



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 214998051 U

(45) 授权公告日 2021. 12. 03

(21) 申请号 202120926538.0

(22) 申请日 2021.04.30

(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 黄河激 曹进文 孟显

(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.

F03H 1/00 (2006.01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

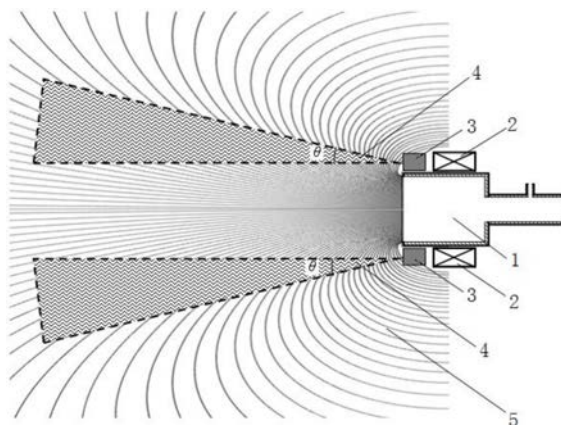
权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,包括进气道,以及安装在所述进气道上的磁场发生机构和激光束发生机构,所述磁场发生机构用于在飞行环境中向所述进气道的进气端设定的目标区域发射激光束,将所述目标区域内的气体电离形成带电粒子;所述磁场发生机构用于在所述目标区域内形成将所述带电粒子捕集入所述进气道内的磁场。本实用新型在通过激光束将进气道基础可捕集区域及其外围区域包含的气体分子、原子预电离形成带电粒子,电离形成的带电粒子会沿着形成于进气道周围的磁场进入进气道内,在不改变进气道尺寸的前提下增加了捕集截面,达到提高气体捕集效率的目的。



1. 一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,其特征在於,包括进气道,以及安装在所述进气道上的磁场发生机构和激光束发生机构;

其中,所述磁场发生机构用于在飞行环境中向所述进气道的进气端设定的目标区域发射激光束,将所述目标区域内的气体电离形成带电粒子;

所述磁场发生机构用于在所述目标区域内形成将所述带电粒子捕集入所述进气道内的磁场;

所述激光束发生机构包括设置在所述进气道周向的至少一台激光器,所述激光器均用于按照目标发散角进行扩束后的激光束;

所述磁场发生机构包括配置于所述进气道周向的均匀布置的多块永磁体或环绕所述进气道周向的电磁线圈,所述磁场发生机构用于在所述进气道的进气端形成喷管构型的磁力线。

2. 根据权利要求1所述的一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,其特征在於,其中,每台所述激光器发射的激光束的发散角为 θ ,且需要满足:

$$\tan \theta \gg \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h U},$$

其中, T_e , T_h , m_h , v_h 和 U 分别是电子温度、气体温度、原子质量、气体碰撞率和飞行器。

3. 根据权利要求2所述的一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,其特征在於,每台所述激光器发射的每道激光束的方向均朝向相对于所述进气道的来流方向,且每道激光束的所述方向向外偏离与所述进气道的轴向形成 $\theta/2$ 的夹角。

4. 根据权利要求3所述的一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,其特征在於,至少一台所述激光器具体用于向所述飞行环境中目标区域内发射能量为14.5eV的激光束以及能量为13.6eV的激光束;

至少一台所述激光器包括至少一台用于发射能量为20eV的激光束的激光器。

5. 根据权利要求4所述的一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,其特征在於,至少一台所述激光器包括至少一台用于同时发射波长85.72纳米激光束以及波长91.40纳米激光束的紫外激光器或至少两台分别用于发射波长85.72纳米激光束以及波长91.40纳米激光束的紫外激光器;

至少一台所述激光器包括至少一台用于发射波长62.1纳米激光束的远紫外激光器。

6. 根据权利要求5所述的一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,其特征在於,相邻所述激光器发射的激光束形成的激光束包络部分重叠,使每个所述激光束围绕所述进气道的周向形成的捕集面积大于所述进气道在飞行环境中自身进气截面形成的激光束电离区域包络。

一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及航空技术领域,具体涉及一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置。

背景技术

[0002] 超低近地空间是一个具有战略意义的领域,主要用于地球观测,也可以用于民用和军事通信。在较低的海拔高度,地球观测平台可以通过提高有效载荷性能(提高图像分辨率和信噪比),同时减小尺寸和功率要求来提高竞争力。

[0003] 飞行器在太空停留或移动需要推力。一般而言,飞行器使用类似火箭的化学推进装置,但电推进器因效率更高而日益流行。然而,传统的电力推进系统仍要使用推进剂(如氙气),因此,飞行器的待机时间受限于携带的推进剂数量,而飞行器能携带的推进剂有限。而且为了抵消大气阻力,在距离地球表面几百公里范围内运行的飞行器消耗的推进剂更多。

[0004] 因此,吸气式电推进系统便应运而生了。在飞行器掠过大气层顶部时收集足够的空气颗粒,为“吸气式”电动推进器提供燃料,从而不需要在发射时携带过多的推进剂,同时帮助飞行器克服大气阻力,使其在超低近地轨道上持续运行。

[0005] 用于低轨的吸气式电推进系统通常由捕集进气道、增压贮存器和电推力器三大部分组成,在吸气式电推进系统中,一个关键技术为捕集飞行环境内的稀薄气体,以作为推力器的工质。为确保捕获足够的气体,气体捕集效率是一个关键的因素。然而,太空中环境气体极度稀薄、捕集效率有限。因此,如何有效提高气体捕集效率,成为需要本领域技术人员解决的技术问题。

发明内容

[0006] 本实用新型的目的在于提供一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,以解决现有技术中太空中环境气体极度稀薄,捕集效率有限的技术问题。

[0007] 为解决上述技术问题,本实用新型具体提供下述技术方案:

[0008] 一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置,包括进气道,以及安装在所述进气道上的磁场发生机构和激光束发生机构;

[0009] 其中,所述磁场发生机构用于在飞行环境中向所述进气道的进气端设定的目标区域发射激光束,将所述目标区域内的气体电离形成带电粒子;

[0010] 所述磁场发生机构用于在所述目标区域内形成将所述带电粒子捕集入所述进气道内的磁场。

[0011] 作为本实用新型的一种优选方案,所述激光束发生机构包括设置在所述进气道周向的至少一台激光器,所述激光器均用于按照目标发散角进行扩束后的激光束。

[0012] 作为本实用新型的一种优选方案,其中,每台所述激光器发射的激光束的发散角为 θ ,且需要满足:

$$[0013] \quad \tan \theta \gg \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h U},$$

[0014] 其中, T_e , T_h , m_h , v_h 和 U 分别是电子温度、气体温度、原子质量、气体碰撞率和飞行器。

[0015] 作为本实用新型的一种优选方案, 每台所述激光器发射的每道激光束的方向均朝向相对于所述进气道的来流方向, 且每道激光束的所述方向向外偏离与所述进气道的轴向形成 $\theta/2$ 的夹角。

[0016] 作为本实用新型的一种优选方案, 至少一台所述激光器具体用于向所述飞行环境中目标区域内发射能量为 14.5eV 的激光束以及能量为 13.6eV 的激光束;

[0017] 至少一台所述激光器包括至少一台用于发射能量为 20eV 的激光束的激光器。

[0018] 作为本实用新型的一种优选方案, 至少一台所述激光器包括至少一台用于同时发射波长 85.72 纳米激光束以及波长 91.40 纳米激光束的紫外激光器或至少两台分别用于发射波长 85.72 纳米激光束以及波长 91.40 纳米激光束的紫外激光器;

[0019] 至少一台所述激光器包括至少一台用于发射波长 62.1 纳米激光束的远紫外激光器。

[0020] 作为本实用新型的一种优选方案, 相邻所述激光器发射的激光束形成的激光束包络部分重叠, 使每个所述激光束围绕所述进气道的周向形成的捕集面积大于所述进气道在飞行环境中自身进气截面形成的激光束电离区域包络。

[0021] 作为本实用新型的一种优选方案, 所述磁场发生机构包括配置于所述进气道周向的均匀布置的多块永磁体或环绕所述进气道周向的电磁线圈, 所述磁场发生机构用于在所述进气道的进气端形成喷管构型的磁力线。

[0022] 本实用新型与现有技术相比较具有如下有益效果:

[0023] 本实用新型在通过激光束将进气道基础可捕集区域及其外围区域包含的气体分子、原子预电离形成带电粒子, 电离形成的带电粒子会沿着形成于进气道周围的磁场进入进气道内。

[0024] 本发明由于不但可以将进气道基础可捕集区域内的气体电离还可以将其外围区域内包含的气体电离, 因此相对于传统的只能捕集进气道基础捕集区域内的气体而言, 在不改变进气道尺寸的前提下增加了捕集截面, 达到提高气体捕集效率的目的。

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本实用新型的实施方式或现有技术中的技术方案, 下面将对实施方式或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍。显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是示例性的, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据提供的附图引伸获得其它的实施附图。

[0026] 图1是本实用新型实施例发射的一种吸气电推技术用激光束预电离增强吸气装置的结构示意图;

[0027] 图2是本实用新型实施例发射的一种吸气电推技术用激光束预电离增强吸气装置的磁力线分布示意图;

[0028] 图3是本实用新型实施例发射的一种吸气电推技术用激光束预电离增强吸气装置

的激光束增强捕获区域示意图；

[0029] 图4是本实用新型实施例发射的一种吸气电推技术用激光束预电离增强吸气方法的流程图；

[0030] 图5是吸气式电推进系统总体组成示意图。

[0031] 图中的标号分别表示如下：

[0032] 1-进气道、2-激光束发生机构、3-磁场发生机构、4-激光束、5-磁力线、6-激光束包络线、7-激光电离区域包络、8-捕集器、9-增压储存器、10-电推力器。

具体实施方式

[0033] 下面将结合本实用新型实施例中的附图，对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本实用新型一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本实用新型保护的范围。

[0034] 常规电推进技术的寿命受限于推进工质的携带量，显然不能满足需求，而吸气式电推进作为一种先进的概念已受到关注。吸气式电推进是实现超低轨航天器长期轨道保持的一种极具潜力的推进技术。该技术无需从地面携带推进工质，而是通过捕获空间稀薄大气中的气体分子，经减速、增压后作为推进工质提供给电推力器，如图5所示。

[0035] 为确保捕获足够的气体，气体捕集效率是一个关键的因素。但是由于进气道口径有限，只能捕获进气道基础可捕集区域内的稀薄气体分子、原子，由于基础可捕集区域大小为根据进气道截面尺寸所确定，因此要通过增加捕集面的方式提高捕集效率，只能采用增大进气道自身截面尺寸的方式，但是由于进气道尺寸的增大势必会增加飞行器的重量，使得飞行器无论在发射还是飞行过程中都会增加能量消耗。

[0036] 本申请提供的方案目的在于，通过激光束将进气道基础可捕集区域及其外围区域包含的气体分子、原子预电离形成带电粒子，电离形成的带电粒子会沿着形成于进气道周围的磁场进入进气道内。

[0037] 由于不但可以将进气道基础可捕集区域内的气体电离还可以将其外围区域内包含的气体电离，因此相对于传统的只能捕集进气道基础捕集区域内的气体而言，在不改变进气道尺寸的前提下增加了捕集截面，达到提高气体捕集效率的目的。

[0038] 实施例

[0039] 参见图1，为本实用新型实施例提供的一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置，如图1所示，该装置可以包括：

[0040] 激光束发生机构2，用于通过向飞行环境中目标区域发射激光束4，将所述目标区域内的气体电离形成带电粒子；所述激光束的能量不低于所述气体电离所需的第一电离能；

[0041] 磁场发生机构3，用于通过形成于进气道1周围的磁场为所述带电粒子提供作用力，将所述带电粒子捕集入所述进气道1内。

[0042] 其中，第一电离能是基态的气态原子失去最外层的一个电子所需能量。当激光束发射的能量达到气体电离所需的第一电离能后，气态原子形成+1价气态阳离子，即能满足形成带动粒子的要求同时又可以达到节约能量的目的。

[0043] 具体的,所述目标区域可以是进气道对应的基础可捕集区域(通常是进气道迎风面积对应的区域),或者,在另一种实现方式下,该目标区域还可以包括所述进气道的基础可捕集区域及其外围区域,以增加气体捕集截面。该目标区域范围可以根据实际需要进行确定,保证其位于飞行器气体捕集系统的正前方且大于进气道自身的截面区域即可。

[0044] 为了达到上述增加气体捕集截面的目的,可以有多种实现方式。例如,在其中一种实现方式下,所述激光束发生机构2可以包括配置于所述进气道周向的至少一台激光束发生器,通过将多台激光束发生器发射斜向激光束,使每束激光均斜向经过进气道基础可捕集区域,即可达到增加气体捕集截面的目的。

[0045] 或者,在另一种实现方式下,为了获得更加的捕集效果,所述激光束发生器包括沿所述进气道周向均匀布置的多台,每台所述激光束发生器可以按照目标发散角进行激光的发射,这样可以通过对发射的激光束的扩束处理,也可以更有效地达到增加气体捕集截面的目的。其中,在一种优选的实施方式下,每台所述激光束发生器发散角均可以设为 θ ;

$$[0046] \quad \tan \theta \gg \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h} \frac{1}{U},$$

[0047] 其中, T_e , T_h , m_h , v_h 和 U 分别是电子温度、气体温度、原子质量、气体碰撞率和飞行器。

[0048] 为了进一步增大激光束发射后形成的电离截面,每道激光束的方向均朝向来流方向且向外偏离与所述进气道的轴向形成 $\theta/2$ 的夹角。

[0049] 需要说明的是,本申请提供的方案中为了达到最佳的增强捕集效率,将激光束发生机构包含的激光束发生器设置在进气道的外围,在实际应用中,该激光束发生器还可以安装在飞行器的其他部位上,只要保证产生的激光束可以照射到进气道正前方的来流气体即可。

[0050] 磁力发生机构3可以通过磁体等装置产生磁场,使得进气道的进气口处形成磁力线,以使所述带电粒子沿所述磁力线进入所述进气道内。进一步的,为了提高磁场与带电粒子之间的作用力,将带电粒子引导至进气道内,所述磁场发生机构可以包括配置于所述进气道周向的均匀布置的多块永磁体或环绕所述进气道周向的电磁线圈。

[0051] 另外,具体的磁场包括在所述进气道1的进气口处形成的磁喷管构型的磁力线5,以使所述带电粒子更有效地沿所述磁力线5进入所述进气道内。

[0052] 为了达到该目的,所述磁场发生机构可以位于所述进气道周向靠近所述进气道的进气口位置处,以便在所述进气道的进气口处形成的磁喷管构型的磁力线。

[0053] 该磁喷管构型的磁力线由进气道内侧向进气道基础可捕集区域及其外围区域逐步扩散,保证进气道基础可捕集区域及其外围区域内电离形成的带电粒子均可与磁力线相互作用,最终沿着磁力线运动、收缩、汇聚到进气道内。

[0054] 总之,本申请实施例是首先通过激光束发生机构将目标区域内的气体进行电离,以将气体电离成带电粒子,之后,通过形成于进气道周围的磁场为所述带电粒子提供作用力,将所述带电粒子捕集入所述进气道内,以此达到提升气体捕集效率的目的。其中,通过为发射的激光束设置发散角,使得发射出的激光束可以作用于包括进气道基础可捕集区域及其外围区域在内的更大范围,从而通过扩大气体的捕集范围,达到进一步提升捕集效率的目的。

[0055] 需要说明的是,由于不同气体所需的第一电离能通常是不同的,而不同飞行环境中的气体组成又可能是不同的,因此,可以根据具体飞行环境中的气体组成成分,确定配置的激光器的类型。

[0056] 例如,在飞行器在地球周围飞行时,所述飞行环境为地球低轨飞行环境,所述气体为地球低轨环境气体;所述激光束发生机构具体用于:向飞行环境中目标区域内发射能量为14.5eV的激光束以及能量为13.6eV的激光束。由于地球附件的气体主要成分为氮气以及氧气,因此在实际使用中,可以提供两种能量的激光束将氮气和氧气进行电离即可。

[0057] 在一种实施方式下,至少一台所述激光器包括至少一台用于同时发射能量为14.5eV的激光束以及能量为13.6eV的激光束的激光器或至少两台分别用于发射能量为14.5eV的激光束以及能量为13.6eV的激光束的激光器。该激光器可以是任何一种可以同时发射能量为14.5eV的激光束以及能量为13.6eV的激光束的激光器。

[0058] 例如,可以是主动锁模激光器,该主动锁模激光器可同时发射两种目标能量的激光。

[0059] 还可以是任何一种分别用于发射能量为14.5eV的激光束的激光器以及用于发射能量为13.6eV的激光束的激光器。

[0060] 在配置两台分别用于发射不同能量的激光器时,可以选择任意一种可以产发射固定能量激光束的激光器,例如可以是气体激光器、固体激光器、半导体激光器中的任意一种。

[0061] 在具体实现时,只需要在地面根据需要将激光器的发射频率进行设定即可。

[0062] 可以想到的是,为了保证发射后的激光束可以均匀作用于进气道基础捕集区域及其周围区域内的气体,可以将发射不同能量的激光器采用间隔分布的布局方式,同时可以使相邻的两个发射同样能量的激光器各自发射的激光束一部分重合。

[0063] 或者,在另一种实施方式下,至少一台所述激光器包括至少一台用于同时发射波长85.72纳米激光束以及波长91.40纳米激光束的紫外激光器或至少两台分别用于发射波长85.72纳米激光束以及波长91.40纳米激光束的紫外激光器。采用紫外激光器发射两种波长的紫外激光,两种波长的紫外激光即可以形成能量分别为14.5eV以及13.6eV的激光束,使所述目标区域内的气体电离形成带电粒子。

[0064] 再例如,当飞行器在火星周围飞行时,所述飞行环境为绕火星飞行环境,所述气体为火星大气环境气体;所述激光束发生机构具体用于:向飞行环境中目标区域内发射能量为20eV的激光束。

[0065] 由于火星附件的气体主要成分为二氧化碳,因此在实际使用中,可以提供一种能量的激光束将二氧化碳进行电离即可。

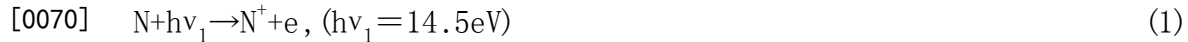
[0066] 在一种实施方式下,至少一台所述激光器包括至少一台用于发射能量为 20eV的激光束的激光器。激光器的类型选择以及布置方式与应用于地球附近类似,在此不再赘。

[0067] 或者,在另一种实施方式下,至少一台所述激光器包括至少一台用于发射波长62.1纳米激光束的远紫外激光器。采用远紫外激光器发射波长62.1纳米的远紫外光即可以形成能量分别为20eV的激光束。

[0068] 本申请提供的吸气电推技术用激光预电离增强吸气装置用于飞行器在地球低轨环境运行时使用,增强对地球低轨环境气体的捕集效率。还可以用于飞行器在火星大气环

境运行时,增强对火星大气环境气体的捕集效率。

[0069] 在地球低轨环境使用时,由于地球低轨环境气体主要是氮原子(N)和氧原子(O),其电离能分别为14.5eV和13.6eV,在紫外光照射下,发生如下光致电离过程:



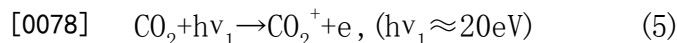
[0072] 电离产生的(氮离子)、(氧离子)和(电子)与环境气体具有相同的宏观速度,因此与飞行中的进气道具有相对速度V。

[0073] 在捕集进气道的进气口布置永磁铁或电磁线圈,产生磁喷管构型的磁力线5,带电粒子在磁力线的约束下,沿着磁力线运动、收缩、汇聚到捕集进气道内。

[0074] 能量为14.5eV的激光束和能量为13.6eV的激光束对应电磁能波长为85.72nm的紫外激光束和91.40nm紫外激光束,可以由一台或多台覆盖此两个波长的紫外激光器或两个分别对应波长的紫外激光器产生与之对应的紫外光。形成的紫外光经过扩束后照射飞行器正前方的环境气体,从而产生如下电离过程:

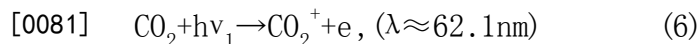


[0077] 在火星大气环境使用时,由于火星大气主要成分是二氧化碳(CO₂),在能量为20eV的远紫外光的照射下,便可显著发生如下电离反应:



[0079] 从CO₂的反应截面来看,该电离反应的产物主要是(分子离子)和(电子),与环境气体具有相同的宏观速度,因此与飞行中的进气道具有相对速度V。在进气道口布置永磁铁或电磁线圈,产生磁喷管构型的磁力线,带电粒子在磁力线的约束下,沿着磁力线运动、收缩、汇聚到进气道内。

[0080] 能量为20eV对应电磁能波长为62.1nm,由一台或多台覆盖此波长的远紫外激光器产生与之对应的远紫外光。经过扩束后照射飞行正前方的环境气体,从而产生如下电离过程:



[0082] 在地球附近使用时电离产生的N⁺(氮离子)、O⁺(氧离子)和e(电子),在火星附近使用时电离产生CO₂⁺(分子离子)和e(电子),电离产生的N⁺(氮离子)、O⁺(氧离子)、CO₂⁺(分子离子)和e(电子)与环境气体具有相同的宏观速度,因此与飞行中的进气道具有相对速度V。

[0083] 在进气道的进气口布置永磁铁或电磁线圈,产生磁喷管构型的磁力线,带电粒子在磁力线的约束下,沿着磁力线运动、收缩、汇聚到进气道内。

[0084] 如图3所示,相邻激光束发生机构形成的激光束包络线5彼此一部分重叠,各个激光束围绕进气道的四周形成捕集截面远大于进气道自身进气截面的激光束电离区域包络7。

[0085] 为了获得更好的气体捕集效果,激光束的发散角可以通过非对称的激活通道进行调节,可以将N台激光束发生器沿着气体进气道的周向均匀布置,因此产生周向均匀分布的N道激光束。每道激光束的发散角均为θ。

[0086] 在优选的实施方式下,每道激光束的方向可以偏离进气道的轴向θ/2,使得激光束主要用于电离捕集器可捕集区域(进气道截面正对区域)的外围气体。与现有的吸气式电推

进系统的气体捕集技术相比,该装置可以提高气体捕获的面积10-100倍(视环境气体的稀薄程度及激光束发生器的台数而定)。

[0087] 关于发散角 Q 的设计:

[0088] 激光束触发的电离主要发生1个光子自由程 λ 之后。在飞行器飞行 λ 距离后,带电粒子应仍在激光束区域,否则会复合损失掉。飞行器的速度为 U ,则飞行 λ 距离的时间为:

$$[0089] \quad \Delta t = \frac{\lambda}{U} \quad (7)$$

[0090] 根据等离子体双极扩散定律,可获得扩散速度为:

$$[0091] \quad v_d = D_a \ln n_e \quad (8)$$

[0092] 其中,双极扩散系数为:

$$[0093] \quad D_a = \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h} \quad (9)$$

[0094] 其中, n_e 、 T_e 、 T_h 、 m_h 和 v_h 分别是电子数密度、电子温度、气体温度、原子质量和气体碰撞频率。因此,在飞行器飞行 λ 距离时,扩散的距离为:

$$[0095] \quad \Delta L_d = \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h} \frac{\lambda}{U} \ln n_e \quad (10)$$

[0096] 为了保证其仍在激光束范围内,则应有: $\lambda \tan \theta \gg \Delta L_d$,从而可得:

$$[0097] \quad \tan \theta \gg \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h} \frac{1}{U} \ln n_e \quad (11)$$

[0098] 或式(6),由于原子每吸收一个光子便产生一个电子,因此,电子密度正比与激光束强度。激光束强度在吸收介质中的变化为:

$$[0099] \quad I(z) = I_0 e^{-\alpha z} \quad (12)$$

[0100] 因此, $\ln n_e = \ln I(z) = -z/\lambda$,可得:

$$[0101] \quad \tan \theta \gg \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h} \frac{z}{U \lambda} \quad (13)$$

[0102] 由于 $z \gg \lambda$,所以:

$$[0103] \quad \tan \theta \gg \left(1 + \frac{T_e}{T_h}\right) \frac{T_h}{m_h v_h} \frac{1}{U} \quad (14)$$

[0104] 本申请提供的吸气电推技术用激光束预电离增强吸气装置,采用激光束可以对目标区域内的气体电离成带电粒子,再通过磁场与带电粒子的相互作用,使更大范围内的带电粒子进入到进气道内,从而提高气体捕集效率。提升气体捕集截面的优势在于,适应性好,在稀薄程度较高的轨道,由于气体捕集截面的增加,使得飞行器可在稀薄程度较高的轨道上捕获足够的推进工质,避免传统的吸气式推力器由于捕获不到足够的工质而难以持续运行的问题。

[0105] 如图4所示,本申请实施例还可以提供一种吸气电推技术用激光预电离增强吸气

方法,包括:

[0106] S101:通过向飞行环境中目标区域内发射激光束,将所述目标区域内的气体电离形成带电粒子;所述激光束的能量不低于所述气体电离所需的第一电离能;

[0107] 具体的,所述目标区域包括所述进气道可捕集区域及其外围区域。通过对进气道外围区域的气体进行电离,可以使得外围区域包含的气体还可以进入进气道内,从而达到增加气体捕集截面的目的。

[0108] 在实际使用中,可以根据飞行器飞行环境中其他成分的不同,根据气体种类来配置可发射不同能量的激光束的激光器向目标区域发射的相应能量的激光束,以便达到最优的电离效果。

[0109] 具体的,

[0110] 所述向飞行环境中目标区域内发射激光束,包括:

[0111] 向飞行环境中目标区域内发射能量为14.5eV的激光束以及能量为13.6eV 的激光束。

[0112] 所述飞行环境为绕火星飞行环境,所述气体为火星大气环境气体;

[0113] 所述向飞行环境中目标区域内发射激光束,包括:

[0114] 向飞行环境中目标区域内发射能量为20eV的激光束。

[0115] 具体的配置方法可以包括:

[0116] 根据不同述飞行环境中的气体成分,在地面在飞行器上配置可以发射用于电离该气体成分所需激光的激光器,以用于将飞行环境中目标区域内的气体电离形成带电粒子,并保证获得最佳的电离效率。

[0117] S102:通过形成于进气道周围的磁场为所述带电粒子提供作用力,将所述带电粒子捕集入所述进气道内。

[0118] 其中,为了提高磁场与带电粒子之间的作用力,将带电粒子引导至捕集进气道内,所述磁场包括在所述进气道的进气口处形成的具有磁喷管构型的磁力线,以使所述带电粒子沿所述磁力线进入所述进气道内。

[0119] 以上实施例仅为本申请的示例性实施例,不用于限制本申请,本申请的保护范围由权利要求书限定。本领域技术人员可以在本申请的实质和保护范围内,对本申请做出各种修改或等同替换,这种修改或等同替换也应视为落在本申请的保护范围内。

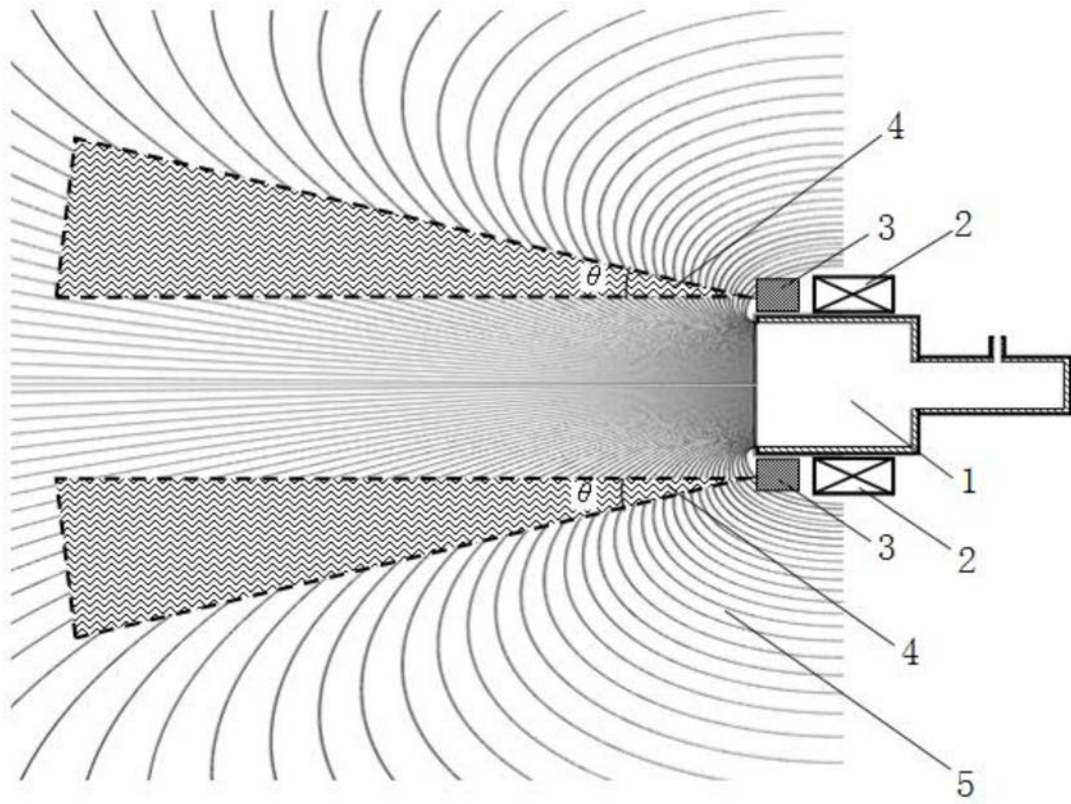


图1

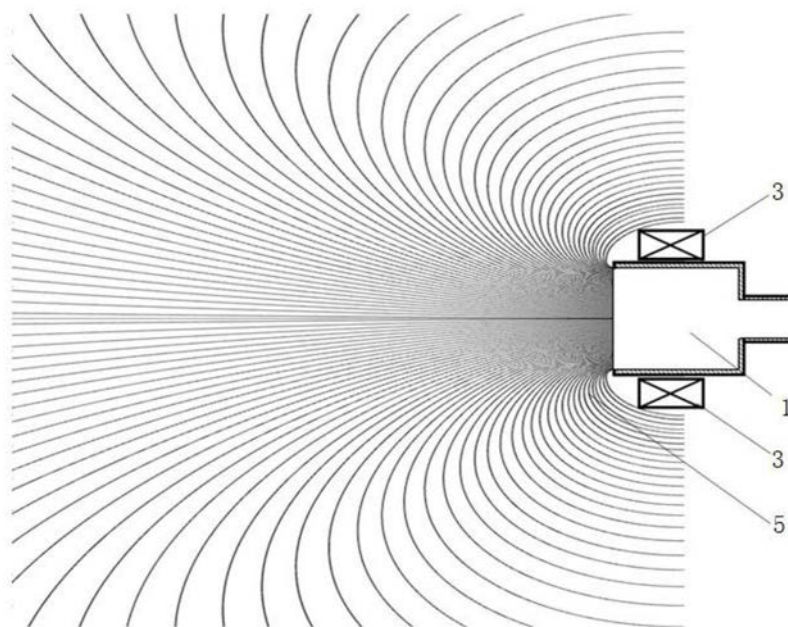


图2

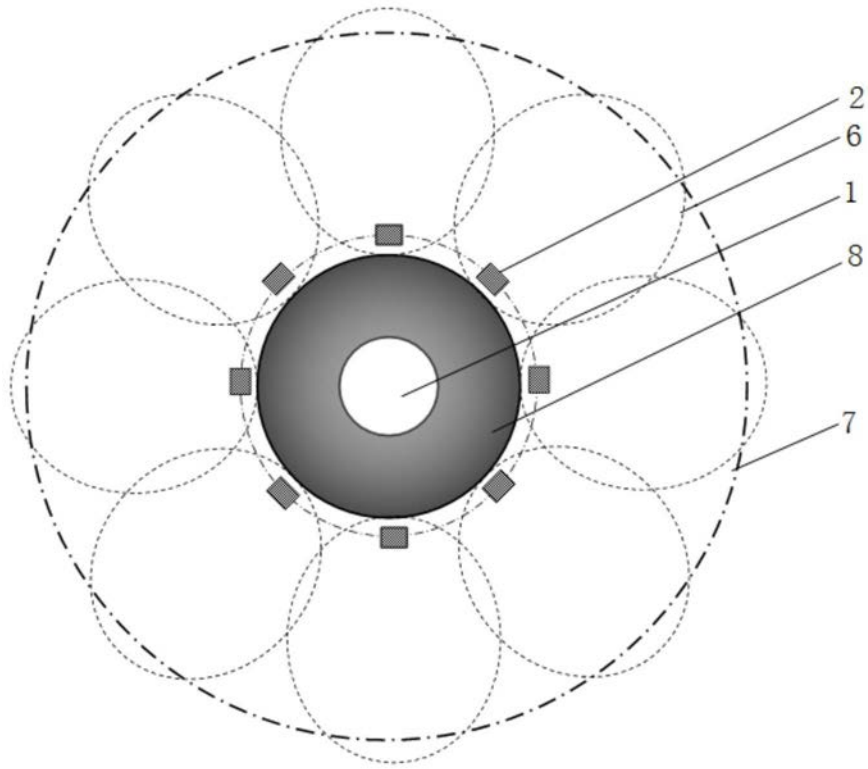


图3

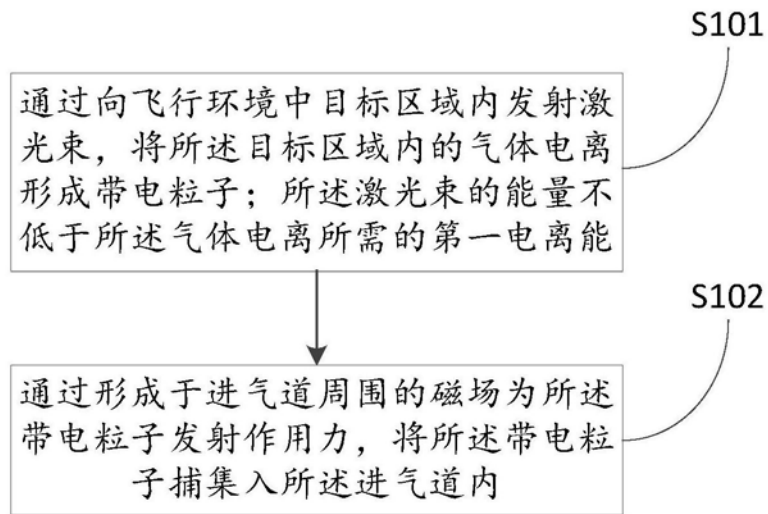


图4

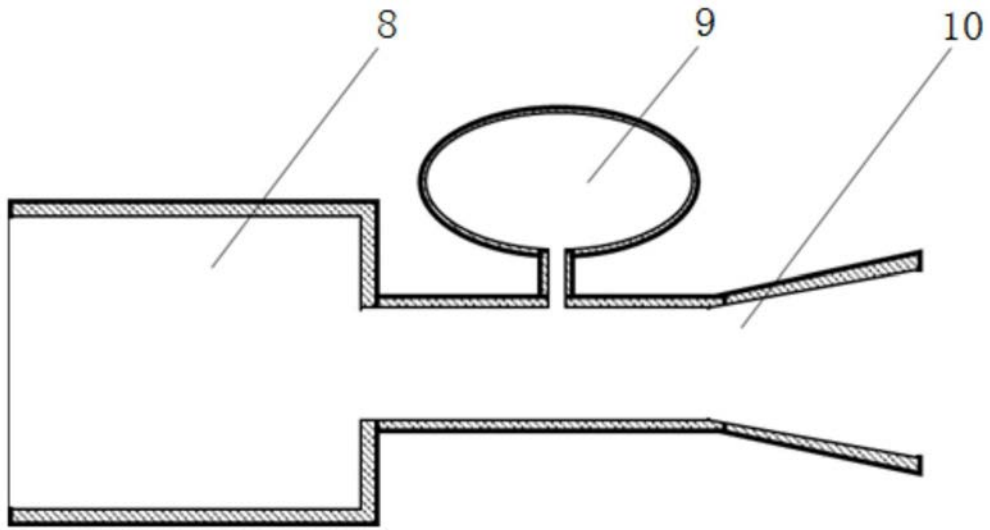


图5