



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106793441 B

(45)授权公告日 2019.03.05

(21)申请号 201611160348.2

F03H 1/00(2006.01)

(22)申请日 2016.12.15

审查员 郁亚红

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106793441 A

(43)申请公布日 2017.05.31

(73)专利权人 中国科学院力学研究所

地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号

(72)发明人 贺建武 康琦 段俐 胡良

马隆飞 薛森文

(74)专利代理机构 北京和信华成知识产权代理

事务所(普通合伙) 11390

代理人 胡剑辉

(51)Int.Cl.

H05H 1/46(2006.01)

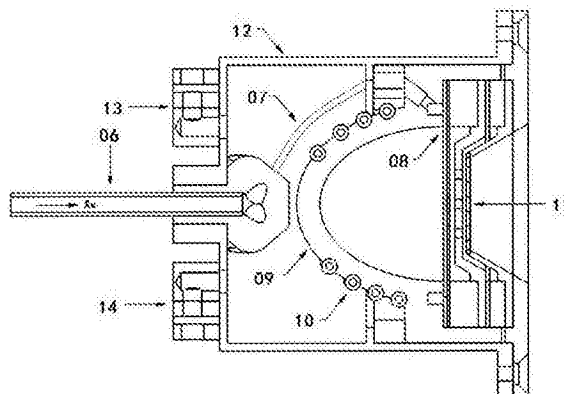
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器

(57)摘要

本发明提供了一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器,包括:电离室、射频天线、进气系统、屏蔽罩、离子光学系统、电缆夹头;所述电离室为半椭球形,电离室入口连接进气系统,出口连接所述离子光学系统;所述屏蔽罩位于电离室外面;射频天线通上射频电流,用于在所述电离室内产生涡流电场,所述电缆夹头固定在所述屏蔽罩上。本发明具有下列技术效果:1、电离室设计成半椭球形,有效降低离子生成能;2、射频天线绕制在半椭球形电离室外侧,采用LC谐振及调频技术实现阻抗匹配;3、设计前置气体分配器,相较于后置气体分配器,可有效提高气体电离效率及等离子体均匀度。



1. 一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器,其特征在于,包括:电离室、射频天线、进气系统、屏蔽罩、离子光学系统、电缆夹头;所述电离室为半椭球形,电离室入口连接进气系统,出口连接所述离子光学系统;所述屏蔽罩位于电离室外面;射频天线通上射频电流,用于在所述电离室内产生涡流电场,所述电缆夹头固定在所述屏蔽罩上;

所述射频天线绕制在半椭球形电离室外侧,采用LC谐振及调频技术实现阻抗匹配;

所述进气系统包括依次连接的进气钢管、软管、气体分配器;所述气体分配器为前置环形气体分配器。

2. 如权利要求1所述的射频离子微推力器,其特征在于:

所述屏蔽罩为铝合金壳体,用于屏蔽射频天线向外发射的电磁波,以免干扰卫星其他电子系统,同时起到固定、支撑其他部件的作用;所述电缆夹头用以固定正、负高压电缆及射频电缆。

3. 如权利要求2所述的射频离子微推力器,其特征在于:

所述离子光学系统由从内至外的屏栅、碟形加速栅、碟形减速栅三栅极组成,其中屏栅的材料为钼,接正高压900V~1800V;碟形加速栅材料为高分子石墨,接负高压-100V~-300V;碟形减速栅材料为殷钢并接地。

4. 如权利要求3所述的射频离子微推力器,其特征在于:

所述电离室的材质为氧化铝陶瓷,外表面具有螺旋形凹槽,所述射频天线绕在所述凹槽内。

一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种空间卫星的电推进系统,具体涉及一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器。

背景技术

[0002] 随着中国空间引力波探测计划的启动,急需研制微型电推进系统用以执行卫星等太空飞行器高精度姿态控制、轨道转移以及无拖曳控制等任务。因射频离子推力器原理简单、推力范围宽、调制能力强、无内置阴极和易小型化等特点,被选为重点研究对象。

[0003] 射频离子微推进系统一般包含七个部分,即微推力器、中和器、电源处理单元、射频发生器、流量控制器、减压阀和Xe贮罐,而微推力器是微推进系统的核心,其工作原理如图1所示。工质Xe气通过气体分配器01进入电离室03。当射频天线02通上射频电流时,在电离室03内部产生轴向磁场,继而感生出涡流电场E。这种电磁场对中性原子和离子的作用可以忽略不计,而电子获得足够能量后撞击中性原子,使其电离,形成射频自持放电,无需额外的电子源。电离室03中的离子被离子光学系统04加速喷出,形成羽流并产生推力。仅需调节射频功率大小即可实现推力快速调节和高精度控制。此外,中和器05发射电子流,中和推力器的离子流,使整个系统维持电中性。

[0004] 射频离子微推进技术是未来微、小卫星实现高精度姿态与轨道控制的希望之一,如何提高电推进系统的效率和寿命一直以来都是国际电推行业的研究主题。传统的射频离子推力器电离室多为圆柱形,近些年有人提出将其改为半圆形或锥形,以期望提高推力器的放电效率,取得了一定效果,但微推力器的效率还是偏低。在国内,之前并没有相关单位开展过射频离子微推进技术的研究工作,为了满足空间引力波探测和重力场测量等空间科学任务的微推进需求,亟需一种高精度、低噪声、长寿命和高效率的射频离子微推力器。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种高精度、低噪声、长寿命和高效率的射频离子微推力器。

[0006] 为了解决上述问题,本发明提供一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器,包括:电离室、射频天线、进气系统、屏蔽罩、离子光学系统、电缆夹头;所述电离室为半椭球形。

[0007] 进一步,所述射频天线绕制在半椭球形电离室外侧,采用LC谐振及调频技术实现阻抗匹配。

[0008] 进一步,所述进气系统包括依次连接的Xe气储罐、减压阀、流量控制器、进气钢管、软管、气体分配器;所述气体分配器为前置环形气体分配器。

[0009] 进一步,所述屏蔽罩为铝合金壳体,用于屏蔽射频天线向外发射的电磁波,以免干扰卫星其他电子系统,同时起到固定、支撑其他部件的作用,所述电缆夹头用以固定正、负高压电缆及射频电缆。

[0010] 进一步,所述离子光学系统由从内至外的屏栅、碟形加速栅、碟形减速栅三栅极组成,其中屏栅的材料为钼,接正高压(900V~1800V);碟形加速栅材料为高分子石墨,接负高压(-100V~-300V);碟形减速栅材料为殷钢并接地。

[0011] 进一步,所述电离室的材质为氧化铝陶瓷,外表面具有螺旋形凹槽,所述射频天线绕在所述凹槽内。

[0012] 相对于现有技术,本发明具有下列技术效果:

[0013] 1、电离室设计成半椭球形,有效降低离子生成能;

[0014] 2、射频天线绕制在半椭球形电离室外侧,采用LC谐振及调频技术实现阻抗匹配;

[0015] 3、设计前置气体分配器,相较于后置气体分配器,可有效提高气体电离效率及等离子体均匀度。

[0016] 本发明提供的一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器性能良好,当推力量程在百微牛级时,推力分辨力可达微牛级。

附图说明

[0017] 图1为现有技术的射频离子微推力器结构示意图。

[0018] 图2为本发明实施例射频离子微推力器的结构示意图。

[0019] 图3为本发明实施例射频离子微推力器的工作状态照片。

[0020] 图4为本发明实施例射频离子微推力器的离子束流与功率的关系图。

[0021] 图5为本发明实施例射频离子微推力器的比冲、推力与功率的关系图。

具体实施方式

[0022] 下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

[0023] 实施例一:

[0024] 如图2所示,本发明提供一种分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器,包括:电离室09、射频天线10、进气系统、屏蔽罩12、离子光学系统11、电缆夹头13,14;电离室09为半椭球形。

[0025] 射频天线10绕制在半椭球形电离室09外侧,采用LC谐振及调频技术实现阻抗匹配。

[0026] 进气系统包括依次连接的Xe气储罐(图中未示出)、减压阀(图中未示出)、流量控制器(图中未示出)、进气钢管06、软管07、气体分配器08;气体分配器为前置环形气体分配器。

[0027] 电离室09的材质为氧化铝陶瓷,外表面具有螺旋形凹槽,射频天线10绕在凹槽内。

[0028] 电离室09设计成半椭球形,并选用绝缘材料氧化铝陶瓷制成,相较于传统的圆柱形电离室,可以节省10%-15%的射频功率,从而有效提高推力器的电效率。

[0029] 射频天线10使用外径为2mm的镀银紫铜管绕在半椭球形电离室外表面凹槽内,两端分别穿过电缆固定件,并联电容器后再连接到射频发生器(此为微推进系统的一部分,不属于微推力器内容)。由于在空间引力波探测和重力场测量等空间科学项目中要求无机械运动部件,因此射频匹配器不可能采用可变电容,所以射频天线10的匹配在此采用LC谐振

及调频技术,这是与地面射频离子源研制不同的地方之一(地面射频离子源一般是采用L型、T型或 π 型可调匹配网络)。

[0030] 屏蔽罩12为铝合金壳体,用于屏蔽射频天线10向外发射的电磁波,以免干扰卫星其他电子系统,同时起到固定、支撑其他部件的作用。

[0031] 如图2所示,离子光学系统11由从内至外分别为平面屏栅、碟形加速栅、碟形减速栅三栅极组成,其中屏栅的材料为钼,接正高压900V~1800V;碟形加速栅材料为高分子石墨,接负高压-100V~-300V;碟形减速栅材料为殷钢并接地。

[0032] 栅极系统主要功能是抽取电离室内的Xe离子并将其加速喷出,产生反向推力。三栅极系统与两栅极系统相比,其使用寿命更长,聚焦性能更好。

[0033] 电缆夹头13,14用以固定正、负高压电缆及射频电缆。

[0034] 工质Xe气从储罐流经减压阀、流量控制器和进气钢管06,然后分三路流经软管07和前置环形气体分配器08后进入电离室。相较于后置气体分配器(图1所示),此种前置环形气体分配器08的优点在于气体分配均匀、单个Xe原子在电离室09内的逗留时间较长,从而提高了等离子体的均匀性和工质利用率。

[0035] 实验结果

[0036] 本发明的分辨力为微牛级的半椭球型射频离子微推力器的工作状态如图3所示,从图中可以看出其离子聚焦性能良好,羽流基本对称分布。此外,通过优化射频频率(4.5MHz),提高了射频功率耦合效率,在最大推力500 μ N时,比冲约为2200s,总效率接近20%。在固定气流量和栅极电压,仅通过调节射频功率的情况下,可获得1.5mA~8mA的离子束流,如图4所示。在7mA以内,推力器功率与离子束流成线性关系。当离子束流超过7mA时,加速栅电流急剧增加,这会严重影响离子光学系统的使用寿命。图5为根据束流和加速电压估算得出地推力与比冲范围,其最小推力还可以通过调节加速电压和工质流量下降到约40 μ N。总功率在12.3W~31.4W内连续调节时可获得96 μ N~503 μ N的连续可调推力,其比冲为416s~2190s。

[0037] 本实施例的推力器目前能达到1 μ N分辨力和噪声水平,这主要受电源处理单元和射频电源的影响,理论上如果更换成超稳电源处理单元及射频电源后将能实现0.1 μ N的分辨力和噪声水平。

[0038] 以上仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

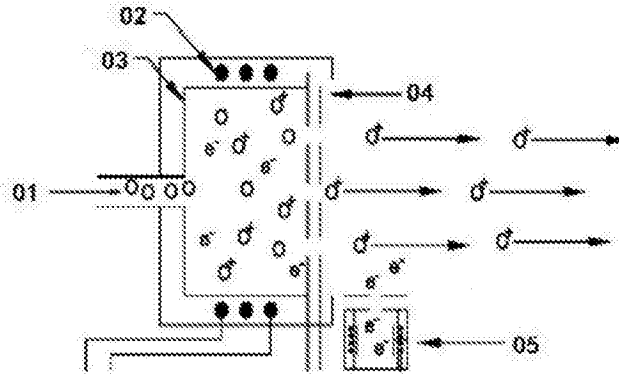


图1

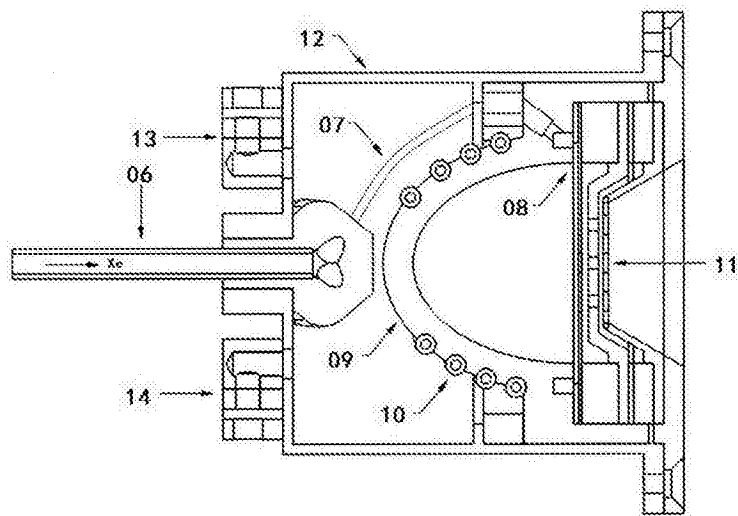


图2

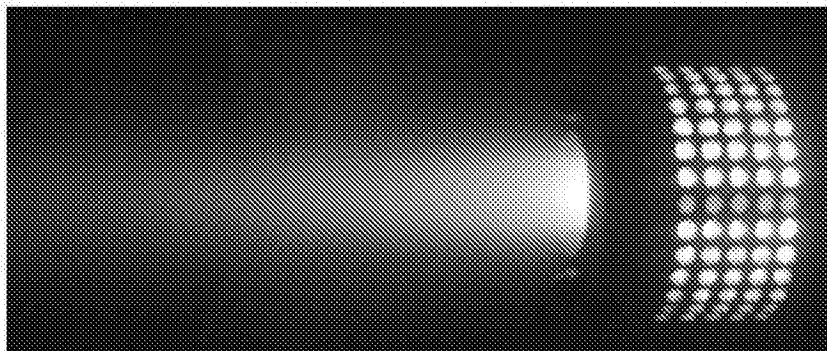


图3

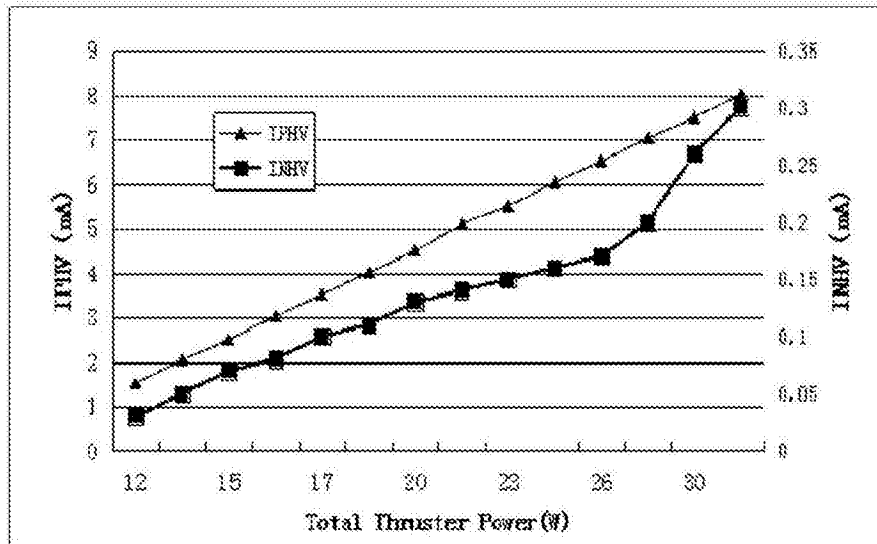


图4

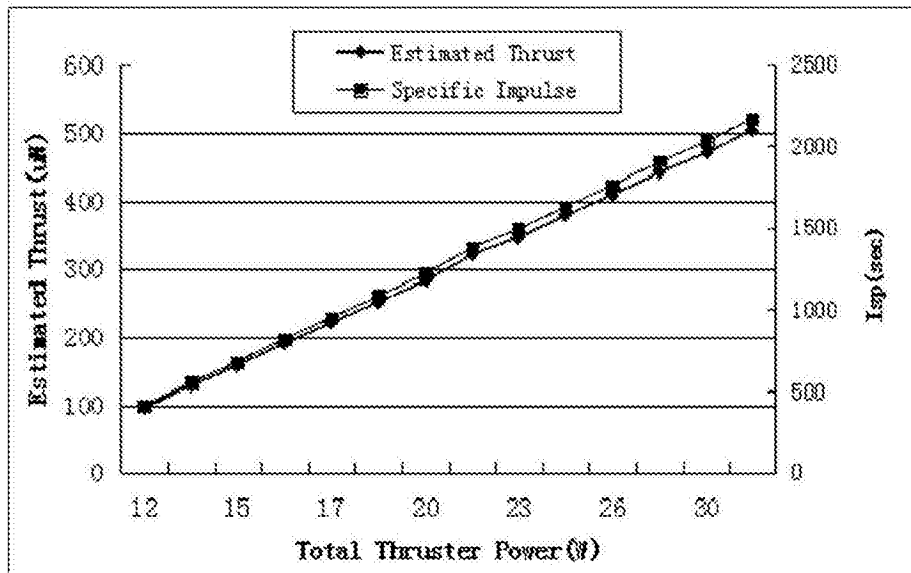


图5