(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119429123 A
(43)申请公布日 2025.02.14

(21)申请号 202411566703.0

(22)申请日 2016.06.20

(30)优先权数据
62/181,625 2015.06.18 US
15/186,337 2016.06.17 US
PCT/US16/038239 2016.06.17 US

(62)分案原申请数据
201680048651.5 2016.06.20

(71)申请人 凯文·克雷梅耶
地址 美国夏威夷州

(72)发明人 凯文·克雷梅耶

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262
专利代理师 李健 张奎燕

(51)Int.Cl.
B64D 27/16(2006.01)
B61C 7/00(2006.01)
B64G 1/40(2006.01)
D03D 47/30(2006.01)
D03D 47/32(2006.01)
D03D 47/27(2006.01)
F41H 5/007(2006.01)
F42B 15/10(2006.01)
F03G 7/00(2006.01)
F02K 7/02(2006.01)

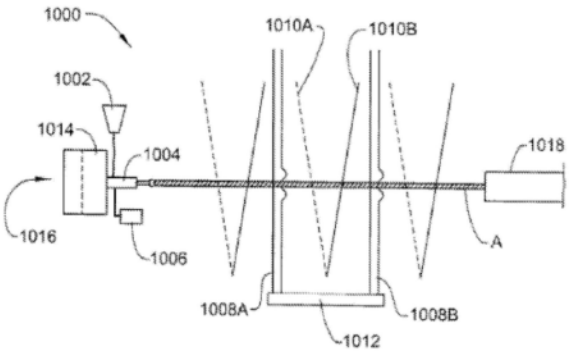
权利要求书3页 说明书44页 附图23页

(54)发明名称

促进高速应用的定向能量沉积

(57)摘要

本发明涉及用于控制功能物体附近的流体密度以便改善一个或多个相关性能度量的方法、装置和系统。在某些实施方式中,本发明涉及通过利用定向能量沉积装置以沿着该流体中的一个或多个路径沉积能量而在该物体附近形成低密度区域。在某些实施方式中,本发明涉及使能量沉积与影响该物体的功能性能的一个或多个参数同步。



CN 119429123 A

1.一种通过将能量沉积在用于引导射弹的枪管中以便迫使该枪管内的空气流出,从而提高火器、枪或破障器的性能和能力的方法。

2.一种形成传输路径的方法可以包括:a)发射第一能量源以破坏该流体靠近车辆的驻波;b)使第二能量源通过该流体的受破坏部分;继之以c)将第三能量源引入该流体中以形成该传输路径。

3.如权利要求2所述的方法,其中,第一能量源可以包括激光束;第二能量源可以包括电子束;第三能量源可以包括激光束。

4.一种通过同步化能量沉积与该车辆的运动和瞬时悬浮和推进力,以及用于形成这些力的能量的地面车辆的减阻方法。

5.一种推进车辆通过大气的方法,该方法包括:

i)加热该车辆的前方和/或旁边的该大气的一部分以形成低密度区域,其包括:

a)在该车辆的前方形成引发区域,所述起爆区域被配置成耦合并吸收能量沉积;以及

b)在该引发区域中沉积能量以形成该低密度区域;

ii)引导该物体的至少一部分进入该低密度区域;同步有

iii)使反应物在推进该车辆的脉冲式推进单元中爆震。

6.如权利要求5所述的方法,其中,所述车辆是运输车辆、运载车辆、货机、超声波车辆、特超声波车辆或高空车辆。

7.如权利要求5所述的方法,其中所述车辆包括超声波和/或特超声波推进时,相对于发动机中的爆震(例如脉冲爆震发动机)进行该能量沉积定相,这导致适当地进行流体动态过程定相(定时将取决于该车辆和一个(或多个)推进单元的长度尺度,以及飞行条件和参数等因素)。

8.如权利要求5所述的方法,其中,推进脉冲也可以经同步以生成激光脉冲和功率来提供脉冲电源。

9.一种地面车辆运输系统包括:

i)轨道组件,其包括:

a)轨道;

b)电源;

ii)存储设备,其被配置成接收和存储电源的一部分;

iii)激光器,其被配置成生成至少一条路径,所述路径连接存在于该地面车辆的机身上的一个或多个电极与该轨道组件的一部分,所述轨道组件的所述一部分位于该车辆的前方;

iv)定向能量沉积装置,其被配置成沿着该至少一条路径沉积所存储的电源的一部分;以及

v)控制器,其被配置成使对该电源的该一部分的接收、该至少一条路径的生成以及所存储的电源的该一部分的沉积同步。

10.如权利要求9所述的方法,其中,所述地面车辆是列车、磁悬浮列车、高速列车、子弹列车或超回路列车。

11.一种改变至少接近车辆的底盘的冲击波、爆炸波和/或爆炸气体的方法,所述车辆与下表面接触并存在于该流体中,所述方法包括:

i)沿着至少一条路径加热该流体的一部分以形成从该路径向外扩展的至少一个体积的受热流体,所述路径在该底盘和该下表面之间延伸;以及

ii)将该加热定时以改变所述冲击波。

12.如权利要求11所述的方法,其中,所述车辆是军车、装甲车辆、悍马、装甲人员车辆、乘用车、列车和/或扫雷舰。

13.一种超声波沉积喷雾到表面上的方法,该方法包括:

i)引导至少一个激光脉冲通过流体到该表面上以形成通过流体的至少一条路径,所述至少一条路径位于超声波喷嘴和该表面之间;

ii)沿着该路径释放一定量的电能以形成低密度管;

iii)几微秒后,继之以将粉末、颗粒和/或雾化材料从该超声波喷嘴排放到该低密度管中。

14.一种用喷雾沉积装置或喷涂进行物理气相沉积的方法。

15.如权利要求14所述的方法,该方法可以包括将金属粉末沉积到金属表面上。

16.如权利要求14所述的方法,其中,所述喷涂技术在不同的操作气氛/条件和介质下,包括但不限于:热喷涂;等离子喷涂;爆震喷涂;电弧喷涂;火焰喷涂;高速氧燃料喷涂;温热喷涂;冷喷涂;以及其他喷涂技术。

17.一种包括激光发射应用的方法,包括:

i)一个或多个地面基激光作为推进源,在运载车辆的后端发射,经由面向后方的光学器件重新聚焦推进激光以使气体或消融产品加热和膨胀出运载车辆的后端。

18.一种用脉冲功率定相能量沉积的方法,包括PDE/化学激射/脉冲功率(包括:电力推进,以及磁悬浮)。

19.一种减少由车辆后部附近的低压区域生成的基础阻力的方法,所述方法包括:

i)沿着该车辆前方的至少一条路径脉冲地沉积能量,由此流体的体积从至少一条路径处移位;以及

ii)引导流体的移位体积的一部分进入该低压区域,由此增加该低压区域的压力。

20.如权利要求19所述的方法,进一步包括由脉冲推进单元推进车辆,以及使该能量沉积装置的放电与从该脉冲式推进单元中推进脉冲的生成同步化。

21.一种减小由流体施加的对抗机身的前部横截面的波阻的方法,所述机身包括多个进气喷嘴,所述方法包括:

i)脉冲地加热该流体的一部分以形成由该较高密度区域围绕的较低密度区域(例如,与该机身的纵向中心轴线对准或基本上对准),所述较高密度区域包括加热流体的该一部分的至少部分;

ii)引导该机身的第一部分进入该较低密度区域,该机身的所述第一部分不包括多个流体吸入喷嘴;以及

iii)同时,引导该机身的第二部分进入该较高密度区域,该机身的所述第二部分包括至少一个进气喷嘴。

22.一种控制放电几何路径与放电时间以在各种应用中产生显着益处的方法,包括:

使用激光脉冲喷涂导电路径和/或图案,以及

通过该导电路径沉积能量。

23.如权利要求22所述的方法,其中,所述激光脉冲是成丝激光脉冲。

24.一种产生低密度流体区域的方法,包括:

i)被布置在主体上的能量发射元件阵列,

ii)协调能量发射元件的发射以增加能量沉积的有效性和/或幅度。

25.如权利要求24所述的方法,其中,所述能量发射元件阵列包括一个中心核心、均以该中心核心为中心的一个内部环形阵列和一个外部环形阵列。

26.如权利要求24所述的方法,其中,所述能量发射元件被可控连续地发射。

促进高速应用的定向能量沉积

[0001] 本申请是申请日为2016年6月20日、优先权日为2015年6月18日和2016年6月17日、申请号为202110534062.0、名称为“促进高速应用的定向能量沉积”的发明申请的分案。

[0002] 交叉引用相关申请

[0003] 本申请要求以下申请的优先权权益:1)2016年6月17日提交的国际申请号PCT/US2016/038239;2)2016年6月17日提交的美国申请号15/186,337;以及3)2015年6月18日提交的美国临时申请号62/181,625。所有上述相关申请的全部内容通过引用并入本文。

[0004] 另外,以下美国专利的全部内容各自通过引用并入本文:2003年3月4日授权的US 6,527,221,2006年6月20日授权的US 7,063,288,2006年10月17日授权的US 7,121,511,2010年1月19日授权的US 7,648,100,2011年12月20日授权的US 8,079,544,2012年3月27日授权的US 8,141,811,2013年8月20日授权的US 8,511,612,2013年9月17日授权的US 8,534,595,2014年9月9日授权的US8,827,211,以及2015年2月24日授权的US8,960,596。

发明领域

[0005] 过去已经公开了能量沉积技术,以便在诸如流量控制、减阻和车辆控制等许多应用中实现显著效果。在研究沉积能量的显著效果时,可以在能量沉积的方式和/或定时方面进行多处修改,以便增强在不执行这些修改时沉积能量所带来的益处。一种这样的修改是协调该能量沉积与一个或多个其他过程,以便使该能量沉积的效果与这样的其他过程达到“时间”或“相位”同步,以便获得附加的益处或使相关效果最大化(术语“同步”、“时间”和“相位”可以相对可互换地用来指示相对于一个或多个其他事件和/或过程,对一个事件或过程的定时)。这样的事件和/或过程包含但不限于:推进过程;流体动力学过程;化学过程;具体运动;附加能量的注入、添加和/或沉积;附加材料的注入、添加和/或沉积;能量的去除;材料的去除;压力变化;一种或多种力量的应用;燃烧过程;点燃过程;爆震过程;等等。此外,能量沉积这个概念被广义地解释为包含任何将能量添加到介质中或导致介质加热的过程。这种加热或能量沉积可以足够快地(例如脉冲地)进行,以使得介质的膨胀比所述介质中的声速更快,从而导致该膨胀留下的区域比原始介质的密度低。另一种可能性是该能量沉积和/或导致加热的过程可以导致介质的相变,这可以改变所述一种或多种加热的介质的密度和/或其他性质,例如粘度和/或强度,等等。包含密度、粘度和/或强度等在内的一种或多种介质的这些改变可以导致该一种或多种介质的流动性质的改变,以及对所述受影响的介质的其他特性和响应的改变。

[0006] 通过减少穿梭织机的阻力来增加喷气机、喷水机、梭织机、纬纱织机等织机应用的运送速度。同步该能量沉积以与织机织造的材料的运送相一致。通过同步化该能量沉积与地面车辆的运动和瞬时悬浮和推进力,以及用于形成这些力的能量,减小对该地面车辆的阻力。在枪、火器或者破障器的枪管中,以及其他用来推进射弹的其他类型的枪管中沉积能量,以便迫使该枪管内的空气流出。该射弹上的阻力减小将能够以相同的驱动能量(例如常规枪中的推进剂或者轨道枪中的电力驱动能量)实现更大的枪口速度。减小的阻力还将允许通过使用较少的驱动能量(例如,与该特定设备的标准炸药量(charge)相比,较小的炸药

量,例如,小于90％的炸药量,如在50％和90％之间、小于70％或小于80％的炸药量),达到与没有修改的情况下达到的速度可比拟的速度。在传统的枪中,这意味着用较少的推进剂可以实现相同的性能。那么,当该射弹离开该枪管时,较低的推进剂要求导致枪口炸震减少。这种减少的声波标记图对于最小化对包含一个(或多个)操作员在内的附近个人的听力的有害影响是有用的。这种减少的声波标记图也可以削弱声学手段(类似于声学抑制器)的检测。迫使空气离开该枪管的能量沉积可以以多种形式加以应用。例如,两个实施方式可以包含:i)该枪管内部的电磁能沉积;或者ii)能量的沉积本质上可以是化学的;以及这两种能量沉积方法的某个组合。该电磁能可以是,例如,该枪筒内部的放电形式。化学能可以是,例如附加推进剂的形式,其在点燃时,在该射弹前面膨胀,以驱动来自该枪管的气体(与该推进剂的在该射弹的后面膨胀以将其推出该枪管的传统作用相反)。这种附加推进剂可以被掺入该发子弹(round)本体内。在粉末涂层,例如超声波喷射沉积应用中,通过以下进行该能量沉积定相:粉末爆炸;加热的应用;放电的应用;激光能量的应用;等离子的应用。在超声波和特超声波推进中,相对于发动机中的爆震(例如脉冲爆震发动机)进行该能量沉积定相,这导致适当地进行流体动态过程定相(定时将取决于该车辆和一个(或多个)推进单元的长度尺度,以及飞行条件和参数等因素)。推进脉冲也可以经同步以生成激光脉冲和功率来提供脉冲电源。

技术背景

[0007] 从一开始,PM&AM Research就开创了类型广泛的能源沉积应用,以彻底改变世界的飞行和高速流控制方式,特别是我们执行范围从高亚声波到特超声波状态的高速飞行和流量控制的方式。直观地感受这种新颖方法开创的许多可能性的应用有有许多。基本的效果源于我们的方法,即快速将气体扩散出我们想要高速/高压气体流过的区域。做个简单的比喻(需要一些想象力和许可),考虑以下动作在试图使射弹高速穿越红海方面的有效性的不同:要么直接发射该射弹从水的一侧到另一侧,要么首先“分开”红海,然后发射同样的子弹通过一条不含水的路径(图1)。

[0008] 在第一种将该子弹直接射入高密度水中的情况下,即使一颗大型流线型1000m/s的子弹会穿透的水也低于1米。在第二种情况下,首先“分开”水(即创建一条已除水的路径),之后甚至300m/s的同样的子弹也可以很容易地传送很长的距离(这个启发式实施例没有解决重力导致的下降问题,而这稍后在本文中得到了解决)。为了实现对高速流和高速车辆/射弹的革命性控制,我们开发了这个概念和几何。

发明概述

[0010] 某些实施方式可以提供,例如一种推动物体通过流体的方法,该方法包括:(i)脉冲地加热该流体的一部分以形成由较高密度区域围绕的较低密度区域,所述较高密度区域含有该流体的受热部分的至少一部分;(ii)引导该物体的至少一部分进入该较低密度区域;同步有(iii)在推进该物体的脉冲式推进单元中引爆反应物。在某些实施方式中,例如,步骤(i)-(iii)可以,例如以0.1Hz-100kHz范围内的速率重复,例如以1Hz-80kHz、10Hz-50kHz、100Hz-20kHz、1-10kHz、5-10kHz,、10-25kHz、25-50kHz范围内的速率重复;或者以50-100kHz范围内的速率重复。

[0011] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包含,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该反应物可以存在于该较高密度区域中。在某些实施方案中,例如,该加热可以包括在该流体中沉积在1kJ-10MJ范围内,例如在10kJ-1MJ、100-750kJ或者200kJ至500kJ范围内的能量。在某些实施方案中,例如,该加热可以包括向该流体中,按该物体的每平方米横截面积,沉积在10-1000kJ范围内的能量,例如每平方米在10-50kJ、50-100kJ、100-250kJ、250-500kJ范围内或者在500-1000kJ范围内的能量。在某些实施方式中,例如,该加热可以包括生成冲击波。在某些实施方案中,例如,该较低密度区域可以具有相对于环境流体的密度,在0.01-10%的范围内的密度,例如相对于环境流体的密度,在0.5-5%、1.0-2.5%范围内的密度或者在1.2-1.7%范围内的密度。在某些实施方式中,例如,该流体的该部分可以沿着至少一条路径加热。在某些实施方式中,该至少一条路径可以由从激光器中沉积的能量形成,例如激光灯丝引导路径。在某些实施方式中,该激光沉积可以包括持续时间在1飞秒到100纳秒的范围内,例如持续时间在10飞秒到20皮秒、100飞秒到25皮秒、100皮秒到20纳秒的范围内或持续时间在100飞秒到30皮秒的范围内的激光脉冲。在某些实施方式中,由该激光脉冲沉积的能量的量可以在0.2mJ到1kJ的范围内,例如在1mJ到10mJ、10mJ到3J、100mJ到10J、10J到100J、100J到1000J的范围内或者在500mJ到5J的范围内。在某些实施方式中,该激光器可以在光谱的紫外线、红外线或可见光部分产生光。在某些实施方式中,该至少一条路径可以平行于该物体的运动方向。在某些实施方式中,该较低密度区域可以包括该加热流体的该一部分中从该至少一条路径向外扩展的体积。在某些实施方式中,例如,该流体的该受热部分可以通过放电,例如脉冲式放电来加热。在某些实施方式中,该放电可以按10^6-10^7m/s范围内的速度穿过该流体。在某些实施方式中,该放电可以持续0.1-100微秒范围内的时间,例如0.1-2微秒、1-5微秒、5-40微秒、10-30微秒范围内的时间或者30-100微秒范围内的时间。在某些实施方式中,该较低密度区域可以在10-30微秒范围内的时间,例如在20-300微秒、20-200微秒、30-100微秒、100-500微秒、400-1500微秒范围内的时间或者500-3000微秒范围内的时间内形成。在某些实施方式中,在10-1000毫秒的范围内,例如在20-80毫秒、30-60毫秒、80-120毫秒、150-600毫秒的范围内的一段时间或者在400-1000毫秒范围内的一段时间之后,该较低密度区域可以通过热浮力加以破坏。在某些实施方式中,例如,所述物体可以与脉冲爆震发动机连通,其中所述脉冲爆震发动机可以含有所述反应物。在某些实施方式中,该爆震可以是定时的,使得该脉冲爆震发动机的进气喷嘴存在于该较高密度区域中。在某些实施方式中,该流体可以是空气以及该脉冲爆震发动机可以是吸气的。例如,某些实施方式可以进一步包括:在步骤(ii)之前将一定量的空气吸入到该吸气脉冲爆震发动机中。在某些实施方式中,该脉冲爆震发动机可以提供加热该流体的所述一部分所需的至少一部分功率。在某些实施方式中,该脉冲爆震发动机可以向脉冲电源提供能量。在某些实施方式中,该脉冲电源可以向灯丝激光提供能量,所述灯丝激光形成所述路径,所述路径能够引导脉冲放电。在某些实施方式中,该脉冲电源可以向脉冲放电发生器提供能量,所述发生器用于加热该流体的所述一部分。例如,某些实施方式可以进一步包括:加热该流体的另一部分以形成另一较低密度区域。在某些实施方式中,该较低密度区域和该另一较低密度区域可以通过一种区域分开。例如,某些实施方式可以进一步包括:引导该物体的至少另一部分进入所述区域。例如,某些实施方式可以进一步包括:引导该物体的至少另一部分进入另一密度区域。在某些实施方

式中,例如,该流体的该受热部分可以限定管。在某些实施方式中,该管内的声速可以比该环境流体中的声速大至少100%,例如大至少150%、200%、500%或至少1000%。在某些实施方式中,该物体在该管内部的运动可以是亚声波的。在某些实施方式中,该物体在该管外部的该运动的至少一部分可以是超声波的。在某些实施方案中,该管具有的直径可以在该物体的有效横截面的5%-100%的范围内,例如在5%-20%、20%-75%、30%-50%、75%-96%的范围内或者在35%-45%的范围内。在某些实施方式中,例如,该物体具有的基部直径可以在0.5-4m的范围内,例如在1-3m的范围内或在1-2m的范围内。在某些实施方式中,该物体可以按6-20马赫范围内的速度,例如6-15马赫、6-10马赫、6-8马赫范围内的速度或者7-8马赫范围内的速度在该流体中行进。在某些实施方式中,该加热可以包括向该流体中沉积100-750kJ范围内的能量;其中该物体的特征可以在于基部直径在0.5-4m的范围内。在某些实施方式中,该物体的该运动可以是特超声波的。在某些实施方式中,该物体可以按6-20马赫范围内的速度,例如6-15马赫、6-10马赫、6-8马赫范围内的速度或者7-8马赫范围内的速度行进。在某些实施方案中,该加热可以包括向该流体中,按该物体的横截面积的每平方米,沉积在100-200kJ的范围内(例如在125-175的范围内或140-160kJ的范围内)的能量。在某些实施方案中,该管具有的横截面积可以为当该物体处于10-20km范围内的高度(例如12.5-17.5km、14-16km的高度或14.5-15.5km范围内的高度)时,该物体的横截面的1-25%(例如2-15%、3-10%的范围内或3.5-4.5%的范围内)。在某些实施方式中,该管具有的横截面积可以为当该物体处于20-40km范围内的高度(例如25-35km、28-32km的高度或29.5-30.5km范围内的高度)时,该物体的横截面积的6.25-56.25%(例如10-40%、20-30%的范围内或24-26%的范围内)。在某些实施方案中,该管具有的横截面积可以为当该物体处于40-60km范围内的高度(例如40-50km、42-48km的高度或44-46km范围内的高度)时,该物体的横截面积的25-225%(例如50-200%、75-150%的范围内或95-105%的范围内)。在某些实施方案中,在步骤(ii)中,该物体所经受的阻力可以减少至少96%。在某些实施方式中,例如,该物体可以与导轨接触。在某些实施方式中,例如,该物体可以是腔室、管或枪管。

[0012] 某些实施方式可以提供,例如车辆,其包括:i)成丝激光器,其被配置成在该车辆周围的流体的一部分中生成路径;ii)定向能量沉积装置,其被配置成沿着该路径沉积能量以形成低密度区域;以及iii)脉冲爆震发动机。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包含例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该成丝激光器可以包括脉冲激光器。在某些实施方式中,例如,定向能量沉积装置可以包括脉冲放电发生器。例如,某些实施方式可以进一步包括:iv)传感器,其被配置成检测该车辆的预定部分是否存在于该低密度区域中;以及v)同步控制器,其可操作地连接到该定向能量沉积装置和该脉冲爆震发动机,所述同步控制器被配置成使以下动作的相对定时同步:a)生成路径;以及b)沿该路径沉积能量;以及c)操作该脉冲爆震发动机。

[0013] 某些实施方式可以提供,例如一种用定向能量沉积子组件改装脉冲推进车辆的方法。该子组件可以操作来实现和/或包含本文中的任何一个或多个实施方式。

[0014] 某些实施方式可以提供,例如一种操作该车辆的方法,所述方法包括:以在每秒0.1-100次的范围中的速率重复以下步骤(i)-(iv):i)发射该成丝激光器;同步有ii)将该定向能量沉积装置放电;同步有iii)引导该物体的至少一部分进入该低密度区域;同步有iv)当该车辆的预定部分进入该低密度区域时,引爆该脉冲爆震发动机。

[0015] 某些实施方式可以提供,例如一种减少由车辆后部附近的低压区域生成的基础阻力的方法,所述方法包括:i)沿着该车辆前方的至少一条路径脉冲地沉积能量,由此流体的体积从至少一条路径处移位;以及ii)引导流体的移位体积的一部分进入该低压区域,由此增加该低压区域的压力。例如,某些进一步的实施方式可以进一步包括:由脉冲推进单元推进车辆,以及使该能量沉积装置的放电与从该脉冲式推进单元中推进脉冲的生成同步化。

[0016] 某些实施方式可以提供,例如一种减小由流体施加的对抗机身的前部横截面的波阻的方法,所述机身包括多个进气喷嘴,所述方法包括:i)脉冲地加热该流体的一部分以形成由该较高密度区域围绕的较低密度区域(例如,与该机身的纵向中心轴线对准或基本上对准),所述较高密度区域包括加热流体的该一部分的至少部分;ii)引导该机身的第一部分进入该较低密度区域,该机身的所述第一部分不包括多个流体吸入喷嘴;以及同时iii)引导该机身的第二部分进入该较高密度区域,该机身的所述第二部分包括至少一个进气喷嘴。

[0017] 某些实施方式可以提供,例如一种用于在流体中形成低密度区域的方法,所述低密度区域靠近物体,该系统包括:i)使用配备有激光组件的定向能量分散设备以形成从该物体散发出的并在该流体中的一个或多个坐标处相交的多个脉冲激光束,所述一个或多个坐标相对于该物体定位;以及ii)沿着由该多个激光束限定的一个或多个路径沉积能量。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,沉积能量可以包括按每单位长度的该一个或多个路径,沉积预定量的能量。在某些实施方式中,例如,该低密度区域可以具有沿着该一个或多个路径的特征直径,其中所述特征直径可以与该一个或多个路径的每单位长度的沉积的能量的量的平方根成比例。在某些实施方式中,例如,管直径可以是所述特征直径。在某些实施方式中,例如,该特征直径可以进一步与该流体的环境压力的平方根倒数成比例。在某些实施方式中,该管直径可以是所述特征直径。在某些实施方式中,例如,该多个脉冲激光束中的该至少两个可以通过分离源激光束而形成,所述源激光束由该物体的激光子组件生成。在某些实施方式中,例如,该流体的一部分可以在所述低密度区域与该物体之间被压缩。在某些实施方式中,例如,沉积能量的至少一部分可以由至少一个电极递送,并且沉积能量的至少一部分由至少一个其他电极回收。在某些实施方式中,例如,该物体的子组件可以包括至少一个电极。在某些实施方式中,例如,该物体的子组件可以包括至少一个其他电极。在某些实施方式中,例如,该至少一个电极和/或该至少一个其他电极可以被定位在该物体的表面上的凹陷腔中。

[0018] 某些实施方式可以提供,例如一种用于在流体中形成低密度区域的方法,所述低密度区域靠近物体,该系统包括:i)沿着视线引导激光束,该激光束开始于入射到该物体的坐标并结束于离开该物体的坐标;以及ii)沿由该激光束限定的路径沉积能量。

[0019] 某些实施方式可以提供,例如一种在流体中形成低密度区域的方法,所述方法包括:i)形成传输路径,所述传输路径被配置为引导能量的沉积;以及ii)沿该传输路径沉积能量以形成该低密度区域。

[0020] 在某些实施方式中,例如,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该传输路径可以穿过流体,例如大气;和/或沿着固体表面,例如沿着车辆(例如飞机、导弹、列车、鱼雷,以及其他高速

车辆)的表面。在某些实施方式中,例如,该方法可以进一步包括:以在0.1HZ-100kHz范围内的速率重复步骤(i)-(ii),例如以在1Hz-80kHz、10Hz-50kHz、100Hz-20kHz、1-10kHz、5-10kHz范围内的速率重复步骤(i)-(ii)或者以在10-30kHz范围内的速率重复步骤(i)-(ii)。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径可以包括发射一个或多个能量源,例如一个能量源、两个能量源、三个能量源或四个能量源。在某些实施方式中,例如,所发射的该一个或多个能量源可以包括电磁辐射,例如x射线、紫外线、可见光、红外线、微波和/或无线电波;RF等离子体放电;电流;电子束;颗粒束;带电颗粒束;放电;和/或电晕放电。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以是至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,第一能量源、第二能量源和/或第三能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以包括至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该一个或多个能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径包括发射激光束和电子束。在某些进一步的实施方式中,例如,该激光束和该电子束可以同时发射。在某些进一步的实施方式中,例如,该激光束和该电子束可以顺序发射。在某些实施方式中,例如,发射该一个或多个能量源以形成该传输路径可以包括发射一个或多个脉冲、一系列脉冲、一系列超短脉冲、零星脉冲、随机脉冲、接近连续发射的发射,作为连续的能量发射;和/或任何或全部这些类型的发射的组合。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该传输路径可以包括持续时间在1阿秒到1飞秒范围内,例如在100飞秒到1飞秒范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该传输路径可以包括持续时间在1飞秒到100纳秒的范围内,例如持续时间在10飞秒到20皮秒、100飞秒到25皮秒、100皮秒到20纳秒的范围内或者持续时间在100飞秒到30皮秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该传输路径可以包括持续时间在100纳秒到1微秒的范围内,例如持续时间在500纳秒到1微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该传输路径可以包括持续时间在1微秒到10秒的范围内,例如持续时间在10微秒到1秒的范围内或持续时间在100微秒到500微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该传输路径可以包括持续时间在10秒到1分钟范围内,例如持续时间在20秒到40秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径可以包括:a)传递第一能量源以破坏该流体的特性(例如密度和/或压力较高的区域,如波或波阵面);b)将第二能量源引入受破坏的流体中(例如,经由通过由该第一能量源产生的该波或波阵面的整体或中断部分);继之以c)将第三能量源引入该流体中。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径可以包括:a)发射第一能量源以破坏该流体靠近车辆的驻波;b)使第二能量源通过该流体的受破坏部分;继之以c)将第三能量源引入该流体中以形成该传输路径。在某些实施方式中,例如,该第一能量源可以包括激光束;该第二能量源可以包括电子束;并且该第三能量源可以包括激光束。在某些实施方式中,例如,受破坏的流体特性可以是波,例如驻波或动态波,例如与物体相邻的波,例如由车辆的运动形成的波。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径可以包括a)将第一能量源引入到该流体中;继之以b)将第二能量源引入该流体中。在某些进一步的实施方式中,例如,该第一能量源可以是激光束或电子束,并且该第二能量源可以是微波束。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径可以包括形成导电和/或离子颗粒。

在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括该一个或多个能量源,例如一个能量源、两个能量源、三个能量源或四个能量源。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括一种或多种形式的包括电磁辐射的能量,例如x射线、紫外线、可见光、红外线、微波和无线电波;RF等离子体放电;电流;电子束;颗粒束;带电颗粒束;放电;电晕放电;和/或其组合。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以包括至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该第一能量源、第二能量源和/或第三能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以包括至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该一个或多个能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括与用于形成该传输路径的该一个或多个能量源相比,至少一种不同形式的能量。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括与用于形成该传输路径的该一个或多个能量源相比,至少一种常见形式的能量。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以以一个或多个脉冲、一系列脉冲、一系列超短脉冲、零星脉冲、随机脉冲、接近连续沉积的沉积或作为连续的能量沉积进行沉积。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在1毫微秒到1飞秒的范围内(例如在100毫微秒到1飞秒的范围内)的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在1飞秒到100纳秒的范围内,例如持续时间在10飞秒到20皮秒、100飞秒到25皮秒、100皮秒到20纳秒的范围内或持续时间在100飞秒到30皮秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在100纳秒到1微秒的范围内,例如持续时间在500纳秒到1微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在1微秒到10秒的范围内,例如时间在10微秒到1秒的范围内或者时间在100微秒到500微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在10秒到1分钟范围内,例如时间在20秒到40秒范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径的该一个或多个能量源的该能量沉积和发射可以以不同的时间尺度发生。在某些实施方式中,例如,形成该传输路径的该一个或多个能量源的该能量沉积和该发射可以以相同的时间尺度或几乎相同的时间尺度发生。在某些实施方式中,例如,该能量沉积可以以比形成该传输路径的该一个或多个能量源的发射更快的时间尺度发生。在某些实施方式中,例如,该能量沉积可以以比形成该传输路径的该一个或多个能量源的该发射更慢的时间尺度发生。

[0021] 某些实施方式可以提供,例如一种推进车辆(例如运输车辆、运载车辆、货机、超声波车辆、特超声波车辆或高空车辆)通过大气的方法,该方法包括:i)加热该车辆的前方和/或旁边的该大气的一部分以形成低密度区域,其包括:a)在该车辆的前方形成引发区域,所述起爆区域被配置成耦合并吸收能量沉积;以及b)在该引发区域中沉积能量以形成该低密度区域;ii)引导该物体的至少一部分进入该低密度区域;同步有iii)使反应物在推进该车辆的脉冲式推进单元中爆震。

[0022] 在某些实施方式中,例如,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该引发区域可以与该车辆接触。在某些实施方式中,例如,该引发区域可以不与该车辆接触,例如,该引发区域可以位于运动方向上的该车辆的前方。在某些实施方式中,例如,该引发区域可以在受推进的车辆之前高达4秒,例如在该车辆之前高达3秒、1秒、500毫秒、10毫秒或1毫秒形成。在某些实施方

式中,例如,该引发区域可以在受推进的车辆之前1毫秒到4秒,例如10毫秒到3秒、50毫秒到1秒的范围内形成;或者可以在受推进的车辆之前100毫秒到500毫秒的范围内形成。在某些实施方式中,例如,该大气的受热部分可以在受推进的车辆之前高达4秒,例如,在受推进的车辆之前高达3秒、1秒、500毫秒、10毫秒或1毫秒形成。在某些实施方式中,例如,该大气的受热部分可以在受推进的车辆之前1毫秒到4秒,例如10毫秒到3秒、50毫秒到1秒的范围内形成;或者可以在受推进的车辆之前100毫秒到500毫秒的范围内形成。在某些实施方式中,例如,形成该引发区域可以包括形成导电和/或离子颗粒。在某些实施方式中,例如,该方法可以进一步包括:选择用于发射以形成该发起区域的至少一种形式的能量,作为该车辆的高度函数。在某些进一步的实施方式中,例如,当该车辆在预定阈值高度以下行进时,所选择的用于发射的至少一种形式的能量可以包括激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,当该车辆在预定阈值高度或高于该预定阈值高度行进时,所选择的用于发射的至少一种形式的能量可以包括电子束。在某些实施方式中,例如,该方法可以进一步包括:在该引发区域中选择用于沉积的至少一种形式的能量以形成该低密度区域。在某些进一步的实施方式中,例如,当该车辆以预定阈值速度以下行进时,所选择的用于沉积的至少一种形式的能量可以包括放电。在某些进一步的实施方式中,例如,当该车辆正以预定阈值速度或该预定阈值速度以上行进时,所选择的用于沉积的至少一种形式的能量可以包括微波能量。在某些实施方式中,例如,该方法可以进一步包括:以在0.1Hz-100kHz范围内的速率重复步骤(i)-(iii),例如以在1Hz-80kHz、10Hz-50kHz、100Hz-20kHz、1-10kHz、5-10kHz的范围内的速率重复步骤(i)-(ii)或以在10-30kHz的范围内的速率重复步骤(i)-(iii)。在某些实施方式中,例如,形成该引发区域可以包括发射一个或多个能量源,例如一个能量源、两个能量源、三个能量源或四个能量源。在某些实施方式中,例如,该一个或多个发射的能量源可以选自以下:电磁辐射,例如x射线、紫外线、可见光、红外线、微波和无线电波;RF等离子体放电;电流;电子束;颗粒束;带电颗粒束;放电;以及电晕放电。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以是至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该第一能量源、第二能量源和/或第三能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以包括至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该一个或多个能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些实施方式中,例如,形成该引发区域包括发射激光束和电子束。在某些进一步的实施方式中,例如,该激光束和该电子束可以同时发射。在某些进一步的实施方式中,例如,该激光束和该电子束可以顺序发射。在某些实施方式中,例如,发射该一个或多个能量源以形成该引发区域可以包括发射一个或多个脉冲、一系列脉冲、一系列超短脉冲、零星脉冲、随机脉冲、接近连续发射的发射,作为连续能量发射。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该引发区域可以包括持续时间在1阿秒到1飞秒的范围内,例如在100飞秒到1飞秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该引发区域可以包括持续时间在1飞秒到100纳秒的范围内,例如持续时间在10飞秒到20皮秒、100飞秒到25皮秒、100皮秒到20纳秒的范围内或持续时间在100飞秒至30皮秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成引发区域可以包括持续时间在100纳秒到1微秒范围内,例如持续时间在500纳秒到1微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该引发区域可以包括持续时间在1

微秒到10秒范围内,例如时间在10微秒到1秒的范围内或时间在100微秒到500微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,发射该一个或多个能量源以形成该引发区域可以包括持续时间在10秒到1分钟范围内,例如时间在20秒到40秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括一个或多个能量源,例如一个能量源、两个能量源、三个能量源或四个能量源。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括选自以下的一种或多种形式的能量:电磁辐射,例如x射线、紫外线、可见光、红外线、微波和无线电波;RF等离子体放电;电流;电子束;颗粒束;带电颗粒束;放电;以及电晕放电。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以是至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该第一能量源、第二能量源和/或第三能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些进一步的实施方式中,例如,该电磁辐射可以包括至少一个激光束。在某些进一步的实施方式中,例如,该一个或多个能量源可以包括至少一个定向能量束。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括与用于形成该引发区域的该一个或多个能量源相比,至少一种不同形式的能量。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以包括与用于形成该引发区域的该一个或多个能量源相比,至少一种常见形式的能量。在某些实施方式中,例如,该沉积的能量可以以一个或多个脉冲、一系列脉冲、一系列超短脉冲、零星脉冲、随机脉冲、接近连续沉积的沉积或作为连续能量沉积进行沉积。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在1毫微秒到1飞秒的范围内,例如在100毫微秒到1飞秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在1飞秒和100纳秒的范围内,例如持续时间在10飞秒到20皮秒、100飞秒到25皮秒、100皮秒到20纳秒的范围内或持续时间在100飞秒到30皮秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在100纳秒至1微秒范围内,例如持续时间在500纳秒至1微秒范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在1微秒到10秒的范围内,例如持续时间在10微秒到1秒的范围内,或者时间在100微秒到500微秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,该能量沉积可以包括持续时间在10秒到1分钟的范围内,例如时间在20秒到40秒的范围内的至少一个脉冲,例如多个脉冲。在某些实施方式中,例如,形成该引发区域的该一个或多个能量源的该能量沉积和该发射可以以不同的时间尺度发生。在某些实施方式中,例如,形成该引发区域的该一个或多个能量源的该能量沉积和该发射可以以相同的时间尺度或几乎相同的时间尺度发生。在某些实施方式中,例如,该能量沉积可以以比形成该引发区域的该一个或多个能量源的该发射更快的时间尺度发生。在某些实施方式中,例如,该能量沉积可以以比形成该引发区域的该一个或多个能量源的该发射更慢的时间尺度发生。

[0023] 在某些实施方式中,例如,特定的激光器组件对于形成用于在该流体中的能量沉积的路径来说,可能不是有效的或者可能具有降低的效率,例如,当该流体具有小于阈值的压力和/或密度时和/或当车辆在阈值速度和/或高度以上运行时,该激光器组件可能不是有效的。在某些进一步的实施方式中,例如,当特定的激光器配置不完全有效时,可以采用颗粒束,例如电子束,单独地或者与另一个能量源(例如激光束)相组合,以形成用于能量沉积的路径。在某些实施方式中,装置,例如车辆,可以包括用于检测降低的有效性的传感器,并且该装置可以进一步包括控制器,该控制器被配置为从使用该激光器配置切换到使用电子束(或者能量源)来增加路径形成的有效性。

[0024] 某些实施方式可以提供,例如一种推进耦合到轨道组件的地面车辆(例如,列车、磁悬浮、高速列车、子弹列车和超回路列车)的方法,该方法包括:i)在该地面车辆上积累电能存储;ii)将该电能的至少一部分从该地面车辆脉冲地释放到轨道组件的导电部分,所述部分位于该地面车辆的机身的前方,由此接近所释放的电能的一部分空气膨胀以形成由较高密度区域围绕的较低密度区域;iii)引导该物体的至少一部分进入该较低密度区域;同步有iv)在推进该物体的脉冲式推进单元中引爆反应物。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该电能存储可以从该轨道组件的一个或多个增压器子组件脉冲到该地面车辆。在某些实施方式中,例如,该地面车辆可以进行磁悬浮。

[0025] 一些实施方式可以提供,例如,一种地面车辆运输系统(例如,列车、磁悬浮、高速列车、子弹列车和超回路列车),该系统包括:i)轨道组件,其包括:a)轨道;b)电源;ii)存储设备,例如电容器,其被配置成接收和存储电源的一部分;iii)激光器,其被配置成生成至少一条路径,所述路径连接存在于该地面车辆的机身上的一个或多个电极与该轨道组件的一部分,所述轨道组件的所述一部分位于该车辆的前方;iv)定向能量沉积装置,其被配置成沿着该至少一条路径沉积所存储的电源的一部分;以及v)控制器,其被配置成使对该电源的该一部分的接收、该至少一条路径的生成以及所存储的电源的该一部分的沉积同步。

[0026] 某些实施方式可以提供,例如一种改装地面车辆(例如列车、磁悬浮、高速列车、子弹列车、超回路列车、高速乘用车辆和汽车)以减小阻力的方法,该方法包括:安装定向能量沉积子组件,所述子组件被配置成接收来自该地面车辆的电源的能量,并且将所述能量沉积在连接该车辆的机身与位于该机身前面的地面坐标的路径上。

[0027] 某些实施方式可以提供,例如一种推进含有流体的枪管(例如与火器相关联的枪管,以及轨道炮)中的物体的方法,该方法包括:i)加热该流体的至少一部分;ii)使该流体的至少一部分从该枪管中排出以在该枪管中形成低密度区域;继之以iii)点燃和/或引爆邻近该物体的反应物。

[0028] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该反应物可以是炸药和/或推进剂(例如化学推进剂)。在某些实施方式中,例如,该反应物可以附着到该物体上。在某些实施方式中,例如,该流体可以是空气。在某些实施方式中,例如,该流体的该至少一部分可以通过放电,例如通过位于该枪管的孔中、沿着该孔或靠近该孔的两个电极(例如绝缘电极)之间的电弧来加热。在某些实施方式中,例如,该流体的该至少一部分可以通过点燃化学反应物而被加热。在某些实施方式中,该化学反应物可以附着到该物体或与其一起定位。在某些实施方式中,该化学反应物可以由电脉冲点燃。在某些实施方式中,该电脉冲可以由该物体提供。在某些实施方式中,该电脉冲可以由压电发生器提供。在某些实施方式中,例如,该流体可以是气体。在某些实施方式中,例如,该流体可以是空气。在某些实施方式中,该流体可以是液体。在某些实施方式中,该流体可以是可压缩的。在某些实施方式中,该流体可以是不可压缩的。在某些实施方式中,该流体的受热部分可以经加热以经历相变。在某些实施方式中,例如,该流体的该一部分可以通过点燃和/或引爆化学反应物,例如通过电脉冲来加热。在某些实施方式中,该电脉冲可以由该物体,例如由部分或完全包含在该物体内的机构提供。在某些实施方式中,该电脉冲可以由压电发生器,例如部分或完全包含在该物体内

的压电发生器提供。在某些实施方式中,例如,该物体是射弹,例如子弹。在某些实施方式中,例如,该枪管可以是火器的部件或者轨道炮的部件。在某些实施方式中,例如,该加热可以降低该流体的受热部分的粘度。在某些实施方式中,例如,该流体的该至少一部分可以通过能量范围在5-120J内,例如能量范围在10-100J、10-30J、25-75J内或能量范围在25-50J内的放电来加热。在某些实施方式中,例如,该方法可以进一步包括使该物体从该枪管中排出。在某些实施方式中,该物体可以是射弹。在某些实施方式中,该枪管可以是部件,例如轨道炮的部件。在某些实施方式中,例如,所生成的声波标记的量值可以比传统的.30-06步枪、传统的300马力步枪、起飞时的喷气发动机和/或M2榴弹炮的声波标记的量值少至少10%,例如少10%至50%、至少25%、50%或少至少75%。在某些实施方式中,例如,所生成的该声波标记的量值可以小于300dB,例如在50dB与150dB之间,小于250dB、200dB、175dB、150dB或小于125dB。

[0029] 某些实施方式可以提供,例如一种用于输送射弹的方法,该方法包括:i)枪管,所述枪管包括后膛,该后膛能够将该射弹可操作地接收到该枪管的孔中;ii)枪管清理系统,所述枪管清理系统包括:位于该孔内和/或在其附近的脉冲加热系统,所述脉冲加热系统被配置成排出存在于该孔中的流体的一部分;以及)射弹发射系统。

[0030] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该脉冲加热系统可以靠近该后膛。在某些实施方式中,例如,该脉冲加热系统可以进一步包括化学推进剂。在某些实施方式中,化学推进剂可以与该射弹和/或含有该射弹的盒成一体。在某些实施方式中,例如,该脉冲加热系统可以进一步包括可以被配置成沿着该孔中的至少一条路径沉积能量的脉冲放电发生器。在某些实施方式中,该脉冲加热系统可以进一步包括可以被配置成生成该至少一条路径的脉冲成丝激光器。在某些实施方式中,该脉冲成丝激光器可以由靠近该射弹和/或与含有该射弹的盒体成一体的化学推进剂提供动力。在某些实施方式中,该脉冲成丝激光器可以与该射弹和/或含有该射弹的盒体成一体。

[0031] 例如,某些实施方式可以进一步包括同步控制器,该同步控制器可以被配置成控制该枪管清理系统的操作和该射弹发射系统的操作的相对定时。

[0032] 某些实施方式可以提供,例如一种改装射弹输送系统的方法,该方法包括:安装定向能量沉积子组件,所述子组件被配置成将能量沉积到该射弹输送系统的枪管的孔中。

[0033] 某些实施方式可以提供,例如一种推动射弹穿过配备有该枪管清理系统的枪管的孔的方法,该方法包括:i)操作该枪管清理系统以从该孔中排出该流体的一部分;几毫秒后,继之以ii)引发射弹发射系统。

[0034] 某些实施方式可以提供,例如一种通过为该枪管配备清理系统来减少射弹的声波标记的方法。

[0035] 某些实施方式可以提供,例如一种被配置成破坏屏障(如门)的枪(有时被称为破障枪),所述枪包括:i)端口式枪管,所述枪管包括后膛,该后膛能够可操作地接收霰弹枪弹筒插入该枪管的孔中;ii)枪管清理系统,所述枪管清理系统包括:位于该孔内的脉冲加热系统,所述脉冲加热系统被配置成排出存在于该孔中的该流体的至少一部分;以及iii)发射系统。

[0036] 某些实施方式可以提供,例如一种被配置用在破障枪中的火器筒,其包括:i)靠近

枪管后部的推进剂,所述推进剂也靠近至少一个射弹;ii)定向能量沉积装置,例如预推进剂,其靠近与该推进剂相对的该至少一个射弹,所述定向能量沉积装置被配置成在点燃该预推进剂之后从该枪的枪管中排出初始在大气条件下的至少98%的气体;以及iii)发射系统耦合器,其被配置成在该推进剂爆震之前使该定向能量沉积装置的操作同步。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该发射系统耦合器可以进一步包括可操作地连接到该枪的发射系统的预推进剂传爆药。

[0037] 某些实施方式可以提供,例如一种改变接近车辆(例如,军车、装甲车辆、悍马、装甲人员车辆、乘用车、列车和/或扫雷舰)的底盘的冲击波的方法,所述车辆与下表面接触并存在于该流体中,所述方法包括:i)沿着至少一条路径加热该流体的一部分以形成从该路径向外扩展的至少一个体积的受热流体,所述路径在该底盘和该下表面之间延伸;以及ii)将该加热定时以改变所述冲击波。

[0038] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,由该冲击波赋予该车辆的总动量可以减少至少10%,例如减少至少20%、30%、40%或至少50%。在某些实施方式中,例如,该车辆由于冲击波所经历的平均加速度可以减少至少40%,例如至少50%、60%、70%或至少80%。在某些实施方式中,例如,该流体的该一部分可以通过放电来加热。在某些实施方式中,例如,该流体的该一部分可以通过沉积至少3PV单位的能量来加热,其中P是该流体的环境压力而V是存在于该底盘和该下表面之间的该流体的体积。

[0039] 某些实施方式可以提供,例如一种改变接近表面的爆炸波的方法,所述方法包括:i)加热该表面的一部分以在该表面中形成至少一个孔;以及ii)将该加热定时,从而在该爆炸波离开该表面之前形成该至少一个孔。

[0040] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该表面的该一部分可以通过将能量沉积到该表面上来加热。在某些实施方式中,例如,被沉积到该表面上的能量的量可以在1kJ-10MJ的范围内,例如在10kJ-1MJ、100-750kJ的范围内或在200kJ到500kJ的范围内。在某些实施方式中,例如,该表面可以是车辆的底盘下方的路面、土壤和/或覆盖物。在某些实施方式中,该表面的该一部分可以通过在该表面上沉积,按存在于该底盘和该表面之间的每立方米体积,在200-500kJ的范围内,例如在250-400kJ或300-350kJ的范围内的能量的量来加热。在某些实施方式中,该爆炸波可以具有100-500MJ范围内的能量,例如200-400MJ范围内的能量。在某些实施方式中,能量的沉积量可以将从该爆炸波传送到该车辆的能量减小到能量的沉积量的至少1/10,例如至少1/20、1/50、1/100或至少1/200。在某些实施方式中,由于该爆炸波而传递到该车辆的净加速度可以减小至少10%,例如至少20%、30%、40%或至少50%。在某些实施方式中,该表面的该一部分可以通过来自该车辆的电子发射来加热。

[0041] 某些实施方式可以提供,例如一种减轻靠近车辆(例如,军车、装甲车辆、悍马、装甲人员车辆、乘用车辆、列车和/或扫雷舰)的底座的爆炸气体的方法,所述车辆存在于流体中,所述方法包括:i)沿着至少一条路径加热该流体的一部分以形成至少一个低密度通道,所述路径从该底盘延伸到该车辆的外部;以及ii)将该加热定时,由此该至少一个低密度通

道接收该爆炸气体的至少一部分。

[0042] 某些实施方式可以提供,例如一种配备有爆炸缓解设备的车辆,所述爆炸缓解设备包括:i)传感器,其被配置成检测该车辆的底盘下方的初始爆炸波;ii)定向能量沉积装置,其被配置成沿着至少一条路径沉积能量,所述至少一条路径位于该车辆的该底盘的下方;以及iii)同步控制器,其被配置成相对于该初始爆炸波的检测,将该定向能量沉积装置的操作定时。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,所述能量沉积可以被配置成沿着至少一条路径加热该流体的一部分以形成从该路径向外扩展的至少一个体积的受热流体。在某些实施方式中,例如,所述能量沉积可以被配置成在位于该车辆的该底盘下方的表面中形成至少一个孔。

[0043] 某些实施方式可以提供,例如一种配备有爆炸缓解设备的车辆(例如,军用车辆、装甲车辆、悍马、装甲人员车辆、乘用车辆、列车和/或扫雷舰),所述爆炸缓解设备包括:i)传感器,其被配置成检测该车辆的底盘下方的初始爆炸波;ii)定向能量沉积装置,其被配置成沿着至少一条路径沉积能量,所述至少一条路径从该车辆的该底盘延伸到该车辆的外部;以及iii)同步控制器,其被配置成相对于该初始爆炸波的检测,将该定向能量沉积装置的操作定时。

[0044] 某些实施方式可以提供,例如一种用配备有爆炸缓解设备的车辆(例如,军车、装甲车辆、悍马、装甲人员车辆、乘用车辆、列车和/或扫雷舰)缓解来自简易爆炸设备的爆炸的方法。在某些实施方式中,例如,该简易爆炸设备可以进行掩埋。

[0045] 某些实施方式可以提供,例如一种改装车辆以承受爆炸的方法,该方法包括:安装定向能量沉积子组件,所述子组件被配置成将能量沉积在该车辆的该底盘下方。

[0046] 某些实施方式可以提供,例如一种超声波沉积喷雾到表面上的方法,该方法包括:i)引导至少一个激光脉冲通过流体到该表面上以形成通过流体的至少一条路径,所述至少一条路径位于超声波喷嘴和该表面之间;ii)沿着该路径释放一定量的电能以形成低密度管;几微秒后,继之以iii)将粉末、颗粒和/或雾化材料从该超声波喷嘴排放到该低密度管中。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,步骤(i)-(iii)可以以0.1Hz-100kHz范围内的速率重复,例如以1Hz-80kHz、10Hz-50kHz、100Hz-20kHz、1-10kHz、5-10kHz范围内的速率或者以10-30kHz范围内的速率重复。

[0047] 某些实施方式可以提供,例如一种喷雾沉积装置,该设备包括:i)喷嘴,其被配置成将颗粒和/或雾化材料喷雾到表面上;ii)脉冲成丝激光器,其被配置成生成至少一条路径,所述路径位于该喷嘴和该表面之间;iii)脉冲放电发生器,其被配置成沿着该至少一条路径沉积能量以形成低密度管;以及iv)同步控制器,其被配置成同步该至少一条路径的生成、能量的沉积,以及喷雾的相对定时。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该喷雾可以是超声波喷雾。

[0048] 某些实施方式可以提供,例如一种用该喷雾沉积装置进行物理气相沉积的方法。例如,某些实施方式可以包括将金属粉末沉积到金属表面上。

[0049] 某些实施方式可以提供,例如一种用该喷雾沉积装置进行喷砂的方法。

[0050] 某些实施方式可提供,例如一种改装超声波喷雾装置的方法,该方法包括:安装定向能量沉积子组件,所述子组件被配置成将能量沉积在连接该喷射装置的喷嘴和表面的路径上。

[0051] 某些实施方式可以提供,例如一种操作间歇编织机或织机(例如,喷气编织机、喷水编织机、梭织机、纬纱织机和/或高速织机)以形成织物的方法,所述喷气编织机被配置成接收纬纱并且进一步被配置成形成经跨度,所述方法包括:沉积能量以形成该纬纱通过该跨度的低密度引导路径。

[0052] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,沉积能量可以包括在每1mm直径纬纱每10cm导向路径沉积在5-50mJ的范围内(例如在5-8mJ、8-10mJ、10-15mJ、15-20mJ、20-30mJ、30-40mJ的范围内或在40-50mJ的范围内;或至少8mJ、至少20mJ或至少40mJ的范围内)的能量。在某些实施方式中,例如,该纬纱可以具有在0.1-1mm的范围内的直径,例如在0.25-0.75mm的范围内的直径或者在0.5-0.7mm的范围内的直径,例如0.6mm的直径。在某些实施方式中,例如,该纬纱可以以在100-500m/s的范围内的速度,例如在200-400m/s的范围内的速度;或以至少为200m/s的速度,例如以至少250m/s、300m/s的速度;或至少350m/s的速度行进通过该引导路径。在某些实施方式中,例如,该纬纱可以以大于0.1马赫的范围内的速度,例如以大于0.3马赫、0.8马赫、1马赫的速度或者以大于1.5马赫的速度行进通过该引导路径。在某些实施方式中,例如,该织物可以以每分钟500-60,000根纬纱,例如每分钟2000-50,000根纬纱,每分钟8,000-30,000根纬纱的范围内的速率;或者以每分钟15,000-25,000根纬纱的范围内的速率形成。在某些实施方式中,例如,该引导路径可以是圆柱形的。

[0053] 例如,某些实施方式可以进一步包括:用一阵高压空气将该纬纱推进到该低密度引导路径中。在某些实施方式中,该阵高压空气可以与该能量沉积同步。在某些实施方式中,该低密度引导路径可以形成在该阵高压空气的下游。

[0054] 在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,能量的另一部分可以被沉积在增压器空气源的下游以形成另一低密度引导路径。在某些实施方式中,例如,该纬纱可以用一定量的水润湿。在某些实施方式中,该量的水的至少一部分可以在该低密度引导路径中蒸发。

[0055] 某些实施方式可以提供,例如一种编织机(例如,喷气编织机、间歇式喷气编织机、喷水编织机、梭织机、纬纱织机和/或高速织机),喷气编织机被配置成形成织物,所述编织机包括:i)装置,其包括安装在筘座上的多个异形筘,所述装置被配置成形成经线梭口;ii)定向能量沉积组件,所述组件被配置成生成穿过该经线梭口的低密度引导路径;以及iii)与加压空气源连通的纬纱喷嘴,所述纬纱喷嘴被配置成推动纬纱的一部分通过该低密度引导路径。在某些实施方式中,以下实施方式中的一个或多于一个(包括,例如全部)可以包括每个其他实施方式或其部分。在某些实施方式中,例如,该经线梭口的长度可以在3-30m的范围内,例如在4-4.5m、4.5-6m、6-8m、8-10m、5 -25m的范围内或者在10-20m的范围内。

[0056] 某些实施方式可以提供,例如一种改装编织机(例如,喷气编织机、喷水编织机、梭织机、纬纱织机和/或高速织机)的方法,该方法包括:安装定向能量沉积子组件,所述子组

件被配置成将能量沉积在路径上,该路径连接该织机的纱线分配喷嘴与位于该织机的相对侧上并穿过多个筘的轮廓的电极。

附图说明

[0057] 图1A和图1B.示意图对比了(1A)子弹试图高速穿过水来传播的无效情况,与(1B)相同的子弹在该水被横向移出其路径之后的传播的不费力情况。在蛮力方法中,该子弹的能量很快转移到该水中(和物质变形)。在我们的方法中,该子弹传播的距离更长,通过更弱的力量与周围的环境相互作用。

[0058] 图2A和2B.强放电可以用来沿着表面上的任意几何形状沉积能量,这里描述的实施例是(2A)半圆形路径和(2B)直线。

[0059] 图3.时间序列的纹影图像,其显示沿着a的能量沉积导致的推开热的低密度气体的区域的爆炸波(超声冲击波)(图3中左侧和中间图像),其中该冲击波在其强度降低到1马赫之后以声速传播开来(图3中右侧图像),并且不能再驱动/推开该低密度区域。

[0060] 图4:通过用与流体响应相比,足以瞬时有效地使气体分子电离化的强度,将强烈的激光脉冲聚焦在空气中的一个点上以在该空气中沉积能量。

[0061] 图5.阴影图像显示来自如图4所示的激光“火花”的驱动打开低密度气体区域的爆炸波,该区域作为环境气体中的低密度区域滞留很长一段时间。

[0062] 图6.激光灯丝沿着超短激光脉冲的路径产生直的电离通道。

[0063] 图7A和7B.来自超短激光脉冲的激光灯丝可以用于相比(7A)在空间和时间方面通常较少受控制的放电,精确地触发以及沿着其(7B)直线路径放电。

[0064] 图8.此处描绘了非常小的低密度“管”以取代更大的管。

[0065] 图9A和9B.由测试板下面的爆炸施加的(9A)综合作用力和(9B)脉冲作为时间的函数,其中该车辆下方的初始密度不同(100%、10%和7.5%的环境密度)。

[0066] 图10.沿着车辆的表面以将高压气体快速引导到陆地车辆下方的受限空间之外的导电路径的概念图。

[0067] 图11.当锥体行进通过,沿着该锥体的停滞线,在上游沉积能量生成的低密度管时,该锥体上的阻力显著减小。图上的字母对应于字母旁边的垂直线标记的时间,该时间对应于图14中的被相似标记的帧。

[0068] 图12.对于图13中所示的研究结果来说变化的参数包含:四个马赫数→M=2、4、6、8;三个锥体半角→15°、30°、45°;以及四个低密度的“管”直径→该锥体的基部直径的25%、50%、75%和100%。

[0069] 图13.针对通过直径为该锥体的该基部直径的25%、50%、75%和100%的管,以2、4、6、8马赫传播的15/30/45度锥体,绘制了减阻和能量投入回报率。在某些情况下,几乎所有的阻力都被去除,并且在所有情况下,打开该“管”所需的能量都比减阻中节省的能量少,表现出该锥体前面沉积的能量的高达65倍的回报率)。

[0070] 图14A-14D.在对应于图11中标记的时间的时间处取得密度分布图,示出了当锥体飞行通过低密度“管”时的流量改变。从14A到14D的顺序显示了弓形震动(伴随着其波拖曳和音爆)的大幅减小,以及该基部的强烈再增压,这表明去除了基部阻力并增加了该基部处排气产物的推进效果。

[0071] 图15.导电路径108可以被喷涂并引导到空气中,以允许控制/改变该车辆的冲击波所需的放电。

[0072] 图16.通过多个电隔离聚焦/放电装置分裂的激光脉冲的示意图。

[0073] 图17.示出了将该激光脉冲聚焦通过锥形壳体电极(123)的光路/元件的示意图。

[0074] 图18.放电装置的阵列如何可以被用来增强该能量沉积并通过多次较小的放电的定相而创建更大的核心的示意性实例。

[0075] 图19.放电装置的阵列如何可以被用来增加该能量沉积并通过多次较小的放电的定相而在期望的方向上“吹扫”流的示意性实例。

[0076] 图20A和20B.在三维运行中,初始的核心位置与该车辆(20a)是轴对称的,获得了最大的减阻并且没有横向力或扭矩。然后,随着该运行的进行,该核心逐渐向上移动,从而允许在整个核心位置的范围内监控控制力和扭矩的准稳态值。我们把特征描述为基部半径(20b)的大约1/2的偏移。

[0077] 图21.在特超音速车辆的冲击波前创建热低密度核心时,使用标准锥体来研究对加热、阻力和控制力的影响的测试运行的框架。(图21中的顶部-密度;左下-压力;右下-温度;右下-阻力、力和力矩。)

[0078] 图22.低密度管也可以从车辆的侧面通过倾斜的冲击波创建,以便于在主车辆不减速的情况下使副车辆成像和释放。

[0079] 图23A-F.上排(从左到右,23A-C)-冲击波在静止的空气中在表面上打开低密度的“半球体”,这是由在一定距离处使用激光脉冲脉冲地沉积的能量造成的。底排(从左到右,23D-F)-相同的激光脉冲被用来脉冲地沉积能量并创建冲击波,该冲击波打开类似的低密度的“半球体”,经显示为沿着同样的表面流动的空气对流传送。

[0080] 图24A-D.在不同的无量纲时间,作为圆柱形冲击的无量纲半径的函数的相对压力的曲线。初始的(未扰动的)气体压力是p_o。

[0081] 图25A-D.在不同的无量纲时间,作为圆柱形冲击的无量纲半径的函数的流量马赫数的曲线。震前的声速是a_o。

[0082] 图26A-D.在不同的无量纲时间,作为圆柱形冲击的无量纲半径的函数的相对密度的曲线。初始的(未扰动的)气体密度为ρ_o。

[0083] 图27.在3.45马赫流量下的Nd:YAG激光放电的时间顺序(图27从左到右)的纹影图像。激光入射是从下到上的,并且由于CCD像素是饱和的,光点保持可见。自由流动的流量方向是从右到左的。

[0084] 图28.当受热光点在超声波风洞中向左流动以与球形模型的常规艏波相互作用时,该受热光点的延时纹影图像。沿着球体的测量压力基线和瞬时数据也在该图中被描绘为围绕该球体的线。

[0085] 图29.该模型在三个能级的停滞点处的压力的时间历史

[0086] 图30.初始功率为49.5MW时,作为传播距离的函数的灯丝直径和电子浓度的模拟结果。显著的光致电离仅被看作发生在束约束最大的短长度上。

[0087] 图31.初始功率为160MW时,作为传播距离的函数的灯丝包络直径的模拟结果。灯丝直径在数千米范围内保持大致被约束在100微米内。

[0088] 图32.30cm范围内激光引发/引导的放电。电离的UV激光脉冲经发送通过下电极的

孔,通过上电极的孔。

[0089] 图33A-D.图33A是单激光电离路径;图33B是跟随由该激光电离路径创建的路径的放电;图33C是由两个单独的激光脉冲生成的两条电离路径;图33D是跟随由两个激光脉冲创建的V形路径的放电。

[0090] 图34A和34B。图34A是在前TRW的Wilhelm Behrens博士的指导下设计的一种航空窗。图34B是具有高压入口、航空窗、真空管和排气管线的完整设置。

[0091] 图35.脉冲爆震发动机循环的示意图。

[0092] 图36A-H.脉冲爆震发动机中的动力学的第二概念图。

[0093] 图37.具有整体式定向能量沉积装置的喷气编织机的实施方式的示意图。

[0094] 图38.具有整体式定向能量沉积装置的火器子组件的实施方式的示意图。

[0095] 图39.描绘了可能出现在连续超声波多相流应用(例如喷涂或粉末涂覆等)中的超声波撞击射流流场的概念性实例的示意图。

[0096] 图40.描绘冷气体动态喷涂系统的概念性实例的示意图。

[0097] 图41.配备有爆炸缓解装置的车辆的实施方式的示意图。

[0098] 图42.配备有地面改变装置的车辆的实施方式的示意图。

[0099] 图43.具有脉冲激光子组件的定向能量沉积装置的实施方式的示意图。

[0100] 图44.具有整体式定向能量沉积装置的火器筒的实施方式的示意图。

发明详述

[0102] 本发明的能量沉积方法背后的基本思想是,我们能够通过快速地(“脉冲地”)将能量沉积到空气中来重新分配/塑造空气的密度。重要的是要注意,为了有效地“分开”空气,该能量的沉积(例如,以短的激光或微波脉冲的形式;和/或放电等技术)必须比气体可以膨胀的速度快得多。任何允许气体在受热时传播开来的加热,即使使用非常高的温度,也并不会获得我们在此描述的高效结果。一般来说,“突然的”/“脉冲的”加热过程会产生“啪”或“砰”的一声。

[0103] 为了:i)调整具体能量沉积模式的强度和空间分布;ii)保持适当传输的具体路径和通道;以及iii)实现将能量耦合到流中;可以应用各种能量沉积技术以在最广泛的应用中,解决各种可能的大气和流动条件。最有效的能量沉积方法:形成成核/引导/引发区域(例如初始路径),向其中沉积更多的能量;或者将更多的能量沉积到这样的初始区域或路径中;将取决于要形成它们所处/所通过的大气条件(包括所有表示的介质和混合相,如气体、液体、固体、等离子体),以及相关的操作流动条件。某些大气和流动条件可能需要经由沉积能量来形成初始路径,作为后续步骤,更多的能量可以被耦合到该路径中。其他的大气和流动条件可能需要一步沉积能量。在某些应用中,该能量的沉积可以:沿着一个或多个表面;在大气/流的一个或多个区域中;和/或这些情况的一些组合。一个或多个能量沉积步骤可以包含但不限于以下能量沉积技术中的一个或多个的组合:电磁辐射(从x射线到微波);射频等离子体放电;以及电子束、带电颗粒束、放电和电晕放电形式的电流;其中这些能量沉积技术的持续时间从连续束到超短脉冲(例如,以下脉冲宽度:阿秒;飞秒;皮秒;纳秒;微秒;毫秒;秒;以及更长,直到连续沉积)。对于能量沉积的不同实施方式和不同模式,这些时间尺度可能不同,其中不同模式的沉积发生在它们各自的时间尺度上。除了本身的实用性

之外,在某些情况下,持续或长时间的能量沉积还可以促进较短脉冲的脉冲能量沉积。此外,涉及某些过程与能量沉积的脉冲/定相/同步的应用也可以包含较长脉冲和连续过程。

[0104] 不同的能量沉积应用和技术的上述实施方式可以促进在各种高度和飞行条件下的应用。它也可以在不同的操作气氛/条件和介质下定相/同步到不同类型的喷涂技术中,包括但不限于:热喷涂;等离子喷涂;爆震喷涂;电弧喷涂;火焰喷涂;高速氧燃料喷涂;温热喷涂;冷喷涂;以及其他喷涂技术。类似地,不同的能量沉积应用和技术的上述实施方式可以(在可能的操作气氛和条件的范围内)被应用于织机、枪管、列车、发动机、车辆、爆炸缓解、点燃、爆震以及其他实施方式和应用中。

[0105] 为了说明下面的解释,最好先看作为膨胀的实例所描述的图2和图3。一旦该能量已经“有效瞬时地”(“脉冲地”)沉积在空气的特定区域(例如,沿着线或点)中,周围的空气由膨胀的冲击波从受热区域向外驱动。周围的气体被向外吹扫,留下热的压力平衡的气体区域,其密度远远小于初始的/环境密度(在一些情况下,小于该环境密度的15%,例如小于10%、8%、5%、3%、2%;或小于1.5%,而另外的98.5%已经被向外推去),直到由于所沉积的能量而产生的冲击波衰减/放慢到声速。一旦不断膨胀的冲击波已经放慢到声速,它就会不断地向外膨胀,不再向外推气,也不再扩大该低密度区域。该低密度区域(当该爆炸波以超音速膨胀时生成)留在后面,与周围的环境压力保持压力平衡(例如,它作为大气压低密度的热气体的“气泡”而存在,该气泡不会破灭而恢复为气体……即,它是其中空气已被分开的区域)。这个压力平衡的低密度区域的体积与沉积在该气体中的能量成正比,也与环境压力成比例(例如,如果在沉积该能量之前的初始大气压力减半,则所得的低密度体积加倍)。图3示出了这种膨胀和沿着表面的由此产生的低密度区域的实例,其提供了放电的单个直分支的端部视图,例如图2(b)中所示的那些,沿着该放电的路径看,获得纹影图像。

[0106] 当在空气中的一个点上沉积能量时,可以看到低密度“气泡”膨胀的最简单的实例(图4),气体从这个点处球对称地膨胀,以便打开低密度球体(图5)。

[0107] 当能量沿着直线沉积时,会出现类似的简单几何形状(图6、7和8)。这导致气体膨胀并且以该能量起初沉积所沿的原始线/轴为中心的低密度圆柱形体积(或“管”)。

[0108] 与有关的流体动力学相比,热的低密度几何形状与环境压力平衡并保持长时间,这一事实允许该低密度区域(例如空气和半球体中的球体和“管”和沿着表面的半“管”以及其他更复杂的几何形状)保持“打开”足够长的时间以执行预期的流动控制。

[0109] 设想这种方法的益处的最简单的方法之一是在看密闭的爆炸时。这做得到的直觉可以直接应用于其他高速流量应用(如高速飞行和推进系统)中。特别是,当检测到不希望的压力积累和/或冲击波时,我们能够(几乎是瞬时地)降低压力并引导气体。爆炸缓解领域的这些问题与在高速飞行和推进系统中出现的问题相同,所以这个最初的例子可以扩展到将基本概念应用于广泛的超声波应用中。在爆炸缓解的一个特定实例中,当高压爆炸气体被限制在车辆的底部和地面之间时,通过在环境气体中形成冲击波而阻止空气从该车辆下方排出。高压气体驻留在该汽车下面,向上推压其底部的时间越长,集成脉冲将该车辆向上推压得越大。本申请的目的是尽可能快地使高压气体从该车辆下方排出,由此减轻该车辆下面的压力并且使传递到该车辆的集成脉冲最小化。为此,通过打开沿着该车辆的底面的低密度路径以快速将该车辆下方的高压气体引出,可以使该气体从该车辆下方快速排出。其实现可以通过将我们的技术(例如,定向能量沉积装置)结合到地面车辆中,以创建低密

度路径,沿着该路径,附近的爆炸(例如在所述车辆下方)可以快速逸出,从而大幅度地减小爆炸气体推压在该车辆上的力和时间,从而使该爆炸对该车辆施加的总冲击最小化。图9显示了一个实例,其表明当首次减小该车辆下方的空气密度时,爆炸可能导致的力和脉冲减小。

[0110] 为了创建可以使该高压气体通过以更快速地从该车辆下方和周围逸出的高速通道,我们沿着该车辆的表面(如图10中示意性地描绘的)添加了导电路径(类似于图2中所绘的那些路径)。这些可以被用来几乎瞬时地以密闭体积排放且高速推进高压气体,如隔离器、燃烧器、扩散器、排气系统。这在任何有利地快速减轻有害的压力增加的地方都可能是有用的。

[0111] 车辆在空中高速飞行低效的一个原因是它们正在有效地加速空气柱(从起点到最终目的地)到该车辆的速度的很大一部分。除了由此产生的大量燃料成本之外,施加给空气的大量能量还伴随着另外的问题,例如:强烈的爆音;撞击该车辆的前端突出部后面的破坏力强的冲击波;以及在加速静止的空气以匹配该车辆的速度时生成的摩擦力导致的,沿着前缘和停滞线的不期望的压力和加热。

[0112] 相比之下,当该车辆穿过由定向能量沉积装置沿着长线(例如,激光-灯丝-引导的线)打开的低密度"管"时,阻力显著降低,相当大地节省了总能量消耗。瞬时计算的阻力曲线的一个实例如图11所示。在该图中,随着锥体在该"管"的边缘处穿过较高密度的气体,观察到基线阻力的小幅上升。随着该锥体飞过该"管"的低密度区域,阻力急剧下降。当该锥体离开该低密度区域,并且冲击波开始重新形成时,阻力开始再次上升到标称的、原始/未改变的阻力值。实际上,在车辆或射弹已经传播通过该低密度"管"之后,可以打开另一根低密度"管",以允许该车辆/射弹持续减阻。随后的"管"开始的确切点是给定应用的优化问题。再次通过沉积能量以生成另一根"管"之前,阻力持续允许上升的程度将决定以相同的能量沉积重复率驱动的压力调制的强度,其将大致等于车速除以有效管长度(经调整以适应在再次沉积能量之前,该车辆/射弹实际行进的距离)。这种调制将导致附加的飞机噪音源,并且可以通过调整"管"长度来调整,以避免车辆共振和滋扰频率。每个连续的"管"也提供了一个机会以稍微重新引导"管"的定向以引导该车辆(这将在下面进一步讨论)。

[0113] 研究了实施这项技术时的减阻和节能,以评估与锥体基部相比,对马赫数、锥角和"管"直径等不同参数的依赖性。这些参数如图12中所示,理解为马赫数以标称不变的流量为基准。一旦能量沉积在上游,统一马赫数的传统定义和概念就不再适用。这个结果的原因在于该"管"内部的声速是标称不变的自由流中的管的外部的声速的许多倍。按传统定义,该"管"内部的马赫数明显低于该"管"外部的马赫数。事实上,在许多情况下,与该管外部的超声速/高超声速流相比,该管内部的流是亚声速的,从而允许,与飞行通过没有通过沉积能量调制的均匀空气时观察到的相比,有显著不同的流动场。这些动力学中的一些在此描述,并且只能通过将能量沉积到该流中来实现。

[0114] 关于图12中所示的各种情况的最大减阻和节能(能量投入回报率)的结果总结于图13中,包括在总能量平衡中超过60%,例如在80和95%之间,甚至高达96%和超过30倍,例如超过50或65倍的能量投入回报率的减阻(即,对于沉积在锥体前面的空气中以沿着该锥体的停滞线打开该低密度"管"的每瓦特或焦耳,在推进动力或能量中节省了这个"投入"能量的65倍,而该能量否则为对抗在该锥体前面没有沉积能量时经历的更强的阻力所需

要)。

[0115] 在结果中观察到一些有趣的趋势,其中最基本的观察是打开较大的管增加了所有马赫数和锥角的减阻。更细致和有趣的观察是能源有效性(即[(节省的推进能量)-(投入的能量)]/(投入的能量))似乎有两个方案。这种能量有效性描述了对于在该车辆的前方沉积以打开低密度“管”的每单位能量,从该推进系统中节省了多少能量。一个区域以较高的马赫数在较窄的锥体中发生,其中艏波倾向于是倾斜/附着的。在这个区域中,能量有效性随着马赫数而增加,而最有效的“管直径”随着马赫数的增加以明显且可理解的方式从较小直径转变为较大直径。沿着停滞线去除气体总是提供最大的益处,而从停滞线进一步去除气体的益处在于车速的函数,其中在更高的马赫数下获得增加的益处。在马赫数较低的区域(其中艏波倾向于是正常的脱体冲击波)中,观察到小直径的“管”中效率的强烈上升,这可以有效地用于“刺穿”艏波,从而允许正常的冲击波后面的高压气体得以缓解,因为该“管”内的流现在可以是亚声波的(在高声速的“管”中)并且不再受到椎体的艏波(bow shock)的限制(图14)。

[0116] 尽管有效性研究可以帮助识别实现最佳性能可以沉积的能量,但是值得注意的是效应规模,以及沉积在特定平台中的能量的量也可以基于该平台/车辆系统-考量可以适应的量得以确定。即使打开与最佳相比较小直径的“管”,但是就增加的范围和速度、较低的燃料消耗以及减少的排放和噪音/音爆(一些其他益处记录在下文中)而言,其仍将获得更好的车辆/射弹性能。特别有利的是,当沉积能量,甚至比最佳量小得多的能量时,可以获得显著的益处。结合到系统中的能量沉积容量和功率的实际量可以根据可用尺寸、重量和功率,以及在结合该技术后,这些相同参数中的有多少得到改进,由它可以容纳的空间的量来确定。这个灵活的迭代过程提供了将该技术结合到任何可以从中受益的系统的益处。另外,考虑到打开给定体积的低密度气体所需的能量随着环境压力而变化,沉积在空气中的给定量的能量将在越来越高的高度遇到的较低压力下打开越来越大的体积。这种效应也适用于这样一种情况,即当车辆/射弹爬升高度时,给定范围的能量脉冲将打开越来越大的“管”直径。更高高度处的增加的低密度体积可以用来增加该管-长度,而非增加该“管”的直径;或者在长度和直径的增加上分配更大的体积。“管”长度的增加有助于增加速度,以及如图13中所示,较大的“管”直径可以帮助使较高的马赫数下的效率最大化。

[0117] 飞穿低密度“管”导致的大幅改变的流动动力学的代表性密度-轮廓框架显示在图14中。字母A、B、C、D对应于图11中的阻力-曲线上标记的时间(其中D代表该锥体行进通过该“管”的原始范围的时刻,不考虑该管与该锥体的相互作用而产生的管变形/挤出)。

[0118] 对比框架A中几乎无扰动的密度分布演变的差异,以及随后的动力学,我们注意到几点:

[0119] • 在正常飞行中,有强烈的艏波和相关的爆音,而飞穿该低密度“管”强烈地减轻了该艏波及其相关的爆音;

[0120] • 在正常飞行中,由该锥体横向以及向前加速的气体在该锥体基部留下低压/低密度区域,而当该气体从该锥体的前面横向移动时,通过沉积能量以形成低密度“管”,积聚在该“管”周边的气体在该锥体后面再循环,并用来对该基部再加压;

[0121] • 这个再加压的基部减轻了基部阻力;

[0122] • 在该基部处的显著较高的气体密度也可以提供一定水平的对推进产物的限制,

这可以极大地提高排气系统的推进效能,并将其有效脉冲增加很多倍……这是由于再循环大气逆止推进产物以较长时间地利用它们的高压,而高压产物简单地不受限地排放到其他低密度、低压基部区域中。

[0123] 推进和能量沉积的定相实施,以优化动力学

[0124] 考虑到众多有益的动力学,本文讨论的实施方式可以被灵活应用以提高效率并且最优化使用/同步各种步骤/过程的共生效应/益处。这可能需要优化许多可能的参数,包括长度大小、点燃、空燃比、定时、重复率、化学过程、放电、激光脉冲、微波脉冲、电子束、阀门装设/节流等等。一些实施方式包含:

[0125] • 激光发射:在激光发射应用中,一个实施方式需要一个或多个地面基激光作为推进源,在运载车辆(launch vehicle)的后端发射,经由面向后方的光学器件重新聚焦推进激光以使气体或消融产品加热和膨胀出运载车辆的后端。激光系统和运载车辆经设计以:

[0126] -允许一些激光能量在该车辆前方沉积以打开低密度"管"并减小阻力;

[0127] -调节车身和内部路径的大小并节流,以便允许通过一个(或多个)驱动激光脉冲加热足够的推进剂空气;

[0128] -调节车身的大小,以确保该车辆前方的调制气体四处流动以建立高密度的逆止点,推进剂气体可以更有效地抵靠着该点前推;

[0129] -递送驱动激光脉冲以允许该车辆充分利用该低密度"管"和推进式前推,然后随后的激光脉冲重复该过程。

[0130] • PDE/化学激射/脉冲功率:这种类型的系统需要与上面列出的相同类型的定相/定时优化考虑。然而,在这种情况下,驱动能量是在该车辆的内部发生的一系列脉冲化学爆震。这种爆震的定时可以经由适当定时的阀门装设和点燃来控制,而该爆震实际上能够驱动沉积上游能量所需的过程。

[0131] • 工业和运输应用:在这些情况下,可以应用与上述应用相似的定时和系统优化,以达到所需水平的定相,额外可能考虑不同的推进,如电力推进,以及磁悬浮。每个元件都可以进行定时/同步,不仅为了确保最佳的流体流动,还为了减少车载系统(如推进和悬浮系统)中使用的能量的量。

[0132] 如前所述,放电是能够实现灵活几何形状的一种可能的技术,其不仅可以产生显著的益处,还可以进行空气动力学控制和定相以最终对该车辆进行确切有力且高效的控制。如果要使用放电,则必须建立导电路径以允许电流流动。在其他地方证明了使用激光脉冲(图6)"喷涂"导电路径以及引导/引发放电(图7)的能力。成丝激光器能够以足够的精度和长度形成这样的电离路径,以灵活地追踪任何数量的期望的图案。

[0133] 图15中示出了一个实例,其中创建了导电路径(108a,b)以连接在点P_I处相交的电极106和107。图16和图17中的第二个实例描述了实际释放装置的更多细节。在这个实例中,激光脉冲111被引导到三个分离的电隔离的透镜/电极组件102中(图17)。

[0134] 可调节(122)光学元件121使不同的脉冲聚焦通过它们各自的金属锥体123,以确保成丝尽可能接近该金属锥体的尖端开始。这将确保可能的最佳电气连接。该金属锥体是连接到电容器组的合适极的电极。在创建该电离路径后,该电容器将沿着所述路径释放它们的能量。结果,储存在该电容器中的电能将以欧姆加热的形式沿着该导电路径沉积在空

气中。

[0135] 另一个实施方式可以使用若干经排列/定相以实现任何数量的目标的能量释放装置来实现期望的流量控制(图18和19)。

[0136] 图18中描绘了能量释放装置阵列。能量发射机构或元件106a、106b、106c的阵列被布置在主体101上。该主体101包含由元件106b的内部环形阵列和元件106c的外部环形阵列围绕的中心元件106a。全部元件阵列106可以被用于通过连续地发射单个元件106或元件106的组来增加该能量沉积的有效性和幅度。这可以通过在该流体已经从该中心元件106a生成的中央受热核心向外膨胀之后,使用元件106的阵列以继续以圆柱形向外推动该流体105而实现。在这个实例中,当放电被执行时,其遵循完成元件106b和106a之间的分开的导电电路的电离化路径108。下一组导电路径和放电然后可以在106c和106a(或106b)之间。

[0137] 在操作中,如图18(顶部)中所描绘,内部阵列的中心元件106a和一个或多个元件106b可被发射以创建中心受热核心160a。这个受热核心会向外膨胀,可能受到圆柱形冲击波的限制,而该冲击波随着该膨胀而减弱。为了向减弱的圆柱形膨胀中添加能量,元件106b可以被发射,如图18(下部)中所描绘。在进一步膨胀后,外部阵列的元件106c则也将被发射以保持该受热核心160b的强烈的持续膨胀。

[0138] 涉及能量释放装置102的线性阵列的类似应用的示意图如图19中所描绘。该能量释放装置102被安装在车辆101上以通过最远自该车辆101的中心线顺序地发射到最内能量释放装置102a,甚至到最外能量释放装置102f,以波样的动作,沿着翼150将流入的流体105向外推动。

[0139] 与连接充电单元和开关一样,该能量释放装置102通常将被电隔离。此外,如先前关于图16和图17所讨论的,邻近的能量释放装置可以同时被有效地点火以形成导电路径108。该能量释放装置102也可以成对地连续点火,以使用放电将该流体105朝着该翼150的尖端向外吹扫。这种朝着翼尖吹扫流体的方法还将该流体引导到该翼150的上方和下方。还可以包括环境传感器来监测性能,并将其耦合到该能量释放装置以修改该能量沉积的不同参数。

[0140] 除了减阻之外,伴随所描述的能量沉积技术的使用的还有许多相关的益处。

[0141] 为了探索与这种技术相关的控制力和力矩,使用钻CFD求解器来进行3-D模拟,其中生成了低密度核心以在连续范围的离轴位置上撞击该车辆。核心位置的偏移在图20中被描绘为向上。在这些运行中,该核心的初始位置与该车辆同轴,然后缓慢向上移动(保持平行于锥体轴线,没有攻角)。当偏移量在从同轴(无偏移量)到基部直径的大致一半的偏移量的范围内时,这允许对该核心的效果进行准稳态评估。这在图20中被示意性地示出。我们执行了这个系列以便探索由与飞行方向对齐的核心产生的全方位的响应。

[0142] 图21描绘了车身表面上的密度、压力和温度。力矩和力在同一个图上被列为系数。作为不同质量中心的实例,计算出获得针对不同的有效载荷/任务的稳定飞行的两个力矩。我们还证明,当飞穿该低密度核心时,在另外的情况下不稳定的车辆(压力中心后部的质量中心)反而变得稳定。这是因为基部外边缘的较高密度气体将压力的中心显著地移到该车辆的后部和质量中心的后面。稳定在另外的情况下不稳定的设计的这种益处可以在确保稳定的特超音速车辆方面产生更大的灵活性,消除了对质量中心的位置的传统限制。这种技术的其他益处通过使用更低成本的材料,允许性能更广泛的外壳,以及明显降低的对车身

的细度要求,以及由于降低的热保护系统(TPS)要求、更容易的入口(重新)启动和大大减少的控制/执行器硬件而显著减轻的重量,进一步减少了设计限制。

[0143] 根据高度和马赫数,通用锥体的分析上限估值和算得的下限值获得了从几G到数十G的控制力。这些上限值和下限值在评估这种技术在不同应用中的效用方面提供了有用的限制。在一些实施方式中,例如具有1m基部的运载车辆可以采用480kW的沉积功率来在6-20马赫的整个范围内产生有用的效果。这个功率允许:在15km的特超音速车辆之前打开1/5直径的核心;在30km处打开1/2半径核心;以及在45km高度上打开全直径核心。如果这个功率只有10%是可用的,那么我们可以打开所引用的直径的大致三分之一的"管",并且仍然在效率、控制和大大方便的设计方面获得巨大的益处。

[0144] 特超声速车辆中的限流因素之一是减轻持续特超音速飞行的热效应。除了减少阻力并实现车辆控制外,我们的方法还减小了车辆表面的温度,以及由此产生的热量。这样允许显著减少前缘所需的TPS重量和特殊材料。它还允许在遇到材料限制之前大大改善车辆的性能。在车辆的前方打开小直径的"管"显示出很大的益处,并有助于引导车辆,类似于预钻孔如何可以帮助引导大钉子。尽管如此,从打开可以适合整个车辆的"管"的极端情况来看,这是有益的。这使得直观地看到该车辆被锁定在与奥运雪橇相似的"管"中。如果该车辆开始撞到"管"壁中,它会经受非常强大的将该车辆推回中心的力。这在垂直方向上以及所有其他方向上都起作用,并且该车辆将找到一个位置,在这个位置上它的重量由向上的阻力平衡。结果,整个车身可以作为提升表面,均匀地分配相关的力和温度。类似地,整个车身可以用作控制表面,因为平衡重力的相同现象将始终如一地施加恢复力来限制该管内的该车辆。一方面,这使得控制非常有吸引力,因为它伴有在期望的方向上简单地导向该"管"(其可以像导向启动/引导激光脉冲一样容易),并且流体力将确保车辆跟随,酌情将控制力分配到整个车身。这表明进一步的重量和体积要求可以交换以通过消除重型特超音速执行器/控制表面系统来帮助适应我们的方法所需的硬件。在某些情况下,每个片状物都有相当大的关联体积,可以重约20kg。这些执行器可能需要该车辆上的气瓶或动力,它们具有额外的重量、体积要求和风险,而其取消可以用于抵消能量沉积系统的要求。

[0145] 如上所述,充分利用本文中描述的技术的最佳方法是完全围绕流体动力学设计车辆,从而允许充分利用其所提供的许多益处,包括减阻、飞行稳定化、减少的设计约束、增强的抬升/控制/进口/推进,以及在速度、性能、范围、有效载荷和燃料效率方面的显著提高。这就是说,有很多方法可以通过实现在另外优化的系统中无法实现的性能增益而使这种技术在现有平台上逐渐"买断"。其中一些实例包含:沿着表面沉积能量以减轻不可避免的突起(例如,垂直尾部、接头、铆钉、擦拭器、接缝等)的阻力,以及在前缘处或其前方沉积能量。除了这些能够提供的性能收益之外,它们还可以实现在另外情况下无法实现的能力。一组应用包含如图22所示的,通过倾斜的冲击波从该车辆的侧面刺穿管的能力,以便于射弹/子车辆的通过,以及光学成像和通信。

[0146] 以这种方式穿刺主车辆的冲击波在特定的特超音速飞行应用中可能是特别有趣的,因为它能够创建路径,通过该路径可以更清楚地记录图像,并且通过该路径,次要车身可以从主车辆处运载而没有强烈的相互作用,否则它们会经受未经穿刺的冲击波。

[0147] 高速流量控制和促进超音速/特超音速传播/行进的附加实例包含推进和内部流动应用,特别是启动超音速入口和减轻发动机/增强器噪声,包括尖锐声和其他共振。这些

涉及表面放电,我们根据具体的细节,使用各种有激光或没有激光的电极类型实现表面放电。我们还沿着表面和/或在露天下将能源沉积应用于地面基的应用以改善风洞性能、工业/制造工艺和运输。

[0148] 对于上述飞行应用,我们主要关心的是在能力和效率方面取得巨大的收益。在地面基的工业/制造/运输应用中,对尺寸、重量和功率的限制可以更放松。远程控制不合作车辆的愿望也导致我们在远程平台上沉积能量。对于这种应用,由沉积能量产生的流体动力学保持不变。然而,现在的主要任务是将能量传递到远程平台以便控制其动力,而不是仔细设计自己的平台以最有效地将能量沉积到流中,同时减小尺寸/重量/功率需求。在这种情况下,我们使用效率较低的激光(和/或微波)能量来快速/脉冲地将能量沉积在远程平台表面处或其附近,而不是经由有效的放电来沉积能量。这种能量(就其生成效率而言)的成本远高于将机载放电简单地用作主要的能量沉积源。然而,作为回报,人们获得远距离地远程递送这种能量的能力,以便通过局部改变对它们的阻力和抬升来对远程射弹/车辆施加显著的控制。图23显示了激光能量在静止和流动的空气中沉积在远程表面上的纹影图像。在我们的风洞试验中,我们能够测量对气箔抬升和阻力的相当大的影响,这与我们中断表面流和边界层的能力有关。

[0149] 快速/脉冲地将能量沉积到比流体还快的流中可以机械地响应,可以使用包括激光器、放电、微波、电子束等在内的任何数量的实施方式和机构来完成,以生成稀释一定量的气体的爆炸波。这种能量可以沉积在各种有用的几何形状中以显著地调节/塑造该流体的密度并实现巨大的控制。这种控制可能是由相比密度显著降低的区域,车身与环境流体密度相互作用时所经受的力的强烈差异导致的。常见的几何形状是离体产生的球形和圆柱形低密度区域(“管”),以及沿表面生成的“半球形”和“半圆柱形”低密度区域的组合。这些几何形状实现了速度、效率、控制和整体性能的显著提高,其直接原因是当行进通过非常低密度流体(相对于环境密度)时阻力、加热、压力和冲击波的强烈减小。我们的革命性方法的最有利的开发将是围绕有利的动力学,通过剪裁:入口;定时;和推进,以在全方位的理想操作中使效果最大化而设计一种系统。通过以“购买”该技术的途径的方式将这些益处结合到现有或近期平台上;和/或实现特定功能,也可以进行较不广泛的努力。这样的努力可以包含:强烈的冲击/阻力/加热/压力的逐点缓解;高速推进装置的内部流量控制;在较低的马赫数下(重新)启动的入口;等等;地面测试;制造业;地面运输;以及穿刺由超音速/特超音速平台生成的冲击波以促进光信号和子车辆的通过。

[0150] 沉积能量以实现其在高速流动控制中所提供的显著进步的各种实施方式下有许多基本物理机制。我们改革高速飞行和流量控制的方法是在某些实施方式中,我们优先移动空气以优化其相互作用的方式。当能量在某个点有效、瞬时地(“脉冲地”)沉积时,会产生球形的冲击波,推开低密度的球体,其中只剩下1-2%的环境空气密度。当能量脉冲地沿着一条线沉积时,则发生这种相同的膨胀以打开含有~1-2%的环境空气密度的低密度圆筒。我们卷起“开口”的体积与我们沉积的能量成正比,并与环境空气压力成正比,因此与低高度相比,在高的高度(其中通常发生特超音速飞行)处打开给定的低密度体积所需要的能量更少。飞穿环境密度的1-2%与飞穿环境密度相比的益处有很多,包含:强减阻;增强的稳定性;大大减少的能源用量;没有爆音;减小的停滞温度和压力;降低的噪音;基部的再加压(消除基部阻力以及大大增强推进系统的推进效能);减小的排放;以及在每个高度上飞行

外壳的显著增加。

[0151] 当开发新的应用时我们利用的主要效果是我们脉冲地将能量添加到空气中并且塑造其密度的能力。几十年来,沿点源和线源集中的大量能源的演变已经得到了充分的体现。在其精心的计算研究中,Plooster提供了针对瞬时沉积能量的无限线源的无量纲单位的数据(图24至图26)。在其所有的图中,能量都是在r=0处沉积的,并且离这个原点的距离(在一维圆柱坐标系中)是用无量纲半径λ来描述的。在每幅图中,λ沿着横坐标绘制,并且表示真实距离r与特征半径$R_o=(E_o/b\gamma p_o)^{1/2}$的比值,其中$E_o$是每单位长度上沉积的能量,$p_o$是冲击前面的压力,γ=1.4,而b被取为3.94。每张图上绘制了几张图表,其中每条线上方都有数字。这些数字表示无量纲时间τ,它是实际时间t与特征时间的比值$t_o=R_o/a_o$,其中a_o是冲击波前面的环境大气中的声速。所有的流体参数都是相对于圆柱形冲击波前面的环境大气中的流体参数绘制的,包含图24中的压力(p/p_o),图25中的径向速度(u/a_o)和图26中的密度(ρ/ρ_o)。

[0152] 这些结果的附加效用来源于一个事实,即Plooster针对各种初始条件(例如理想线源上的轻微变化)对其进行了验证。对于初始条件,从理想的线源到更多的扩散源(例如有限范围的沉积能量,包含多线源),长期动态(是我们感兴趣的)是基本相同的。假设结果足够鲁棒到进一步涵盖了我们可以设想的任何沿着我们想要缓解/控制的冲击波前面的扩展区域沉积能量的方法。

[0153] 当圆柱形冲击波径向向外传播时,图25示出了在大致τ=0.147处的扩张冲击波转向声波。这大致对应于膨胀圆柱从推开该低密度管的爆炸波缓解变成声波,从而演变成特征压缩和稀薄(其在图24的压力轨迹中的大约τ=0.2处开始变得明显)的时间。结果,几乎在同一时间,该低密度管停止迅速膨胀,并且从大约τ=0.14到远远超过τ=6.0保持大致稳定。图26示出了,当声冲击波继续向外径向传播时,非常低密度的核心有效地保持静止,并且从半径λ=0到大约λ=0.5保持不变。这种长而低密度的圆柱形核心的美观和实用性在于其持续很长时间,并且可以用作低密度通道,通过该通道,车辆(和/或由该车辆向前推进的高压空气;和/或必须释放的高压气体的积聚)可以有效地,没有阻力地通过。

[0154] 使用来自Plooster结果的参数和尺度来估计打开各种半径的低密度管所需的能量,以便进行参数研究以表征该低密度管在飞行中对车身的影响。特别是,模拟旨在显示,当沿着由超音速/高超音速锥体生成的艏波前面的流线(在这种情况下,沿着停滞线)突然沉积热量时,在减震和减阻中有显著的优势。在线沉积几何学中表现出的持续益处导致延长的减震/减阻期,而没有持续的能量添加。这允许脉冲能量沉积机制以连续脉冲的形式重复。一旦能量快速/脉冲地沉积,空气便如上所述地膨胀以打开该低密度“管”。起作用以腐蚀这种理想化的静止的低密度管(以及由沉积的能量的膨胀而形成的球体或任何其他形状)的两种机制是:i)热浮力;以及ii)热扩散。实际上,因为这两种机制作用于不均匀的密度分布,所以界面和体积流体的不稳定性也会出现。

[0155] 类似于热气球(没有气球),热浮力由“管”或“气泡”内的热的较低密度气体的浮力驱动。忽略与空气一样轻的物体的粘度、不稳定性、其他耗散力,以及极低的终端速度,低密度气体可以经历的最高向上加速度是重力的加速度$(9.8m/s^2)$。关于我们通常感兴趣的长度-尺度,1cm对于低密度气体来说可以被认为是小而重要的运动。在不切实际的完全重力加速度的上界处,该气体将在大致.05秒内移动1cm,这通常比热扩散显著影响相当大(厘米

或更大的数量级)的低密度特征要快得多。为了阐释许多使我们的上限过快的假设,我们假设显著的低密度特征将保持可行至少0.1秒。在此期间,即使0.9马赫的车辆也将行驶大致30m,这为任何有关的车辆提供了足够的时间来完成其与我们打算创建的任何低密度结构的交互。

[0156] 对于大小合理的低密度特征(例如,尺寸为几厘米或更大的特征),这些特征将通过热扩散耗散的时段远长于热浮力以上近似所取的那些时段。热扩散基本上是由热能沿着温度梯度流动以最终达到热平衡(即从热气体传导到邻近的冷气体的热量)导致的。从图26中可以看出,该“管”的界面具有对应于非常强的温度梯度的非常强的密度梯度。这在该低密度“管”的界面处导致热扩散。由于这种效应发生在表面,并且作用于小的长度尺度上,所以这对于非常小的特征(例如直径非常小的球体或直径非常小的“管”)来说是最重要的。

[0157] 在由激光脉冲在空气中沉积的能量将直径非常小的低密度管作为引导/触发放电的前驱物创建时发生的主要情况中,小的低密度特征发挥着重要作用。在这种情况下,取决于脉冲参数,该低密度管的直径可以为几十到几百微米或更大的数量级。在这种情况下,我们对该“管”的动态进行了成像,并估计其寿命在100μs-1ms之间(图8),并使用附加诊断来确定这些时间段。

[0158] 由强烈的激光脉冲形成的这种非常小的低密度“管”所起的主要作用是帮助引导和触发放电,这可以沿路径沉积显著更多的能量。这些放电沿着小的前驱物通道,以10^6m/s或更快的数量级的速度形成,导致该“管”的寿命很容易足以传播数十米的放电。

[0159] 可能引起的关于由激光器创建的电离化路径和小“管”的另外一个问题是湍流的影响。在实践中,由于以下几个原因,这已经被证明不是很重要的:i)传播激光脉冲需要几十纳秒;ii)灯丝和聚焦脉冲已经被证实在传播过程中不仅通过湍流,而且还通过复杂的高速冲击流/湍流(在我们的关于气动窗口的部分中更详细地描述了其例子);iii)预期放电的发展需要几微秒。对于这些时间-尺度和动力学(其对于使用放电来形成更大的操作上有用的“管”来说是基本的)来说,由于其演变的时间段要慢得多,所以湍流并不表示显著的障碍。

[0160] 我们将用来讨论空气动力学益处的标准特征是低密度核心,Plooster显示其延伸至大约$\lambda=0.5$(图26)。如果我们希望这个核心的半径是某个值,那么我们可以使用$\lambda=r/R_o$的定义来计算每个长度所需的能量沉积(E_o),其中$R_o=(E_o/5.34*p_o)^{1/2}$而p_o是环境空气压力(常数5.34使用与1.4相比略有不同的γ值算得,以考虑水蒸气,也可以计算干空气)。这为我们提供了创建半径为r的低密度核心所需的每个长度的能量。首先我们重新排列得到$E_o=5.34*p_o*R_o^2$。然后,用λ和r表达R_o,我们得到:$E_o=5.34*p_o*(r/\lambda)^2$。我们关心的主要λ值是$\lambda=0.5$,因为这是低密度核心的近似无量纲宽度。为我们提供物理信息的主要维度是我们想要创建的低密度核心的实际半径r。如所预期的那样,创建给定的低密度核心所需的每单位长度的能量与其半径的平方成比例(即与其截面面积成比例)$E_o=21.5*p_o*(r)^2$。当考虑到额外的因子1/2(平方)时,计算实际能量/长度的公式是

[0161] $E_o=5.34*p_o*(r)^2$。

[0162] 为了获得所需的总能量,我们必须简单地将E_o乘以加热路径的长度。这个长度是在测试阶段要优化的系统参数之一,并且在确定脉冲重复率(其也必须被优化)中也起作用。然而,我们将在这里选择一些标称值,以便讨论脉冲能量和平均功率的范围,使我们能

够确定一些标称的气体加热要求。

[0163] 加热车辆前方的气体的一种方法是通过创建每个新的低密度“核心”来防止热路径中的“中断”,使得其前部与前一个核心的后部对接。然而,节省功率和总能量沉积的方法是在连续的各个核心之间留下中断的未加热的空气。这将使我们能够利用艏波所需的一些时间来实际上在该车辆前面重新形成。随着该车辆的艏波重新形成,下一个加热核心将用以使其再次消散。在该车辆驶出低密度核心之后,重新形成有效阻碍的冲击的实际距离取决于车辆的形状、攻角和飞行参数,但是无论这个长度如何,我们都可以通过调整能量-沉积长度和重复率来容纳它。例如,如果我们调整这些值以确保我们创建长度与建立新的艏波所需的距离相同的管,我们可以将能量沉积的功率要求减半(因为我们将有沿停滞线的不加热:加热气体的1:1比率)。在车辆前面使用点加热时也表现出类似的现象。实际上,通过风洞试验和更详细的模拟可以确定热核心长度与不加热长度的最佳比率。我们非常仔细地测试这个参数以最好地利用它的主要动机是在车辆离开先前的低密度“管”之后似乎需要特别长的时间来“重新形成”冲击。在上面引用的概念情况下(这与我们已经进行的模拟是一致的),这种方法可以节省我们沉积的50%能量,使我们能够(通过将能量输入减半来获得相同的效益)使当前的效率翻一番。

[0164] 讨论上述方法来加热空气的延伸路径的原因在于其适用于冲击波的控制/缓解。我们将通过进行冲击波前点加热的时间分辨研究开始,然后总结我们迄今为止在延长加热区域进行的实验。

[0165] Adelgren等人的完美的时间分辨风洞研究(图27和28)允许观察能量沉积对3.45马赫的球形模型的艏波的影响。激光加热的区域大致是点源,然而,它沿着脉冲传播的方向稍微拉长,并且横向于隧道的气流而发生(光束从该隧道的侧面进入)。由此产生的加热可以有效地近似为点源,其作为扩展的球形冲击波的演变已被广泛地处理。这种膨胀的主要特征是球形爆炸波向外驱动高密度/高压力波,在中心处留下热的低密度“气泡”。这种低密度“气泡”膨胀到给定的尺寸(取决于沉积在空气中的能量的量),然后随着声冲击波继续向外并减弱而停止。

[0166] 图27示出了将大约10’s的mJ添加到具有10ns IR脉冲的流中。当它在下游平流时,观察到由此产生的球形冲击波的膨胀。随着弱化的声冲击波不断扩大,可以看到该低密度“气泡”保持其有效不变的半径。这种低密度“气泡”是如Plooster所量化的,当能量沿着线沉积时生成的圆柱形低密度“管/核心”的球形类似物。

[0167] 图28示出了在能量沉积后面放置在流中的球形风洞模型的相同的几何形状。随着激光诱导的球面膨胀与该模型的冲击波相互作用,压力分布表现为叠加在纹影图像上。将该模型表面用作零轴,该模型前面的“圆形”线是基线表面压力(在未扰动流动期间测量)。另一条线是拍摄照片时测得的表面压力。随着低密度的激光加热的“气泡”流通过该模型表面的压力端口,这三个框架表现出瞬时减压。

[0168] 图29示出了该模型的停滞点(具有最大压力波动的点)处的压力的时间演变。由于该低密度“气泡”与该模型及其冲击波相互作用,随着膨胀冲击波的高密度首先与该模型的冲击波和压力传感器相互作用,看到了压力的升高。然后,随着该低密度“气泡”的随后出现而产生压力下降。这导致图30中的向外羽流,其然后干扰其余的艏波结构,并且结果证明了激光加热的气体与超声波物体的艏波和流场的相互作用的直接本质。

[0169] 为了研究更有效的圆柱形几何形状,PM&AM Research进行了一些探索性实验工作,以评估风洞实验中将需要的东西,并且我们还对冲击-管几何形状进行了分析计算和数值模拟,其中对各种低密度的几何形状施加正常的冲击。这些考虑表明了采用管状几何形状的巨大优势。在冲击波前面的点处或者沿着同一个冲击波前面的线(以该冲击波的传播方向取向)沉积给定量的能量。点加热导致气体的一些混合,并且对冲击的总体影响最小。就超音速车辆而言,很少有空气从具有“点加热”的几何形状的车辆路径中被推出。将近一半的气体朝着该车辆膨胀并且迎头施加该车辆的冲击波,而另一半则从该车辆上移开,只是被该车辆的冲击波“吸引”并吸收。相反,对于突然的线加热的情况,几乎所有的圆柱形膨胀气体都被横向推出该车辆的路径(或至少离开其停滞线)。观察到该车辆优先沿着该低密度管行进,从而在整个前缘并且沿着该车辆的前表面处,获得温度、压力和密度的长期降低。而且,当气体在车辆遇到它之前移动到侧面,而不是由该车辆向前和侧向加速时,该气体处于该车辆后面的再循环位置。这种再循环使得本来已抽空的基座再次加压,从而不仅除去了基座阻力,而且还提供了推进系统可以推动的较高密度介质,从而显著地提高了推进效果。这些动力学在图14中有描述,并且在该汇编的相关论文以及参考文献中报告了显著的减阻和节能的参数研究。

[0170] 一旦车辆已经充分利用加热路径(核心),则可以创建另一个脉冲加热路径,这导致重复率,其基于该车辆的尺寸和速度,以及加热核心的长度和任何允许保留在连续的核心之间的未加热的空间。

[0171] 我们提出的技术关键取决于在该车辆的冲击波前以精确限定的扩展的几何形状将电磁能耦合到空气中。自二十世纪六十年代以来,激光“放电”或“火花”的研究取得了巨大的成功。已经获得了针对各种波长的缩放关系,并且也已经识别出诸如灰尘和载流子扩散之类的贡献机制。然而,对于我们的应用,我们所需要的不仅仅是空气中的一丝火花。我们要求尽可能有效地加热受控良好的空气流。这些方法仍然可以被优化,并且我们的主要兴趣之一是激光脉冲在大气中传播所导致的电离化和能量沉积。

[0172] 使用UV波长的益处是可控的电离化和能量沉积。许多研究人员已经使用IR激光将能量沉积在空气中,这也有其优点。其中一个好处是可用的红外激光放大器材料的范围很大,另一个在于强烈的加热和电离化的能力。相反,由IR吸收产生的显著更大量的二次光导致用于加热空气的能量更少。

[0173] 当比较UV和IR激光-诱导的电离化时,实际的机制是非常不同的。一个主要区别在于,UV光的较高频率使其能够穿透更大范围的等离子体。其发生是因为,为了不被电离化的气体反射,激光器的频率必须超过电离化的等离子体频率。因此,一旦(低频)IR激光器开始电离化气体,它不久便被刚刚创建的等离子体强烈地反射、散射和吸收。其结果通常是,单一电离化斑点防止脉冲中的剩余能量向前传播;或沿脉冲路径有一系列等离子体“珠”。在单个电离化斑点的情况下,由于与向后传播到该激光器的激光-驱动的爆震波相关的各种机制,沿着脉冲路径通常产生拉长。这种爆震波可以以10^5米/秒的速度传播,使其成为在车辆前方创建扩展的热路径的候选方法。不幸的是,我们只看到了相对较短的路径(数量级为厘米)的报告,这对于比当前可以想象的应用程序小得多的应用程序来说是最好的。然而,IR-诱导的一系列等离子体珠的形成已经在几米的距离上观察到了,甚至这个“虚线”也可以近似用来生成我们所需的“扩展的热路径”。

[0174] IR对比UV辐射的电离化机制的另一个差异是“雪崩”或“级联”电离化和多光子电离化之间的竞争。他们分析的结果是,较短的波长、较短的脉冲和较低压力的气体都促进多光子电离化,而较长的波长、较长的脉冲和较高的气压促进级联电离化。级联电离化在高光子密度的情况下通过逆韧致辐射发生。这个过程由气体原子/分子协助,并且在它吸收激光光子的动量之后,加速电子前进。自由电子的动量积聚持续,直到它具有足够的动能来撞击-电离化与气体原子/分子结合的另一电子。这导致现在两个电子吸收光子并建立它们的动能。继续这些动力,只要有足够的光子,足够的与之相互作用的气体分子,以及用于许多涉及的步骤的足够时间,单个电子就可以多次倍增。以这种方式实现崩溃所需的阈值强度的估值是:

[0175] $I_{th} \sim (\omega^2+v_{eff}^2)*(\tau_p*v_{eff})^{-1}$。

[0176] 其中v_{eff}是电子与气体颗粒之间的动量转移的有效速率(与气体压力成比例);ω是激光频率;而τ_p是脉冲宽度。很明显,对于较低的激光频率、较高的压力和较长的脉冲长度,I_{th}较低。

[0177] 在多光子电离化的情况下,在非电离化的气体原子/分子,以及n个光子(足以提供电离化能量)之间发生较高级的碰撞。例如,分子氮的第一电离化电势为15.5eV,而248nm KrF辐射具有5eV的光子能量hv。由于需要至少4个这样的光子来提供15.5eV,所以电离化被认为是4光子过程(即n=4)。对于1.06μm的光子,hv=1.165eV,导致n=13,而对于10.6μm的光子,hv=0.1165eV,导致n=134光子过程(极不可能的碰撞)。一个额外的经验法则可以用来表示多光子电离化会占优势的脉冲长度:

[0178] $P*\tau_p<10^{-7}$(Torr*s)。

[0179] 这意味着在大气压力下,对于多光子电离化而言,τ_p应当低于100ps,而在较低压力(较高的高度)下可以使用具有更多能量的较长脉冲。

[0180] 如前所述,在长IR脉冲中发生的级联电离化将强烈地反射和散射该脉冲中的大部分光。对于UV脉冲,电离化区域可以对该脉冲保持相对透明,并且气体的扩展区域可以被电离化。实际上,以系统的光学焦点为中心的区域可以被电离化,在任一方向上延伸一个“瑞利范围”(z_R),其中:

[0181] $z_R=\omega_o/\Theta=\omega_o*f/d=\pi*\omega_o^2/\lambda$(针对高斯光束)。

[0182] 其中ω_o是束腰(最小焦点宽度),f是透镜焦距,d是透镜直径,而λ是激光波长。使用f=1m和1.5m透镜,有可能电离化数厘米的延伸路径。使用负光学元件来减小透镜f/#,有可能获得长度为2*zR=24cm的电离化通道。

[0183] 比较两种不同的电离化机制所需的能量,我们看到短UV脉冲在创建导电路径方面效率更高/更有效。使用248nm辐射来创建被电离化为$10^{13}e^-/cm^3$的直径为$1cm^2$,1米长的空气通道仅需要2.4mJ的脉冲能量。另一方面,如果可以规避等离子体反射问题,并且可以使用IR激光器来电离化相同的通道,则几乎会完全这么做($2.7x10^{19}e^-/cm^3$),并且需要大约6.4J的脉冲能量。由于电力转换成激光的效率通常很低,所以使用这种来自激光器的全部能量是非常昂贵的。相反,如果在空气中形成激光灯丝,它将能量耦合到气体中以打开直径很小的低密度通道,那么这个低密度通道就可以用来进行高能放电,这将会使其能量耦合到空气中比激光器更有效。放电发出的能量,其生成也比激光器发出的能量更便宜。为了混合和匹配每种沉积方法中最有用的元件,我们注意到在存在预电离化的情况下,1.06μm激光脉

冲对空气的强化电离。对这种现象的一种可能的利用是使用来自UV种子激光器的电离来指示发生IR能量-沉积的位置,在空气中战略性地耦合IR辐射。为了促进该过程,UV光可以作为IR光的谐波而生成。除了由激光脉冲生成的电离除导电之外,其重大意义在于它也将能量耦合到空气并生成低密度通道。在这种低密度通道中,电荷可以更容易地加速,导致沿着电离化的激光脉冲的路径更容易形成放电。所涉及的短时间段还增强了亚稳态物质(如亚稳态氧)在形成放电中可能具有的促进作用。将较低成本的能量耦合到预先电离化并且随后变稀薄的气体区域的潜在替代性方法是使用微波能量。这项对这种耦合的研究目前处于早期阶段。

[0184] 激光脉冲技术显著拓宽了我们用于加热延伸路径的选择,其主要发展是灯丝的形成。许多研究人员已经研究了灯丝,而且大部分工作是关于IR灯丝的。已经建议用UV灯丝来克服/补充使用IR波长的许多缺点。根据理论,UV灯丝的长度可以是公里,可以含有若干焦耳的能量,具有大约100μm的半径,以及在$1x10^{12}e^{-}/cm^{3}$和$1x10^{16}e^{-}/cm^{3}$之间电离化气体。相反,IR灯丝包含的能量不能超过几mJ,而且一旦这种能量耗尽(通过传播消耗),该灯丝就会断裂并衍射得非常强烈。Brodeur已经提出,并且后来通过模拟显示,随着它从较高电离化的内核中衍射出来,灯丝能量的大部间歇性地变为更大的1mm的半影直径。随着早期灯丝的断裂,这种灯仍然是形成新灯丝的储存器。

[0185] 比较UV和IR,已显示UV灯丝损失大约40μJ/m,并获得大约$2x10^{15}e^{-}/cm^{3}$电离。据报道,这是在IR灯丝中测量的电离的20倍,导致电导率方面20倍的增加。另一个优点是UV灯丝不会通过光的“圆锥形发射”而损失能量,因此更有效地使用它们的能量来电离化和加热气体,这使得促进放电形成的小的低密度管的形成更加有效。

[0186] 图30中示出了理论结果,演示了在场强度和电离之间在米的长度尺度范围的振荡交换。在给定足够的初始能量和脉冲宽度的情况下,这些振荡发生在可延伸数公里的包络内。在图30和图31两图中,垂直尺度以μm为单位,而水平尺度以米为单位。图31中代表初始功率为160MW的灯丝边界的线有效地显示出没有光束的扩散,并且该模型的预测与实验非常吻合。在电离和光子密度之间的振荡中,与IR灯丝的相似性表明了灯丝阵列之间潜在有趣的相互作用。在这种情况下,各个“半影”场将重叠,从而允许成阵列的灯丝之间的串扰或能量交换。这样的阵列将通过构建初始光束轮廓来创建,以在某些点处具有局部强度最大值来使灯丝成核。长度为米的灯丝的阵列将是以非常集中且可控的方式沉积能量的有效方式。将两者耦合的一种可能性是使用UV灯丝阵列作为IR光的波导。IR光强度可能低于电离化气体所需的光强度,但是UV灯丝之间的电离化区域将有助于将IR辐射耦合到气体。这将允许IR辐射有效地耦合到气体,而没有其他必要的高场强度。这种补充方法可以缓解(典型地太强的)IR电离并且防止明光的产生而造成的相关浪费。UV灯丝创建的低密度通道也可以更有效地引导IR光。

[0187] 我们最初关注的以成本有效的方式按比例增加热沉积的方法是使用由激光电离的气体或灯丝所生成的低密度区域来成核和引导放电。

[0188] 这是通过将80mJ、1ps的激光脉冲引导通过两个环形电极来在它们之间产生电离路径来执行的。电极被保持在低于其正常放电电压的电压下,并且当激光电离路径在这些电极之间生成低密度路径时,其成核放电并以直线引导(图32)。这个前驱激光脉冲能够将阈值击穿电压降低了25-50%(在海平面上其通常为20-30kV/cm)。增强的击穿是由许多机

制引起的,其主要得益于激光脉冲本身沉积的少量能量打开的低密度小区域/管道。已经演示了更长的灯丝启动/引导的放电,生成了2m的中间长度,如图7中所示。

[0189] 我们还已经通过连接,如图6所示,由多个激光脉冲生成的多个路径,生成了放电(图33)。

[0190] 为了进一步在真实平台上切实实施这项技术,将成丝激光器通过气动窗口传播。该气动窗口历来被用来"隔开"高强度的激光能量必须在其间传播通过的两个区域。如果激光强度足够高,使得能量非得经过对实心的窗口和光束的灾难性破坏才能通过该窗口,那么这便是必要的。气动窗口不是用实心的窗口来隔开不同的区域,而是用横向的空气流将它们隔开。高压空气通过喷嘴/喉口扩展以在该窗口的任一侧造成冲击和稀疏波。这在整个窗口(横向于该流的方向)上建立了强大的压力梯度。如果相应的高压和低压与该窗口的任一侧的外部压力相匹配,如果钻出了小孔以允许激光脉冲通过,那么很少或几乎没有流发生在该窗口上或者流入/从中流出(见图34)。

[0191] 气动窗口的使用使得能量排放装置和任意的外部大气条件之间完全分开。其应用范围可以从海平面的固定应用到各种高度的超音速/特超音速应用。实际上,该气动窗口内的流可以经调整以适应变化的外部条件(例如由高度和车速/几何形状引起的外部压力变化)。

[0192] 在我们的演示中,通过该气动窗口(图34)的真空侧传播到周围大气的脉冲形成了灯丝。它们也已经从大气中通过该气动窗口内的湍流/冲击流传播到范围从4托到80托的压力中。在这些低压下,该灯丝离焦并通过实心窗口离开低压室。然后据报,在大气条件下再生成为灯丝。这些几何形状证实了UV灯丝鲁棒性,从而消除了它们太脆弱以至于不能在任何种类的平台(包括超音速/特超音速应用)中实施和部署的顾虑。

[0193] 类似于我们将放电耦合到激光等离子体中的技术,作为将较大量的"较低成本"能量沉积到空气中的成本有效的方法,微波能量也比激光能量更具成本效益,并且可以类似地用作一种成本有效的方法以增加沿着由激光器设置的等离子体几何形状而被沉积到空气中的能量。使用微波更有效地将能量通过激光产生的等离子体耦合到空气中的两个相关优点是:i)不需要闭合电路来耦合能量;ii)能量可以脱体沉积,这在较高的速度下是有利的。结合多种能量沉积技术可以提供更大的灵活性,包含各种波长的激光脉冲和/或灯丝、放电、微波脉冲和/或电子束等等。报道了一些概念耦合的几何形状和结果,而我们也正在探索将短的微波脉冲耦合到激光等离子体和灯丝的细节。

[0194] 对于连续发生的各种单独机制,为了实现期望的空气动力学益处,表1总结了概念性应用的每个步骤中涉及的概念时间尺度,以提供适当的上下文,在该上下文中考虑到在整个系统中使用的任何传感器和电子设备的反应时间。在该表中,表明了与它们占主导地位的区域相比,热扩散和热浮力的两种缓解机制。对于由灯丝本身产生的非常小的"管"(其放电能够形成)而言,热扩散是用于擦洗热的低密度管的最快机制。在这种情况下,该管存活的时间尺度超过了形成放电所需的几微秒。对于由放电沉积的大量能量创建的较大"管",热扩散(其作用于限定该管的低密度和高密度气体的界面处)是可以忽略的,其中破坏该管的调节机制是热浮力和不稳定性,这也不会对该管造成哪怕毫秒的显著影响,毫秒的时间对于即使最慢地传播通过该管的车辆来说也是足够的了。还估算了实际打开该管所需的时间尺度,并且这个开管速度是足够快的了,即使对于最快的车辆,要获得飞行通过该

管的益处,这个时间也足够了。可能有许多应用,包含通过在表面沉积能量进行流量控制(通常不需要激光),在此期间适用的时间尺度保持大致相同。表1没有解决将微波能量耦合到激光等离子体的时间尺度的问题,因为这个时间尺度尚未被确定地量化。

[0195] 表1:概念性应用的基本时间尺度

[0196] 超短脉冲激光器形成等离子体密度为~10^{13}-$10^{16}e^{-}$/cc的灯丝

[0197] a.光速:(3x10^{8}m/s)→1ft/ns

[0198] 电子重组:将能量转移到(即加热)气

[0199] b.等离子体以~10ns(高达100ns)重组

[0200] 小规模低密度通道打开(使能放电)

[0201] c.在几十纳秒(由于持续100μs到1ms的热扩散,中断开始)内打开放电形成

[0202] d.10^{6}-10^{7}m/s→10ft/μs

[0203] 放电持续数μs

[0204] e.电流流动&欧姆加热气体(直闪电球)

[0205] 大规模低密度通道打开

[0206] f.10's-100'sμs(10's ms的热浮力导致中断,这使得对于以1km/s行驶的车辆来说,在10's米的范围内的低阻力传播成为可能)

[0207] 整个过程的总时间~等于打开大管的时间(~100μs)

[0208] g.与飞行速度相比足够快(按1-3km/s行驶的车辆在打开大管花费的时间内只能行驶10-30cm,而该车辆可以在10's ms期间行驶10's米)

[0209] 在讨论各种应用时,硬件和等待时间是要考虑的重要因素,并且在这里指示为在确定特定应用的时序链时强调对它们的考虑,因为还必须考虑这些硬件时间尺度(除了表1中总结的基本时间尺度之外),以执行现实的估算并建立工作系统。例如,在缓解进口不起动问题时,物理上的时间尺度是重要的,然而,传感器、信号和任何处理(我们更希望通过在可能的情况下采用纯粹的硬件解决方案来避免)会增加延迟(特别是压力传感器,因为其他硬件项目通常较快)。与现有的其他技术相比,逐步通过特定的系统实例来突出显示我们的流量控制方法的快速响应时间。

[0210] 我们已经讨论了将能量沉积到流中的一些细节点,包括耦合较低成本的放电和/或微波源的机制。解决一些细节的目的是帮助提供更多的对动力学的物理/直观的理解,并且推动这一系列广泛的革命性技术的未来发展以从根本上改变我们的飞行方式。

[0211] 过去,已经公开了通过以使诸如空气之类的流体横向移出物体的路径,由此促进所述物体的向前运动的方式沉积能量来减少阻力的方法。在各种其他应用中,进一步公开了控制流动的能量沉积[引用Kremeyer专利]。在一个减阻实施方式中,能量被沉积以创建物体传播通过的低密度区域。这个低密度区域的范围是有限的,并且当该物体传播时可以创建附加的低密度区域,以便继续传播通过该低密度区域的益处。如果这些区域彼此紧邻创建,则可以生成几乎连续的低密度区域,以享受近乎连续的益处。由于该低密度区域需要能源来建立,所以利用其最佳益处是更有利的。"最佳益处"的定义/目标可以根据相关益处和资源的应用和相对价值而变化。这些益处可以包括但不限于速度、范围、能量、重量、声波标记、动量、时间、功率、尺寸、有效载荷能力、有效性、准确性、可操作性,以及许多其他可能性。这些益处因应用而异,并且对于给定的实施方式及其特定的条件和目标,必须调整具体

的参数。我们在这里披露了一个概念:调整特定实施方式,并且以优化所需益处的方式,结合脉冲能量沉积,同步有其他脉冲或单一事件。下面给出一些实施例。

[0212] 针对高速飞行器/射弹应用的同步脉冲操作

[0213] 在上述披露中,已经描述了行驶穿过低密度管的车辆的动力学,演示了脉冲效应,随着该车辆进入该低密度管开始。该效果持续某段时间,这在某种程度上取决于该低密度管的长度和车速。图14A-D按顺序排列,其中它们近似的相对时间被标记在插入拖动轨迹上。动力学的一个要注意的方面是,随着锥形的概念车辆穿过由沉积的能量线创建的低密度管周围的更高密度的空气鞘,该车辆上的阻力略有增加。这种较高密度的鞘含有呈圆柱体向外推动以便使该低密度管稀疏的气体。在进入该管的低密度部分时,该车辆经受的阻力大大减小。在D时刻,该车辆已经穿透该管的原始长度,并且从阻力曲线中明显可见,稳态流动条件需要额外的时间来重新建立。需要注意的另外一点是,在该车辆通过该低密度管时,似乎完全消除了艏波和相关的远场爆音。

[0214] 除了这些令人极感兴趣的方面之外,动力学的一个关键方面是该车辆周围的压力分布,其由重新分布的密度引起。

[0215] 如在图14A中所观察到的,在该车辆穿透该管的低密度部分之前,该车辆的基部处的密度非常低。车辆的基部处的这种稀薄的低密度/低压区域是典型的超音速/特超音速流体动力学的结果。这个区域是该车辆的路径中的气体从该车辆的前向和侧向推动的结果,类似于雪犁将雪从雪犁的路径中抛出(留下没有积雪的区域)。动力学也类似于我们在沉积能量时创建低密度区域所采用的动力学。在这两种情况下,气体均被向外推动,留下稀薄的区域。然而,与其中在该车辆的前方没有能量沉积的超音速/特超音速飞行的典型情况相反,由该车辆赋予上游气体的机械能在该车辆的前方产生高压区域和冲击波,在将该车辆向后推动的冲击波的后面施加具有高压的所谓波阻。而且,在该车辆机械地将气体从车辆的前向和侧向向外推出之后留下的真空在该车辆的基部处产生抽空的低压区域,从而收获进一步向后拉动该车辆的基部阻力。当我们在该车辆的前方沿一条线沉积能量以将气体横向推出该车辆的路径时,这两种力量都被大大减轻。这些力量减轻的程度取决于我们在该车辆的前方的每单位长度处沉积的能量的量。从该车辆的前方除去气体减小了该波阻,并且还使该车辆推动时被机械地向外推出的气体最小化(其也使音爆最小化)。如上所述,当该车辆或射弹机械地将气体从中向外推出时,基础阻力通常由留下的低压区域产生。相比之下,当通过在该车辆/射弹之前沉积能量将该车辆/射弹前方的气体推向一侧时,则在该车辆/射弹的后面留下,而不是从侧面“抛”出低密度区域以产生基部阻力,这种气体可以以更稳定的方式仅位于该车辆的路径的外部;或者如果其在该车辆的路径上,其不会受到该车辆本身的机械加速,从而导致该车辆/射弹赋予气体的侧向动量较少。赋予给气体的侧向动量越小,音爆越低,基部稀薄化的程度越小。在该车辆的前方到该车辆的边缘处的气体被完全移除(例如,打开半径与车辆半径相同的管)的限制下,从该低密度管中推出的气体的高密度区域在该车辆的后面现在进行最充分的再循环以再加压该基部。这个再加压的基部显著促进了对该车辆的整体减阻效果,除此之外,这种效果还可以与脉冲推进过程相结合,以使该车辆的整体效率最大化。过去,我们主要考虑该车辆的空气动力特性。对推进的考虑,事实上对脉冲推进过程的考虑,仍然允许对,特别是在可压缩飞行状态,最显著的是超音速和特超音速状态,以及高亚音速/跨音速状态中的该车辆的更大的优化。在一个实施方

式中,最佳益处是围绕这个概念设计飞机,以便使最简单且最具成本效益的车辆成为可能。其他最佳的益处可以包含前面列出的那些,例如可能最短的飞行时间。除了在该车辆的前方沉积能量以减少阻力并引导飞行器之外,我们还可以将这些动力学与脉冲推进系统(其比稳定的推进,例如脉冲爆震发动机,以及其他脉冲推进选项更有效率)同步,以达到预期的一种(或多种)效果。其他和/或另外的过程也可以与这些动力学同步,以便进一步获益,并且我们将首先考虑使用脉冲爆震引擎的实施例的脉冲推进。图18描绘了脉冲爆震引擎动力学的两个概念表示。

[0216] 脉冲推进的一个非常重要的方面是该系统的出口/排气面处的压力。在基部压力非常低的典型情况下,在该推进系统的出口/排气面上导致非常低的压力,爆震管(该脉冲爆震引擎的燃烧部分)用反应物快速填充。由于背压非常低,推进循环的高压部分(排气时间)也不会持续很长时间。典型的推进循环时间取决于该引擎的设计,并且几何形状可以变化,以改变循环时间。影响循环时间的其他关键因素是:入口处的质量流量(更具体地说,该爆震管的入口面处的质量流量和压力,其通常用阀门打开和关闭),其影响在充满反应物的管处的速度;以及出口/排气面处的压力,其影响高压爆震产物的停留时间及其产生的推力。在典型的飞行条件下,该入口和出口面的这些压力由飞行参数决定。当我们添加上述能量沉积动力学时,可能非常有利地改变该脉冲爆震引擎的入口和出口处的条件。

[0217] 基本方法将是利用推进脉冲来对在该车辆的前方的能量沉积脉冲定时,使得来自的前方的空气环绕该车辆以使一个或多个推进单元的一个(或多个)出口再加压,其中密度更高的空气,提供了对排出气体的增强的限制,与脉冲推进(例如脉冲爆震)循环的推进部分重合。换句话说,动力学包含由该车辆的前方沉积的能量而导致的增加的基部压力(即,推进单元/单元的出口/排气面处的增加的压力)的同步/定相/定时,以优化由一个或多个脉冲爆震引擎循环生成的推进/推力。推进单元或单元的一个(或多个)出口处的密度增加所提供的附加限制将显著增加未加强操作期间的推进效力。

[0218] 类似地,当该车辆的艏波重新建立时(在已经通过低密度管缓解之后),低基部压力的建立可以进行同步/定相/定时,以便促进推进循环的冲洗和填充阶段。较低的基部压力将允许更快地冲洗燃烧产物以及填充新的燃烧反应物。这可以在吸气或火箭模式下完成(其中船上携带有氧化剂,并且不使用外部空气)。当需要最大功率/推力时,可以应用火箭模式,而不管外部条件如何,特别是当速度和功率的估值大于减小的车辆重量和体积时。

[0219] 在推进过程是呼气的情况下,我们还可以将能量沉积定时以优先将从该车辆的前方排出的一定量的空气引导到入口。所有这些细节都一起定时,并由该车辆的设计指示,其可以优化以利用各种动力。通过分别改变我们所创建的低密度管的长度和PDE的长度,以及调整两者之间的定时来指示再加压期与最大排气压力期的匹配,并且所有这些以及其他参数可以经调整以便针对给定的应用优化车辆的性能。类似地,该入口可被设计成使得空气进入以为推进循环供料,该推进循环将在一定程度上通过较早的匹配条件被指定。为了增加灵活性,我们不必匹配相同的循环(例如,如果车身周围的再加压该基部的高密度气体栓由于表皮摩擦而行进得太慢,则我们可以调整该车辆的尺寸并且进行动态定时,使得我们在该基部创建的高压期与某个PDE循环的推力生成阶段相一致,而不一定在该低密度管启动时开始)。例如,如果我们想要通过应用一种创建像加特林机枪一样顺序地操作(或者以任何一种模式提供最有利的力量和动力学)的多个引擎的方法获得更短的低密度管或更短

的引擎(或该引擎中更短的爆震管),则可以提供进一步的灵活性。每个爆震管可以具有其自己的入口,该入口可以通过类似地依次应用电极环来提供,该电极轮流向中心电极发出电弧。这些放电造成激光引发/引导的v形,其不仅通过移除该车辆前方的空气而减小了总体阻力,而且还压缩了V腿之间的空气,以便于该空气被吸入比其他方式所需要的更小的入口。为了在其入口处为该引擎提供更高的压力和氧气,该入口将按照与多个引擎管中的爆震相同的顺序进行发射,但是延迟了一定的时间,确定为最佳地符合基部-再加压的益处,而且在该入口处呈现有高密度气体,以及平台中设计有整个引擎循环。通常考虑该引擎中的阀门,该阀门在吸入空气时打开,而在爆震过程中关闭。通过增加旋转阀门(例如,遵循加特林机枪概念的相同精神),其旋转可以经调整/移动以适当地便于推进顺序。可以类似地采用这样的旋转运动来促进激光灯丝的产生。

[0220] 上游能量沉积和引擎循环的定时可以影响系统设计和操作参数,以调整引擎管长度和直径的尺寸,以及指定引擎本身的数量,从而导致推进脉冲循环时间与能量沉积循环时间相称。这些时间可以从小于1ms到几ms。尤其是,一个有关的范围可以是针对高速下(理论上在6马赫到12马赫的范围内)的短线(理论上在10cm到40cm的范围内)能量沉积,导致循环时间从.025ms到.2ms。为了使这些能量沉积循环时间与相当的推进循环时间相匹配,有可能使用具有适当调整的直径的较短引擎管,以及适当数量的这种管,以适应所述匹配。为了利用由减阻管动力学引起的高压和低压循环,也可以调节该管以生成比这个循环时间更短的推进脉冲。如果定时要求变得过度受限,则也可以放弃能量沉积和推进循环的完全匹配。在推进脉冲的持续时间与能量沉积的基压循环相匹配或不匹配的情况下,帮助实现最佳可能匹配的另外的变量是空气被调制到潜在的入口阵列中的程度,潜在地驱动潜在的引擎管阵列。为了更好地进行动力学匹配,还可以灵活地在其自身单独的排气平面中排放潜在的多个引擎管中的每个;或者使该引擎管排放到一个或多个共同的排气平面中。在潜在循环时间的另一端,当以较低的速度(例如从0.8马赫到6马赫)飞行以及使用较长的沉积能量管(例如范围从1-10m)时,可以产生更长的循环时间,从而获得范围从~40ms到.5ms的减阻和基压循环时间(与推进循环时间匹配)。这个较长的循环时间的范围可以使用较少数量的引擎管(包含单个引擎管)来匹配,其中细节取决于该车辆和引擎(一个(或多个)管)的设计和操作条件。

[0221] 类似于沿着闭合路径使用通过激光脉冲(例如激光灯丝)电离化而引导和启动的放电,也可以使用更远程的沉积技术(例如沉积微波能量)将能量进一步沉积在该车辆的前方,其沉积通过再次,潜在地使用激光等离子体,在该车辆的前方创建电离化的区域来播种/促进。这种微波能量也可以优先用激光等离子体,如激光灯丝导向上游。由足够短的微波脉冲产生的高微波能量也可以在播种或不播种的情况下使用,以增加微波能量与空气的耦合。进一步向上游沉积能量等的三个益处是:i)不需要返回路径,从而简化和减少任何引导/播种路径或区域的能量投入;ii)激励体积有更多的时间膨胀,这在非常高的马赫数(例如马赫数9-25)下飞行是有利的,尽管在这些速度下激光引导的放电仍然显示出巨大的益处;iii)对于通常发生在马赫数12或13以上的冲击波的电离化,较远地聚焦的微波和/或激光能量可以穿透经电离化的冲击波,从而缓解放电与经电离化的冲击波的相互作用可能引起的任何难题。使用放电时所做的这种考虑要求,激光路径比在电离马赫数条件下含有各种电离水平的其他可能路径更有利。

[0222] 除了在该车辆的前方的空气中沉积能量之外,为了调节该车辆所遇到的(以及被吸入到一个(或多个)入口中用于吸气应用的)空气,也可能在能量沉积的定相/同步化中,在内部和外部,采用表面放电,以控制内部和外部流动以提高该车辆的推进效果、性能、控制和/或整体效率。

[0223] 类似于上面披露的高速飞行器/射弹应用,能量可以被沉积在高速地面车辆之前,并且用各种其他操作过程进行定相/同步/定时,以便优化某些益处。在电动高速列车的情况下,大部分基础设施已经存在以沉积能量。电脉冲已经被引导至轨道,以便悬浮、推进、监测和/或控制该地面车辆。这种现有的基础设施极大地方便了电网电力的使用以提供要该车辆的前方创建该低密度区域则必须沉积的能量,以显著地减少阻力,并促进更高速度的操作。在某些实施方式中,将不需要激光脉冲,因为轨道已经存在以引导该车辆,从而限定该车辆的路径。可以使用高能量放电,并打开精确地循着该轨道的低密度区域或管,沿着该车辆的路径,在该车辆的前方沉积能量。可以控制该低密度管的尺寸,以便生成期望的减阻水平,同时还有助于该地面车辆的空气动力学稳定性。当在飞行器前方沉积能量时,该管的直径将由每长度单位沉积的能量,以及由环境大气压决定。在沿着地面或沿着轨道沉积能量的情况下,该低密度管的理想形状是以沉积能量线为中心的圆柱体(当沿着露天中的一条线沉积能量时),与此不同,当在理想的平坦表面沿着一条线沉积能量时的管形状将是半圆柱体。

[0224] 如果该半圆柱体如理想的平坦表面上的反射那样被复制,则它将看起来像完整的圆柱体,与在露天中沉积的情况相同。因为只有一半的圆柱体变稀薄,所以要沿着相同直径的地面(沿着该轨道)打开半圆柱体,则需要在露天中获得完整的圆柱体的能量的仅一半。实际上,该轨道的几何形状偏离完全平坦的表面,以及由沉积的能量所生成的冲击波与地面以及该轨道的真实几何形状之间的相互作用,将导致偏离理想状态。但是,在该车辆的前方打开的低密度体积将与理想的平坦表面上的理想半圆柱体的体积大致相同,并且其实际形状可以通过对该轨道进行整形来调整和控制。事实上,对沉积细节的不敏感程度允许将许多有利的特征结合到该过程中。其中一个特点是能够以多个子脉冲,而不是更大的单脉冲的形式在放电中沉积能量(以创建低密度管)。这可以减小许多电路元件和导体的尺寸/容量,并且允许更好地利用现有电路,例如当在给定的时间点或沿着该轨道的给定点接合多个推进和悬浮磁体时,那么来自这些单独电路的能量可以进行单独地再引导/再循环,并且经向前馈送以沿着该轨道的一段驱动一个(或多个)放电,从而使获得的益处与所有的能量都从在时间上接近或重叠接合的推进和悬浮电路中收集和合并时候所获得的益处相同。用于这些推进和悬浮电路的每个驱动电路也可以被配置成独立地驱动放电电路,而不是首先被合并。如在较早的专利中所公开的以及通过引用所并入的,沿着该轨道(沿着该轨道生成了放电以沉积能量以排出空气)的导电路径可以由比它们所嵌入的较不导电的介质(如混凝土或其他潜在的导电性差的轨道材料)稍好的导电路径组成。稍微优先导电的路径也可以由“虚线”的导电材料组成,例如嵌入在导电性较差的轨道材料中的电极材料片。类似于通过暂时地按时间将放电分解成多个单独的将会合并成单一的低密度管的放电而提供的灵活性,放电可以进一步由空间不同的可以合并成一个呈拱形的低密度管的放电组成。这种空间分离可以作为实例在不同的电极材料片之间进行,其中这种“虚线”的不同部分被独立地激励。该空间分离也可以以放电的形式发生,该放电沿大致相同的长度行进,但循着

分离的路径(其一个变化是沿着多个空间上不同但平行的路径沉积能量,低密度管从该路径膨胀并聚结以形成一个更大的呈拱形的低密度管。更现实的是,这样的分离路径可能是不理想的并且不一定完全彼此平行,在它们各自的路径上略有改变。这种空间和时间频率上的灵活性可以进一步通过在不同的时间沿着不同的路径沉积能量而组合起来,只要它们在时间和空间上足够接近,以使它们能够聚结成呈拱形的低密度管。除了适应大量的自然波动之外,这种灵活性还降低了公差,也允许更完全地利用现有的电路,而不必为了合并来自多个馈电器(例如,那些馈送多个推进和/或悬浮器线圈的馈电器)的能量而增加不必要的电路或者从该多个推进和/或悬浮器线圈再循环/回收能量。另一个特征是能够在较不导电的轨道材料中的一个或多个优选导电路径上放置小遮篷,从而使一个(或多个)路径和一个(或多个)放电免受碎片、天气和环境污染(例如鸟粪)等等的影响。为了防止雨水积水,也可以安装排水沟,而不会对该管的开启造成有害影响,并且可以在整个轨道上方安装遮篷作为进一步的环境保护,该遮篷可能具有多层,以使反射最小化的方式进行穿孔,并且也可以,根据需要,在该轨道的周围安装排除野生生物所需要的筛网或网状物。另外的操作特征可以是通过该车辆的穿过而清洁该轨道,例如拖曳该车辆正后方的灯刷。放电本身也将有助于清除任何潜在的污染。

[0225] 对于推进,电推进的高速地面车辆设计(例如磁悬浮车辆)可以使用线性同步马达,其中电力被供应到导轨上(即“有效导轨”上)的绕组。为了推进和悬浮的目的,在电磁体被激励之后,存储在环路/电路中的电感能量必须消散。通常花费很大的努力来使这种能量耗散导致的电弧最小化,这是由于在列车经过之后生成了大电压,这种大电压有生成强电弧的自然倾向,而强电弧在历史上被视为一个要缓解的问题。相反,这种能量可以通过将其沉积在该车辆的前方以从该车辆的前方移除空气,而不是在旨在在较长时间尺度上消耗这种能量的电路元件中进行消散,而有效地加以使用。此外,由于在高速下,推进该车辆所需的推进能量与推出该车辆的路径中的气体所需的能量在量级上相同或较大,所以被传递到感应推进元件的功率和能量已经有适当的规模以递送减小车辆阻力所需的脉冲电能(来自该推进元件的这种可用功率、能量和电路由来自任何悬浮元件的那些来加强)。将感应存储的电能转换为适合于减阻和稳定性增强的放电将需要某种对整个车辆和电力传输/转换设计来说独特的电路,并且这种电路可以安装在沿着该轨道的每个感应磁体上;或者它可以被包含在实际车辆上,从而节省成本。还可以采用混合方法,其中该放电电路的一部分沿着该轨道分布,并且该放电电路的某个部分被包含在该车辆中,从而确保在正常的操作期间,放电仅发生在该车辆的前方。这可以作为有益且自然的安全特征。就能量而言,对于较低的速度,例如100m/s-280m/s,能量脉冲可以以放电的形式被沉积在该车辆的前方,以允许被用来使该车辆向前移动以抵抗摩擦力和阻力的幅度大约为50%至300%的推进脉冲的更大的速度和稳定性。在较高的速度,例如250m/s-600m/s下,能量脉冲可以以放电的形式被沉积在该车辆的前方以允许被用来使该车辆向前移动以抵抗摩擦力和阻力的幅度大约为20%至200%的推进脉冲的更大的速度和稳定性。在进一步更高的速度,例如450m/s-1200m/s下,能量脉冲可以以放电的形式被沉积在该车辆的前方以允许被用来使该车辆向前移动以抵抗摩擦力和阻力的幅度大约为15%至150%的推进脉冲的更大的速度和稳定性。在一个实施方式中,沿着轨道的硬件预期是标准化的并且能够生成相同的最大能量推进(以及适当地,悬浮的)脉冲,以及在推进磁体之间的该车辆的前方生成放电能量。考虑到

这种充足的电力供应,总是会有足够的电力以在该车辆的前方以提供更高的速度和稳定性的放电的形式沉积能量。利用这种灵活性,可以调整这些放电脉冲的能量以优化该车辆的效率;和/或促进在其他情况下不可能的更高的速度;和/或增加该车辆的稳定性。这些能量和能量比将根据该车辆和电路配置,以及其运行条件进行调整。

[0226] 高速列车不需要电力推进或磁悬浮,以便从其前方沉积能量中受益以减小阻力并改善其稳定性和引导,并且任何高速地面车辆都可以从这些动力学中受益。电动推进的车辆特别适合结合这种技术,包含磁悬浮的技术。无论推进还是悬浮方式,由于空气动力用于将该车辆置于沿着该轨道创建的该低密度管的中心,所以这种技术用于增加该车辆的稳定性、控制和简单性,以及其在该轨道偏离直路时可以行驶的速度。

[0227] 当在织机中编织织物时,有必要以某种方法将纬线(或填充物或纱线)推进通过经线,以便形成编织物。使用多种方法来推进/插入纬线,包含但不限于梭织机、剑杆织物(单刚性、双刚性、双柔性和双伸缩式)、射弹、空气射流和水射流。除了更传统的单纬线插入(或单纬纱插入)之外,还采用多相纬线插入(或纬纱插入)。对于所有这些应用,织机性能的限制因素之一是纬线能够横越经线的速度。这个速度趋于受到许多因素的限制,包含但不限于在横越过程中经历的阻力和湍流/稳定性。可以通过在上述任何移动物体(梭织机、剑杆、射弹、喷气、喷水)之前同步(或定相或定时)能量沉积来减轻阻力,提高稳定性,以及提高纬线/纬纱可以横越经线的速度,从而大大地缓解这些限制。特别地,这种能量沉积可以采取获得一种低密度管或一系列低密度管的形式来加速和引导纬线穿过经线。这种提高的速度和稳定性可以促进任何单或多相纬线/纬纱插入方法的更快的吞吐量。除了通过在速度方面提高吞吐量来提高织机生产率之外,通过低密度管传播时可以实现的增强的稳定性还使得纬线能够稳定地行进更长的距离(这允许织机生产宽度更大的最终产品)。除了在建造较长的织机(其制造出宽度更大的成品编织物)方面节省成本之外,纬线行进较长距离的另外的益处是为每个初始加速和最终减速事件布置了更多的纬线,因此更好地利用了加速和减速时间和能量。这些改进(更高的速度或更大的宽度)的任一项将提高织机的生产率,并且它们的组合,就更短的时间内生产更大的织物面积而言,可以获得更大的生产率增加。结果,在任何用于在经线上传播纬线的方法之前进行能量沉积的定相/同步/定时可以增加织机输出和成本效益。

[0228] 当使用诸如剑杆、梭织机或射弹的有形物体时,能量沉积的动力学与所描述的用于减小飞行器或地面车辆上的阻力的动力学非常类似,因为能量线被沉积在该物体的前方,从而最大限度地减小了其阻力并提高了其稳定性。这些相同的概念当使用喷气或喷水时也成立,并且这些概念在本文进行了更详细的描述。当需要高吞吐量时,通常使用空气和喷水,因为除了线/填充物/纱本身之外没有额外的惯性。梭织机、剑杆或射弹的额外惯性增加了纬线加速和减速所需的时间,并导致了对该线/填充物/纱本身的额外的不必要应力。在喷气的情况下,异形筘可以用来为纬线的传播提供路径。最初的一阵空气发射纬线,由于阻力的作用,该纬纱迅速减速,并且其在较高速度下由于湍流和阻力而受到不稳定的影响,其速度因此受到限制。(在喷水织机的情况下,纬线经由喷水而非经由喷气得以推进,我们针对喷气编织机所讨论的考虑同样也适用于喷水织机。)增压器喷射用来,在纬线在增压器喷射之间的速度已变慢之后,重新加速该纬线,始终保持在纬线在标准气氛中可以保持的最大速度以下。一种缓解空气阻力引起的问题的方法是将纬线传播通过真空、低压和/或高

温环境。这项技术已经被开发用于许多行业(例如,用作包装行业的麦拉薄膜的涂层,等等)。与在真空、低压和/或高温环境下操作不同,使用能量沉积的另一个益处是,当在该低密度管中传播时纬线和推进射流获得巨大的稳定性,该稳定性因管长度和时间尺度能够很好地与纬线及其传播相匹配而得以加强。由于经线必须自由来回摆动,因此不可能安装有形的抽空管,沿着这个管,我们可以用压缩空气增压喷嘴推动纬线。为了在空气中暂时创建可以引导纬线的并使其更容易被压缩气体增压器推进的低密度管,沉积能量提供了刚性抽空导管的益处,而不引入阻碍经线运动的物理阻碍。在实施我们的能量沉积方法时,当前的大部分设计可以保持不变。该增压器仍将推动纬线,其支撑结构(例如异形筘)也可用作能量沉积的支撑结构,其将由光学或高压电极或两者的某个组合构成,其中包含它们的组合的每个支撑结构,比当前的高压增压器简单得多。如果仅使用激光能量来沉积能量,则仅需要将光学元件定位在增压器支撑结构上。如果仅使用放电能量,则只需要将高压电极定位在增压器支撑结构上。如果使用两种类型的能量,则光学元件和高压电极都需要安装在增压器支撑结构上。事实上,湍流和阻力导致的纬线的磨损和磨破少得多,并且事实上,当通过该低密度管传播时,纬线被更好地支撑,并且阻力小得多,这两个事实将使得纬线能够传播更长的距离。

[0229] 在一个实施方式中,将低密度管直径与0.6mm直径的螺纹相匹配要求每10cm长度沉积大约6mJ的能量。如果穿过该低密度管的纬线的速度在300m/s时明显较高,而不是典型的范围从1200m/min(~20m/s)到4800m/min(~80m/s)的峰值纬线速度,它行进的速度是没有缓解的情况下速度的4到12倍。在这个速度下,纬线行进的速度是没有能量沉积时的行进速度的4到15倍。而且,如果由于纬线轨迹的稳定性增加且速度增加,现在制造的织机其长度(宽度)可以呈3倍,每次纬线传送产生的织物也呈3倍。结果,如果根据这个实施例,速度和宽度都增加了,与没有通过使用能量沉积来促进纬线行进而得以改善的织机的输出量相比,总的织机输出量将有所增加,在其12到45倍的范围内。如果将延伸/改进/增强的织机宽度的范围考虑为2至4倍的加长,那么通过在纬线的前方沉积能量对织机输出量的改进为8倍到60倍的延伸。对于较大的纬线直径,将创建较大直径的低密度管以促进其传播。由于需要的能量随着其打开的该低密度管的体积而成比例变化,所以每单位长度的能量与管直径的平方成比例,而管直径将大致与纬线直径的平方成比例,因为我们倾向于打开直径略大于纬线直径的管,以使纬线/纤维/材料上的磨损最小化。

[0230] 为了提供附加的对喷水应用中的离子溶液或喷气或喷水应用中的导电纤维的限制,可以将强磁场与高速线的期望的传播方向对齐,以便更准确地约束所述导电溶液和/或线的路径。

[0231] 在枪、火器或者破障器的枪管中,以及其他用来推进射弹的其他类型的枪管中沉积能量,以便迫使该枪管内的空气流出。该射弹上的阻力减小将能够以相同的驱动能量(例如常规枪中的推进剂或者轨道枪中的电力驱动能量)实现更大的枪口速度。减小的阻力还将允许通过使用较少的驱动能量达到与没有修改的情况下达到的速度可比拟的速度。在传统的枪中,这意味着用较少的推进剂可以实现相同的性能。那么,当该射弹离开该枪管时,较低的推进剂要求导致枪口爆炸减少。这种减少的声波标记图对于最小化对包含一个(或多个)操作员在内的附近个人的听力的有害影响是有用的。这种减少的声波标记图也可以削弱声学手段(类似于声学抑制器)的检测。

[0232] 迫使空气离开该枪管的能量沉积可以以多种形式加以应用。例如,两个实施方式为:i)该枪管内部的电磁能沉积;或者ii)其本质上可以是化学的;以及这两种能量沉积方法的某个组合。该电磁能可以是,例如,该枪筒内部的放电形式。可以实现这一点的一个实施方式是确保可以通过非导电间隙放电的两个电极的分离;或者一个带电电极放电到导电枪管或其他的容纳该枪管的结构部分。化学能可以是,例如附加推进剂的形式,其在点燃时,在该射弹前面膨胀,以驱动来自该枪管的气体(与该推进剂的在该射弹的后面膨胀以将其推出该枪管的传统作用相反)。这种附加推进剂可以被掺入一发子弹本体内,以及一个实施方式是结合该发子弹中的导电路径,其传导电点燃脉冲以点燃该发子弹尖端处的推进剂。这条路径可以是该发子弹中的全内置闭路。它也可以结合导电支撑结构和/或枪管来闭合其电路。用于点燃枪管清理推进剂的许多实施方式之一是将压电结构结合到该发子弹中,从而当该发子弹被其通常的发射机构击中时生成高电压。这个高电压可以在点燃该发子弹尖端处的枪管清理推进剂,以便清理枪管中的空气,以便在用来使其加速的炸药推进时,促进对该发子弹的射弹或负载的更好的加速。

[0233] 在任一种情况下,通过放电、化学推进剂或这两者的组合,在该发子弹前方沉积的总能量应当是在负载或射弹被加速离开该发子弹之前,显著地清理枪管中的空气。这个能量应该足以清理枪管的体积,因此应该是$3*p_o*V$的量级,其中V是枪管体积而p_o是环境压力。假设在标准大气的环境压力下,清理16”12霰弹枪的枪管所需的能量大约是12J的能量。这对于破障器子弹来说是特别有用的,破障负载的速度更大,对推进剂的要求却降低以使对人员的声学影响最小化,从而提供了极大的益处。可以执行相同的计算来基本上清理任何尺寸的枪管中的空气,从而简单地根据体积计算能量需求。这种能量需求可以增加,以便抵消加热气体沿着枪管传播时可能经历的任何冷却。换句话说,可以沉积更大量的能量,包含2、3、4、5,甚至高达10倍的能量以适应不同的考虑,同时仍然实现期望的枪管清理。

[0234] 实现这一目的的设备可被构建以实现上述动力,包括枪管和/或支撑结构(例如,火器、大炮、迫击炮等)以及任何子弹,包含但不限于小口径、中口径、大口径子弹,包含常规子弹和非常规子弹,如破障器子弹。

[0235] 在多相流应用(包含但不限于粉末涂层和超声波喷射沉积应用)中,使用其他过程(包含但不限于:粉末爆炸;喷雾爆炸;在不同的压力下不同的气体的爆炸;等离子爆炸;加热的应用;放电的应用;激光脉冲的应用;以及其他)进行的能量沉积定相,与当能量沉积与这样的其他过程不同步时的应用相比,可以为能量沉积与这样的其他过程同步时的所述多相流应用带来许多益处。在其他形式的能量沉积中,类似于在此披露的其他应用,可以使用放电来将该能量沉积到流中并且打开从喷嘴到基底的低密度管,从而以更高的速度更有效地引导颗粒朝向基底。放电可以由诸如激光灯丝之类的激光等离子体启动/引导。颗粒流也可以帮助进行放电;或者可以采用优选的导电路径来沿着从喷嘴延伸到基底的线引导放电。对于小规模应用,可以单独使用激光等离子体/灯丝打开小直径低密度管(与小喷嘴出口相称)。

[0236] 特别地,各种材料的超声波喷雾沉积的增强可以通过结合应用其他脉冲过程来沉积能量,以便实现更有效的冲击速度,并且根据期望的结果而获得改善的效果,例如涂层质量、涂层均匀性、表面磨损性、粘附性、结晶性、涂层强度、耐腐蚀性等等。当将该能量沉积到超声波流中时,我们也可以调节压力和气体密度以生成用于等离子体沉积的更有效的等离

子体。也有可能调节流温度和密度,从而允许更高的颗粒速度,因为脉冲条件允许这些更高的颗粒速度在我们创造的声音环境的更高的速度下是亚声波的。根据所沉积的能量的几何形状,我们可以消除冲击波,否则其会导致颗粒在该流内分离,从而产生更均匀的气体流、颗粒分布和沉积。这些冲击波的消除和削弱也缓解了针对颗粒产生的减速,从而确保了颗粒对基底表面的冲击速度更高且更均匀。如果希望调整射流内的径向颗粒分布,我们可以将能量沿流中心放置,以便将颗粒向外推向流的边缘。替代性地,我们可以在流体流的边缘沉积能量以将颗粒推向该流体流的中心。通过脉冲地推动驱动多相材料(如粉末)的气体进料,我们也可以使脉冲颗粒流与能量沉积同步。这允许我们通过沿着从喷嘴出口到基底的流动轴线沉积能量来创建低密度管。在这种低密度管中声速较高,使得颗粒的脉冲能够沿着该低密度管以亚声波传播,如果我们没有沉积能量来创建低密度管,其就会以超声波的速度传播。在沿着该低密度管的流不是完全亚声波的情况下,其马赫数减小,并且由于我们获得的马赫数减少,超声波流的负面效应(例如基底处的撞击冲击结构)被最小化。除了用能量沉积修改和同步化颗粒密度分布之外,我们还可以同时进行各种形式的能量沉积以影响颗粒与目标表面的相互作用。例如,与调制的颗粒分布和低密度管形成同步,我们可以将一个或多个激光脉冲、一个或多个放电、调制的气体温度,以及等离子体以及其他形态撞击到目标表面上。在进行这种沉积时,可行的参数范围有许多,其效果取决于大气、流动条件、几何形状、颗粒、进料速率、目标材料和所需效果。作为实施例,我们可以采用这样的方式来同步放电,使得它们所创建的低密度管紧跟着有颗粒进料,其填充该低密度管,以实现更高的速度。当放电启动时,该颗粒进料开始(其可以持续几微秒)。该颗粒进料以突发方式释放,以与该低密度管的建立和消耗同步。这种定时和重复率取决于流动条件和几何形状,而放电能量取决于喷雾嘴的直径和与基底的距离。特别地,如前所述,放电能量的量级可以是流内部的压力与由该喷雾嘴出口的横截面积和与目标表面的距离所决定的体积V的乘积的三倍(大约$3*p_o*V$)。该重复率取决于流速除以与目标表面的距离,以及流进料的脉冲周期小于或等于该低密度管可以填充且充满多相流,然后被耗尽且在基底表面形成更强的有害冲击结构的周期。为了保持小于该低密度管可以充满多相流,然后形成不利的冲击结构的周期,该多相流可以在该低密度管传播的周期的20%-95%的期间内进行同步化/注射。其流动也可以比该低密度管传播的周期稍长(例如这个周期的95-160%),以容许在基底表面上建立不利的冲击结构所需的时间。当冲击结构开始在射流内重新形成时,剩余的颗粒流也可以帮助将作为能量沉积源的放电作为接地引导到基底。原则上,该能量沉积还可以用于调节颗粒流动,当射流密度开始上升时,迫使其横向远离基底进入减速的高密度气体中,并且在该能量沉积创建好低密度管之后,颗粒优先被夹带在其中并被高速引导到基底。在这样的几何形状中,我们可以确保更大的冲击速度,更加均匀的沉积,更好地将流限制在由所沉积的能量线创建的低密度管中。除了我们沿这个低密度管流动的颗粒外,我们还可以使用我们用于能量沉积的高压源的电晕;或者使用射频源,以较低密度启动更有效的等离子体。类似地,激光脉冲或高重复率激光脉冲的流可以与撞击目标表面的颗粒同步。可以在颗粒冲击表面的全部或部分持续时间内,将这些形式的附加的能量注入该过程(例如,等离子体和激光,等等),可能包含在颗粒冲击之前和/或之后的这种附加的能量注入,以便在冲击之前附加地处理/影响表面;和/或在冲击之后附加地处理/影响颗粒;和/或两者,特别是当涂层形成时。在低密度管和调制/同步的颗粒流被耗尽之后,在低密度管的单个周期内,

这个过程可以重复进行。

[0237] 这种同步对于类型广泛的颗粒尺寸和材料密度,以及类型广泛的流动条件都是有效的,从而产生更灵活、更有能力和更具成本效益的高速喷涂工艺,例如涂覆、清洁、喷丸,以及其他表面处理。颗粒密度范围可以从0.8到23g/cc,驱动压力范围可以从1到60大气压(bar),未削弱的流动马赫数范围从1-12,其中颗粒速度范围从150-3000m/s以及颗粒速度的比率,取决于各种条件,可以在0.1到1.0的范围内。示例性颗粒包含但不限于研磨剂、喷丸材料、电介质和金属。作为具体的实施例,使用范围从2-10g/cc的粉末密度,以及从2-5的流动马赫数,其中颗粒速度范围从400-1200m/s,喷嘴可以具有出口面积A并且与基底间隔距离L设置(使得该喷嘴与基底之间的喷射柱的面积大致等于A*L的乘积)。要在该柱内打开低密度管所需要的能量的量大致等于该柱内的压力的3*A*L倍,该压力根据各种条件,可以高于大气压。为了打开连续流的低密度管,端对端将要求以气流速度除以距离L的重复率来施加这种能量。理论实例可以是喷嘴出口面积为50平方mm,距离L为10cm,理论压力为~2bar,结果,打开该管大致需求1J的能量。对于1cm的距离L,这种能量将被减小到100mJ,然而,该重复率将调整为需要相同的功率,因为该重复率与L成反比。有用的重复率的范围可以是简单计算的气体速度/L的端对端重复率的0.2-3倍,更通常地是这个简单计算的重复率的0.8至1.6倍。类似地,所沉积的能量的有用量的范围是该柱内该压力的3*A*L倍的简单计算的能量的0.2到3倍(由于其在该柱内变化而难以概括,并且这个值最好针对每个应用、操作的几何形状和一组条件进行评估)。额外的功率投入所带来的益处是改善了涂层和加工成果,并且能够实现其他方式不可能实现的成果。由于颗粒速度可以提高,并且材料过程随能量的沉积而增强,所以经由该能量沉积可以减少总的功率需求,其中随着驱动压力和气体流速的增加,回报有效率的增加。

[0238] 过去已经公开了沿车辆表面沉积能量以打开具有高速声音的低密度(高温)通道。一般来说,清理车辆下方的空气将允许高压爆炸气体更快地逸出,从而减少高压气体在该车辆下方的停留时间,并且由此使高压气体传递到该车辆的力和脉冲最小化。类似的考虑可以应用于遭受冲击波的任何表面。除了这个一般的概念和应用之外,我们还进一步披露了将能量沉积到该车辆下方的地面或其他材料中,爆炸原本就停留且受限在其下方。这种能量沉积被用于破坏限制土壤/材料,从而允许爆炸品进一步逐渐地排放并且通过该车辆下方的低密度、高速声音区域从该车辆下方更加迅速地排空,当能量沉积在限制爆炸的该土壤或其他材料中时,该区域也排空。如果该爆炸气体没有释放出来,它们将非常有效地将动量传递给限制它们的覆盖材料,这反过来又非常有效地将这种动量传递给该车辆。当能量被沉积以刺穿该覆盖材料并释放所述覆盖材料下方的压力时,不仅高压气体通过该车辆下方的该低密度、高速声音区域排放并迅速排空(其原因在于,该土壤中的能量沉积还通过空气生成了爆炸波,其有效地清理了该车辆下方的气体),而且该土壤或覆盖材料(其否则已经被更均匀地加速到该车辆中)现在更多地分布在刺穿处周围的柱中,而这种材料柱对该车辆的影响要比在未缓解的情况下的影响更为缓慢。结果,在两种情况下,即在该车辆下方沉积能量以清理该车辆下方的气体(通常使用放电来脉冲地/突然地加热气体以生成冲击波,该冲击波将环境空气从该车辆下方驱出)以及将能量沉积到该土壤或覆盖材料中,从而限制该车辆下方埋藏的爆炸/冲击物,以便破坏所述土壤或覆盖材料并释放爆炸气体(通常使用放电、激光脉冲或这两者的组合来将能量沉积到该土壤或覆盖材料中),从冲击物转

移到该车辆的总动量可以减少至少30％,并且该车辆及其内容物经历的平均加速度可以减小至少70％。为了清理或稀薄该车辆下方的气体,可以使用大约$3*p_o*V$的能量,其中p_o是该车辆下方的环境大气压力,而V是该车辆下方要清理/稀薄的体积。破坏或刺穿该土壤或其他覆盖材料所需的能量的量取决于该覆盖材料以及其中有多少必须加以破坏。因此,最好简单地沉积一定量的能量,其能够有效携带和部署,并且对于该车辆来说既不太多也不太少。所有这些考虑取决于该车辆本身及其配置方式。这个数字通常可以是10kJ到1MJ的量级。假设在这个尺度的大头处,底盘面积为～$8m^2$,其中车辆间隙为～20cm,清理空气所需的能量为～0.5MJ,剩下0.5MJ来刺穿/破坏该土壤/覆盖材料。由于大多数爆炸装置的能量含量可达数百MJ,而投入量为1MJ以下,为了大大地降低所得的车辆加速度并且消除该车辆上总动量的超过30％,在300MJ爆炸的实施例中,沉积能量中<1MJ的投入量可以将该车辆的爆炸负荷降低大约100MJ。

[0239] 图37是描绘配备有定向能量沉积装置1016的喷气编织机1000的实施方式的示意图。定向能量沉积装置1016包括脉冲激光子组件1014,该脉冲激光子组件被配置成生成直线路径,该直线路径从纬纱递送喷嘴1004延伸到相对电极1018并且穿过由经线1010A-B(向前和向后位置)限定的跨度的一部分以及附接到筘座1012的异形筘1008A-B的轮廓。在操作中,在预定时间,定向能量沉积装置1016沿着该直线路径沉积电以创建低密度引导路径A。与高压空气供应器1006连通的喷嘴1004然后推动一部分纬线1002穿过低密度引导路径A.

[0240] 图38是描绘具有整体式定向能量沉积装置2002的火器子组件2000的实施方式的示意图。在操作中,该定向能量沉积装置2002可用于清理枪管2004的孔洞中的流体,从而创建低密度区域A。当该低密度区域A持续时,射弹2006可以通过点燃推进剂2008而通过该枪管排出。该能量沉积装置2002可以包括,例如耦合到暴露于该枪管的孔洞区域的绝缘电极的电源。在这种方法中,能量沉积可以包括电弧。在其他孔洞清理方法中,孔洞气体可以加热并且在点燃推进剂2008之前,通过点燃化学预推进剂而由此排出。

[0241] 图41是描绘装备有爆炸缓解装置的车辆3000的实施方式的示意图。该爆炸缓解装置包含传感器3002A-B和定向能量沉积装置3008,其定位在车身3004周围并暴露于车辆底盘3006。当传感器3002A-B被触发时,能量沉积装置3008沿路径A将能量沉积到底盘3006和地面之间的空间中,从而创建低密度区域B.

[0242] 图42是描绘配备有地面修改装置的车辆4000的实施方式的示意图。该地面修改装置包含传感器4002A-B和定向能量沉积装置4008,其定位在车身4004周围并暴露于车辆底盘4006。当传感器4002A-B被触发时,能量沉积装置4008沿着路径A将能量沉积到地面中,导致至少穿透表面并导致该表面材料中的断裂或分离(例如孔)B。

[0243] 图43是描绘具有脉冲激光子组件5002的定向能量沉积装置5000的实施方式的示意图。该脉冲激光子组件5002包括脉冲激光器5004,该脉冲激光器与分光器5006对准,而该分光器又与反射器5008对准。在操作中,脉冲激光器5004可以产生激光束A,该激光束可以被分成两个光束,并且这两个光束被递送到该定向能量沉积装置5000外部的流体中。

[0244] 图44是描绘其中集成有定向能量沉积装置6002的火器筒6000的实施方式的示意图。该筒6000进一步包括同步控制器6004,该同步控制器被配置为使定向能量沉积装置6002的操作与推进剂6006的点燃同步。同步控制器6004可以被配置为首先触发定向能量沉积装置6002的操作,随后点燃推进剂6006并释放射弹6008。

[0245] 虽然本文已经示出和描述了本发明的优选实施方式,但是对于本领域技术人员来说显而易见的是,这样的实施方式仅作为示例提供。意图是下面的权利要求限定本发明的范围,并且由此涵盖这些权利要求范围内的方法和结构及其等同物。

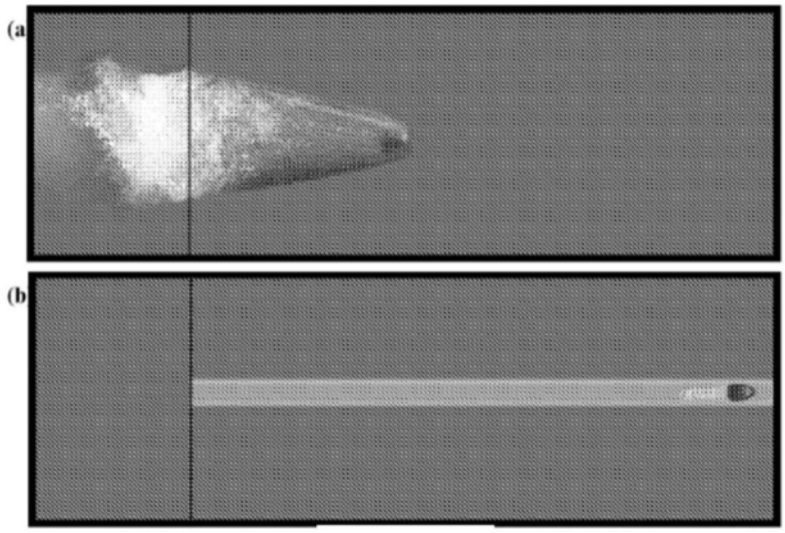


图1

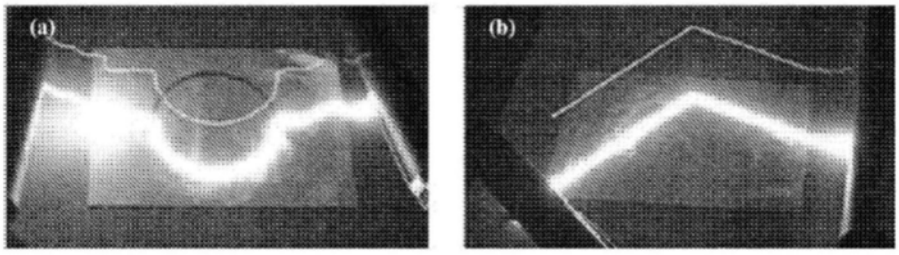


图2

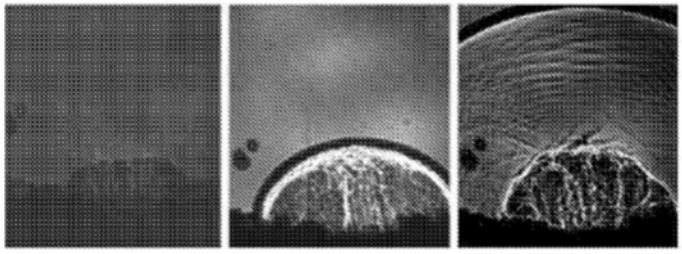


图3

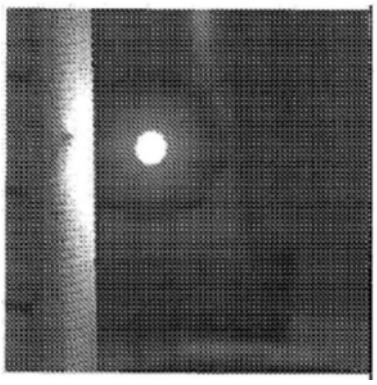


图4

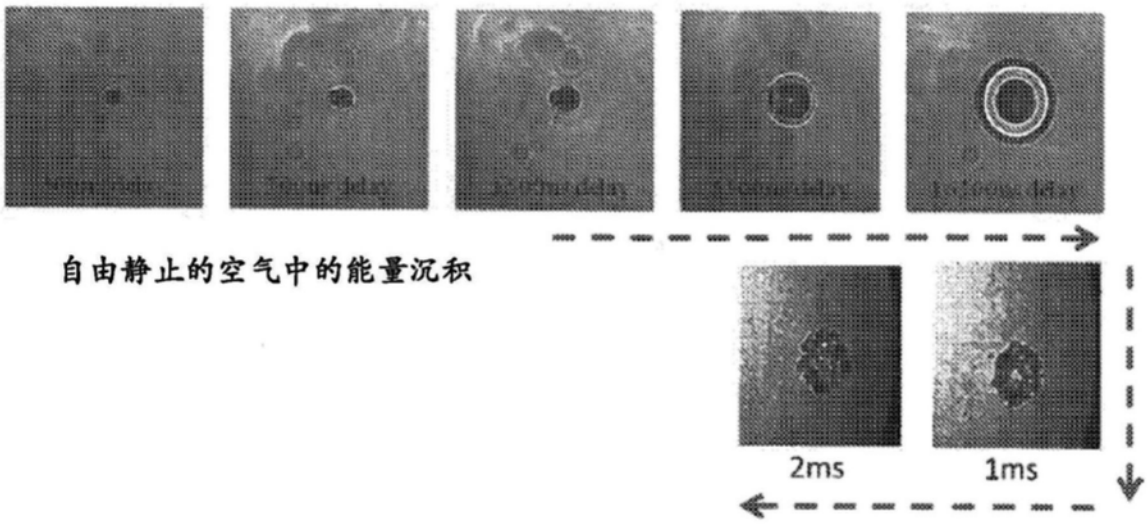


图5

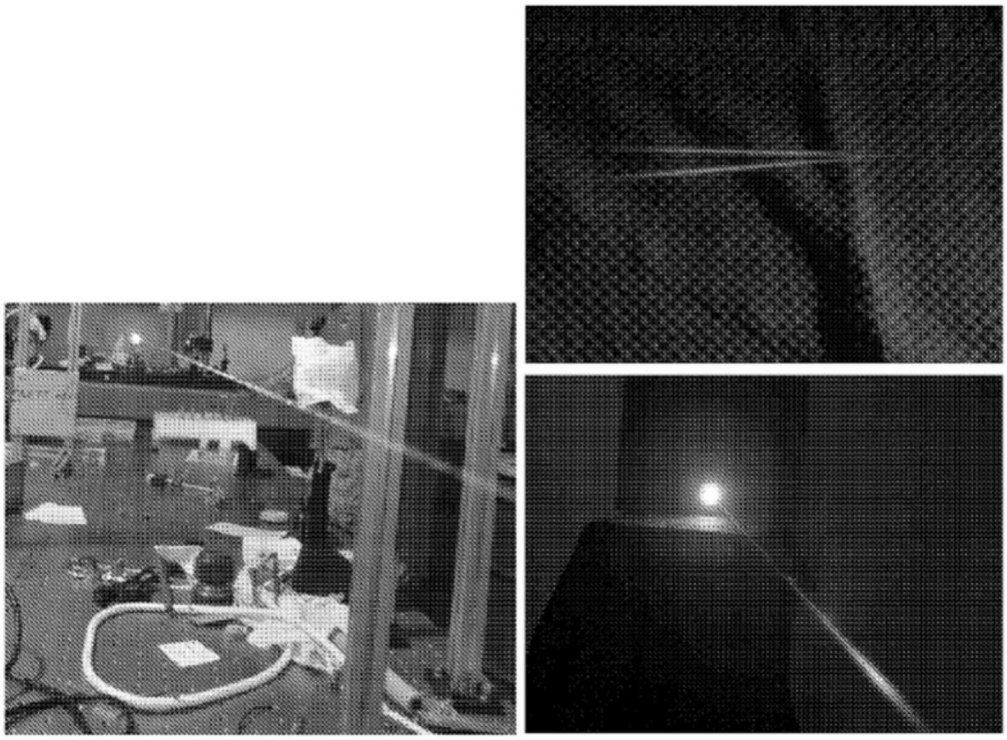


图6

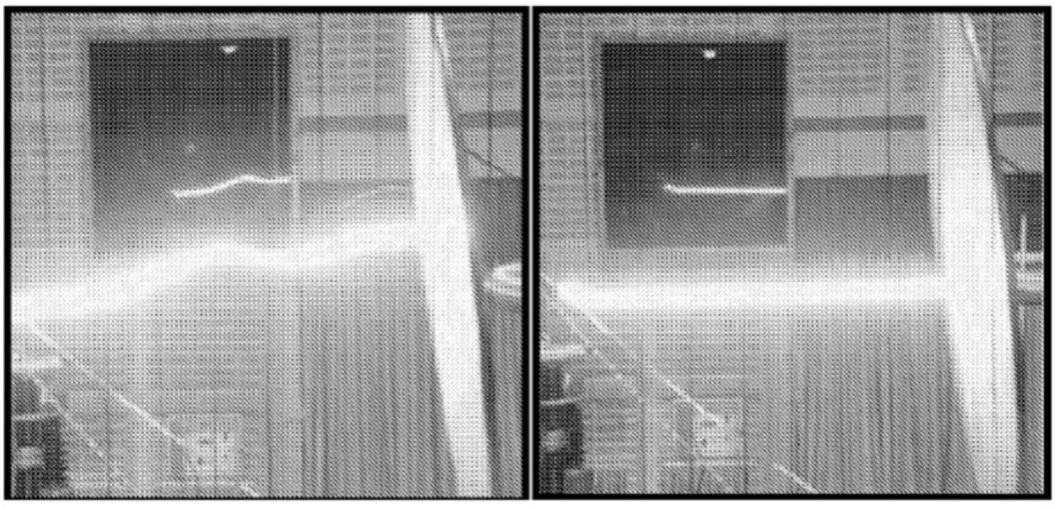


图 7A 图 7B

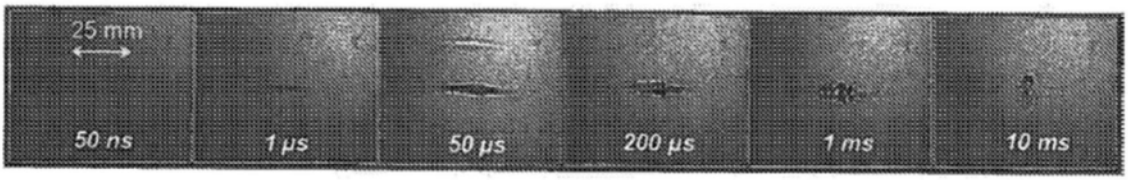

25 mm
50 ns
1 μs
50 μs
200 μs
1 ms
10 ms

图8

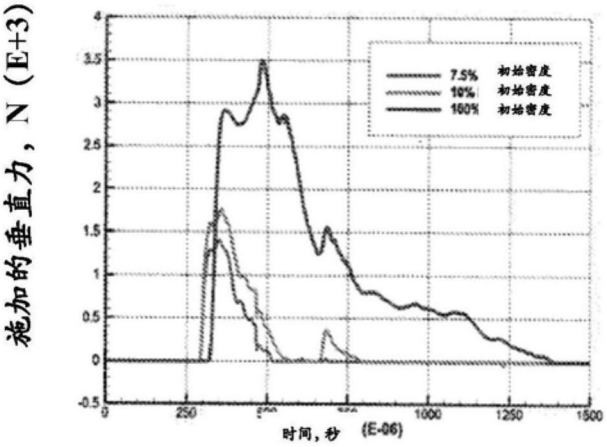

施加的垂直力，N（E+3）
时间，秒 (E-06)
7.5% 初始密度
10% 初始密度
100% 初始密度

图9A

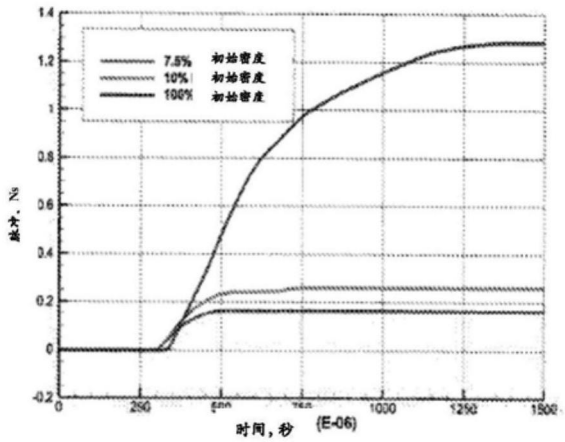

时间，秒 (E-06)
7.5% 初始密度
10% 初始密度
100% 初始密度

图9B

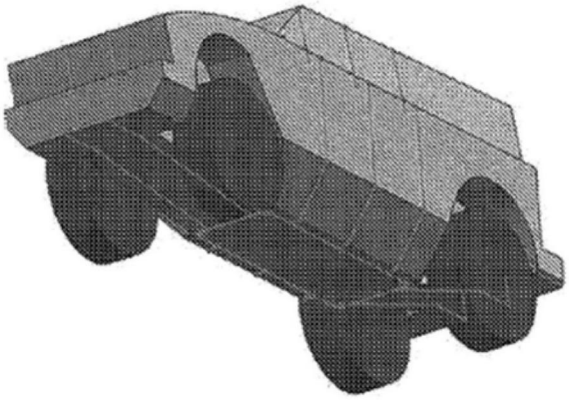


图10

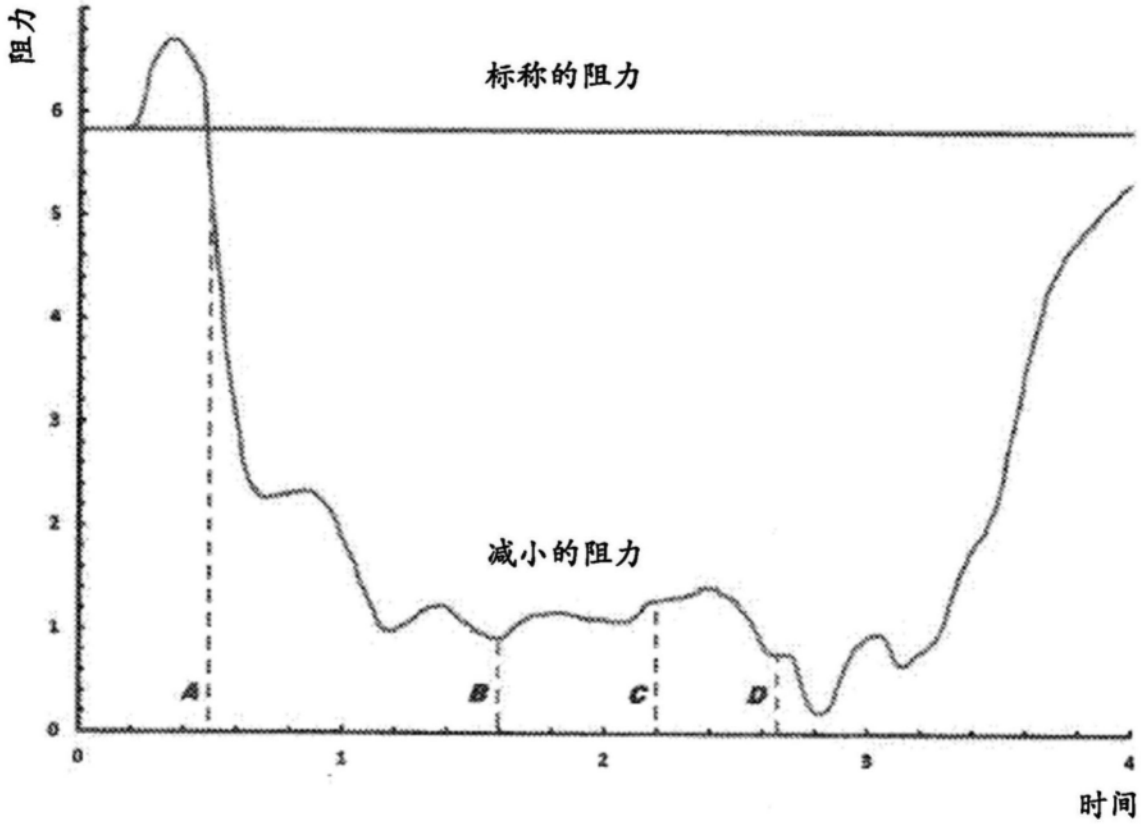

阻力
标称的阻力
减小的阻力
A
B
C
D
0
1
2
3
4
5
6
0
1
2
3
4
时间

图11

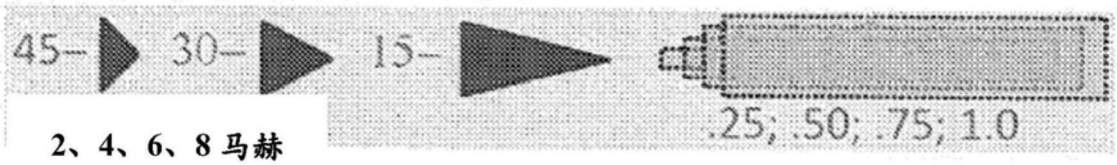

45–
30–
15–
.25; .50; .75; 1.0
2、4、6、8马赫

图12

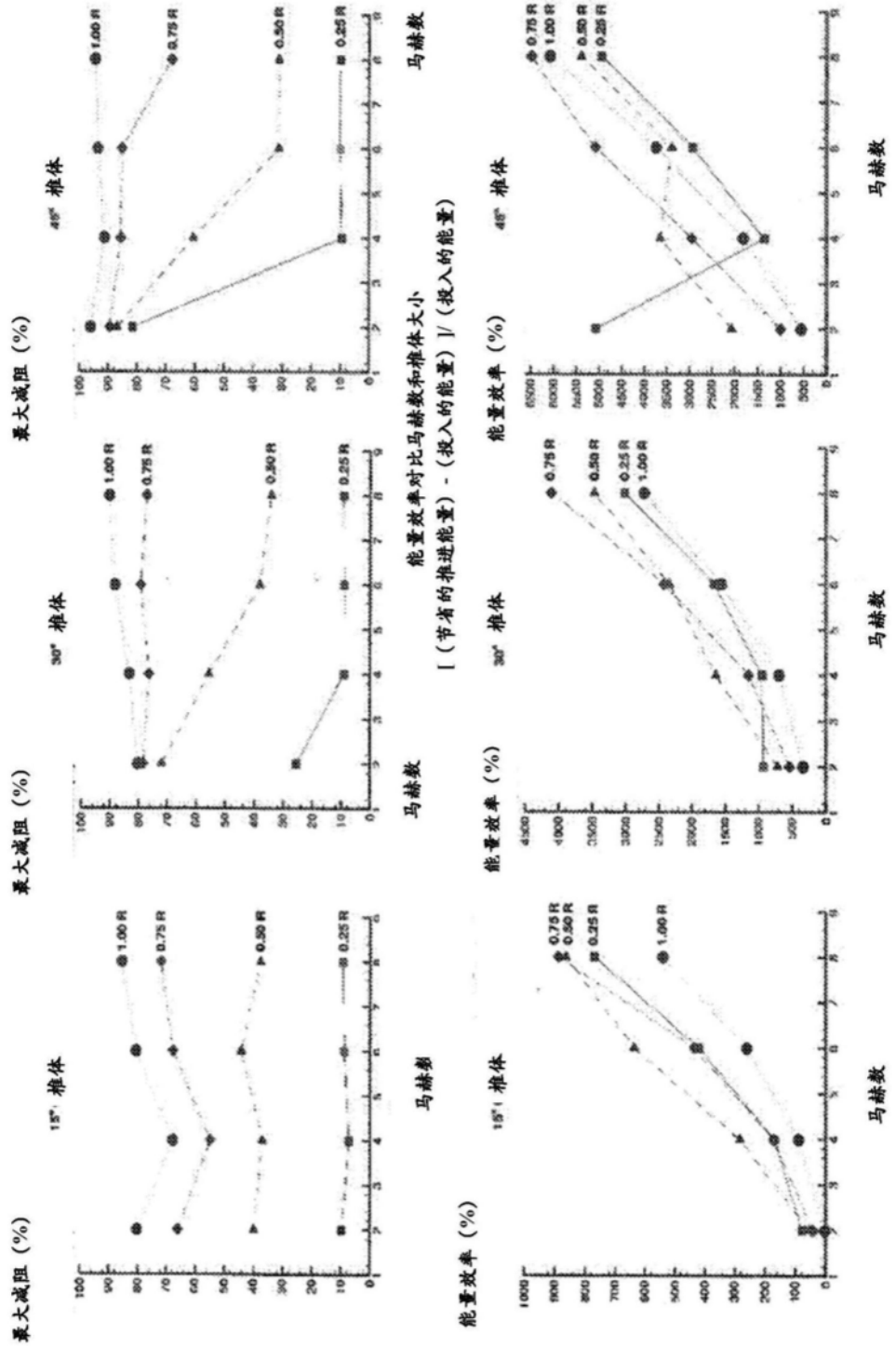

叶大减阻（%）
15° 桨体
30° 桨体
45° 桨体
马赫数
能量效率（%）
能量效率对比马赫数和桨体大小
[（节省的推进能量）-（投入的能量）]/（投入的能量）
1.00 R
0.75 R
0.50 R
0.25 R

图13

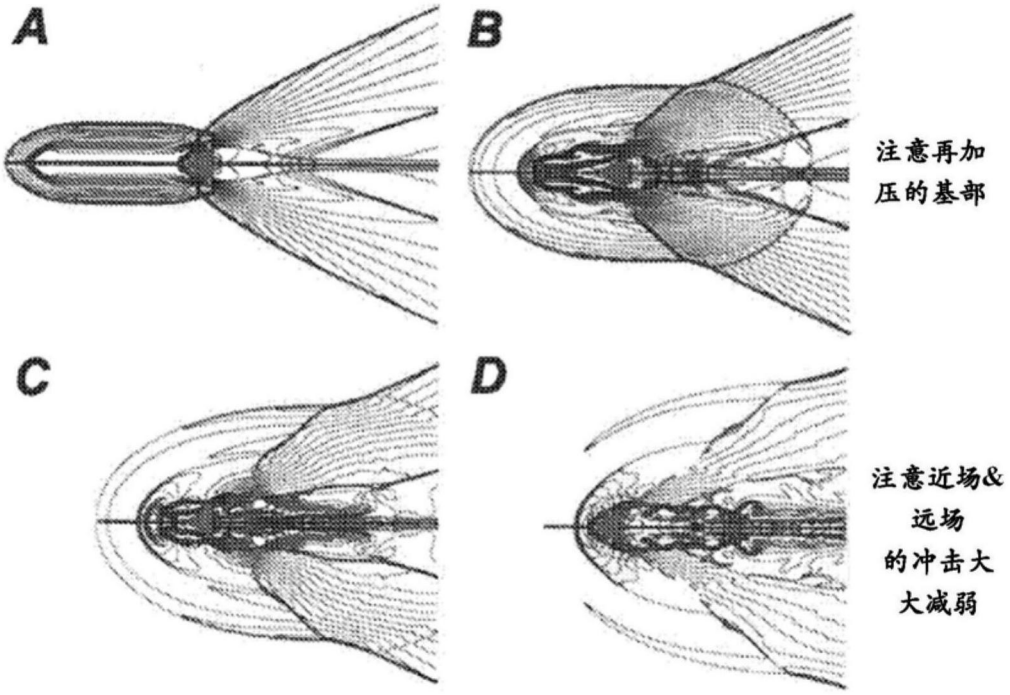

A
B
注意再加压的基部
C
D
注意近场&远场的冲击大大减弱

图14

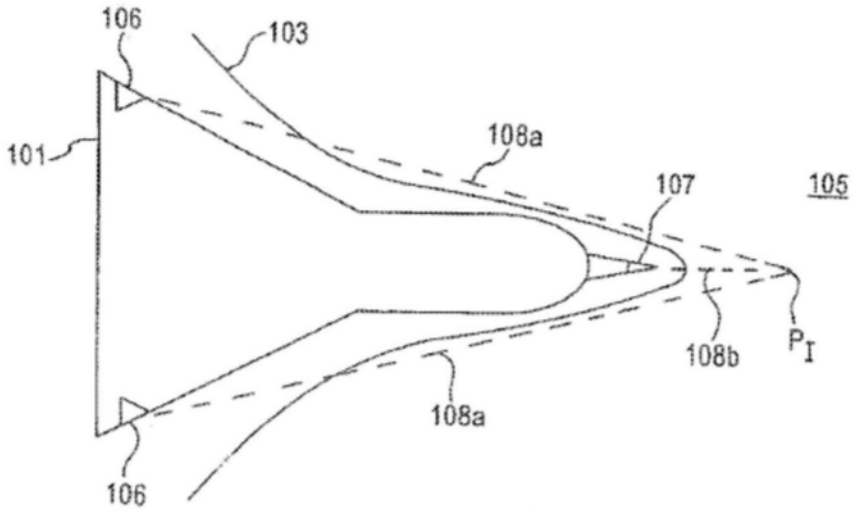

106
103
101
108a
107
105
108b
P_I
108a
106

图15

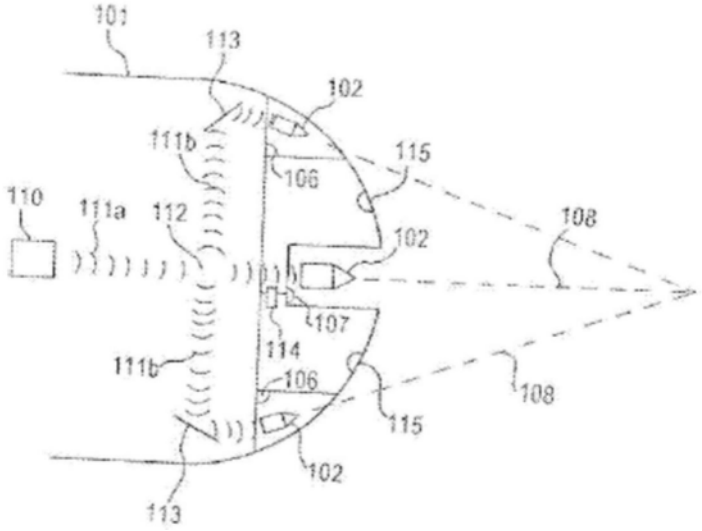

101
113
102
111b
115
106
110
111a
112
108
102
107
114
111b
106
108
115
102
113

图16

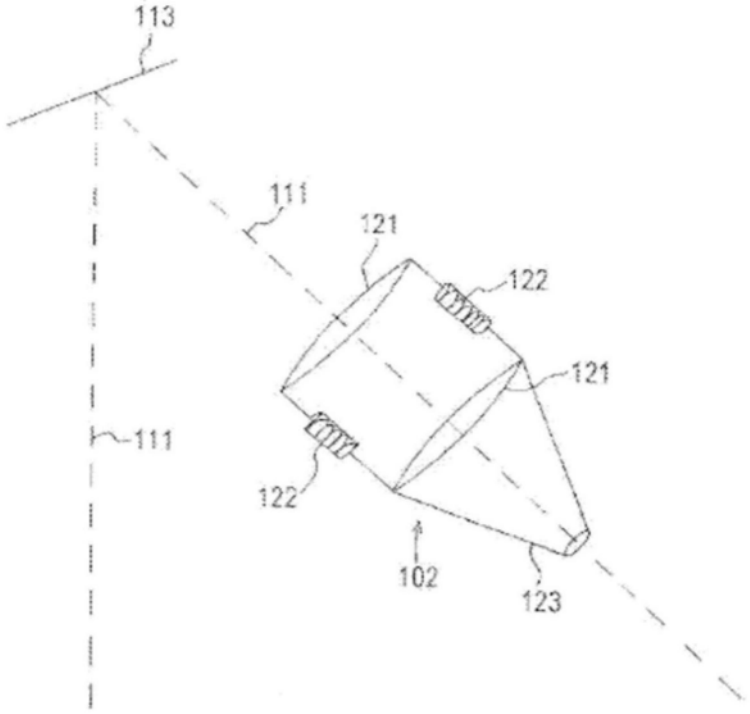

113
111
121
122
121
111
122
102
123

图17

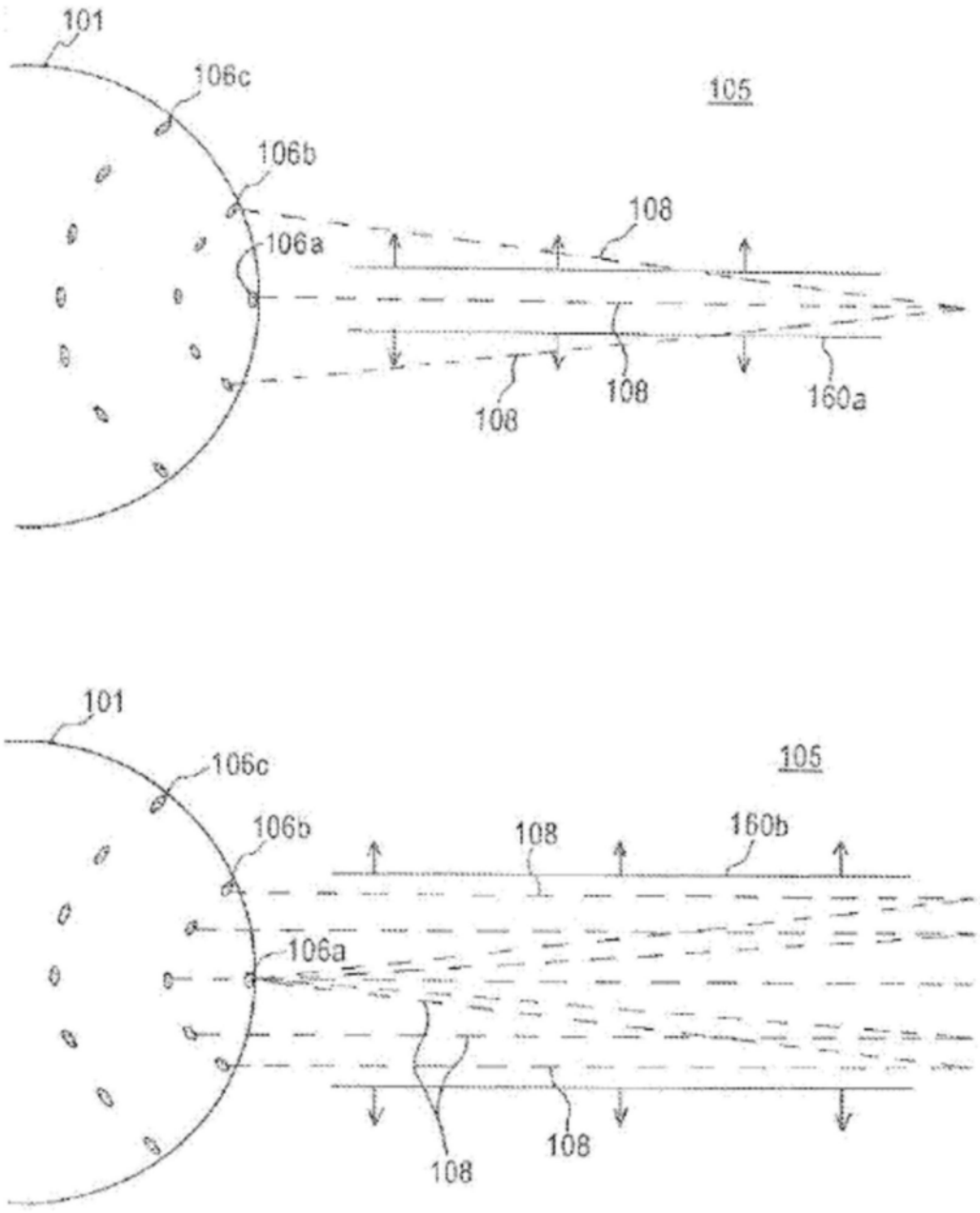

101
106c
106b
106a
105
108
108
108
160a
101
106c
106b
106a
105
108
160b
108
108

图18

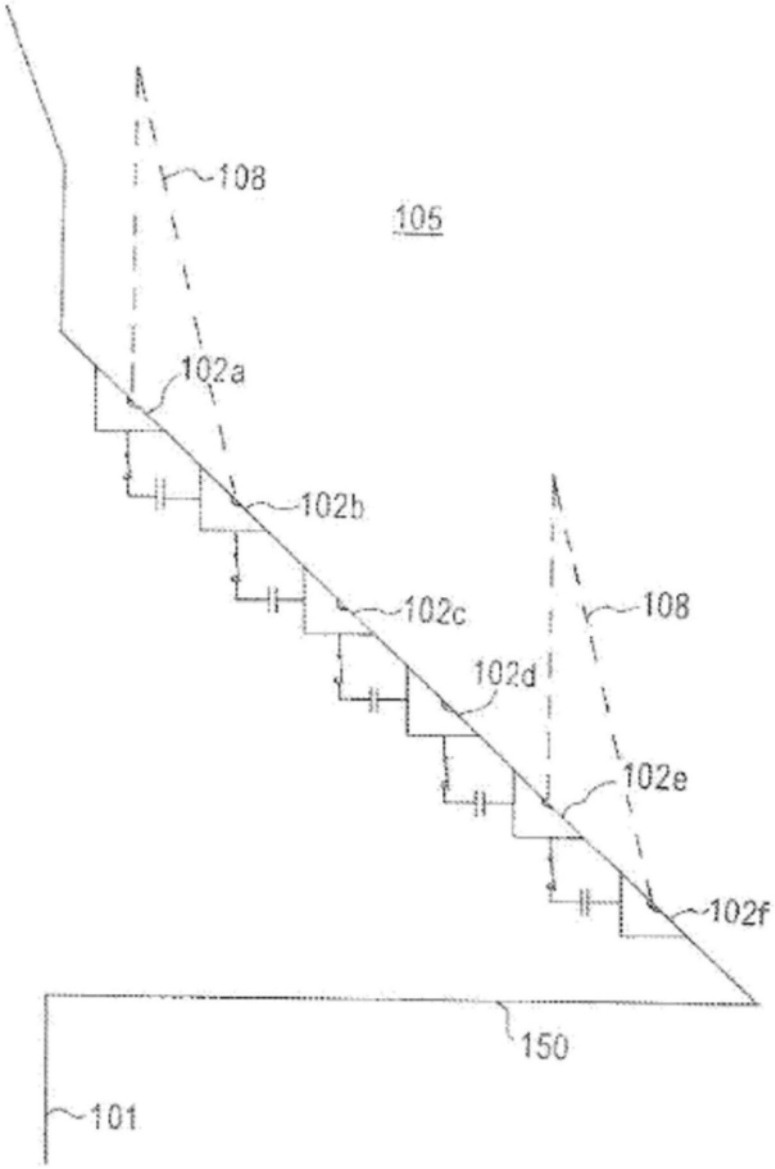


图19

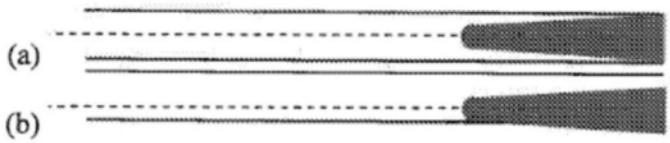


图20

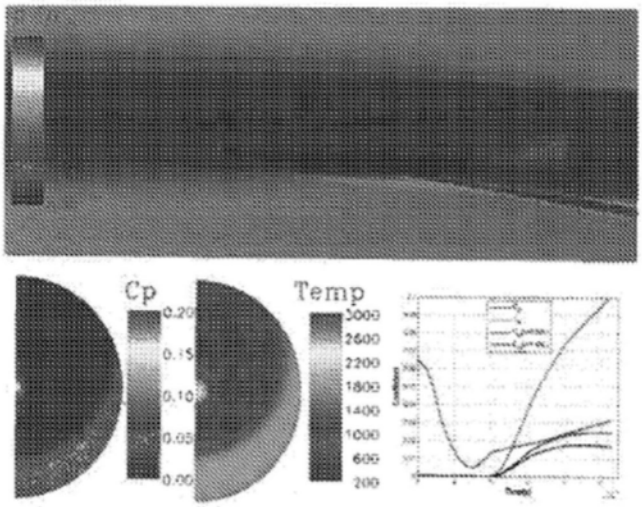


图21

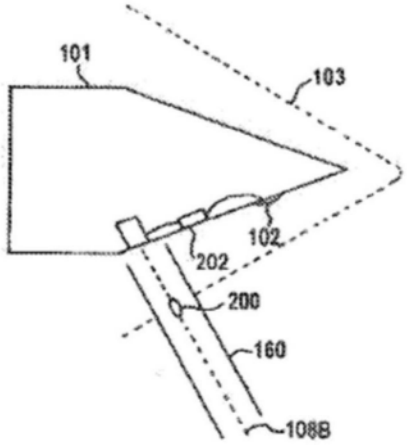


图22

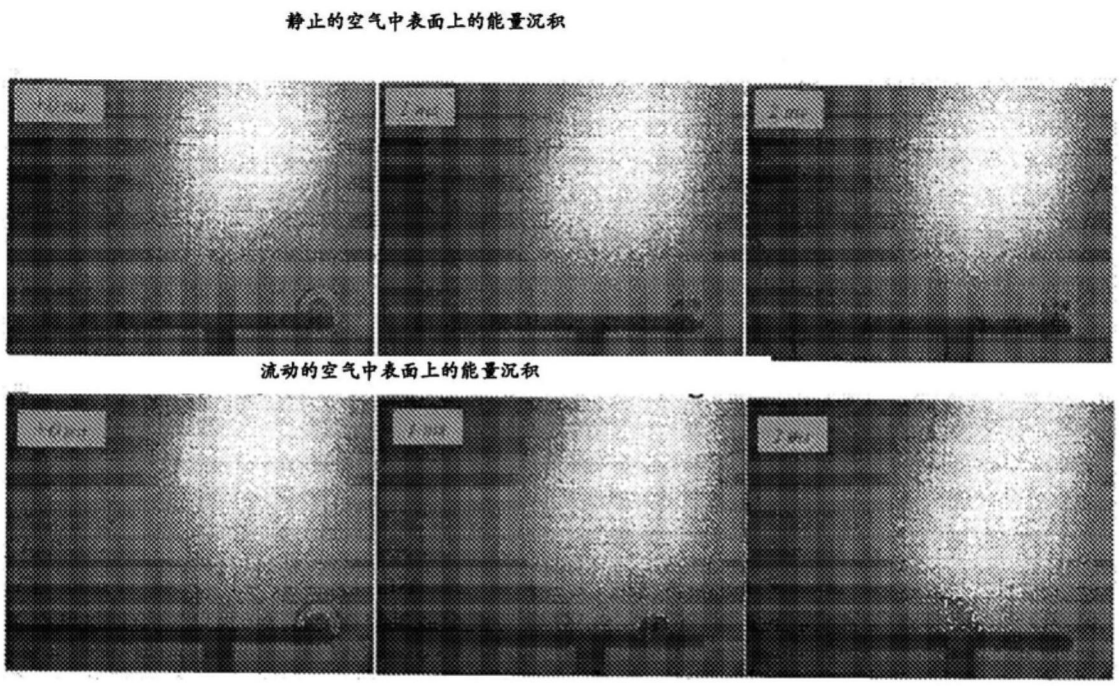


图23

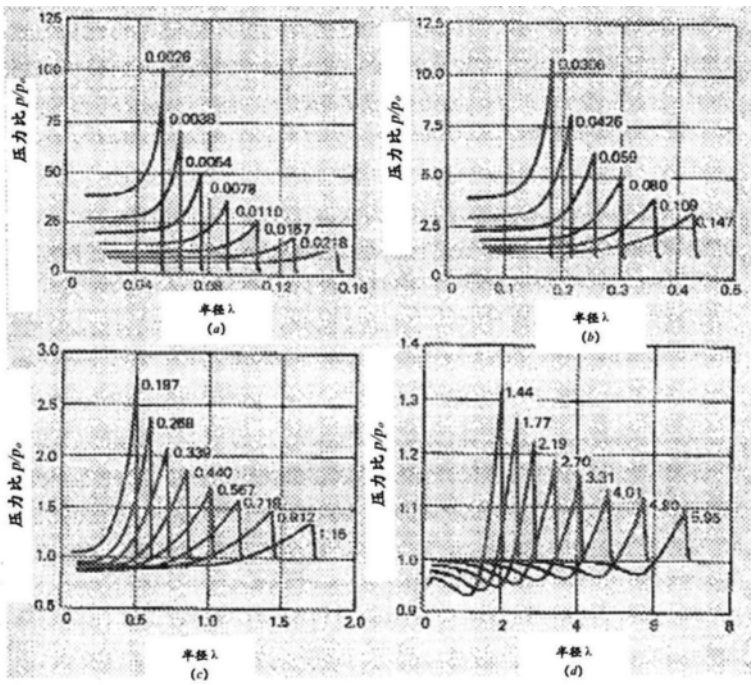


图24

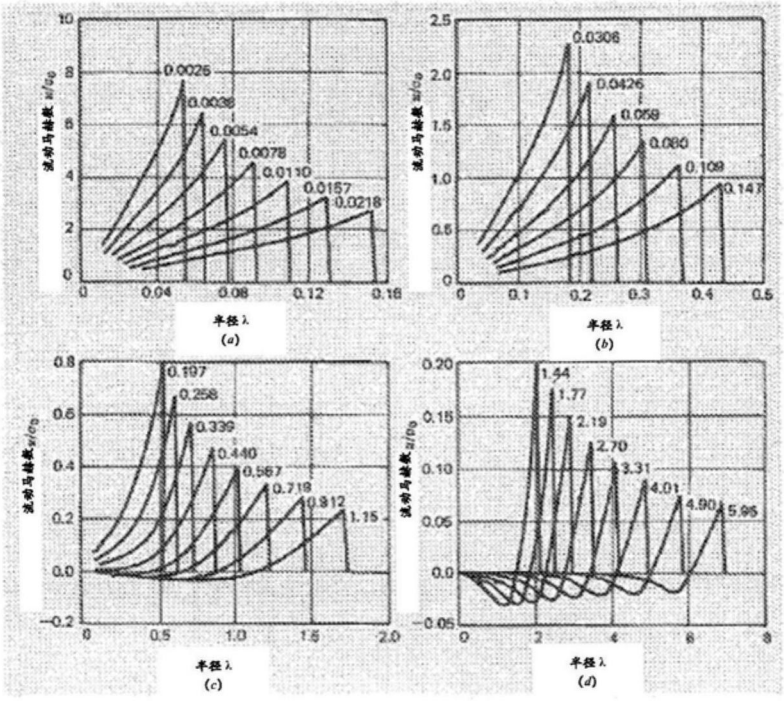

0.0026
0.0036
0.0054
0.0078
0.0110
0.0157
0.0218
0.0306
0.0426
0.059
0.080
0.109
0.147
0.197
0.258
0.339
0.440
0.567
0.719
0.912
1.15
1.54
1.77
2.19
2.70
3.31
4.01
4.90
5.95
半径λ
(a)
(b)
(c)
(d)

图25

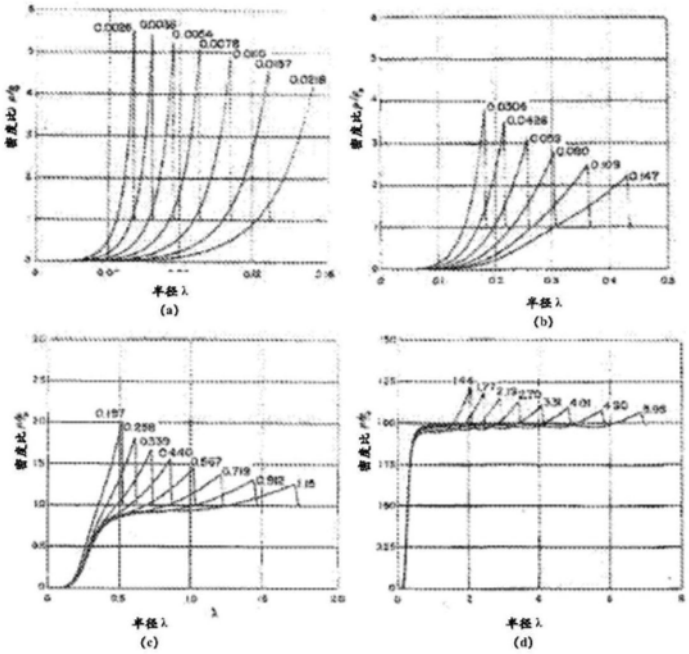

半径λ
(a)
(b)
(c)
(d)

图26

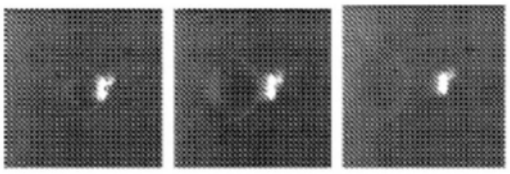


图27

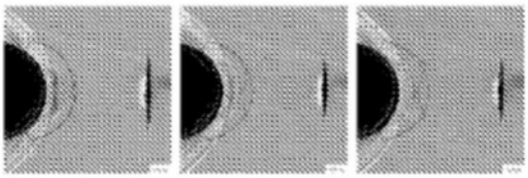


图28

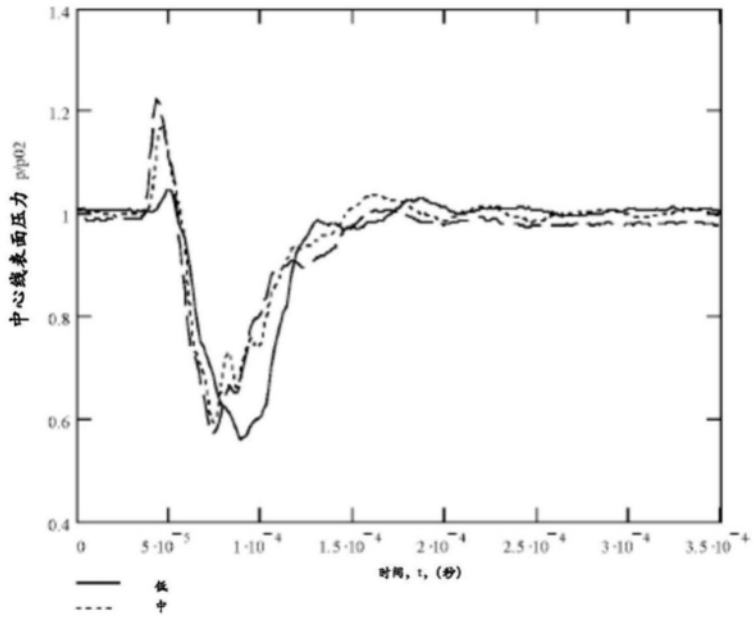

1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
中心线表面压力 p/p02
0
5·10⁻⁵
1·10⁻⁴
1.5·10⁻⁴
2·10⁻⁴
2.5·10⁻⁴
3·10⁻⁴
3.5·10⁻⁴
时间, t, (秒)

图29

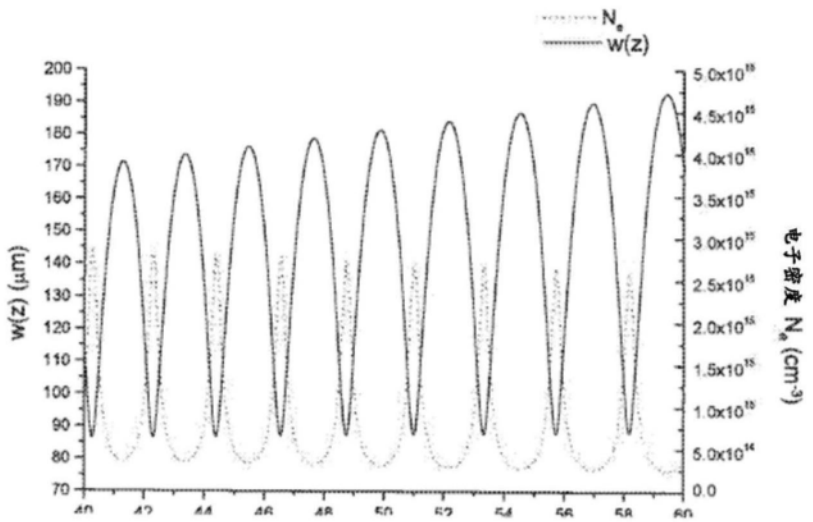


图30

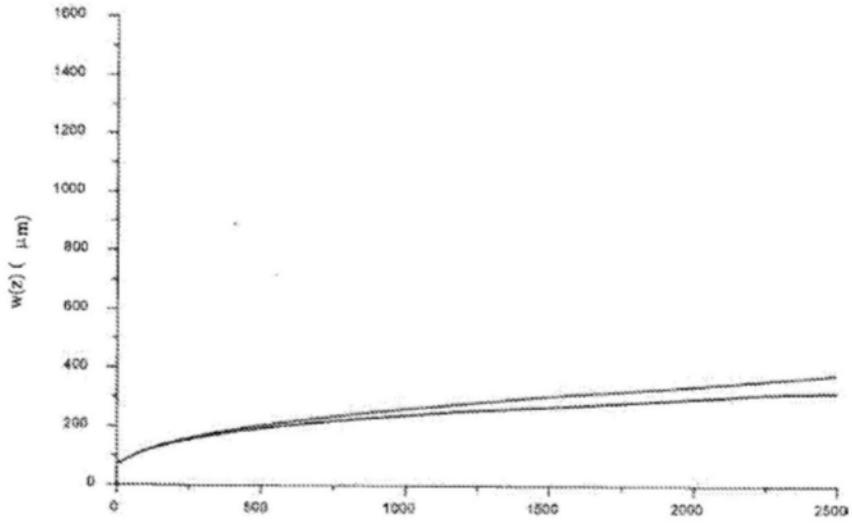


图31

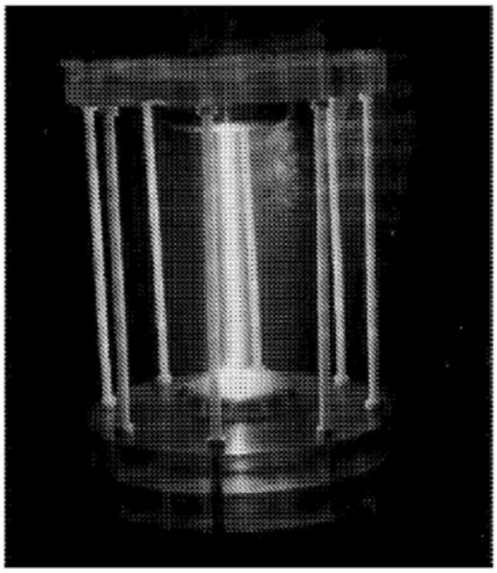


图32



图33A



图33B

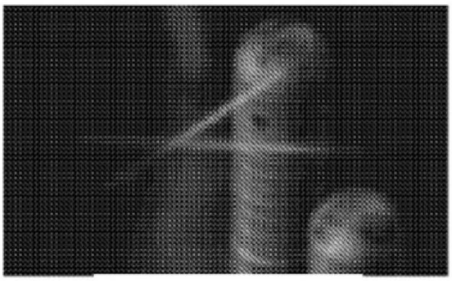


图33C

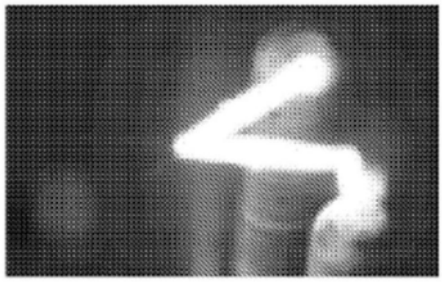


图33D

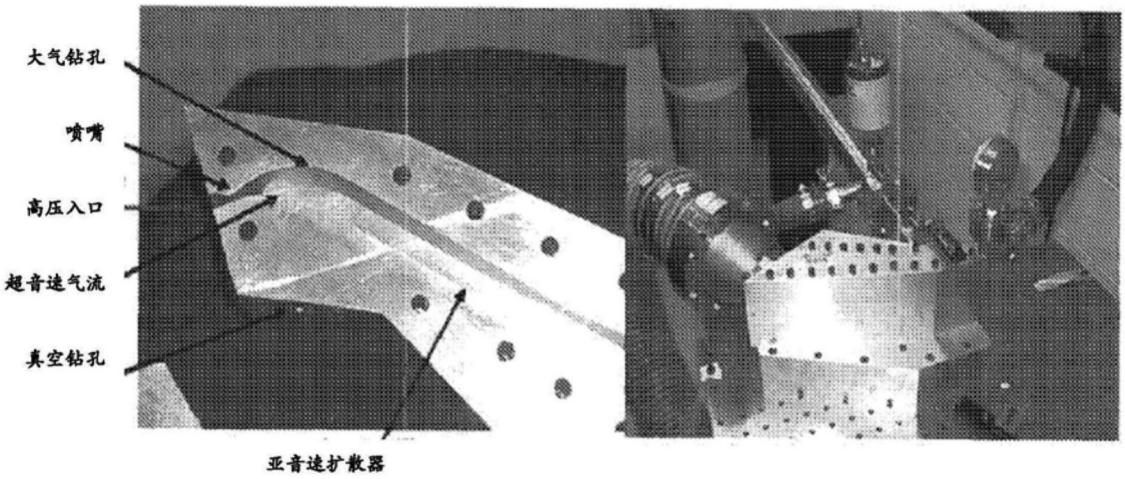


图 34A

图 34B

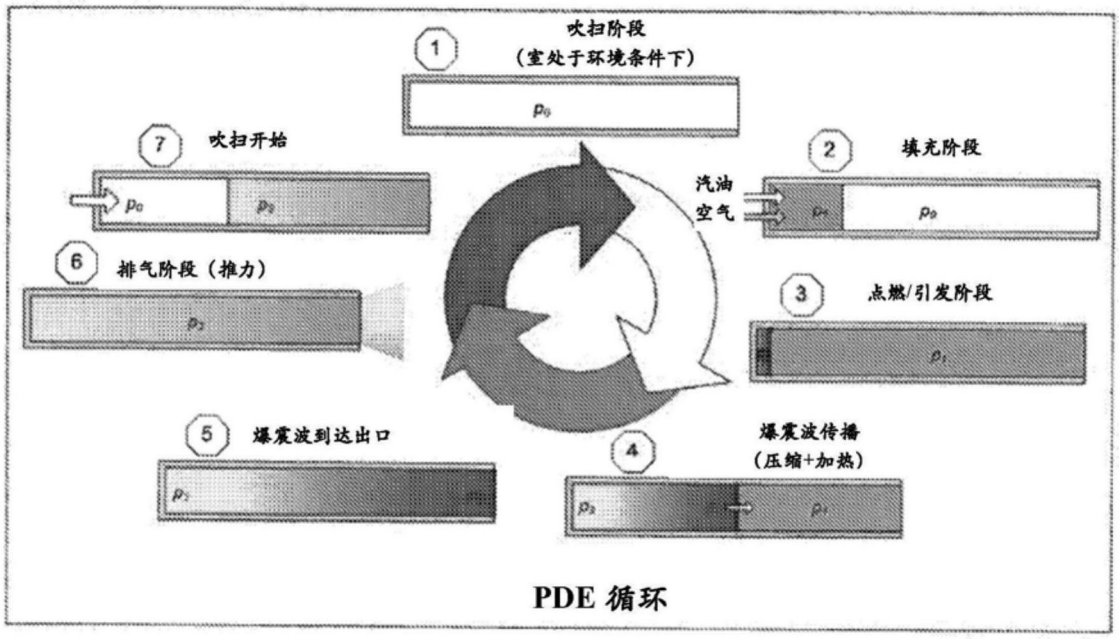

1
吹扫阶段
(室处于环境条件下)
2
填充阶段
汽油
空气
3
点燃/引发阶段
4
爆震波传播
(压缩+加热)
5
爆震波到达出口
6
排气阶段(推力)
7
吹扫开始
PDE 循环

图35

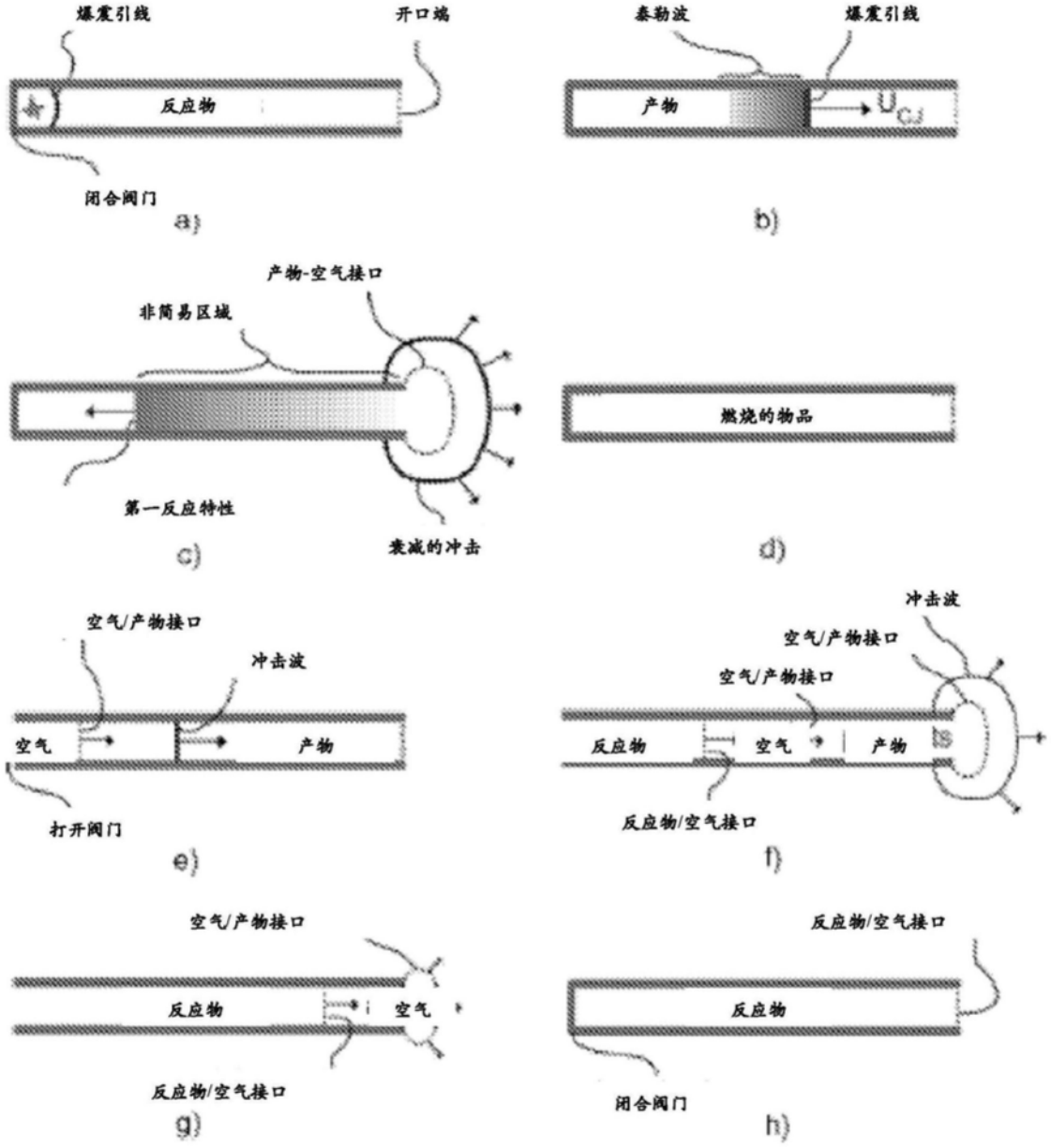

爆震引线
开口端
反应物
闭合阀门
a)
泰勒波
爆震引线
产物
U_{CJ}
b)
产物-空气接口
非简易区域
第一反应特性
衰减的冲击
c)
燃烧的物品
d)
空气/产物接口
冲击波
空气
产物
打开阀门
e)
冲击波
空气/产物接口
空气/产物接口
反应物
空气
产物
反应物/空气接口
f)
空气/产物接口
反应物
空气
反应物/空气接口
g)
反应物/空气接口
反应物
闭合阀门
h)

图36

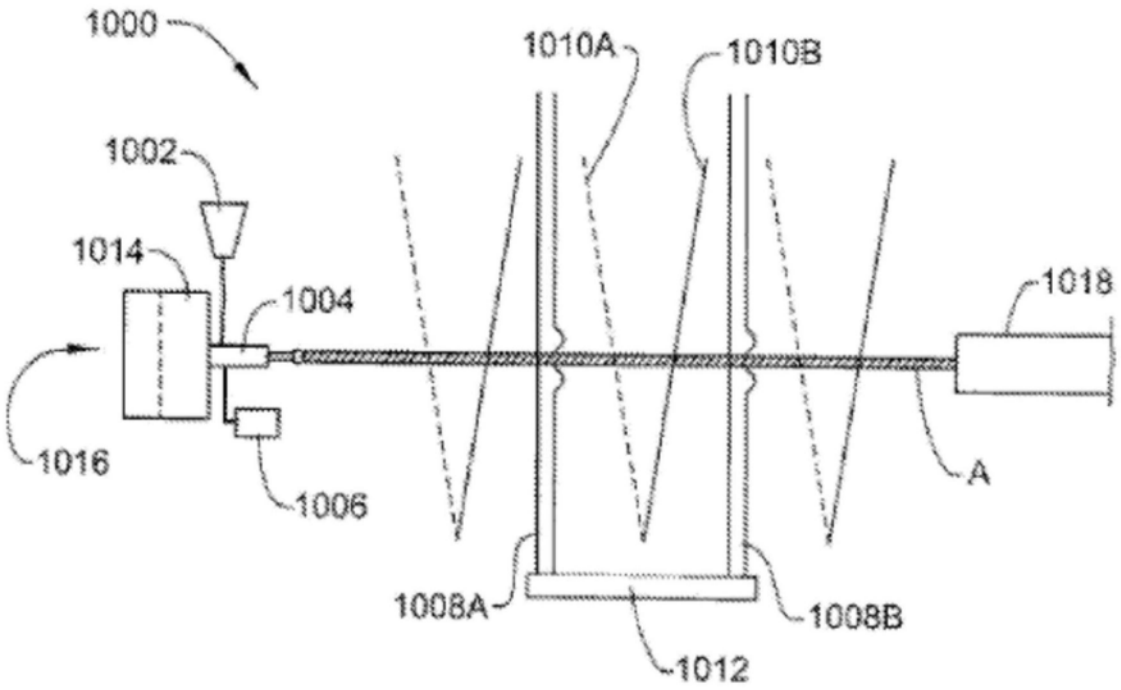

1000
1010A
1010B
1002
1014
1004
1018
1016
1006
A
1008A
1008B
1012

图37

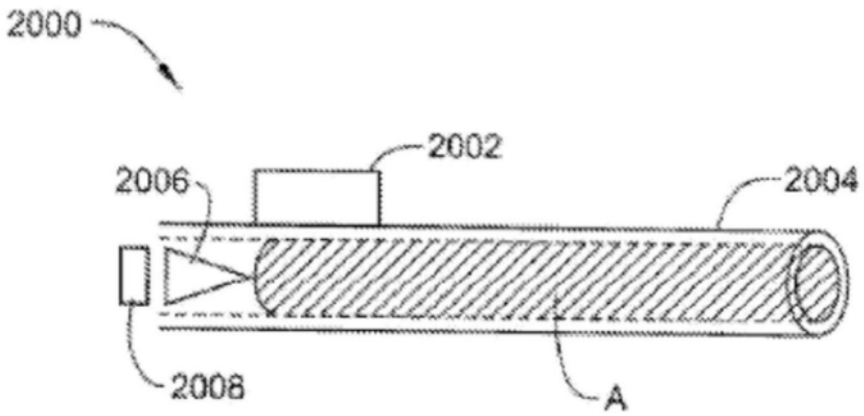

2000
2002
2006
2004
2008
A

图38

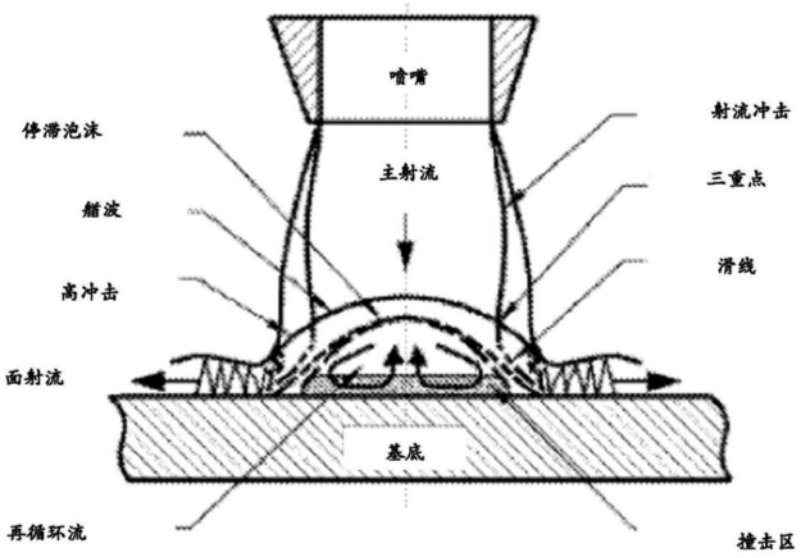

喷嘴
停滞泡沫
主射流
射流冲击
三重点
滑线
激波
高冲击
面射流
基底
再循环流
撞击区

图39

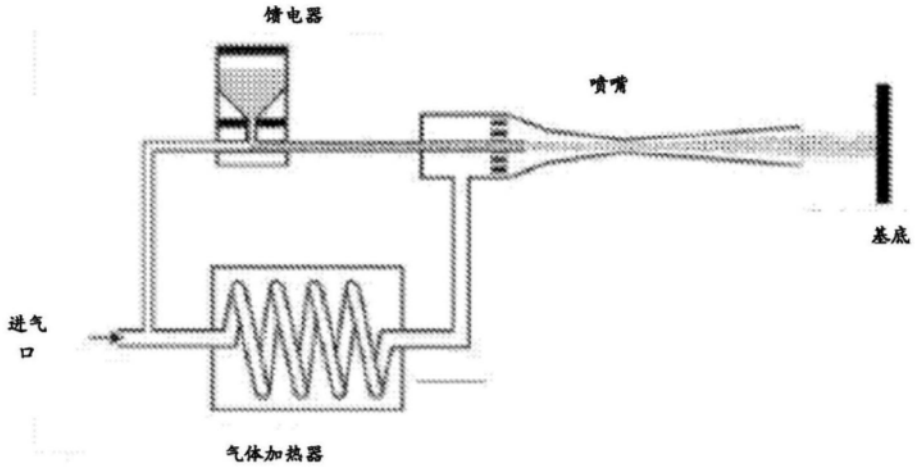

储电器
喷嘴
基底
进气口
气体加热器

图40

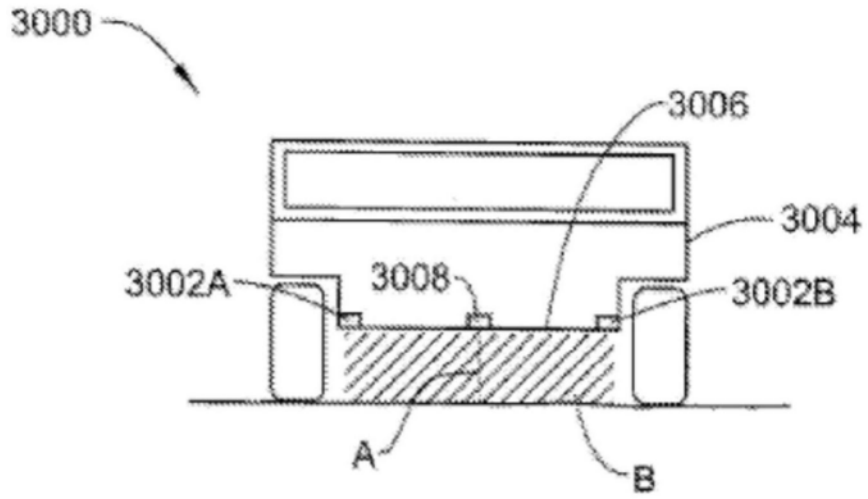

3000
3006
3004
3002A
3008
3002B
A
B

图41

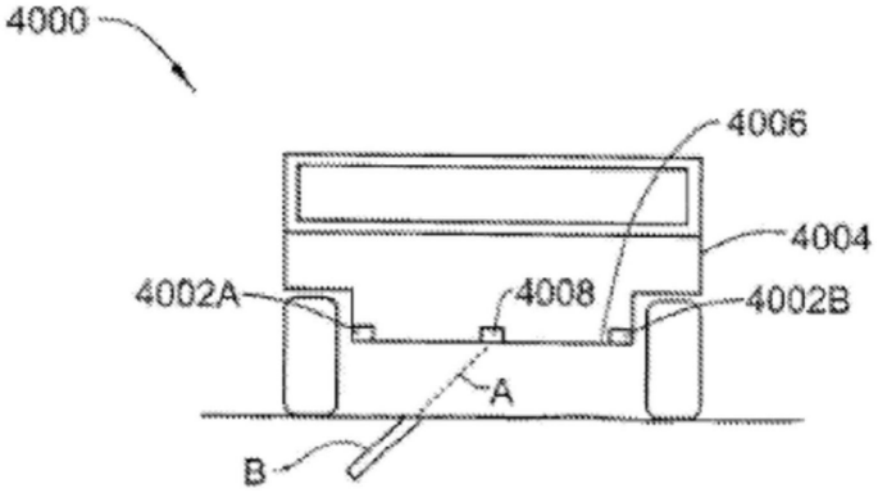

4000
4006
4004
4002A
4008
4002B
A
B

图42

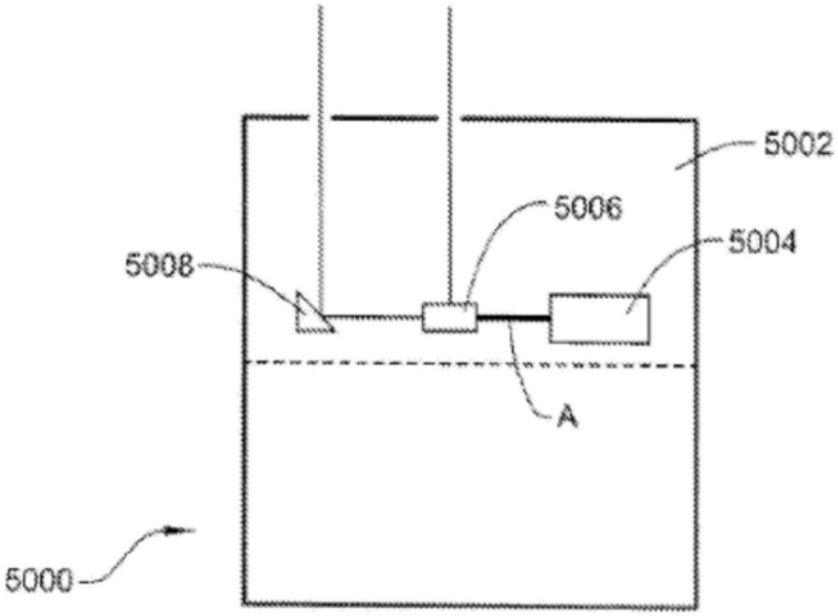


图43

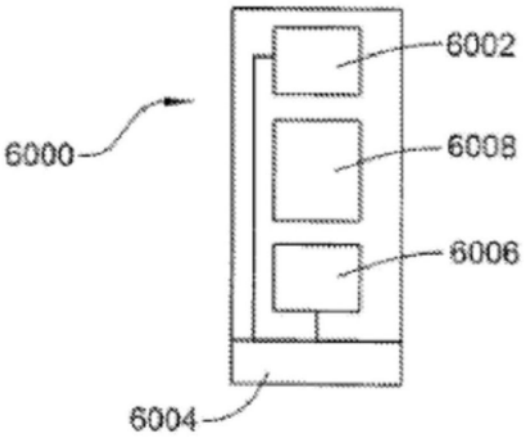


图44