



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102884586 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201180023029. 6

(22) 申请日 2011. 05. 09

(30) 优先权数据

1007655. 2 2010. 05. 07 GB

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2012. 11. 07

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/GB2011/050889 2011. 05. 09

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/138622 EN 2011. 11. 10

(73) 专利权人 牛津大学技术转移公司

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

公司 11002

代理人 经志强 王莹

(51) Int. Cl.

G21B 3/00(2006. 01)

(56) 对比文件

US 4759894 A, 1988. 07. 26,

CN 1112277 A, 1995. 11. 22,

J. Paul Tullis. Cavitation Guide for Control Valves. 《Tullis Engineering Consultants》. 1993, 参见第 5、10-11 页, 图 1. 2-1. 3.

审查员 徐长江

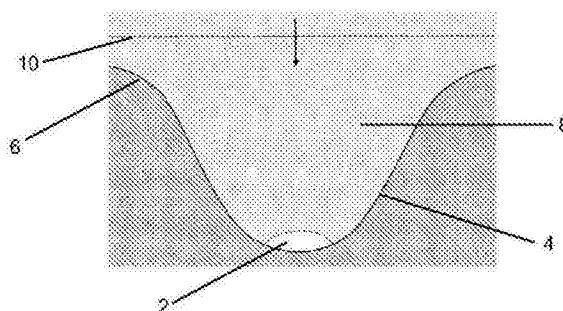
权利要求书4页 说明书9页 附图4页

(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, 包括制造至少一个冲击波(10), 该冲击波(10)传播通过非气态介质(8), 以便入射到该介质(8)中的气囊(2)上。该气囊(2)附着于包括凹陷(4)的表面(6), 该表面(6)成形为部分地容纳该气囊(2)。一种产生局部能量集中的设备, 包括非气态介质(8), 其内具有气囊(2)。该气囊(2)附着于包括凹陷(4)的表面(6), 该凹陷(4)成形为部分地容纳该气囊(2)。该设备进一步包括用于制造至少一个冲击波(10)的装置, 该冲击波(10)传播通过该介质(8), 以便入射到该气囊(2)上。



1. 一种产生局部能量集中的方法, 包括制造至少一个冲击波, 所述冲击波传播通过非气态介质, 以便入射到所述介质中的气囊上, 其中, 所述气囊附着于一表面, 所述表面包括凹陷, 所述凹陷成形为部分地容纳所述气囊, 且,

在所述气囊坍塌期间控制横向喷流的形成, 其中, 表面凹陷被设计为接收横向喷流撞击, 使得将气囊的至少一部分捕集在撞击中的喷流与所述表面凹陷之间。

2. 一种如权利要求1所述的方法, 其中, 所述喷流被设置为冲击所述表面上的一区域, 所述区域已被制备为具有在微观层面提供大量的坑或凹陷的粗糙度, 使得将所述气囊捕集到所述喷流的尖端与所述表面之间的大量的坑或凹陷中。

3. 一种如权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述表面凹陷和气囊被设置为使得最初的接触区域是形成闭环的曲线。

4. 一种如权利要求3所述的方法, 其中, 所述表面凹陷的一部分具有比喷流的尖端的曲率更大的曲率, 并且其中, 所述表面凹陷的这一部分被设置为使得所述喷流撞击到其中。

5. 一种如权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述表面凹陷的横截面背离所述表面凹陷的开口而锥形化。

6. 一种如权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述表面凹陷的深度大于其宽度。

7. 一种如权利要求1或2所述的方法, 其中, 所述表面凹陷包括多个离散部分。

8. 一种如权利要求7所述的方法, 其中, 所述离散部分为分段多项式。

9. 一种产生局部能量集中的方法, 包括制造至少一个冲击波, 所述冲击波传播通过非气态介质, 以便入射到悬浮在所述介质中的气囊上, 其中, 所述气囊与一表面间隔开, 所述表面成形为: 以将所述冲击波导向所述气囊上的方式, 至少部分地反射所述冲击波, 并且其中最接近所述表面的所述气囊的边缘与所述表面间隔开一定距离, 所述距离小于所述气囊的最宽部分的尺寸的五倍。

10. 一种如权利要求9所述的方法, 其中, 所述表面被设置为将所述冲击波反射和/或聚集到所述气囊上。

11. 一种如权利要求10所述的方法, 其中, 被反射和/或聚集的冲击波与所述气囊相互作用。

12. 一种如权利要求9、10或11中任一项所述的方法, 其中, 所述表面是非平面的。

13. 一种如权利要求9至11中任一项所述的方法, 其中, 所述表面包括多个离散部分。

14. 一种如权利要求13所述的方法, 其中, 所述离散部分为分段多项式。

15. 一种如权利要求9至11中任一项所述的方法, 其中, 所述表面以这样的方式成形: 将被反射的冲击波聚集到所述气囊上。

16. 一种如权利要求15所述的方法, 其中, 所述表面成形为: 将被反射的冲击波聚集到一点。

17. 一种如权利要求9至11中任一项所述的方法, 其中, 所述气囊被放置为使其与所述表面的距离不大于与表面最接近的所述表面的一部分的最大曲率半径的三倍。

18. 一种如权利要求9至11中任一项所述的方法, 其中, 最接近所述表面的所述气囊的边缘与所述表面间隔开一定距离, 所述距离小于所述气囊的最宽部分的尺寸的三倍。

19. 一种产生局部能量集中的方法, 包括制造至少一个冲击波, 所述冲击波传播通过非气态介质, 以便入射到所述介质内的气囊上, 其中, 所述气囊附着于一非平面表面, 所述非

平面表面成形为:集中入射到所述气囊上的所述冲击波的强度,其中,所述表面是凹的并且包括多个离散部分。

20.一种如权利要求19所述的方法,其中,所述离散部分为分段多项式。

21.一种如权利要求19或20所述的方法,其中,所述气囊附着于所述凹的表面的底部或中心点。

22.一种如权利要求19或20所述的方法,其中,所述表面的深度大于其宽度。

23.一种如权利要求19或20所述的方法,其中,所述表面包括多个凹的部分。

24.一种如权利要求19或20所述的方法,其中,所述凹的表面具有附着于其上的多个气囊。

25.一种如权利要求1、9或19中任一项所述的方法,包括使用引爆装置以制造具有0.1GPa和50GPa之间的压力的冲击波。

26.一种如权利要求1、9或19中任一项所述的方法,包括使用碎石装置制造具有100MPa和1GPa之间的压力的冲击波。

27.一种如权利要求1、9或19中任一项所述的方法,其中,使用预制膜构成所述气囊,所述预制膜限定所述气囊和所述非气态介质之间的边界。

28.一种如权利要求27所述的方法,其中,所述预制膜是易碎的且被设置为在受到所述冲击波撞击时破裂。

29.一种如权利要求27所述的方法,其中,所述预制膜包括薄弱线或薄弱区域。

30.一种产生局部能量集中的设备,包括:

非气态介质,其内具有气囊,其中,所述气囊附着于一表面,所述表面包括凹陷,所述凹陷成形为部分地容纳所述气囊;以及

用于制造至少一个冲击波的装置,所述冲击波传播通过所述介质,以便入射到所述气囊上,且,

在所述气囊的坍塌期间控制横向喷流的形成的装置,其中,所述表面凹陷被设计为接收横向喷流撞击,使得在使用中将气囊的至少一部分捕集在撞击中的喷流和所述表面凹陷之间。

31.一种如权利要求30所述的设备,其中,至少所述表面的一区域已制备为具有在微观层面提供大量的坑或凹陷的粗糙度,使得当所述喷流被设置为冲击所述表面的所述区域时,将所述气囊捕集到所述喷流的尖端和所述表面之间的大量的坑或凹陷中。

32.一种如权利要求30或31所述的设备,其中,所述表面凹陷和气囊被设置为使得最初接触的区域为一曲线,所述曲线形成一闭环。

33.一种如权利要求32所述的设备,其中,所述表面凹陷的一部分具有比喷流的尖端的曲率更大的曲率,且其中,所述表面凹陷的这一部分被设置为使得所述喷流撞击到其中。

34.一种如权利要求30或31所述的设备,其中,所述表面凹陷的横截面背离所述表面凹陷的开口而锥形化。

35.一种如权利要求30或31所述的设备,其中,所述表面凹陷的深度大于其宽度。

36.一种如权利要求30或31所述的设备,其中,所述表面凹陷包括多个离散部分。

37.一种如权利要求36所述的设备,其中,所述离散部分为分段多项式。

38.一种产生局部能量集中的设备,包括:

非气态介质,其内具有气囊,其中,所述气囊与一表面间隔开;以及  
用于制造至少一个冲击波的装置,所述冲击波传播通过所述介质,以便入射到所述气囊上,

其中,所述表面成形为:以将所述冲击波导向所述气囊上的方式,至少部分地反射所述冲击波,并且

其中,最接近所述表面的所述气囊的边缘与所述表面间隔开一定距离,所述距离小于所述气囊的最宽部分的尺寸的五倍。

39.一种如权利要求38所述的设备,其中,所述表面被设置为将所述冲击波反射和/或聚集到所述气囊上。

40.一种如权利要求39所述的设备,包括反射和/或聚集冲击波使得其与所述气囊相互作用的装置。

41.一种如权利要求38、39或40所述的设备,其中,所述表面是非平面的。

42.一种如权利要求38至40中任一项所述的设备,其中,所述表面包括多个离散部分。

43.一种如权利要求42所述的设备,其中,所述离散部分为分段多项式。

44.一种如权利要求38至40中任一项所述的设备,其中,所述表面以这种方式成形:将被反射的冲击波聚集到所述气囊上。

45.一种如权利要求44所述的设备,其中,所述表面成形为:将被反射的冲击波聚集到一点。

46.一种如权利要求38至40中任一项所述的设备,其中,所述气囊被放置为使其与所述表面的距离不大于与表面最接近的所述表面的一部分的最大曲率半径的三倍。

47.一种如权利要求38至40中任一项所述的设备,其中,最接近所述表面的所述气囊的边缘与所述表面间隔开一定距离,所述距离小于所述气囊的最宽部分的尺寸的三倍。

48.一种产生局部能量集中的设备,包括:

非气态介质,其内具有气囊,其中,所述气囊附着于一表面;以及  
用于制造至少一个冲击波的装置,所述冲击波传播通过所述介质,以便入射到所述气囊上,

其中,所述表面成形为:集中入射到所述气囊上的所述冲击波的强度,并且

其中,所述表面是凹的并且包括多个离散部分。

49.一种如权利要求48所述的设备,其中,所述离散部分为分段多项式。

50.一种如权利要求48或49所述的设备,其中,所述气囊附着于所述凹的表面的底部或中心点。

51.一种如权利要求48或49所述的设备,其中,所述表面的深度大于其宽度。

52.一种如权利要求48或49所述的设备,其中,所述表面包括多个凹的部分。

53.一种如权利要求48或49所述的设备,其中,所述凹的表面具有附着于其上的多个气囊。

54.一种如权利要求30、38或48中任一项所述的设备,包括引爆装置,其被设置为制造具有在0.1GPa和50GPa之间的压力的所述冲击波。

55.一种如权利要求30、38或48中任一项所述的设备,包括碎石装置,其被设置为制造具有在100MPa和1GPa之间的压力的所述冲击波。

56. 一种如权利要求30、38或48中任一项所述的设备,其中,使用预制膜构成所述气囊,所述预制膜限定所述气囊和所述非气态介质之间的边界。

57. 一种如权利要求56所述的设备,其中,所述预制膜是易碎的,且被设置为在受到所述冲击波的撞击时破裂。

58. 一种如权利要求56所述的设备,其中,所述预制膜包括薄弱线或薄弱区域。

## 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装置。其特别地、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聚变反应堆。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区域。

[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看到核聚变[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)],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中观察到了发光[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珠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一表面上而生成冲击波的机制,且已很好地记录了该机制(包括本发明专利发明人之成果[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,由于其不使用高速液滴撞击,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,且也可具有其它应用。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,包括制造至少一个冲击波,该冲击波传播通过非气态介质,以入射到该介质内的气囊上,其中,该气囊附着于包括凹陷的表面上,该凹陷成形以部分地容纳该气囊。

[0006] 本发明也扩展至一种产生局部能量集中的设备,包括:

[0007] 非气态介质,其内具有气囊,其中,所述气囊附着于包括凹陷的表面,所述凹陷成形以部分容纳所述气囊;以及

[0008] 制造至少一个冲击波的装置,所述冲击波传播通过所述介质,以便入射到所述气囊上。

[0009] 本领域技术人员已知的是,通常,非气态介质中的冲击波与该介质中的气泡之间的相互作用能够生成该非气态介质的高速横向喷流,该横向喷流移动穿过该气泡,撞击下风方向上的气泡壁。这是导致众所周知的、当存在形成在该表面上的微气泡而生成冲击波时表面气蚀损伤问题的机制之一。然而,根据本发明,各发明人意识到,能够适当地调整并驾驭此自然发生的现象来产生非常高的局部能量集中,该局部能量集中能够如将在随后解释的那样用于例如造成核聚变。

[0010] 在本发明的各实施例中,控制在气泡坍塌期间正形成的喷流现象,以促进此横向喷流的形成并提高其速度,并且,该表面凹陷设计为容纳该横向喷流撞击,同时将小体积的原始气囊捕集在该撞击喷流及该表面凹陷自身之间。这引起各种物理机制,这些物理机制导致在所捕集的气体体积中聚集非常大的能量。

[0011] 更特别地,通过明确地设计该表面凹陷,以容纳由入射的冲击波与该气囊的相互作用形成的高速喷流,然后,随着该入射的冲击波与该气囊的表面的相互作用,形成传输的冲击和反射的稀薄。如果该接触是正确的形状(即:背离该入射的冲击波而弯曲),那么,此稀薄将作用于将该流聚集到一点。然后,这导致该高速横向喷流的形成,该高速横向喷流能够例如完全达到对于1GPa的冲击波高于2000ms<sup>-1</sup>。当此喷流冲击该凹陷的表面时,由该撞击力,以与US7445319中描述的高速液滴撞击情形类似的方式,在该凹陷内生成强烈的冲击波。

[0012] 与该冲击波入射位置相对的凹陷中的该表面的形状可为平坦的,使得该喷流接触该表面的一点。然而,在一组优选的实施例中,该表面凹陷和气囊设置为使得最初的接触区域是形成闭环的曲线-例如环形。这使得能够将该气囊的一部分捕集到该喷流的尖端和该凹陷的边缘之间。为了实现这一点,目标表面的一部分具有比该喷流的该尖端的曲率大的曲率,并且该表面的此部分设置在使得该喷流撞击到其中的位置。撞击的时候生成环形冲击波,该冲击波的内边缘朝向该凹陷的基部并朝向所捕集到的部分气体而传播。将此与用于停止该撞击喷流的运动的该气体的‘活塞’效应结合,产生对捕集到的气体的极其强烈的加热。例如,对于给定强度的冲击波,与附着于平面表面上的气泡相比,可通过这些设置将峰值温度提高一个数量级。

[0013] 该凹陷可采用大量的形状。在一组实施例中,其横截面背离开口逐渐锥形化。该凹陷可类似于盘子-例如持续弯曲。然而,该表面不需要持续弯曲。在一组实施例中,该表面更接近地类似于裂纹而不是盘子形状。这可以通过规定深度大于宽度或通过在该裂纹尖端处存在曲率的区域来限定,在该尖端的曲率大于容纳于其中的气囊的部分的曲率(或最大曲率)。在一组实施例中,该表面包括多个离散部分,例如其间具有不连续的梯度。各部分本身可为部分椭圆、抛物线形等等,但是同样也可以为直的。可将由各离散部分组成的各表面的一组特别的实施例描述为分段多项式。

[0014] 如上所述,该气泡的尺寸可比该裂纹小,使得其仅附着于一侧上,或该气泡可具有类似的大小,以将该裂纹封闭。可以仅具有一个凹陷以部分地容纳该气囊;气囊可以横向扩

展,并部分地由多个凹陷容纳。但这不是必要的。

[0015] 在一组特别的实施例中,该高速喷流被设置为冲击表面区域,该表面已制备为具有特别的粗糙度或微观形状,使得将该气囊的许多小的部分捕集到该喷流的尖端和目标表面之间,即:这些小的凹陷的尺寸比该横向喷流的尖端小。

[0016] 当从本发明的第二方面来看时,其提供了一种产生局部能量集中的方法,包括制造至少一个冲击波,该冲击波传播通过非气态介质,以入射到悬浮在该介质中的气囊上,其中,该气囊与一表面间隔开,该表面成形为:以将所述冲击波导向所述气囊的方式至少部分反射所述冲击波。

[0017] 本发明还扩展至一种产生局部能量集中的设备,包括:

[0018] 非气态介质,其内具有气囊,其中,所述气囊与一表面间隔开;以及

[0019] 制造至少一个冲击波的装置,所述冲击波传播通过所述介质,以便入射到所述气囊上,

[0020] 其中,所述表面成形为:以将所述冲击波导向所述气囊上的方式至少部分地反射所述冲击波。

[0021] 因此可看出,根据本发明的此方面,该表面可用于通过将该冲击波反射和/或聚集其上来增强该气体中的能量集中。该设置可使得该冲击波在撞击该气囊之前撞击该表面,但是优选地,入射的冲击波与该气囊相互作用,引起该气囊坍塌,并且随后,该入射的冲击波和/或由(对本领域技术人员来说其存在是众所周知的)空腔坍塌生成的任意数量的冲击波以这样的方式与该目标表面相互作用:它们朝向该气囊的残余部分反射回去,引起该气囊再次或更多次地坍塌,并因此增加所获得的热量。

[0022] 该表面可采用许多形状和配置。该表面的配置将确定该冲击波如何与该表面相互作用,且与该气囊的位置和形状相关的、该表面的形状将确定该冲击波如何与该气囊相互作用,可以在其与该气囊相互作用之前、作用之时或之后这样做。这又影响了坍塌的动力学,且因此能够提高通过由该冲击波对该气体的压缩所获得的温度和密度。在一些实施例中,与和单独的气泡相互作用的类似的冲击波相比,能够将峰值温度提高一个数量级。

[0023] 该表面可为平面的,但是优选地为非平面的-例如弯曲的。该表面不需要是持续弯曲的。例如,在一组实施例中,该凹的表面包括多个离散部分,例如,其间具有不连续的梯度。各部分本身可为部分椭圆、抛物线形等等,但是同样也可以是直的。可将由各离散部分组成的表面的一组特别的实施例描述为多段多项式。

[0024] 优选地,以这样的方式成形该表面:将所反射的冲击聚集到该气囊上。该表面的间距和几何形状(此外还有例如通过该介质的该冲击波的速度这样的因素)将确定在首次入射的和反射的冲击波之间存在什么相互作用,并确定这两种冲击波各自与该气囊之间存在什么相互作用。

[0025] 在一组优选的实施例中,该表面成形为:将所反射的冲击聚集到一点。因此,例如,在基本上平面的入射冲击波的情况下,该平面可为抛物线形或椭圆,且该气囊位于该抛物线或椭圆的焦点处。然而,考虑到该冲击波的波前曲率,可使用其它形状。将意识到,这些考虑类似于无线电波和其它电磁波的聚集中的那些。

[0026] 该气囊和该表面之间的最佳间距将尤其取决于反射表面和该气囊的相对形状。在本发明的一组特别的实施例中,该气囊被放置为使其与该表面的间隔不大于该表面最接近

部分的最大曲率半径的三倍。在一种特别的示例中,最接近该表面的、该气囊的边缘与该表面间隔开一定距离,该距离小于该气泡气囊的最宽部分的尺寸的五倍,优选地小于最宽尺寸的三倍,例如,小于最宽尺寸的两倍。

[0027] 在本发明的第二方面的一组实施例中,该冲击波首先入射到该气囊上,压缩该气囊的体积,然后,该冲击波从该反射表面反射,并再次入射到该气囊上,进一步压缩该气囊。该间距可设置为使得当该气囊的体积仍因最初的冲击波而收缩时,当其已达到由最初的冲击波压缩的最小体积点,或当该气囊的体积在由该最初的冲击波压缩后扩张时,所反射的冲击波入射到该气囊上。

[0028] 其结果是,由该入射的冲击波造成的该气囊的坍塌产生了数个强烈的冲击波。在该气囊与该表面间隔开的另一组实施例中,目标表面被优化为将这些生成的冲击朝向坍塌的气泡反射回去。例如,(在本发明的第一方面的内容中描述的)该高速横向喷流的撞击生成从随其行进而消散的撞击点向外移动的冲击波。该表面可成形为符合此冲击波,并将其朝向该气泡反射回去,这将导致其成为会聚的冲击波并将其能量聚集回坍塌的气囊中。

[0029] 当从本发明的第三方面来看时,其提供了一种产生局部能量集中的方法,包括制造至少一个冲击波,该冲击波传播通过非气态介质,以入射到该介质内的气囊上,其中,该气囊附着于一非平面表面,该表面成形以集中入射到该气囊上的该冲击波的强度。

[0030] 本发明还扩展至一种产生局部能量集中的设备,包括:

[0031] 非气态介质,其内具有气囊,其中,该气囊附着于一表面;以及

[0032] 制造至少一个冲击波的装置,该冲击波传播通过该介质,以入射到该气囊上,

[0033] 其中,该表面成形以集中入射到该气囊上的该冲击波的强度。

[0034] 根据本发明的此方面,该表面的几何形状能够用于在其到达该气泡之前控制该入射的冲击波的反射,使得增强该气泡的坍塌,例如,使得最初入射的冲击波更符合该气泡的表面。

[0035] 而且,该表面可采用许多形状和配置,以提供将该气囊附着到该表面上的合适的区域,并且,该表面的配置将确定该冲击波如何与该表面相互作用,且与该气泡的位置和形状相关的、该表面的形状将确定该冲击波如何与该气囊相互作用,其可在与该表面相互作用之前、作用之时或之后这样做。这又影响了坍塌的动力学,并因此能够提高通过该冲击波对该气体的压缩所获得的温度和密度。在一些实施例中,与和单独的气泡相互作用的类似的冲击波相比,可将峰值温度提高一个数量级。

[0036] 在一组优选的实施例中,该表面是凹的,其具有聚集能量及强化该冲击波的最初成形的效果。在一些非限制性示例中,该表面可具有椭圆或抛物线的形状。该表面不需要是连续弯曲的。例如,在一组实施例中,该凹的表面包括多个离散部分,例如其间具有梯度不连续性。各部分本身可为部分椭圆、抛物线形等等,但是同样也可为直的。可将由各离散部分组成的表面的一组特别的实施例描述为多段多项式。该气囊可附着于该表面的任意部分上,但是优选地,附着于底部或中心点。

[0037] 该气囊的尺寸可小于该凹的表面的宽度或深度-例如,以仅附着于该凹面的一侧,或其可具有类似的大小-例如,以在围绕该凹陷的基部的环形中附着于该表面。

[0038] 该凹面可类似于碗-例如是连续弯曲的。然而,在一组实施例中,该表面更接近地类似于裂纹而不是碗的形状。这可通过规定深度大于宽度或通过在该裂纹尖端处存在曲率

的区域来限定,在该尖端处的曲率大于该气泡的曲率(或最大曲率)。如上所述,该气囊可小于该裂纹的尺寸,使得其仅附着于一侧,或其可具类似的大小以将其封闭。

[0039] 在一组实施例中,该表面的形状被配置为触发该入射的冲击波从常规到马赫反射的转变,因此,改变之后到达该气囊的冲击波的形状。在另一组实施例中,控制该形状使得各反射彼此重叠或相互作用,在反射接触该气囊时,再次改变该冲击波的形状或各冲击波系统的相互作用。通过仔细控制这些因素,可在该表面为平面的情况下,获得峰值温度的强化。

[0040] 在一组特别的实施例中,该表面可具有多个凹的部分。此外或选择性地,该凹的部分或每个凹的部分可具有附着其上的多个气囊。

[0041] 本发明的上述各方面不互相排斥。因此,例如,该表面可包括凹陷,该凹陷成形以部分容纳该气囊,由此,利用喷流现象并背离该凹陷,该表面可成形为集中入射到该气囊上的该冲击波的强度。这使得能够控制喷流的属性-例如,其速度-以最大化该能量的集中。这样的组合有益于以其它的方式提供该凹陷中的该冲击波的期望特征。

[0042] 在该气泡附着于该表面的任意实施例中,这种附着可能是在单个接触局部片(patch)上,或者通过对该表面质地的适当设计,这种附着可能是在多个离散接触点/区域处。

[0043] 和制造目标表面的特别形状一样,在一组实施例中,可优化该表面的微观结构和润湿特性,以控制该表面附近的冲击波的速度,例如,提高该表面附近的冲击波的速度,由此,改变该冲击波的形状并因此改变该冲击波与该气囊之间的相互作用的性质。如之前所讨论的,可在这组实施例中使用适当成形的气囊,以将该冲击波的形状与该气囊的形状匹配,由此,允许控制该气囊坍塌的动力学,从而最大化由压缩获得的温度和密度。

[0044] 该气囊所附着的表面不限于具有单个凹陷(例如利用上面所描述的喷流现象),因此在一组实施例中,目标表面包括多个凹陷。每个单独的凹陷可成形为:通过引起该冲击波向一个或多个气泡会聚来促进能量聚集。也就是说,该表面可备有不只一个供该冲击波与该表面的成形部分相互作用的位置,因此提供了无限的可扩展性,该表面的该成形部分包含附着的或邻近的气囊。使用多个凹陷的一个优点是,可利用更大部分的冲击波能量。例如,大的气囊可延伸跨过多个凹陷,或较小的单独体积的气体可位于每个单独的凹陷中。对于前一种情况,根据这种凹陷的数量,单独的凹陷的尺寸将大大小于该气囊的尺寸。对于能够容纳较大量的凹陷的较大体积的介质,这一点有助于由能量产生核聚变设备的制造的简化。

[0045] 可以多种方式形成这种多个凹陷。例如,可钻孔或者用机器加工固态表面,以产生多个凹陷或坑。然而,在一组实施例中,通过该表面的表面质地制造各凹陷。例如,可使用研磨器材研磨、刻蚀或者处理该表面,以产生期望程度的表面粗糙度,该表面粗糙度在微观层面上提供大量的坑或凹陷。

[0046] 如上面概括的许多实施例所隐含的,可由固体构建该表面,但是同时也可以由液体构建。在固体的情况下,US 7445319中所提到的任意材料均合适。在液体的情况下,可以多种方式获得所需要的表面形状。例如,可使用适当的震动(例如,利用超声或其他方法)激发一定体积的液体的表面,以生成具有期望形状的波。可选择地,可通过液体与具有适当匹配的润湿特性的固体表面之间的接触角度来获得期望的形状。当然,后一种示例显示了该

表面可包括固体和液体的组合。当目标表面包括液体时,其通常比非气态介质浓厚。

[0047] 当然,如已经暗指的,一些实施例可包括该介质中的多个气囊。这些气囊可全部附着于该表面,可全部位于目标表面附近,或为上述的混合。

[0048] 在此描述的本发明的各方面提供了US 7445319中描述的技术的备选方案,这些方案具有其自身的优点。本发明的发明人已意识到,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,以使其处于从扩张到坍塌的周期内的有利时刻。如US7445319所要求并在US 7380918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,由于仅需要在形成该气囊的该介质中制造冲击波,本发明的各方面提供了用于压缩留在气囊中一定体积的气体的更简单的技术。此外,本发明的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US7445319中详述的方法高一个数量级的压力和温度强度。

[0049] 与自由气泡相比更静态的结构(其能够根据本发明而利用冲击波压缩气囊)允许对该冲击波如何冲击以及如何与该气囊相互作用进行更大程度的控制。

[0050] 可通过多个不同的装置,根据所要求的压力,以多种不同的方式制造最初的冲击波。例如,可使用冲击波碎石装置生成较低强度的冲击波,或可使用爆炸平面波发生器提供高强度的冲击波。在优选的实施例中,这样的引爆装置能够制造0.1GPa和50GPa之间的冲击波压力,并且在另一个优选的实施例中,可使用碎石装置生成100Mpa至1GPa的冲击波压力。

[0051] 在此使用的术语“气体”应理解为一般的气体,且因此不限于纯原子或分子气体,但也包括蒸汽、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。该“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、(在该冲击波的通过改变其性质之前)看起来是固体的材料、悬浮物或微悬浮物以及胶质。各示例包括但不限于水、油、溶剂(例如丙酮、水凝胶以及有机凝胶)。应理解,该液体将具有比该气囊中的气体更大的密度。

[0052] 该非气态介质可为用于在其中制造冲击波的任意合适的物质,例如液体或半固体凝胶。然后,能够通过悬浮在该液体或凝胶介质中需要的位置(邻近或附着于该目标表面)处的气泡提供该气囊。与较低粘度液体相比,使用凝胶或粘性液体具有这样的优点:易于控制该介质中该气泡的位置,在该较低粘度液体中该气泡的浮力可克服液体的粘度。如将理解的,能够控制该气泡的位置在某组实施例中是特别重要的,在该组实施例中,该气泡位于邻近目标表面处而不是附着于该目标表面。在气泡附着于目标表面的各组实施例中,目标表面的性质(例如材料)或其任意压痕或凹陷可有助于将该气泡粘附于该目标表面。使用凝胶或粘性液体也具有这样的优点:易于控制气泡的具体形状。

[0053] 与US 7445319相比,由于装置设置的更静态的性质,可执行对气泡形状的更多控制。在气泡附着于表面的各组实施例中,该气泡的远离由其附着于目标表面而被截断的地方的形状可为球形,例如,其可为半球形。在一些实施例中,气泡以法向或反之以所要求的其它不同角度与该目标表面接触。在这些实施例的一个超集中,气泡本身性质不为球形,而是采用包括但不限于椭圆、心形、球形的变形、表面具有扰动的心形或椭圆形的形状,该扰动可以例如傅里叶级数描述,以及其它具有例如锥形或梯形的明显形状的气泡。显而易见的是,例如,在真实的液体介质中难于获得圆锥形气泡,但是在凝胶介质的情况下,这组

实施例成为可能或具有优势。在气泡不附着于表面的本发明的方面中,其不受表面的约束,因此能够采用所需要的任意形状,例如椭圆形等等。在一组这样的实施例中,气泡的形状以及目标表面的形状能够适当地匹配,例如,如果凹陷是半球形的,气泡将为球形。

[0054] 气囊本身必须以一些方式形成。在一组特别的实施例中,使用类似于US 7445319中描述的系统将其成核,在该系统中使用激光结合液体中的纳米微粒使气泡成核。在一组不同的实施例中,可使用不同液体的不稳定的乳状液使气泡成核。在另一组实施例中,使用被设计为引起液体中的气蚀的、适当定向的压力波来使气泡成核。在气囊附着于壁的各实施例,为了膨胀表面上的气泡,通过一个通道将具有特定受控的体积的气体泵入目标表面。这组实施例具有对生成的气囊的内容物和尺寸的较大控制的优点。在液体介质为凝胶的各实施例中,可通过对待使用的凝胶块冲孔或者通过从待使用的凝胶块切割出或将其塑模为正确形状而预制该气囊。

[0055] 在另一组实施例中,使用预制膜形成该气囊,该预制膜限定该气囊和该介质之间的边界,并因此也限定该气囊的形状。以这种方式使用薄膜允许将液体和气体材料分离(decouple),允许任意选择待使用的成分的组合。还允许精确控制气囊的形状,该精确控制对于其它方法是不可行的。可由任意合适的材料形成该膜,例如玻璃、例如塑料、例如橡胶。预制膜的存在使得能够朝向目标表面捕集该体积的气体,因此其不能流走或受到干扰,从而能够更容易地使用液体介质。在一组特别的实施例中,该膜是易碎的且被设置成在受到该冲击波的撞击时破裂,使得其不受所产生的力的影响。在一组实施例中,该预制膜包括薄弱线或薄弱区域,使得当受到该冲击波撞击时,其沿该薄弱线或在该薄弱区域破裂。该薄弱线或薄弱区域可被设置为使得缺口的位置对随后的流动模式有影响,例如,这可有助于控制该横向喷流的形成和力学。在另一组实施例中,该膜被设计为因空穴的坍塌而变形。在该气囊不附着于该表面的各实施例中,将气囊包含在该膜中的构想也是有用的。在一组特别的实施例中,该表面附近的各气囊采用充满合适的气体的小的玻璃珠的形式。这具有与对该气囊形状的控制一样的优点。

[0056] 在一组优选的实施例中,使用在此描述的各方法生成核聚变反应。可由该气囊、介质中的气体提供该反应的燃料,或由该目标表面自身提供燃料。US 7445319中所述的任意燃料均适用于本发明。

[0057] 本发明中的装置的尺寸不像US 7445319中的那样受限,在US7445319中液滴的大小限制了最大气泡尺寸。具有用于加热较大体积的气体的较大的设备是有优势的。可根据环境选择每个气囊中的气体的体积,但是在一组优选的实施例中,该体积在 $5 \times 10^{-11}$ 和 $5 \times 10^{-3}$ 公升之间。

[0058] 能够根据本发明的特定的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,各发明人均已理解到,即使核聚变的效用低于净能源生产所需要的效用,可根据本发明的各实施例获得的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,使用现有技术生产氙是非常昂贵的。核聚变非常有益于生成快速且安全的中子源,该中子源具有许多对于本领域技术人员来说显而易见的可能的应用。

[0059] 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,将本发明的各技术和设备用作声化学反应器是非常有优势的,该声化学反应器可用于使用极端且不寻常的

条件。

## 附图说明

[0060] 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:

[0061] 图1a和1b显示了根据本发明的一个方面的目标表面的两个变形;

[0062] 图2a、2b和2c显示了根据本发明的另一方面的冲击波与气囊相互作用的三个连续阶段;

[0063] 图3a和3b显示了根据本发明的另一方面的冲击波与气囊相互作用的两个连续阶段;

[0064] 图4显示了本发明进一步的实施例;以及

[0065] 图5显示了图3a的实施例的变形。

## 具体实施方式

[0066] 图1a和1b示意性地显示了根据本发明的一个方面的两个单独的实施例的设置。在每种情况下,例如由高强度钢制造的固体表面6置于水凝胶(例如水和胶质的混合物)形式的非气态介质8内。在水凝胶介质8中限定有气囊2,气囊2充满汽化燃料,该汽化燃料适用于参与核聚变反应。在这两种情况下,气囊2附着在目标表面6的凹陷上。在图1a中的第一实施例的情况下,凹陷4是抛物线形的,且相当大,使得仅气囊2的一侧附着于表面6。设备的大小是灵活的,但是此图示中典型的尺寸可在0.1和 $1 \times 10^{-5}$ m之间。

[0067] 在图1b中的第二实施例的情况下,气囊2容纳在小得多的V形锥状凹陷5中,该凹陷可为机器加工的或由表面6中自然发生的破裂而形成。

[0068] 在操作中,通过例如具有5Gpa压力的爆炸,在凝胶介质8中制造冲击波10。这在图1a和1b中均表示为沿箭头方向朝向气囊2传播的线。首先,冲击波10冲击目标表面6的上部,导致冲击波10随着朝向气囊2前进而改变形状。以这样的方式,通过相应地成形表面6的形状,可明确地控制前进到气囊2中的冲击波10的形状。然后,成形的冲击波10将冲击气囊2,随着冲击波10传播通过气囊2,其朝向目标表面6压缩气囊2。在传播通过气囊2之后,冲击波10自表面6的反射通过该气囊而折回,这增强了那些来自初始方向的冲击波,并进一步压缩了该气囊。该气囊内的气体燃料的压缩引起强烈的局部加热,该局部加热足以生成核聚变反应。

[0069] 图2a、2b和2c显示了根据本发明的另一方面,冲击波与和表面16间隔开的气囊12相互作用的三个连续阶段。在此实施例中,气囊12固定在表面16中的凹陷14中的凝胶18中。

[0070] 图2a显示了沿箭头的方向传播通过凝胶介质18并接近气囊12的冲击波20。图2b显示了首次入射到气囊12上时的冲击波20。该冲击波以与图1a和1b中所示的实施例类似的方式作用在该体积的气体12上,以压缩气体12。同时,冲击波20从表面16中凹陷14的上侧反射。

[0071] 图2c显示了接下来的第三个快照,在该时刻,冲击波20已移动通过该体积的气体12,强烈地压缩气体12。此外,在该时刻,冲击波20已从表面16反射,并沿箭头指示的方向朝向气囊12折回。此时,反射的冲击波20具有类似凹陷14的形状,并且朝向气囊12聚集,其再次入射到气囊12上,进一步压缩气囊12,并因此进一步提高气囊12中的温度和压力。

[0072] 图3a和3b显示了根据本发明又一方面,冲击波与附着于表面26以覆盖并填充V形锥状凹陷24的气囊22相互作用的两个连续阶段。尽管锥状凹陷24具有与图1b中类似的形状,相对于该锥状凹陷的大小,气囊22中的气体的体积比图1b中的更大。例如,气泡的宽度可为1cm数量级。

[0073] 图3a显示了沿箭头方向朝向气囊22传播通过介质28(其可为与之前实施例相同的材料,或可使用不同的材料)的冲击波30。图3b显示了在冲击波30已冲击了气囊22之后,该相互作用的随后的阶段。在冲击波30的一部分27已冲击了气囊22的边缘后,其因密度的较大改变而从介质28向气体22反射。此反射的部分27形成稀薄扇区,该稀薄扇区远离气囊22而传播,并因此在反射的部分27和气囊22之间形成低压区域。介质28流入该低压区域中形成喷流29,然后,喷流29穿过气囊22,捕集喷流29的尖端和表面26中锥状凹陷24之间的一部分气体,由此以之前描述的方式对气体进行压缩和加热。

[0074] 图1b显示了另一配置,该配置也适于作为本发明这方面的一种实施例。

[0075] 图4显示了本发明先前方面的另一实施例,在该实施例中,气囊32附着于目标表面36的锥状凹陷34中。此实施例与之前描述的那些不同之处在于:气囊32通过预制膜33与介质38间隔开。预制膜33是易碎的,即:其被设计为在受到冲击波40的撞击时破碎。一旦预制膜33由于冲击波40的撞击而破碎,冲击波40继续传播进入凹陷34,以与之前各实施例同样的方式压缩气囊32。

[0076] 图5是图3a中的实施例的一种变形。在此实施例中,在大的凹陷44的底部上具有多个较小的凹陷42。气囊46部分地由大的凹陷44且由多个较小的凹陷42容纳。在此实施例的操作中,在冲击波(未示出)碰撞气囊46时所形成的喷流将以上面参照图3a和3b描述的方式高度压缩小体积的气体,即:将该小体积的气体捕集到小的凹陷42中。

[0077] 尽管已经给出了具体的示例,应意识到,有大量的参数可影响所获得的实际结果,例如液体或凝胶介质密度、大气压强和温度、气体的成分以及液体或凝胶的成分、冲击波的撞击角度、目标表面形状以及该目标表面的微结构。

[0078] 在上面所描述的每个实施例中,所示的各图示为穿过气体的三维体积和目标表面的垂直截面,且因此,各图示将各实施例描绘为旋转对称的。然而,这对于本发明是不必要的。特别地,该表面可包括离散的表面部分,其要么在旋转方向和所示的垂直截面的二者之一上,要么在旋转方向上且同时所示的垂直截面上。在后面的情况下,该目标表面是具有多面的。每一面可能会导致独立但汇聚的冲击波。

[0079] 在所描述的全部实施例中,可使用各设备在介质中制造入射到包含氘水蒸气的一定量的气体上的冲击波。

[0080] 在数值模拟实验中,在此所描述的各技术产生了~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 $1 \times 10^6$ 开尔文, $1 \times 10^6$ 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。

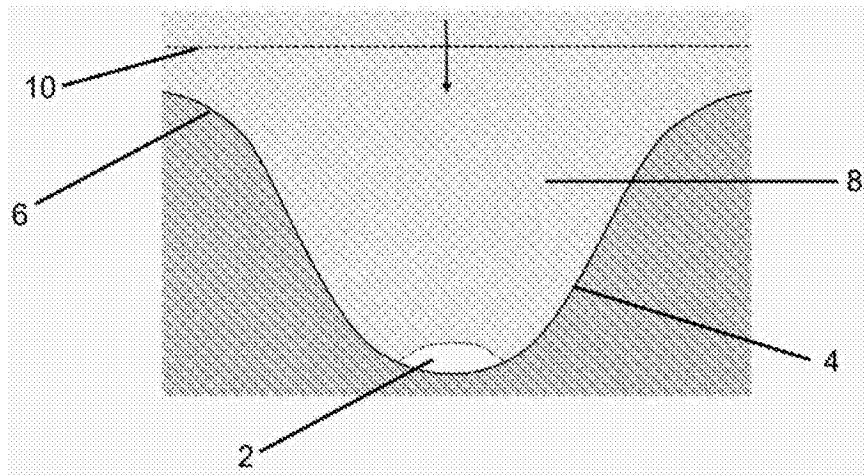


图1a

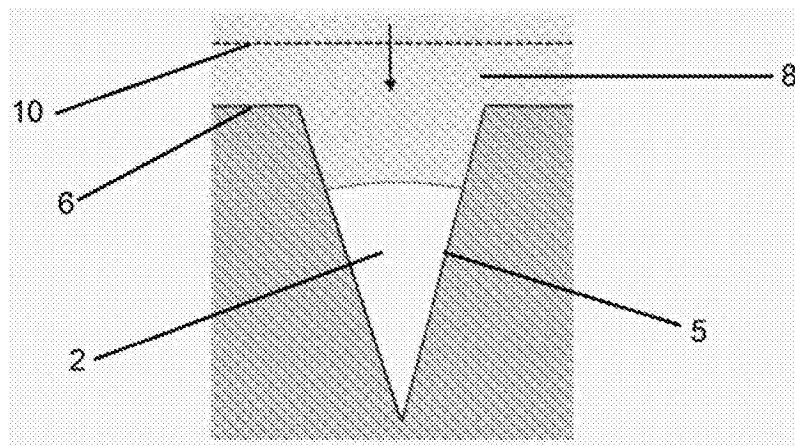


图1b

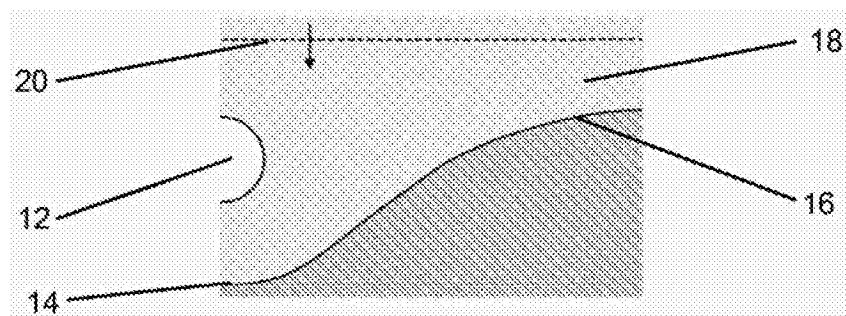


图2a

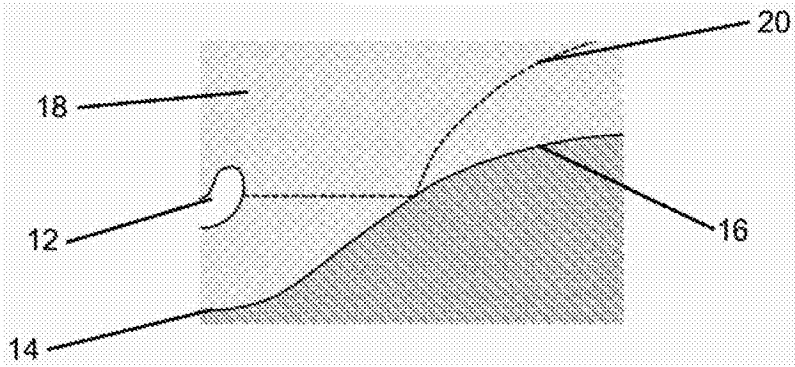


图2b

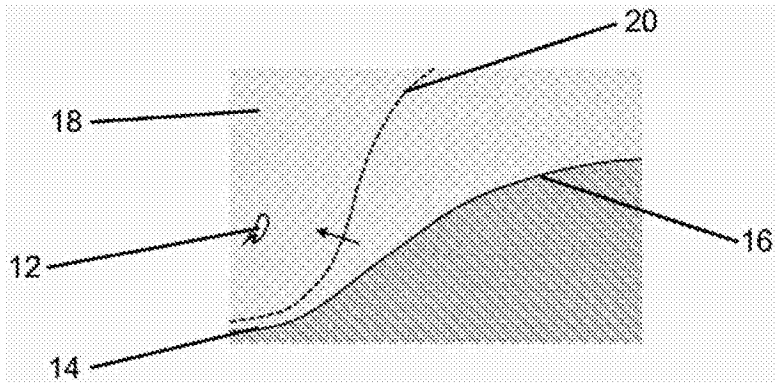


图2c

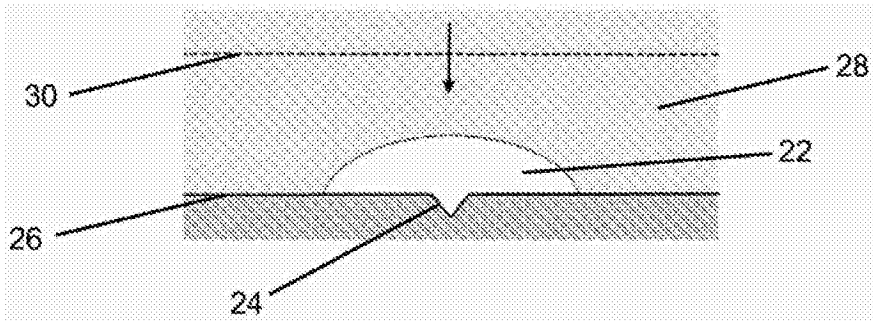


图3a

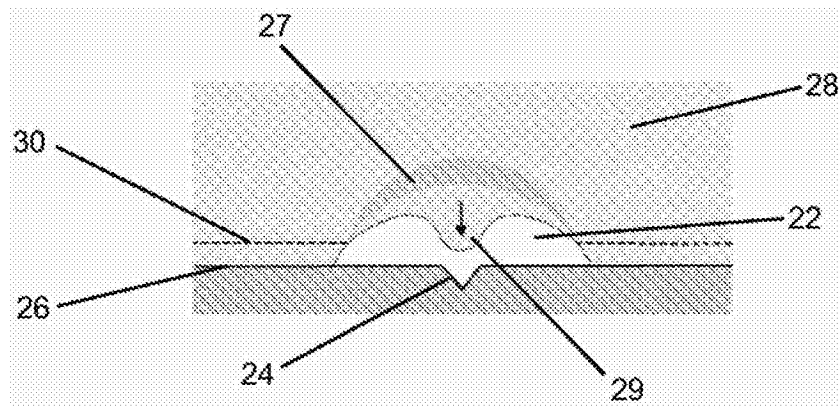


图3b

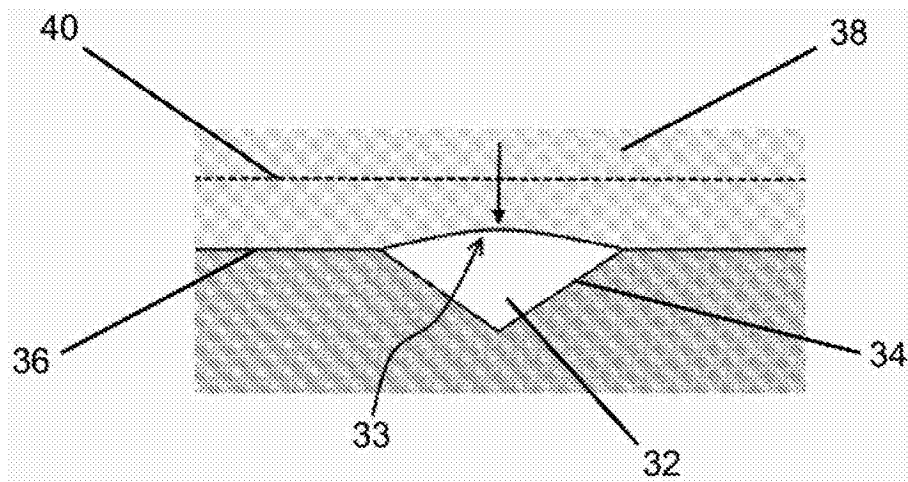


图4

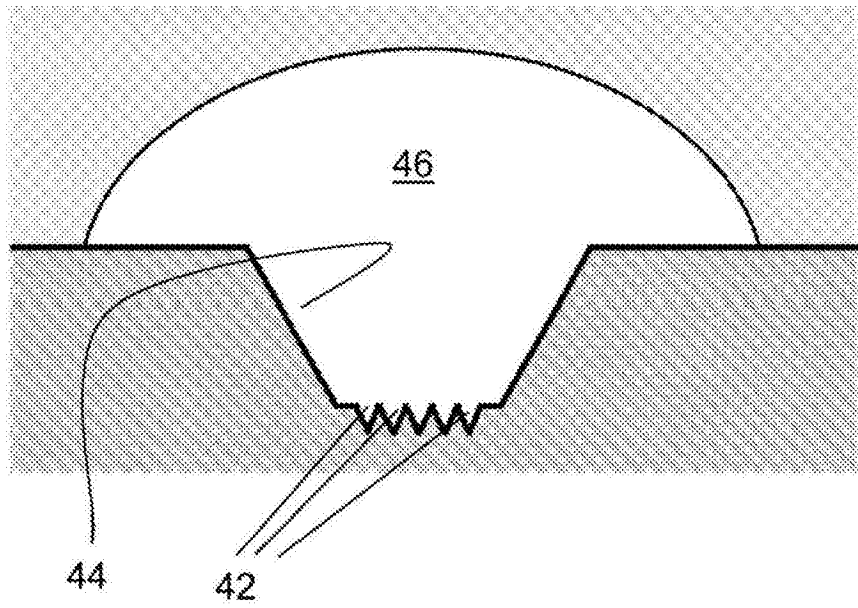


图5