

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103163388 A

(43) 申请公布日 2013. 06. 19

(21) 申请号 201310065275. 9

(22) 申请日 2013. 03. 01

(71) 申请人 江苏大学

地址 212013 江苏省镇江市京口区学府路
301 号

(72) 发明人 邱白晶 陆洪兰

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限
公司 32200

代理人 楼高潮

(51) Int. Cl.

G01R 29/24 (2006. 01)

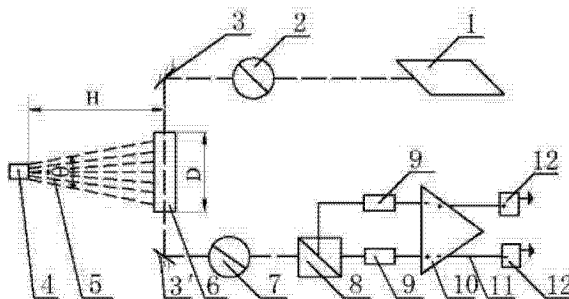
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种非接触式静电喷雾荷质比测量方法及其装置

(57) 摘要

本发明公开了一种非接触式静电喷雾荷质比测量方法及其装置,特别适用于感应荷电或电晕荷电时荷电雾滴的荷质比计算。该装置包括激光发射器(1)、静电喷头(4)、起偏器(2)、反射镜(3)、反射镜(3')、磁光元件(6)、检偏器(7)、复合偏光棱镜(8)、光电转换器(9)、差分放大器(10)、导线(11)和示波器(12),其中激光发射器(1)发出的光为片光源。磁光元件的直径为D、静电喷头(4)与磁光元件(6)的距离为H、静电喷头的喷雾角 θ 三者满足 $D=2H \times \tan(\theta/2)$ 关系。通过该装置,运用法拉第磁光效应和安培环路定理可不用接触便可计算出荷电雾滴群截面上的所有雾滴的电流值,再与雾滴群的质量流量相除可计算出荷质比。



1. 一种非接触式静电喷雾荷质比的测量装置,包括激光发射器(1)、静电喷头(4)和光电检测装置,其特征在于:光电检测装置包括起偏器(2)、反射镜(3)、反射镜(3')、磁光元件(6)、检偏器(7)、复合偏光棱镜(8)、光电转换器(9)、差分放大器(10)、导线(11)和示波器(12),起偏器(2)中心与激光发射器(1)发出的片光源在同一直线上;磁光元件(6)的圆形平面与静电喷头(4)的轴线垂直,且磁光元件(6)的中心与静电喷头(4)的中心在同一直线上,同时磁光元件(6)与激光发射器(1)和起偏器(2)的连线垂直,且与检偏器(7)和复合偏光棱镜(8)的连线垂直;在 $+45^\circ$ 方向上的反射镜(3)和在 -45° 方向上的反射镜(3')关于磁光元件(6)呈对称分布,保证激光发射器(1)发射的片光源与反射镜(3)反射的片光源成 90° ,同时保证激光发射器(1)发射的片光源与反射镜(3')反射的片光源平行;检偏器(7)置于反射镜(3')和复合偏光棱镜(8)之间,三者位于同一直线上,且与激光发射器(1)和起偏器(2)平行;差分放大器(10)采用双输入双输出的形式,输入端与光电转换器(9)连接,输出端与示波器(12)连接;示波器(12)一端与差分放大器(10)的一个输出管脚相连,另一端接地。

2. 一种如权利要求1所述的测量装置,其特征在于:所述的激光发射器(1)发出的光为片光源,片光源在 $yo z$ 面上。

3. 一种如权利要求1所述的测量装置,其特征在于:激光发射器(1)发射的片光源与经过磁光元件(6)的片光源垂直,在 y 方向上的片光源厚度小于磁光元件(6)的厚度,在 xoz 平面上磁光元件(6)的截面积小于或等于通过磁光元件(6)处的片光源的截面积。

4. 一种如权利要求1所述的测量装置,其特征在于:所述的磁光元件的直径 D 、静电喷头(4)与磁光元件(6)的距离 H 、静电喷头的喷雾角 θ 三者满足 $D=2H \times \tan(\theta/2)$ 关系,且 D 为 $15 \sim 210\text{cm}$, H 为 $20 \sim 60\text{cm}$ 。

5. 一种利用权利要求1所述装置的测量静电喷雾荷质比的方法,其步骤为:

第一步:将静电喷头中心对准磁光元件中心进行喷雾,并记录示波器显示的数据 V_1 和 V_2 ;

当光电转换器9和差动放大器10的增益都处于线性工作区时, V_1 与 P_1 和 P_2 的光强差成正比,即: $V_1 = k_1(P_1 - P_2)$, V_2 与 P_1 和 P_2 的光强和成正比,即: $V_2 = k_2(P_1 + P_2)$,这里 k_1 和 k_2 分别表示电压和光强的比例常数;

光偏振方向沿逆时针方向旋转,对片光源呈 $\pm 45^\circ$ 方向分解,则两个光电转换器9的输出为:

$$V_1 = k_1(P_1 - P_2) = k_1[E^2 \sin^2(45 + \beta) - E^2 \cos^2(45 + \beta)] = 2k_1 I_0 \beta \quad (1)$$

$$V_2 = k_2(P_1 + P_2) = k_2[E^2 \sin^2(45 + \beta) + E^2 \cos^2(45 + \beta)] = k_2 I_0 \quad (2)$$

其中, I_0 表示入射到复合偏光棱镜上的光强,

$$\text{由(1)和(2)得到: } \beta = (k_2 V_1) / (2k_1 V_2) \quad (3)$$

第二步:高压静电发生器和电极在静电喷头4周围产生磁场 B ,在磁场的作用下,再次经过反射镜3'反射的激光,其光偏振方向会发生 β 角度的旋转; β 角度为起偏器2和检偏器7的透振方向所成夹角;根据法拉第磁光效应,

$$\beta = v BD \quad (4)$$

其中 v 为费尔德常数(rad/AT),与光穿越的介质及光波频率有关, B 为静电喷头周围的磁感应强度(T), D 为磁光元件的直径(m);

根据安培环路定理,磁感应强度 B 与电流强度 I 之间满足下列关系:

$$B = (\mu_0 I) / (2 \pi H) \quad (5)$$

式中 $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{H/m}$, I 为电流强度(A), B 为静电喷头周围的磁感应强度(T), H 为静电喷头与磁光元件的距离(m);

$$\text{由(4)和(5)可得: } I = (2 \pi H \beta) / (\nu D \mu_0) \quad (6)$$

第三步:将公式(3)带入公式(6),得到 $I = (\pi H k_2 V_1) / (\nu D \mu_0 k_1 V_2)$, I 为片光源截面上荷电雾滴群的电流强度;

第四步:将该电流强度 I 除以差分放大器放大的倍数得到荷电喷雾的电流强度 I' ;

第五步:将喷头的流量近似为喷雾过程中雾滴的质量流量 Q , 利用量筒接收喷头喷出的雾滴, 然后利用电子天平称量量筒内液体的质量 m (g), 同时记录喷雾的时间 t (s); 测量多次, 取质量 m (g) 和时间 t (s) 的平均值 m' 和 t' , 利用公式 $Q = m' / t'$ 求得雾滴的质量流量 Q (g/s);

第六步:将 I' 和 Q 代入公式 $C/M = (I' / Q) \times 10^{-6}$, 求得荷电雾滴群平均荷质比 C/M (mC/kg)。

一种非接触式静电喷雾荷质比测量方法及其装置

技术领域

[0001] 本发明涉及静电喷雾荷质比的测量方法及装置,尤其是涉及静电喷雾荷质比测量方法及其装置,属于植保机械技术领域。

背景技术

[0002] 目前国内外研究人员对荷质比的测量基本采用模拟目标法、法拉第筒法和网状目标法三种测量方法。1984年 Law 和 Lane 采用光滑球面和尖状物模拟植株,利用同轴电缆测量电荷;2008年江苏大学利用网状目标法和皮安表测得荷电雾滴的荷电量;1991年 Dante 和 Gupta 等利用法拉第筒法和皮安表测量荷电雾滴的荷电量;申请号为 201110156068.5, 名称为“一种风沙流沙粒荷质比实时测量系统”的专利公开了一种利用法拉第筒法实时高频测量沙粒荷质比的装置;申请号为 201010571210.8, 名称为“测试静电喷雾中雾化空间的局部荷质比的装置”,其主要公开了一种利用法拉第筒法测试局部荷质比的装置,以上这些方法都是使荷电雾滴与测量装置直接接触且利用皮安表测得其电流量。模拟目标法测量荷质比时,大量荷电雾滴随着重力的作用沿着模拟植株流下,只能测得一小部分的荷电雾滴的电流量;网状目标法测量荷质比时,只有被金属丝网格拦截的雾滴被收集,故集雾量小;法拉第筒法测量荷质比时,荷电雾滴与法拉第筒碰撞发生反弹。采用以上三种方法测量荷质比,使得测量结果不准确。采用非接触式的方法测量荷电雾滴的荷质比具有测量准确、简便的优点,但关于该方法测量荷电雾滴的荷质比未见相关报告。

发明内容

[0003] 为了提高荷电雾滴荷质比的准确率,特别是感应荷电或电晕荷电时荷电雾滴的荷质比,本发明研究采用非接触式的方法测得荷电雾滴群截面上的所有雾滴的荷电量,同时获得瞬时电流值,根据电流值和荷电量的比值计算荷质比,该方法提高了测量的准确度。同时设计了实现该方法的装置。

[0004] 本发明的工作原理如下:利用法拉第磁光效应得到偏振光偏正面的旋转角度 β 与磁感应强度 B 和电压 V 的关系,利用安培环路定理得到电流强度 I 与磁感应强度 B 之间的关系,将得到的电流强度 I 除以差分放大器放大的倍数后,最终得到荷电雾滴的电流强度 I' 。将喷头的流量近似为喷雾过程中雾滴的质量流量 Q ,然后根据荷电雾滴群的平均荷质比 C/M (mC/kg) 的计算公式: $C/M = (I'/Q) \times 10^{-6}$,式中 I' (A) 为喷雾过程中雾滴群的电流, Q (g/s) 为喷雾过程中雾滴的质量流量。

[0005] 在该方法中,荷电雾滴不需要与测量装置直接接触,利用电、磁之间的关系即可得到电流强度,提高了采用接触式方法获得电流强度的准确度。特别适用于测量感应荷电或电晕荷电时荷电雾滴的荷电量。

[0006] 该非接触式静电喷雾荷质比测量装置包括激光发射器 1、静电喷头 4、光电检测装置。光电检测装置包括起偏器 2、反射镜 3、反射镜 3'、磁光元件 6、检偏器 7、复合偏光棱镜 8、光电转换器 9、差分放大器 10、导线 11 和示波器 12,起偏器 2 中心与激光发射器 1 发出的

片光源在同一直线上;磁光元件6的圆形平面与静电喷头4的轴线垂直,且磁光元件6的中心与静电喷头4的中心在同一直线上,同时磁光元件6与激光发射器1和起偏器2的连线垂直,且与检偏器7和复合偏光棱镜8的连线垂直;在+45°方向上的反射镜3和在-45°方向上的反射镜3'关于磁光元件6呈对称分布,保证激光发射器1发射的片光源与反射镜3反射的片光源成90°,同时保证激光发射器1发射的片光源与反射镜3'反射的片光源平行;检偏器7置于反射镜3'和复合偏光棱镜8之间,三者位于同一直线上,且与激光发射器1和起偏器2平行;复合偏光棱镜8将反射光源分解成相互垂直的光强P1和P2;所述的光电转换器9接收复合偏光棱镜8折射的光强P1和P2,然后将光强转换成电压V1和V2输出;差分放大器10采用双输入双输出的形式,输入端与光电转换器9连接,输出端与示波器12连接;示波器12一端与差分放大器10的一个输出管脚相连,另一端接地,可以求得差分放大器10的输出管脚电压。

[0007] 所述的激光发射器1发出的光为片光源,片光源在yoz面上。

[0008] 激光发射器1发射的片光源与经过磁光元件6的片光源垂直,在y方向上的片光源厚度小于磁光元件6的厚度,在xoz平面上磁光元件6的截面积小于或等于通过磁光元件(6)处的片光源的截面积。

[0009] 所述的磁光元件的直径D为15~220cm。

[0010] 静电喷头4与磁光元件6的距离H为20~60cm。

[0011] 该装置运用该工作原理的具体内容为:在高压静电发生器和电极的作用下,静电喷头4周围产生磁场B,经在+45°方向上的反射镜3反射的激光片光源从磁光元件6的一端通过,由于磁场的作用,再次经过在-45°方向上的反射镜3'反射的激光,其光偏振方向会发生旋转。设旋转角度(起偏器2和检偏器7的透振方向所成夹角)为 β 。根据法拉第磁光效应,磁场B将引起偏振光偏振面的旋转,旋转角度为

$$\beta = v BD \quad (1)$$

,其中v为费尔德常数(rad/AT),与光穿越的介质及光波频率有关,B为静电喷头周围的磁感应强度(T),D为磁光元件的直径(m)。

[0012] 根据安培环路定理,设静电喷头4与磁光元件6的垂直距离为H,磁感应强度B与电流强度I之间满足下列关系:

$$B = (\mu_0 I) / (2 \pi H) \quad (2)$$

,式中 $\mu_0 = 4 \pi \times 10^{-7} \text{H/m}$,I为电流强度(A),B为静电喷头周围的磁感应强度(T),H为静电喷头与磁光元件的距离(m)。为了使磁光元件6在均匀的磁场B中,应尽量满足 $D = 2H \times \tan(\theta/2)$,且 $D = 15 \sim 210 \text{cm}$, $H = 20 \sim 60 \text{cm}$ 。

[0013] 由(1)和(2)可得:

$$I = (2 \pi H \beta) / (v D \mu_0) \quad (3)$$

为测量 β ,采用图1的结构装置。在光电检测装置中,复合偏光棱镜8将片光源分解成两束相互垂直的片光P₁和P₂,然后入射到两个性能完全相同的光电转换器9上,利用差动放大器10对它们输出的电压V₁和V₂进行放大。当光电转换器9和差动放大器10的增益都处于线性工作区时,V₁与P₁和P₂的光强差成正比,即: $V_1 = k_1 (P_1 - P_2)$,V₁与P₁和P₂的光强和成正比,即: $V_2 = k_2 (P_1 + P_2)$,这里k₁和k₂分别表示电压和光强的比例常数,可通过实际测量得到。

[0014] 设光偏振方向沿逆时针方向旋转,对片光源呈 $\pm 45^\circ$ 方向分解,则两个光电转换器 9 的输出为:

$$V_1 = k_1 (P_1 - P_2) = k_1 [E^2 \sin^2(45 + \beta) - E^2 \cos^2(45 + \beta)] = 2k_1 I_0 \beta \quad (4)$$

$$V_2 = k_2 (P_1 + P_2) = k_2 [E^2 \sin^2(45 + \beta) + E^2 \cos^2(45 + \beta)] = k_2 I_0 \quad (5)$$

其中, I_0 表示入射到复合偏光棱镜上的光强。

[0015] 由(4)和(5)得到:

$$\beta = (k_2 V_1) / (2k_1 V_2) \quad (6)$$

将上式代入(3)式可求得片光源截面上荷电雾滴群的电流强度 $I = (\pi H k_2 V_1) / (v D \mu_0 k_1 V_2)$

,其中, I 为电流强度(A), H 为静电喷头与磁光元件的垂直距离(m), V_1 和 V_2 为差动放大器的输出电压(V), v 为菲尔德常数, D 为磁光元件的直径(m), k_1 和 k_2 分别为电压和光强的比例常数,式中 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$ 。

[0016] 将喷头的流量近似为喷雾过程中雾滴的质量流量 Q ,利用量筒接收喷头喷出的雾滴,然后利用电子天平称量量筒内液体的质量 m (g),同时记录喷雾的时间 t (s)。测量三次,取质量 m (g)和时间 t (s)的平均值 m' 和 t' ,利用公式 $Q = m' / t'$ 求得雾滴的质量流量 Q (g/s)。

[0017] 运用该装置实现非接触式静电喷雾荷质比的测量方法为:

第一步:将静电喷头中心对准磁光元件中心进行喷雾,并记录示波器显示的数据 V_1 和 V_2 ,当光电转换器 9 和差动放大器 10 的增益都处于线性工作区时, V_1 与 P_1 和 P_2 的光强差成正比,即: $V_1 = k_1 (P_1 - P_2)$, V_2 与 P_1 和 P_2 的光强和成正比,即: $V_2 = k_2 (P_1 + P_2)$,这里 k_1 和 k_2 分别表示电压和光强的比例常数;

光偏振方向沿逆时针方向旋转,对片光源呈 $\pm 45^\circ$ 方向分解,则两个光电转换器 9 的输出为:

$$V_1 = k_1 (P_1 - P_2) = k_1 [E^2 \sin^2(45 + \beta) - E^2 \cos^2(45 + \beta)] = 2k_1 I_0 \beta \quad (1)$$

$$V_2 = k_2 (P_1 + P_2) = k_2 [E^2 \sin^2(45 + \beta) + E^2 \cos^2(45 + \beta)] = k_2 I_0 \quad (2)$$

其中, I_0 表示入射到复合偏光棱镜上的光强。

[0018] 由(1)和(2)得到: $\beta = (k_2 V_1) / (2k_1 V_2)$ (3)

第二步:高压静电发生器和电极在静电喷头 4 周围产生磁场 B ,在磁场的作用下,再次经过反射镜 3' 反射的激光,其光偏振方向会发生 β 角度的旋转; β 角度为起偏器 2 和检偏器 7 的透振方向所成夹角;根据法拉第磁光效应,

$$\beta = v B D \quad (4)$$

其中 v 为菲尔德常数(rad/AT),与光穿越的介质及光波频率有关, B 为静电喷头周围的磁感应强度(T), D 为磁光元件的直径(m)。

[0019] 根据安培环路定理,磁感应强度 B 与电流强度 I 之间满足下列关系:

$$B = (\mu_0 I) / (2\pi H) \quad (5)$$

式中 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$, I 为电流强度(A), B 为静电喷头周围的磁感应强度(T), H 为静电喷头与磁光元件的距离(m)。为了使磁光元件 6 在均匀的磁场 B 中,应尽量满足 $D = 2H \times \tan(\theta/2)$,且 $D = 15 \sim 210 \text{cm}$, $H = 20 \sim 60 \text{cm}$ 。

[0020] 由(4)和(5)可得: $I = (2\pi H \beta) / (v D \mu_0)$ (6)

第三步:将公式(3)带入公式(6),得到 $I = (\pi H k_2 V_1) / (\sqrt{D} \mu_0 k_1 V_2)$, I 为片光源截面上荷电雾滴群的电流强度;

第四步:将该电流强度 I 除以差分放大器放大的倍数得到荷电雾滴的电流强度 I' ;

第五步:将喷头的流量近似为喷雾过程中雾滴的质量流量 Q , 利用量筒接收喷头喷出的雾滴, 然后利用电子天平称量量筒内液体的质量 m (g), 同时记录喷雾的时间 t (s)。测量多次, 取质量 m (g) 和时间 t (s) 的平均值 m' 和 t' , 利用公式 $Q = m' / t'$ 求得雾滴的质量流量 Q (g/s);

第六步:将 I' 和 Q 代入公式 $C/M = (I' / Q) \times 10^{-6}$, 求得荷电雾滴群平均荷质比 C/M (mC/kg)。

附图说明

[0021] 图 1 为非接触式静电喷雾荷质比的测量装置的结构示意图。

[0022] 图 2 为起偏器与检偏器的偏振矢量图。

[0023] 图 3 为非接触式静电喷雾荷质比的测量方法框架流程图。

[0024] 图中, 1- 激光发射器、2- 起偏器、3- 反射镜、3'- 反射镜、4- 静电喷头、5- 荷电雾滴群、6- 磁光元件、7- 检偏器、8- 复合偏光棱镜、9- 光电转换器、10- 差分放大器、11- 导线、12- 示波器。

[0025] H - 静电喷头与磁光元件的距离、 D - 磁光元件的直径、 E_0 - 起偏器的透振方向、 E - 检偏器的透振方向、 β - 旋转角度(起偏器和检偏器的透振方向所成夹角)、 θ - 喷头的喷雾角。

[0026] 具体实施方式

为了更好的理解本发明的技术方案, 下面结合附图对本发明作进一步的说明。

[0027] 本发明的装置结构示意图如图 1 所示, 该装置包括激光发射器 1、静电喷头 4、光电检测装置。光电检测装置包括起偏器 2、反射镜 3、反射镜 3'、磁光元件 6、检偏器 7、复合偏光棱镜 8、光电转换器 9、差分放大器 10、导线 11 和示波器 12。

[0028] 结合图 1, 实施本发明时, 按照图 1 布置该装置的元器件。激光发射器 1 发出的光为片光源, 片光在 $yo z$ 平面; 所述的光电检测装置包括起偏器 2、反射镜 3、反射镜 3'、磁光元件 6、检偏器 7、复合偏光棱镜 8、光电转换器 9、差分放大器 10、导线 11 和示波器 12; 所述的起偏器 2 中心与激光发射器 1 发射的片光源在同一直线上; 所述的磁光元件 6 与静电喷头 4 的轴线垂直, 且磁光元件 6 的中心与静电喷头 4 的中心在同一直线上, 磁光元件 6 可使用重火石玻璃、稀土铁石榴石、稀土-过渡金属(RE-TM)合金薄膜等材料, 激光发射器 1 发射的片光源与经过磁光元件 6 的片光源垂直, 在 y 方向上的片光源厚度小于磁光元件 6 的厚度, 在 xoz 平面上片光源全部包磁光元件 6; 所述的在 $+45^\circ$ 方向上的反射镜 3 和在 -45° 方向上的反射镜 3' 关于磁光元件 6 呈对称分布, 保证激光发射器 1 发射的片光源与反射镜 3 反射的片光源成 90° , 同时保证激光发射器 1 发射的片光源与反射镜 3' 反射的片光源平行; 所述的复合偏光棱镜 8 将反射光源分解成相互垂直的光强 P_1 和 P_2 ; 所述的光电转换器 9 接收复合偏光棱镜 8 折射的光强 P_1 和 P_2 , 然后将光强转换成电压 V_1 和 V_2 输出; 所述的检偏器 7 置于反射镜 3' 和复合偏光棱镜 8 之间; 所述的检偏器 7、复合偏光棱镜 8 和光电转换器 9 之一在同一直线上, 且与激光发射器 1 和起偏器 2 平行; 所述的差分放大器 10 采用双输入双输出的形式, 输入端与光电转换器 9 连接, 输出端与示波器 12 连接; 所述的示波器

12 一端与差分放大器 10 的一个输出脚相连,另一端接地,可以求得差分放大器 10 一个脚的电压。

[0029] 本发明的关键在于:激光发射器 1 发出的光为片光源;静电喷头 4 与磁光元件 6 满足关系: $D=2H \times \tan(\theta/2)$,且 $D=15\sim 210\text{cm}$, $H=20\sim 60\text{cm}$;经过磁光元件 6 的片光源和静电喷头 4 的轴线垂直,片光源的厚度小于磁光元件 6 的厚度,片光源全部包含磁光元件 6;在 $+45^\circ$ 方向上的反射镜 3 和在 -45° 方向上的反射镜 3' 关于静电喷头 4 的轴线呈对称分布;求得差分放大器的输出电压值 V_1 和 V_2 ,并结合公式 $I=(\pi Hk_2V_1)/(\nu D\mu_0k_1V_2)$ 得到电流强度 I ,然后将其除以差分放大器放大的倍数后,最终得到荷电雾滴的电流强度 I' 。其中 I 为电流强度(A), H 为静电喷头与磁光元件的垂直距离(m), V_1 和 V_2 为差分放大器的输出电压(V), ν 为菲尔德常数, D 为磁光元件的直径(m), k_1 和 k_2 分别为电压和光强的比例常数,式中 $\mu_0=4\pi \times 10^{-7}\text{H/m}$ 。

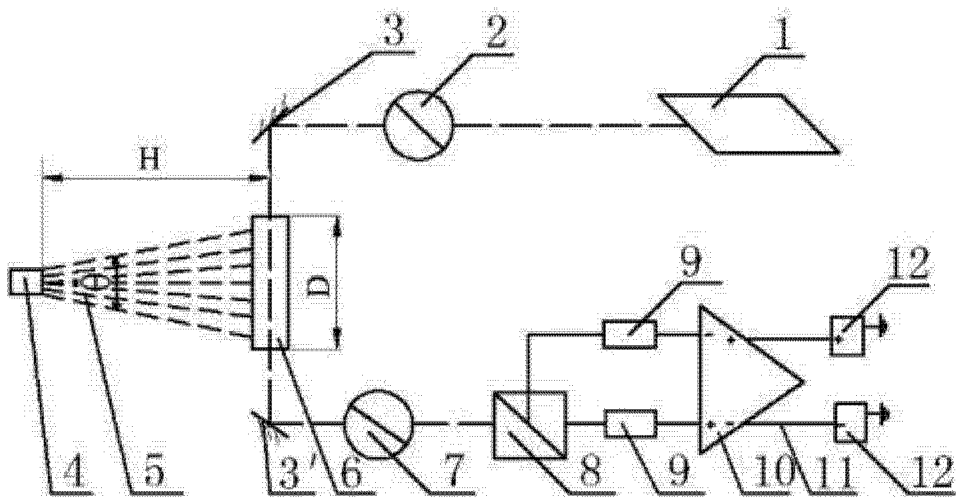


图 1

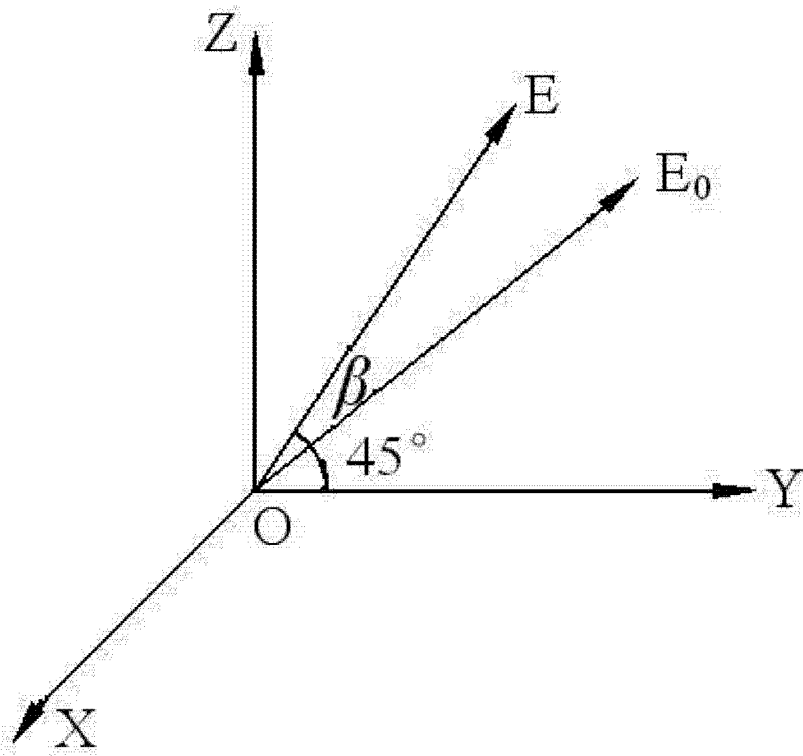


图 2

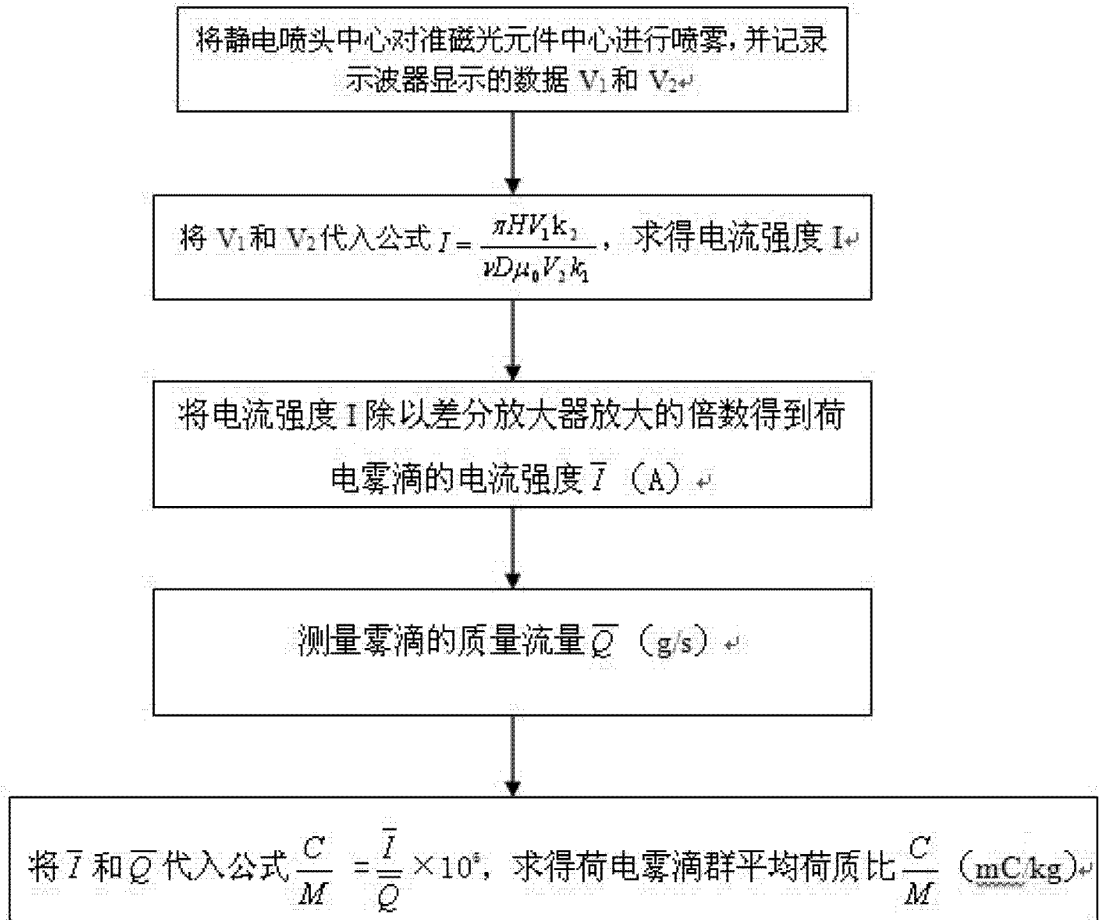


图 3