



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102548176 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201210009084. 6

(22) 申请日 2012. 01. 12

(71) 申请人 北京交通大学

地址 100044 北京市海淀区西直门外上园村  
3号

(72) 发明人 刘文正 孔飞 张德金

(74) 专利代理机构 北京润泽恒知识产权代理有  
限公司 11319

代理人 苏培华

(51) Int. Cl.

H05H 1/24 (2006. 01)

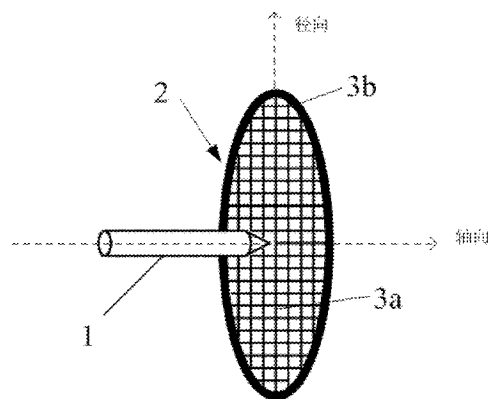
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

### (54) 发明名称

放电电极及应用该放电电极的等离子体发生装置

### (57) 摘要

一种放电电极,包括:锥状阴极、网状阳极和支撑构件;其中,所述锥状阴极的锥端与所述网状阳极的圆形端面中心相对准,且二者均设置于所述支撑构件上。真空放电过程中,在本发明的网状阳极后侧可以获得高密度、大面积的金属等离子体。本发明另外还提供一种应用该放电电极的等离子体发生装置。



1. 一种放电电极,其特征在于包括:锥状阴极、网状阳极和支撑构件;其中,所述锥状阴极的锥端与所述网状阳极的端面相对准,且二者均设置于所述支撑构件上。
2. 如权利要求1所述的放电电极,其特征在于,所述锥状阴极包括金属圆柱以及设置于该金属圆柱一端的圆锥体结构,所述锥状阴极的圆锥体结构的尖端为球状。
3. 如权利要求2所述的放电电极,其特征在于,所述锥状阴极的圆锥体结构的锥度为1:2至2:1。
4. 如权利要求2所述的放电电极,其特征在于,所述锥状阴极材质为金属,例如铜或铅等。
5. 如权利要求1至4任一所述的放电电极,其特征在于,所述网状阳极包括支撑环和放电金属丝网,支撑环设置于所述放电金属丝网周沿。
6. 如权利要求5所述的放电电极,其特征在于,所述放电金属丝网的网孔几何透过率为50%至97%。
7. 如权利要求5任一所述的放电电极,其特征在于,所述放电金属丝网网孔结点通过金属编制工艺连接为一体或者网孔结点通过焊接连为一体,或所述金属丝网一体成型。
8. 如权利要求1所述的放电电极,其特征在于,所述锥状阴极与网状阳极之间的距离可调。
9. 如权利要求1所述的放电电极,其特征在于,还包括可旋转构件,该可旋转包括两个相对设置并分开固定距离的构件结构,所述锥状阴极和网状阳极通过支撑结构分别固定于所述两个半圆构件上;其中,所述两半圆构件可围绕固定轴线旋转。
10. 一种等离子体发生装置,其特征在于,应用上述权利要求1至9任一所述的放电电极。

## 放电电极及应用该放电电极的等离子体发生装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电极,更具体的涉及一种生成大面积、高密度金属等离子体的放电电极。本发明还同时涉及一种应用该电极的等离子体发生装置。

### 背景技术

[0002] 真空环境内电极放电产生金属等离子体,这些金属等离子体具有很高的能量,其特性与电极结构密切相关。当电弧电流为几百安培时,真空电弧的形态呈扩散态,金属离子定向运动。金属等离子体可应用于离子束表面分析技术及离子注入技术;针对于宇宙空间的真空环境,利用电极提供金属等离子体来产生动能,无需携带额外的推进剂,可应用于小型卫星姿态微调的推进系统。

[0003] 在现有的技术中,真空放电大多采用锥-板电极。然而由于板状阳极的阻挡作用,放电产生的金属等离子体的传播具有一定的局限性,实验大多利用沿电极径向扩散的等离子体。而且由于主放电回路电流方向和电极径向成 $90^\circ$ ,放电生成的沿径向扩散的等离子体密度较小,即放电产生的可利用的等离子体密度较小。同时当持续性放电时,由于真空室内残留油污分子分解、电极烧蚀等作用,在阴极尖端放电表面会产生一层薄膜阻碍等离子体的发生。

### 发明内容

[0004] 本发明提供一种放电电极,以解决现有真空放电过程中只能利用沿电极径向扩散的密度较小的等离子体的问题。

[0005] 此外,本发明还提供一种应用该放电电极的等离子体发生装置。

[0006] 为了解决上述问题,本发明公开了一种放电电极,包括,锥状阴极、网状阳极和支撑构件;其中,所述锥状阴极的锥端与所述网状阳极的端面相对准,且二者均设置于所述支撑构件上。

[0007] 可选的,所述锥状阴极包括金属圆柱以及设置于该金属圆柱一端的圆锥体结构,所述锥状阴极的圆锥体结构的尖端为球状。

[0008] 可选的,所述锥状阴极的圆锥体结构的锥度为 $1:2$ 至 $2:1$ 。

[0009] 可选的,所述锥状阴极材质为金属,例如铜或铅等。

[0010] 可选的,所述网状阳极包括支撑环和放电金属丝网,支撑环设置于所述放电金属丝网周沿。

[0011] 可选的,所述放电金属丝网的网孔几何透过率为 $50\%$ 至 $97\%$ 。

[0012] 可选的,所述放电金属丝网网孔结点通过金属编制工艺连接为一体或者网孔结点通过焊接连为一体,或所述金属丝网一体成型。

[0013] 可选的,所述锥状阴极与网状阳极之间的距离可调。

[0014] 可选的,还包括可旋转构件,该可旋转包括两个相对设置并分开固定距离的构件结构,所述锥状阴极和网状阳极通过支撑结构分别固定于所述两个半圆构件上;其中,所述

两半圆构件可围绕固定轴线旋转。

[0015] 本发明还提供一种等离子体发生电路及装置,应用上述任一所述的放电电极。

[0016] 与现有技术相比,本发明将放电电极的阳极设置成网状,锥状阴极的锥端对准所述网状阳极,放电在所述锥状阴极和网状阳极之间进行;由于网状电极的通透性,电极为产生的等离子体运动提供了沿网状阳极的轴向的扩散通道,在网状阳极的后侧可以获得等离子体;放电过程中阴极点放出的等离子体在两电极间的密度最高,且电极轴向与主放电回路中电流的方向一致,这使得在轴向透过网状电极扩散的等离子体的密度远远大于径向的密度;利用网状阳极的通透性,把电极间的等离子体释放了出来,在网状阳极后侧可得到更高密度的等离子体,也就是说该放电电极结构可实现轴向高密度离子体。

[0017] 而且,该放电电极结构简单,使用寿命长,放电稳定性和重复性好。

### 附图说明

[0018] 图 1 是本发明的放电电极的实施例的结构示意图;

[0019] 图 2 为图 1 所示的结构设置可旋转部件后的结构示意图;

[0020] 图 3 为图 1 的左视图;

[0021] 图 4 为图 1 的右视图;

[0022] 图 5 为图 1 所示的放电电极的具体放电电路图;

[0023] 图 6 示出了利用朗缪尔探针法测得的电极周围等离子体的密度分布情况。

### 具体实施方式

[0024] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0025] 图 1 为本发明的放电电极实施例的结构示意图。请参看图 1,本实施例中,放电电极包括锥状阴极 1、网状阳极 2 以及支撑构件。

[0026] 其中,所述锥状阴极 1 为一端具有锥端的结构,该锥端作为阴极的放电端。通过设置锥端作为放电端,可增强放电效果。但是锥的尖端不易太尖,否则会引起放电点偏移,影响放电稳定性。本实施例中,其包括金属圆柱体以及设置于该金属圆柱体一端的圆锥体结构,锥体结构的锥度为 1 : 2 至 2 : 1,本实施例中具体为 1 : 1。

[0027] 该锥状阴极 1 的材质可以采用铅或铜等金属。

[0028] 此外,为进一步提高放电的稳定性,锥状阴极 1 的锥端的尖端要保持一定的圆度,例如,可以将锥端尖端部设置为弧状或球状。

[0029] 所述网状阳极 2 为纵横交错的金属丝编制或焊接或一体成型的网状结构。本实施例中,网状阳极 2 由支撑环 3b 和放电金属丝网 3a 构成。支撑环 3b 设置于所述放电金属丝网周沿。所述放电金属丝网 3a 可以为如图 1 所示的结构,其还可以是多个半径不同的同心金属圆环以及沿径向分布的金属丝构成的网状结构,其还可以是其它任何可以构成具备网孔的网状结构,这里不再一一列举。为使等离子体较多的透过网状阳极,需要保持网孔尽可能具有较高的几何透过率。本实施例中,所述放电金属丝网的网孔几何透过率为 50% 至 97%。

[0030] 图 2 为图 1 所示的结构设置及可旋转部件的结构示意图。锥状阴极 1 的锥端与所

述网状阳极 2 的端面相对准,且二者均设置于所述的支撑构件上。其中,所述支撑构件包括对所述锥状阴极支撑的阴极支撑构件 6a(如图 3 所示,其中图 3 为图 1 的左视图)和对网状阳极提供支撑的阳极支撑构件 6b(如图 4 所示,其中图 4 为图 1 的右视图)。锥状阴极 1 相对于锥端的另一端通过螺栓 4 固定于阴极支撑构件 6a 上,从而可便于拆卸清洗该阴极。阴极支撑构件 6a 由不锈钢金属制成,在其表面可设置螺纹,从而可便于调制锥状阴极与网状阳极的间距,以满足不同的放电条件。网状阳极 2 的支撑环 3b 设置于阳极支撑构件 6b 上。当然,也可以在阳极支撑构件上设置螺纹结构,实现锥状阴极 1 和网状阳极 2 之间的距离可调。

[0031] 为便于理解,下面给出一组放电电极的详细尺寸。锥状阴极采用铅金属,阴极总长 25mm,圆柱直径为 5mm,锥度为 1 : 1。网状阳极采用不锈钢金属丝编织,金属丝直径 0.2mm,外围支撑环直径为 40mm,网孔大小 1mm×1mm,几何透过率为 69.4%。电极间距为 1mm。网状阳极通过聚四氟支柱固定在聚四氟半圆上,锥状阴极通过不锈钢支柱固定在金属半圆上。电极中心线与可旋转半圆的距离为 40mm。

[0032] 放电电源采用脉冲放电形式,其具体放电电路如图 5 所示。220V 交流电源,经过变压器升压,倍压整流电路变换后给电容 C2 充电。当给三点间隙施加点火脉冲时,三点间隙导通,经 C2、27Ω 电阻、160μH 电感和真空间隙构成回路,真空间隙击穿产生放电现象。阴极通过接线柱接电源高压端,网状阳极通过导线接地。

[0033] 图 6 示出了利用朗缪尔探针法测得的电极周围等离子体的密度分布情况。实测结果表明在本实施例的电极结构下透过网状电极的等离子体密度是径向等离子体的 2.78 倍,说明利用网状电极结构可以获得高密度、大面积的金属等离子体。

[0034] 本实施例中,将放电电极的阳极设置网状,锥状阴极的锥端对准所述网状阳极,放电在所述锥状阴极和网状阳极之间进行。利用网状阳极的通透性,采集电极后侧沿轴向扩散的等离子体,以期获得高密度的等离子体。由于电极间放电通路中的等离子体密度最高,利用网状电极的通透性,将电极间流动的高密度等离子体释放到网状阳极的后部,在电极轴方向得到了高密度等离子体。也就是说,在本发明的技术方案中,透过网状电极的等离子体在轴向的密度远远大于径向的密度。该放电电极结构可实现高密度等离子体的生成。

[0035] 而且,该放电电极结构简单,使用寿命长,放电稳定性和重复性好。

[0036] 此外,本发明实施例的放电电极还包括可旋转构件,如图 2 所示,可旋转构件包括两个相对设置并分开固定距离的半圆构件,分别为金属半圆构件 5a 和聚四氟半圆构件 5b。其中,锥状阴极 1 通过不锈钢支柱固定于所述金属半圆构件 5a 上,网状阳极 2 通过聚四氟支柱固定于聚四氟半圆构件 5b 上。

[0037] 所述两个半圆构件通过螺栓固定在可旋转引线柱上,引线柱与器壁通过聚四氟材料进行绝缘。通过旋转引线柱,可带动两电极在真空放电室进行 360° 旋转,进而带动轴向产生的等离子体扫描不同的区域,使得利用等离子体进行大面积材料处理成为可能,便于处理空间不同位置的工作。

[0038] 上述的放电电极可应用于等离子体设备中,应用该等离子体设备可实现脉冲放电等离子体注入技术和脉冲金属离子推进技术。

[0039] 本发明虽然以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以做出可能的变动和修改,因此本发明的保

---

护范围应当以本发明专利要求所界定的范围为准。

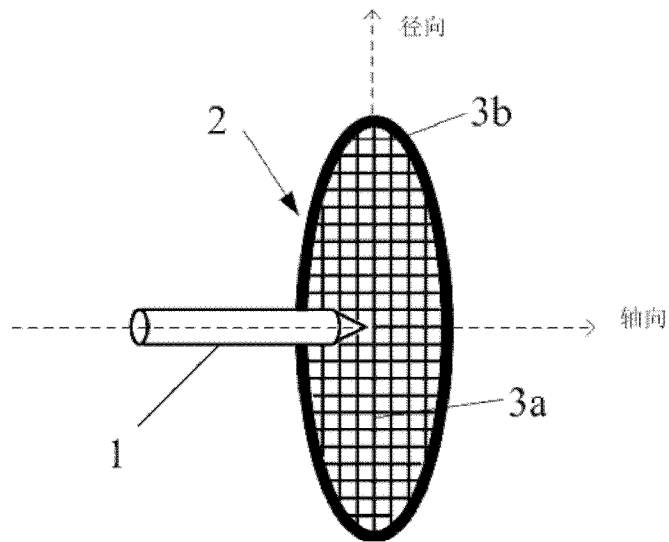


图 1

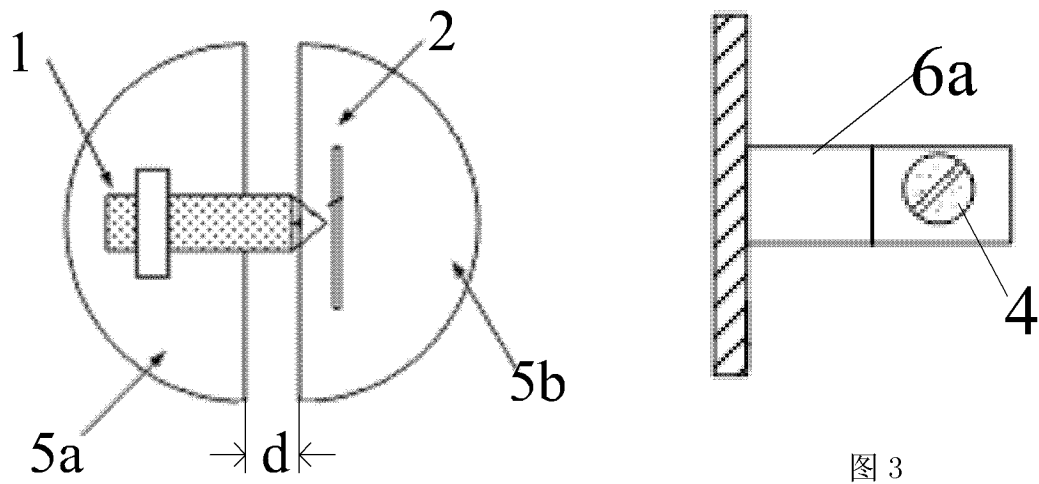


图 2

图 3

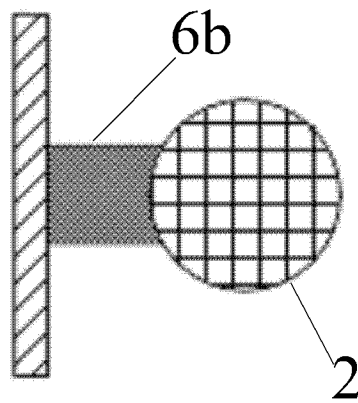


图 4

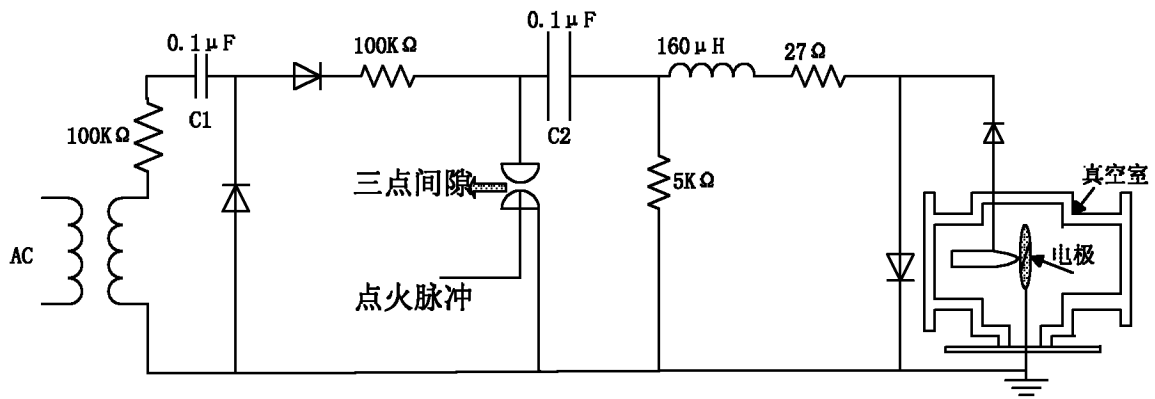


图 5

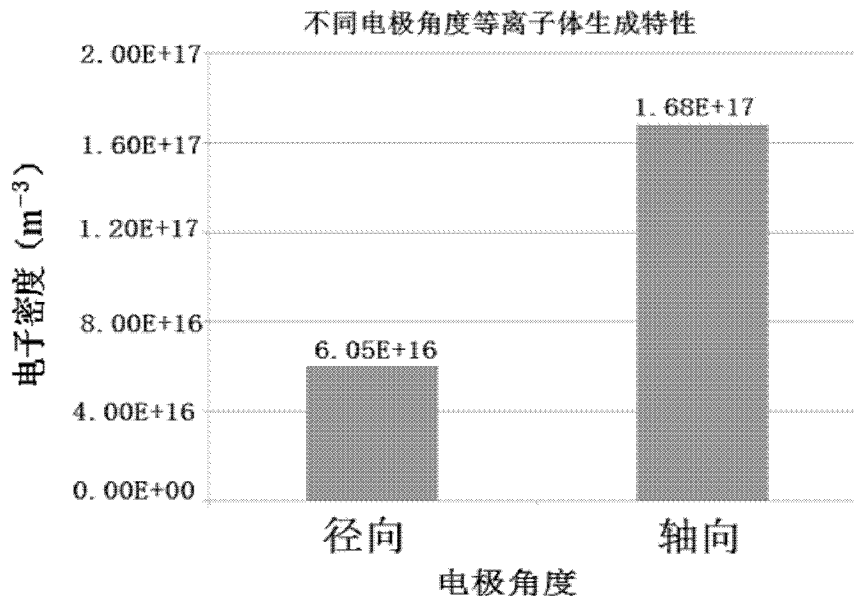


图 6