



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111437897 A

(43)申请公布日 2020.07.24

(21)申请号 202010437217.4

(22)申请日 2020.05.21

(71)申请人 浙江大学

地址 310013 浙江省杭州市西湖区余杭塘路866号

(72)发明人 吴迎春 吴学成 吕绮梦 岑可法

(74)专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224

代理人 白静兰

(51) Int. Cl.

B01L 3/02(2006.01)

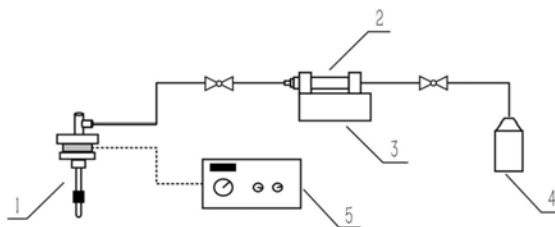
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种双流式单分散液滴流发生方法与装置

(57)摘要

本发明公开了一种双流式单分散液滴流发生方法:注射泵推动注射器将储液瓶中的液体连续注入到液滴流发生器中,从液滴流发生器的两个微孔喷射到空气中,形成两股射流;压电驱动器向液滴流发生器中的压电陶瓷片发送电压扰动波,驱动液滴流发生器产生一定频率的振动,在两股射流上形成扰动波,使其断裂为两束单分散液滴流。本发明还公开了一种双流式单分散液滴流发生装置,所述装置包括液滴流发生器、注射器、注射泵、压电驱动器及储液瓶;所述液滴流发生器包括压电陶瓷片,所述压电驱动器与压电陶瓷片相连。本发明提供的双流式单分散液滴流发生方法及装置可以解决多束液滴射流的控制问题,实现不同液滴粒径、液滴间距、流束间距的液滴流发生。



1. 一种双流式单分散液滴流发生方法,其特征在于,所述方法包含以下步骤:

(1) 注射泵推动注射器将储液瓶中的液体连续注入到液滴流发生器中,从液滴流发生器的两个微孔喷射到空气中,形成两股射流;

(2) 压电驱动器向液滴流发生器中的压电陶瓷片发送电压扰动波,驱动液滴流发生器产生一定频率的振动,在两股射流上形成扰动波,使其断裂为两束单分散液滴流。

2. 根据权利要求1所述的双流式单分散液滴流发生方法,其特征在于,在步骤(1)中,所述液滴流发生器的两个微孔包括第一微孔和第二微孔,第一微孔的直径 d_1 与第二微孔的直径 d_2 之比为: $1 < d_1/d_2 < 2.4$ 。

3. 根据权利要求1所述的双流式单分散液滴流发生方法,其特征在于,在步骤(1)中,第一微孔与第二微孔的间距 $> 3d_1$ 。

4. 根据权利要求2所述的双流式单分散液滴流发生方法,其特征在于,在步骤(2)中电压扰动波的波长范围为: $\pi d_1 < \lambda < 7.5d_2$ 。

5. 一种双流式单分散液滴流发生装置,其特征在于,所述装置包括液滴流发生器、注射器、注射泵、压电驱动器及储液瓶;

注射泵推动注射器将储液瓶中的液体连续注入到液滴流发生器中,从液滴流发生器的两个微孔喷射到空气中,形成两股射流;

所述液滴流发生器包括压电陶瓷片,所述压电驱动器与压电陶瓷片相连,压电驱动器向液滴流发生器中的压电陶瓷片发送电压扰动波,驱动液滴流发生器产生一定频率的振动,在两股射流上形成扰动波,使其断裂为两束单分散液滴流。

6. 根据权利要求5所述的双流式单分散液滴流发生装置,其特征在于,所述液滴流发生器包括外螺纹转接头、内螺纹压环、环形端盖、“T”型圆筒、压电陶瓷片、支撑腔、喷腔及喷腔固定帽;

“T”型圆筒置于环形端盖内部,将压电陶瓷片固定在支撑腔肩部;

外螺纹转接头的一端通过螺纹与支撑腔连接,另一端与内螺纹压环连接;

喷腔通过喷腔固定帽固定在支撑腔上;

喷腔的出口部分安装双孔金属片喷嘴,双孔金属片喷嘴上设有不同直径的第一微孔和第二微孔。

7. 根据权利要求6所述的双流式单分散液滴流发生装置,其特征在于,所述喷腔的出口部分还设有密封圈及垫片,分别位于双孔金属片喷嘴的上、下端。

8. 根据权利要求6所述的双流式单分散液滴流发生装置,其特征在于,在步骤(1)中,第一微孔的直径 d_1 与第二微孔的直径 d_2 之比为: $1 < d_1/d_2 < 2.4$ 。

9. 根据权利要求8所述的双流式单分散液滴流发生装置,其特征在于,在步骤(1)中,第一微孔与第二微孔的间距 $> 3d_1$ 。

10. 根据权利要求6所述的双流式单分散液滴流发生装置,其特征在于,双孔金属片喷嘴的厚度 T 为0.1至1毫米,第一微孔的直径 d_1 与第二微孔的直径 d_2 为10微米至500微米。

一种双流式单分散液滴流发生方法与装置

技术领域

[0001] 本发明涉及液滴制备领域,具体涉及一种双流式单分散液滴流发生方法与装置。

背景技术

[0002] 在喷墨打印、电路板封装、农药喷洒、燃烧室燃油喷雾燃烧、喷雾冷却等领域中,微米级液滴的产生都具有非常高的应用价值。对单液滴、单分散液滴流行为的观测,在喷雾碰撞、破碎、蒸发与燃烧领域有重要意义。因而,产生初始参数可控的微米级液滴具有工业和科研领域的重大需求。

[0003] 微米级液滴喷射主要分为压电式、热泡式、阀控式、静电式和微注射式五大类。其中,压电式和热泡式是目前应用最广泛、发展最为成熟的喷射技术。压电式喷射技术主要利用逆压电效应,可控的扰动波信号通过驱动装置在压电器件上施加电压信号,使其产生变形并挤压液滴使其从微孔中喷出。压电式喷射技术的优点在于,对液体的控制能力强,喷射精度高;反应速度快,喷射范围广;可喷射液滴的粘度范围大。

[0004] 对于液滴流发生装置,公开号为CN 1404993的中国专利公开了一种用于喷墨打印机喷头的微小液滴流发生器。公开号为CN 108927234A的中国专利公开了一种基于压电激震机理的液滴发生系统,计算机控制驱动电源发送压电信号,通过压电陶瓷片发生形变使得液滴流发生器腔体体积发生变化,液滴通过流道和喷嘴被挤出,用于产生一定范围内可精确控制液滴参数的稳定的小液滴。公开号为CN 107051805A的中国专利公开了一种多激励振动的液滴流发生器装置,通过分别独立控制多片振动片,产生不同方向的射流扰动源,用于研究射流形态在不同方向和不同特征参数的射流特性。

[0005] 通过对现有技术文献的检索发现,还未有相关装置能够同时产生两束不同形态参数的单分散液滴流。而在实际研究和应用中,多数情况是不同形态的液滴相互作用,例如液滴蒸发中不同形态液滴阵列的相互影响。因而,亟需研究并开发一种双流式的单分散液滴流发生方法与装置。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种双流式单分散液滴流发生方法与装置,解决多束液滴射流的控制问题,实现不同液滴粒径、液滴间距、流束间距的液滴流发生。

[0007] 本发明提供如下技术方案:

[0008] 一种双流式单分散液滴流发生方法,包括以下步骤:

[0009] (1) 注射泵推动注射器将储液瓶中的液体连续注入到液滴流发生器中,从液滴流发生器的两个微孔喷射到空气中,形成两股射流;

[0010] (2) 电驱动器向液滴流发生器中的压电陶瓷片发送电压扰动波,驱动液滴流发生器产生一定频率的振动,在两股射流上形成扰动波,使其断裂为两束单分散液滴流。

[0011] 在步骤(1)中,所述液滴流发生器的两个微孔包括第一微孔和第二微孔,第一微孔的直径 d_1 与第二微孔的直径 d_2 之比为: $1 < d_1/d_2 < 2.4$ 。通过设置上述直径比,可以保证能同

时使两束射流破碎为单分散液滴流。

[0012] 在步骤(1)中,第一微孔与第二微孔的间距 $>3d_1$ 。通过设置上述间距,可以防止两束射流间相互影响。

[0013] 在步骤(2)中电压扰动波的波长范围为: $\pi d_1 < \lambda < 7.5d_2$ 。

[0014] 在步骤(2)中,所述电压扰动波的确定方法为:

[0015] 根据流体表面Rayleigh不稳定性原理,当施加于射流液柱上的扰动波波长 λ 满足式(1)时,液柱将崩解为均匀液滴流。

$$[0016] \quad \pi d < \lambda < 7.5d \quad (1)$$

[0017] 其中,d为射流液柱的直径,可近似为微孔的直径。扰动波的波长 λ 由压电驱动器的正弦电压的频率 f_{dis} 和液滴运动速度 u_d 决定,

$$[0018] \quad \lambda = u_d / f_{dis} \quad (2)$$

[0019] 对于具有两个微孔的喷嘴,为了同时实现两束射流破碎成单分散液滴流,扰动波波长需满足:

$$[0020] \quad \pi d_1 < \lambda < 7.5d_2 \quad (3)$$

[0021] 其中, d_1, d_2 分别为第一微孔(较大微孔)与第二微孔(较小微孔)的直径。

[0022] 进一步地,射流崩解后形成的均匀液滴的大小和流速主要由注射泵的注射流量与压电驱动器发出扰动波的频率决定。液滴的直径 D_i 可由公式(4)获得:

$$[0023] \quad D_i = \left(\frac{6Q_i}{\pi f_{dis}} \right)^{1/3} \quad (4)$$

[0024] 其中,下标“i”表示两个微孔的编号“1”、“2”; Q_i 为通过双孔的流量,由

$Q_i = \frac{d_i^2}{d_1^2 + d_2^2} Q$ 计算,Q为注入液滴流发生器的流量,由注射泵设置。

[0025] 液滴的速度 $u_{d,i}$ 由公式(5)获得:

$$[0026] \quad u_{d,i} = \frac{4Q_i}{\pi d_i^2} \quad (5)$$

[0027] 本发明还提供一种双流式单分散液滴流发生装置,所述装置包括液滴流发生器、注射器、注射泵、压电驱动器及储液瓶;注射泵推动注射器将储液瓶中的液体连续注入到液滴流发生器中,从液滴流发生器的两个微孔喷射到空气中,形成两股射流;

[0028] 所述液滴流发生器包括压电陶瓷片,所述压电驱动器与压电陶瓷片相连,压电驱动器向液滴流发生器中的压电陶瓷片发送电压扰动波,驱动液滴流发生器产生一定频率的振动,在两股射流上形成扰动波,使其断裂为两束单分散液滴流。

[0029] 所述液滴流发生器包括外螺纹转接头、内螺纹压环、环形端盖、“T”型圆筒、压电陶瓷片、支撑腔、喷腔及喷腔固定帽;“T”型圆筒置于环形端盖内部,与支撑腔间形成较大摩擦力,将压电陶瓷片固定在支撑腔肩部;外螺纹转接头的一端通过螺纹与支撑腔连接,另一端与内螺纹压环连接,起到固定、密封作用;喷腔通过喷腔固定帽固定在支撑腔上;喷腔的出口部分安装双孔金属片喷嘴。

[0030] 所述喷腔的出口部分还设有密封圈及垫片,分别位于双孔金属片喷嘴的上、下端。起到密封及防止金属微孔片变形的作用。

[0031] 第一微孔的直径 d_1 与第二微孔的直径 d_2 之比为： $1 < d_1/d_2 < 2.4$ 。通过设置上述直径比，可以保证能同时使两束射流破碎为单分散液滴流。

[0032] 具体地，双孔金属片喷嘴的厚度 T 的范围大约为0.1至1毫米，微孔尺寸范围大约为10微米至500微米。

[0033] 第一微孔与第二微孔的间距 $> 3d_1$ 。通过设置上述间距，可以防止两束射流间相互影响。

[0034] 所述电压扰动波的波长范围为： $\pi d_1 < \lambda < 7.5d_2$ 。

[0035] 本发明提供的双流式单分散液滴流发生装置所产生的两束液滴流单分散性大于98%，液滴尺寸在大约20微米至1000微米的范围内，液滴速度在大约2m/s至20m/s的范围内。

[0036] 进一步地，本发明所述的双流式单分散液滴流发生装置可以将较低粘性的流体喷射为液滴流，例如碳氢油类，约0.3cP。具体地，流体可以有大约0.3至50cP的粘度范围。

[0037] 通过控制双孔金属片喷嘴的微孔孔径、间距，以及控制注射泵的注射流量、压电驱动器的扰动波频率等参数，可实现不同液滴粒径、液滴间距、流束间距的液滴流发生；从而使本发明提供的装置可以产生多种工作模式，提高该装置的利用效率。本发明提供的双流式单分散液滴流发生装置，该装置操作简单、可精确控制液滴发生频率范围、运行稳定，双孔金属片喷嘴的制造、替换方便，填补了国内外在双液滴流发生方面的空白。

附图说明

[0038] 图1为实施例中双流式单分散液滴流发生装置的结构示意图；

[0039] 图2为实施例中液滴流发生器的结构示意图；

[0040] 图3为实施例中双孔金属片喷嘴的示意图，其中， D_p 为金属微孔片的直径， T 为金属片厚度， d_1, d_2 为两孔的直径， L 为双孔间距；

[0041] 图4为本发明提供的一种典型的液滴流示意图；

[0042] 其中，1、液滴流发生器，2、注射器，3、注射泵，4、储液瓶，5、压电驱动器；101、外螺纹转接头，102、内螺纹压环，103、环形端盖，104、“T”型圆筒，105、压电陶瓷片，106、支撑腔，107、喷腔固定帽，108、喷腔，109、密封圈，110、双孔金属片喷嘴，111、垫片。

具体实施方式

[0043] 下面结合附图对本发明具体实施方式做进一步说明。

[0044] 如图1所示，本实施例提供的双流式单分散液滴流发生装置，包括：液滴流发生器1，注射器2，注射泵3，储液瓶4，压电驱动器5。

[0045] 如图2所示，液滴流发生器1包括：外螺纹转接头101、内螺纹压环102、环形端盖103、“T”型圆筒104、压电陶瓷片105、支撑腔106、喷腔108及喷腔固定帽107；“T”型圆筒104置于环形端盖103内部，将压电陶瓷片105固定在支撑腔106肩部；外螺纹转接头101的一端通过螺纹与支撑腔106连接，另一端与内螺纹压环102连接；喷腔108通过喷腔固定帽107固定在支撑腔106上；喷腔108的出口部分安装双孔金属片喷嘴110，双孔金属片喷嘴110上设有不同直径的第一微孔和第二微孔；喷腔108的出口部分还设有密封圈109及垫片111，分别位于双孔金属片喷嘴110的上、下端。双孔金属片喷嘴110的结构如图3所示。

[0046] 用上述装置同时产生两束单分散液滴流的方法包括以下步骤：

[0047] 步骤1：拧转液滴发生器1的喷腔固定帽107，取下喷腔108，按照垫片111、双孔金属片喷嘴110、密封圈109的顺序安装在喷腔8的出口部分，随后用喷腔固定帽107将喷腔108固定在支撑腔106上；

[0048] 步骤2：将注射器2安装于注射泵3上；

[0049] 步骤3：利用管路将储液瓶4、注射泵3及液滴发生器1相连，管路上布置有阀门；

[0050] 步骤4：利用导线将压电陶瓷片105的正负极与压电驱动器5相连；

[0051] 步骤5：关闭注射泵3-液滴发生器1管路上的阀门，打开储液瓶4-注射泵3管路上的阀门。打开注射泵3的电源，将注射泵3设置为抽液模式，使其从储液瓶4中抽取液体，直至满管。

[0052] 步骤6：打开注射泵3-液滴发生器1管路上的阀门，关闭储液瓶4-注射泵3管路上的阀门。设置注射泵3的注射流量，向液滴流发生器1注射液体。

[0053] 步骤7：观测从液滴发生器1喷嘴处产生的射流，根据理论公式调整压电驱动器5的扰动波频率，使其产生均匀、等间隔的液滴流。

[0054] 如图4所示为一种典型的两束单分散液滴流阴影结果图，其中，液滴阴影图内的亮斑为垂直入射液滴的透射光。在微孔尺寸、注射流量一定的情况下，液滴的大小、间距主要由压电驱动器发送扰动波的频率决定。

[0055] 以上对本发明所提供的双流式单分散液滴流发生方法与装置进行了详细介绍，实施例的说明只用于帮助理解本发明的方法，不应理解为对本发明的限制。

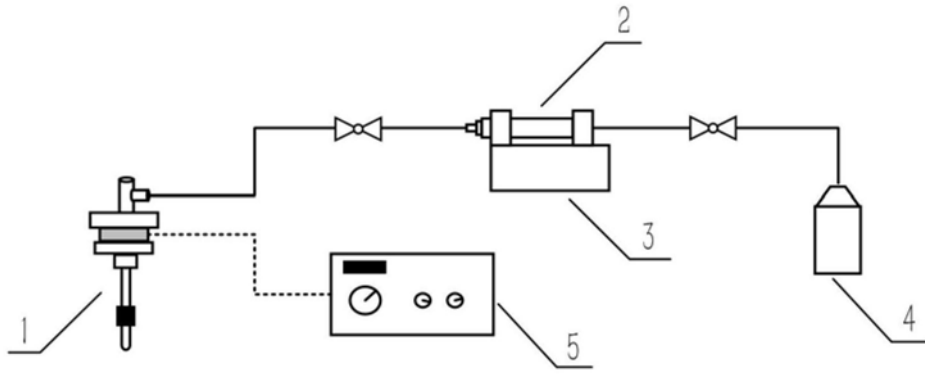


图1

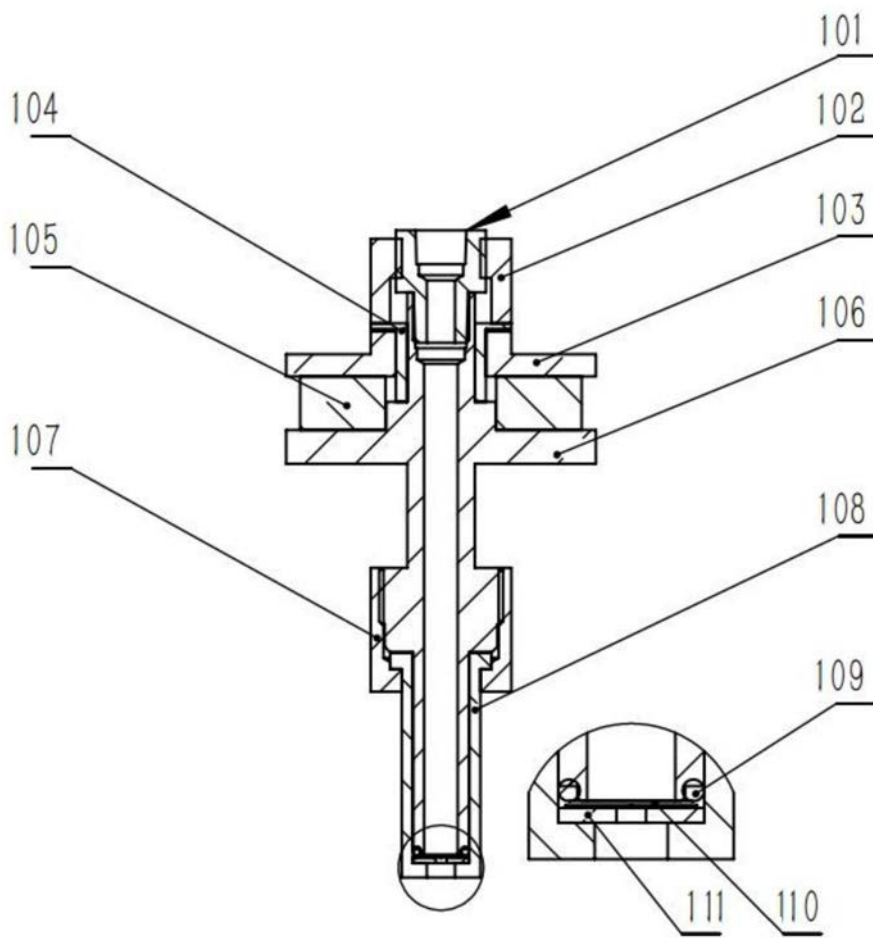


图2

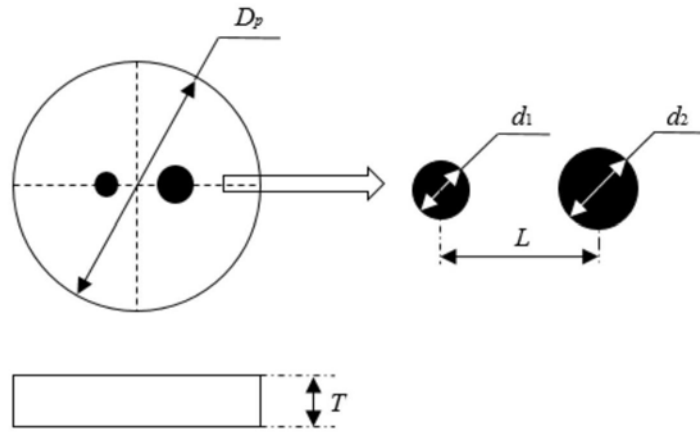


图3

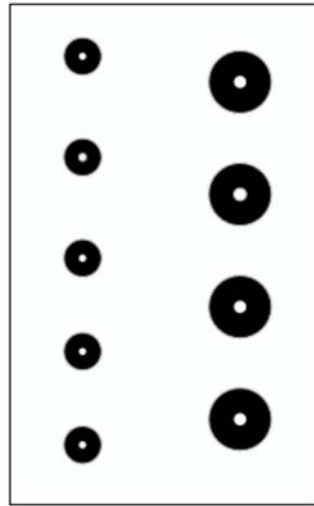


图4