



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105164757 B

(45)授权公告日 2017.08.08

(21)申请号 201480024497.9

(22)申请日 2014.03.06

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105164757 A

(43)申请公布日 2015.12.16

(30)优先权数据
1304046.4 2013.03.06 GB

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2015.10.30

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/GB2014/050663 2014.03.06

(87)PCT国际申请的公布数据
W02014/135881 EN 2014.09.12

(73)专利权人 牛津大学创新有限公司

地址 英国牛津

(72)发明人 亚尼斯·温迪克斯
尼古拉斯·霍克

(74)专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司 11002

代理人 王莹 张晶

(51)Int.Cl.
G21B 3/00(2006.01)

审查员 卑晓峰

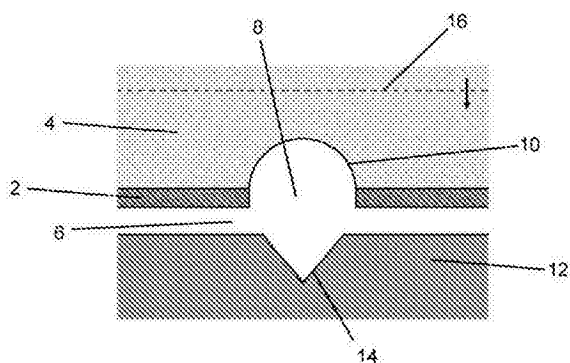
权利要求书5页 说明书10页 附图8页

(54)发明名称

局部能量集中

(57)摘要

一种产生局部能量集中的方法,该方法包括:产生冲击波(16),冲击波(16)传播通过非气态介质(4),以入射到非气态介质(4)和气态介质(6)之间的边界(10)上,其由分离非气态介质(4)和气态介质(6)的障碍物(2)中的至少一个孔(8)形成。这在孔(8)的另一侧形成横向喷流,横向喷流入射到包括凹陷(14)的与气态介质(6)中的障碍物(2)隔开的目标表面(12)上。还提供一种用于产生局部能量集中的设备。



1. 一种产生局部能量集中的方法,所述方法包括:

产生冲击波,所述冲击波传播通过非气态介质,以入射到所述非气态介质和气态介质之间的边界上,其由分离所述非气态介质和气态介质的障碍物中的至少一个孔形成,从而在所述孔的另一侧形成横向喷流,所述横向喷流入射到包括凹陷的与所述气态介质中的障碍物隔开的目标表面上。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述目标表面与所述障碍物中的孔隔开小于所述孔的直径的20倍的距离。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述目标表面是可替换的。

4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述目标表面包括多个凹陷。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述障碍物包括多个孔。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,所述目标表面包括多个凹陷并且每个凹陷对应于所述障碍物中的一个孔。

7. 根据权利要求5所述的方法,其中,通过所述障碍物的形状和/或所述孔的形状设置所述孔,使得多个横向喷流指向所述目标表面上的单个位置。

8. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述障碍物被成形以控制所述横向喷流的形成。

9. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述障碍物中的孔被成形以控制所述横向喷流的形成。

10. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述障碍物中的孔被设置以控制所述孔中的气态介质和非气态介质之间的边界的形状。

11. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述孔中的气态介质和非气态介质之间的边界的形状由所述气态介质相对于所述非气态介质的压力控制。

12. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述孔中的气态介质和非气态介质之间的边界是弯曲的。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述目标表面与所述障碍物中的孔隔开小于所述边界表面的曲率半径的10倍的距离。

14. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述障碍物和/或所述孔的边缘包括被设置以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状的微观结构和/或润湿特性。

15. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述非气态介质的表面张力被设置为控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

16. 根据权利要求12所述的方法,其包括:将驻波作用到所述非气态介质以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

17. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述气态介质和非气态介质之间的边界由限定所述边界的形状的膜限定。

18. 根据权利要求17所述的方法,其中,所述膜是易碎的且被设置为在冲击波撞击时破裂。

19. 根据权利要求12所述的方法,包括:使作用到所述非气态介质的冲击波符合所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

20. 根据权利要求1或2所述的方法,包括多个障碍物,每个障碍物中包括至少一个孔并

且每个障碍物将气态介质与非气态介质分离。

21. 根据权利要求20所述的方法,其中,所述孔被设置在一个障碍物中使得来自所述障碍物的多个横向喷流指向下一个障碍物中的单个孔处的所述非气态介质。

22. 根据权利要求20所述的方法,其中,所述障碍物成形为将最初的冲击波和/或合成冲击波聚集到所述一个或多个孔和/或所述目标表面上。

23. 根据权利要求1或2所述的方法,包括所述非气态介质内、相对于所述障碍物中的至少一个孔放置的一个或多个流体袋,使得入射到所述一个或多个流体袋上的冲击波集中随后入射到所述气态介质上的冲击波的强度。

24. 根据权利要求23所述的方法,其中,所述流体包括气体。

25. 一种产生局部能量集中的方法,所述方法包括:产生冲击波,所述冲击波传播通过非气态介质,以入射到所述非气态介质和气态介质之间凸的边界上,其由分离所述非气态介质与气态介质的障碍物中的至少一个孔形成,从而在所述孔的另一侧形成横向喷流,所述横向喷流入射到与所述气态介质中的障碍物隔开的目标表面上。

26. 根据权利要求25所述的方法,其中,所述目标表面与所述障碍物中的孔隔开小于所述边界表面的曲率半径的10倍的距离。

27. 根据权利要求25或26所述的方法,其中,所述障碍物和/或所述孔的边缘包括被设置以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状的微观结构和/或润湿特性。

28. 根据权利要求25或26所述的方法,其中,所述非气态介质的表面张力被设置为控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

29. 根据权利要求25或26所述的方法,其中驻压力波作用到所述非气态介质上以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

30. 根据权利要求25或26所述的方法,其中,所述气态介质和非气态介质之间的边界由限定所述边界的形状的膜限定。

31. 根据权利要求30所述的方法,其中,所述膜是易碎的且被设置为在冲击波撞击时破裂。

32. 根据权利要求25或26所述的方法,包括:使作用到所述非气态介质的冲击波符合所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

33. 根据权利要求25或26所述的方法,包括多个障碍物,每个障碍物中包括至少一个孔并且每个障碍物将气态介质与非气态介质分离。

34. 根据权利要求33所述的方法,其中,所述孔被设置在一个障碍物中使得来自所述障碍物的多个横向喷流指向下一个障碍物中的单个孔处的所述非气态介质。

35. 根据权利要求33所述的方法,其中,所述障碍物成形为将最初的冲击波和/或合成冲击波聚集到所述一个或多个孔和/或所述目标表面上。

36. 根据权利要求25或26所述的方法,包括所述非气态介质内、相对于所述障碍物中的至少一个孔放置的一个或多个流体袋,使得入射到所述一个或多个流体袋上的冲击波集中随后入射到所述气态介质上的冲击波的强度。

37. 根据权利要求36所述的方法,其中,所述流体包括气体。

38. 一种用于产生局部能量集中的设备,所述设备包括:

气态介质;

非气态介质,所述非气态介质通过其中包括至少一个孔的障碍物与所述气态介质隔开;

目标表面,所述目标表面包括与所述气态介质中的障碍物隔开的凹陷;以及

用于产生至少一个冲击波的装置,所述至少一个冲击波传播通过所述非气态介质,以入射到由所述孔形成的边界上,从而在所述孔的另一侧上形成横向喷流。

39. 根据权利要求38所述的设备,其中,所述目标表面与所述障碍物中的孔隔开小于所述孔的直径的20倍的距离。

40. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述目标表面是可替换的。

41. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述目标表面包括多个凹陷。

42. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述障碍物包括多个孔。

43. 根据权利要求42所述的设备,其中,所述目标表面包括多个凹陷并且每个凹陷对应于所述障碍物中的一个孔。

44. 根据权利要求42所述的设备,其中,根据所述障碍物的形状和/或所述孔的形状设置所述孔,使得多个横向喷流指向所述目标表面上的单个位置。

45. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述障碍物被成形以控制所述横向喷流的形成。

46. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述障碍物中的孔被成形以控制所述横向喷流的形成。

47. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述孔被设置以控制所述孔中的气态介质和非气态介质之间的边界的形状。

48. 根据权利要求38或39所述的设备,所述设备包括控制所述气态介质的压力的装置,其中,所述孔中的气态介质和非气态介质之间的边界的形状由所述气态介质相对于所述非气态介质的压力控制。

49. 根据权利要求38或39所述的设备,其中,所述孔中的气态介质和非气态介质之间的边界是弯曲的。

50. 根据权利要求49所述的设备,其中,所述目标表面与所述障碍物中的孔隔开小于所述边界表面的曲率半径的10倍的距离。

51. 根据权利要求49所述的设备,其中,所述障碍物和/或所述孔的边缘包括被设置以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状的微观结构和/或润湿特性。

52. 根据权利要求49所述的设备,其中,所述非气态介质的表面张力被设置为控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

53. 根据权利要求49所述的设备,所述设备包括用于将驻压力波作用到所述非气态介质上以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状的装置。

54. 根据权利要求49所述的设备,所述设备包括限定所述气态介质和非气态介质之间的边界的形状的膜。

55. 根据权利要求54所述的设备,其中,所述膜是易碎的且被设置为在冲击波撞击时破裂。

56. 根据权利要求49所述的设备,其中,作用到所述非气态介质上的冲击波被设置为符合所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

57. 根据权利要求38或39所述的设备,所述设备包括多个障碍物,每个障碍物中包括至少一个孔并且每个障碍物将气态介质与非气态介质分离。

58. 根据权利要求57所述的设备,其中,所述孔被设置在一个障碍物中使得来自所述障碍物的多个横向喷流指向下一个障碍物中的单个孔处的所述非气态介质。

59. 根据权利要求57所述的设备,其中,所述障碍物成形为将最初的冲击波和/或合成冲击波聚集到所述一个或多个孔和/或所述目标表面上。

60. 根据权利要求38或39所述的设备,所述设备包括所述非气态介质内的相对于所述障碍物中的至少一个孔放置的一个或多个流体袋,使得入射到所述一个或多个流体袋上的冲击波集中随后入射到所述气态介质上的冲击波的强度。

61. 根据权利要求60所述的设备,其中,所述流体包括气体。

62. 一种用于产生局部能量集中的设备,所述设备包括:

气态介质;

非气态介质,所述非气态介质通过其中包括至少一个孔的障碍物与所述气态介质隔开,所述至少一个孔形成边界,所述边界在所述非气态介质中为凸的;

目标表面,所述目标表面与所述气态介质中的障碍物隔开;以及

用于产生至少一个冲击波的装置,所述至少一个冲击波传播通过所述非气态介质,以入射到由所述孔形成的边界上,从而在所述孔的另一侧上形成横向喷流。

63. 根据权利要求62所述的设备,其中,所述目标表面与所述障碍物中的孔隔开小于所述边界表面的曲率半径的10倍的距离。

64. 根据权利要求62或63所述的设备,其中,所述障碍物和/或所述孔的边缘包括被设置以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状的微观结构和/或润湿特性。

65. 根据权利要求62或63所述的设备,其中,所述非气态介质的表面张力被设置为控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

66. 根据权利要求62或63所述的设备,所述设备包括用于将驻压力波例如驻超声波作用到所述非气态介质上以控制所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状的装置。

67. 根据权利要求62或63所述的设备,所述设备包括限定所述气态介质和非气态介质之间的边界的形状的膜。

68. 根据权利要求67所述的设备,其中,所述膜是易碎的且被设置为在冲击波撞击时破裂。

69. 根据权利要求62或63所述的设备,其中,作用到所述非气态介质的冲击波被设置以符合所述非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

70. 根据权利要求62或63所述的设备,所述设备包括多个障碍物,每个障碍物中包括至少一个孔并且每个障碍物将气态介质与非气态介质分离。

71. 根据权利要求70所述的设备,其中,所述孔被设置在一个障碍物中使得来自所述障碍物的多个横向喷流指向下一个障碍物中的单个孔处的所述非气态介质。

72. 根据权利要求70所述的设备,其中,所述障碍物成形为将最初的冲击波和/或合成冲击波聚集到所述一个或多个孔和/或所述目标表面上。

73. 根据权利要求62或63所述的设备,包括所述非气态介质内的相对于所述障碍物中的至少一个孔放置的一个或多个流体袋,使得入射到所述一个或多个流体袋上的冲击波集

中随后入射到所述气态介质上的冲击波的强度。

74. 根据权利要求73所述的设备,其中,所述流体包括气体。

75. 根据权利要求38,39,62和63中任一项所述的设备,所述设备用于发生核聚变反应。

76. 根据权利要求38,39,62和63中任一项所述的设备,其中,所述目标表面包括用于核聚变的燃料或用于化学反应的反应物。

局部能量集中

技术领域

[0001] 本发明涉及用于产生非常高的局部能量的方法及设备。其特别但并非唯一地涉及产生高到足够引起核聚变的局部能量。

背景技术

[0002] 多年来,核聚变发电的开发已成为投资大量时间和金钱的领域。此投资已以高成本大量集中在开发大规模核聚变反应堆上。然而,存在预见简单和便宜得多的用于制造核聚变的机制的其它理论。本发明感兴趣的是伞式概念“惯性约束核聚变”,其使用机械力(例如冲击波)将能量集中并聚集到非常小的体积(volume)。

[0003] 对惯性约束聚变的各替代方法的潜在的大部分信心来自于对一种称为声致发光的现象的观察。在用特定频率的超声波激发包含合适大小的气泡的液体时发生此现象。压力波引起气泡扩张,并随即剧烈地坍塌;这个过程通常被称为惯性空化。气泡的迅速坍塌导致不平衡压缩,该不平衡压缩引起内容物升温至使其发光的程度[Gaitan,D.F.、Crum,L.A.、Church,C.C.以及Roy,R.A.,美国声学学会,91(6),3166-3183六月(1992)]。已进行了各种努力来加剧这个过程,并且有团体已经声称观察到核聚变[Taleyarkhan,R.P.、West,C.D.、Cho,J.S.、Lahey,R.T.、Nigmatulin,R.I.以及Block,R.C.,科学,295(5561),1868-1873三月(2002)]。然而,尽管已进行了大量的努力[Shapira,D.以及Saltmarsh,M.,物理评论快报,89(10),104302九月(2002)],但观察到的结果仍未被证实或得以重现。这不是唯一提出的已由坍塌的气泡引起发冷光的机制;但是,它是最具文件证明的。也已从由强大的冲击波造成的坍塌的气泡观察到了发冷光[Bourne,N.K.以及Field,J.E.,皇家学会哲学汇刊伦敦系列A-数学物理和工程科学,357(1751),295-311二月(1999)]。这是第二种机制,即:利用冲击波的气泡坍塌,本发明涉及该机制。

[0004] 在US 7445319中已经提出将以非常高的速度($\sim 1\text{km/s}$)移动的球状水滴射向坚硬的目标,以生成强烈的冲击波。这种冲击波能够用于使已在该水滴内成核并随后在其内扩张的气泡坍塌。上述专利期望核聚变在该坍塌的气泡内发生。之前已实验性地并以数据方式研究了通过高速液滴撞击在表面上而生成冲击波的机制,且已很好地记录了该机制(包括本专利发明人之成果[Haller,K.K.、Ventikos,K、Poulikakos,D.以及Monkewitz,P.应用物理杂志,92(5),2821-2828九月(2002)])。即使基本的物理机制类似,但由于其不使用高速液滴撞击,所以本发明与US7445319不同。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供上述技术的替换方案,且还可具有其它应用。当从本发明的第一方面来看时,其提供了一种产生局部能量集中的方法,包括:产生冲击波,该冲击波传播通过非气态介质,以入射到该非气态介质和气态介质之间的边界上,其由分离非气态介质和气态介质的障碍物中的至少一个孔形成,从而在该孔的另一侧上形成入射到包含与气态介质中的障碍物隔开的凹陷的目标表面上的横向喷流。

[0006] 本发明还扩展至一种用于产生局部能量集中的设备,包括:

[0007] 气态介质;

[0008] 非气态介质,通过其中包含至少一个孔的障碍物与气态介质分离;

[0009] 目标表面,其包括凹陷,凹陷在气态介质中与障碍物隔开;以及

[0010] 用于产生至少一个冲击波的装置,该冲击波传播通过所述非气态介质,以入射到由所述孔形成的边界上,从而在该孔的另一侧上形成横向喷流。

[0011] WO 2011/138622中已示出非气态介质中的冲击波与气态介质之间的相互作用例如冲击波撞击液体内的气泡可产生穿过气态介质运动的非气态介质的高速横向喷流,这导致该喷流撞击该气泡的下风侧。根据本发明,这被进一步开发。由冲击波入射到该边界上产生的横向喷流背离该目标捕集一定体积或“气泡状”的气态介质。这通过两个机制产生气体内强烈的能量集中。第一机制是简单的喷流的动能转化为势能且随后转化为热能的简单转换,因为当气泡阻止喷流的运动时,气泡被压缩。这包括通过弓形震波(bow shock)在喷流前面的移动加热和由该弓形震波的回弹引起的加热以及随后的被限制在气泡内的进一步产生的震波的相互作用。

[0012] 第二机制是来自自由喷流和目标表面之间的撞击产生的、从喷流传播到相邻的气泡的汇聚冲击波的能量转移。当冲击波的边缘朝向被捕集的体积传播时,冲击波的边缘聚集,形成收缩圈。当该冲击波最终向下聚集到附近一点时,其在压缩气泡中产生极其高的压力和温度。冲击波在其中从喷流传播到气泡的介质的密度的大的减少意味着冲击波在气泡中产生非常高的温度,尤其当冲击波汇聚到一点时。

[0013] 当非气态介质中的冲击波入射到气态介质上时产生的横向喷流从非气态介质和气态介质之间的边界加速到其目标表面处的高速度,在目标表面处横向喷流捕集和压缩一定体积的气体。当喷流继续通过气态介质时,该喷流因为冲击波汇聚而继续加速。因此,通过提供目标表面与障碍物中的孔的间距,即,在该间距内横向喷流首先形成在边界处,喷流有空间进一步加速,使得当撞击目标表面时该喷流达到比没有该间距时更高的速度。目标表面与边界中的孔的最大间距由在该处横向喷流开始变得不稳定且因此分解成液滴喷雾的点决定。因此,目标表面与障碍物中的孔的间距可小于该孔的直径的20倍,例如小于直径的10倍,例如小于直径的5倍,例如小于直径的2倍。在下面描述的边界表面(即,非气态介质和气态介质之间的边界)弯曲的一组实施例中,该间距可小于该边界表面的曲率半径的10倍,例如小于5倍,例如小于2倍。理论上,不存在最小间距,仅需要障碍物和目标表面不接触。然而,实际上,该间距必须足以提供一定量的气态介质,且在下述的一组实施例中,该间距必须足以滑入新的目标表面。该间距允许将来自冲击波的更多能量用于喷流以随后的目标表面上的冲击,因此,增加被捕集气泡的压缩和加热。例如,这可比作如WO 2011/138622所公开的在不存在与目标表面隔开的障碍物的情况下气态介质直接附着于作为气泡的目标表面上的设置。

[0014] 因此,根据诸如障碍物和目标表面之间的间距的各种因素,使用本发明能够改善喷流达到的速度。此外,如下面将说明的,障碍物与目标表面的间距产生许多其他优势。

[0015] 本发明的实施例可用于通过产生的非气态介质的喷流背离目标表面压缩一定体积的气态介质产生非常高的能量集中。由于捕集的气泡和相邻的目标表面中的非常高的能量集中,将不可避免地产生对目标表面的损害。在本发明的一些实施例中,例如在目标表面

包括用于核聚变的燃料或用于化学反应的反应物的那些实施例中,有意损害目标表面。如果本发明将被用于这种目的,为了获得可持续的反应,可期望高重复率的重复撞击。然而,将想到,对于喷流重复撞击到目标表面上,尤其当目标表面被该撞击损坏时,该目标表面将需要被快速替换。障碍物和目标表面的分离使其成为可能,这尤其因为目标表面不与任何非气态介质接触,除了当冲击波传播时。例如,目标表面可被完全替换,例如,损坏的表面滑出且新的表面滑入,或具有多个不同撞击位置的目标表面可相继移动以将每个撞击位置相对于障碍物中的孔放置,使得伴随非气态介质中的冲击波的每个重复或其倍数,目标表面上的新的目标位置接收来自产生的横向喷流的撞击。

[0016] 目标表面和障碍物的分离允许目标表面和障碍物由不同的材料制成,每种材料都适合于其目的。为了抵挡冲击波及可能的多个冲击波产生的压力,在一组实施例中,障碍物由高强度材料制成,例如,高强度钢。围绕孔的周边的障碍物可被加强,因为这是压力和能量有可能最大的位置。相反地,目标表面可能不需要具有任何特殊的结构强度,因为其除了通过喷流不直接与冲击波接触。如先前所述,目标表面可由用于核聚变的燃料或用于化学反应的反应物制成或至少包括用于核聚变的燃料或用于化学反应的反应物。

[0017] 目标表面和非气态介质例如通过障碍物的分离还能够使非气态介质的组分独立与气态介质的组分,例如,这是因为非气态介质不需要允许气态介质在其内成核的组分,但还因为可以容易地在障碍物的两侧提供这两种材料的不同供应。气态材料和非气态材料的这种独立性尤其有利于本发明的化学应用,例如,声化学和奇异化学(exotic chemistry),其中,可以选择适合于待被研究的特别反应的材料的组分。

[0018] 障碍物和目标表面的独立性由它们的分离造成,这两种结构的形状和障碍物中的孔还可单独地量身定制。有力地,目标表面包括凹陷。这可被设计为接收横向喷流的撞击,使得至少一些气态介质被捕集在撞击喷流和表面凹陷之间,例如,气泡被该喷流背离凹陷的内表面捕集和压缩。根据使用该设备的应用,例如核聚变或化学反应,目标表面可被成形为从在该表面发生的任何反应中收集产品。例如,目标表面可被设置为与水平面呈一定角度使得来自反应的远离该表面产品向下流向收集容器。

[0019] 冲击波入射的对面的凹陷中的表面形状可以是平坦的,使得喷流在一点处接触该表面。然而,在一组实施例中,表面凹陷被设置为使得最初的接触区域是曲线,该曲线形成闭合环路,例如环。这增加在喷流尖端和凹陷的边缘之间捕集一定体积的气态介质的容易度。为了实现其,目标表面的一部分的曲率大于喷流的尖端的曲率且表面的该部分被放置为使得喷流压紧该部分。当撞击时,产生环形冲击波,该环形冲击波的内边缘朝向凹陷的底部并朝向被捕集的气体部分传播。将这与停止撞击喷流的运动的气体的“活塞”作用结合产生被捕集气体的极其巨大的加热。例如,对于给定强度的冲击波,相对于与平面表面接触的一定体积的气体,这些设置可将峰值温度提高一个数量级。

[0020] 该凹陷可采用多种形状。在一组实施例中,其横截面在远离口时逐渐减小。该凹陷可类似于盘-例如持续弯曲的盘。然而,表面不需要持续弯曲。在一组实施例中,表面更类似于裂纹(crack)而不是盘的形状。这可以通过说明深度大于宽度来限定或由裂纹的尖端的曲率大于被捕集在其上的气泡部分的曲率(或最大曲率)的区域的存在限定。在一组实施例中,表面包括多个离散部分,例如,在该多个离散部分之间梯度间断。该部分自身可以为部分椭圆、抛物线等,但同样地也可以是直线。由离散部分形成的表面的特定组实施例可被描

述为分段多项式。

[0021] 目标表面不需要局限于具有单一凹陷(例如,利用上述的喷流现象)及因此在一组实施例中,目标表面包括多个凹陷。

[0022] 在一组特定的实施例中,横向喷流设置为撞击已制备为具有特定粗糙度、微观或宏观形状的表面区域,使得气态介质的许多小的部分被捕集在喷流尖端和目标表面之间,即,许多小的凹陷与横向喷流尖端的尺寸相比较小。

[0023] 在另一组实施例中,设置有多个离散的凹陷。每个独立的凹陷可成形为通过引起在障碍物处产生的横向喷流捕集一个或多个体积的气体来激励能量集中。也就是说,表面可以制备有不止一个横向喷流将与表面的成形部分相互作用的位置,在该表面的成形部分中,可以捕集一定体积的气态介质,因此提供可扩展性。使用多个凹陷的优势是可以利用更大比例的横向喷流能量。此外,由于障碍物与目标表面的分离,不需要改变气态介质的性质或当传遍多个凹陷时如何供应该气态介质。

[0024] 将想到,多个离散的凹陷尤其适合于障碍物中设置有不止一个孔的一组实施例。优选地,每个凹陷对应障碍物中的一个孔,即,使得产生的每个横向喷流撞击目标表面上其相应的凹陷。这允许更大比例的最初的冲击波入射到待被利用的障碍物上。多个孔可全部包括相同的形状,这简化了障碍物的制造,或多个孔可以是不同的形状,例如,取决于其在障碍物上的位置。这在障碍物的形状被最优化以控制横向喷流的形成的实施例中可能是有用的,例如,孔的形状可取决于障碍物的局部形状。此外,孔可依据障碍物的形状和/或孔的形状设置,使得多个横向喷流指向目标表面上的单一位置,例如,凹陷所位于的位置,以便在那个点处加强被捕集的气泡的压缩。这样,将想到,这还可以应用于目标表面设置仅有单一凹陷的该组实施例。

[0025] 目标表面中的多个凹陷可以多种方式形成。例如,固体表面可被钻孔或以其它方式加工以产生凹陷或凹点。然而,在一组实施例中,凹陷可由表面的表面构造产生。例如,表面可用研磨材料喷砂(blast)、蚀刻或以其它方式处理以产生所需程度的表面粗糙度,该表面粗糙度在微观层面提供大量的凹点或凹陷。

[0026] 如上文概述的许多实施例中所暗示的,目标表面可由固体构造,但其同样也可作为液体。在固体的情况中,US 7445319中所提出的任何材料都适合。在液体的情况中,所需的表面形状(如果需要,例如,在包含凹陷的该组实施例中)可以多种方式实现。例如,一定体积的液体的表面可用适当的振动(例如,使用超声波或另一种方法)激励以产生具有所需形状的波。可选地,所需形状可通过液体和具有适当匹配的润湿性的固体表面之间的接触角实现。当然,该后者的示例示出表面可包括固体和液体的结合。在目标表面包括液体的位置处,通常将比非气态介质更密集。

[0027] 障碍物的形状还可成形为控制横向喷流的形成。更特别地,通过明确设计障碍物以接收由入射冲击波与气态介质相互作用形成的高速喷流,当入射冲击波与气态介质的表面相互作用时,其形成传递震波(transmitted shock)和反射稀疏波(reflected rarefaction)。如果接触是恰当的形状,即,远离入射冲击波弯曲,则然后该稀疏波将起到将流集中到一点的作用。然后,这导致高速横向喷流的形成,纯粹作为示例,该高速横向喷流可对于1GPa的冲击波达到超过2000m/s。当该喷流撞击目标表面时,通过撞击的力以类似于US 7445319所描述的高速液滴撞击情况的方式在内部产生强劲冲击波。障碍物可包括整

体形状以使冲击波集中朝向孔,或在障碍物中设置多个孔的实施例组中,障碍物可在每个孔的附近局部成形以控制产生的每个横向喷流的形成。

[0028] 和目标表面的形状和/或障碍物的形状被选为使横向喷流的形成和捕获气泡的压缩最优化一样,障碍物中的孔的形状还可被选为有助于横向喷流的形成。该孔可包括通过具有恒定横截面的障碍物的多个不同形状中的一个,例如,圆形。然而,为了控制横向喷流的形成并将其集中或引导在目标表面上,横截面可在气态介质的方向上外倾或渐缩通过障碍物。在这点上,横向喷流旨在撞击的例如凹陷的目标表面上的区域不需要直接设置在横向喷流起源的孔的对面,障碍物和/或孔的形状可被设置为控制其。

[0029] 每个孔的形状还可用于控制孔中的气态介质和非气态介质之间的边界的形状。边界形状还可由气态介质相对于非气态介质的相对压力控制。如将想到的,由于障碍物和目标表面之间的分离,控制本发明的设置是尤其简单的。在一组实施例中,设备包括控制气态介质的压力的装置。例如具有气态介质的流体连通部中的气体供应的这些装置或可选装置还可用于在冲击波已作用到非气态介质后补充气态介质。这组实施例具有下列优势:极好地控制产生的气态介质的内容和尺寸,也允许快速补充气态介质,即,与非气态介质中的气泡成核相比,能够高重复率地施加冲击波,产生由障碍物与目标表面的分离造成的另一优势。

[0030] 非气态介质和气态介质之间的边界的形状可以是平坦的。然而,在上文提到的一组实施例中,边界是非平坦的,即为弯曲的。优选地,气态介质通过孔突出到非气态介质中,即,边界是凸的。该凸形已经被发现是特别有利于使横向喷流形成为稀薄扇,该稀薄扇当冲击波入射到边界时形成,起到将非气态介质的流集中到一点从而形成窄的喷流的作用,在该窄的喷流中利用穿过边界的表面的能量。这被认为是其本身的权利具有新颖性和创造性,且因此,当从另一方面看时,本发明提供了一种产生局部能量集中的方法,该方法包括:产生冲击波,该冲击波传播通过非气态介质,以入射到通过将非气态介质与气态介质分离的障碍物中的至少一个孔形成的非气态介质和气态介质之间的凸的边界上,从而在孔的另一侧上形成入射到气态介质中与障碍物隔开的目标表面上的横向喷流。

[0031] 本发明还扩展至一种用于产生局部能量集中的设备,包括:

[0032] 气态介质;

[0033] 非气态介质,其通过其内包括至少一个孔的障碍物与气态介质分离,该至少一个孔形成非气态介质中为凸的边界;

[0034] 目标表面,其在气态介质中与障碍物隔开;以及

[0035] 用于产生至少一个冲击波的装置,该冲击波传播通过所述非气态介质,以入射到由所述孔形成的边界上,从而在孔的另一侧形成横向喷流。

[0036] 在一组实施例中,作用到非气态介质上的最初的冲击波可被设置为符合非气态介质和气态介质之间的边界的形状,该形状可增加制造的横向喷流的强度。

[0037] 在一组实施例中,障碍物和/或孔的边缘的微观结构或润湿特性可被最优化以控制边界形状。例如,障碍物和/或孔可包括疏水的和/或亲水的表面或涂层(或对除水外的流体类型具有亲和力和排斥力的材料)。提供特定微观结构或润湿特性的障碍物和/或孔与补充气态介质的装置结合可再次有助于气态介质快速形成在边界处以能够实现冲击波的高的重复率。例如,孔的周边可包括疏水材料,在疏水材料的外面是亲水材料以控制气态介质

和非气态介质的位置边界和边界与障碍物的接触角。

[0038] 在另一组的实施例中,非气态介质的表面张力可用于控制边界形状。在另一组的实施例中,驻压力波例如驻(standing)超声波作用到非气态介质以控制边界形状。该技术还可用于激励在边界处跟随冲击波的气态介质的更新,再次使能冲击波的高重复率。

[0039] 发明人还设想了另一种技术以控制边界形状且以使能产生冲击波的高重复率。在一组实施例中,设备包括限定气态介质和非气态介质之间的边界的膜,例如预制膜,该膜限定边界形状。以这种方式的薄膜的使用允许非气态和气态材料的去耦,允许待制造组件的组合的任何选择。其还允许边界形状被控制为具有其他方法不可达到的精度。膜可由任何合适的材料形成,例如玻璃,例如塑料,例如橡胶。

[0040] 具有预制膜允许当气态介质被限制在障碍物的非气态介质的一侧且因此不能通过孔飘走或否则被干扰时更容易地使用例如液体的非气态介质。在一特定组的实施例中,膜是易破的且被设置为一经来自冲击波的撞击就破裂使得其对产生的动力没有影响。在一组实施例中,预制膜包括薄弱的线或区域,使得一经来自冲击波的撞击,其就沿薄弱的线或区域破裂。薄弱的线或区域可被设置使得破口的位置对随后的流动模式具有影响,例如,这可帮助控制横向喷流的形成和动力。在另一组实施例中,膜被设计为变形为具有坍塌边界。

[0041] 在多个孔被设置在障碍物中的实施例组中,分离膜可被设置为覆盖每个孔。然而,在一组实施例中,膜被设置为覆盖障碍物中的两个或多个孔。这较容易设置,尤其当需要待被作用到非气态介质的多个冲击波的高重复率时。例如,新膜可在冲击波的每个应用之前被滑入设备中,类似于如上所述的目标表面的设置。的确,目标表面和膜可被同时滑入例如预制的其间具有气态介质的位置。

[0042] 在一组实施例中,设备包括多个障碍物,每个障碍物包括其中的至少一个孔并将气态介质与非气态介质分离。以这种方式,来自最初的冲击波的能量可利用每个入射到障碍物上的连续入射加强,且非气态介质从而在目标表面上利用来自最初的冲击波的较大量的能量。障碍物的任意侧的非气态介质和气态介质的每个体积不必包括相同组分。例如,在具有两个障碍物的实施例组中,冲击波可被作用于第一非气态介质以入射到第一障碍物中的孔处的具有第一气态介质的边界,且然后,随后入射到第二非气态介质且然后在入射到目标表面之前入射到第二障碍物中的孔处的具有第二气态介质的第二边界。

[0043] 在障碍物的一般方向为水平的实施例中,气态介质的中间层可仅在各自的非气态介质层上飘动。然而,在一组实施例中,设备包括分离远离边界的非气态介质和气态介质之间的边界的膜,这在障碍物的一般方向远离水平位置的实施例中尤为有利,以保持非气态介质和气态介质的各自位置。这可以添加或代替膜穿过障碍物处的孔。

[0044] 为了将在一个障碍物处产生的横向喷流引导到下一个障碍物中对应的孔处的非气态介质上,相邻障碍物中的孔可彼此直接对齐。可选地,孔可被设置使得来自一个障碍物的多个喷流朝向下一个障碍物中的单个孔处的非气态介质,或反之亦然,即,单个喷流对多个孔。该前者可选方案可被看为当多个会聚喷流使入射到下一个非气态层上的冲击波加强时尤为有利。因此,如果非气态和气态材料的连续层以这种方式设置,则来自最初的冲击波的大量能量可被利用并被聚集到被捕集并压缩抵靠目标表面的最终的气态材料上。还将想到,为了控制横向喷流和合成冲击波的形成,这些设置中的任何一个可与任何数量的上述实施例结合,例如,关于孔的形状、障碍物的形状等。特别地,障碍物可成为形将最初的和/

或合成的冲击波聚集到一个或多个孔和/或目标表面上,例如,以符合在随后的障碍物中的一个或多个孔处的气态介质和非气态介质之间的边界的形状。

[0045] 当然,如已经提到的,一些实施例可包括多体积的气态介质。然而,添加或代替这些各自与各自的障碍物接触的多体积,发明人想到了最初的冲击波可被聚集到最终的目标表面上的进一步的设置。在一组实施例中,设备包括非气态介质内的、相对于障碍物中的一个或多个孔放置的一个或多个流体袋使得入射到第一流体袋上的冲击波集中随后入射到气态介质上的冲击波强度。优选地,流体包括气体,例如,如气体介质的相同组分的气体。

[0046] 将想到,与多层非气态介质和气态介质一样,非气态介质(以及其任何层)内的一个或多个流体袋起到利用比入射到障碍物中的单个孔上更大比例的最初的冲击波。入射到流体袋上的冲击波引起形成加速通过该体积的袋并撞击该袋的下风侧的横向喷流。该撞击导致向外移动的冲击波,该向外移动的冲击波可超过入射冲击波的压力10倍。流体袋相对于障碍物中的一个或多个孔放置使得该更强烈的冲击波然后与具有比最初的冲击波入射到其上更大的压力的气态介质相互作用。与用于多层的障碍物中的多个孔一样,多流体袋可放置在非气态介质中以产生横向喷流,该横向喷流随后撞击障碍物中的一个或多个孔处的气态介质。

[0047] 和为目标表面、障碍物、障碍物中的孔和边界中的一个或多个创建特定形状一样,在一组实施例中,目标表面、障碍物和孔中的一个或多个的微观结构或润湿特性可被最优化以控制目标表面附近的冲击波的速度,例如,以增加目标表面附近的速度,从而改变冲击波的形状且因此改变冲击波和被围气泡之间的相互作用的性质。如前所述,非气态介质和气态介质之间的适当成形的边界可用于这组实施例中以使冲击波的形状与边界的形状相匹配,从而允许控制横向喷流形成的动力以为了使压缩被捕集气泡所达到的温度和密度最大化。

[0048] 在此描述的本发明提供US 7445319中所描述的技术的备选方案,这些方案可带来其自身的优点。本发明人已经认识到,如US 7445319中所提出的,使以高速射入目标内的液滴中的气泡成核具有相当大的挑战。当冲击波冲击时,对于该气泡来说,时机必须非常精确,以使其处于扩张-坍塌的周期内的有利时刻。如US 7445319所要求并在US7380918中详述的制造高速液滴的方法也是复杂和昂贵的。通过对比,根据本发明的至少优选的实施例能够避免这种复杂性和相关费用。因此,由于仅需要在非气态介质内制造冲击波,本发明的各方面提供用于压缩由来自非气态介质的喷流限制的气泡的更简单的技术。而且,本发明人所实施的两种技术的理论和计算机建模提出:根据本发明的方法能够产生比US 7445319中详述的方法高一个数量级的压力和温度强度。

[0049] 可根据本发明用于利用冲击波压缩气泡的更静态的框架允许较大(与游离气泡相比)控制冲击波如何撞击气态介质并与被限制的气泡相互作用。

[0050] 最初的冲击波可根据所需的压力通过多种不同的装置以多种不同的方法产生。例如,可使用冲击波碎石装置(lithotripsy device)产生较低强度的冲击波或可使用爆炸平面波发生器提供高强度冲击波。可选地,可使用气枪将射弹打入与非气态介质接触的膜片或活塞中以制造冲击波。在优选实施例中,这种爆炸装置可制造0.1GPa和50GPa之间的冲击波压力,以及在另一优选实施例中,可使用碎石装置产生100MPa到1GPa的冲击波压力。如果将冲击波反复作用到非气态介质,则重复率可大于0.1Hz,例如大于1Hz,例如大于10Hz,例

如大于100Hz,例如大于1kHz,例如大于20kHz。

[0051] 在此使用的术语“气态介质”和“气体”应理解为一般的气态介质和气体,且因此不限于纯原子或分子气体,而且还包括蒸汽、气体中的液体或固体的悬浮物或微悬浮物或这些的任意混合。“非气态介质”应理解为一般的非气态介质,且因此可包括液体、非牛顿学液体、半固体凝胶、在冲击波的通过改变其性质之前表面上是固体的材料、悬浮物或微悬浮物以及胶质。示例包括但不限于水、油、诸如丙酮、水凝胶以及有机凝胶的溶剂。应理解,非气态介质将具有比气态介质更大的密度。

[0052] 非气态介质可为用于在其中制造冲击波的诸如液体或半固体凝胶的任意合适的物质。如上所述,气态介质可设置在障碍物和目标表面之间。使用凝胶或粘性液体具有这样的优点:与较低粘度液体相比,更易于控制障碍物中的孔处的气态介质和非气态介质之间的边界的形状,其中,在该较低粘度液体中非气态介质的浮力可克服液体的粘度。此外,非气态介质和/或气态介质可包括例如表面活性剂的添加剂以控制表面张力并因此控制气态介质和非气态介质之间的边界的形状。

[0053] 在一组优选的实施例中,使用在此描述的方法产生核聚变反应。可由气态介质、非气态介质提供反应的燃料,或可由目标表面自身提供燃料。US 7445319中所提到的任意燃料均适用于本发明的使用。

[0054] 可根据本发明的某些实施例获得的核聚变反应可用于净能源生产(本领域的长期研究目标),但是,发明人已想到,即使核聚变的效用低于净能源生产所需要的效用,但根据本发明的实施例可获得可靠的核聚变是有优势的,例如,其在可用作其它核聚变工程的燃料的氙的生产中有优势,且使用现有技术例如使用例如核裂变反应堆生产氙是非常昂贵的。核聚变还可有益于生成快速且安全的中子源,该中子源比常规的可选方案更便宜且更紧凑。本领域技术人员将想到,这具有许多可能的应用,例如,船运集装箱。

[0055] 此外,不是必须根据本发明产生核聚变。例如,在一些实施例中,可将本发明的技术和设备用作声化学或奇异化学反应器是非常有优势的,该声化学或奇异化学反应器可用于访问极端且不寻常的条件,或仅用于产生大量加热,尤其是局限在其集中处。

附图说明

[0056] 现将参照附图仅通过示例方式描述本发明的特定实施例,其中:

[0057] 图1示出根据本发明的实施例;

[0058] 图2a-2c示出冲击波与图1所示的气态介质的相互作用的三个连续阶段;

[0059] 图3示出包括膜的图1的实施例的变形;

[0060] 图4示出包括亲水和疏水区域的图1的实施例的变形;

[0061] 图5示出包括聚焦气泡的图1的实施例的变形;

[0062] 图6示出包括两层的图1的实施例的变形;

[0063] 图7示出上层包括两个孔的图6的实施例的变形。

具体实施方式

[0064] 图1示意性示出根据本发明的设置。在水凝胶形式的非气态介质4例如水和胶的混合物和气态介质6例如适合于参与核聚变反应的蒸汽燃料之间放置例如由高强度钢或钛合

金制成的固体障碍物2。孔8形成在障碍物2中,因此允许边界10形成在非气态介质4和气态介质6之间的接触表面上。在非气态介质4和气态介质6之间的边界10在水凝胶中限定为突出进入非气态介质4中的半球表面。由例如包含核燃料或反应物的任何合适的材料制成的固体目标表面12在非气态介质的另一侧上与障碍物2隔开并平行于障碍物2放置。将想到,考虑到大范围的可能材料,对需要抵挡冲击波的目标表面的材料没有限制。目标表面12包括与充满气态介质6的障碍物2中的孔8相对的、凹的、V形的凹陷14。凹陷14可由于目标表面12中的撞击而被机加工或成形。设备的尺寸并不重要,但该图表的典型尺寸可在 0.1 和 1×10^{-5} m之间。

[0065] 现在将尤其参照图2a-2c所示的冲击波16与气态介质6相互作用的三个连续阶段描述该实施例的操作。首先,冲击波16由非气态介质4内的例如具有5GPa压力的爆炸产生。这在图1中被表示为在朝向障碍物2的箭头方向传播的线16。

[0066] 首先,如图2a所示,冲击波16撞击边界10的上部,由于从非气态介质4到气态介质6的密度的大的变化产生待被反射的冲击波16的部分。该反射部分形成稀薄扇,该稀薄扇远离气态介质6传播并因此在边界10处的冲击波的反射部分和气态介质6之间产生低压区域。

[0067] 如图2b所示,非气态介质4作为横向喷流13流入该低压部分,然后,该横向喷流13横穿气态介质6。如图2c所示,障碍物2距目标表面12的间距允许喷流13加速通过气态介质6直到其撞击到目标表面12上的凹陷14中,在喷流13的尖端和目标表面12中的渐缩凹陷14之间捕集一定体积15的气态介质6。被捕集体积内部的气态燃料的压缩引起剧烈的局部加热,该局部加热足以发生核聚变反应。

[0068] 图3示出图1所示的实施例的变形,其中,放置在障碍物102中的孔108上方的预制膜110将非气态介质104与气态介质106隔开。预制膜110是易碎的,即,其被设计为在冲击波116撞击的时候破裂。一旦预制膜110已经被冲击波116的撞击打破,则合成横向喷流继续传播进入气态介质106中,以与前述实施例相同的方式抵靠凹陷114中的目标表面112捕集小体积的气态介质。预制膜110还允许非气态介质104由液体制成,因为其防止气态介质106通过孔108浮起和溢出。

[0069] 图4示出图1所示的实施例的另一变形,其中,将障碍物202中的孔208的周边涂覆疏水材料218,并将该障碍物202的外面涂覆亲水材料220。疏水材料218和亲水材料220的结合和相对位置允许非气态介质204和气态介质206之间的边界210精确定位并具有再现性,例如,当在应用冲击波216后补充气态介质206时。疏水材料218和亲水材料220的涂覆还有助于形成边界210,即有助于使其竖立成其半球形。

[0070] 图5示出图1所示的实施例的进一步的变形,其中,两个气体袋322在障碍物302中的孔308的上方和一侧对称隔开地放置,在非气态介质304内。在操作中,冲击波316首先入射到两个气体袋322的上表面,并以与如参照上述实施例所描述的冲击波与气态介质306在孔308处相互作用类似的方式,形成非气态介质304的横向喷流,该横向喷流穿过每个气体袋322的体积使得其撞击每个气体袋322的下风侧。这些撞击产生合成冲击波,该合成冲击波比作用到非气态介质304上的最初的冲击波316更剧烈,且随后在障碍物302中的孔308处入射到气态介质306上。如上文前述实施例所述,该合成冲击波与气态介质306相互作用,因此,随后抵靠凹陷314中的目标表面312捕集一定体积的气态介质306。

[0071] 图6示出图1所示的实施例的另一变形,其中,下障碍物424设置在上障碍物402的

下面且与上障碍物402平行。第一层非气态介质404设置在下面具有一层气态介质406的上障碍物402的上方,且第二层非气态介质426设置在下面具有一层气态介质428的下障碍物424的上方。在操作中,冲击波416首先入射到第一层非气态介质404和第一层气态介质406之间的边界410上,并以与如参照上述实施例所描述的冲击波与气态介质406在孔408处相互作用类似的方式,形成非气态介质404的横向喷流,该横向喷流穿过第一层气态介质406使得其撞击第二层非气态介质426。该撞击在第二层非气态介质426中产生合成冲击波,该合成冲击波比作用到第一层非气态介质404上的最初的冲击波416更剧烈,且其随后入射到由下障碍物424中的孔430形成的具有第二层气态介质428的边界上。合成横向喷流穿过第二层气态介质428,因此,随后抵靠凹陷414中的目标表面412捕集一定体积的气态介质428。

[0072] 图7示出图6所示的实施例的变形,其中,两个孔508在下障碍物524中的孔530的上方和一侧对称隔开地设置在上障碍物502中。该实施例的操作非常类似于图6所示的实施例,除了两个合成横向喷流产生在第一层气态介质506中,该两个合成横向喷流结合并最终入射到第二层气态介质528上,从而利用形成为最终的横向喷流的较大比例的来自最初的冲击波516的能量,该最终的横向喷流在目标表面512中的凹陷514中捕集一定体积的气态介质528。

[0073] 尽管已经给出了具体的示例,但应意识到,有大量的参数影响所获得的实际结果,例如液体或凝胶介质密度、环境压力和温度、气态介质和非气态介质的成分、撞击角度和冲击波形状、目标表面形状和目标表面的微观结构、障碍物形状、障碍物数量和非气态介质和气态介质的层数和非气态介质和气态介质之间的边界的形状。

[0074] 在上文所描述的每个实施例中,所示图表为通过三维体积的气态介质和目标表面的垂直横截面,且因此其可描述旋转对称的实施例。然而,这对本发明并不重要。特别地,代替所示的垂直横截面上或与垂直横截面上一样,表面可包括旋转方向上的离散表面部分。在后者的案例中,目标表面将为多面的。每面可产生分离但汇聚冲击波。

[0075] 在所述的所有实施例中,可通过在介质中产生入射到包含氘化水蒸气的气泡而使用该设备。

[0076] 在数值模拟实验中,在此所描述的技术产生了~20GPa的峰值压力,该峰值压力足以引起坍塌的气体体积内的温度超过 1×10^6 开尔文, 1×10^6 开尔文足够用于氘原子的核聚变反应。在一些非限制性示例中,产生的中子可用在其它过程中,或可由中子吸收剂吸收,以用于将中子的动能转换为热能,并因此用于常规热力发电。

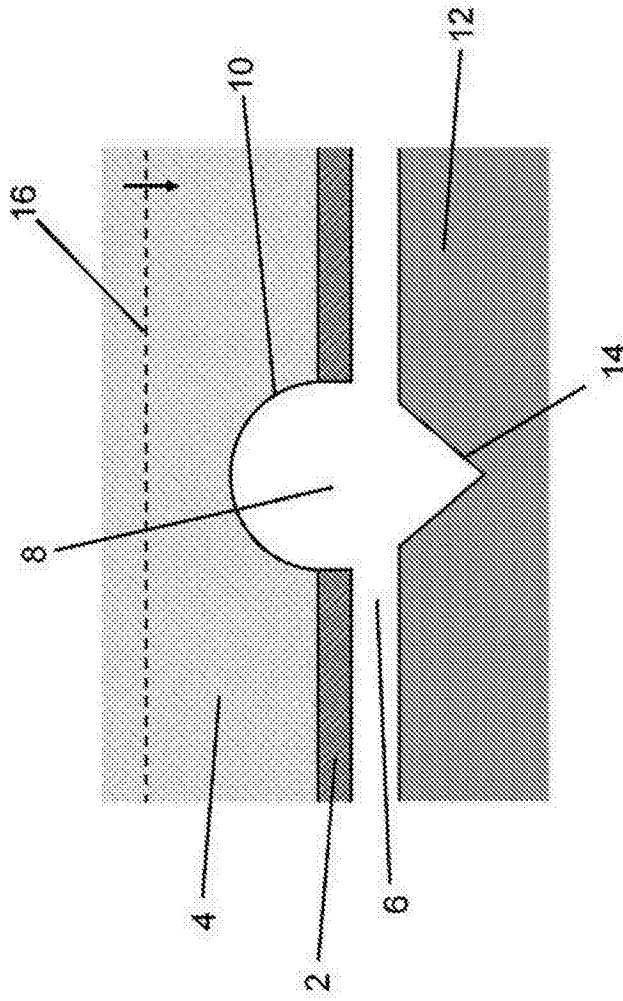


图1

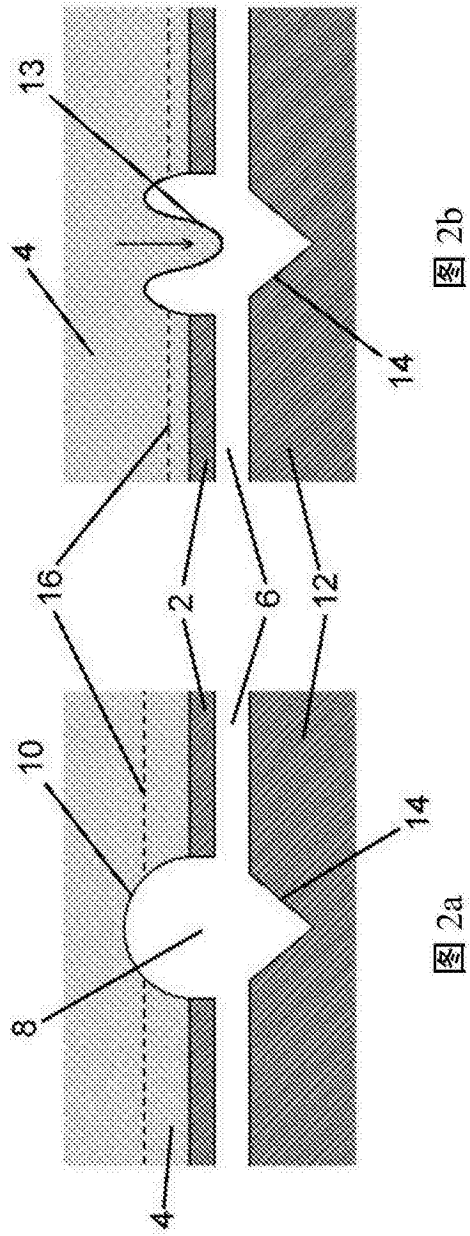


图 2b

图 2a

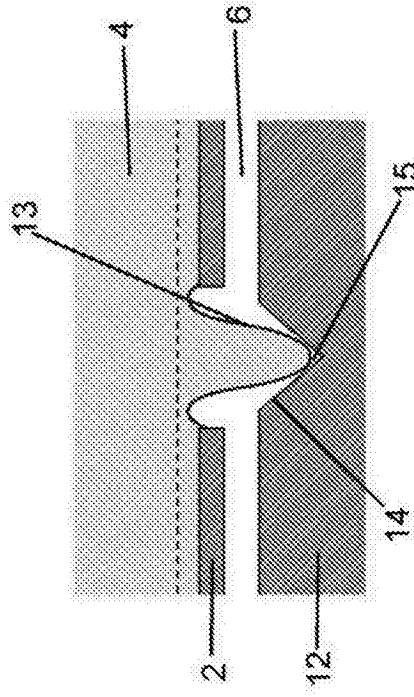


图2c

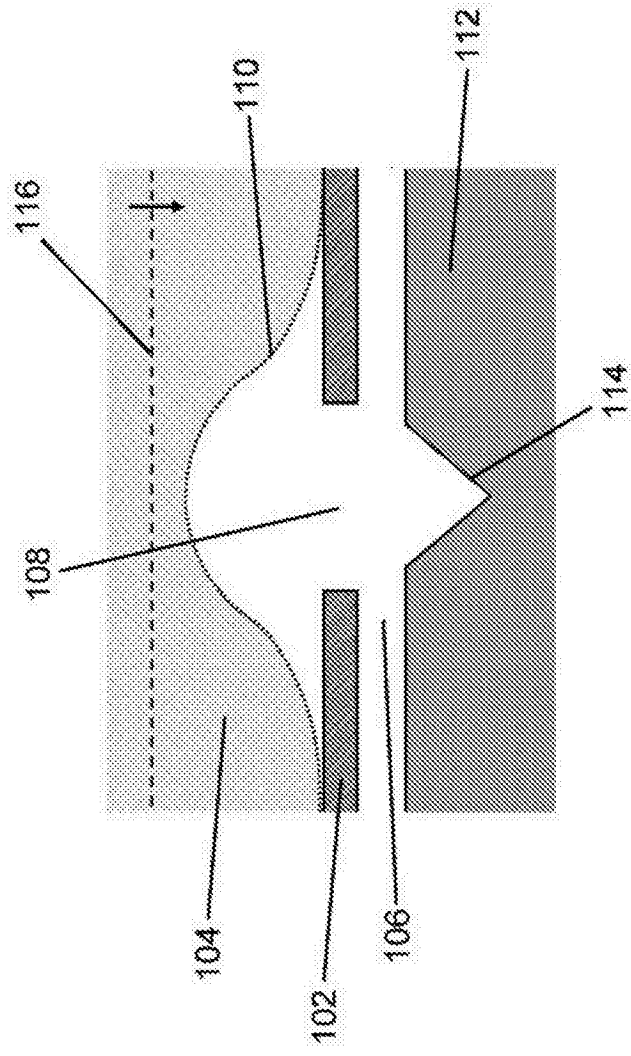


图3

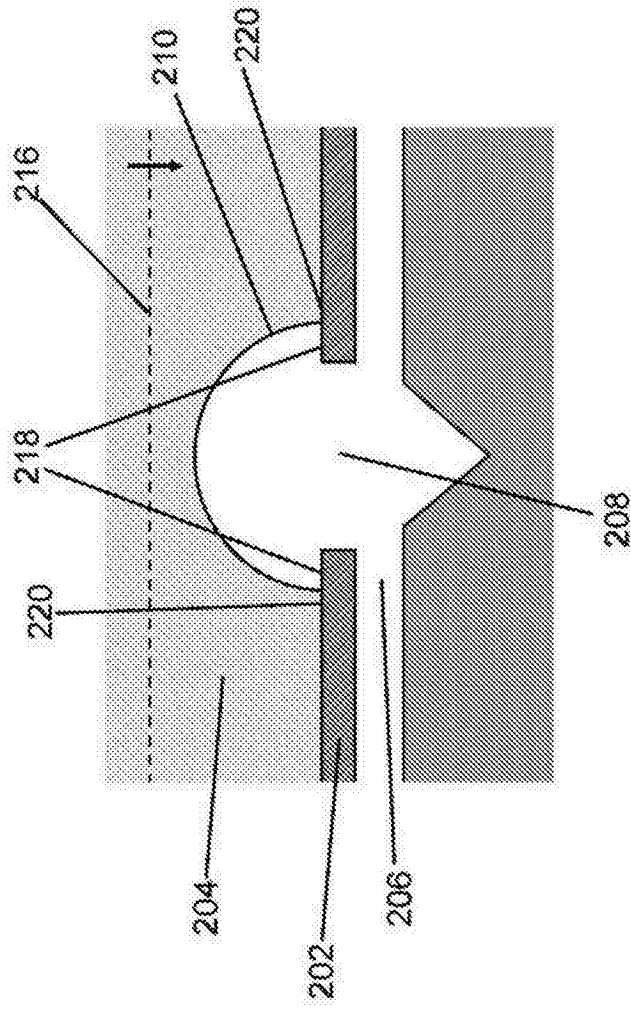


图4

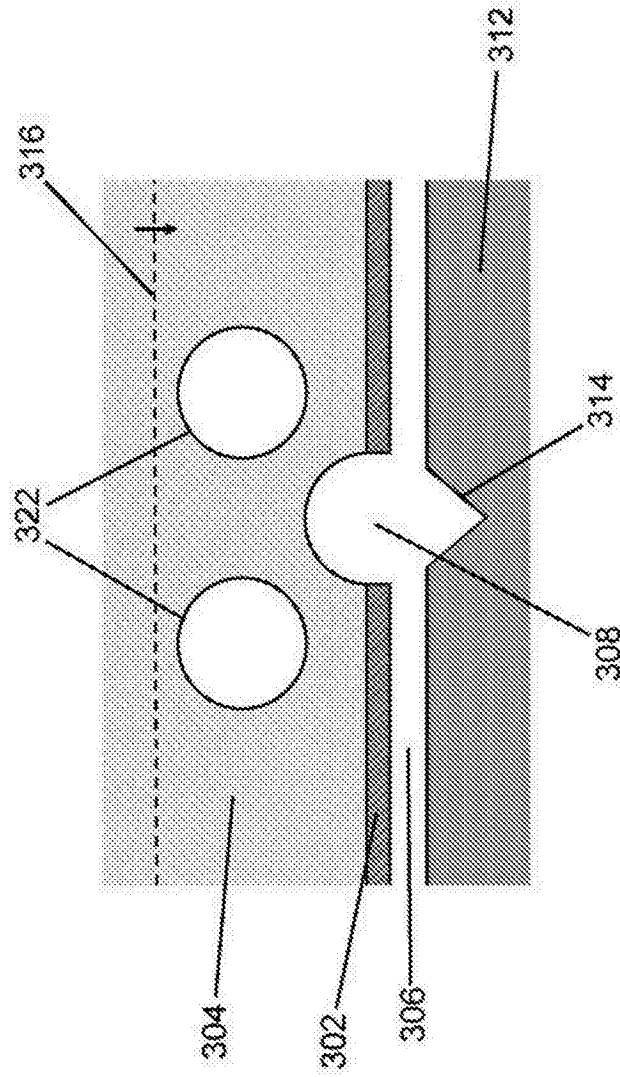


图5

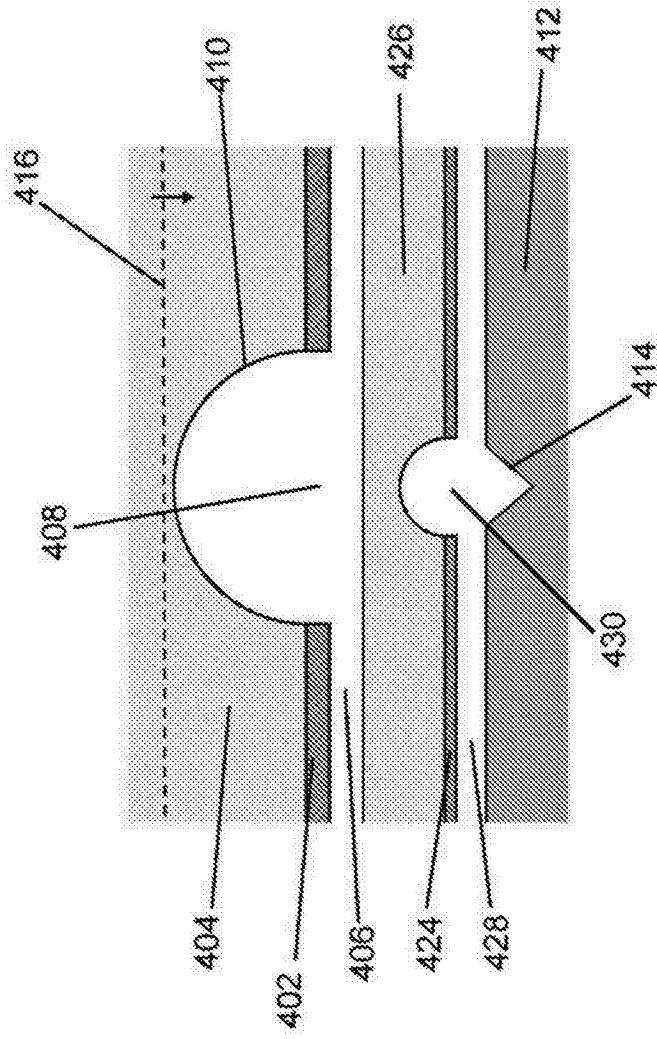


图6

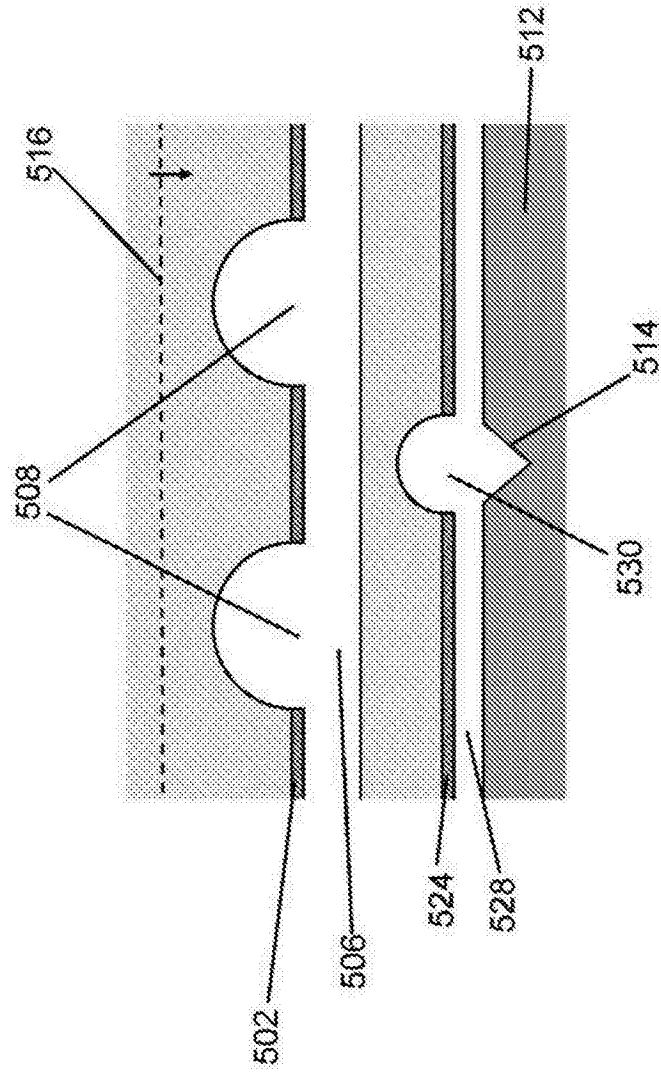


图7