个滤光片的测量时,步进电机驱动器 31 设置 64 细分模式,也就是微步进角为  $1.8/64$  度,使步进电机转动  $360^\circ/14=25.714^\circ$ ,单片机脉冲发生器输出  $25.714^\circ/(1.8^\circ/64) \approx 914$  个脉冲,使第二工作滤光片重新对准准直物镜光孔,依次类推,直到测量完所有的干涉滤光片。

如图 2 所示,对溴钨灯光源发出的光进行准直、滤光处理及光强调制,使之变为我们所要求的调制单色光,再经反红外平面反射镜反射后偏心垂直入射样品池。探测器接收来自样品池的漫反射光,生成微弱光电信号,然后光电信号采集系统调理并采集此光电信号。嵌入式 DSP 信号处理系统对数字采集信号做数字带通滤波处理,计算出调制信号的平均功率。以平均功率作为吸光度计算的主要依据。例:旋转样品池旋转一周,先后计算出标准漫反射白板光电信号平均功率 ( $P_0$ ) 和茶叶样品漫反射光电信号平均功率 ( $P$ ),通过漫反射计算公式  $A = \log(P_0/P)$  计算出样品漫反射吸光度值。DSP 嵌入式信号处理系统对采集得到的信号进行处理,计算得出吸光度,然后根据茶叶成分测量的多元线性回归模型预测当前样品成分的含量,预测误差不超过 5%。

上述实施例用来解释说明本实用新型,而不是对本实用新型进行限制,在本实用新型的精神和权利要求的保护范围内,对本实用新型作出的任何修改和改变,都落入本实用新型的保护范围。

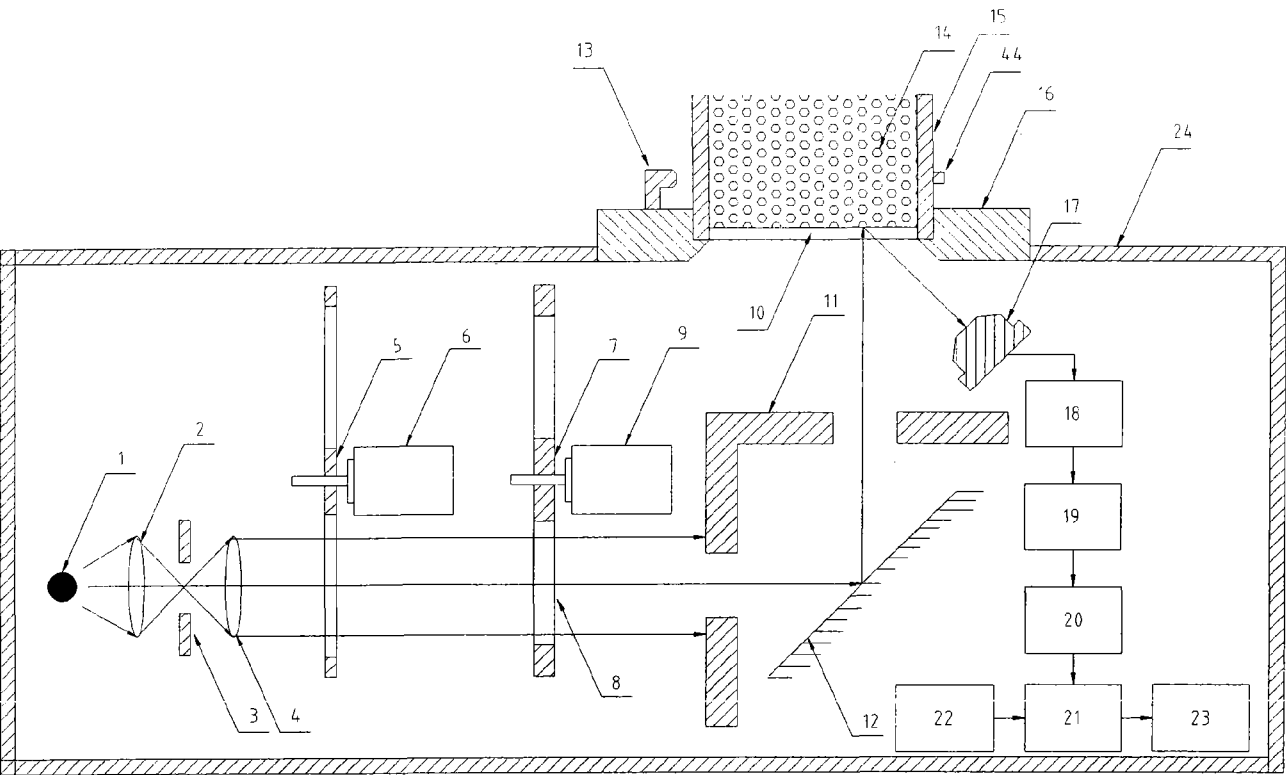


图 1

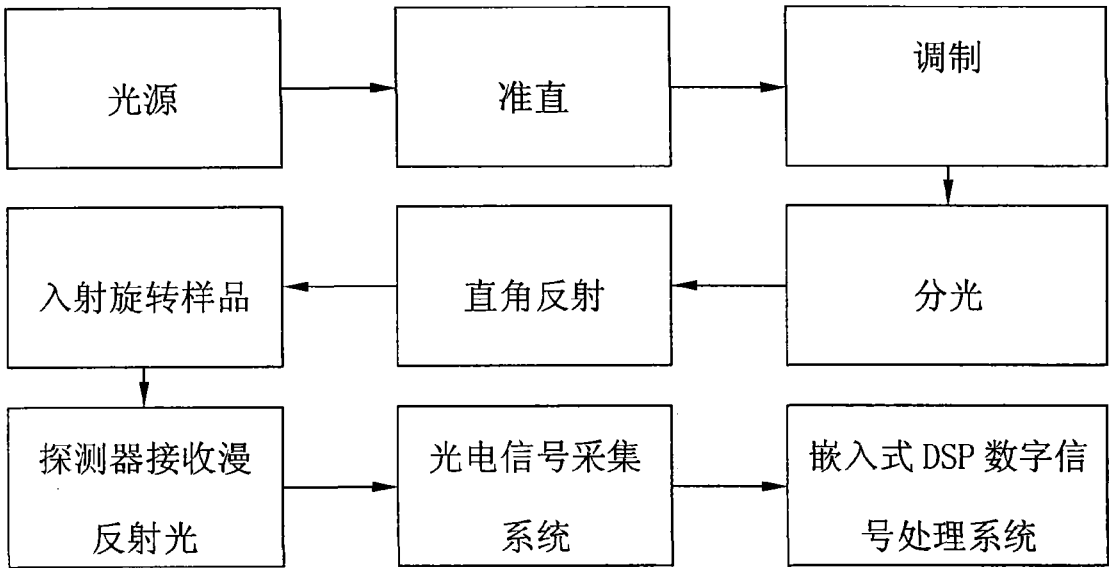


图 2

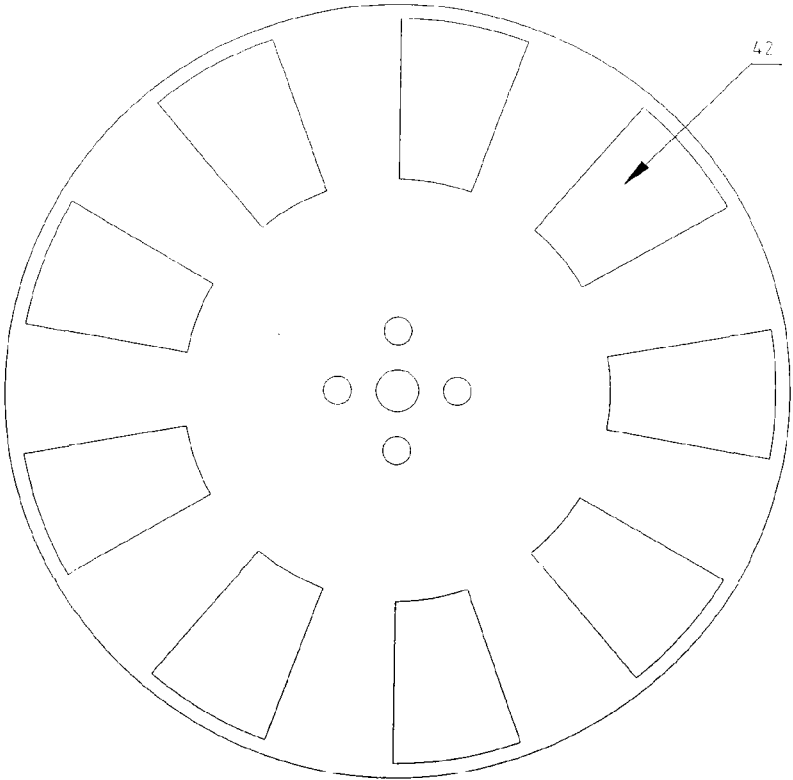


图 3

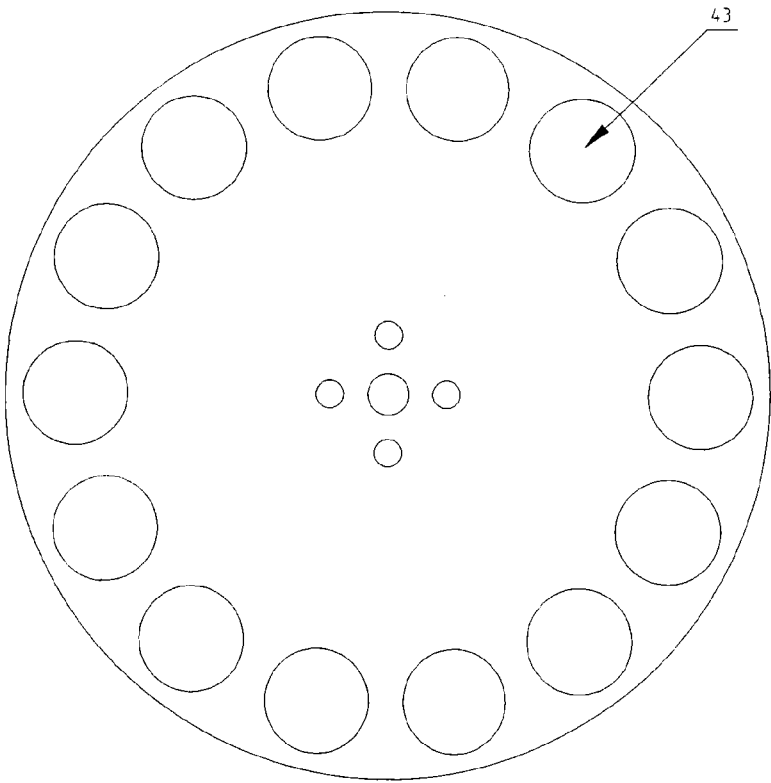


图 4

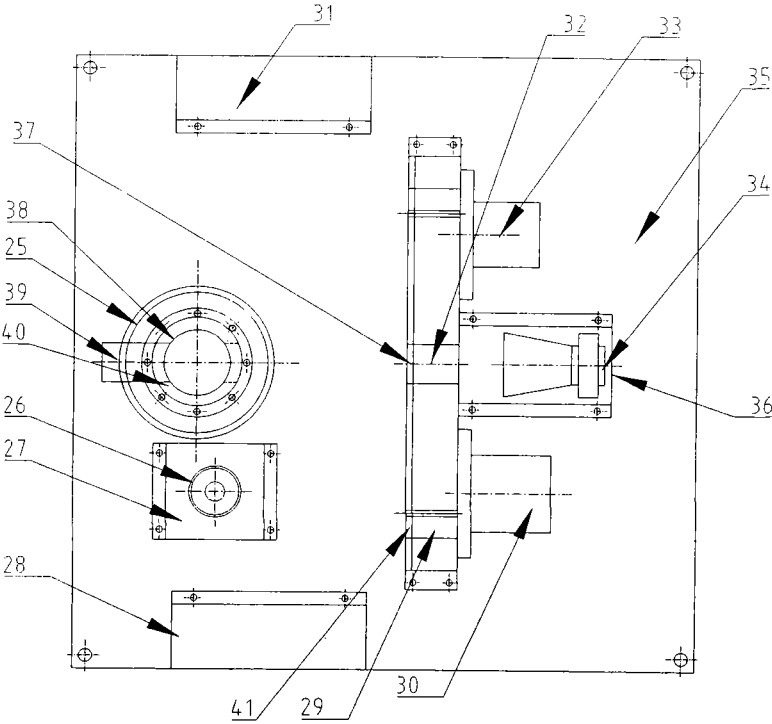


图 5

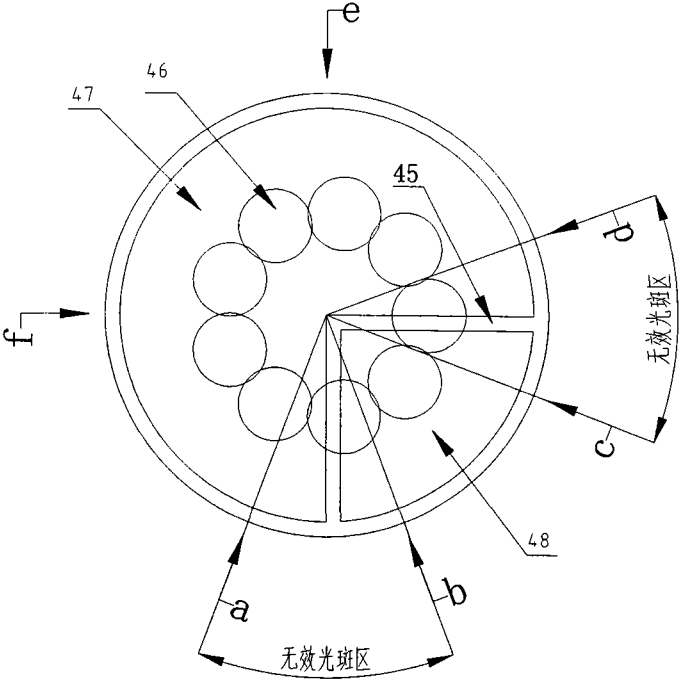


图 6