SooPAT

一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统

申请号：201310163595.8
申请日：2013-05-07

申请(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
发明(设计)人 高辉 康琦 段俐 胡良

主分类号 F02K9/44(2006.01)I
分类号 F02K9/44(2006.01)I F02K9/58(2006.01)I F02K9/60(2006.01)I
公开(公告)号 103244310A
公开(公告)日 2013-08-14
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 王艺

www.soopat.com

注：本页蓝色字体部分可点击查询相关专利

(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103244310 B
(45)授权公告日 2015.07.29

(21)申请号 201310163595.8

(22)申请日 2013.05.07

(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 高辉 康琦 段俐 胡良

(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 王艺

(51)Int.Cl.
F02K 9/44(2006.01)
F02K 9/58(2006.01)
F02K 9/60(2006.01)

(56)对比文件
CN 102678501 A,2012.09.19,
US 2010/0018185 A1,2010.01.28,
US 2010/0269483 A1,2010.10.28,
US 2012/0144796 A1,2012.06.14,
US 2010/0251690 A1,2010.10.07,
孙小兵等.《场发射推进器的研究现状及展望》.《综述》.2006,第33卷（第8期）,

审查员 张祥

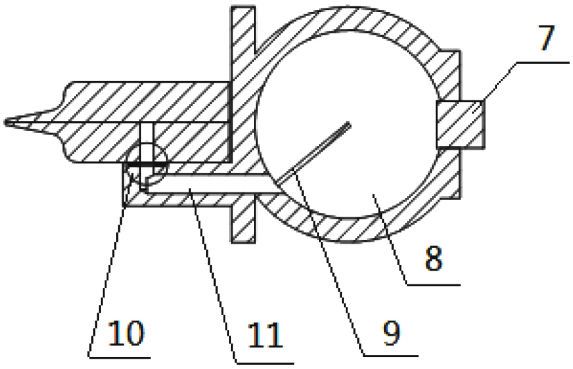
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统

(57)摘要

一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，包括：存储室，所述存储室具有球柱或球型的内腔结构；限流微通道，所述限流微通道是利用离子刻蚀工艺而制成的结构；爆破膜，所述爆破膜设置在毛细通道与发射极下部分的交接处。本发明的有益效果为：合理选择体积比，利用液体热膨胀压破密封保护装置，并膨胀至发射极狭缝口，增加浸润效果；由于在系统中设置了限流微通道，因此能利用微流结构限制流速，从而减少中性液滴的产生，避免流速过大导致产生大液滴在两极间粘附引起的短路风险，提高了电离率和可靠性。



CN 103244310 B

1. 一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，包括：存储室，所述存储室具有球柱或球型的内腔结构，所述内腔结构的内壁上设置有毛细导流板；毛细通道，所述毛细通道连接限流微通道与存储室；发射极，所述发射极由发射极上部分和发射极下部分组成，所述发射极上部分和下部分相接的狭缝面为光洁平面；限流微通道，所述限流微通道设置在发射极下部分的狭缝面上，所述限流微通道的前端设置有面状刻蚀区域，所述面状刻蚀区域与发射极的狭缝口连接，所述限流微通道的中间部分为线状沟槽，所述限流微通道的后端与毛细通道的开口相连；爆破膜，所述爆破膜设置在毛细通道与发射极下部分的交接处；密封圈，所述密封圈设置在发射极下部分与发射极支架的连接处。

2. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述限流微通道的线宽为 10 ～ 1000 μm，深度为 0.5 ～ 5 μm。

3. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述存储室的材料为低膨胀率合金。

4. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述发射极上部分和下部分的光洁平面的平面度小于 0.3 μm。

5. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述发射极的尖端弧度小于 5 μm，线状喷口直线度小于 5 μm。

6. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述爆破膜为聚四氟乙烯膜或者金属薄膜。

7. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述密封圈为 C 型或 O 型弹性金属密封圈。

8. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述存储室的外侧设置有加热装置，所述加热装置为电阻型加热器。

9. 如权利要求 1 所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，其特征在于，所述存储室的一侧设置有推进剂加注阀。

一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种液态金属离子推进器，具体涉及一种液态金属离子推进器的推进剂管理系统。

背景技术

[0002] 离子推进器是电推进的一种，其特点是推力小、比冲高、广泛应用于空间推进，如航天器姿态控制、位置保持、轨道机动和星际飞行等。离子推进器也是一种动力装置，评价性能的方法是在保证其推力和比冲的条件下，评价效率的高低，效率越高，说明推进器性能越好，直观表现为在一定的推力和比冲下，离子推进器所消耗的功率越小，那么性能就越优。在进行离子推进器性能评价时，首先要测量推力和比冲，然后再测量或推算效率，或者说是测量推进剂的利用率和所消耗的电功率。

[0003] 空间科学的发展对卫星及其推进系统提出越来越高的要求。而卫星的体积、重量、寿命主要影响因素为推进系统。在以液态金属作为工质的场发射电推进器中，工质的消耗速率远小于一般冷气推进器，因此常规系统无法适用于液态金属工质的流动控制。也有国外公司正在研究场发射电推进器（FEEP），例如，意大利 Alta 公司正在研究的场发射电推进器（FEEP）与本发明有类似的用途，区别如下：1）本发明提出了适用于狭缝型场发射推进剂的限流结构，使用刻蚀工艺形成的毛细通道来限制推进剂的流速，以此降低中性液滴的发射，提高推进器的比冲和寿命，中性液滴的减少也极大地降低了由于液滴攀附在两极之间造成的短路风险；2）使用工质不同因而结构不同，前者适用于金属铯，本发明适用于金属镓为推进剂，从而降低结构复杂性提高可靠性；3）热膨胀爆破目的不同，前者只是用于打开密封结构，后者则增加了主动浸润，因此爆破片及密封圈的位置不同。

发明内容

[0004] 本发明提供一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，以解决现有技术中存在的常规系统无法适用于液态金属工质的流动控制的问题。

[0005] 为实现上述目的，采用以下技术方案：

[0006] 一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统，包括：存储室，所述存储室具有球柱或球型的内腔结构，所述内腔结构的内壁上设置有毛细导流板；毛细通道，所述毛细通道连接限流微通道与存储室；发射极，所述发射极由发射极上部分和发射极下部分组成，所述发射极上部分和下部分相接的狭缝面为光洁平面；限流微通道，所述限流微通道设置在发射极下部分的狭缝面上，所述限流微通道的前端设置有面状刻蚀区域，所述面状刻蚀区域与发射极的狭缝口连接，所述限流微通道的中间部分为线状沟槽，所述限流微通道的后端与毛细通道的开口相连；爆破膜，所述爆破膜设置在毛细通道与发射极下部分的交接处；密封圈，所述密封圈设置在发射极下部分与发射极支架的连接处。

[0007] 优选地，所述限流微通道的线宽为 10 ～ 1000 μm，深度为 0.5 ～ 5 μm。

[0008] 优选地，所述存储室的材料为低膨胀率合金。

[0009] 优选地，所述发射极上部分和下部分的光洁平面的平面度小于 0.3μm。

[0010] 优选地，所述发射极的尖端弧度小于 5μm，线状喷口直线度小于 5μm。

[0011] 优选地，所述爆破膜为聚四氟乙烯膜或者金属薄膜。

[0012] 优选地，所述密封圈为 C 型或 O 型弹性金属密封圈。

[0013] 优选地，所述存储室的外侧设置有加热装置，所述加热装置为电阻型加热器。

[0014] 优选地，所述存储室的一侧设置有推进剂加注阀。

[0015] 本发明的有益效果：由于在系统中设置了毛细通道和限流微通道，因此能利用微流结构限制流速，从而减少中性液滴的产生，避免流速过大导致产生大液滴引起的短路风险，提高了电离率和可靠性；由于在系统中设置了加注阀和爆破膜，并利用液态金属密度随温度变化特性，用加热器对推进剂进行加热，利用推进剂膨胀压力打开本系统设置的爆破膜，从而使推进剂从存储室膨胀至狭缝口，提高推进剂与限流微通道表面之间的浸润效果，降低由于毛细通道表面污染导致浸润失效而引起的可靠性问题，所以有效地解决了工质加注、存储、供给的多工况需要，进一步地优化了系统的机构设置；除此之外，本发明还具有总体无运动机构、结构简单、过程可控、可靠性高的优点。

附图说明

[0016] 下面根据实施例和附图对本发明作进一步详细说明。

[0017] 图 1 是本发明所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统的整体结构示意图；

[0018] 图 2 是本发明所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统的内部结构示意图；

[0019] 图 3 是图 2 的 D—D 向视图；

[0020] 图 4 是本发明所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统的剖面图；

[0021] 图 5 是图 4 中标号 10 所示区域的局部放大图。

[0022] 图中：

[0023] 1、狭缝面；2、加热装置；3、发射极支架；4、发射极上部分；5、发射极下部分；6、限流微通道；7、推进剂加注阀；8、存储室；9、毛细导流板；10、放大区域；11、毛细通道；12、爆破膜；13、密封圈。

具体实施方式

[0024] 如图 1 至图 5 所示，给出了本发明的一个具体实施例，本发明包括存储室 8、发射极、发射极支架 3、加热装置 2、推进剂加注阀 7，发射极由发射极上部分 4 和发射极下部分 5 组成，二者之间构成一个狭缝面 1，发射极上部分 4 和发射极下部分 5 的狭缝面 1 为光洁平面，平面度小于 0.3μm。对发射极的狭缝尖端进行光学研磨抛光，使发射极的尖端弧度小于 5μm，线状喷口直线度小于 5μm。

[0025] 发射极支架 3 设置在发射极和存储室 8 之间，将发射极和储存室 8 连接在一起，并设有允许工质从存储室 8 到发射极的毛细通道 11，发射极支架 3 与发射极下部分 5 之间设置有密封圈 13，密封圈为 C 型或 O 型弹性金属密封圈。

[0026] 存储室 8 的一侧设置有推进剂加注阀 7，存储室 8 的外侧设置有加热装置 2，加热

装置 2 为电阻型加热器，并且高压绝缘，其内附有温热电偶。加热装置 2，加热装置 2 用于使推进剂熔化，并有利于毛细通道 11 的初次浸润。

[0027] 存储室 8 为球柱或球型内腔结构，内壁附有毛细导流板 9，毛细导流板 9 的作用为使推进剂在表面张力作用下，主要流向毛细通道 11，毛细通道 11 连接限流微通道 6 与存储室 8。存储室 8 的材料为低膨胀率合金。

[0028] 限流微通道 6 是利用离子刻蚀工艺而制成的结构，设置在发射极狭缝面 1 上，具体地设置在发射极下部分 5 的狭缝面 1 上，限流微通道 6 的线宽为 10 ～ 1000μm，深度为 0.5 ～ 5μm。

[0029] 限流微通道 6 的前端设置有面状刻蚀区域与发射极的狭缝口连接，中间为线状沟槽，后端与毛细通道 11 的开口相连。

[0030] 爆破膜 12 设置在毛细通道 11 与发射极下部分 5 的交接处，爆破膜 12 为一次性聚四氟乙烯或金属薄膜，在推进剂填装、存储阶段使用，在推进器从存储阶段转入点火阶段时，利用液体热膨胀原理将膜片压破，使推进剂流出。

[0031] 在本实施例中，选取金属镓作为推进剂，其熔点低可以降低额外液化功率的消耗，线膨胀系数高，可利用加热膨胀原理开启密封保护机构。根据液态镓升温 100 摄氏度的热膨胀比率估算，爆破膜 12 和狭缝面 1 之间的毛细通道 11 体积与存储室 8 体积之比需小于 1%，以此使液态镓能自主膨胀至发射极的狭缝口。

[0032] 本发明所述的一种用于液态金属离子推进器的推进剂管理系统在工作过程中，推进剂加注建议在真空环境下进行，将发射极、爆破膜 12、密封圈 13 和存储室 8 彻底清洗、除气并配合之后，在真空环境中将存储室 8 的推进剂加注阀 7 打开并浸没液态镓池中，开启真空室放气阀，利用大气压与重力使液态镓注满存储室且无气泡，封闭推进剂加注阀 7，并移出真空室。由于固态镓密度小于液态镓，为防止凝固膨胀，在存储阶段需要保持存储室温度高于金属镓的熔点。首次点火前，先在发射极与加速极之间施加高于电离阀值的高电压，持续至液态推进剂到达发射狭缝口时，即可产生场发射。期间开启用于控温的加热装置 2，以不高于 10℃ /h 的升温速率缓慢升温，使推进剂膨胀并压破爆破膜 12，流至发射狭缝口，持续升温至产生场发射现象，停止升温。重复升降温，使在推进剂熔点温度附近可以产生稳定场发射现象，正常工作状态时恒温至推进剂熔点附近。场发射现象由高压电源回路判断。

[0033] 本发明充分利用热膨胀原理，通过合理选择体积比，利用液态金属密度随温度变化特性，通过加热装置 2 加热推进剂使其膨胀并打开设置在毛细通道 11 与发射极下部分的交接处的爆破膜 12，精确选择体积比使推进剂可以膨胀至狭缝口，并与狭缝面 1 形成可靠浸润，降低由于表面污染导致的浸润失效引起的可靠性问题。本发明具有总体无运动机构、结构简单、过程可控、可靠性高的优点。

[0034] 本发明充分利用热膨胀原理，通过合理选择体积比，利用液态金属密度随温度变化特性，通过加热装置 2 加热推进剂使其膨胀并打开设置在毛细通道 11 与发射极下部分的交接处的爆破膜 12，主动完成推进剂与狭缝面 1 的浸润，降低由于表面污染导致的浸润失效引起的可靠性问题，提高可靠性。本发明具有总体无运动机构、结构简单、过程可控、可靠性高的优点。

[0035] 以上所述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。

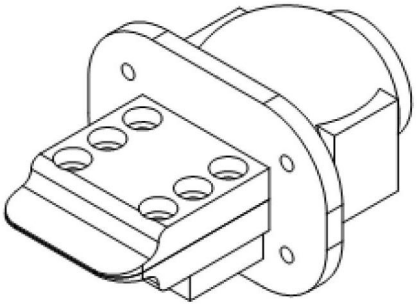


图 1

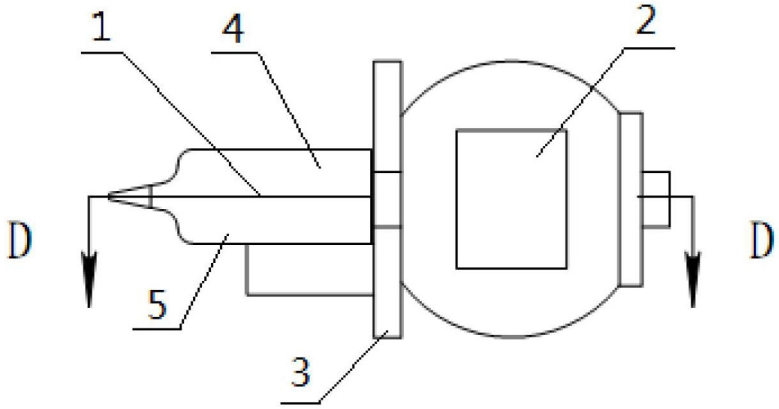


图 2

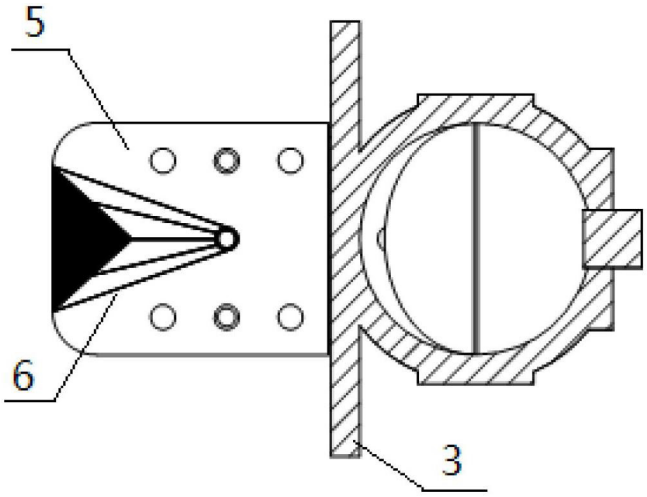


图 3

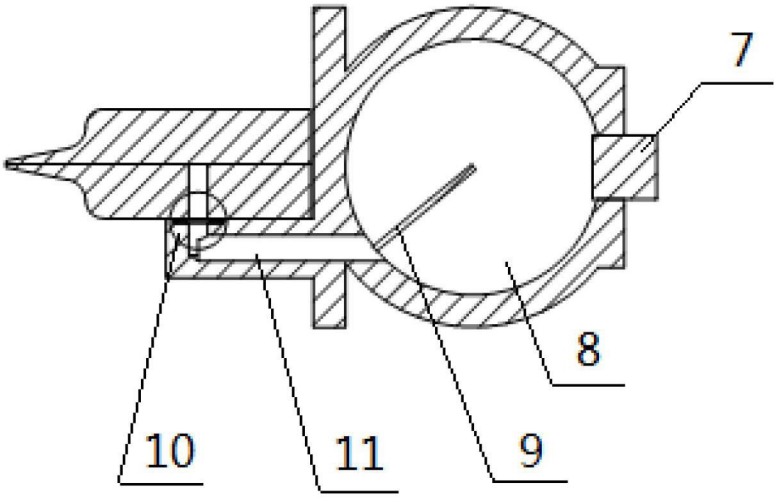


图 4

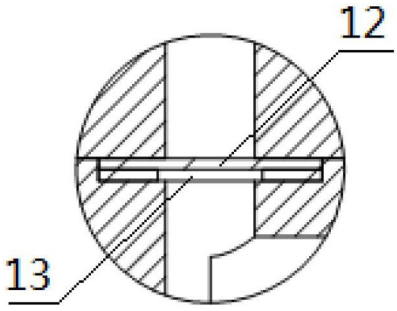


图 5