



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 121842921 A

(43) 申请公布日 2026. 04. 10

(21) 申请号 202610192628.9

(22) 申请日 2026.02.10

(71) 申请人 中国科学院电工研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村北二条6号

(72) 发明人 张帅 邵涛 章程 张子硕  
窦立广 宋晓琳

(74) 专利代理机构 北京科迪生专利代理有限公司 11251

专利代理师 李芙蓉

(51) Int. Cl.

H05H 1/24 (2006.01)

H05K 7/20 (2006.01)

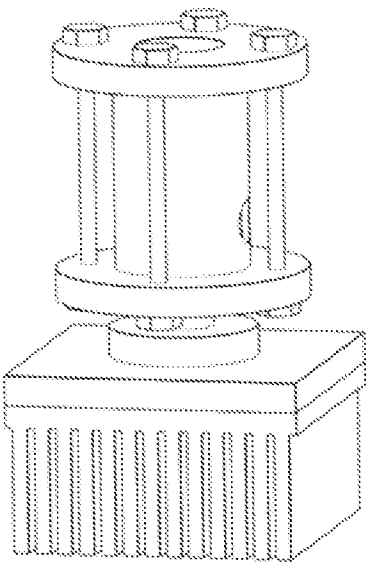
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法和装置

(57) 摘要

本发明公开一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法和装置。该装置包括供水部、电极组件和高压电源；其中电极组件由放电电极和诱导电极对称设置构成，放电电极包括圆柱基体及沿圆柱基体的外表面对称分布的放电单元，诱导电极与放电电极的圆柱基体同轴设置的中空圆筒，中空圆筒包围放电电极并与放电电极之间形成环形放电间隙，在中空圆筒上设置有侧孔；高压电源与所述电极组件中的至少一个电极连接；供水部用于向所述电极组件提供水或者在电极表面形成可持续冷凝的水膜。本发明的放电电极采用多个尖锥形成的多尖端阵列形成并联尖端放电单元，局部场增强且均匀分布，在较低驱动电压下即可稳定电晕放电，提高单位功耗的离子输出。



1. 一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置包括供水部、电极组件和高压电源;

其中所述电极组件由放电电极和诱导电极对称设置构成,所述放电电极包括圆柱基体及沿所述圆柱基体的外表面对称分布的放电单元,所述诱导电极为与所述放电电极的圆柱基体同轴设置的中空圆筒,所述中空圆筒包围所述放电电极并与所述放电电极之间形成环形放电间隙,在所述中空圆筒上设置有侧孔;

所述高压电源与所述电极组件中的至少一个电极连接;

所述供水部用于向所述电极组件提供水或者在电极表面形成可持续冷凝的水膜。

2. 根据权利要求1所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述放电单元为由若干尖锥形成的尖锥阵列,所有尖锥在所述圆柱基体上沿轴向等距排布;所述尖锥的顶端圆角半径 $0.05 \sim 0.15\text{mm}$ 。

3. 根据权利要求2所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述尖锥与所述中空圆筒的内壁的最小径向间隙为 $3 \sim 10\text{mm}$ ,所述中空圆筒的有效长度覆盖所述尖锥阵列且两端存在轴向间隙。

4. 根据权利要求1所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述高压电源与所述放电电极连接,所述诱导电极接地或被设置为零电位或被设置为与放电电极同极性或相反极性的受控电位;且施加于所述放电电极的电压绝对值不小于施加于所述诱导电极的电压绝对值。

5. 根据权利要求1至4任意一项所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括第一固定座和第二固定座,所述第一固定座设置在所述电极组件的上方,所述第二固定座放置在所述电极组件的下方,所述第一固定座与所述第二固定座之间通过拉杆或螺柱贯穿连接;所述电极组件被固定在所述拉杆或螺柱之间;所述第一固定座与所述第二固定座相互配合使所述电极组件的同轴度 $\leq 0.2\text{mm}$ 。

6. 根据权利要求5所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述第一固定座和所述第二固定座上均设置有通孔;所述放电电极的后端固定在所述第二固定座的通孔中,所述高压电源的高压引线进入所述第二固定座的后端并与所述放电电极连接。

7. 根据权利要求5所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述供水部为在电极表面形成可持续冷凝的水膜,所述供水部包括热电制冷片、温度传感器和控制电路;所述热电制冷片的制冷侧与所述电极组件的底端接触,所述控制电路用于控制所述热电制冷片的温度。

8. 根据权利要求7所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括过渡冷板,所述过渡冷板设置在所述热电制冷片的制冷侧与所述第二固定座之间,所述温度传感器设置在所述第二固定座或所述过渡冷板上;

和/或,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括散热板,所述散热板与所述热电制冷片的热端接触。

9. 根据权利要求7所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其特征在于,所

述供水部还包括连接电极,所述连接电极与所述高压电源电连接并布置在靠近所述放电电极的一侧,所述连接电极与所述放电电极相隔设置。

10.一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法,其特征在于,采用权利要求1至9任意一项所述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置;所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法具体包括如下步骤:

启动热电制冷片使所述放电电极的邻近区域降至露点以下以形成冷凝水膜;

同时向放电电极和诱导电极施加高压,在环形放电间隙产生稳定电晕放电,此时冷凝水被电离并随气流从所述中空圆筒中流出,从而获得等离子体活化雾。

## 一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及雾化技术领域,尤其涉及一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法和装置。

### 背景技术

[0002] 现有空气离子发生技术主要包括:针尖—平板(或针—环)电晕放电、金属丝/碳纤维电晕放电、介质阻挡放电(DBD)、水雾/水膜参与的放电等。上述方案普遍依赖环境湿度维持放电稳定性,空气干燥或温度波动时离子产量明显下降。为提升放电稳定性而引入外加喷雾时,又会带来供水、结垢与维护成本上升的问题。

[0003] 单针或少数针尖电极在体积受限的家电/便携设备中应用广泛,但存在电场过度集中、起晕电压较高、易受污染磨损导致输出衰减的问题;针尖被水滴暂时覆盖时易产生闪络或电弧,造成臭氧/氮氧化物副产物升高及电磁干扰增大。简单的丝—筒式结构虽然有一定方向性,但在小间隙下同样容易受凝露影响而不稳定。

[0004] 为改善湿度依赖性,已有技术尝试利用热电制冷(TEC)或其他制冷方式在电极附近形成冷凝水,作为放电所需的介质水源。然而冷凝式方案普遍面临三类矛盾:其一,导热与绝缘的矛盾——需要将冷端高效导热到电极,同时又必须对制冷单元与高压电极进行电隔离,避免介电击穿;其二,冷凝位置与电场区域匹配的矛盾——冷凝往往发生在非目标位置,导致放电区缺水或液桥跨越电极间隙;其三,热端散热不足——热管理不当引起冷端温度漂移,造成离子输出随时间衰减。安全与副产物控制亦是关键痛点。为维持放电,部分方案采用较高电压或脉冲峰值,导致生成的臭氧/ $\text{NO}_x$ 难以维持在低浓度;在凝露环境下,绝缘件表面电阻下降,若缺乏有效的场整形与限流措施,出现电弧击穿和高压干扰的概率上升。

[0005] 因此,需要提供一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置。

### 发明内容

[0006] 为解决上述技术问题,本发明提供一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,该装置利用热电制冷获取冷凝水或接入外部供水,在紧凑体积下实现稳定放电与可控冷凝,具备结构稳固、尺寸小、能耗低、便于维护等优点,适用于空气净化、家电、车载与便携场景。

[0007] 本发明进一步要解决的技术问题是,提供一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法。

[0008] 为达到上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0009] 一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其包括供水部、电极组件和高压电源;

[0010] 其中,所述电极组件由放电电极和诱导电极对称设置构成,所述放电电极包括圆柱基体及沿所述圆柱基体的外表面对称分布的放电单元,所述诱导电极为与所述放电电极的圆柱基体同轴设置的中空圆筒,所述中空圆筒包围所述放电电极并与所述放电电极之间

形成环形放电间隙,在所述中空圆筒上设置有侧孔;

[0011] 所述高压电源与所述电极组件中的至少一个电极连接;

[0012] 所述供水部用于向所述电极组件提供水或者在电极表面形成可持续冷凝的水膜。

[0013] 其中,所述放电单元为由若干尖锥形成的尖锥阵列,所有尖锥在所述圆柱基体上沿轴向等距排布;所述尖锥的顶端圆角半径 $0.05 \sim 0.15\text{mm}$ 。

[0014] 其中,所述尖锥与所述中空圆筒的内壁的最小径向间隙为 $3 \sim 10\text{mm}$ ,所述中空圆筒的有效长度覆盖所述尖锥阵列且两端存在轴向间隙。

[0015] 其中,所述高压电源与所述放电电极连接,所述诱导电极接地或被设置为零电位或被设置为与放电电极同极性或相反极性的受控电位;且施加于所述放电电极的电压绝对值不小于施加于所述诱导电极的电压绝对值。

[0016] 其中,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括第一固定座和第二固定座,所述第一固定座设置在所述电极组件的上方,所述第二固定座放置在所述电极组件的下方,所述第一固定座与所述第二固定座之间通过拉杆或螺柱贯穿连接;所述电极组件被固定在所述拉杆或螺柱之间;所述第一固定座与所述第二固定座相互配合使所述电极组件的同轴度 $\leq 0.2\text{mm}$ 。

[0017] 其中,所述第一固定座和所述第二固定座上均设置有通孔;所述放电电极的后端固定在所述第二固定座的通孔中,所述高压电源的高压引线进入所述第二固定座的后端并与所述放电电极连接。

[0018] 其中,所述供水部为在电极表面形成可持续冷凝的水膜,所述供水部包括热电制冷片、温度传感器和控制电路;所述热电制冷片的制冷侧与所述电极组件的底端接触,所述控制电路用于控制所述热电制冷片的温度,所述温度传感器设置在所述第二固定座。

[0019] 其中,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括过渡冷板,所述过渡冷板设置在所述热电制冷片的制冷侧与所述第二固定座之间,所述温度传感器设置在所述第二固定座或所述过渡冷板上;

[0020] 和/或,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括散热板,所述散热板与所述热电制冷片的热端接触。

[0021] 其中,所述供水部还包括连接电极,所述连接电极与所述高压电源电连接并布置在靠近所述放电电极的一侧,所述连接电极与所述放电电极相隔设置。

[0022] 一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法,其采用上述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置;所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法具体包括如下步骤:

[0023] 启动热电制冷片使所述放电电极的邻近区域降至露点以下以形成冷凝水膜;

[0024] 同时向放电电极和诱导电极施加高压,在环形放电间隙产生稳定电晕放电,此时冷凝水被电离并随气流从所述中空圆筒中流出,从而获得等离子体活化雾。

[0025] 本发明的有益效果如下:

[0026] (1) 本发明的放电电极采用多个尖锥形成的多尖端阵列形成并联尖端放电单元,局部场增强且均匀分布,在较低驱动电压下即可稳定电晕放电,提高单位功耗的离子输出。

[0027] (2) 本发明的电极在电场分布与放电控制方面更优化。放电电极的同轴尖端阵列结构使电场集中而不尖锐,从而在较低电压下即可维持稳定电晕放电。与之相对的诱导电

极封闭形结构,其形状与放电极的轴向对称设计保证电场分布均匀,避免局部过强放电及电弧现象,同时提高离子释放方向性与扩散效率。

[0028] (3) 本发明的过渡冷板为高导热绝缘体,与放电电极热耦合而与高压电路电隔离;同轴套筒提高有效空气间隙与爬电距离,避免制冷单元被高压击穿。

[0029] (4) 本发明的电极结构兼具导热性与电绝缘安全性;散热板由高导热金属材料(如铜、铝或钛合金)制成,保证热量快速传递;过渡冷板采用高介电强度绝缘材料(如氧化铝陶瓷、氮化铝或覆绝缘层铝基板)与电极热耦合,实现热传导与电隔离双重功能,防止热电制冷单元因高压击穿而失效。该结构有效地隔离了高压电场与制冷模块,使电气安全与热效率同时得到保证。

[0030] (5) 本发明的电极模块具备良好的模块化与可维护性。放电电极、诱导电极及固定件采用同轴可拆装结构,通过绝缘支架与贯穿螺钉固定,便于在运行一段时间后进行清洗、更换或维护。电极组件的标准化设计也为后续多型号产品提供了兼容性支持。

## 附图说明

[0031] 图1为本发明的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置的整体结构示意图。

[0032] 图2为本发明的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置的爆炸结构图。

[0033] 图3为本发明的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置的剖面示意图。

[0034] 图4为本发明的一个具体实施例的整体示意图。

[0035] 其中,附图标记为:1-第一固定座;2-诱导电极;21-中空圆筒;22-拉杆;23-侧孔;3-放电电极;31-圆柱基体,32-放电单元;4-第二固定座;5-过渡冷板;6-热电制冷片;7-散热板;8-供水部。

## 具体实施方式

[0036] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合附图及实施例,对本发明进行进一步详细说明。应当理解,此处所描述的具体实施例仅用以解释本发明,并不用于限定本发明。此外,下面所描述的本发明各个实施方式中所涉及到的技术特征只要彼此之间未构成冲突就可以相互组合。

[0037] 参见图1至图4,本发明提供一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置,其包括供水部8、电极组件和高压电源。

[0038] 其中,所述电极组件由放电电极3和诱导电极2对称设置构成。所述放电电极的几何外形可为环形、球形、锥形或设有钝化圆角的尖端形,以改善电场线分布与离子扩散路径。

[0039] 本实施例中的所述诱导电极2为与所述放电电极3的圆柱基体31同轴设置的中空圆筒21,所述中空圆筒21包围所述放电电极3并与所述放电电极3之间形成环形放电间隙,在所述中空圆筒21上设置有侧孔23。

[0040] 所述放电电极3包括放电部与传热部,传热部与过渡冷板5导热连接,传热部的横截面积大于放电部的横截面积,以增大与冷却部的接触面积并降低热阻;放电部可为球形、椭球形、圆锥形、多孔状或具有微尖端的结构,以在保持放电稳定性的同时实现局部电场强化。

[0041] 本实施例中,放电电极3的传热部为圆柱基体31,放电部为放电单元32。

[0042] 具体的,参见图2和图3,所述放电电极3包括圆柱基体31及沿所述圆柱基体的外表面对称分布的放电单元32,优选的,参见图2,所述放电单元32为由若干尖锥形成的尖锥阵列,所有尖锥在所述圆柱基体31上沿轴向等距排布;所述尖锥的顶端圆角半径 $0.05 \sim 0.15\text{mm}$ 。具体的,放电电极3包括圆柱基体31及沿圆柱外表面对称布置的若干尖锥。圆柱基体31优选316L不锈钢或钛合金整体加工,尖锥采用同材一体车削/铣削或嵌装硬质尖端(如钨针),尖锥列数2~4列、每列3~8枚,沿圆柱基体31的轴向等距排布。本实施例的放电电极在径向形成多个并联尖端放电单元,降低起晕电压,提高电场均匀性。

[0043] 优选的,所述尖锥与所述中空圆筒21的内壁的最小径向间隙为 $3 \sim 10\text{mm}$ ,所述中空圆筒21的有效长度覆盖所述尖锥阵列且两端存在轴向间隙。

[0044] 所述高压电源与所述电极组件中的至少一个电极连接,用于在所述放电电极3与所述诱导电极2之间建立电场。本实施例中有三种连接方式,第一种:高压电源通过引线与放电电极3连接,诱导电极2接地;第二种:高压电源通过引线与放电电极3连接,诱导电极2被设置为零电位;第三种:高压电源通过引线与放电电极3连接,诱导电极2被设置为与放电电极3同极性或相反极性的受控电位,这样可以调控离子组成与臭氧副产物。优选的,所述高压电源的输出满足:施加于所述放电电极3的电压绝对值不小于施加于所述诱导电极2的电压绝对值,以在两电极间形成稳定电晕区并提高水离子生成效率。本发明的装置中所有高压连接处覆以硅橡胶灌封,爬电距离与空气间隙按潮湿环境进行设计。

[0045] 参见图4,所述供水部8用于向所述电极组件提供水或者在电极表面形成可持续冷凝的水膜。

[0046] 在其中一个实施例中,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括第一固定座1和第二固定座4,所述第一固定座1设置在所述电极组件的上方,所述第二固定座4放置在所述电极组件的下方,所述第一固定座1与所述第二固定座4之间通过拉杆22或螺柱贯穿连接;所述电极组件被固定在所述拉杆22或螺柱之间;所述第一固定座1与所述第二固定座4相互配合使所述电极组件的同轴度 $\leq 0.2\text{mm}$ 。

[0047] 第一固定座1设置在诱导电极2的上方,第一固定座1为环形金属或绝缘金属复合件,中部设通孔以允许空气自上而下流通。圆柱基体31的一端与第一固定座1通过螺纹或焊接固定,保证良好的导热路径与机械强度。

[0048] 本实施例中,第二固定座4为绝缘或覆绝缘层的高导热件(如氧化铝陶瓷/氮化铝陶瓷或铝基板覆绝缘层),第二固定座4的中心开设同轴通孔,放电电极3的根部穿过该通孔并通过螺母配合定位;可通过第二固定座4将冷量沿轴向直接传至放电电极3的根部,实现电极冷却。优选的,在第二固定座4的上表面设置紧固件,用于与外壳或导流罩连接。此时,高压电源的引线可以自装置侧下方引入,经绝缘套管进入第二固定座4的后部,并与放电电极3电连接。

[0049] 第二固定座4与第一固定座1之间通过拉杆22或螺柱贯穿连接,保证整套电极的同轴度 $\leq 0.2\text{mm}$ ,抑制偏心导致的局部过强电场。

[0050] 其中,所述第一固定座1和所述第二固定座4上均设置有通孔;所述放电电极3的后端固定在所述第二固定座4的通孔中,所述高压电源的高压引线进入所述第二固定座4的后端并与所述放电电极3连接。

[0051] 本实施例中,所述第一固定座1的中心设同轴通孔,放电电极3后端穿过并固定于该通孔,所述第二固定座4为环形板件并与所述拉杆22螺接,二者与所述中空圆筒21共同限定环形放电间隙。

[0052] 在其中一个实施例中,所述供水部8接入外部雾化喷头。工作时,水溶液经由雾化喷头雾化成均匀分布的微米级雾滴或薄雾层,覆盖于放电电极表面及其附近空间。高压电源在放电电极与诱导电极之间建立高电场,在水雾中产生稳定电晕放电,将水分子电离生成等离子体活化雾。等离子体活化雾随气流由电极顶部输出到待处理空间。本方案通过主动雾化供水减小对环境湿度的依赖,便于调节等离子体活化雾产量并提高放电稳定性。

[0053] 在其中一个实施例中,参见图2,所述供水部8为在电极表面形成可持续冷凝的水膜,所述供水部8包括热电制冷片6、温度传感器和控制电路;所述热电制冷片6的制冷侧与所述电极组件的底端接触,所述控制电路用于控制所述热电制冷片的温度,所述温度传感器设置在所述第二固定座4上。温度传感器与控制电路配合使用可实现对热电制冷片6的闭环控温,本发明要求保持热电制冷片6的冷端温度在露点以下2~5℃的范围内。本实施例中热电制冷片6优选为Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>型TEC。

[0054] 优选的,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括过渡冷板5,所述过渡冷板5设置在所述热电制冷片6的制冷侧与所述第二固定座4之间,所述温度传感器设置在所述第二固定座4或所述过渡冷板5上。过渡冷板5优选铜或铝制,起到均温与机械过渡作用,其上表面通过螺钉与第二固定座4固定连接。第二固定座4与过渡冷板5紧密贴合,使冷量沿轴向直接传至放电电极3的根部,实现电极冷却,同时维持与热电制冷片6之间的电隔离。更优的,所述过渡冷板5为氧化铝陶瓷、氮化铝陶瓷或带绝缘层的金属基板,既与放电电极热耦合又与热电制冷片6电绝缘。

[0055] 当采用热电制冷时,所述供水部8包括半导体热电制冷片6(TEC)与过渡冷板5,所述过渡冷板5的冷端与所述TEC的制冷侧导热耦合,所述过渡冷板5的另一侧与所述电极元件中的至少一极导热耦合,用于在电极表面或邻近区域形成冷凝水。优选的,在第二固定座4内嵌温度传感器并以PID控制热电制冷片6,保持冷端温度在露点以下2~5℃的范围内。

[0056] 优选的,所述供水部8还包括连接电极,所述连接电极与所述高压电源电连接并布置在靠近所述放电电极3的一侧,所述连接电极与所述放电电极3相隔设置。

[0057] 在其中一个实施例中,所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置还包括散热板7,所述散热板7与所述热电制冷片6的热端接触。散热板7优选为氧化铝挤压鳍片块体,底面设置安装孔供贯穿螺钉定位。

[0058] 其中,热电制冷片6的热端与散热板7之间、热电制冷片6的冷端与过渡冷板5之间分别涂布导热硅脂形成面接触。

[0059] 为提高散热效率,所述散热器包括散热板与翅片或肋片结构;散热板材料优选铝合金、铜或石墨复合材料;导热片可采用铜、铝或高导热石墨片,厚度根据目标热流密度选定,以保证TEC工作点稳定。

[0060] 优选的,在所述中空圆筒21的内壁上涂覆有疏水涂层以抑制挂水。

[0061] 本发明中的电极组件、过渡冷板和散热板均为分体式可拆结构,通过贯穿紧固件与定位套实现同轴度≤0.2mm的装配精度,便于清洁与更换。

[0062] 本发明的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置的装配步骤为:将散热板7、

热电制冷片6与过渡冷板5依次贴合固定;将第二固定座4与过渡冷板5锁紧;将放电电极3从第二固定座4中心通孔穿入并锁固;将诱导电极2的中空圆筒21置于放电电极3的外周并通过拉杆22锁紧;最后安装第一固定座1并完成电连接与温度传感器布置。完成装配后,放电单元32与中空圆筒21之间的径向间隙、端部轴向间隙及第二固定座4与第一固定座1之间的空气间隙共同构成放电与绝缘空间。

[0063] 相应的,本发明提供一种基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法,其采用上述的基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生装置;所述基于冷凝水电极的等离子体活化雾产生方法具体包括如下步骤:

[0064] 启动热电制冷片6使所述放电电极3的邻近区域降至露点以下以形成冷凝水膜;

[0065] 同时向放电电极3和诱导电极2施加高压,在环形放电间隙产生稳定电晕放电,此时冷凝水被电离并随气流从所述中空圆筒21中流出,从而获得纳米等离子体活化雾。

[0066] 工作时,控制电路驱动热电制冷片6,使第二固定座4与放电电极3的根部降温,直至放电区附近温度低于环境露点,空气水汽在放电单元32附近优先成核并形成薄水膜或微滴。随后在高压电源作用下,放电电极3与诱导电极2之间建立稳定电晕区,放电单元即尖锥阵列在中空圆筒21的约束下实现方向性放电,生成的纳米水离子随气流经中空圆筒21两端和侧孔23排出。由于诱导电极2形成了电场边界并提供屏蔽,装置在较低电压下即可获得稳定离子流,同时避免侧向击穿与噪声。

[0067] 本领域的技术人员容易理解,以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0068] 本发明说明书未详细阐述部分属于本领域公知技术提供以上实施例仅仅是为了描述本发明的目的,而并非要限制本发明的范围。本发明的范围由所附权利要求限定。不脱离本发明的精神和原理而做出的各种等同替换和修改,均应涵盖在本发明的范围之内。

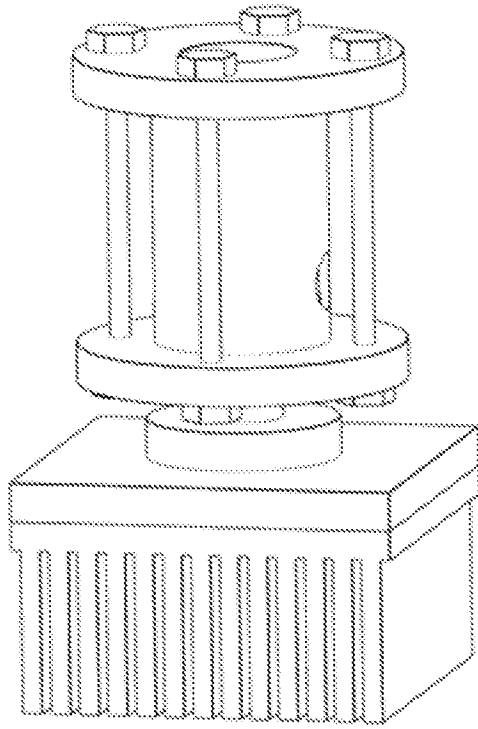


图1

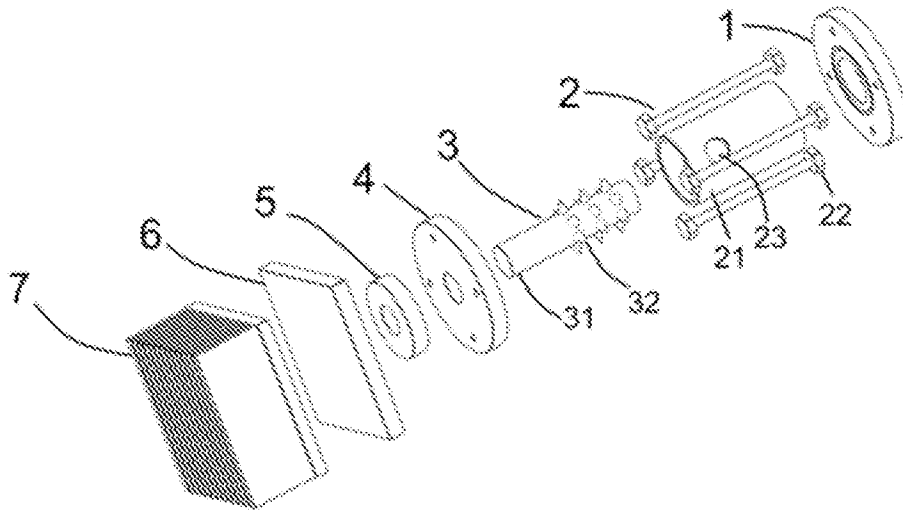


图2

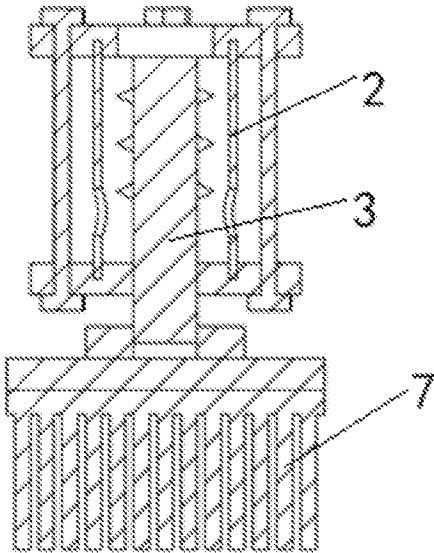


图3

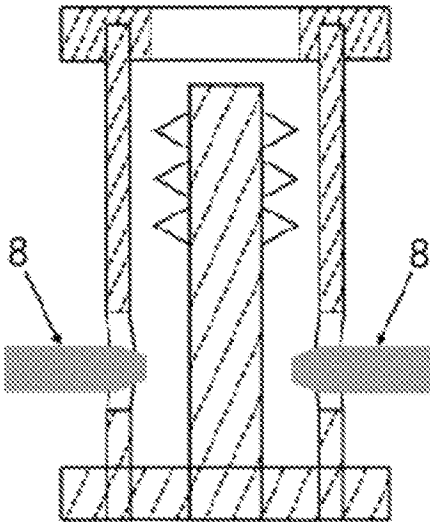


图4