

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2014 年 11 月 13 日 (13.11.2014)

W I P O | P C T

(10) 国际公布号
W O 2014/179976 A 1

- (51) 国际分类号 :
G01N 15/02 (2006.01) G01B 11/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN20 13/075434
- (22) 国际申请日 : 2013 年 5 月 10 日 (10.05.2013)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (71) 申请人 : 浙江大学 (ZHEJIANG UNIVERSITY)
[CN/CN]; 中国浙江省杭州市浙大路 38 号 ,Zhejiang
3 10027 (CN)。
- (72) 发明人 吴学成 (WU, Xuecheng); 中国浙江省杭州
市浙大路 38 号 ,Zhejiang 3 10027 (CN)。 岑可法
(CEN, Kefa); 中国浙江省杭州市浙大路 38 号 ,Zheji-
ang 3 10027 (CN)。 王智化 (WANG, Zhihua); 中国
浙江省杭州市浙大路 38 号 ,Zhejiang 3 10027 (CN)。
高翔 (GAO, Xiaig); 中国浙江省杭州市浙大路 38
号 ,Zhejiang 3 10027 (CN)。 陈玲红 (CHEN, Lin-
hong); 中国浙江省杭州市浙大路 38 号 ,Zhejiang
3 10027 (CN)。 邱坤赞 (QIU, Kunzan); 中国浙江省

杭州市浙大路 38 号 ,Zhejiang 3 10027 (CN)。 吴迎春
(WU, Yingchun); 中国浙江省杭州市浙大路 38 号 ,
Zhejiang 3 10027 (CN)。 姜漠予 (JIANG, Haoyu); 中
国浙江省杭州市浙大路 38 号 ,Zhejiang 3 10027
(CN)。

(74) 代理人 : 杭州杭诚专利事务所有限公司 (HANG-
ZHOU HANGCHENG PATENT ATTORNEY OF-
FICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖大道 35 号
万新大厦 1 号楼 505 室 ,Zhejiang 3 10009 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保
护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG,
BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB,
GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP,
KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

[见续页]

(54) Title: ONE- DIMENSIONAL GLOBAL RAINBOW MEASUREMENT APPARATUS AND MEASUREMENT METHOD

(54) 发明名称 : 一维全场彩虹测量装置及测量方法

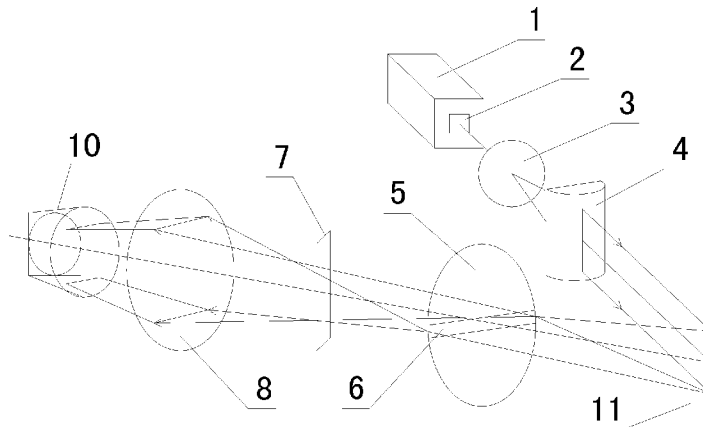


图 1 | FIG. 1

(57) Abstract: A one-dimensional global rainbow measurement apparatus comprises three parts, namely, a laser transmitting unit, a signal collecting unit, and a signal processing unit. The laser transmitting unit is used for modulating a laser beam transmitted by a laser device (1) into a sheet light source, irradiating a liquid droplet (12) of a spray field (11), and generating a rainbow signal (14). The signal collecting unit is used for separating and imaging rainbow signals (14) at different-height measurement points onto different pixels of a CCD signal collector (10). The signal processing unit is used for converting the received rainbow signal (14), and obtaining a measurement value after a computer processes the rainbow signal as a form of data. Also provided is a one-dimensional global rainbow measurement method. By using the one-dimensional global rainbow measurement apparatus and the measurement method, a gas-liquid two-phase flow field in a spray process can be analyzed, and on-line measurement of processes such as fuel atomization and sprinkle can be implemented, and capabilities of measuring, in a real-time and non-contact manner, parameters of a sprayed liquid droplet such as a refractive index, a particle size or a temperature are provided.

(57) 摘要 :

[见续页]



WO 2014/179976 A1



(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护):ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 叙亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,

CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种一维全场彩虹测量装置包括激光发射单元、信号采集单元和信号处理单元三部分。激光发射单元用于将激光器 (1) 发射的激光束调制成片光源, 照射喷雾场 (11) 液滴 (12), 产生彩虹信号 (14)。信号采集单元用于将不同高度测量点的彩虹信号 (14) 通过光学系统单元分开成像在 CCD 信号采集器 (10) 的不同行像素上。信号处理单元用于转化接收到的彩虹信号 (14), 以数据的形式经计算机处理后得到测量值。还提供了一种一维全场彩虹测量方法。该一维全场彩虹测量装置及测量方法可以分析喷射过程的气液两相流场, 实现燃料雾化、喷淋等过程的在线测量, 具有实时、非接触测量喷雾液滴粒的折射率、粒径、温度等参数的能力。

一维全场彩虹测量装置及测量方法

技术领域

本发明涉及气液两相流测量领域,具体涉及一种可以对喷雾液滴粒的粒径、折射率、温度等多参数分布进行一维测量的全场彩虹测量装置及方法。

背景技术

喷雾是目前能源环境领域广泛存在的气液两相流现象,如液体燃料雾化蒸发燃烧、脱硫脱硝喷淋设备中气液混合和吸收等。在本领域中已有多种用于测量喷雾场的技术。传统的接触式测量方法有:浸液法、跟踪法、沉降法、冻结法、溶腊法和瞬时取样法等,上述方法会对的原流场产生破坏,造成误差和应用局限性较大,不适应目前的测量需求。而很多激光测量技术则突破了上述限制,具有不干扰原有流场、精度高、实时快速、信息量大、可进行定量计算等优点。

按照激光技术的测量类别,测量喷雾液滴粒径的常见方法有:马尔文粒度分析仪、激光 Mie 散射技术、激光诱导荧光法、激光全息技术、激光显微摄影技术、激光干涉成像粒径测量技术(ILIDS)、相位多普勒技术(PDPA 或 PDA);测量喷雾液滴折射率的常见方法有:V形棱镜法、掠入射法(阿贝折射仪)、干涉条纹(牛顿环)法;测量喷雾液滴粒温度的测量方法主要有荧光法和彩虹散射法,后者还可以同时测量液滴粒径或粒径分布,分为标准彩虹法和全场彩虹法两种形

式；此外测量喷雾场浓度常见的方法有：假彩色法、阴影法、层析成像技术（CT）；测量喷雾场速度常见的方法有：激光多普勒测速技术（LDV 或 LDA）、光散斑测速技术（LSV）、相位多普勒技术（PDPA 或 PDA）、粒子图像测速技术（PIV）。

全场彩虹测量技术（GRT）的原理是光线照射到球形粒子上，部分光射入球内经球内表面一次反射后出射（称为一阶彩虹），部分光被球外表面反射。反射光与一次内反射的出射光之间相互干涉，形成一系列的光强振荡的波纹。由于彩虹信号中存在多种明显的不同频率的振荡，需要滤去高频振荡结构形成光滑的彩虹信号。通过记录延长曝光时间和扩大通光孔径，记录成千上万颗具有一定粒径分布的液滴的彩虹，由于多个颗粒的散射光相互叠加，附加在单个颗粒一阶彩虹上的高频纹波信号被消除，可以平滑彩虹信号，进而反演喷雾液粒的平均折射率、粒径分布、平均温度等参数。

由于全场彩虹测量技术在喷雾流场测量上具有同时测量粒径和折射率的独特优势，进而反演液滴温度等参数，全场彩虹测量技术及相关应用引起了各国研究者的兴趣。布鲁塞尔大学的 van Beeck 等用彩虹技术对液-液悬浮液、两相射流、液滴蒸发与扩散进行了测量。法国 G. Grehan 课题组对全场彩虹技术进行了大量研究，用来测量液滴折射率及折射率梯度、温度及粒径分布，并将其应用到复杂恶劣的现场环境中测量。德国达姆施塔特工业大学 S. Bakic 等人将全场彩虹技术应用到双组分液滴的蒸发过程中的组分测量。德国斯图加特大学 J. Wi lms 等人用彩虹技术测量单个双组分液滴蒸发过程中的组分

变化。美国 S. Sankar 研究小组用彩虹测温技术对燃料液滴加热蒸发特性进行了研究,并将彩虹技术与 PDA 联合使用,对燃烧颗粒进行了测量。德国不来梅大学 H. Lohner 等研究了用彩虹技术测量液-液悬浮液中液滴的非球形度。法国 V. Bodoc 等用彩虹技术研究通道中湍流环境下双组分液滴的蒸发。浙江大学吴学成、吴迎春等对应用全场彩虹技术测量喷雾液滴粒的粒径、浓度、温度及复杂双喷雾的组分和各组分体积比进行了模拟与实验研究。

到目前为止,全场彩虹测量技术还仅限于单点测量,如能进一步发展一维、二维,甚至三维全场彩虹测量技术,可为非稳态复杂喷雾流场的研究提供更好的测试工具,对于进一步深入研究喷雾机理具有重要意义。

发明的公开

本发明的目的是克服现有全场彩虹测量技术仅限于单点测量的缺陷,提供一种可以对喷雾液滴粒的粒径、折射率和温度进行一维测量的全场彩虹测量装置及测量方法,可以分析喷射过程的气液两相流场,实现燃料雾化、喷淋等过程的在线测量,具有一维、实时、非接触测量喷雾液滴的折射率、粒径、温度等参数能力。

本发明为解决上述技术问题采用的具体技术方案是:

一种一维全场彩虹测量装置,其特征是,包括激光发射单元,信号采集单元,信号处理单元三部分;

a. 激光发射单元,由激光器发射的激光束经调制成片光源,用于

照射喷雾场液滴，产生彩虹信号。

b. 信号采集单元，用于将不同高度测量点的彩虹信号通过光学系统单元分开成像在 CCD 信号采集器的不同行像素上；

c. 信号处理单元，用于转化接收到的彩虹信号，以数据的形式经计算机处理后得到测量值。

本发明由激光发射单元提供偏振的片光源，照射到喷雾场的测量区域，使喷雾液滴粒产生彩虹信号，该彩虹信号通过光学系统单元后，不同高度测量点的彩虹信号分开成像在 CCD 信号采集器的不同行像素上，从而一次性得到一维线区域的彩虹信号。采集到的一维彩虹信号，通过传统的单点 GRT 反演算法，可以得出一维线上各点喷雾液滴粒的粒径分布和折射率分布；而温度、组分（成分）等物理参数随折射率有特定的变化规律，根据得到的折射率分布可以反演喷雾场的温度分布、组分分布等关键参量。本发明克服了现有技术的 GRT 仅限于单点测量的缺陷，实现了全场彩虹测量系统对复杂喷雾场的一维测量，具有结构简单、适合工业在线应用等特点；它能对一维线上不同高度喷雾液滴粒的彩虹信号进行一次性测量，得到粒径和折射率分布，从而实时快速的获得喷雾液滴粒的粒径和温度等参数，通过连续性地采集一维喷雾液滴粒的数据，还可以获得二维稳定喷雾场的参数分布。

作为优选，激光发射单元由三部分组成：

半导体激光器，用于产生强度可调节的激光束；

调制元件，用于将出射激光束调制成偏振的片光源；

台架系统,用于调整激光片光源的入射位置及入射角度,使喷雾液滴粒产生的彩虹信号方向与所述光学系统单元的主光轴重合;

作为优选,半导体激光器为 40mW 至 600mW 光强可调激光器,激光器固定在旋转位移台上,所述的旋转位移台重复定位精度小于 0.005,分辨率为 0.00125°。

作为优选,调制元件包括偏振片、扩束器及柱透镜,半导体激光器、扩束器及柱透镜安装在台架系统上。半导体激光器射出的激光束,经偏振片使得只有磁矢量垂直于入射面的线偏振波(TM波)通过,经扩束器扩束后,用柱透镜调制成片光源,用于照射喷雾场的测量区域。

作为优选,信号采集单元包括视场透镜、水平线光阑、竖直线光阑、成像透镜及 CCD 信号采集器,视场透镜后侧设有水平线光阑,从喷雾场反射的光,依次通过视场透镜、水平线光阑、竖直线光阑及成像透镜后进入 CCD 信号采集器。带水平光阑的视场透镜、竖直线光阑及成像透镜,组成一维全场彩虹测量系统的傅里叶光学成像系统,不同高度液滴的彩虹信号通过视场透镜收集,视场透镜后侧设有一个水平线光阑,水平线光阑用于使只有通过透镜水平中心线的彩虹信号才能通过,从而使得不同高度测量点的彩虹信号具有不同的入射角,进而可以利用傅里叶成像原理将彩虹信号分开,将不同高度测量点的彩虹信号成像在 CCD 信号采集器的不同行像素上;在测量区域对应于视场透镜的像平面处放置一个竖直线光阑,可以用于控制测量区域的大小。

作为优选，视场透镜前侧的水平线光阑线宽为 0.5mm 至 5mm；竖直线光阑为零孔径可变光阑，最大孔宽为 25mm。

作为优选，视场透镜及成像透镜直径为 80mm 至 120mm，焦距为 100mm 至 250mm。

作为优选，CCD 信号采集器的 CCD 芯片为线性 CCD，像素范围为 1M 至 16M，最高频率为 30Hz，探测彩虹角附件范围为 10° 至 20° ，最小分辨角为 0.002° 。根据测量对象和测量条件的不同，可以选择调整 CCD 曝光时间和出射光角度及强度，从而达到最好的测量效果。

作为优选，CCD 信号采集器上设有高度调节器。高度调节器用于调节探测器接收部位光敏面的高度。

作为优选，CCD 信号采集器前设有滤光片。滤光片用于减少 CCD 信号采集器上接收到的背景光功率，从而减小周边光的散射和背景辐射引起的噪声，在保证激光透过的条件下，滤光片的带宽应尽可能窄，使得探测器处于良好的工作状态。

一种一维全场彩虹测量装置的测量方法，包括以下步骤：

- a. 使用激光器对光路进行彩虹信号高度及散射角度的标定；
- b. 打开喷嘴装置，调整喷雾场至稳定状态；
- c. 开启激光器，激光器发射的激光束经扩束器扩束后，经过柱透镜以垂直偏振的片光源的方式照射到喷雾场的测量区域上，不同高度点喷雾液滴散射的彩虹信号，通过带水平光阑的视场透镜后，使得只有过透镜水平中心线的彩虹信号才能通过，使不同高度的液滴的彩虹信号具有不同的入射角度而分开；

d. 调整视场透镜与成像透镜之间的竖直线光阑的孔宽,控制视场区域大小并滤除环境杂光,直至得到清晰稳定的彩虹信号;

e. 成像透镜将视场透镜后不同角度的散射图样条纹,折射到 CCD 芯片上,不同出射角度的光线对应 CCD 信号采集器像素面上的不同行,每行的像素记录不同高度点的喷雾液滴在不同散射角度上的光强。

作为优选,散射角度标定方法是:

在光学系统单元的主光轴延伸方向的喷雾场的测量区域设置一个带有旋转位移台的反射镜,调节旋转位移台,先使反射镜反射的光线与光学系统单元的主光轴重合,并记录旋转位移台的初始角度,微调旋转位移台的转动角度,记录旋转角度与反射光在 CCD 信号采集器上的位置,结合激光器发射的激光束与光学系统单元的主光轴的角度,可以得到标定点的散射角度,进而得到 CCD 信号采集器像素与散射角之间的关系。

本发明的有益效果是,它克服现有技术的 GRT 仅限于单点测量的缺陷,实现了全场彩虹测量系统对复杂喷雾场的一维测量,具有结构简单、适合工业在线应用等特点;它能对一维线上不同高度喷雾液滴粒的彩虹信号进行一次性测量,得到粒径和折射率分布,从而实时快速的获得喷雾液滴粒的粒径和温度等参数,通过连续性地采集一维喷雾液滴粒的数据,可以获得二维稳定喷雾场的参数分布,有利于实际工业的监测分析,为燃烧及污染物控制策略和设计方案提供数据指导,达到节约原料、减少排放的目的。

此外,采用合理设计的喷雾装置可以测量喷雾场在加热或冷却等复杂环境条件下的动态变化情况。对多组分的混合复杂喷雾场进行测量,通过得到的混合彩虹图,可以反演得到各组分在测量区域内的体积分数。

附图说明

图 1 是本发明一维全场彩虹测量装置实施例 1 的整体结构示意图;

图 2 是本发明一维全场彩虹测量装置实施例 1 光学系统单元的光路结构示意图;

图 3 是本发明一维全场彩虹测量装置实施例 2 的整体结构示意图;

图 4 是本发明一维全场彩虹测量装置实施例 2 光学系统单元的光路结构示意图;

图 5 是本发明中喷雾场及喷雾液滴粒彩虹信号干涉图像的放大结构示意图。

图中: 1. 激光器, 2. 偏振片, 3. 扩束器, 4. 柱透镜, 5. 视场透镜, 6. 水平线光阑, 7. 竖直线光阑, 8. 成像透镜, 9. 滤光片, 10. CCD 信号采集器, 11. 喷雾场, 12. 喷雾液滴粒, 13. 喷嘴装置, 14. 彩虹信号。

实施本发明的最佳方法

下面通过实施例,并结合附图对本发明技术方案的具体实施方式

作进一步的说明。

实施例 1

在如图 1、图 2 所示的实施例 1 中，一种一维全场彩虹测量装置，包括激光发射单元，信号采集单元，信号处理单元三部分：

a. 激光发射单元，由激光器发射的激光束经调制成片光源，用于照射喷雾场液滴，产生彩虹信号。激光发射单元由三部分组成：

半导体激光器 1，用于产生强度可调节的激光束；本实施例的半导体激光器为 500mW 光强可调激光器，激光器固定在旋转位移台上，所述的旋转位移台重复定位精度小于 0.005，分辨率为 0.00125°。

调制元件，用于将出射激光束调制成偏振的片光源，调制元件包括偏振片 2、扩束器 3 及柱透镜 4；

台架系统，用于调整激光片光源的入射位置及入射角度，使喷雾液滴粒 12 产生的彩虹信号 14（见图 5）方向与信号采集单元中光学系统单元的主光轴重合；半导体激光器、扩束器及柱透镜均安装在台架系统上。

b. 信号采集单元，用于将不同高度测量点的彩虹信号通过光学系统单元分开成像在 CCD 信号采集器 10 的不同行像素上；信号采集单元包括视场透镜 5、水平线光阑 6、竖直线光阑 7、成像透镜 8 及 CCD 信号采集器，视场透镜后侧设有水平线光阑，从喷雾场 11 反射的光，依次通过视场透镜、水平线光阑、竖直线光阑及成像透镜后进入 CCD 信号采集器。视场透镜及成像透镜直径为 100mm，焦距为 150mm，视场透镜前侧的水平线光阑线宽 3 μ m，竖直线光阑为零孔径可变光阑，

最大孔宽为 $25\mu\text{m}$ ；所述 CCD 信号采集器的 CCD 芯片为线性 CCD，像素范围为 1M 至 16M，最高频率为 30Hz，探测彩虹角附件范围为 10° 至 20° ，最小分辨角为 0.002° ，CCD 信号采集器上设有高度调节器。

c. 信号处理单元，用于转化接收到的彩虹信号，以数据的形式经计算机处理后得到测量值。

一维全场彩虹测量装置的测量方法，其特征在于包括以下步骤：

a. 使用激光器对光路进行彩虹信号高度及散射角度的标定，本实施例的标定方法为：

在光学系统单元的主光轴延伸方向的喷雾场的测量区域设置一个带有旋转位移台的反射镜，调节旋转位移台，先使反射镜反射的光线与光学系统单元的主光轴重合，并记录旋转位移台的初始角度，微调旋转位移台的转动角度，记录旋转角度与反射光在 CCD 信号采集器上的位置，结合激光器发射的激光束与光学系统单元的主光轴的角度，可以得到标定点的散射角度，进而得到 CCD 信号采集器像素与散射角之间的关系，然后同步调整反射镜及激光器的上下高度，测量高度的变化量并重复上述测量过程，得到喷雾场一维线上不同高度的测量点与 CCD 信号采集器像素上下行的对应关系；

b. 打开喷嘴装置 13，调整喷雾场至稳定状态；

c. 开启激光器，激光器发射的激光束经扩束器扩束后，经过柱透镜以垂直偏振的片光源的方式照射到喷雾场的测量区域上，不同高度点喷雾液滴散射的彩虹信号，通过带水平光阑的视场透镜后，使得只有过透镜水平中心线的彩虹信号才能通过，使不同高度的液滴的彩虹

信号具有不同的入射角度而分开；

d. 调整视场透镜与成像透镜之间的竖直线光阑的孔宽，控制视场区域大小并滤除环境杂光，直至得到清晰稳定的彩虹信号；

e. 成像透镜将视场透镜后不同角度的散射图样条纹，折射到 CCD 芯片上，不同出射角度的光线对应 CCD 信号采集器像素面上的不同行，每行的像素记录不同高度点的喷雾液滴在不同散射角度上的光强。

d. 接收处理单元，用于转化接收到的彩虹信号，以数据的形式经计算机处理后得到测量值。

在得到一维测量线上各点喷雾液滴粒的粒径分布后；将得到的粒径分布代入光强线性方程组，可以得出一维测量线区域喷雾液滴粒的折射率分布；而温度、组分（成分）等物理参数随折射率有特定的变化规律，根据得到的折射率分布可以反演喷雾场的温度分布、组分分布等关键参量。本发明克服了现有技术的 GRT 仅限于单点测量的缺陷，实现了全场彩虹测量系统对复杂喷雾场的一维测量，具有结构简单、适合工业在线应用等特点；它能对一维线上不同高度喷雾液滴粒的彩虹信号进行一次性测量，得到粒径和折射率分布，从而实时快速的获得喷雾液滴粒的粒径和温度等参数，通过连续性地采集一维测量线上喷雾液滴粒的数据，还可以获得二维稳定喷雾场的参数分布。

此外，采用合理设计的喷雾装置可以测量喷雾场在加热或冷却等复杂环境条件下的动态变化情况。对多组分的混合复杂喷雾场进行测量，通过得到的混合彩虹图，可以反演得到各组分在测量区域内的体

积分数。

实施例 2

实施例 2 的 CCD 信号采集器前设有滤光片 9 (见图 3 图 4), 半导体激光器为 50mW 光强可调激光器, 其余和实施例 1 相同。

在上述实施例中, 半导体激光器的功率可以在 40mW 至 600mW 之间选取, 视场透镜前侧的水平线光阑线宽可用在 0.5mm 至 5mm 之间选取; 视场透镜及成像透镜直径可以在 80mm 至 120mm 之间选取, 焦距可以在 100mm 至 250mm 之间选取。

除上述实施例外, 在本发明的权利要求书及说明书所公开的范围之内, 本发明的技术特征或技术数据可以进行重新选择及组合, 从而构成新的实施例, 这些都是本领域技术人员无需进行创造性劳动即可实现的, 因此这些本发明没有详细描述的实施例也应视为本发明的具体实施例而在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求

1. 一种一维全场彩虹测量装置，其特征是，包括激光发射单元，信号采集单元，信号处理单元三部分：

a. 激光发射单元，由激光器发射的激光束经调制成片光源，用于照射喷雾场液滴，产生彩虹信号。

b. 信号采集单元，用于将不同高度测量点的彩虹信号通过光学系统单元分开成像在 CCD 信号采集器的不同行像素上；

c. 信号处理单元，用于转化接收到的彩虹信号，以数据的形式经计算机处理后得到测量值。

2. 根据权利要求 1 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于所述的激光发射单元由三部分组成：

半导体激光器，用于产生强度可调节的激光束；

调制元件，用于将出射激光束调制成偏振的片光源；

台架系统，用于调整激光片光源的入射位置及入射角度，使喷雾液滴粒产生的彩虹信号方向与所述光学系统单元的主光轴重合。

3. 根据权利要求 2 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述的半导体激光器为 40mW 至 600mW 光强可调激光器，激光器固定在旋转位移台上，所述的旋转位移台重复定位精度小于 0.005，分辨率为 0.00125°。

4. 根据权利要求 2 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述的调制元件包括偏振片、扩束器及柱透镜，半导体激光器、扩束

器及柱透镜安装在台架系统上。

5. 根据权利要求 1 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，信号采集单元包括视场透镜、水平线光阑、竖直线光阑、成像透镜及 CCD 信号采集器，视场透镜后侧设有水平线光阑，从喷雾场反射的光，依次通过视场透镜、水平线光阑、竖直线光阑及成像透镜后进入 CCD 信号采集器。

6. 根据权利要求 5 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述视场透镜前侧的水平线光阑线宽为 0.5mm 至 5mm，竖直线光阑为零孔径可变光阑，最大孔宽为 25mm。

7. 根据权利要求 5 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述的视场透镜及成像透镜直径为 80mm 至 120mm，焦距为 100mm 至 250mm。

8. 根据权利要求 1 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述 CCD 信号采集器的 CCD 芯片为线性 CCD，像素范围为 1M 至 16M，最高频率为 30Hz，探测彩虹角附件范围为 10° 至 20° ，最小分辨角为 0.002。

9. 根据权利要求 1 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述的 CCD 信号采集器上设有高度调节器。

10. 根据权利要求 1 所述的一维全场彩虹测量装置，其特征在于，所述的 CCD 信号采集器前设有滤光片。

11. 一种根据权利要求 1 所述的一维全场彩虹测量装置的测量方法，其特征在于包括以下步骤：

- a. 使用激光器对光路进行彩虹信号高度及散射角度的标定；
- b. 打开喷嘴装置，调整喷雾场至稳定状态；
- c. 开启激光器，激光器发射的激光束经扩束器扩束后，经过柱透镜以垂直偏振的片光源的方式照射到喷雾场的测量区域上，不同高度点喷雾液滴散射的彩虹信号，通过带水平光阑的视场透镜后，使得只有过透镜水平中心线的彩虹信号才能通过，使不同高度的液滴的彩虹信号具有不同的入射角度而分开；
- d. 调整视场透镜与成像透镜之间的竖直线光阑的孔宽，控制视场区域大小并滤除环境杂光，直至得到清晰稳定的彩虹信号；
- e. 成像透镜将视场透镜后不同角度的散射图样条纹，折射到 CCD 芯片上，不同出射角度的光线对应 CCD 信号采集器像素面上的不同行，每行的像素记录不同高度点的喷雾液滴在不同散射角度上的光强。

12. 根据权利要求 11 所述的一维全场彩虹测量装置的测量方法，其特征在于所述的散射角度标定方法是：

在光学系统单元的主光轴延伸方向的喷雾场的测量区域设置一个带有旋转位移台的反射镜，调节旋转位移台，先使反射镜反射的光线与光学系统单元的主光轴重合，并记录旋转位移台的初始角度，微调旋转位移台的转动角度，记录旋转角度与反射光在 CCD 信号采集器上的位置，结合激光器发射的激光束与光学系统单元的主光轴的角度，可以得到标定点的散射角度，进而得到 CCD 信号采集器像素与散射角之间的关系，然后同步调整反射镜及激光器的上下高度，测量高

度的变化量并重复上述测量过程,得到喷雾场一维线上不同高度的测量点与 CCD 信号采集器像素上下行的对应关系。

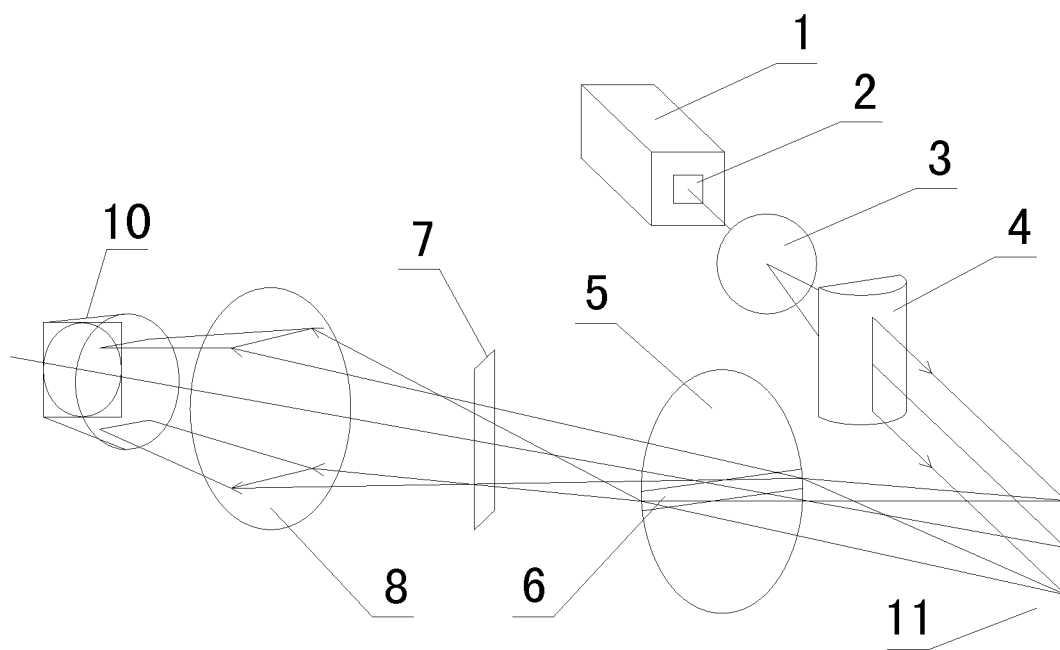


图 1

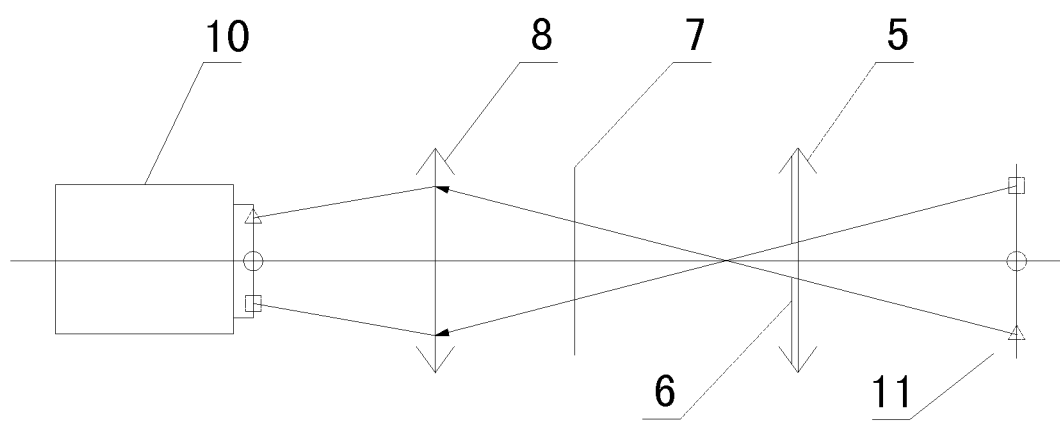


图 2

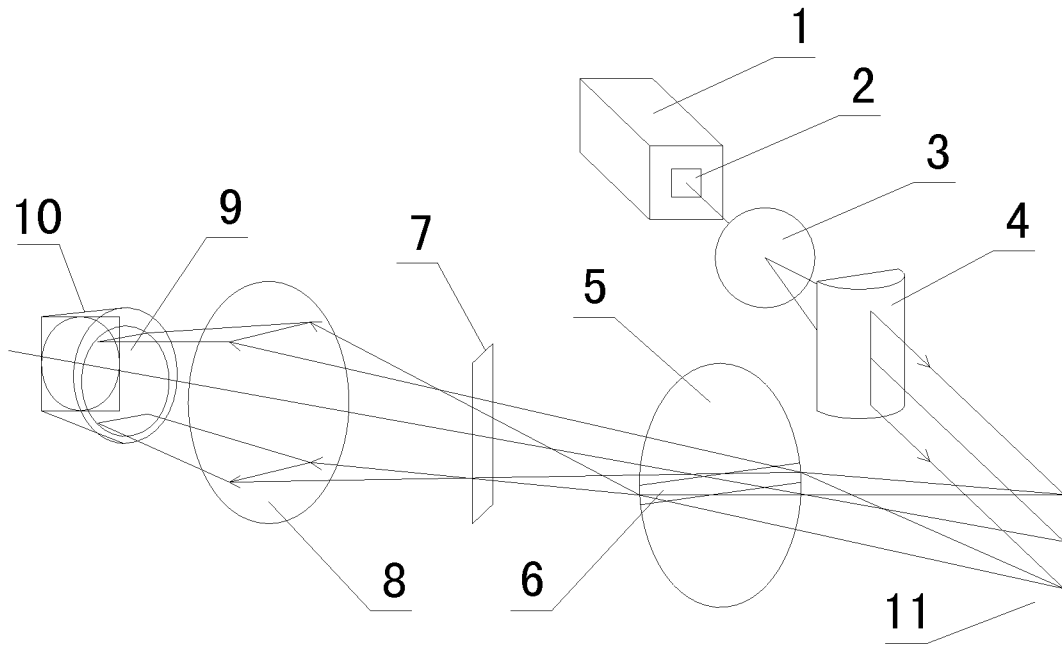


图 3

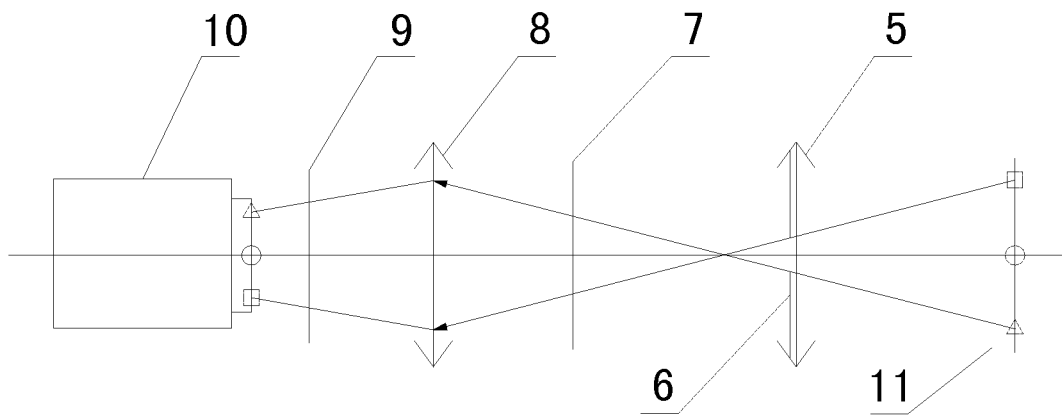


图 4

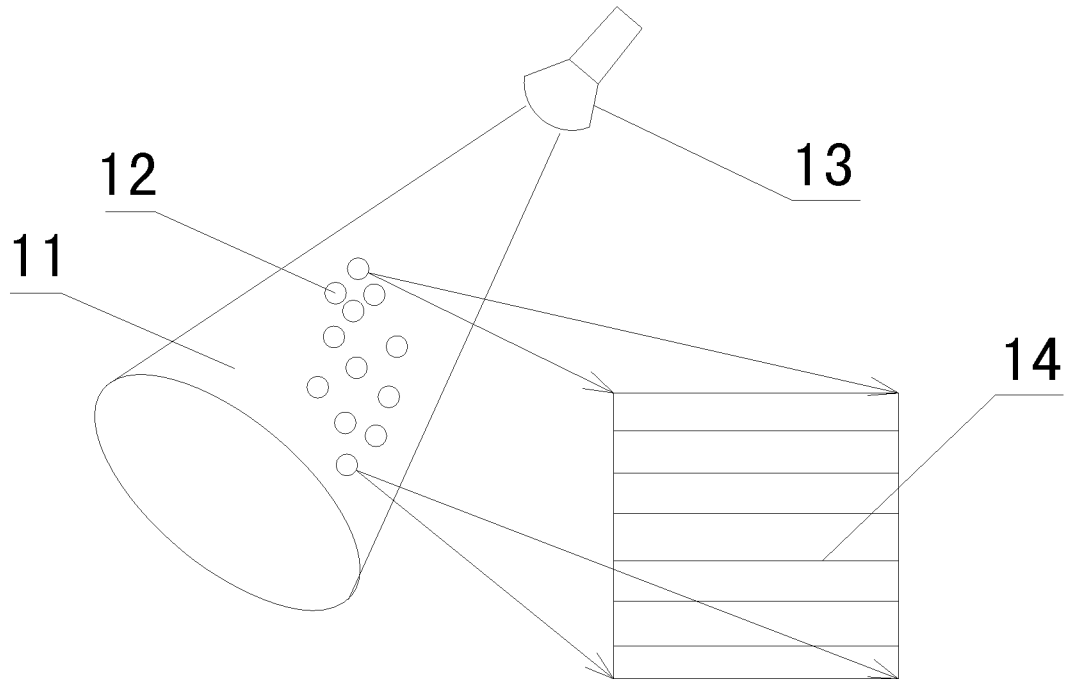


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2013/075434

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See the extra sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01N; G01B; G01K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, VEN, CJFD; GRT, global, rainbow, laser, spray, atomization, droplet, size, refractive index, temperature. .
one-dimensional

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102003936 A (UNIV ZHEJIANG) 06 April 2011 (06.04.2011) claims 1 and 2	1-12
A	CN 1252451 C (UNIV SCI & TECHNOLOGY CHINA) 19 April 2006 (19.04.2006) the whole document	1-12
A	CN 1587985 A (UNIV SHANGHAI COMMUNICATION) 02 March 2005 (02.03.2005) the whole document	1-12
A	CN 202 16(593 U (JINAN WINNER PARTICLE INSTRUMENTS STOCK CO., LTD) 14 March 2012 (14.03.2012) the whole document	1-12
A	CN 102636420 A (UNIV XIAN JIAOTONG) 15 August 2012 (15.08.2012) the whole document	1-12
A	CN 102854098 A (SHOUGANG GENERAL CO.,LTD) 02 January 2013 (02.01.2013) the whole document	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search 13 January 2014 (13.01.2014)	Date of mailing of the international search report 30 January 2014 (30.01.2014)
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer HU, Yuelan Telephone No. (86-10) 62085736

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN201 3/075434

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 2204678 A (SWITHENBANK J) 16 November 1988 (16.11 .1988) the whole document	1-12
A	US 5684587 A (TSI INC.) 04 November 1997 (04.11 .1997) the whole document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN201 3/075434

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 102003936 A	06.04.2011	CN 102003936 B	04.01.2012
CN 1252451 C	19.04.2006	CN 1464288 A	31.12.2003
CN 1587985 A	02.03.2005	CN 1258080 C	31.05.2006
CN 202166593 U	14.03.2012	None	
CN 102636420 A	15.08.2012	None	
CN 102854098 A	02.01 .2013	None	
GB 2204678 A	16.11 .1988	None	
U S 5684587 A	04.11 .1997	None	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN201 3/075434

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:

G01N 15/02 (2006.01) i

G01B 11/08 (2006.01) i

A. 主题的分类

参见附加页

按照国际专利分类(IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: GOIN, GOIB, GOIK

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))

CNABS, CNTXT, VEN, CJFD; 一维, 全场, 彩虹, 激光, 喷雾, 雾化, 喷淋, 液滴, 粒径, 折射率, 温度
 GRT, global, rainbow, laser, spray, atomization, droplet, size, refractive index, temperature

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 102003936 A (浙江大学) 06.4 月 2011 (06.04.2011) 权利要求 1-2	1-12
A	CN 125245 1 C (中国科学技术大学) 19.4 月 2006 (19.04.2006) 全文	1-12
A	CN 1587985 A (上海交通大学) 02.3 月 2005 (02.03.2005) 全文	1-12
A	CN 202166593 U (济南微纳颗粒仪器股份有限公司) 14.3 月 2012 (14.03.2012) 全文	1-12
A	CN 102636420 A (西安交通大学) 15.8 月 2012 (15.08.2012) 全文	1-12
A	CN 102854098 A (首钢总公司) 02.1 月 2013 (02.01.2013) 全文	1-12
A	GB 2204678 A (SWITTHENBANK J) 16.11 月 1988 (16.11.1988) 全文	1-12
A	US 5684587 A (TSI INC) 04.11 月 1997 (04.11.1997) 全文	1-12



其余文件在 C 栏的续页中列出。

因 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的 3 个月之前公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

13.1 月 2014 (13.01.2014)

国际检索报告邮寄日期

30.1 月 2014 (30.01.2014)

ISA/CN 的名称和邮寄地址:

中华人民共和国国家知识产权局
 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088

传真号: (86-10)62019451

受权官员

胡跃澜

电话号码: (86-10) 62085736

国际检索报告

关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2013/075434

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN 102003936 A	06.04.201 1	CN 102003936 B	04.01.2012
CN 125245 1 C	19.04.2006	CN 1464288 A	3 1. 12.2003
CN 1587985 A	02.03.2005	CN 1258080 C	3 1.05.2006
CN 202166593 U	14.03.2012	无	
CN 102636420 A	15.08.2012	无	
CN 102854098 A	02.01.2013	无	
GB 2204678 A	16. 11. 1988	无	
U S 5684587 A	04. 11. 1997	无	

主题的分类：

G01N 15/02 (2006.01) i

G01B 11/08 (2006.01) i