



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112644691 A

(43) 申请公布日 2021.04.13

(21) 申请号 202110004783.0

(22) 申请日 2021.01.04

(71) 申请人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市碑林区金花南路5号

(72) 发明人 喻明浩 金元中 郑博睿 赵太飞
付钰伟 葛畅 张雯

(74) 专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214
代理人 徐瑶

(51) Int. Cl.

B64C 23/00 (2006.01)

H05H 1/24 (2006.01)

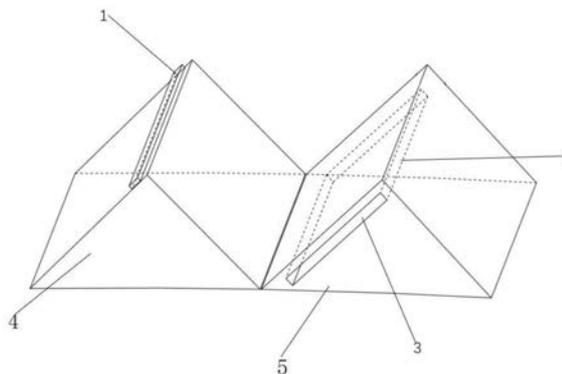
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器

(57) 摘要

本发明公开的一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,包括有安装在机翼表面上且相互平行排布的第一级随行波发生器及第二级随行波发生器,第一级随行波发生器及第二级随行波发生器为材质为绝缘材料的三棱柱体,第一级随行波发生器及第二级随行波发生器的一侧壁面安装在机翼表面;第一级随行波发生器朝向气流方向的一侧壁面上设置有条状上电极;第二级随行波发生器的内部开有下电极安装槽,下电极安装槽内安装有平板型下电极,平板型下电极与条状上电极相平行;平板型下电极接地;条状上电极接直流脉冲高电压。该等离子体激励器能够提升流动控制效果,达到降低摩擦阻力的目标。



1. 一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,其特征在于,包括有安装在机翼表面上且相互平行排布的第一级随行波发生器(4)及第二级随行波发生器(5),第一级随行波发生器(4)及第二级随行波发生器(5)为材质为绝缘材料的三棱柱体,第一级随行波发生器(4)及第二级随行波发生器(5)的一侧壁面安装在机翼表面;第一级随行波发生器(4)朝向气流方向的一侧壁面上设置有条状上电极(1);第二级随行波发生器(5)的内部开有下电极安装槽(3),下电极安装槽(3)内安装有平板型下电极(2),平板型下电极(2)与条状上电极(1)相平行;平板型下电极(2)接地;条状上电极(1)接直流脉冲高电压。

2. 根据权利要求1所述的一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,其特征在于,所述第一级随行波发生器(4)及第二级随行波发生器(5)为材质为聚四氟乙烯的三棱柱体。

3. 根据权利要求1所述的一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,其特征在于,所述直流脉冲高电压为5kv-10kv。

4. 根据权利要求1所述的一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,其特征在于,条状上电极(1)的材质为铜电极,厚度为0.1mm-2mm。

5. 根据权利要求1所述的一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,其特征在于,平板型下电极(2)为铜电极,厚度为0.1mm-2mm。

一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器

技术领域

[0001] 本发明属于等离子体设备技术领域,具体涉及一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器。

背景技术

[0002] 面对日趋严峻的能源危机,提升交通工具的燃油经济性已经成为研发设计的必然选择。其中飞行器的总阻力中摩擦阻力占很大比例,例如高亚声速大型飞机在巡航时,飞机表面湍流摩擦阻力占总阻力的50%以上。研究结果表明:降低气动阻力系数是降低油耗的重要手段之一。

[0003] 根据减阻控制方式是否需要额外的能量输入,减阻技术主要分为主动减阻和被动减阻两类。

[0004] 目前常用的被动减阻方法主要有:给机翼加装固体叶片式涡流发生器、布置微小减阻沟槽、柔顺壁减阻法、随行波减阻法等。其中,随行波减阻是国内外近年来研究的一种仿生减阻技术,它不会给控制对象带来附加设备或额外能耗,在经济价值和军事价值有着重要作用。其利用随行波表面的波皱形状,使得一定流动条件下,在波谷处产生二次流,即由来流引发一排平行人工涡,从而使自由来流在平行人工涡上流动,滑动摩擦变成滚动摩擦,达到减阻目的。但是大多数被动减阻方法的有效工况比较特殊,在复杂的流场中,被动流动控制技术带来的作用及效果比较有限。

[0005] 主动减阻技术有微流量吹吸法和零质量射流法、等离子体流动控制等。其中,等离子体流动控制是通过驱动高电压,来击穿空气产生等离子体,利用产生等离子体时的冲击效应、温升效应,物性改变等特性来起到扰动流场的作用,具有结构简单、消耗功率低、激励频带宽等优点,逐渐成为一种具有代表性的新型主动流动控制技术。等离子体减阻技术是等离子体流动控制技术的衍生,利用激励器产生等离子体,在电场力的作用下,等离子体与中性粒子相互碰撞,形成粒子射流,改变周围流场特性,减少机翼表面旋涡相干结构的低速条带数,延迟表面流动的层流状态,从而起到减阻作用。

[0006] 但是在等离子体流动控制中,等离子体激励器的激励强度以及使用寿命有限,减阻的效果在一定情况下取决于激励器的激励效果。

[0007] 研究发现:在等离子体激励器中,通过将电极与阶梯状介质层相结合,使激励器的介质层体积减少,产生等离子体的空间增大,从而使等离子体激励器的效率提升。此外,阶梯形介质层随着激励器的工作,退化较慢,会增加激励器使用寿命。

[0008] 因此如何将主动减阻和被动减阻技术结合起来,考虑如何在提高激励器激励强度的同时,融合主动和被动减阻技术的特点来进一步提高减阻效率,正在成为提高减阻效率的最新发展趋势。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提供一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,该等离子

体激励器能够提升流动控制效果,达到降低摩擦阻力的目标。

[0010] 本发明所采用的技术方案是,一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,包括有安装在机翼表面上且相互平行排布的第一级随行波发生器及第二级随行波发生器,第一级随行波发生器及第二级随行波发生器为材质为绝缘材料的三棱柱体,第一级随行波发生器及第二级随行波发生器的一侧壁面安装在机翼表面;第一级随行波发生器朝向气流方向的一侧壁面上设置有条状上电极;第二级随行波发生器的内部开有下电极安装槽,下电极安装槽内安装有平板型下电极,平板型下电极与条状上电极相平行;平板型下电极接地;条状上电极接直流脉冲高电压。

[0011] 本发明的特征还在于,

[0012] 第一级随行波发生器及第二级随行波发生器为材质为聚四氟乙烯的三棱柱体。

[0013] 直流脉冲高电压为5kv-10kv。

[0014] 条状上电极的材质为铜电极,厚度为0.1mm-2mm。

[0015] 平板型下电极为铜电极,厚度为0.1mm-2mm。

[0016] 本发明的有益效果是:

[0017] (1) 本发明等离子体激励器,被加速的中性粒子流与沟槽内的涡流同向叠加,进而加速涡流的产生并提高涡流的强度,使机翼表面的滑动摩擦转变为滚动摩擦,达到减阻效果;

[0018] (2) 本发明等离子体激励器,由于等离子放电的加热效应使沟槽内的温度急剧升高,使沟槽内的气体向沟槽开口外膨胀,使机翼上表面主流与沟槽内涡流的耦合作用更加明显,进一步提升减阻效果。主动控制和被动控制优点相结合,起到混合减阻作用,改善机翼的气动效能。

[0019] (3) 本发明等离子体激励器外形为随行波状,起到被动减阻作用,不会增加附加阻力;采用阶梯状绝缘介质层,使等离子体产生空间增大,是激励器效果成倍提升。

[0020] (4) 本发明等离子体激励器,体积较小,适用于绝大数飞行器。

[0021] (5) 本发明等离子体激励器,有两级随行波发生器为一组组成,可根据使用要求,灵活安装并串联数量,代替传统减阻装置效能。

[0022] (6) 本发明等离子体激励器,电源触发,响应快,质量较轻,比传统激励器使用寿命更高。该装置可配合闭环控制系统,根据飞行器飞行状态,针对性启动激励器进行主动控制减阻。

附图说明

[0023] 图1是本发明一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器的结构示意图

[0024] 图2是本发明一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器的侧面结构示意图。

[0025] 图3是本发明等离子体激励器安装位置及等离子体激励器产生射流方向示意图。

[0026] 图4是机翼未安装该装置时周围流场分布图;

[0027] 图5是机翼安装本发明可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器的流场分布图。

[0028] 图中,1.条状上电极,2.平板型下电极,3.下电极安装槽,4.第一级随行波发生器,

5. 第二级随行波发生器。

具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0030] 本发明一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,如图1-2所示,包括有安装在机翼表面上且相互平行排布的第一级随行波发生器4及第二级随行波发生器5,第一级随行波发生器4及第二级随行波发生器5之间无间隙排布在机翼表面上,第一级随行波发生器4及第二级随行波发生器5之间形成V型沟槽;第一级随行波发生器4及第二级随行波发生器5为材质为绝缘材料的三棱柱体,第一级随行波发生器4及第二级随行波发生器5的一侧壁面安装在机翼表面;第一级随行波发生器4朝向气流方向的一侧壁面上设置有条状上电极1;第二级随行波发生器5的内部开有下电极安装槽3,下电极安装槽3内安装有平板型下电极2,平板型下电极2与条状上电极1相平行;平板型下电极2接地;条状上电极1施加快升慢衰式高电压,条状上电极1接直流脉冲高电压或毫秒脉冲交流高电压或者纳秒脉冲高电压。且条状上电极1在平板型下电极2所在平面的投影与平板型下电极2无间隙布置。

[0031] 第一级随行波发生器4及第二级随行波发生器5为材质为聚四氟乙烯的三棱柱体。

[0032] 直流脉冲高电压为5kv-10kv。

[0033] 条状上电极1为铜电极,厚度为0.1mm-2mm。

[0034] 平板型下电极2为铜电极,厚度为0.1mm-2mm。

[0035] 本发明一种可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,将随行波被动减阻和新型等离子体激励器主动控制技术相结合。该装置工作阶段分为两部分,如图3,5所示:

[0036] (1) 等离子激励器未工作时,气流流经第一级随行波发生器4最高点后与V型沟槽内的低速气流发生相对作用产生顺时针旋转的高速气流。当气流旋转至V型沟槽上方开口处时,高速旋转的涡流与流经V型沟槽上方的主流发生相对作用,并沿气流方向机翼后缘移动,并与下一个第二级随行波发生器5的绝缘表面产生相同的气动过程,避免了机翼上表面主流与机翼表面的低速附面层产生相对摩擦,进而减小了气动阻力。

[0037] (2) 当等离子激励器工作时,采用快升慢衰式波形,使激励器的条状上电极1与平板型下电极2产生等离子放电,带电粒子由上电极向下电极高速运动,并不断碰撞V型沟槽内的中性粒子,发生动量交换,使静止的中性粒子得到动量,中性粒子在电场力的作用下,进行粒子射流,粒子射流沿着阶梯状介质表面进行流动产生三种有益效果:

[0038] 第一种,被加速的中性粒子流与沟槽内的涡流同向叠加,进而加速涡流的产生并提高涡流的强度,显著提高减阻效果;

[0039] 第二种,由于等离子放电的加热效应使沟槽内的温度急剧升高,使沟槽内的气体向沟槽开口外膨胀,使机翼上表面主流与沟槽内涡流的相对作用更加明显,让流动分离点后移,抑制流动分离,使机翼表面尽量保持层流状态,进一步提高减阻效果。

[0040] 第三种,此激励器介质层为阶梯状绝缘介质层,会减少介电层容积,降低了介电层耗散功率,从而减少了等离子体的耗散功率,增大了等离子体容积,大幅度增加该等离子体激励效果,并且最高可使等离子体激励效果达到常规激励效果8倍。

[0041] 该装置沿机翼展向布置于机翼上表面最大机翼厚度处,可连续无间隙设置多组可用于减阻的阶梯状随行波等离子体激励器,多个形状为三棱柱体的随行波发生器依次排布

形成,激励器的绝缘介质层为阶梯状,且装置所形成的的沟槽延展方向与机翼上表面气流方向垂直。其中该装置绝缘介质层外形为V型随行波状,V型随行波状轮廓介质由两级阶梯状装置无间隙组合而成。

[0042] 等离子体激励器的高度为10mm~40mm。

[0043] 多组等离子体激励器的铺设长度为50mm~100mm。

[0044] 主动新型高效等离子体激励器减阻和被动随行波减阻相结合,起到高效减阻目的(如图5所示)。根据实验表明,当绝缘介质层为阶梯状,激励器放电时,阶梯状介质层2会比常规激励器退化慢,使激励器击穿介质层时间推迟,从而使激励器寿命增加。其中图4和图5为效果对比图,对比可以清楚看出,采用主动与被动结合使流动分离点后移,推迟流动分离,有较大效果减阻作用。

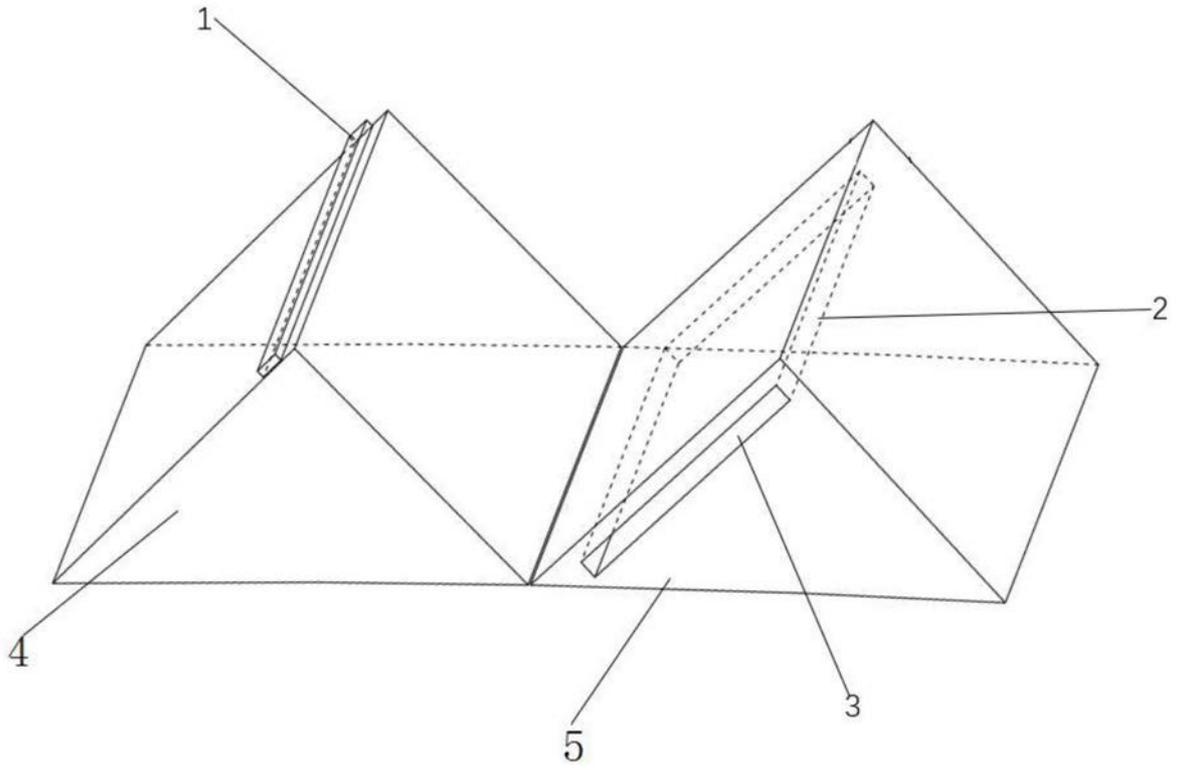


图1

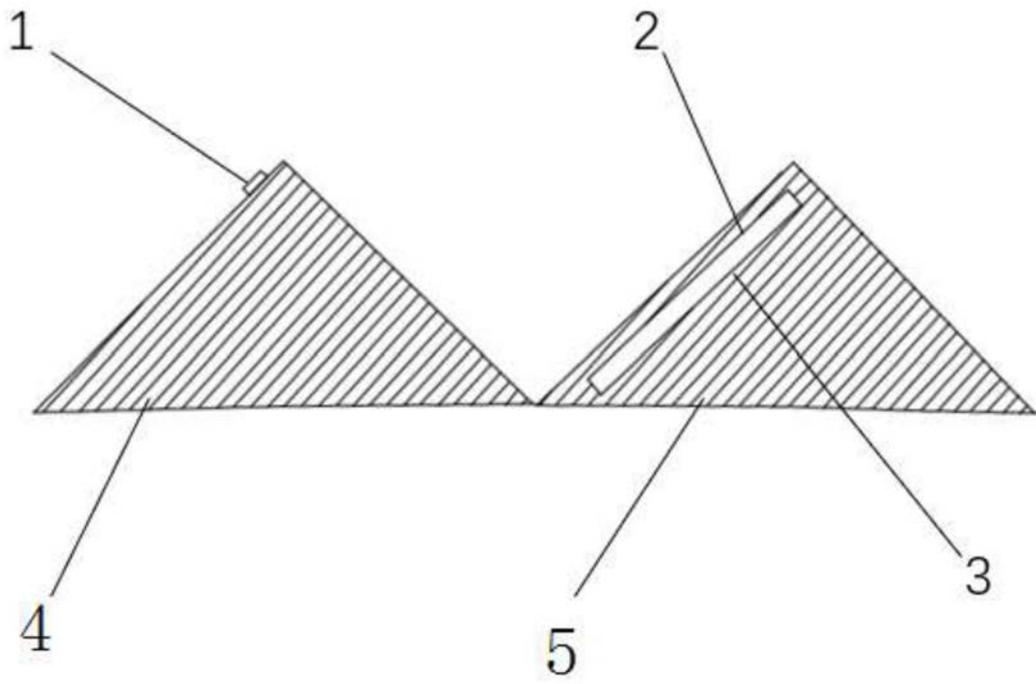


图2

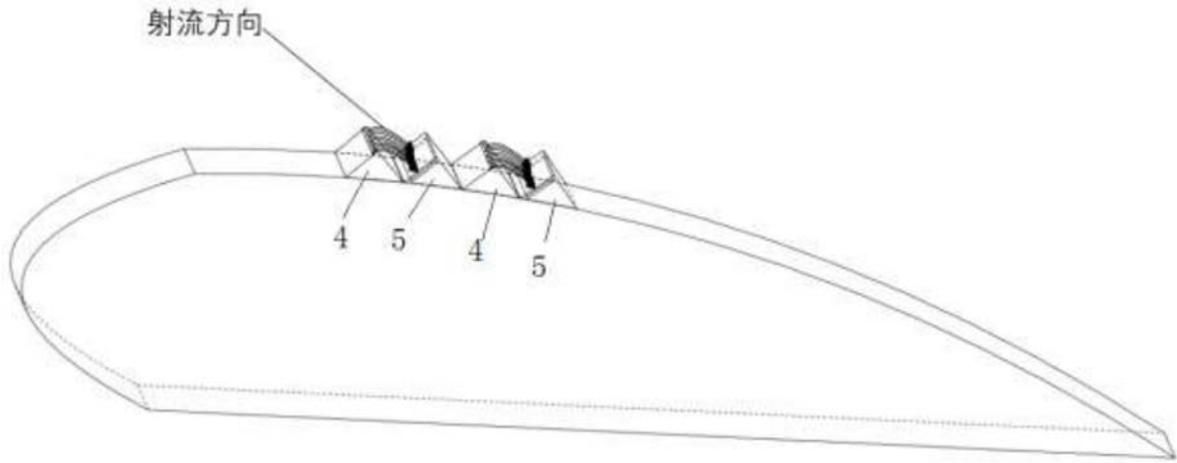


图3

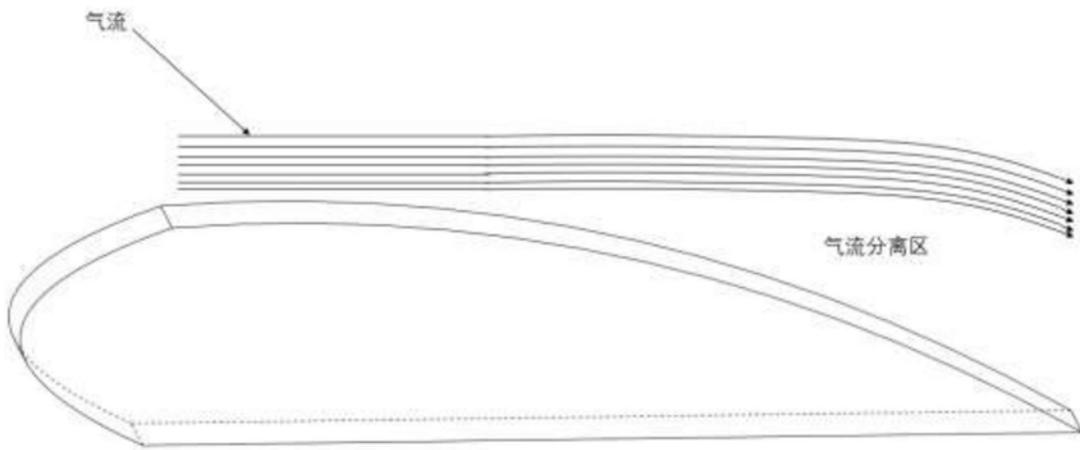


图4

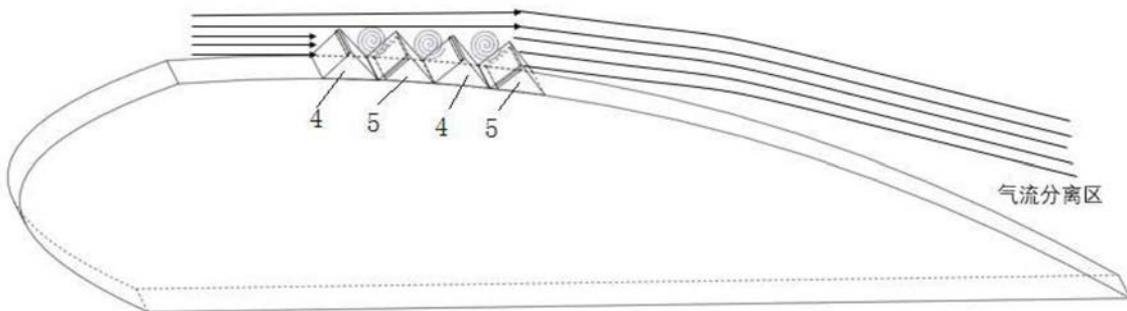


图5