

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610097543.5

[51] Int. Cl.

G01N 15/02 (2006.01)

G01N 15/00 (2006.01)

G01N 21/53 (2006.01)

G01N 21/64 (2006.01)

[43] 公开日 2008年5月7日

[11] 公开号 CN 101173886A

[22] 申请日 2006.11.3

[21] 申请号 200610097543.5

[71] 申请人 中国科学院安徽光学精密机械研究所

地址 230031 安徽省合肥市 1125 信箱

[72] 发明人 郑海洋 方黎 张为俊

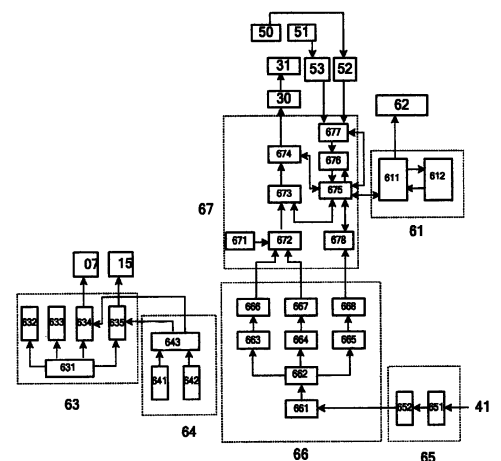
权利要求书 4 页 说明书 12 页 附图 4 页

[54] 发明名称

气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法

[57] 摘要

本发明公开了一种气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法。探测仪包括相连接的粒子进样部件、光学采样部件和分别与气体压力传感器(17, 18)、气流泵(07, 15)、激光器(20)、紫外激光器(31)、雪崩二极管(41)和光电倍增管(50, 51)电连接的含有电源模块(63)、气控模块(64)、探测模块(65)、模拟模块(66)、数据模块(67)、工控机模块(61)和显示器(62)的控制处理部件(60); 方法为设定气流泵工作压力, 根据雪崩二极管两次输出的信号时差和强度, 以及光电倍增管的荧光信号, 获得气溶胶粒子的粒径和粒谱分布信息、生物活性物质和核黄素信息并生成相应的图像后, 存储和送往显示器显示。它可用于大气中气溶胶粒子的实时在线检测。



1、一种气溶胶粒子双通道激光检测仪，包括经其中的腔体（02）与光学采样部件相连接的粒子进样部件，所说粒子进样部件的腔体（02）的一端置有带锥形喷口（10）的壳流管（12）、另一端连接有出气管（13），其中，壳流管（12）内同轴置有带锥形喷口（01）的采样管（04），壳流管（12）和出气管（13）分别串接有气流泵（07，15），所说光学采样部件的散射光收集椭球镜（44）和荧光收集椭球镜（42）均位于腔体（02）中，其中，散射光收集椭球镜（44）的一个焦点位于依次设置有 $\lambda/2$ 波片（22）、双折射晶体（25）、负柱面镜（26）的激光器（20）的光路（27）上，荧光收集椭球镜（42）的一个焦点位于设置有负柱面镜（35）的紫外激光器（31）的光路（32）上，且散射光收集椭球镜（44）的一个焦点和荧光收集椭球镜（42）的一个焦点为共焦点，喷口（01）位于该共焦点处，其喷气方向为穿过平行的两束光路（27）和光路（32），散射光收集椭球镜（44）的另一个焦点处置有雪崩二极管（41），荧光收集椭球镜（42）的另一个焦点处置有光电倍增管，其特征在于：

（a）所说激光检测仪还包括分别与气体压力传感器（17，18）、气流泵（07，15）、激光器（20）、紫外激光器（31）、雪崩二极管（41）和光电倍增管（50，51）电连接的控制处理部件，所说控制处理部件含有相互电连接的电源模块（63）、气控模块（64）、探测模块（65）、模拟模块（66）和数据模块（67）以及工控机模块（61）和与其电连接的显示器（62），用于向所有的部件提供电力并根据锥形喷口（10，01）的流速确定气流泵（07，15）的泵压，以及根据雪崩二极管（41）的两次输出来获得气溶胶粒子的空气动力学尺寸和粒谱分布及启动紫外激光器（31）工作，进而由光电倍增管（50，51）获取的荧光信号得到气溶胶粒子的生物信息，并经显示器（62）显示出来，其中，

所说电源模块（63）包含开关电源子模块（631）和四只步进开关整流器子模块（632，633，634，635），其中，开关电源子模块（631）的输入端与市电电连接、输出端分接四只步进开关整流器子模块（632，633，634，635）的输入端，用于将交流220v转化为直流24v，步进开关整流器子模块

(632, 633)的输出端分接后续的所有模块,用于分别向其提供 $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ 的电源,步进开关整流器子模块(634, 635)的输出端分接气流系(07, 15),用于向其提供电源;

所说气控模块(64)包含两只气控子模块(641, 642)和微控制器(643),其中,气控子模块(641, 642)的输入端分接气体压力传感器(17, 18)、输出端接微控制器(643),用于将锥形喷口(10, 01)处的压差值送往微控制器(643),微控制器(643)的输出端与步进开关整流器子模块(634, 635)的控制端电连接,用于控制步进开关整流器子模块(634, 635)的输出,以维持气流压差的恒定;

所说探测模块(65)包含运放子模块(651)和缓冲器子模块(652),其中,运放子模块(651)的输入端与雪崩二极管(41)的输出端电连接、输出端与缓冲器子模块(652)电连接,用于将获取的粒子信号供后续的模块处理;

所说模拟模块(66)包含前放子模块(661)、延控子模块(662)、比例放大器(663)、带通滤波器及加法比较器(666)、比例放大器(664)、带通滤波器及差分比较器(667)、比例放大器(665)、带通滤波器及嵌位延迟比较器(668),其中,前放子模块(661)与延控子模块(662)相串接,其输入端与探测模块(65)的缓冲器子模块(652)电连接、输出端分接三路,第一路为比例放大器(663)与带通滤波器及加法比较器(666)串接,用于输出粒子的和信号,第二路为比例放大器(664)与带通滤波器及差分比较器(667)串接,以产生粒子的差分信号,第三路为比例放大器(665)与带通滤波器及嵌位延迟比较器(668)串接,以输出粒子散射光的强度信号;

所说数据模块(67)包含时钟控制器(671)、脉冲计数器(672)、可编程逻辑器件(673)、延时控制器(674)、单片机(675)、AD转换器(676)、混合信号微处理子模块(677)、AD转换器(678),其中,脉冲计数器(672)的输入端分接模拟模块(66)的带通滤波器及加法比较器(666)和带通滤波器及差分比较器(667)的输出端以及时钟控制器(671)、输出端接相串接的可编程逻辑器件(673)与延时控制器(674),用于由和信号、差分信号和时钟脉冲数而依次获得粒谱数字信号、粒子飞行时间和延时脉冲,以触发紫外

激光电源(30)工作,AD转换器(678)的输入端与模拟模块(66)的带通滤波器及嵌位延迟比较器(668)的输出端相接、输出端接单片机(675),用于将模拟化的粒子散射光的强度信号转换成数字化信号后送至单片机(675),混合信号微处理子模块(677)的输入端分接两只前置放大器(52,53)和单片机(675)、输出端接AD转换器(676),用于将两只光电倍增管(50,51)的荧光信号和来自单片机(675)的积分开始时刻和积分窗时间进行整合,以获得模拟化的荧光强度信号,单片机(675)的输入、输出端还分别与可编程逻辑器件(673)、延时控制器(674)、AD转换器(676)、混合信号微处理子模块(677)、AD转换器(678)、工控机模块(61)电连接,用于分别设定可编程逻辑器件(673)、延时控制器(674)、AD转换器(676)、混合信号微处理子模块(677)、AD转换器(678)的工作时序,并将数字化的粒子粒谱信息、粒子散射光的强度信息、粒子荧光信息和荧光强度信息送往上位机—工控机模块(61);

所说工控机模块(61)由存储器子模块(611)和CPU模块(612)组成,用于接收数据模块(67)的数据,并将其处理成直观的图形数据后存储和送往显示器(62)显示;

(b) 荧光收集椭球镜(42)的另一个焦点处与光电倍增管间的光路上置有整形透镜组(45,46)和反射镜(48),其中,所说整形透镜组(45,46)位于荧光收集椭球镜(42)的另一个焦点处,所说光电倍增管为两只,分别为置于所说反射镜(48)两侧的光电倍增管(50)和光电倍增管(51)。

2、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是步进开关整流器子模块(632,633,634,635)为集成电路LT1074芯片。

3、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是运放子模块(651)为集成电路AD8290。

4、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是缓冲器子模块(652)为集成电路LM6321。

5、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是单片机(675)为微控制器MSP430。

6、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是显示

器(62)为LCD显示屏。

7、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是激光器(20)为发射红色光的二极管激光器或氦氖激光器,紫外激光器(31)为发射波长349nm或355nm的全固态半导体激光器。

8、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪,其特征是反射镜(48)为与整形透镜组(45,46)输出的光路呈45度设置的、对420~500nm波段高透、500~580nm波段全反的反射镜。

9、根据权利要求1所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪的探测方法,包括触发光学采样部件中的激光器发射激光和接收粒子的反射信号,其特征在于所说方法包含以下步骤:

设定粒子进样部件中气流泵的工作压力,产生一个流速稳定的待测气流;
根据传感器雪崩二极管两次输出的信号时差和强度,计算出气溶胶粒子的粒径和粒谱分布;

由传感器雪崩二极管的第二次输出,确定紫外激光器的触发时刻,再由两只光电倍增管获取的荧光信号来表征气溶胶粒子的生物活性物质NADH和核黄素;

根据数字化的气溶胶粒子的粒径和粒谱分布信息、生物活性物质NADH和核黄素的信息,将其换算成粒径分布、某时间段内的粒径分布、粒子数随时间变化的趋势图,以及荧光强度分布,对应两个激发荧光波段的粒子数量-粒径-荧光强度的两个三维图信息,存储和送往显示器显示。

10、根据权利要求9所述的气溶胶粒子双通道激光探测仪的探测方法,其特征是显示器为LCD显示屏。

气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法

技术领域 本发明涉及一种激光探测仪及测法，尤其是气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法。

背景技术 大气气溶胶是指悬浮在空气中的固体颗粒或液滴。大气环境中的气溶胶粒子的尺寸分布、浓度和组成成分对人类的生存环境和自身的健康有着极大的影响。大气气溶胶中的由生物物质如细菌、细菌孢子、病毒和花粉等组成的生物气溶胶，虽在大气气溶胶中所占比例较小，但它对人类健康和动植物生长的影响却是巨大的。众所周知，微生物是导致感染和传染病的根源，而其传播的重要途径是通过大气，如人类的肺结核病和流行性感冒、家畜的一些疾病（如球孢子菌病）、农作物的黑杆锈病以及森林中的松疮锈病等都是通过空气传播的。空气中飞扬的花粉，也常使人们患上严重的皮肤过敏症。由于细菌、病毒和其它生物活性物质能传染疾病并有极强的繁殖能力，随着时间的推移它们将有更大的危害性。因此，发展生物气溶胶的快速探测技术具有重要的应用和社会价值。目前，人们为了实现对气溶胶粒子的探测，作了一些尝试和努力，如在本申请人的一份于2005年6月29日公开的中国发明专利申请公开说明书CN 1632530A中披露的一种“气溶胶粒谱（质谱）飞行时间检测方法及其装置”。它意欲基于散射峰信号的自相关原理，能高速度地进行模式识别、高精度地检测散射峰的双峰脉冲宽度和峰值强度并存储气溶胶粒子粒谱（质谱）全部信息的完整电路，来提供一种大气气溶胶颗粒物粒谱（质谱）飞行时间的测量方法。它将由雪崩二极管探测气溶胶粒子产生的飞行时间散射峰信号经过延迟电路延迟后，再经加法器、减法器进行自相关和/差运算，送到带通滤波器滤波、高速嵌位放大电路、高速放大器放大后，得到门控GATE信号和差分DIFF信号，由高速可编程电路，进行气溶胶粒子散射峰信号的模式识别并经双端口内存电路输出。但是，这种检测方法及其装置均存在着不足之处，首先，气溶胶颗粒物粒径的大小是通过测量其从两束紧靠着的激光束中飞过时所经过的时间来确定的，而流经测量光源的含有气溶胶粒子的待测气流的流速却是随着外界的气压变化而变化的，致使测量的

精度受到了较大的限制，不能保证粒谱的稳定；其次，仅能获取气溶胶颗粒物的粒径大小，而无法获得构成气溶胶粒子物质种类的信息，尤为不能获得气溶胶粒子的生物活性物质 NADH 和核黄素的信息。若需确定气溶胶粒子更详细的信息，如化学组成，则需要缓慢的、离线的进行耗时、昂贵的湿化学工作。如果存在着来自气溶胶的潜在的危险，离线分析所提供信息也许就太迟了，使人们难以做出适时的反应。

发明内容 本发明要解决的技术问题为克服现有技术中的不足之处，提供一种结构合理、精度高，能实时在线探测的气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法。

气溶胶粒子双通道激光探测仪包括经其中的腔体与光学采样部件相连接的粒子进样部件，所述粒子进样部件的腔体的一端置有带锥形喷口的壳流管、另一端连接有出气管，其中，壳流管内同轴置有带锥形喷口的采样管，壳流管和出气管分别串接有气流泵，所述光学采样部件的散射光收集椭球镜和荧光收集椭球镜均位于腔体中，其中，散射光收集椭球镜的一个焦点位于依次设置有 $\lambda/2$ 波片、双折射晶体、负柱面镜的激光器的光路上，荧光收集椭球镜的一个焦点位于设置有负柱面镜的紫外激光器的光路上，且散射光收集椭球镜的一个焦点和荧光收集椭球镜的一个焦点为共焦点，喷口位于该共焦点处，其喷气方向为穿过平行的两束激光器光路和紫外激光器光路，散射光收集椭球镜的另一个焦点处置有雪崩二极管，荧光收集椭球镜的另一个焦点处置有光电倍增管，特别是 (a) 所述激光探测仪还包括分别与两只气体压力传感器、两只气流泵、激光器、紫外激光器、雪崩二极管和两只光电倍增管电连接的控制处理部件，所述控制处理部件含有相互电连接的电源模块、气控模块、探测模块、模拟模块和数据模块以及工控机模块和与其电连接的显示器，用于向所有的部件提供电力并根据两只锥形喷口的流速确定两只气流泵的泵压，以及根据雪崩二极管的两次输出来获得气溶胶粒子的空气动力学尺寸和粒谱分布及启动紫外激光器工作，进而由两只光电倍增管的荧光信号，得到气溶胶粒子的生物信息，并经显示器显示出来，其中，所述电源模块包含开关电源子模块和四只步进开关整流器子模块，其中，开关电源子模块的输入端与市电电连接、输出端分接四只步进开关整流器子模块的输入端，用

于将交流 220v 转化为直流 24v, 两只步进开关整流器子模块的输出端分接后续的所有模块, 用于分别向其提供 $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ 的电源, 另两只步进开关整流器子模块的输出端分接两只气流泵, 用于向其提供电源; 所说气控模块包含两只气控子模块和微控制器, 其中, 两只气控子模块的输入端分接两只气体压力传感器、输出端接微控制器, 用于将两只锥形喷口处的压差值送往微控制器, 微控制器的输出端与两只步进开关整流器子模块的控制端电连接, 用于控制这两只步进开关整流器子模块的输出, 以维持气流压差的恒定; 所说探测模块包含运放子模块和缓冲器子模块, 其中, 运放子模块的输入端与雪崩二极管的输出端电连接、输出端与缓冲器子模块电连接, 用于将获取的粒子信号供后续模块处理; 所说模拟模块包含前放子模块、延控子模块、比例放大器、带通滤波器及加法比较器、比例放大器、带通滤波器及差分比较器、比例放大器、带通滤波器及嵌位延迟比较器, 其中, 前放子模块与延控子模块相串接, 其输入端与探测模块的缓冲器子模块电连接、输出端分接三路, 第一路为比例放大器与带通滤波器及加法比较器串接, 用于输出粒子的和信号, 第二路为比例放大器与带通滤波器及差分比较器串接, 以产生粒子的差分信号, 第三路为比例放大器与带通滤波器及嵌位延迟比较器串接, 以输出粒子散射光的强度信号; 所说数据模块包含时钟控制器、脉冲计数器、可编程逻辑器件、延时控制器、单片机、粒子的荧光信号 AD 转换器、混合信号微处理子模块、粒子的粒径和粒谱信号 AD 转换器, 其中, 脉冲计数器的输入端分接模拟模块的带通滤波器及加法比较器和带通滤波器及差分比较器的输出端以及时钟控制器、输出端接相串接的可编程逻辑器件与延时控制器, 用于由和信号、差分信号和时钟脉冲数而依次获得粒谱数字信号、粒子飞行时间和延时脉冲, 以触发紫外激光电源工作, 粒子的粒径和粒谱信号 AD 转换器的输入端与模拟模块的带通滤波器及嵌位延迟比较器的输出端相接、输出端接单片机, 用于将模拟化的粒子散射光的强度信号转换成数字化信号后送至单片机, 混合信号微处理子模块的输入端分接两只前置放大器和单片机、输出端接粒子的荧光信号 AD 转换器, 用于将两只光电倍增管的荧光信号和来自单片机的积分开始时刻和积分窗时间进行整合, 以获得模拟化的荧光强度信号, 单片机的输入、输出端还分别与可编程逻辑器件、延时控制器、粒子

的荧光信号 AD 转换器、混合信号微处理子模块、粒子的粒径和粒谱信号 AD 转换器、工控机模块电连接，用于分别设定可编程逻辑器件、延时控制器、粒子的荧光信号 AD 转换器、混合信号微处理子模块、粒子的粒径和粒谱信号 AD 转换器的工作时序，并将数字化的粒子粒谱信息、粒子散射光的强度信息、粒子荧光信息和荧光强度信息送往上位机—工控机模块；所说工控机模块由存储器子模块和 CPU 模块组成，用于接收数据模块的数据，并将其处理成直观的图形数据后存储和送往显示器显示；(b) 荧光收集椭球镜的另一个焦点处与光电倍增管间的光路上置有整形透镜组和反射镜，其中，所说整形透镜组位于荧光收集椭球镜的另一个焦点处，所说光电倍增管为两只，分别为置于所说反射镜两侧的第一光电倍增管和第二光电倍增管。

作为气溶胶粒子双通道激光探测仪的进一步改进，所述的四只步进开关整流器子模块均为集成电路 LT1074 芯片；所述的运放子模块为集成电路 AD8290；所述的缓冲器子模块为集成电路 LM632；所述的单片机为微控制器 MSP430；所述的显示器为 LCD 显示屏；所述的激光器为发射红色光的二极管激光器或氦氖激光器，紫外激光器为发射波长 349nm 或 355nm 的全固态半导体激光器；所述的紫外荧光反射镜为与整形透镜组输出的光路呈 45 度设置的、对 420 ~ 500nm 波段高透、500 ~ 580nm 波段全反的反射镜。

气溶胶粒子双通道激光探测仪的探测方法包括触发光学采样部件中的激光器发射激光和接收粒子的反射信号，特别是它是按以下步骤完成的：设定粒子进样部件中气流泵的工作压力，产生一个流速稳定的待测气流；根据传感器雪崩二极管两次输出的信号时差和强度，计算出气溶胶粒子的粒径和粒谱分布；由传感器雪崩二极管的第二次输出，确定紫外激光器的触发时刻，再由两只光电倍增管获取的荧光信号来表征气溶胶粒子的生物活性物质 NADH 和核黄素；根据数字化的气溶胶粒子的粒径和粒谱分布信息、生物活性物质 NADH 和核黄素的信息，将其换算成粒径分布、某时间段内的粒径分布、粒子数随时间变化的趋势图，以及荧光强度分布，对应两个激发荧光波段的粒子数量 - 粒径 - 荧光强度的两个三维图信息，存储和送往显示器显示。

作为气溶胶粒子双通道激光探测仪的探测方法的进一步改进，所述的显示器为 LCD 显示屏。

相对于现有技术的有益效果是，其一，含有相互电连接的电源模块、气控模块、探测模块、模拟模块、数据模块、工控机模块和显示器的控制处理部件，通过分别与粒子进样部件和光学采样部件中的两只气体压力传感器、两只气流泵、激光器、紫外激光器、雪崩二极管和两只光电倍增管的电连接，实现了智能化的探测，既能探测到气溶胶粒子的空气动力学尺寸和粒谱分布信息，又能自动地实时在线的探测到气溶胶粒子的生物活性物质 NADH 和核黄素的信息，还能将气溶胶粒子的空气动力学尺寸和粒谱分布信息以及气溶胶粒子的生物活性物质 NADH 和核黄素的信息生成相应的图像；其二，控制处理部件中的包含两只气控子模块和微控制器的气控模块，经其中的两只气控子模块的输入端分接两支锥形喷口处的两只气体压力传感器、输出端接微控制器，微控制器的输出端与电源模块中的两只步进开关整流器子模块的控制端电连接，确保了含有气溶胶粒子的待测气流流速的稳定，不仅大大地提高了测量气溶胶粒子空气动力学尺寸的精度，也极大地提升了测量气溶胶粒子粒谱分布的稳定性；其三，整形透镜组和反射镜被置于荧光收集椭球镜的另一个焦点处与光电倍增管间的光路上，其中的整形透镜组位于荧光收集椭球镜的另一个焦点处，光电倍增管采用两只，分别置于反射镜的两侧，使其除能由荧光收集椭球镜、整形透镜组、反射镜和光电倍增管立即获得气溶胶粒子的成分信息之外，还能进一步地由其区分出气溶胶粒子是否为生物活性物质 NADH 和核黄素来；其四，使用方便，易于以机动车为平台在实地进行实时的探测，大大地提高了探测的效率；其五，探测的方法科学可行、效率高，探测的精度和结果远好于现有技术。

作为有益效果的进一步体现，一是四只步进开关整流器子模块均为集成电路 LT1074 芯片、运放子模块为集成电路 AD8290、缓冲器子模块为集成电路 LM632、单片机为微控制器 MSP430，使得整机的体积小、重量轻、能耗低，且基本上不需维护；二是显示器选用 LCD 显示屏，经济、实用，适于在野外进行探测工作；三是激光器和紫外激光器分别选用发红色光的二极管激光器或氦氖激光器和发射波长 349nm 或 355nm 的全固态半导体激光器，使其更易于对气溶胶粒子尺寸和生物信息的探测；四是紫外荧光反射镜采用与整形透镜组输出的光路呈 45 度设置的、对 420 ~ 500nm 波段高透、500 ~ 580nm 波段

全反的反射镜,使两只光电倍增管经其就可直接获得反映生物活性物质 NADH 和核黄素的光信息。

附图说明 下面结合附图对本发明的优选方式作进一步详细的描述。

图 1 是本发明粒子进样部件的一种基本结构示意图;

图 2 是本发明光学采样部件的一种基本结构示意图;

图 3 是本发明控制处理部件的一种基本结构示意图;

图 4 是由粒子散射信号产生荧光信号的控制信号时序图;

图 5 是实现本发明探测方法的一种主程序框图。

具体实施方式 参见图 1、图 2 和图 3,气溶胶粒子双通道激光探测仪包括一个如图 1 所示的粒子进样部件,一个如图 2 所示的光学采样部件和一个如图 3 所示的控制处理部件;其中,粒子进样部件经其内含有的腔体 02 与光学采样部件相连接,控制处理部件分别与粒子进样部件和光学采样部件中的气体压力传感器(17, 18)、气流泵(07, 15)、激光器 20、紫外激光器 31、雪崩二极管 41 和光电倍增管(50, 51)电连接。

粒子进样部件的采样管 04 外同轴套装有进气管 03 和壳流管 12,其中,采样管 04 的一端为进气管口,该进气管口嵌入于进气管 03 的进气端口内 10mm,采样管 04 的另一端为直径为 0.8mm 的锥形喷口 01,该锥形喷口 01 嵌入于壳流管 12 的锥形喷口 10 内 0.75mm。壳流管 12 的锥形喷口 10 的直径为 1mm。进气管 03 与壳流管 12 间通过管道 05 依次将过滤器 06、气流泵 07、过滤器 08、小孔调节器 09、气体压力传感器 17 相连接。腔体 02 为一直径远大于壳流管 12 的空心体,它将壳流管 12 与出气管 13 相套封连接。出气管 13 上依次串接有锥形口 11、过滤器 14、气流泵 15 和过滤器 16。另一只气体压力传感器 18 置于锥形口 11 处。

光学采样部件的激光器 20 选用发射红色光的二极管激光器,其光路 27 上依次设置有准直透镜 21、 $\lambda/2$ 波片 22、负透镜 23、正透镜 24、双折射晶体 25、负柱面镜 26、反射镜 28、窗片 40、散射光收集椭球镜 44 的一个焦点和光束收集器 43;紫外激光器 31 选用发射波长 349nm 的全固态半导体激光器,其光路 32 上依次设置有反射镜 33、正透镜 34、负柱面镜 35、反射镜 28、窗片 40、荧光收集椭球镜 42 的一个焦点和光束收集器 43;其中,反射镜 33

与反射镜 28 配对设置, 散射光收集椭球镜 44 和荧光收集椭球镜 42 均置于腔体 02 内。前述散射光收集椭球镜 44 的一个焦点与荧光收集椭球镜 42 的一个焦点相重叠, 即为共焦点。散射光收集椭球镜 44 的另一个焦点处置有雪崩二极管 41, 荧光收集椭球镜 42 的另一个焦点处置有整形透镜组 (45, 46)。该整形透镜组 (45, 46) 之后的光路上依次置有带通滤光片 47 和反射镜 48, 其中, 反射镜 48 为与整形透镜组 (45, 46) 输出的光路呈 45 度设置、且对 420 ~ 500nm 波段高透、500 ~ 580nm 波段全反, 反射镜 48 的反射和透射光路上分别置有光电倍增管 50 和光电倍增管 51。位于散射光收集椭球镜 44 和荧光收集椭球镜 42 的共焦点处置有喷气方向穿过平行的两束光路 27 和光路 32、且与光路 (27, 32) 的传输方向相垂直的粒子进样部件中的锥形喷口 01。

控制处理部件含有相互电连接的电源模块 63、气控模块 64、探测模块 65、模拟模块 66 和数据模块 67 以及工控机模块 61 和与其电连接的显示器 62, 用于向所有的部件提供电力并根据锥形喷口 (10, 01) 的流速确定气流泵 (07, 15) 的泵压, 以及根据雪崩二极管 41 的两次输出来获得气溶胶粒子的空气动力学尺寸和粒谱分布及启动紫外激光器 31 工作, 进而由光电倍增管 (50, 51) 获取的荧光信号得到气溶胶粒子的生物信息, 并经显示器 62 显示出来, 其构成如下:

电源模块 63 包含开关电源子模块 631 和四只步进开关整流器子模块 (632, 633, 634, 635), 其中, 开关电源子模块 631 的输入端与市电电连接、输出端分接四只步进开关整流器子模块 (632, 633, 634, 635) 的输入端, 用于将交流 220v 转化为直流 24v, 步进开关整流器子模块 (632, 633) 的输出端分接后续的所有模块, 用于分别向其提供 $\pm 5V$ 、 $\pm 15V$ 的电源, 步进开关整流器子模块 (634, 635) 的输出端分接气流泵 (07, 15), 用于向其提供电源。四只步进开关整流器子模块 (632, 633, 634, 635) 均选用集成电路 LT1074 芯片。

气控模块 64 包含两只气控子模块 (641, 642) 和微控制器 643, 其中, 气控子模块 (641, 642) 的输入端分接气体压力传感器 (17, 18,)、输出端接微控制器 643, 用于将锥形喷口 (10, 01) 处的压差值送往微控制器 643; 微控制器 643 的输出端与步进开关整流器子模块 (634, 635) 的控制端电连

接，用于控制步进开关整流器子模块（634，635）的输出，以维持气流压差的恒定。

探测模块 65 包含运放子模块 651 和缓冲器子模块 652，其中，运放子模块 651 选用集成电路 AD8290，缓冲器子模块 652 选用集成电路 LM6321；集成电路 AD8290 的输入端与雪崩二极管 41 的输出端电连接、输出端与集成电路 LM6321 电连接，用于将获取的粒子信号供后续的模块处理。

模拟模块 66 包含前放子模块 661、延控子模块 662、比例放大器 663、带通滤波器及加法比较器 666、比例放大器 664、带通滤波器及差分比较器 667、比例放大器 665、带通滤波器及嵌位延迟比较器 668，其中，前放子模块 661 与延控子模块 662 相串接，其输入端与探测模块 65 的缓冲器子模块 652 电连接、输出端分接三路，第一路为比例放大器 663 与带通滤波器及加法比较器 666 串接，用于输出粒子的和信号，第二路为比例放大器 664 与带通滤波器及差分比较器 667 串接，以产生粒子的差分信号，第三路为比例放大器 665 与带通滤波器及嵌位延迟比较器 668 串接，以输出粒子散射光的强度信号。

数据模块 67 包含时钟控制器 671、脉冲计数器 672、可编程逻辑器件 673、延时控制器 674、单片机 675、AD 转换器 676、混合信号微处理子模块 677、AD 转换器 678，其中，脉冲计数器 672 的输入端分接模拟模块 66 的带通滤波器及加法比较器 666 和带通滤波器及差分比较器 667 的输出端以及时钟控制器 671、输出端接相串接的可编程逻辑器件 673 与延时控制器 674，用于由和信号、差分信号和时钟脉冲数而依次获得粒谱数字信号、粒子飞行时间和延时脉冲，以触发紫外激光电源 30 工作。AD 转换器 678 的输入端与模拟模块 66 的带通滤波器及嵌位延迟比较器 668 的输出端相接、输出端接单片机 675，用于将模拟化的粒子散射光的强度信号转换成数字化信号后送至单片机 675。混合信号微处理子模块 677 的输入端分接两只前置放大器（52，53）和单片机 675、输出端接 AD 转换器 676，用于将两只光电倍增管（50，51）的荧光信号和来自单片机 675 的积分开始时刻和积分窗时间进行整合，以获得模拟化的荧光强度信号。单片机 675 的输入、输出端还分别与可编程逻辑器件 673、延时控制器 674、AD 转换器 676、混合信号微处理子模块 677、AD

转换器 678、工控机模块 61 电连接，用于分别设定可编程逻辑器件 673、延时控制器 674、AD 转换器 676、混合信号微处理器模块 677、AD 转换器 678 的工作时序，并将数字化的粒子粒谱信息、粒子散射光的强度信息、粒子荧光信息和荧光强度信息送往上位机—工控机模块 61。单片机 675 选用微控制器 MSP430。

工控机模块 61 由存储器子模块 611 和 CPU 模块 612 组成，用于接收数据模块 67 的数据，并将其处理成直观的图形数据后存储和送往显示器 62 显示。显示器 62 选用 LCD 显示屏。

参见图 1、图 2、图 3、图 4 和图 5，气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法的工作如下，其中，探测仪的工作过程为：待测气体在气流泵（07，15）的作用下，分别经进气管 03 和采样管 04 被吸入粒子进样部件，其中，由进气管 03 进入的待测气体经过过滤器 06 和过滤器 08 后变成纯净的气体，再由小孔调节器 09 的限制和气体压力传感器 17 的监测，变为所需要的气压和气流送往壳流管 12。由采样管 04 进入的待测气体在腔体 02 处的 90mmHg 负压的吸引下，自采样管 04 的锥形喷口 01 喷出，其流速由气体压力传感器 18 监测。含有气溶胶粒子的待测气体刚喷出锥形喷口 01，还未来得及扩散就又在壳流管 12 中的纯净气体的包裹下由壳流管 12 的锥形喷口 10 喷出，从而在腔体 02 中形成一双层气流柱。该双层气流柱流经光学采样部件的光路（27，32）后，经由置于腔体 02 内的出气管锥形口 11 被出气管 13 吸出。

作为激光器 20 的二极管激光器发射出的线偏振激光束沿着光路 27 先经准直透镜 21 后，形成发散角较小的均匀光束；此光束再经 $\lambda/2$ 波片 22 被变换成圆偏振光。之后，该圆偏振光先经负透镜 23 和正透镜 24 聚焦；再经双折射镜 25 将其分成焦斑直径均为 $60\mu\text{m}$ 、间距为 $80\mu\text{m}$ 的两束平行光；后由负柱面镜 26 将这两束平行光均在其光轴的与喷嘴喷气方向相垂直的径向上被拉伸扩展，而各自形成横截面为长轴 1mm、短轴 $60\mu\text{m}$ 的扁椭圆形的高斯光束。作为紫外激光器 31 的全固态半导体激光器发出的紫外激光束由反射镜 33 反射后经正透镜 34 聚焦，其焦点位于喷嘴 01 处的二极管激光束的焦点后方 1mm，焦斑直径为 $60\mu\text{m}$ ，由负柱面镜 35 将紫外激光束在其光轴的与喷嘴喷气方向相垂直的径向上被拉伸扩展，形成横截面为长轴 1mm、短轴 $60\mu\text{m}$ 的扁椭

圆形的高斯光束。由二极管激光束变换成的两束平行的扁椭圆形高斯光束和由紫外激光束变换成的扁椭圆形高斯光束在分别射向雪崩二极管 41 和光电倍增管 (50, 51) 的途中, 经过散射光收集椭球镜 44 和荧光收集椭球镜 42 的共焦点处, 并与置于此焦点处的喷嘴 01 中喷出的气溶胶粒子相遇, 由气溶胶粒子将其散射; 位于散射光收集椭球镜 44 另一焦点处的雪崩二极管 41 将会先后两次收集到每个气溶胶粒子的散射光, 并交由控制处理部件根据其输出信号的强弱和两次相同强度信号间的时差来获得该气溶胶粒子的确切尺寸以及全部气溶胶粒子的个数和浓度分布状况; 而位于荧光收集椭球镜 42 另一焦点处的整形透镜组 (45, 46) 和其后的光路上依次置有的带通滤光片 47、反射镜 48 和光电倍增管 (50, 51), 将于雪崩二极管 41 收集每个气溶胶粒子散射光之后收集到每个气溶胶粒子的荧光, 并将其整形为平行光束, 经带通滤光片 47 后, 再经过镀有不同波长膜层的反射镜 48, 获得高透 420~500nm 波段、全反 500~580nm 波段的荧光, 相应波段的荧光分别被光电倍增管 (50, 51) 所接收, 光电倍增管 (50, 51) 接收到荧光信号后再经前置放大器 (52, 53) 放大, 并交由控制处理部件根据其输出的信号来获知相应的成分。最后, 这三束扁椭圆形高斯光束均由光束收集器 43 吸收。

来自雪崩二极管 41 的气溶胶粒子弱信号, 先经运放子模块 651、缓冲器子模块 652, 再经前放子模块 661 放大后得到信号 A (双峰信号)。之后, 进入延控子模块 662 产生信号 B (300ns 延时信号)。然后分为三路, 分别产生信号 C (和信号)、信号 D (差分信号) 和信号 E (门控信号)。信号 E 的实现电路由比例放大器 663、带通滤波器及加法比较器 666 组成; 其工作过程是将来自前放子模块 661 的信号 A 与经过 300ns 延时的信号 B 同时送入比例放大器 663 进行求和, 其输出信号为一中间略带凹陷的信号 C, 此信号 C 经带通滤波器及加法比较器 666 进行比较, 带通滤波器及加法比较器 666 的另一端输入一固定值信号, 称为阈值信号 V_0 , 通常设为 100mV, 当输入信号小于阈值信号时, 带通滤波器及加法比较器 666 输出为低电平, 当输入信号大于阈值时, 带通滤波器及加法比较器 666 输出为高电平。通常将该信号称为 E (门控信号), 它的宽度相应于测量粒子穿过整个散射光测量区的时间, 这一信号输出给脉冲计数器 672, 用于控制飞行时间。信号 D 是来自前放子模块 661

的信号 A 与经过 300ns 延时的信号 B 分别送入一比例放大器 664 的反向端和同相端，比例放大器 664 输出为两信号之差所得。该信号 D 经过带通滤波器及差分比较器 667 进行过零比较，当信号由正向负过零时，带通滤波器及差分比较器 667 输出由正向负的负跳变。由于在正常情况下，信号有两个由正向负的过零，故有两个负跳变，这两个负跳变之间的间隔就是粒子在两光斑之间的飞行时间，通常将这一信号叫做 F（数字差分信号），该信号 F 被送往脉冲计数器 672，用于触发可编程逻辑器件 673。整个控制处理部件在 500MHz 的时钟控制器 671 下工作，它监视 E 信号（门控信号），当 E 信号有效时，便对信号 F（数字差分信号）进行计数。当第一个 F 信号到来时，启动脉冲计数器 672，当在 E 信号（门控信号）有效期间，第二个 F 信号关闭脉冲计数器 672。只有在 E 信号有效期间，信号 F 数量为 2，且脉冲计数器 672 没有溢出的情况下，为一个粒子计数，在 F 信号两个下降沿时间为该粒子的飞行时间，且在 F 信号的第二个下降沿时，产生一个信号 G（计时起始信号）。该信号 G 作为延时触发紫外激光器 31 信号的起始信号，再经过与已标定后不同大小粒径的粒子对应不同的延时，由延时控制器 674 产生信号 H（触发紫外激光器 31 信号），其宽度为 100ns。在紫外激光器 31 触发脉冲后的一定时刻产生一个信号 I（采集荧光门信号），其门宽设为 100~200ns，使得两只光电倍增管（50，51）接收的信号 J（荧光脉冲信号）处在信号 I 的中心，这样就可屏蔽了电的干扰，还兼顾了激光脉冲产生时刻相对于触发脉冲的漂移。所测得的信号 J 由后续电路进行数字化处理。

探测方法的工作流程为：对气溶胶粒子双通道激光探测仪通电后，控制处理部件中的单片机给其自有的功能部件和内存中驻有的各个子程序，以及气控模块的微控制器等串口预置初始值，即设定其初始工作状态（步骤 110）。之后，单片机在步骤 120 设定粒子进样部件中的两只气流泵的工作压力，并启动其运转，以产生一个流速稳定的待测气流。然后，在步骤 130 等待两只气流泵分别输出的纯净气体和待测气体的流速稳定。接着，启动激光器工作（步骤 140），并等待粒子信号（步骤 150）。在步骤 160 根据雪崩二极管两次输出的信号时差和强度，计算出气溶胶粒子的粒径和粒谱分布信息。之后，由雪崩二极管的第二次输出，确定紫外激光器的触发时刻，并触发紫外激光

器工作(步骤170)。若有荧光信号(步骤180),则由两只光电倍增管采集荧光信号来表征气溶胶粒子的生物活性物质 NADH 和核黄素,以获得生物信息(步骤190);并将生物信息转换成荧光强度分布,对应两个激发荧光波段的粒子数量-粒径-荧光强度的两个三维图(步骤200)。若无荧光信号,则转步骤210。在步骤210,将粒子信息转换成粒径分布、某时间段内的粒径分布、粒子数随时间变化的趋势图。并送往 LCD 显示屏显示和存储器存储(步骤220)。之后,询问是否继续探测,若是,则转向步骤150;若否,则于步骤240结束。

显然,本领域的技术人员可以对本发明的气溶胶粒子双通道激光探测仪及其探测方法进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

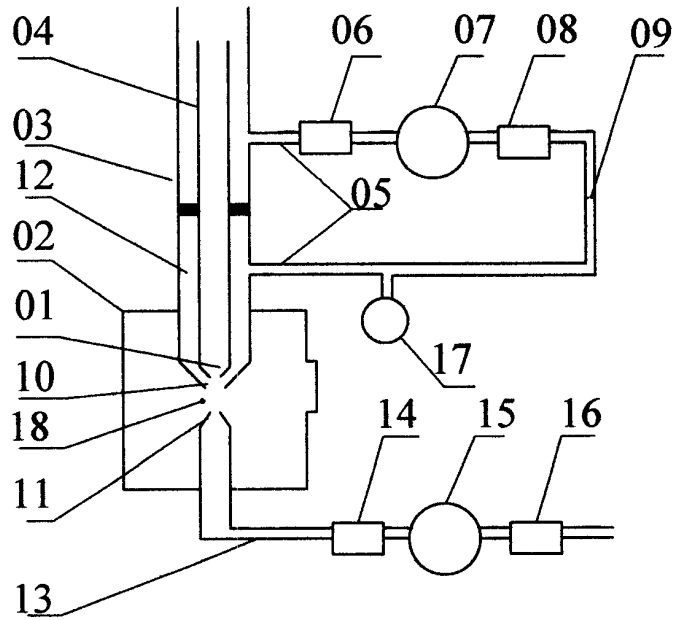


图 1

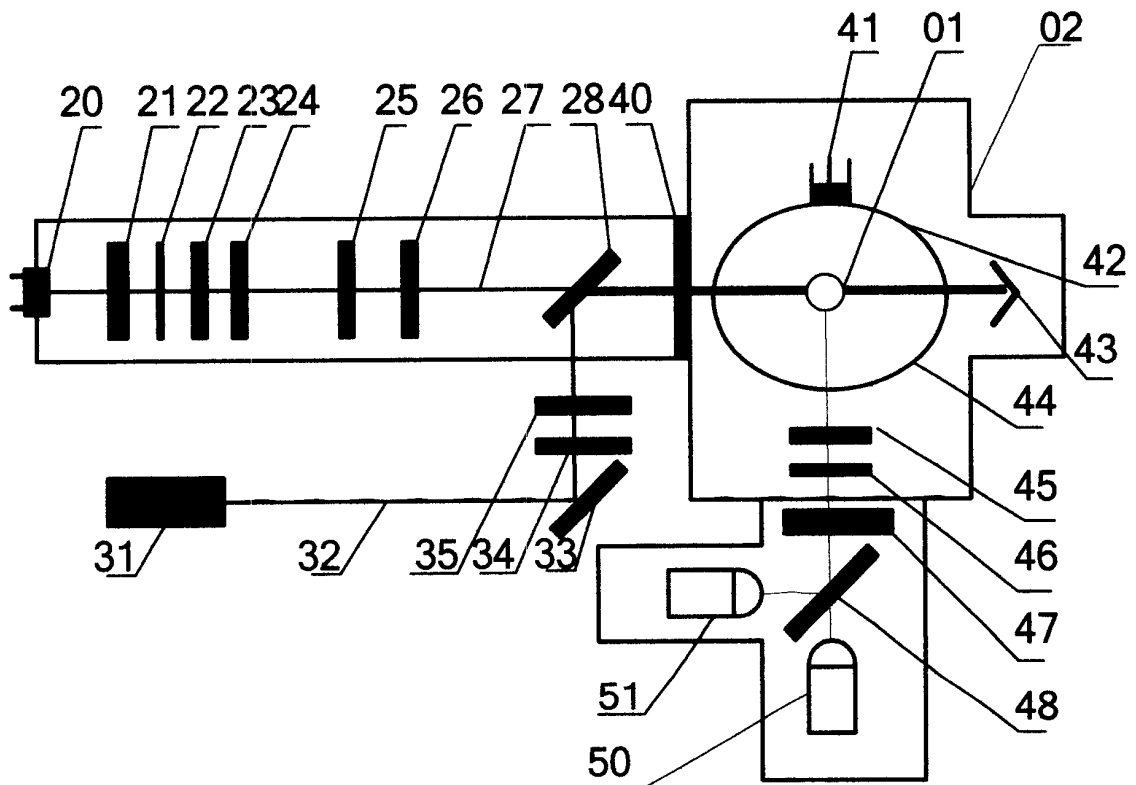


图 2

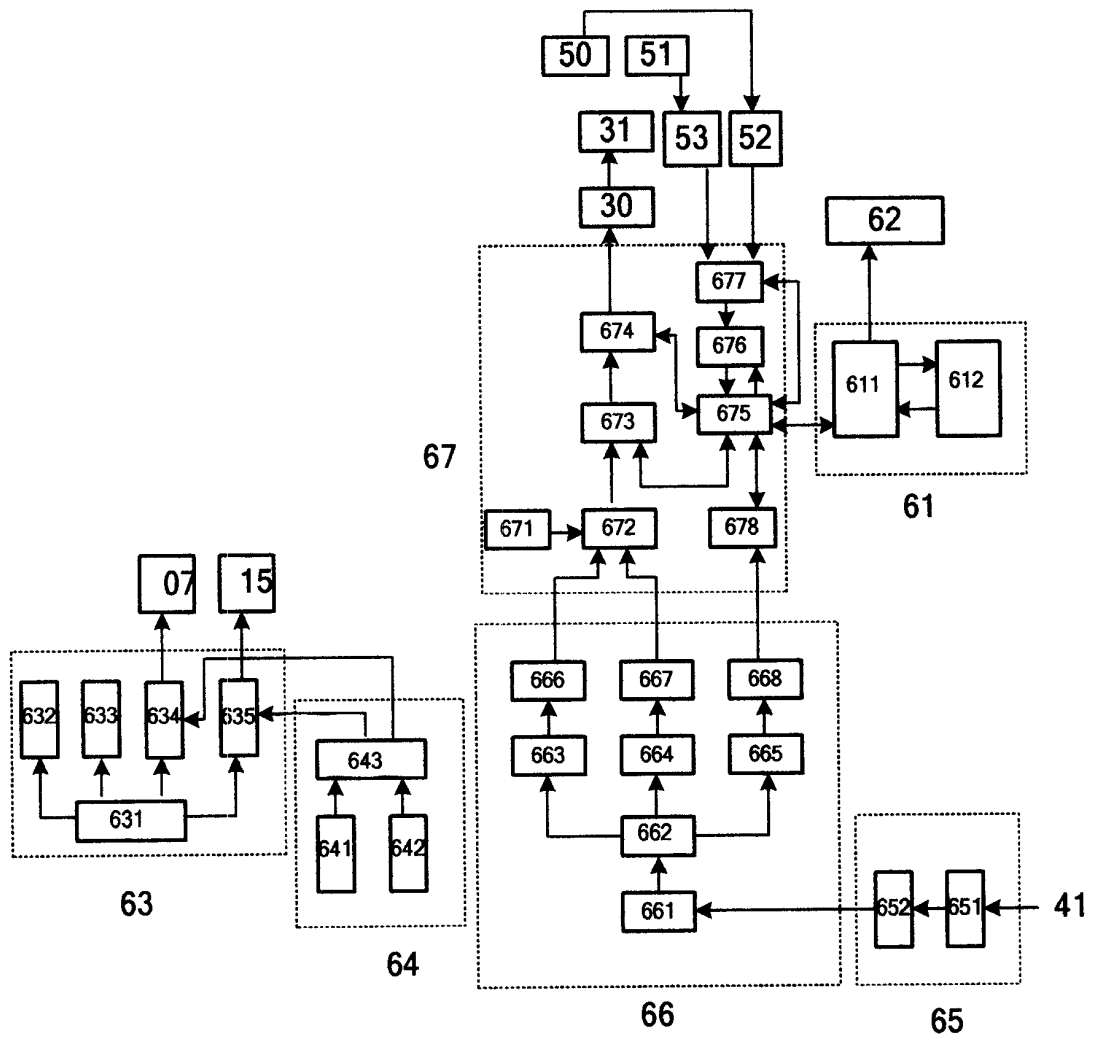


图 3

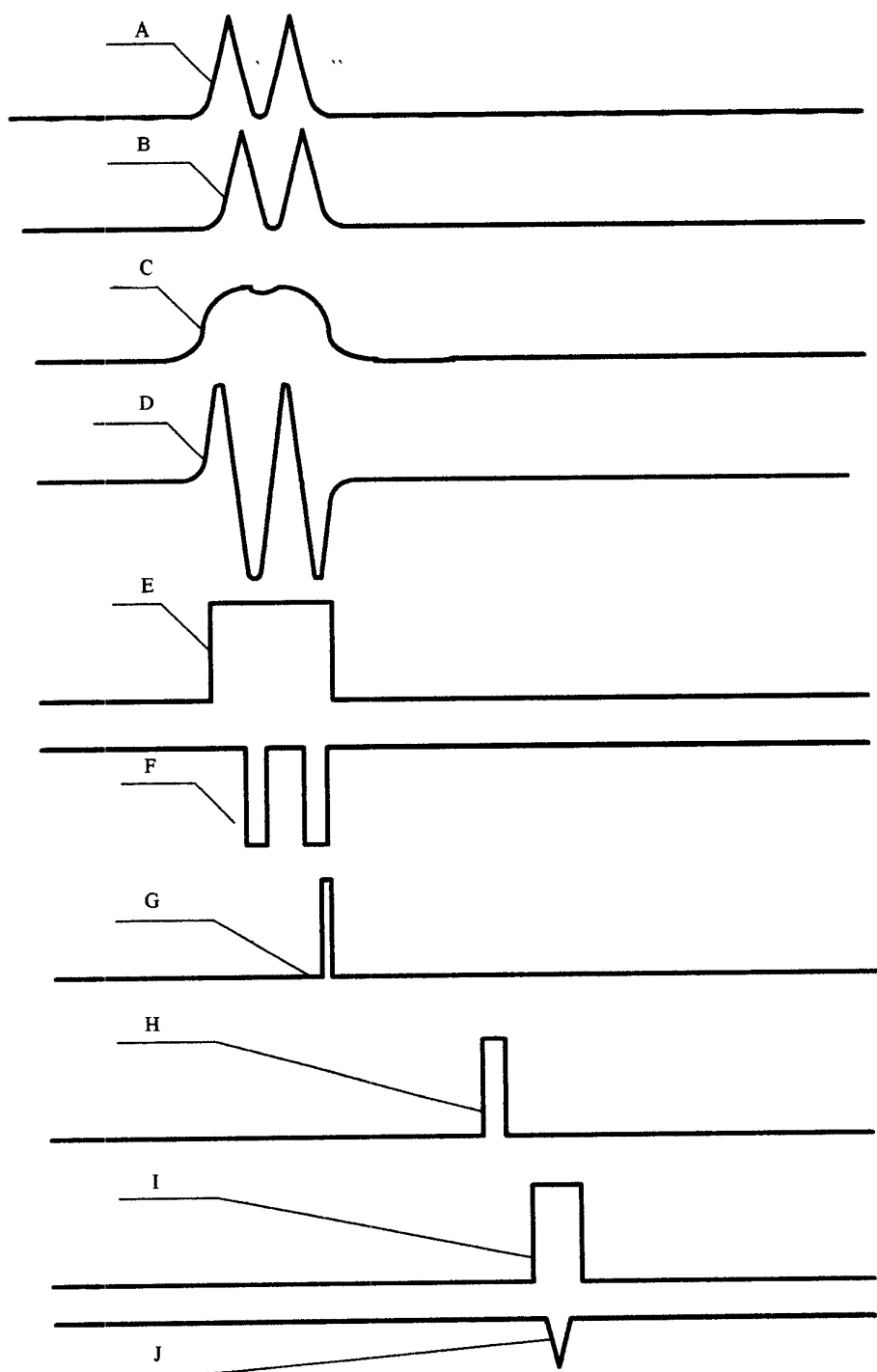


图 4

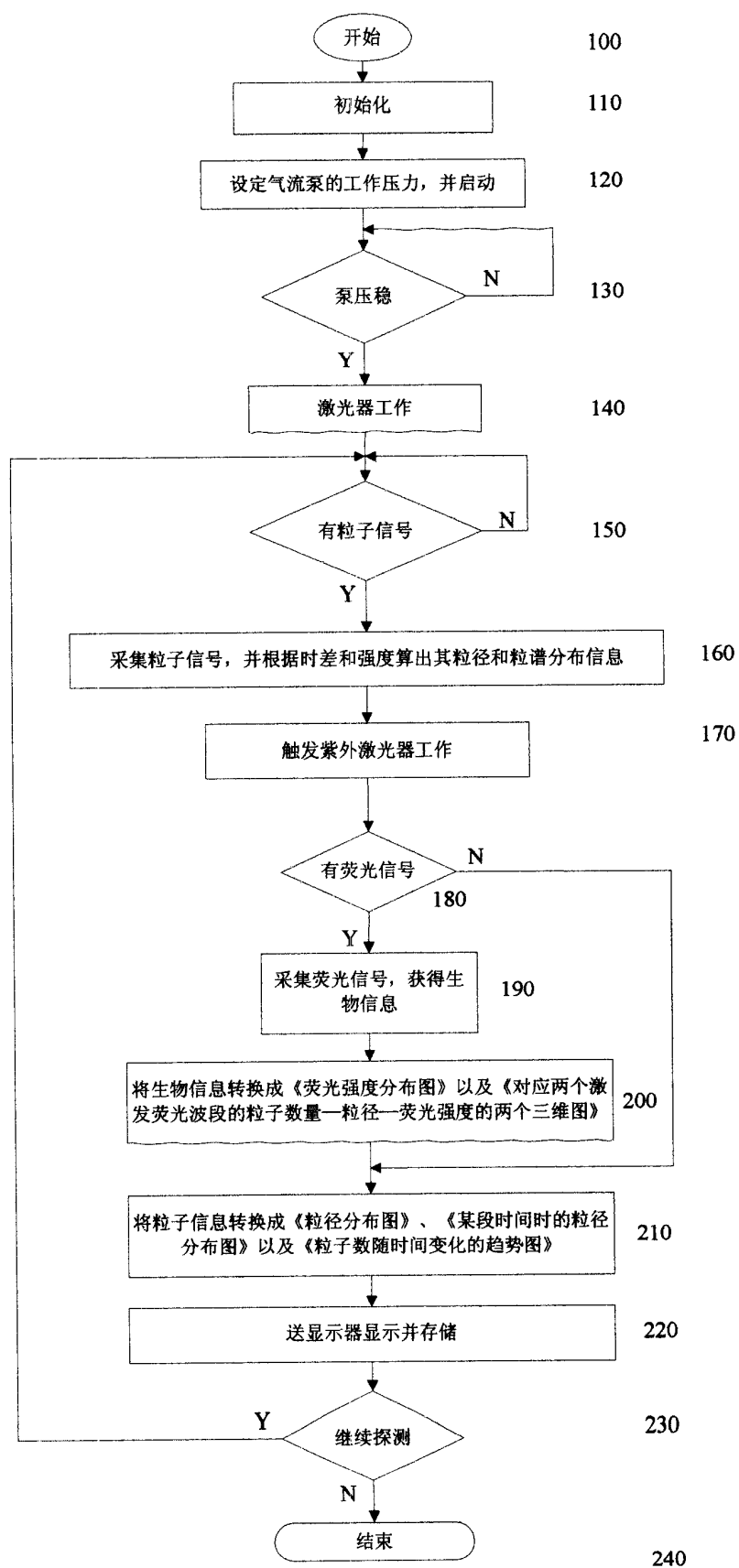


图 5