

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6284957号  
(P6284957)

(45) 発行日 平成30年2月28日 (2018. 2. 28)

(24) 登録日 平成30年2月9日 (2018. 2. 9)

(51) Int. Cl. F 1  
G 2 1 B 1/03 (2006.01) G 2 1 B 1/03

請求項の数 20 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2015-560775 (P2015-560775)	(73) 特許権者	507226592
(86) (22) 出願日	平成26年3月6日 (2014. 3. 6)		オックスフォード ユニヴァーシティ イ
(65) 公表番号	特表2016-513791 (P2016-513791A)		ノヴェーション リミテッド
(43) 公表日	平成28年5月16日 (2016. 5. 16)		英国 オーエックス2 オジェイビー オ
(86) 国際出願番号	PCT/GB2014/050663		ックスフォード ボトリー ウエスト ウ
(87) 国際公開番号	W02014/135881		エイ3 バクストン コート
(87) 国際公開日	平成26年9月12日 (2014. 9. 12)	(74) 代理人	100105957
審査請求日	平成29年2月20日 (2017. 2. 20)		弁理士 恩田 誠
(31) 優先権主張番号	1304046. 4	(74) 代理人	100068755
(32) 優先日	平成25年3月6日 (2013. 3. 6)		弁理士 恩田 博宣
(33) 優先権主張国	英国 (GB)	(74) 代理人	100142907
			弁理士 本田 淳

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 局所化されたエネルギー集中

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

局所化されたエネルギーの集中を形成するための方法において、非気体媒体を気体媒体から分離する障壁内の少なくとも1つの穴によって形成された、前記非気体媒体と気体媒体との間の境界上に入射するように、前記非気体媒体を通して伝播する衝撃波を生成する工程であって、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成し、前記横断噴流が、前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるくぼみを備えるターゲット表面上に入射する、前記衝撃波を生成する工程からなる方法。

【請求項 2】

前記ターゲット表面は、前記穴の直径の20倍未満の距離だけ前記障壁内の前記穴から離隔される、請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

前記ターゲット表面は交換自在である、請求項1又は2に記載の方法。

【請求項 4】

前記ターゲット表面は複数のくぼみを備える、請求項1、2又は3に記載の方法。

【請求項 5】

前記障壁が複数の穴を備える、請求項1乃至4のいずれか1項に記載の方法。

【請求項 6】

前記ターゲット表面は複数のくぼみを備え、各くぼみは前記障壁内の穴に対応する、請求項5に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記穴は、前記障壁の形状及び前記穴の形状のうちの少なくとも一方によって、複数の横断噴流が前記ターゲット表面上の単一の位置に導かれるように構成される、請求項 5 に記載の方法。

## 【請求項 8】

前記障壁は前記横断噴流の形成を制御するように形作られる、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記障壁内の前記穴は、前記横断噴流の形成を制御するように形作られる、請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の方法。

10

## 【請求項 10】

前記障壁内の前記穴は、前記穴内における前記気体媒体と前記非気体媒体の間の前記境界の形状を制御するように構成される、請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 11】

前記穴内における前記気体媒体と前記非気体媒体の間の前記境界の形状は、前記非気体媒体に対する前記気体媒体の相対圧力によって制御される、請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 12】

前記穴内における前記気体媒体と前記非気体媒体の間の前記境界が湾曲している、請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の方法。

20

## 【請求項 13】

複数の障壁を備え、各障壁は、少なくとも 1 つの穴を備え、気体媒体を非気体媒体から分離する、請求項 1 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 14】

前記障壁内の前記少なくとも 1 つの穴に対して位置決めされる前記非気体媒体内の流体の 1 つ又は複数のポケットを備え、それにより、流体の第 1 のポケットに対する前記衝撃波の入射により、その後前記気体媒体上に入射する前記衝撃波の強さが集中される、請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 15】

局所化されたエネルギーの集中を形成するための方法において、非気体媒体を気体媒体から分離する障壁内の少なくとも 1 つの穴によって形成された前記非気体媒体と気体媒体との間の凸形の境界上に入射するように前記非気体媒体を通して伝播する衝撃波を生成する工程であって、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成し、前記横断噴流が、前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるターゲット表面上に入射する、前記衝撃波を生成する工程からなる方法。

30

## 【請求項 16】

前記ターゲット表面は、前記境界表面の曲率半径の 10 倍未満の距離だけ前記障壁内の前記穴から離隔される、請求項 15 に記載の方法。

## 【請求項 17】

前記非気体媒体に加えられる前記衝撃波を前記非気体媒体と前記気体媒体の間の前記境界の形状と共形にする、請求項 15 又は 16 に記載の方法。

40

## 【請求項 18】

複数の障壁を備え、各障壁は、少なくとも 1 つの穴を備え、気体媒体を非気体媒体から分離する、請求項 15 ~ 17 のいずれか 1 項に記載の方法。

## 【請求項 19】

局所化されたエネルギーの集中を生成するための装置において、  
気体媒体と、

少なくとも 1 つの穴を備える障壁によって前記気体媒体から分離された非気体媒体と、  
前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるくぼみを備えるターゲット表面と、

前記穴によって形成された境界上に入射するように前記非気体媒体を通して伝播する少

50

なくとも1つの衝撃波を生み出し、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成するための手段とからなる装置。

【請求項20】

局所化されたエネルギーの集中を形成するための装置において、  
気体媒体と、

非気体媒体内で凸形である境界を形成する少なくとも1つの穴を備える障壁によって前記気体媒体から分離された非気体媒体と、

前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるターゲット表面と、

前記穴によって形成された前記境界上に入射するように前記非気体媒体を通して伝播する少なくとも1つの衝撃波を生み出し、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成するための手段とからなる装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、非常に高い局所化されたエネルギーを作り出すための方法及び装置に関する。詳細には、それだけには限らないが、核融合を引き起こすのに十分な高い局所化されたエネルギーを生成することに関する。

【背景技術】

【0002】

核融合電力の開発は、長年の間、時間とお金の巨大な投資領域である。この投資は、主として、巨費を投じて大規模な核融合炉を開発することに集中されてきた。しかし、核融合を生み出すためのはるかに単純かつ安価な機構を予測する他の理論がある。ここで注目のものは、包括的概念「慣性閉じ込め核融合」であり、これは、機械的な力（衝撃波など）を使用し、エネルギーを非常に小さい容積内に集中及び収束させる。

20

【0003】

慣性閉じ込め核融合の代替方法における可能性の確信の大部分は、ソノルミネッセンスと呼ばれる現象の観察に由来する。これは、適正なサイズの気泡を含む液体が特定の周波数の超音波で駆動されたとき発生する。この圧力波は、気泡を膨張させ、次いで非常に乱暴に潰す、通常、慣性キャビテーションと呼ばれる工程である。気泡の急速な潰れは、内容物を、光を放つほど加熱させる非平衡圧縮に至る（非特許文献1参照）。この工程を強めるための様々な努力がなされており、1グループが核融合を観察したと主張している（非特許文献2参照）。しかし、観察された結果は、実質的な努力にもかかわらず、妥当性を証明されておらず、複製されてもいない（非特許文献3参照）。これは、潰れる気泡からルミネッセンスに至った唯一の提案された機構ではないが、これは最も記録されているものである。

30

【0004】

ルミネッセンスは、強い衝撃波によって潰された気泡からも観察されている（非特許文献4参照）。この第2の機構、すなわち衝撃波を使用する気泡の潰れに、本発明は関連する。

【0005】

特許文献1には、非常に高速で移動する（約1km/秒）球状の水滴を剛性のターゲット内に発射し、強い衝撃波を生成することが提案されている。この衝撃波を使用し、核形成されその後液滴内で膨張した気泡を潰すことができる。この潰れた気泡内で、核融合が生じることを上述の特許は予想する。表面に対する高速液滴の衝突による衝撃波生成の機構は、以前より実験的、数値的に研究されており、十分に記録されている（本発明者らの1人による研究を含む。非特許文献5参照）。本発明は、特許文献1とは、基本的な物理的機構は同様であるが、高速液滴の衝突を使用しないので、異なる。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

50

【特許文献1】米国特許第7445319号明細書

【非特許文献】

【0007】

【非特許文献1】ガイタン ディー・エフ (Gaitan, D. F.)、クラム エル・エー (Crum, L. A.)、チャーチ シー・シー (Church, C. C.)、及びロイ アール・エー (Roy, R. A.)、Journal of the Acoustical Society of America, 91 (6), 3166-3183 June (1992)

【非特許文献2】タレヤーカーン アール・ピー (Taleyarkhan, R. P.)、ウェスト シー・ディー (West, C. D.)、チョー ジェイ・エス (Cho, J. S.)、ラヘイ アール・ティー (Lahey, R. T.)、ニグマトゥーリン アール・アイ (Nigmatulin, R. I.)、及びブロック アール・シー (Block, R. C.)、Science, 295 (5561), 1868-1873 March (2002)

10

【非特許文献3】シャピラ ディー (Shapira, D.)、及びソルトマーシュ エム (Saltmarsh, M.)、Physical Review Letters, 89 (10), 104302 September (2002)

【非特許文献4】ボーン エヌ・ケー (Bourne, N. K.)、及びフィールド ジェイ・イー (Field, J. E.)、Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A - Mathematical Physical and Engineering Sciences, 357 (1751), 295-311 February (1999)

20

【非特許文献5】ハラー ケー・ケー (Haller, K. K.)、ベンティコス ワイ (Ventikos, Y.)、ポーリカコス ディー (Poulikakos, D.)、及びモンケウィッツ ピー (Monkewitz, P.)、Journal of Applied Physics, 92 (5), 2821-2828 September (2002)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0008】

本発明は、前述の技法に対する代替を提供することを目的とし、他の応用例をも有する可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

第1の態様から見たとき、本発明は、局所化されたエネルギーの集中を作り出す方法であって、非気体媒体を気体媒体から分離する障壁内の少なくとも1つの穴によって形成された前記非気体媒体と前記気体媒体との間の境界上に入射するように前記非気体媒体を通過して伝播する衝撃波を生み出し、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成し、前記横断噴流が、前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるくぼみを備えるターゲット表面上に入射することからなる方法を提供する。

40

【0010】

また、本発明は、局所化されたエネルギーの集中を作り出すための装置であって、気体媒体と、少なくとも1つの穴を備える障壁によって前記気体媒体から分離された非気体媒体と、前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるくぼみを備えるターゲット表面と、前記穴によって形成された境界上に入射するように前記非気体媒体を通過して伝播する少なくとも1つの衝撃波を生み出し、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成するための手段とからなる装置にも及ぶ。

【0011】

50

国際公開第2011/138622号には、非気体媒体内の衝撃波と気体媒体との相互作用、たとえば液体内で気泡に当たる衝撃波が、気体媒体を通過して移動する非気体媒体の高速横断噴流を生成することができ、これにより噴流が気泡の風下側で衝突することが示されている。本発明によれば、これがさらに発展される。境界上に入射する衝撃波によって生み出される横断噴流は、ターゲットに接して気体媒体の体積又は「気泡」を捕捉する。これは、2つの機構によって気体内で強いエネルギーの集中を引き起こす。第1の機構は、気泡が、噴流の運動を阻んでいる間に圧縮されたとき、噴流から位置エネルギーに、続いて熱エネルギーに運動エネルギーが単純に伝達されることである。これは、噴流の前面で移動するボウショックによる加熱と、このボウショックの跳ね返り、及び後続の、気泡内に閉じ込められた結果的に生じる他の衝撃の相互作用とによって引き起こされる加熱を含む。

10

#### 【0012】

第2の機構は、噴流とターゲットの表面との間の衝突によって生成され、噴流から隣接する気泡内に伝播する、収束する衝撃波からのエネルギーの伝達である。衝撃波の縁は、捕捉された体積に向かって伝播するとき、集束され、収縮する円を形成する。この衝撃波が最終的にある点の近くで集束するとき、非常に高い圧力及び温度が圧縮された気泡内で生じる。衝撃波が噴流から気泡に移動しつつある媒体の密度の大きな減少は、衝撃波が、特にある点に収束するとき、気泡内で非常に高い温度を生成することを意味する。

#### 【0013】

非気体媒体内の衝撃波が気体媒体上に入射するとき生み出される横断噴流は、非気体媒体と気体媒体の間の境界から、ターゲット表面でのその高い速度に加速し、ターゲット表面で、気体の体積を捕捉及び圧縮する。噴流は、引き続き気体媒体を通過につれて、加速し続け、そのとき衝撃波は収束する。したがって、障壁内の穴からのターゲット表面の間隔、すなわち横断噴流が境界で最初に形成される場所を設けることによって、噴流は、ターゲット表面に衝突したとき、そのような間隔がない場合より高い速度に達するように、さらに加速するための空間を有する。境界内における穴からのターゲット表面の最大間隔は、横断噴流が不安定になり始める、したがって液滴の霧へと破壊される点によって決定される。したがって、障壁内の穴からのターゲット表面の間隔は、穴の直径の20倍未満、たとえば直径の10倍未満、たとえば5倍未満、たとえば穴の直径の2倍未満とすることができる。境界表面（すなわち、非気体媒体と気体媒体の間の境界）が湾曲している下記で論じる1組の実施形態では、この間隔は、境界表面の曲率半径の10倍未満、たとえば5倍未満、たとえば境界表面の曲率半径の2倍未満とすることができる。理論的には、最小間隔はなく、障壁とターゲット表面が接触しないことが必要とされるだけである。しかし、実際上は、この間隔は、気体媒体を供給するために十分なものでなければならず、下記で論じる1組の実施形態では、新しいターゲット表面内に移行(slide)する。この間隔は、衝撃波からのより多くのエネルギーが噴流に、続いてターゲット表面への衝突に利用されることを可能にし、したがって捕捉された気泡の圧縮及び加熱を増大する。これは、たとえば、国際公開第2011/138622号に開示されているターゲット表面から離隔された障壁なしに気体媒体が気泡としてターゲット表面に直接付着される構成に対して対照的である。

20

30

40

#### 【0014】

したがって、障壁とターゲット表面の間隔など様々な要因に応じて、本発明を使用して、噴流が到達する速度を改善することが可能である。さらに、下記で述べるように、ターゲット表面からの障壁の間隔は、いくつかの他の利点をもたらす。

#### 【0015】

本発明の実施形態は、ターゲット表面に接して気体媒体の体積を圧縮する非気体媒体の噴流を生み出すことを通じて、非常に高いエネルギーの集中を生み出すために使用されてもよい。捕捉された気泡及び隣接するターゲット表面における非常に高いエネルギーの集中により、ターゲット表面が必然的に損傷することになる。本発明のいくつかの実施形態、たとえばターゲット表面が核融合のための燃料又は化学反応のための反応物を含む実施

50

形態では、ターゲット表面に対する損傷が意図されている。持続可能な反応を得るために、本発明をそのような目的で使用しようとする場合、高い繰返し率で繰り返される衝突が望ましい。しかし、ターゲット表面上に噴流を繰り返して衝突させる場合、特にターゲット表面が衝突によって損傷を受けるとき、ターゲット表面は、迅速に交換されることを必要とすることになる。障壁とターゲット表面の分離は、これを可能にする。なぜなら特に、衝撃波が伝播しているときを除いてターゲット表面が非気体媒体に接触しないからである。たとえば、ターゲット表面を完全に交換する、たとえば損傷した表面を滑らせて外し、新しい表面を滑り込ませることができ、又は、いくつかの異なる衝突部位を有するターゲット表面を、障壁内の穴に対して各衝突部位を連続的に位置決めするように移動させることができ、それにより、非気体媒体内における衝撃波の各繰返し、もしくは複数回の繰返しごとに、ターゲット表面上の新しいターゲット部位が、生み出される横断噴流から衝突を受けるようになる。

10

## 【0016】

ターゲット表面と障壁の分離は、ターゲット表面と障壁を、それぞれそれらの目的に適した異なる材料から製作することを可能にする。衝撃波、おそらくは複数の衝撃波によって生み出される圧力に耐えるために、1組の実施形態では、障壁は強い材料、たとえば高強度鋼から作られる。障壁は、穴の周囲周りで補強することができる。なぜなら、ここは、圧力及びエネルギーが最も大きくなる可能性が高いからである。逆に、ターゲット表面は、特定の構造的強度を有することを必要としない可能性がある。なぜなら、噴流を介する以外、衝撃波と直接接触しないからである。先に論じたように、ターゲット表面は、核融合のための燃料又は化学反応のための反応物から作られる、又は少なくともそれらを含むことがある。

20

## 【0017】

非気体媒体からのターゲット表面の分離、すなわち障壁による分離は、気体媒体の組成からの非気体媒体の組成の独立をも可能にする。なぜなら、たとえば、非気体媒体は、その中で気体媒体が核形成されることを可能にする組成のものであることを必要としないからであり、また、これらの2つの材料の異なる供給を障壁の両側で容易に実現することができるからである。気体材料と非気体材料のこの独立は、本発明の化学応用例、たとえば音化学及び外来化学(exotic chemistry)で特に有利であり、材料の組成を、調査するべき特定の反応にとって適切なものになるように選択することができる。

30

## 【0018】

障壁とターゲット表面がそれらの分離に起因して独立しているため、これらの2つの構造物、ならびに障壁内の穴の形状もまた、独立して調整することができる。ターゲット表面はくぼみを備えることが有利である。これは、気体媒体の少なくとも一部が、衝突する噴流と表面くぼみの間で捕捉される、たとえば気体の気泡が噴流によってくぼみの内部表面に接して捕捉及び圧縮されるように横断噴流の衝突を受けるように設計することができる。本装置が使用される応用例、たとえば核融合又は化学反応に応じて、ターゲット表面は、その表面においてどんな反応から生成される生成物をも収集するように形作ることができる。たとえば、ターゲット表面は、反応からの生成物が表面から収集容器に流れ落ちるように、水平に対してある角度で配置することができる。

40

## 【0019】

衝撃波が入射するところと反対側のくぼみ内の表面の形状は、噴流がある点で表面と接触するように平坦なものとすることができる。しかし、1組の実施形態では、表面くぼみは、初期接触領域が、閉ループ、たとえば輪を形成する曲線であるように構成される。これは、噴流先端とくぼみの縁部との間で気体媒体の体積の捕捉しやすさを高める。これを行うために、ターゲット表面の1区間は、噴流の先端の曲率より大きい曲率を有し、表面のこの部分は、噴流がそこに衝突するように配置される。衝突したとき、環状の衝撃波が生成され、衝撃波の内側の縁は、くぼみの底に向かって、また気体の捕捉された部分に向かって伝播する。これを、衝突する噴流の運動を止める気体の「ピストン」効果と組み合わせることにより、捕捉された気体の非常に強い加熱が生じる。たとえば、衝撃波の所与

50

の強度に対して、ピーク温度は、平坦な表面と接触する気体の体積に比べて、これらの構成によって1桁を超えるほど増大させることができる。

#### 【0020】

くぼみは、いくつかの形状をとることができる。1組の実施形態では、断面で口から離れるにつれて先細になる。このくぼみは、皿に似ている可能性がある - たとえば、連続的に湾曲している。しかし、表面は、連続的に湾曲していることを必要としない。1組の実施形態では、表面は、皿形ではなく割れ目により酷似している。これは、深さが幅より大きいことから開始することによって、又は割れ目内に捕捉される気泡の部分の曲率（又は最大曲率）より大きい割れ目の先端における曲率の領域の存在によって画定することができる。1組の実施形態では、表面は、たとえばそれらの間に勾配のある不連続を有する複数の離散的な部分を備える。これらの部分は、それら自体が部分的な楕円、放物線などとすることができるが、同様に直線とすることができる。離散的な部分から作られた表面の特定の組の実施形態は、区分的多項式として説明することができる。

10

#### 【0021】

ターゲット表面は、（たとえば、上述の噴流現象を利用するために）単一のくぼみを有することに限定されることを必要とせず、したがって1組の実施形態では、ターゲット表面は、複数のくぼみを備える。

#### 【0022】

特定の組の実施形態では、横断噴流は、気体媒体の多数の小さい部分が噴流先端とターゲット表面との間で捕捉されるように特定の粗さ、顕微鏡的又は肉眼的形状と共に準備された表面の領域に当たるように構成される。すなわち、多数の小さいくぼみが、横断噴流先端のサイズに比べて小さい。

20

#### 【0023】

別の組の実施形態では、複数の離散的なくぼみが設けられる。各個々のくぼみは、障壁において生み出される横断噴流に気体の1つ又は複数の体積を捕捉させることによってエネルギー集束を促進するように形作られてもよい。換言すれば、表面は、気体媒体の体積を捕捉することができる表面の形作られた区間と横断噴流が相互作用することになる2つ以上の部位と共に準備されてもよく、したがってスケラビリティを提供する。複数のくぼみを使用することの利点は、横断噴流エネルギーのより大きな割合を利用することができることである。さらに、ターゲット表面からの障壁の分離により、気体媒体の性質、又はそれがどのように供給されるかに対して変更を加えることが必要とされない。なぜなら、これは、複数のくぼみにわたって分散されるからである。

30

#### 【0024】

複数の離散的なくぼみは、2つ以上の穴が障壁内に設けられる1組の実施形態に特に適していることを理解されたい。各くぼみは、障壁内の穴に対応する、すなわち、それにより、生み出される各横断噴流がその対応するくぼみ内でターゲット表面に衝突することが好ましい。これは、障壁に入射する初期衝撃波のより大きな割合が利用されることを可能にする。複数の穴は、すべて同じ形状を備えることができ、これは障壁の製造を単純化し、又は、たとえば障壁上のそれらの位置に応じて異なる形状とすることができる。これは、横断噴流の形成を制御するために障壁の形状が最適化される、たとえば穴の形状が障壁の局所形状に依存し得る実施形態で有用となり得る。さらに、穴は、障壁の形状及び/又は穴の形状によって、複数の横断噴流がターゲット表面上の単一の位置、たとえばその点で捕捉された気泡の圧縮を強めるためにくぼみが位置するところに導かれるように構成することができる。したがって、これはターゲット表面上に単一のくぼみしか設けられない実施形態の組にも適用することができることを理解されたい。

40

#### 【0025】

ターゲット表面内の複数のくぼみは、いくつかの方法で形成することができる。たとえば、固体表面に穿孔し、又は他の方法で機械加工し、くぼみ又はピットを作り出すことができる。しかし、1組の実施形態では、くぼみは、表面の表面テクスチャによって生み出される。たとえば、表面を研磨材でブラスト、エッチング、又は他の方法で処理し、顕微

50

鏡レベルで多数のピット又はくぼみを提供する所望の度合いの表面粗さを与えることができる。

#### 【0026】

ターゲット表面は、上記で概説した実施形態の多数で暗示されるように固体から構築することができるが、同様に液体であってもよい。固体の場合、米国特許第7445319号で提案されている材料のどれでも好適なものとするすることができる。液体の場合、必要とされる表面形状（たとえばくぼみを備える実施形態の組で必要とされる場合）は、いくつかの方法で達成することができる。たとえば、液体の体積の表面を（たとえば超音波又は他の方法を使用して）適切な振動で励振し、所望の形状を有する波を生成することができる。あるいは、所望の形状は、適切に一致された濡れ特性を用いて液体と固体表面の間の接触角を通じて達成することができる。当然ながら、この後者の例は、表面が固体と液体の組合せを含むことができることを示す。ターゲット表面は、液体を備える場合、一般に非気体媒体より密度が高くなる。

10

#### 【0027】

障壁の形状もまた、横断噴流の形成を制御するように形作ることができる。より詳細には、入射衝撃波の気体媒体との相互作用によって形成される高速噴流を明示的に受けるように障壁を設計することによって、入射衝撃波は、気体媒体の表面と相互作用するとき、伝達される衝撃と、反射される希薄波とを形成する。接触が正しい形状である、すなわち入射衝撃波から曲がって離れる場合には、この希薄波は、流れをある点に集束するように働くことになる。次いで、これにより、純粋に例として1 GPaの衝撃波について2000 m/s<sup>-1</sup>を超える可能性がある高速横断噴流が形成される。この噴流がターゲット表面に当たったとき、米国特許第7445319号に記載されている高速液滴衝突状況と同様に、衝突の力によって強い衝撃波が内部に生成される。障壁は、衝撃波を穴に向かって集束するように全体的な形状を備えることができ、又は障壁内の複数の穴が設けられる実施形態の組では、生み出される各横断噴流の形成を制御するように、障壁を各穴の近くで局所的に形作ることができる。

20

#### 【0028】

横断噴流の形成及び捕捉された気泡の圧縮を最適化するように選択されるターゲット表面の形状及び/又は障壁の形状だけでなく、障壁内の穴の形状もまた、横断噴流の形成の助けとなるように選択することができる。穴は、一定の断面を有する障壁を通して、いくつかの異なる形状、たとえば円形のうちの1つを備えることができる。しかし、断面は、横断噴流の形成を制御し、それをターゲット表面上に、たとえばくぼみに向かって集束する、又は導くために、気体媒体の方向で障壁を通してラッパ状に広がる、又は先細になることができる。これに関して、横断噴流が衝突することが意図されているターゲット表面、たとえばくぼみ上の領域は、横断噴流が生じる穴と直接反対に位置決めされることを必要とせず、障壁及び/又は穴の形状は、これを制御するように構成することができる。

30

#### 【0029】

また、各穴の形状を使用し、穴内における気体媒体と非気体媒体の間の境界の形状を制御することができる。境界形状もまた、非気体媒体に対する気体媒体の相対圧力によって制御することができる。理解されるように、これは、本発明の構成を用いて、障壁とターゲット表面の間の分離により、制御するのが特に簡単である。1組の実施形態では、この装置は、気体媒体の圧力を制御するための手段を備える。これらの手段、又は代替の手段、たとえば気体媒体と流体連通する気体供給源を使用し、衝撃波が非気体媒体に加えられた後で気体媒体を補給することもできる。実施形態のこの組は、生成される気体媒体の含有量及びサイズを大きく制御できること、ならびに気体媒体を迅速に補給することを可能にすることという利点を有し、すなわち非気体媒体内で気泡を核形成することに比べて、衝撃波を高い繰返し率で加えることを可能にし、ターゲット表面からの障壁の分離に起因する他の利点をもたらす。

40

#### 【0030】

非気体媒体と気体媒体の間の境界の形状は、平坦なものとするすることができる。しかし、

50



1組の実施形態では、上記で言及したように、境界は、非平坦、すなわち湾曲していてもよい。気体媒体は、穴を通して非気体媒体内に突出する、すなわち境界は凸形であることが好ましい。この凸形状は、横断噴流を形成する際に特に有利であることが判明している。なぜなら、衝撃波が境界上に入射したとき形成される希薄ファンが、非気体媒体の流れをある点に集束するように働き、それにより境界の表面全体からのエネルギーが利用される細い噴流を形成するからである。これは、それ自体、新規かつ発明性があるものと考えられ、したがって、さらなる態様から見たとき、本発明は、局所化されたエネルギーの集中を作り出す方法であって、非気体媒体を気体媒体から分離する障壁内の少なくとも1つの穴によって形成された前記非気体媒体と気体媒体との間の凸形の境界上に入射するように前記非気体媒体を通して伝播する衝撃波を生み出し、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成し、前記横断噴流が、前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるターゲット表面上に入射することからなる方法を提供する。

10

**【0031】**

また、本発明は、局所化されたエネルギーの集中を作り出すための装置であって、気体媒体と、

非気体媒体内で凸形である境界を形成する少なくとも1つの穴を備える障壁によって前記気体媒体から分離された非気体媒体と、

前記気体媒体内で前記障壁から離隔されるターゲット表面と、

前記穴によって形成された前記境界上に入射するように前記非気体媒体を通して伝播する少なくとも1つの衝撃波を生み出し、それにより、前記穴の他方の側に横断噴流を形成するための手段とからなる装置にも及ぶ。

20

**【0032】**

1組の実施形態では、非気体媒体に加えられる初期衝撃波は、非気体媒体と気体媒体の間の境界の形状と共形になるように構成することができ、それにより生み出される横断噴流の強さを高めることができる。

**【0033】**

1組の実施形態では、障壁及び/又は穴の縁部の微細構造又は濡れ特性を最適化し、境界形状を制御することができる。たとえば、障壁及び/又は穴は、疎水性及び/又は親水性の表面又は被覆(又は水以外の流体のタイプに対する親和力及び反発力を有する材料)を備えることができる。障壁及び/又は穴の特定の微細構造又は濡れ特性を、気体媒体を補給するための手段との組合せで提供することは、やはり境界での気体媒体の迅速な形成の助けとなる可能性があり、衝撃波について高い繰返し率を可能にする。たとえば、穴の周囲は疎水性材料を備えることができ、その外側は、気体媒体及び非気体媒体の位置境界、ならびにその境界の障壁との接触角を制御するために親水性材料である。

30

**【0034】**

他の組の実施形態では、非気体媒体の表面張力を使用し、境界形状を制御することができる。他の組の実施形態では、定在圧力波、たとえば定在超音波を非気体媒体に加え、境界形状を制御する。この技法は、衝撃波に続いて境界での気体媒体の再形成を促進するために使用することもでき、やはり衝撃波について高い繰返し率を可能にする。

**【0035】**

境界形状を制御し、衝撃波について高い繰返し率を可能にするために、さらなる技法が本発明者らによって想定されている。1組の実施形態では、装置が、気体媒体と非気体媒体の間で境界を画定する膜、たとえば事前に製造された膜を備え、これが境界形状を画定する。このようにして薄い膜を使用することは、非気体材料と気体材料の切り離しを可能にし、組成の組合せを任意に選択することを可能にする。また、これは、他の方法によって使用可能でない精度で境界形状を制御することを可能にする。膜は、任意の好適な材料、たとえばガラス、たとえばプラスチック、たとえばゴムから形成することができる。

40

**【0036】**

事前作製済みの膜を有することは、非気体媒体、たとえば液体をより容易に使用することを可能にする。なぜなら、気体媒体はその障壁の側で捕捉され、したがって穴を通して

50

漂ってゆくことができず、さもなければ乱されるところだったものが乱されないからである。特定の組の実施形態では、膜は脆いものであり、衝撃波から衝突を受けたとき、結果的に生じる動力学に影響を及ぼさないように破れるように構成される。1組の実施形態では、事前作製済みの膜は、弱いライン又は領域を含み、その結果、膜は、衝撃波から衝突を受けたとき弱いラインに沿って、又は領域内で破れる。弱いライン又は領域は、裂け目の位置が後続の流れパターンに影響を及ぼす、たとえばこれが横断噴流の形成及び動力学を制御する助けとなり得るように構成することができる。他の組の実施形態では、膜は、潰れる境界と共に変形するように設計される。

**【 0 0 3 7 】**

複数の穴が障壁内に設けられる実施形態の組では、穴のそれぞれを覆うように別個の膜を設けることができる。しかし、1組の実施形態では、膜は、障壁内の穴の2つ以上を覆うように構成される。これは、特に非気体媒体に加えられる複数の衝撃波について高い繰返し率が望ましいとき構成するのが容易である。たとえば、上記で論じたターゲット表面のための構成と同様に、衝撃波の各印加の前に、新しい膜を装置内に滑り込ませることができる。実際、ターゲット表面と膜は、気体媒体を挟んで、同時に定位置に滑り込ませる、たとえば事前作製することができる。

10

**【 0 0 3 8 】**

1組の実施形態では、装置が複数の障壁を備え、各障壁は、少なくとも1つの穴を備え、気体媒体を非気体媒体から分離する。このようにして、初期衝撃波からのエネルギーを、障壁及び非気体媒体に連続的に入射するたびに強め、それによりターゲット表面上への初期衝撃波から大量のエネルギーを利用することができる。障壁の両側における非気体媒体及び気体媒体の各体積は、同じ組成を含むことを必要としない。たとえば、2つの障壁を有する1組の実施形態では、衝撃波を、第1の障壁内の穴で第1の気体媒体との境界上に入射する第1の非気体媒体に加えることができ、次いでその後、第2の非気体媒体、次いで第2の障壁内の穴で第2の気体媒体との第2の境界上に入射してから、ターゲット表面上に入射する。

20

**【 0 0 3 9 】**

障壁のおおよその向きが水平である実施形態では、気体媒体の中間層が、非気体媒体のそれぞれの層の上方で単純に浮くことができる。しかし、1組の実施形態では、装置は、非気体媒体と気体媒体の間の境界から分離して離す膜を備え、これは、非気体媒体と気体媒体のそれぞれの配置を保持するために、障壁のおおよその向きが水平から離れている実施形態において特に有利である。これは、障壁での穴を跨ぐ膜に加えて、又はその代わりとすることができる。

30

**【 0 0 4 0 】**

隣接する障壁内の穴同士は、1つの障壁で生み出される横断噴流を次の障壁内の対応する穴における非気体媒体上に導くために、互いに直接位置合わせしておくことができる。あるいは、これらの穴は、1つの障壁からの複数の横断噴流が次の障壁内の単一の穴で非気体媒体に向かって、又はその逆、すなわち単一の噴流が複数の穴に導かれるように構成することができる。この前者の代替形態は、複数の収束する噴流が次の非気体層上に入射する衝撃波を強めるので、特に有利であるとわかる。したがって、非気体材料及び気体材料の連続する層がこのようにして構成される場合、初期衝撃波からの大量のエネルギーを、利用し、ターゲット表面に接して捕捉及び圧縮される最終的な気体材料上に集束させることができる。これらの構成のどれでも、たとえば穴の形状、障壁の形状などに関して、横断噴流の形成及び結果的に生じる衝撃波を制御するために、上記で論じた任意の数の実施形態と組み合わせることができることも理解されたい。具体的には、障壁は、初期衝撃波及び/又は結果的に生じる衝撃波を、たとえば後続の障壁内の1つ又は複数の穴において気体媒体と非気体媒体の間の境界の形状と共形になるように1つ又は複数の穴及び/又はターゲット表面上に集束するように形作ることができる。

40

**【 0 0 4 1 】**

当然ながら、すでに言及したように、いくつかの実施形態は、気体媒体の複数の体積を

50

含むことができる。しかし、それぞれがそれぞれの障壁と接触するこれらの複数の体積に加えて、又はそれらの代わりに、本発明者らは、初期衝撃波を最終的なターゲット表面上に集束することができるさらなる構成を想定している。1組の実施形態では、装置は、障壁内の1つ又は複数の穴に対して位置決めされる非気体媒体内の流体の1つ又は複数のポケットを備え、それにより、流体の第1のポケットに対する衝撃波の入射により、その後気体媒体上に入射する衝撃波の強さが集中される。流体は、たとえば気体媒体と同じ組成の気体を含むことが好ましい。

#### 【0042】

非気体媒体（及びその任意の層）内の流体の1つ又は複数のポケットは、非気体媒体及び気体媒体の複数の層の場合と同様に、障壁内の単一の穴上に入射するものより大きな割合の初期衝撃波を利用するように働くことを理解されたい。流体のポケットに対する衝撃波の入射は、ポケットの容積を跨いで加速しポケットの風下側で衝突する横断噴流を形成させる。この衝突は、外向きに移動する衝撃波をもたらす、これは入射衝撃波の圧力の10倍を超える可能性がある。流体のポケットは、次いでこのより強い衝撃波が、初期衝撃波がそこに入射していた場合より大きな圧力で気体媒体と相互作用するように、障壁内の1つ又は複数の穴に対して位置決めされる。複数の層についての障壁内の複数の穴の場合と同様に、複数の流体ポケットを非気体媒体内で位置決めし、障壁内の1つ又は複数の穴においてその後気体媒体に衝突する横断噴流を生成することができる。

#### 【0043】

ターゲット表面、障壁、障壁内の穴、及び境界のうちの1つ又は複数について特定の形状を生み出すだけでなく、1組の実施形態では、ターゲット表面、障壁、及び穴のうちの1つ又は複数の微細構造又は濡れ特性を最適化し、ターゲット表面の近くで衝撃波の速度を制御する、たとえばターゲット表面の近くで速度を増大し、それにより衝撃波の形状、したがって衝撃波と捕捉された気泡との相互作用の性質を変えることができる。以前に論じたように、非気体媒体と気体媒体の間の適切に形作られた境界を実施形態のこの組で使用し、衝撃波の形状を境界の形状に一致させ、それにより、捕捉された気泡の圧縮時に達成される温度及び密度を最大にするために、横断噴流形成の動力学を制御することを可能にすることができる。

#### 【0044】

本明細書に記載の本発明は、それ自体の利点を掲載する米国特許第7445319号に記載の技法に対する代替形態を提供する。本発明者らは、米国特許第7445319号で提案されている、高速でターゲット内に発射された液滴内の気泡の核形成において著しい挑戦課題があると理解している。衝撃が当たったとき気泡がその膨張 - 潰れサイクルの好ましい瞬間にあるために、タイミングが非常に正確なものでなければならない。米国特許第7445319号によって必要とされ米国特許第7380918号に詳述されている、高速液滴が生み出される方法もまた、複雑かつコストがかかるものである。それに対して、そのような複雑さと、関連の支出は、本発明の少なくとも好ましい実施形態に従って回避することができる。したがって、本発明の様々な態様は、非気体媒体からの噴流によって捕捉された気泡を圧縮するためにはるかに単純な技法を提供する。なぜなら、衝撃波は、単純に非気体媒体で生み出されればよいからである。さらに、本発明者らによって実施された両技法の理論的及びコンピュータモデル化によれば、本発明による方法は、米国特許第7445319号に記載の方法より1桁を超える大きさの圧力及び温度の強さをもたらすことができることが示されている。

#### 【0045】

衝撃波を使用して気泡を圧縮するために本発明に従って使用することができるより静的なフレームワークは、いかに衝撃波が気体媒体に当たり、捕捉された気泡と相互作用するかについて（自由気泡に比べて）はるかに大きく制御することを可能にする。

#### 【0046】

初期衝撃波は、必要とされる圧力に応じて、いくつかの異なるデバイスによって、いくつかの異なる方法で生み出すことができる。たとえば、衝撃波碎石デバイスを使用し、強

10

20

30

40

50

さのより低い衝撃波を生成することも、爆発性平面波発生器 (explosive plane wave generator) を使用し、強さの高い衝撃波を提供することもできる。あるいは、ガスガンを使用し、非気体媒体と接触するダイアフラム又はピストン内に発射体を当て、衝撃波を生み出すことができる。好ましい実施形態では、そのような爆発性デバイスは、0.1 GPaと50 GPaの間の衝撃波圧力を生み出すことができ、別の好ましい実施形態では、砕石デバイスを使用し、100 MPaから1 GPaの衝撃波圧力を生成することができる。衝撃波が非気体媒体に繰り返し加えられることになる場合、繰返し率は、0.1 Hz超、たとえば1 Hz超、たとえば10 Hz超、たとえば100 Hz超、たとえば1 kHz超、たとえば20 kHzである可能性がある。

**【0047】**

本明細書で使用される「気体媒体」及び「気体」という用語は、一般的に理解すべきであり、したがって純粋な原子気体又は分子気体に限定されると理解すべきでなく、蒸気、懸濁液、又は気体内の液体もしくは固体の微小浮遊物、あるいはそれらの任意の混合物を含むと理解すべきである。「非気体媒体」は、一般的に理解すべきであり、したがって液体、非ニュートン流体、半固体ゲル、衝撃波の通過によりそれらの特性が変化するまで見かけ上固体である材料、懸濁液、又は微小浮遊物及びコロイドを含むことができる。例は、それだけには限らないが、水、油、アセトンなど溶媒、ヒドロゲル、及びオルガノゲルを含む。非気体媒体は気体媒体より大きな密度を有することになることを理解されたい。

**【0048】**

非気体媒体は、液体又は半固体ゲルなど、中で衝撃波を生み出すための任意の好適な物質とすることができる。気体媒体は、上述のように、障壁とターゲット表面の間に提供することができる。ゲル又は粘性の液体を使用することは、非気体媒体の浮力が液体の粘性に打ち勝つことがあるより低粘性の液体に比べて障壁内の穴において気体媒体と非気体媒体の間の境界の詳細な形状を制御するのがより容易であるという利点を有する。さらに、非気体媒体及び/又は気体媒体は、添加物、たとえば気体媒体と非気体媒体の間の境界の表面張力、したがって形状を制御するための界面活性剤を含むことができる。

**【0049】**

実施形態の好ましい組では、本明細書に記載の方法を使用し、核融合反応を生成する。反応のための燃料は、気体媒体によって提供することができ、非気体媒体又は燃料は、ターゲット表面それ自体によって提供することができる。米国特許第7445319号で述べられている燃料のどれでも、本発明で使用するのに好適である。

**【0050】**

本発明のいくつかの実施形態に従って得ることができる核融合反応は、正味エネルギー生産（この分野における長期研究目標）のために使用することができるが、本発明者らは、核融合の効率が正味エネルギー生産のために必要とされる効率より低い場合でさえ、本発明の実施形態に従って得ることができる確実な核融合は、たとえば他の核融合プロジェクトで燃料として使用することができ、現在の既存の技術を使用して、たとえば核分裂炉を使用して生産するには非常にコストがかかるトリチウムの生産において有利である。また、核融合は、従来の代替形態より安価かつより小型の高速かつ安全な中性子源をもたらすうえで有益なものとなり得る。これには多数の可能な応用例、たとえば1つ挙げれば輸送コンテナのスキャンがあることを、当業者なら理解するであろう。

**【0051】**

さらに、本発明によれば、核融合を生成することは、決して本質的なものではない。たとえば、いくつかの実施形態では、本発明の技法及び装置は、極端かつ異常な条件にアクセスするために、又は単純に、特にその集中度において局所化された実質的な加熱をもたらすために使用することができる音化学及び外来化学反応炉として使用することができることが有利である。

**【0052】**

次に、本発明のいくつかの実施形態について、単に例として、添付の図面を参照して述

10

20

30

40

50

べる。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】本発明による一実施形態を示す断面図。

【図2a】図1に示されている気体媒体と衝撃波の相互作用の連続する工程を示す断面図

。

【図2b】図1に示されている気体媒体と衝撃波の相互作用の連続する工程を示す断面図

。

【図2c】図1に示されている気体媒体と衝撃波の相互作用の連続する工程を示す断面図

。

【図3】膜を備える図1の実施形態の変形例を示す断面図。

【図4】親水性領域及び疎水性領域を備える図1の実施形態の変形例を示す断面図。

【図5】集束用気泡を備える図1の実施形態の変形例を示す断面図。

【図6】2つの層を備える図1の実施形態の変形例を示す断面図。

【図7】上部層内に2つの穴を備える図6の実施形態の変形例を示す断面図。

【発明を実施するための形態】

【0054】

図1は、本発明による1構成を概略的に示す。たとえば高強度鋼又はチタン合金から作られる固体の障壁2が、ヒドロゲル、たとえば水とゼラチンの混合物の形態の非気体媒体4と、気体媒体6、たとえば核融合反応に關与するのに適した蒸気燃料との間に配置される。穴8が障壁2内に形成され、したがって非気体媒体4と気体媒体6の間の接触表面に境界10が形成されることを可能にする。非気体媒体4と気体媒体6の間の境界10は、ヒドロゲル内で、非気体媒体4内に突出する半球状の表面として画定される。たとえば核燃料又は反応物を含む任意の好適な材料から作られる固体のターゲット表面12が、非気体媒体の外側で障壁2から離隔され、障壁2に対して平行に配置される。衝撃波に耐えることを必要とするターゲット表面の材料に対して制約はなく、可能な材料の大きな範囲をもたらすことを理解されたい。ターゲット表面12は、障壁2内の穴8の反対側に凹形、V字形のくぼみ14を備え、気体媒体6で充填される。くぼみ14は、機械加工することでも、ターゲット表面12内の割れ目の結果として形成させることもできる。装置のサイズは本質的なものではないが、この図の典型的な寸法は、0.1と $1 \times 10^{-5}$  mの間とすることができる。

【0055】

次に、この実施形態の動作について、気体媒体6と相互作用する衝撃波16の図2a~2cに示されている3つの連続する段階を特に参照して述べる。最初に、非気体媒体4内で、たとえば5 GPaの圧力での爆発から、衝撃波16が生み出される。これは、図1では、障壁2に向かって矢印の方向で伝播する線分16として表されている。

【0056】

まず、図2aに示されているように、衝撃波16が境界10の上部に当たり、密度の大きな変化の結果として、衝撃波16の一部分を非気体媒体4から気体媒体6に反射させる。この反射された部分は、希薄ファンを形成し、それが気体媒体6から離れるように伝播し、したがって境界10において衝撃波の反射された部分と気体媒体6との間に低圧領域を生み出す。

【0057】

非気体媒体4は、図2bに示されているように、この低圧領域内に横断噴流13として流入し、横断噴流13は、次いで気体媒体6を横断する。ターゲット表面12からの障壁2の間隔は、噴流13が、ターゲット表面12上のくぼみ14内で衝突するまで気体媒体6を通して加速することを可能にし、図2cに示されているように、噴流13の先端とターゲット表面12内の先細のくぼみ14との間で気体媒体6の体積15を捕捉する。捕捉された体積内の気体燃料の圧縮は、核融合反応を生成するのに十分なものとなり得る強い局所加熱を引き起こす。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 8 】

図3は、図1に示されている実施形態の変形形態を示し、障壁102内の穴108の上で位置決めされている事前作製済みの膜110によって気体媒体106から分離されている。事前作製済みの膜110は、脆いものである。すなわち、衝撃波116の衝突時に破れるように設計される。事前作製済みの膜110が衝撃波116の衝突によって破れた後で、結果的に生じる横断噴流は、引き続き気体媒体106内に伝播し、先の実施形態の場合と同様にして、くぼみ114内でターゲット表面112に接して気体媒体の小さい体積を捕捉する。事前作製済みの膜110は、気体媒体106が穴108を通して浮き上がり逃げるのを防止するので、非気体媒体104を液体から作ることも可能にする。

10

## 【 0 0 5 9 】

図4は、図1に示されている実施形態の別の変形形態を示し、障壁202内の穴208の周囲が疎水性材料218で被覆され、この障壁202の外側は、親水性材料220で被覆されている。疎水性材料218と親水性材料220の組合せ及び相対配置は、たとえば衝撃波216の印加後、気体媒体206を補給するとき、非気体媒体204と気体材料206の間の境界210が正確に、繰返し性のある状態で位置することを可能にする。また、疎水性材料218及び親水性材料220の被覆は、境界210を形作る、たとえばその半球形状に立たせる助けとなる。

## 【 0 0 6 0 】

図5は、図1に示されている実施形態の他の変形形態を示し、2つの気体のポケット322が、非気体媒体304内で、障壁302内の穴308の上方で対称に離隔され、穴308の側に位置決めされている。動作時には、衝撃波316がまず2つの気体のポケット322の上部表面上に入射し、上記の実施形態を参照して述べたように衝撃波が穴308において気体媒体306と相互作用するのと同様にして、非気体媒体304の横断噴流が形成され、横断噴流は、気体のポケット322のそれぞれの風下側表面に衝突するように気体のポケット322のそれぞれの体積を跨いで移動する。これらの衝突は、結果的に生じる衝撃波を生み出し、この衝撃波は、非気体媒体304に加えられる初期衝撃波316より強く、その後、障壁302内の穴308で気体媒体306上に入射する。この結果的に生じる衝撃波は、気体媒体306と相互作用し、したがってその後、先の実施形態について上述したように、くぼみ314内でターゲット表面312に接して気体媒体306の体積を捕捉する。

20

30

## 【 0 0 6 1 】

図6は、図1に示されている実施形態の他の変形形態を示し、下部障壁424が上部障壁402の下方に、上部障壁402に対して平行に設けられている。非気体媒体の第1の層404が、上部障壁402の上方に、気体媒体の層406が下方にある状態で設けられ、非気体媒体の第2の層426が、下部障壁424の上方に、気体媒体の層428が下方にある状態で設けられている。動作時には、衝撃波416がまず非気体媒体の第1の層404と気体媒体の第1の層406との間の境界410に入射し、上記の実施形態を参照して述べたように衝撃波が穴408において気体媒体406と相互作用するのと同様にして、非気体媒体404の横断噴流が形成され、横断噴流は、非気体媒体の第2の層426に衝突するように気体媒体の第1の層406を跨いで移動する。この衝突は、非気体媒体の第2の層426内で結果的に生じる衝撃波を生み出し、この衝撃波は、非気体媒体の第1の層404に加えられる初期衝撃波416より強く、その後、下部障壁424内の穴430によって形成される気体媒体の第2の層428との境界上に入射する。この結果的に生じる衝撃波は、気体媒体の第2の層428を通過し、したがってその後、先の実施形態について上述したように、くぼみ414内でターゲット表面412に接して気体媒体428の体積を捕捉する。

40

## 【 0 0 6 2 】

図7は、図6に示されている実施形態の変形形態を示し、2つの穴508が、上部障壁502内で、下部障壁524内の穴530の上方で対称に離隔され、穴530の側に設け

50

られている。この実施形態の動作は、図6に示されている実施形態に非常に似ているが、2つの結果的に生じる横断噴流が気体媒体の第1の層506内で生み出され、これらが組み合わさり、最終的に気体媒体の第2の層528上に入射し、それにより初期衝撃波516からのエネルギーのより大きな割合を利用し、それが最終的な横断噴流内に運ばれ、それがターゲット表面512内のくぼみ514内で気体媒体528の体積を捕捉することが異なる。

【0063】

特定の例が与えられているが、達成される実際の結果に影響を及ぼすいくつかのパラメータ、たとえば液体又はゲル媒体の密度、周囲の圧力及び温度、気体媒体及び非気体媒体の組成、衝撃波の衝突角度及び形状、ターゲット表面の形状及びターゲット表面の微細構造、障壁形状、障壁及び非気体媒体の層及び気体媒体の層の数、ならびに非気体媒体と気体媒体の間の境界の形状があることを理解されたい。

10

【0064】

上述の実施形態のそれぞれにおいて、示されている図は、気体媒体及びターゲット表面の3次元体積を通る鉛直断面図であり、したがって回転対称である実施形態を示す。しかし、これは本発明にとって本質的なものではない。具体的には、表面は、示されている鉛直断面図の代わりに、又はそれだけでなく、回転方向に離散的な表面部分を含むことができる。後者の場合には、ターゲット表面は、多面的になる。各切子面は、別々の、しかし収束する衝撃波を引き起こすことができる。

【0065】

20

記載の実施形態のすべてにおいて、装置は、重水蒸気を含む気泡上に入射する衝撃波を媒体内で生み出すことによって使用することができる。

実験の数値モデル化では、本明細書に記載の技法は、 $-20\text{ GPa}$ のピーク圧力を引き起こし、これは $1 \times 10^6$ ケルビンを超える温度を気体の潰れた体積内で引き起こすのに十分なものであり、これは重水素原子の核融合反応に十分なものとなり得る。いくつかの非限定的な例では、結果的に生じる中性子は、他の工程で使用することも、中性子の運動エネルギーを熱エネルギーに変換するために、したがって従来の熱力学的エネルギー生成のために中性子吸収材によって吸収させることもできる。

【図 1】

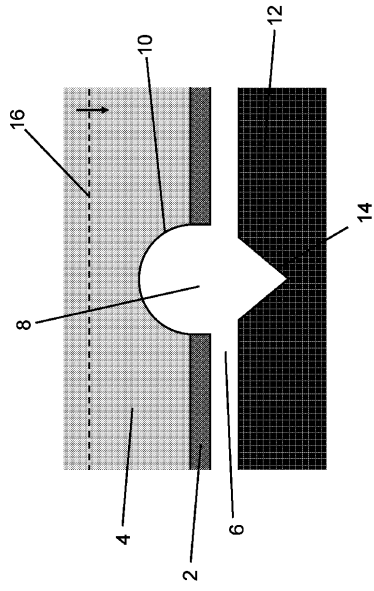


Fig. 1

【図 2 a】

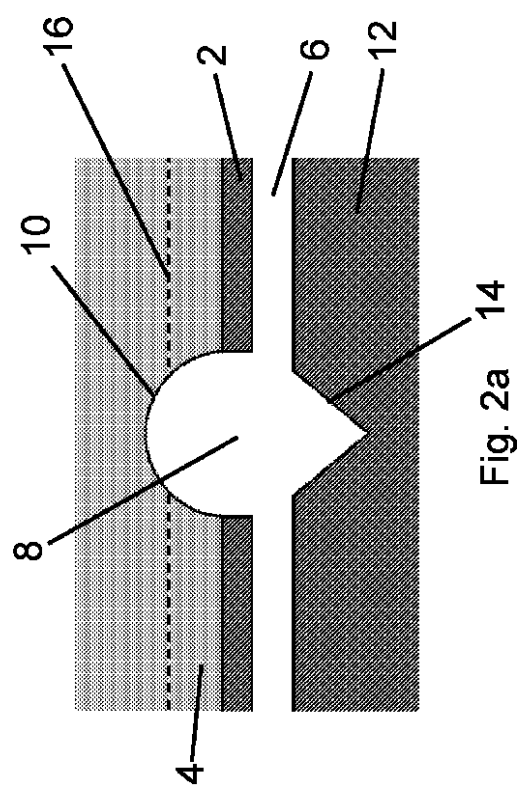


Fig. 2a

【図 2 b】

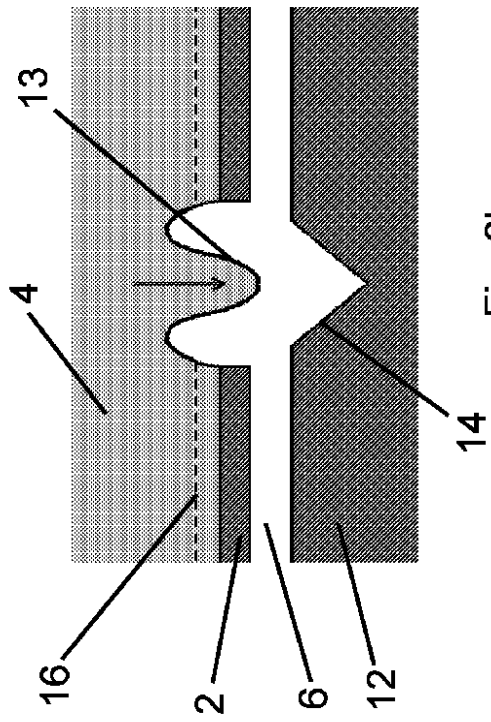


Fig. 2b

【図 2 c】

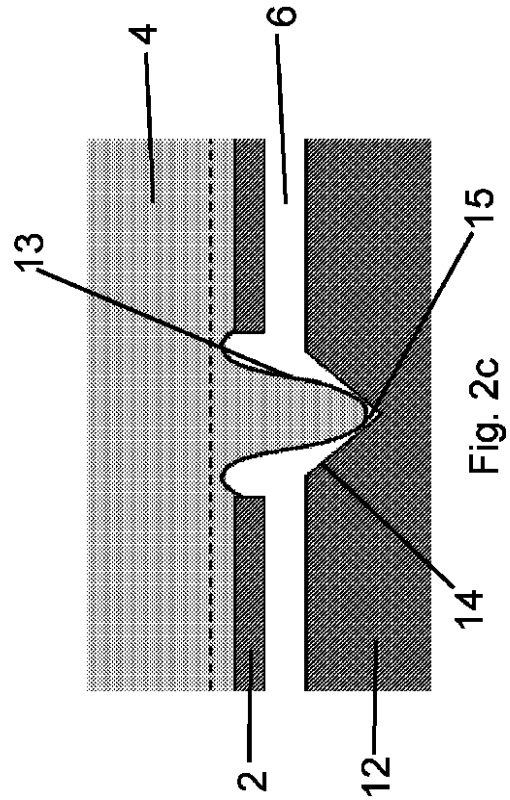


Fig. 2c



【 図 3 】

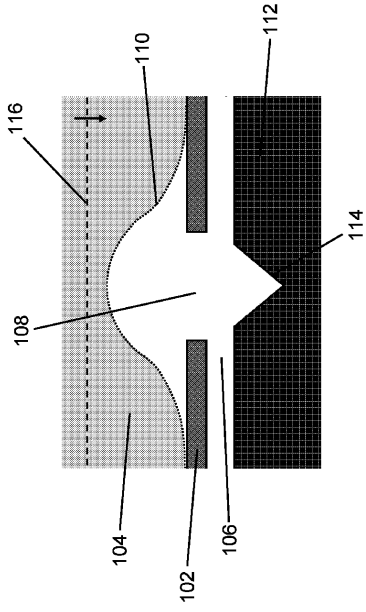


Fig. 3

【 図 4 】

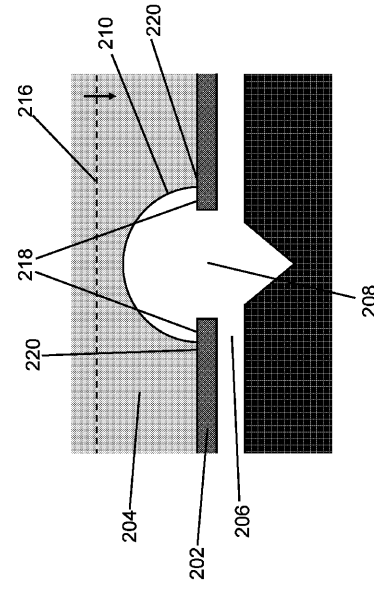


Fig. 4

【 図 5 】

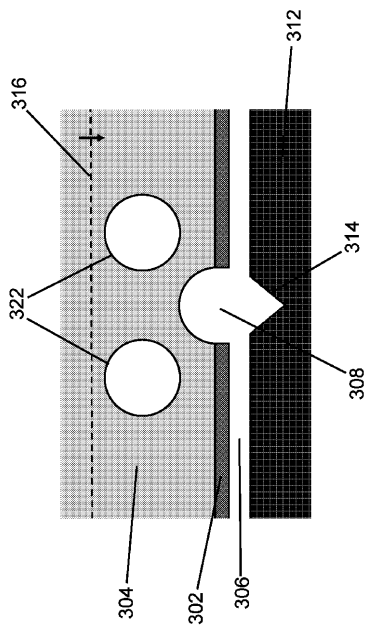


Fig. 5

【 図 6 】

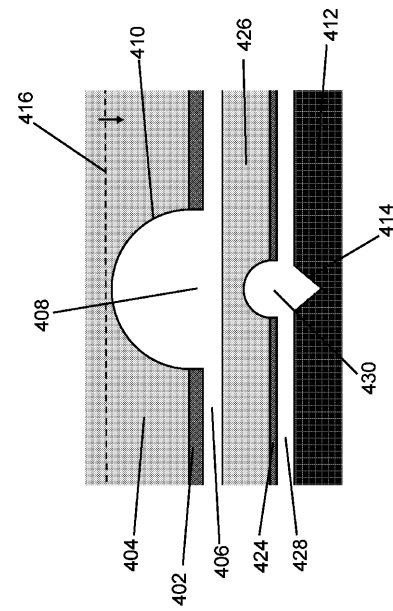


Fig. 6

【 7 】

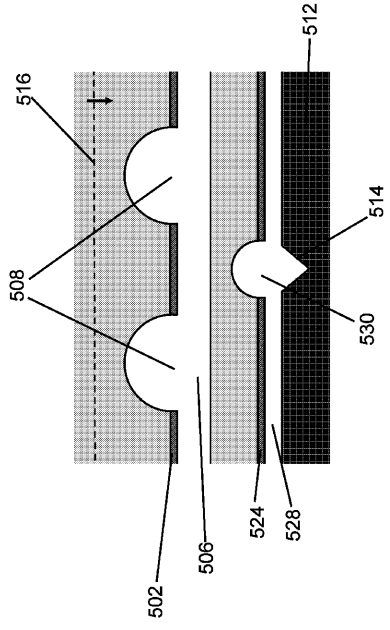


Fig. 7

---

フロントページの続き

(72)発明者 ベンティコス、イアニス  
イギリス国 O X 1 3 P J オックスフォードシャー オックスフォード パークス ロード  
ユニバーシティ オブ オックスフォード デパートメント オブ エンジニアリング サイエ  
ンス

(72)発明者 ホーカー、ニコラス  
イギリス国 O X 1 3 P J オックスフォードシャー オックスフォード パークス ロード  
ユニバーシティ オブ オックスフォード デパートメント オブ エンジニアリング サイエ  
ンス

審査官 鳥居 祐樹

(56)参考文献 特表2013-530388(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G 2 1 B 1 / 0 3