



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110913552 B

(45) 授权公告日 2022.04.19

(21) 申请号 201911237489.3

(22) 申请日 2019.11.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110913552 A

(43) 申请公布日 2020.03.24

(73) 专利权人 中国人民解放军空军工程大学
地址 710051 陕西省西安市长乐东路甲字1
号空军工程大学

(72) 发明人 张志波 吴云 贾敏 金迪
宋慧敏 梁华 崔巍 朱益飞
李应红 李军

(51) Int.Cl.
H05H 1/24 (2006.01)

审查员 吴小云

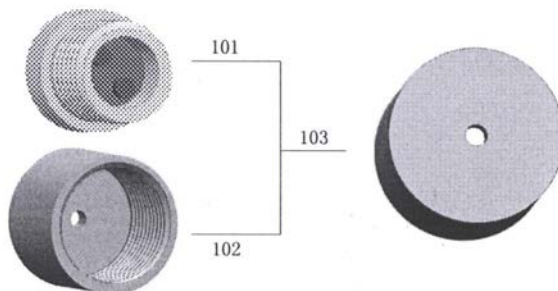
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器

(57) 摘要

提供一种宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器(103),由激励器底部(101)和激励器头部(102)两部分通过螺纹装配而成;激励器底部(101)和激励器头部(102)整体都呈圆柱体盒盖状;激励器底部(101)包括:放电阳极(201)、放电阴极(202)、绝缘体(203)、激励器壳体(204);在激励器头部(102)地面中心打通孔,用作合成射流的射流孔。本发明激励器利用半导体沿面放电具有的击穿电压对气体压力不敏感的特性,能够在较宽的范围内可靠稳定使用,能够解决目前等离子体合成射流激励器使用过程中遇到的环境适应性差、工作气压窄的问题。



1. 一种宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器(103),由激励器底部(101)和激励器头部(102)两部分通过螺纹装配而成;其特征在于:

激励器底部(101)整体呈圆柱体盒盖状,一端封闭,一端开放,激励器底部(101)的柱体部分具有外螺纹;激励器头部(102)整体也呈圆柱体盒盖状,一端封闭,但中央开有通孔,另一端开放,激励器头部(102)具有内螺纹;激励器底部(101)的外螺纹与激励器头部(102)的内螺纹相互配合,形成螺纹装配;其中

激励器底部(101)包括:放电极(201)、放电阴极(202)、绝缘体(203)、激励器壳体(204);激励器底部(101)除去放电极(201)、放电阴极(202)和绝缘体(203)后由绝缘材料整体加工为激励器壳体(204),激励器壳体(204)内腔底部打两个通孔,分别用于布置放电极(201)和放电阴极(202),这两个孔的位置关于激励器壳体(204)内腔底部的中心为对称,孔的尺寸根据放电极(201)和放电阴极(202)的尺寸确定,确保当放电极(201)和放电阴极(202)放入时形成紧配合;绝缘体(203)放入激励器壳体(204)内腔底部,并全部覆盖该底部,绝缘体(203)开通孔用于安装放电极(201)和放电阴极(202),该通孔位置对应于激励器壳体(204)内腔底部打孔的位置;绝缘体(203)为半导体陶瓷块,由SiC半导体材料加工而成,厚度为1mm;

激励器头部(102)由绝缘材料加工而成,用于与激励器底部(101)相配合,激励器头部(102)的盒盖状圆柱体正好能够容纳激励器底部(101)通过螺纹旋入其内,激励器头部(102)的内螺纹和激励器底部(101)的外螺纹正好相互配合,旋入后,激励器头部(102)和激励器底部(101)的圆柱体外部顺滑连接,表面光滑;在激励器头部(102)中心打通孔,用作合成射流的射流孔。

2. 如权利要求1所述的等离子体合成射流激励器,其特征在于:

激励器底部(101)的激励器壳体(204)和激励器头部(102)的材料为耐高温绝缘材料;

激励器底部(101)的内腔体直径范围为4~20mm,高度为3~20mm,壁厚1~10mm;绝缘体(203)外部尺寸与激励器底部(101)的圆柱形内腔一致,采用圆形设计,其固定于激励器底部(101)的腔体中;

激励器头部(102)中心开孔,开孔深度为0.5~5mm,直径为0.5~5mm。

3. 如权利要求2所述的等离子体合成射流激励器,其特征在于:

激励器底部(101)的内腔体直径为8mm,高度为5mm,壁厚为2mm;放电极和放电阴极横截面形状为方形或圆形;为方形时,其边长范围为1~3mm,高度为1mm~3mm;为圆形时,其半径范围为0.5~2mm;

激励器头部(102)中心开孔深度为1mm,直径为2mm。

4. 如权利要求3所述的等离子体合成射流激励器,其特征在于:

激励器底部(101)的激励器壳体(204)和激励器头部(102)的材料选自可加工微晶玻璃陶瓷或氧化铝陶瓷;

放电极和放电阴极材料选自青铜、不锈钢、镍基高温合金、铂或钨;

放电极和放电阴极横截面形状为方形时,边长为2mm,高度为2mm;为圆形时,其为半径1mm的钨针;

绝缘体(203)通过高温胶固定于激励器底部(101)腔体中。

5. 一种基于权利要求1至4任一项的等离子体合成射流激励器的工作方法,其特征在

于：

当激励电源通过放电阳极和放电阴极(201、202)向绝缘体(203)施加电压时产生半导体沿面放电；随后，激励电源通过半导体沿面放电迅速释放能量，加热等离子体合成射流激励器(103)腔体内部气体，气体受热膨胀，产生合成射流；等离子体合成射流激励器(103)通过半导体沿面放电注入能量；在这一过程中，由于绝缘体(203)结构的不匀质性，工作表层开始通过电流；但电流的分布沿这层的表面和截面是不均匀的，大部分电流集中地通过导电性最大的一段表面，其中电流密度很大，所以这一段很快的就发热了；由于半导体材料具有负的温度系数，这一段的电阻就随着发热而减小，因而使其中的电流继续增长，材料更加发热，直至导致电子产生“雪崩”式的热游离；这一通过初始电导较高的一段表面的电流逐渐增长，直到全部放电电流迅速地集中于半导体材料表面的狭窄通道而形成火花放电；因此，半导体沿面放电是在表面进行，受气体压力影响很小；当周围气体的压力从一个大气压升到几十个大气压时，半导体表面放电的最小电压基本上保持不变。

一种宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器

技术领域

[0001] 本发明涉及等离子体技术,具体涉及一种利用半导体陶瓷实现宽气压条件下工作的等离子体合成射流激励器。

背景技术

[0002] 等离子体合成射流激励器是一种利用气体放电快速加热气体,提高气体压力,内外压差的作用下产生合成射流,进而对流场施加有效扰动产生流动控制效果的一类等离子体激励器。相比于传统的介质阻挡等离子体流动控制激励器,等离子体合成射流激励器的诱导速度大大提高,超过100m/s,因此有望在超声速流动控制领域发挥作用。

[0003] 等离子体合成射流激励器是基于气体放电的激励器,其能量来源于气体放电。根据气体放电理论,放电的击穿电压与气体压力直接相关,而气体放电注入能量很多情况下又与击穿电压相关。当气体压力降低时,击穿电压减小,电源系统注入激励器的能量也将减小,导致激励器性能衰退。当气体压力升高时,激励器工作所需的击穿电压也明显升高。当击穿电压超过激励器供给电源的最大输出电压时,气体无法击穿。此时,放电系统无法通过放电给激励器注入能量,导致激励器完全失效,无法工作。因此,目前等离子体合成射流激励器存在工作范围窄的突出问题,只能在特定的气体压力下使用。

[0004] 综上所述,目前等离子体合成射流激励器存在着工作气压范围窄、环境适应性差的突出问题,无法满足流动控制宽范围条件使用的需求。

发明内容

[0005] 有鉴于此,针对目前等离子体合成射流激励器存在着工作气压范围窄、环境适应性差的突出问题,本发明提出一种宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器103,由激励器底部101和激励器头部102两部分通过螺纹装配而成;其中:

[0006] 激励器底部101整体呈圆柱体盒盖状,一端封闭,一端开放,激励器底部101的柱体部分具有外螺纹;激励器头部102整体也呈圆柱体盒盖状,一端封闭,但中央开有通孔,另一端开放,激励器头部102具有内螺纹;激励器底部101的外螺纹与激励器头部102的内螺纹相互配合,形成螺纹装配;其中

[0007] 激励器底部101包括:放电阳极201、放电阴极202、绝缘体203、激励器壳体204;激励器底部101除去放电阳极201、放电阴极202和绝缘体203后由绝缘材料整体加工为激励器壳体204,激励器壳体204内腔底部打两个通孔,分别用于布置放电阳极201和放电阴极202,这两个孔的位置关于激励器壳体204内腔底部的中心为对称,孔的尺寸根据放电阳极201和放电阴极202的尺寸确定,确保当放电阳极201和放电阴极202放入时形成紧配合;绝缘体203放入激励器壳体204内腔底部,并全部覆盖该底部,绝缘体203开通孔用于安装放电阳极201和放电阴极202,该通孔位置对应于激励器壳体204内腔底部打孔的位置;

[0008] 激励器头部102由绝缘材料加工而成,用于与激励器底部101相配合,激励器头部102的盒盖状圆柱体正好能够容纳激励器底部101通过螺纹旋入其内,激励器头部102的内

螺纹和激励器底部101的外螺纹正好相互配合,旋入后,激励器头部102和激励器底部101的圆柱体外部顺滑连接,表面光滑;在激励器头部102中心打通孔,用作合成射流的射流孔。

[0009] 在本发明的一个实施例中,激励器底部101的激励器壳体(204)和激励器头部102的材料为耐高温绝缘材料;

[0010] 激励器底部101的内腔体直径范围为4~20mm,高度为3~20mm,壁厚1~10mm;绝缘体203外部尺寸与激励器底部101的圆柱形内腔一致,采用圆形设计,其固定于激励器底部101的腔体中;

[0011] 激励器头部102中心开孔,开孔深度为0.5~5mm,直径为0.5~5mm。

[0012] 在本发明的一个具体实施例中,激励器底部101的内腔体直径为8mm,高度为5mm,壁厚为2mm;放电电极横截面形状为方形或圆形;为方形时,其边长范围为1~3mm,高度为1mm~3mm;为圆形时,其半径范围为0.5~2mm;

[0013] 激励器头部102中心开孔深度为1mm,直径为2mm。

[0014] 在本发明的另一个具体实施例中,激励器底部101的激励器壳体204和激励器头部102的材料选自可加工微晶玻璃陶瓷或氧化铝陶瓷;

[0015] 放电电极材料选自青铜、不锈钢、镍基高温合金、铂或钨;

[0016] 放电电极横截面形状为方形时,边长为2mm,高度为2mm;为圆形时,其为半径1mm的钨针;

[0017] 绝缘体203为半导体陶瓷块,由SiC半导体材料加工而成,厚度为1mm;绝缘体203通过高温胶固定于激励器底部101腔体中。

[0018] 还提供一种等离子体合成射流激励器的工作方法,其特征在于:

[0019] 当激励电源通过放电电极201、202向绝缘体203施加电压时产生半导体沿面放电;随后,激励电源通过半导体沿面放电迅速释放能量,加热等离子体合成射流激励器103腔体内部气体,气体受热膨胀,产生合成射流;等离子体合成射流激励器103通过半导体沿面放电注入能量;在这一过程中,由于绝缘体203结构的不匀质性,工作表层开始通过电流;但电流的分布沿这层的表面和截面是不均匀的,大部分电流集中地通过导电性最大的一段表面,其中电流密度很大,所以这一段很快的就发热了;由于半导体材料具有负的温度系数,这一段的电阻就随着发热而减小,因而使其中的电流继续增长,材料更加发热,直至导致电子产生“雪崩”式的热游离;这一通过初始电导较高的一段表面的电流逐渐增长,直到全部放电电流迅速地集中于半导体材料表面的狭窄通道而形成火花放电;因此,半导体沿面放电是在表面进行,受气体压力影响很小;当周围气体的压力从一个大气压升到几十个大气压时,半导体表面放电的最小电压基本上保持不变。

[0020] 施加半导体后,气体放电特性将发生改变,此时放电已不再是传统的气体击穿放电,而是半导体沿面放电。半导体沿面放电具有很好的稳定性,其起始的击穿电压基本不随外界环境压力改变。因此,基于半导体沿面放电的等离子体合成射流激励器将具有很有有的环境适应性,能够在宽气体条件下使用。

[0021] 本发明的一种基于半导体沿面放电的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器,利用半导体沿面放电具有的击穿电压对气体压力不敏感的特性,能够在较宽的范围内可靠稳定使用,能够解决目前等离子体合成射流激励器使用过程中遇到的环境适应性差、工作气压窄的问题。

附图说明

[0022] 图1为本发明宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器的结构示意图；

[0023] 图2为激励器壳体内部结构示意图。

具体实施方式

[0024] 为达到上述目的,本发明提供一种基于半导体沿面放电的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器,其技术特点在于利用半导体沿面放电取代传统等离子体合成射流激励器使用的气体放电模式,减小放电击穿电压受气体压力的影响,以提高等离子体合成射流激励器的环境适应性。参见图1,本发明基于半导体沿面放电的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器103主要由带半导体陶瓷块的激励器底部101、带射流出口的激励器头部102两部分通过螺纹装配而成。激励器底部101整体呈圆柱体盒盖状,一端封闭,一端开放,激励器底部101的柱体部分具有外螺纹。激励器头部102整体也呈圆柱体盒盖状,一端封闭,但中央开有通孔,另一端开放,激励器头部102具有内螺纹。陶瓷块的激励器底部101的外螺纹与激励器头部102的内螺纹相互配合,形成螺纹装配。

[0025] 如图2所示,激励器底部101包括:放电阳极201、放电阴极202、半导体陶瓷块203、激励器壳体204。激励器底部101除去放电阳极201、放电阴极202和半导体陶瓷块203后由绝缘材料整体加工为激励器壳体204,激励器壳体204内腔底部打两个通孔,分别用于布置放电阳极201和放电阴极202,这两个孔的位置关于激励器壳体204内腔底部的中心为对称,孔的尺寸根据放电阳极201和放电阴极202的尺寸确定,确保当放电阳极201和放电阴极202放入时形成紧配合。半导体陶瓷块203放入激励器壳体204内腔底部,并全部覆盖该底部,半导体陶瓷块203开通孔用于安装放电阳极201和放电阴极202,该通孔位置对应于激励器壳体204内腔底部打孔的位置。

[0026] 激励器头部102用于与激励器底部101相配合,激励器头部102的盒盖状圆柱体正好能够容纳激励器底部101通过螺纹旋入其内,激励器头部102的内螺纹和激励器底部101的外螺纹正好相互配合,旋入后,激励器头部102和激励器底部101的圆柱体外部顺滑连接,表面光滑。在激励器头部102中心打通孔用作合成射流的射流孔。

[0027] 根据本发明的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器,其激励器底部101的激励器壳体204和激励器头部102的材料必须是绝缘材料,可选自可加工微晶玻璃陶瓷、氧化铝陶瓷等耐高温绝缘材料。激励器底部101的内腔体直径范围为4~20mm,优选8mm,高度为3~20mm,优选5mm,壁厚1~10mm,优选2mm。腔内布置的电极材料可选用青铜、不锈钢、镍基高温合金、铂、钨等,放电电极形状为方形,长宽范围为1~3mm,优选2mm,高度为1mm~3mm,优选2mm;放电电极形状也可以为惯常使用的圆柱型,其截面半径范围为0.5~2mm,优选1mm;半导体陶瓷块203外部尺寸与激励器底部101的圆柱形内腔一致,采用圆形设计,材料为SiC半导体陶瓷,其通过高温胶固定于激励器底部101腔体中。

[0028] 根据本发明的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器,其激励器头部102中心开孔,开孔深度为0.5~5mm(该开孔深度即为激励器头部102的端部厚度),优选1mm,直径为0.5~5mm,优选2mm。

[0029] 本发明的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器的工作特性如下:当激励电源通过放电电极向半导体陶瓷块施加电压时产生半导体沿面放电。随后,激励电源通过

半导体沿面放电迅速释放能量,加热激励器腔体内部气体,气体受热膨胀,产生合成射流。不同于传统的空气放电型等离子体合成射流激励器,本发明的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器是通过半导体沿面放电注入能量。在这一过程中,由于半导体陶瓷块结构的不匀质性,工作表层开始通过电流。但电流的分布沿这层的表面和截面是不均匀的,大部分电流集中地通过导电性最大的一段表面,其中电流密度很大,所以这一段很快的就发热了。由于半导体材料具有负的温度系数,这一段的电阻就随着发热而减小,因而使其中的电流继续增长,材料更加发热,直至导致电子产生“雪崩”式的热游离。这一通过初始电导较高的一段表面的电流逐渐增长,直到全部放电电流迅速地集中于半导体材料表面的狭窄通道而形成火花放电。因此,半导体沿面放电是在表面进行,受气体压力影响很小。当周围气体的压力从一个大气压升到几十个大气压时,半导体表面放电的最小电压基本上保持不变。综上,本发明的宽气压条件下使用的等离子体合成射流激励器能够在较宽的气压范围内稳定可靠工作,具有很强的环境适应性。

[0030] 具体实施例

[0031] 考虑到绝缘性和加工性,等离子体合成射流激励器103的主体材料(包括激励器壳体204和激励器头部102)选用微晶玻璃陶瓷。激励器壳体101加工圆筒状,内部腔体直径8mm,高5mm,壁厚2mm。阳极201与阴极202选用直径1mm的钨针制成。半导体陶瓷块203由SiC半导体材料加工而成,厚度为1mm。

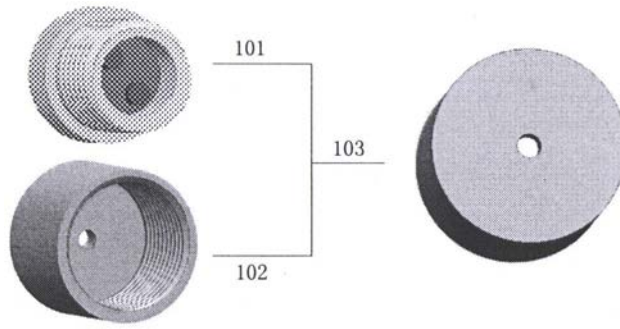


图1

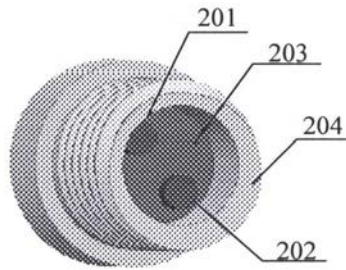


图2