



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년08월29일
(11) 등록번호 10-1772525
(24) 등록일자 2017년08월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G21B 3/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-7031561
(22) 출원일자(국제) 2011년05월09일
심사청구일자 2016년05월04일
(85) 번역문제출일자 2012년11월30일
(65) 공개번호 10-2013-0069657
(43) 공개일자 2013년06월26일
(86) 국제출원번호 PCT/GB2011/050889
(87) 국제공개번호 WO 2011/138622
국제공개일자 2011년11월10일
(30) 우선권주장
1007655.2 2010년05월07일 영국(GB)
(56) 선행기술조사문헌
JP8012040 B2
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 60 항

(73) 특허권자
옥스포드 유니버시티 이노베이션 리미티드
영국 오엑스2 0제이비 옥스포드 보틀리 웨스트 웨이 3 벅스턴 코트
(72) 발명자
벤티코스, 이아니스
영국, 오엑스1 3피제이 옥스퍼드셔, 옥스퍼드, 팍스 로드, 유니버시티 오브 옥스퍼드, 디파트먼트 오브 엔지니어링 사이언스
호커, 니콜라스
영국, 오엑스1 3피제이 옥스퍼드셔, 옥스퍼드, 팍스 로드, 유니버시티 오브 옥스퍼드, 디파트먼트 오브 엔지니어링 사이언스
(74) 대리인
특허법인이지

심사관 : 윤연숙

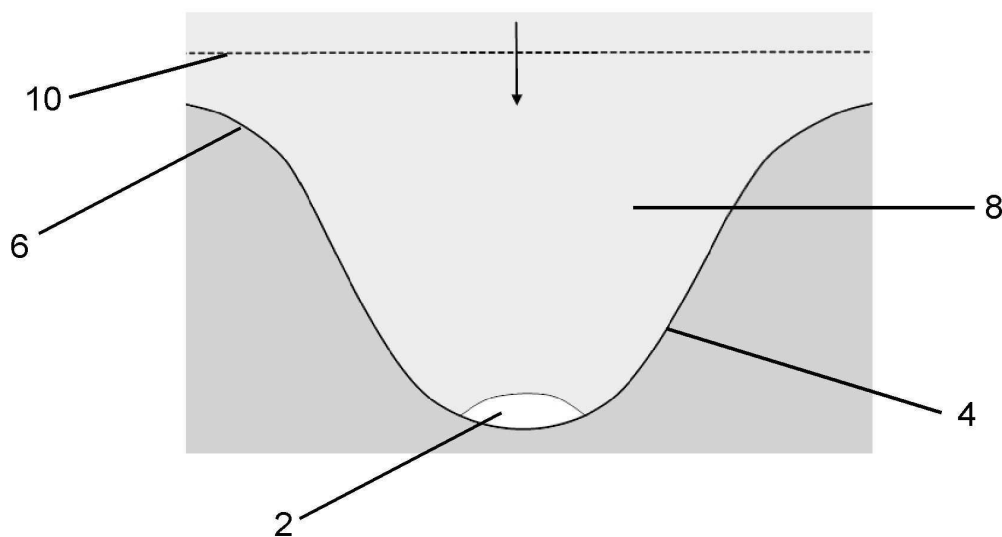
(54) 발명의 명칭 국부적 에너지 집중

(57) 요약

국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법은 기체가 아닌 매질(8) 내의 가스포켓(2)에 입사하도록 상기 매질(8)을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파(10)를 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 상기 가스포켓(2)은 상기 가스포켓(2)을 수용하기 위한 형상의 함몰부(4)가 구비된 표면(6)에 부착된다.

국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치는 가스포켓(2)을 내부에 가지는 기체가 아닌 매질(8)을 포함할 수 있다. 상기 가스포켓(2)은 상기 가스포켓(2)을 수용하기 위한 형상의 함몰부(4)가 구비된 표면(6)에 부착된다. 상기 장치는 상기 가스포켓(2)에 입사하도록 상기 매질(8)을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파(10)를 생성하기 위한 수단을 포함할 수 있다.

대표도 - 도1a



- (56) 선행기술조사문헌
US20030215046 A1
US20080037694 A1
W02002097823 A1
W02003034441 A1
-

명세서

청구범위

청구항 1

기체가 아닌 매질 내의 가스포켓(pocket of gas)에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 가스포켓은 상기 가스포켓을 적어도 수용하는 형상의 함몰부(depression)가 구비된 표면에 부착되고,

상기 가스포켓이 붕괴하는 사이에 횡단제트(transverse jet)의 형성을 제어하는 단계를 포함하고, 상기 함몰부는 상기 횡단제트의 충격을 수용하도록 설계되어 상기 가스포켓의 적어도 일부는 충돌하는 상기 횡단제트와 상기 함몰부 사이에 갇히는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 횡단제트는 현미경 수준(microscopic level)의 다수의 함몰부들 또는 우묵한 부분들을 제공하는 거칠기를 가지는 상기 함몰부의 일 구역을 때려서 상기 가스포켓이 상기 횡단제트의 침입과 상기 함몰부 사이에서 상기 다수의 함몰부들 또는 우묵한 부분들에 갇히는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 함몰부 및 상기 가스포켓은 최초의 접촉 영역이 폐 루프(closed loop)를 형성하는 곡선으로 이루어지도록 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 함몰부의 일 섹션은 상기 횡단제트의 침입의 곡률보다 큰 곡률을 가지고, 상기 함몰부의 상기 섹션은 상기 횡단제트가 상기 섹션 안에 충돌하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 함몰부는 상기 함몰부의 입구에서 멀어질수록 횡단면이 점점 좁아지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 6

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 함몰부는 상기 함몰부의 폭보다 큰 깊이를 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 함몰부는 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions)로 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 분리된 부분들의 표면 형상은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 이루어지는 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 9

기체가 아닌 매질 내에 떠 있는 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 가스포켓은 상기 충격파를 상기 가스포켓으로 적어도 반사시키는 형상의 표면으로부터 이격되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 표면은 상기 충격파를 상기 가스포켓으로 반사하고/반사하거나 집중시키도록 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 반사되고/반사되거나 집중되는 충격파는 상기 가스포켓과 상호작용하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 12

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표면은 평면이 아닌 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

평면이 아닌 상기 표면은 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions)로 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 분리된 부분들의 표면 형상은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 이루어지는 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 15

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표면은 상기 반사 충격파를 상기 가스포켓에 집중시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 표면은 반사된 상기 충격파를 한 점에 집중시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 17

제9항 내지 제11항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가스포켓은 표면의 가장 가까운 섹션의 최대 곡률반경의 3배 이내에서 상기 표면으로부터 이격되어 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 표면에 가장 인접하는 상기 가스포켓의 가장자리는 상기 가스포켓의 가장 폭넓은 파트의 치수의 5배보다 작게 상기 표면으로부터 이격되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 19

기체가 아닌 매질 내의 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 가스포켓은 상기 가스포켓에 입사하는 상기 충격파의 강도가 강화되도록 상기 가스포켓에 상기 충격파를 집중시키는 형상의 오목한 표면에 부착되고,

상기 오목한 표면은 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions)로 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 20

제19항에 있어서,

상기 분리된 부분들의 표면 형상은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 이루어지는 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 21

제19항 또는 제20항에 있어서,

상기 가스포켓은 상기 오목한 표면의 바닥 또는 중심점에 부착되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 22

제19항 또는 제20항에 있어서,

상기 오목한 표면은 상기 오목한 표면의 폭보다 큰 깊이를 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 23

제19항 또는 제20항에 있어서,

상기 오목한 표면은 복수 개의 오목한 부분들을 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 24

제19항 또는 제20항에 있어서,

상기 오목한 표면은 상기 오목한 표면에 부착되는 복수 개의 가스포켓을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 25

제1항, 제2항, 제9항, 제10항, 제11항, 제19항 또는 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충격파가 0.1GPa ~ 50GPa의 압력을 가지고 생성되도록 폭발장치(explosive device)를 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 26

제1항, 제2항, 제9항, 제10항, 제11항, 제19항 또는 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충격파가 100MPa ~ 1GPa의 압력을 가지고 생성되도록 쇄석장치(lithotripsy device)를 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 27

제1항, 제2항, 제9항, 제10항, 제11항, 제19항 또는 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가스포켓은 상기 가스포켓과 상기 기체가 아닌 매질 사이의 경계를 정하는 미리 제작된 막(membrane)을 사용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 막은 상기 충격파의 충돌로 깨질 만큼 부서지기 쉬운 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 29

제27항에 있어서,

상기 미리 제작된 막은 취약 선 또는 영역(a line or region of weakness)을 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 30

제1항, 제2항, 제9항, 제10항, 제11항, 제19항 또는 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

핵융합 반응을 일으키는데 사용되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법.

청구항 31

가스포켓(pocket of gas)을 매질 내부에 가지고, 상기 가스포켓은 상기 가스포켓을 적어도 수용하는 형상의 함몰부(depression)가 구비된 표면에 부착되는 것을 특징으로 하는 기체가 아닌 매질;

상기 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하기 위한 수단; 및

상기 가스포켓이 붕괴되는 사이에 횡단제트(transverse jet)의 형성을 제어하는 수단을 포함하고,

상기 함몰부는 상기 횡단제트의 충격을 수용하도록 설계되어 상기 가스포켓의 적어도 일부는 충돌하는 상기 횡단제트와 상기 함몰부 사이에 갇히는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 32

제31항에 있어서,

상기 함몰부의 적어도 일 구역은 현미경 수준(microscopic level)의 다수의 함몰부들 또는 우묵한 부분들을 제공하는 거칠기를 가지도록 준비되고, 상기 횡단제트가 상기 함몰부의 상기 구역을 때릴 때, 상기 가스포켓이 상기 횡단제트의 침입과 상기 함몰부 사이에서 상기 다수의 함몰부들 또는 우묵한 부분들에 갇히는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 33

제31항 또는 제32항에 있어서,

상기 함몰부 및 상기 가스포켓은 최초의 접촉 영역이 폐 루프(closed loop)를 형성하는 곡선으로 이루어지도록 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 34

제33항에 있어서,

상기 함몰부의 일 섹션은 상기 횡단제트의 침입의 곡률보다 큰 곡률을 가지고, 상기 함몰부의 상기 섹션은 상기 횡단제트가 상기 섹션 안에 충돌하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 35

제31항 또는 제32항에 있어서,

상기 함몰부는 상기 함몰부의 입구에서 멀어질수록 횡단면이 점점 좁아지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 36

제31항 또는 제32항에 있어서,

상기 함몰부는 상기 함몰부의 폭보다 큰 깊이를 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 37

제31항 또는 제32항에 있어서,

상기 함몰부는 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions)로 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 38

제37항에 있어서,

상기 분리된 부분들의 표면 형상은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 이루어지는 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 39

가스포켓을 매질 내부에 가지고, 상기 가스포켓은 표면에서 이격되는 것을 특징으로 하는 기체가 아닌 매질; 및

상기 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하기 위한 수단을 포함하고, 상기 표면은 상기 충격파를 상기 가스포켓으로 적어도 반사시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 40

제39항에 있어서,

상기 표면은 상기 충격파를 반사하고/반사하거나 상기 가스포켓에 집중시키도록 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 41

제40항에 있어서,

상기 가스포켓과 상호작용하도록 충격파를 반사하고/반사하거나 집중시키는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 42

제39항 내지 제41항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표면은 평면이 아닌 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 43

제42항에 있어서,

평면이 아닌 상기 표면은 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions)로 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 44

제43항에 있어서,

상기 분리된 부분들의 표면 형상은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 이루어지는 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 45

제39항 내지 제41항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 표면은 상기 반사 충격파를 상기 가스포켓에 집중시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 46

제45항에 있어서,

상기 표면은 반사된 상기 충격파를 한 점에 집중시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 47

제39항 내지 제41항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가스포켓은 표면의 가장 가까운 섹션의 최대 곡률반경의 3배 이내에서 상기 표면으로부터 이격되어 배치되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 48

제47항에 있어서,

상기 표면에 가장 인접하는 상기 가스포켓의 가장자리는 상기 가스포켓의 가장 폭넓은 파트의 치수의 5배보다 작게 상기 표면으로부터 이격되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 49

가스포켓을 매질 내부에 가지고, 상기 가스포켓은 오목한 표면에 부착되는 것을 특징으로 하는 기체가 아닌 매질; 및

상기 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하기 위한 수단을 포함하고,

상기 오목한 표면은 상기 가스포켓에 입사하는 상기 충격파의 강도가 강화되도록 상기 가스포켓에 상기 충격파를 집중시키는 형상이고,

상기 오목한 표면은 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions)로 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 50

제49항에 있어서,

상기 분리된 부분들의 표면 형상은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 이루어지는 횡단면을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 51

제49항 또는 제50항에 있어서,

상기 가스포켓은 상기 오목한 표면의 바닥 또는 중심점에 부착되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 52

제49항 또는 제50항에 있어서,

상기 오목한 표면은 상기 오목한 표면의 폭보다 큰 깊이를 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 53

제49항 또는 제50항에 있어서,

상기 오목한 표면은 복수 개의 오목한 부분들을 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 54

제49항 또는 제50항에 있어서,

상기 오목한 표면은 상기 오목한 표면에 부착되는 복수 개의 가스포켓을 가지는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 55

제31항, 제32항, 제39항, 제40항, 제41항, 제49항 또는 제50항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충격파가 0.1GPa ~ 50GPa의 압력을 가지고 생성되도록 하는 폭발장치(explosive device)를 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 56

제31항, 제32항, 제39항, 제40항, 제41항, 제49항 또는 제50항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 충격파가 100MPa ~ 1GPa의 압력을 가지고 생성되도록 하는 쇄석장치(lithotripsy device)를 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 57

제31항, 제32항, 제39항, 제40항, 제41항, 제49항 또는 제50항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가스포켓은 상기 가스포켓과 상기 기체가 아닌 매질 사이의 경계를 정하는 미리 제작된 막(membrane)을 사용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 58

제57항에 있어서,

상기 막은 상기 충격파의 충돌로 깨질 만큼 부서지기 쉬운 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 59

제57항에 있어서,

상기 미리 제작된 막은 취약 선 또는 영역(a line or region of weakness)을 포함하는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 60

제31항, 제32항, 제39항, 제40항, 제41항, 제49항 또는 제50항 중 어느 한 항에 있어서,

핵융합 반응을 일으키는데 사용되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치.

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 매우 높은 국부적으로 집중된 에너지를 생산하는 방법 및 장치에 관한 것이다. 보다 구체적으로는, 본 발명은 핵융합을 야기할 정도로 높은 국부적으로 집중된 에너지를 생산하는 것에 관한 것이지만 이에 한정되지 않는다.

배경 기술

- [0002] 핵융합 에너지원의 개발은 오랫동안 많은 시간과 비용이 투자되는 분야이다. 이러한 투자는 주로 대규모의 핵융합 원자로를 개발하는데 초점이 맞춰져 있었고, 여기에는 많은 비용이 소요되었다. 하지만, 훨씬 쉽고 저렴하게 핵융합을 일으킬 수 있는 메커니즘을 예견하는 다른 이론들이 있다. 여기서 관심 있는 것은 포괄적인 개념인 "관성밀폐핵융합(inertial confinement fusion)"으로서, 관성밀폐핵융합은 (충격파와 같은) 기계적인 힘을 사용하여 에너지를 매우 작은 영역에 집중시킨다.
- [0003] 관성밀폐핵융합의 대안이 되는 방법에 있어서 가능성에 대한 확신의 대부분은 음루미네선스(sonoluminescence)이라 불리는 현상의 관찰로부터 생겨난다. 이는 적당한 크기의 기포를 포함하는 액체에 특정 주파수의 초음파를 가했을 때에 발생한다. 압력으로 인해 기포가 팽창되고 매우 격렬하게 붕괴하며, 이러한 과정을 통상적으로 관성 공동화(inertial cavitation)라고 부른다. 기포의 격렬한 붕괴는 그 내용물이 빛을 발산할 정도까지 뜨거워지게 하는 비평형 압축(non-equilibrium compression)의 원인이 된다[게이탄(Gaitan, D.F.), 크룸(Crum, L.A.), 처치 Church, C.C.) 및 로이(Roy, R.A.), 미국음향학회지(Journal of the Acoustical Society of America), 91(6), 3166-3183 6월호(1992)]. 이러한 과정을 보다 격렬하게 만드는 다양한 노력이 있었고 어느 그룹에서는 핵융합 관찰을 주장하였다[테일야칸(Taleyarkhan, R.P.), 웨스트(West, C.D.), 조(Cho, J.S.), 레이(Lahey, R.T.), 니그마툴린(Nigmatulin, R.I.) 및 블록(Block, R.C.), 사이언스지(Science), 295(5561), 1868-1873 3월호(2002)]. 하지만, 이러한 관찰 결과는 상당한 노력에도 불구하고 아직 확인되거나 재현되고 있지 않다[사피라(Shapira, D.) 및 솔트마쉬(Saltmarsh, M.), 미국물리학회지(Physical Review Letters), 89(10), 104302, 9월호(2002)]. 이것이 붕괴하는 기포에서 루미네선스에 이르게 하는 유일하게 제안된 메커니즘은 아니지만, 가장 많이 기록되어 있다. 루미네선스(luminescence)는 강한 충격파에 의해 붕괴되는 기포로부터 발견되기도 하였다[보네(Bourne, N.K.) 및 필드(Field, J.E.), 런던왕립학회 철학회보 시리즈 A(Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A) - 수리 물리 및 공학(Mathematical Physical and Engineering Sciences), 357(1751), 295-311 2월호(1999)]. 충격파를 사용하여 기포를 붕괴시키는 것이 두 번째 메커니즘이고, 본 발명은 이와 관련되어 있다.
- [0004] US7445319에서 매우 높은 속도(~ 1km/s)로 움직이는 둥근 물방울을 단단한 타겟에 발사하여 강렬한 충격파를 발생시키는 것이 개시된다. 상기 충격파는 액적 안쪽으로 응집한 후에 팽창하는 기포를 붕괴시키는데 사용될 수 있다. 전술한 특허에서 핵융합이 일어날 것이라고 예상하는 곳은 붕괴된 기포 안쪽이다. 표면에 고속의 액적을 충돌시켜 충격파를 생성하는 메커니즘은 예전에 실험 및 수치적으로 연구되어 왔고 (본 특허 발명자 중 한 명에 의한 연구실적을 포함하여) 잘 기록되어 있다[헬러(Haller, K.K.), 벤티코스(Ventikos, Y.), 폴리카코스(Poulidakos, D.) 및 몬케위츠(Monkewitz, P.), 응용물리학회지(Journal of Applied Physics), 92(5), 2821-2828 9월호(2002)]. 본 발명은 기초적 물리 메커니즘은 유사하지만 고속의 액적 충돌을 이용하고 있지 않다는 점에서 US7445319와 상이하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명은 전술한 기술들에 대한 대안을 제공하는데 목적이 있고 다른 응용예들을 가질 수도 있다.

과제의 해결 수단

- [0006] 본 발명의 첫 번째 측면에 따르면, 본 발명은 기체가 아닌 매질 내의 가스포켓(pocket of gas)에 입사하도록 상

기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하는 단계를 포함하고, 상기 가스포켓은 상기 가스포켓을 적어도 수용하기 위한 형상의 함몰부(depression)가 구비된 표면에 부착되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법을 제공한다.

[0007] 본 발명은 가스포켓(pocket of gas)을 매질 내부에 가지고, 상기 가스포켓은 상기 가스포켓을 적어도 수용하는 형상의 함몰부(depression)가 구비된 표면에 부착되는 것을 특징으로 하는 기체가 아닌 매질 및 상기 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하기 위한 수단을 포함하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치도 제공한다.

[0008] 기체가 아닌 매질 내의 충격파와 매질 내의 가스 기포 사이의 상호작용은 기포를 가로질러 이동하여 기포의 반대쪽 벽(leeward bubble wall)에 충돌하는 기체가 아닌 매질로 이루어지는 고속의 횡단제트(transverse jet)를 생성할 수 있다. 이는 표면에 마이크로 기포가 형성된 상태에서 충격파가 생성될 때 표면의 캐비테이션 손상(cavitation damage)의 잘 알려진 문제를 발생시키는 메커니즘 중의 하나이다. 하지만, 본 발명에 따르면, 본 발명자들은 이러한 자연 발생적인 현상을 적절히 조절하면 이용하면 예를 들어 후술하는 것처럼 핵융합을 야기하는데 사용될 수 있는 매우 높은 국부적으로 집중된 에너지를 생산할 수 있다고 본다.

[0009] 본 발명의 실시예들에서, 기포 붕괴가 일어나는 사이에 형성되는 제트 현상을 조절함으로써 상기 횡단제트의 형성 및 횡단제트의 속력 강화를 일으키고, 표면 함몰부는 횡단제트 충돌을 수용하도록 설계됨으로써 작은 체적의 최초 가스포켓을 충돌하는 제트와 함몰부 사이에 가둔다. 이는 상당한 에너지를 상기 체적에 갇힌 가스에 집중시키는 다양한 물리적 메커니즘을 이끈다.

[0010] 보다 구체적으로, 표면 함몰부가 가스포켓과 입사 충격파의 상호작용에 의해 형성되는 고속의 분사(jetting)를 수용하도록 설계함으로써, 입사 충격파가 가스포켓의 표면과 상호작용할 때 투과된 충격파(transmitted shock)와 반사된 희박파(reflected rarefaction)를 형성한다. 만약, 접촉 부분이 적절한 형상, 즉 입사 충격파로부터 멀어지게 만곡되면, 상기 희박파는 유동을 한 점에 집중시키게 될 것이다. 그 결과 예를 들어 1GPa의 충격파로 2000ms^{-1} 이상 이룰 수 있는 고속의 횡단제트가 형성된다. 상기 제트가 함몰부의 표면을 가격할 때, US7445319에 기재된 고속의 액적 충돌 상황과 유사한 방식으로 충돌력에 의한 강한 충격파가 생성된다.

[0011] 충격파가 입사하는 함몰부의 마주보는 표면 형상은 제트가 한 점에서 표면에 접촉하도록 평평할 수 있다. 하지만, 바람직한 일련의 실시예들에서, 표면 함몰부와 가스포켓은 최초의 접촉영역이 패 루프, 예를 들어 고리를 형성하는 곡선이 되도록 배치된다. 이로 인해 일 부분의 가스포켓을 제트 첨단과 함몰부 가장자리 사이에 가둘 수 있다. 이를 위하여, 타겟 표면의 일 섹션은 제트 첨단의 곡률보다 큰 곡률을 가지고 표면의 상기 섹션은 제트가 그 안에 충돌하도록 배치된다. 충돌하게 되면, 내부 가장자리가 함몰부의 베이스와 가스의 갇힌 부분을 향해 전파되는 도넛 형의 충격파가 생성된다. 충돌하는 제트의 움직임을 멈추는 가스의 '피스톤(piston)' 작용이 이와 결합되면 갇힌 가스를 더욱 강하게 가열하게 한다. 예를 들어, 소정의 충격파에 대하여 이와 같은 배치에 의하면 평평한 표면에 부착된 기포와 비교하여 피크 온도를 한 자릿수 이상 증가시킬 수 있다.

[0012] 함몰부는 여러 가지 형상을 가질 수 있다. 일련의 실시예들에서, 함몰부는 입구에서 멀어질수록 횡단면이 점점 좁아진다. 함몰부는 예를 들어 연속적으로 만곡되는 접시(dish)를 닮을 수 있다. 하지만, 표면이 연속적으로 만곡될 필요는 없다. 일련의 실시예들에서, 표면은 접시 형상보다 크랙(crack)에 더 가깝게 닮는다. 이는 깊이가 폭보다 크다고 표현하거나 크랙에 수용되는 가스포켓 부분의 곡률(또는 최대 곡률)보다 큰 곡률 영역이 크랙 첨단에 존재하는 것으로 정의될 수 있다. 일련의 실시예들에서, 표면은 복수 개의 분리된 부분들(discrete portions), 예를 들어 그들 사이에 경사도의 불연속점을 가지는 부분들을 구비한다. 부분들은 불완전한 타원, 포물선 등이 될 수 있지만, 직선도 될 수 있다. 분리된 부분들로 만들어진 특정한 일련의 실시예들의 표면은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 표현될 수 있다.

[0013] 상기와 같이, 기포는 크랙 치수와 비교하여 일 측면에만 부착될 만큼 작거나 그것을 메울 만큼 유사한 크기로 이루어질 수 있다. 가스포켓을 어느 정도까지 수용하는 하나의 함몰부만 있을 필요는 없다. 가스포켓은 복수 개의 함몰부를 가로질러 확장되고 복수 개의 함몰부에 부분적으로 수용될 수 있다.

[0014] 특정한 일련의 실시예들에서, 고속의 제트는 가스포켓의 수많은 작은 부분들이 제트 첨단과 타겟 표면 사이에 갇히도록, 즉 수많은 소형 함몰부들이 횡단제트 첨단의 크기와 비교하여 작게 이루어지도록 정교한 거칠기(particular roughness) 또는 미시적 형상(microscopic shape)을 가지도록 준비된 표면의 일 구역을 때리도록 배치된다.

[0015] 본 발명의 두 번째 측면에 따르면, 본 발명은 기체가 아닌 매질 내에 떠 있는 가스포켓에 입사하도록 매질을 통

해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하는 단계를 포함하고, 가스포켓은 충격파를 가스포켓으로 적어도 반사시키는 형상의 표면으로부터 이격되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법을 제공한다.

- [0016] 본 발명은 가스포켓을 매질 내부에 가지고, 가스포켓은 표면에서 이격되는 것을 특징으로 하는 기체가 아닌 매질 및 상기 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하기 위한 수단을 포함하고, 상기 표면은 상기 충격파를 상기 가스포켓으로 적어도 반사시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치도 제공한다.
- [0017] 본 발명의 두 번째 측면에 따르면, 표면은 충격파를 반사하고/반사하거나 집중시킴으로써 가스에 집중되는 에너지를 증가시키는데 사용될 수 있다. 충격파는 가스포켓에 앞서 표면에 충돌하도록 배치될 수 있지만, 바람직하게는 입사 충격파는 가스포켓과 상호작용하여 가스포켓을 붕괴시키고, 입사 충격파 및/또는 (당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 그 존재가 알려질) 캐비티 붕괴(cavity collapse)에 의해 생성되는 다수의 충격파 중 일부는 반사되어 가스포켓의 남은 부분들로 돌아가도록 타겟 표면과 상호작용하고, 가스포켓을 두 번 이상 붕괴시킴으로써 더욱 가열시킨다.
- [0018] 표면은 여러 가지 형상과 배치를 가질 수 있다. 표면 배치는 충격파가 표면과 어떻게 상호작용할지 결정하고, 표면 형상은 가스포켓의 배치와 형상에 비례하여 충격파가 가스포켓과 어떻게 상호작용할지 결정할 것이며, 이는 충격파가 표면과 상호작용 하기 전, 동시 또는 후에 이루어질 수 있다. 이는 차례로 붕괴 역학관계에 영향을 미치게 됨으로써 충격파에 의한 가스 압축을 통해 달성할 수 있는 온도와 밀도를 높일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피크 온도는 고립된 기포와 상호작용하는 유사 충격파와 비교하면 한 자릿수 이상 높일 수 있다.
- [0019] 표면은 평평할 수 있지만, 바람직하게는 평평하지 않고, 예를 들어 만곡된다. 표면은 연속적으로 만곡될 필요는 없다. 예를 들어, 일련의 실시예들에서, 오목한 표면은 복수 개의 분리된 부분들, 예를 들어 그들 사이에 경사도의 불연속점을 가지는 부분들을 포함할 수 있다. 부분들은 불완전한 타원, 포물선 등이 될 수 있지만, 직선도 될 수 있다. 분리된 부분들로 만들어진 특정한 일련의 실시예들의 표면은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 표현될 수 있다.
- [0020] 표면은 반사 충격파들을 가스포켓에 집중시키기 위한 형상으로 이루어지는 것이 바람직하다. 표면의 간격(spacing)과 외형(geometry)은 (매질을 통한 충격파의 속력과 같은 다른 요소들 중에서) 최초의 입사 충격파와 반사 충격파 사이의 상호작용 및 이들 양자와 가스포켓과의 상호작용을 결정할 것이다.
- [0021] 바람직한 일련의 실시예들에서, 표면은 반사 충격파를 한 점에 집중시키는 형상으로 이루어진다. 예를 들어, 평평한 충격파가 입사하는 경우에, 표면은 가스포켓이 초점에 위치하는 포물선 또는 타원이 될 수 있다. 하지만, 충격파 파면의 곡률에 따라 다른 형상들이 사용될 수 있다. 이러한 고찰은 라디오 전파 및 기타 전자기파의 포커싱(focusing)에서의 고찰과 어느 정도 유사하다.
- [0022] 가스포켓과 표면 사이의 최적의 간격은 그 중에서도 가스포켓과 반사 표면의 상대적 형상에 따라 좌우될 것이다. 본 발명의 특정한 일련의 실시예들에서, 가스포켓은 표면의 가장 가까운 섹션의 최대 곡률반경의 3배 이내에서 표면으로부터 이격되어 배치된다. 특정한 일 예시에서, 표면에 가장 가까운 가스포켓의 가장자리는 가스포켓의 가장 폭넓은 파트의 치수의 5배보다 작게, 바람직하게는 가장 폭넓은 파트의 치수의 3배보다 작게, 예를 들어 가장 폭넓은 파트의 치수의 2배보다 작게 표면으로부터 이격된다.
- [0023] 본 발명의 두 번째 측면의 일련의 실시예들에서, 충격파는 먼저 가스포켓에 입사하여 포켓 체적을 압축하고, 충격파는 반사 표면에서 반사되어 가스포켓에 재차 입사하여 포켓 체적을 추가적으로 압축한다. 포켓 체적이 최초 충격파에 의해 수축하고 있을 때, 최초 충격파에 의해 압축되어 최소 체적에 이르게 되었을 때 또는 포켓 체적이 최초 충격파에 의해 압축된 후에 팽창하는 동안에 반사 충격파가 가스포켓에 입사되도록 간격이 조절된다.
- [0024] 입사 충격파에 의한 가스포켓의 붕괴로 인해 여러 개의 강한 충격파들이 생성된다. 가스포켓이 표면으로부터 이격되는 다른 일련의 실시예들에서, 이와 같이 생성된 충격파들이 붕괴된 기포를 향해 반사되도록 타겟 표면이 최적화된다. 예를 들어, (본 발명의 첫 번째 측면에 기재된) 고속의 횡단체트의 충돌은 충돌한 지점에서 바깥쪽으로 움직여서 이동하면서 흩어져 없어지는 충격파를 생성한다. 표면은 상기 충격파에 일치하고 충격파를 기포 쪽으로 반사시키는 형상일 수 있고, 수렴하는 충격파를 만듦으로써 충격파의 에너지를 붕괴된 가스포켓으로 다시 집중시킨다.
- [0025] 본 발명의 세 번째 측면에 따르면, 본 발명은 기체가 아닌 매질 내의 가스포켓에 입사하도록 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하는 단계를 포함하고, 가스포켓은 가스포켓에 입사하는 충격파의 강도를 집

중시키는 형상의 평면이 아닌 표면에 부착되는 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 방법을 제공한다.

- [0026] 본 발명은 가스포켓을 매질 내부에 가지고, 가스포켓은 표면에 부착되는 것을 특징으로 하는 기체가 아닌 매질 및 상기 가스포켓에 입사하도록 상기 매질을 통해 전파되는 적어도 하나의 충격파를 생성하기 위한 수단을 포함하고, 상기 표면은 상기 가스포켓에 입사하는 충격파의 강도를 집중시키는 형상인 것을 특징으로 하는 국부적으로 집중된 에너지의 생산 장치도 제공한다.
- [0027] 본 발명의 세 번째 측면에 따르면, 입사 충격파의 반사파(reflections)가 기포에 도달하기 전에 기포의 붕괴가 격렬해지도록, 예를 들어 최초 입사하는 충격파가 기포 표면에 더 일치하도록 반사파를 제어하는데 표면의 외형이 사용될 수 있다.
- [0028] 앞에서와 같이, 가스포켓이 표면에 부착되기에 적합한 영역을 제공하기 위해 표면이 가질 수 있는 여러 가지 형상과 배치가 있고, 표면 배치는 충격파가 표면과 어떻게 상호작용할지 결정하고, 표면 형상은 가스포켓의 배치와 형상에 비례하여 충격파가 가스포켓과 어떻게 상호작용할지 결정할 것이며, 이는 충격파가 표면과 상호작용하기 전, 동시 또는 후에 이루어질 것이다. 이는 차례로 붕괴 역학관계에 영향을 미치게 됨으로써 충격파에 의한 가스 압축을 통해 달성할 수 있는 온도와 밀도를 높일 수 있다. 일부 실시예들에서, 피크 온도는 고립된 기포와 상호작용하는 유사 충격파와 비교하면 한 자릿수 이상 높일 수 있다.
- [0029] 바람직한 일련의 실시예들에서, 표면은 오목하게 이루어져서 에너지를 집중시키고 충격파의 최초 형상을 강화하는 효과를 가진다. 일부 무제한의 실시예들에서, 표면은 타원 또는 포물선 형상을 가질 수 있다. 표면은 연속적으로 만곡될 필요는 없다. 예를 들어, 일련의 실시예들에서, 오목한 표면은 복수 개의 분리된 부분들, 예를 들어 그들 사이에 경사도의 불연속점을 가지는 부분들을 포함한다. 부분들은 불완전한 타원, 포물선 등일 수 있지만, 직선일 수도 있다. 분리된 부분들로 만들어진 특정한 일련의 실시예들의 표면은 구간적 다항식(piecewise polynomial)으로 표현될 수 있다. 가스포켓은 표면의 어느 부분에도 부착될 수 있지만, 바닥 또는 중심점에 부착되는 것이 바람직하다.
- [0030] 가스포켓의 치수는 예를 들어 오목한 곳의 일 측면에만 부착되도록 오목한 표면의 폭 또는 깊이에 비해 작거나, 예를 들어 함몰부의 바닥 주위의 고리 내의 표면에 부착되도록 유사한 크기로 이루어질 수 있다.
- [0031] 오목한 곳은 예를 들어 연속적으로 만곡되는 사발(bowl)을 닮을 수 있다. 하지만, 일련의 실시예들에서, 표면은 사발 형상보다 크랙(crack)에 가깝게 닮는다. 이는 깊이가 폭보다 크다고 표현하거나 기포의 곡률(또는 최대 곡률)보다 큰 곡률 영역이 크랙 첨단에서 존재함으로써 정의될 수 있다. 상기와 같이, 가스포켓은 크랙 치수와 비교하여 일 측면에만 부착될 만큼 작거나 그것을 메울 만큼 유사한 크기로 이루어질 수 있다.
- [0032] 일련의 실시예들에서, 입사 충격파가 정반사(regular reflection)에서 마하반사(Mach reflection)로 전이를 일으키도록 표면 형상이 형성됨으로써, 가스포켓에 도달하는 충격파의 형상을 변화시킨다. 다른 일련의 실시예들에서, 표면 형상은 반사파들이 겹치고 상호간에 상호작용하도록 제어되고, 충격파가 가스포켓에 접촉할 때 충격파의 형상 또는 충격파들 사이의 상호작용 시스템을 변화시킨다. 이와 같은 요소들을 조심스럽게 제어함으로써 표면이 평면인 경우와 비교하여 피크 온도를 높일 수 있다.
- [0033] 특정한 일련의 실시예들에서, 표면은 복수 개의 오목한 부분들을 가질 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로 상기 또는 각 오목한 부분은 이에 부착되는 복수 개의 가스포켓을 가질 수 있다.
- [0034] 상술한 본 발명의 측면들은 상호간에 양립할 수 없는 것은 아니다. 예를 들어, 표면은 가스포켓을 적어도 수용하는 형상의 함몰부를 포함하여 분사 현상(jetting phenomenon)을 이용할 수 있고, 표면은 함몰부에서 떨어져서 가스포켓에 입사하는 충격파의 강도를 집중시키는 형상을 가질 수 있다. 이는 에너지의 집중에 극대화하기 위하여 제트의 성질, 예를 들어 제트의 속력이 제어되도록 수 있다. 상술한 조합들은 함몰부 내에서 충격파의 일정한 거동을 다른 방식으로 제공하는데 유용할 수 있다.
- [0035] 기포가 표면에 부착되는 실시예들에서, 이는 하나의 접촉면 또는, 표면구조(surface texture)의 적절한 설계에 의해 복수 개의 분리된 접촉 점/영역에 배치될 수 있다.
- [0036] 일련의 실시예에서, 타겟 표면을 특정 형상으로 만들 뿐만 아니라, 표면의 마이크로 구조(micro-structure) 또는 젖음 특성(wetting characteristics)을 활용하여 표면 근처에서의 충격파 속력을 제어할 수 있다. 예를 들어, 표면 근처에서의 속력을 증가시킴으로써 충격파의 형상 및 나아가 충격파와 가스포켓 사이의 상호작용 특성을 변화시킬 수 있다. 전술한 것처럼, 충격파의 형상을 가스포켓의 형상에 맞추는 일련의 실시예들에서, 적절한

히 성형된 가스포켓이 사용될 수 있고, 그로 인해 가스포켓 붕괴의 역학관계가 제어됨으로써 압축으로 얻는 온도와 밀도를 극대화시킬 수 있다.

[0037] 가스포켓이 부착되는 표면은 (예를 들어 상기 분사현상을 이용하는) 하나의 함몰부를 가지는 것에 한정되지 않고, 일련의 실시예에서, 타겟 표면은 복수 개의 함몰부를 포함한다. 개별적인 함몰부 각각은 충격파를 하나 이상의 기포에 수렴시켜서 에너지 집중을 도와주는 형상으로 이루어질 수 있다. 즉, 표면은 가깝거나 부착되는 가스포켓 중 하나를 포함하는 표면의 성형된 섹션과 충격파가 상호작용을 하게 되는 하나 이상의 사이트(site)를 가지도록 준비될 수 있고, 그로 인해 무한한 확장성(scalability)을 제공하게 된다. 복수 개의 함몰부를 채택하면 충격파 에너지의 보다 많은 부분을 동력화할 수 있는 장점이 있다. 예를 들어, 하나의 큰 가스포켓이 복수 개의 함몰부를 가로질러 펼쳐지거나 이보다 작은 개별적인 가스포켓들이 각 개별적인 함몰부 내에 배치될 수 있다. 전자의 경우에, 상기 함몰부의 수에 따라, 개별적인 함몰부의 크기는 가스포켓의 크기보다 훨씬 작게 될 것이다. 다수의 함몰부를 수용할 수 있는 큰 체적의 매질로 인해 에너지 생산 핵융합 장치의 제작이 간소화된다.

[0038] 상기 복수 개의 함몰부는 여러 가지 방식으로 형성될 수 있다. 예를 들어, 고체 표면은 드릴 또는 기계 가공됨으로써 함몰부 또는 움푹한 부분들(pits)을 만들어낼 수 있다. 하지만, 일련의 실시예들에서, 함몰부는 표면의 표면구조(surface texture)에 의해 만들어질 수 있다. 예를 들어, 표면은 연마재로 블래스트 가공되거나, 부식되거나 또는 다른 방법으로 처리됨으로써 현미경의 수준에서 다수의 함몰부 또는 움푹한 부분들을 제공하는데 요구되는 정도의 표면 거칠기를 부여할 수 있다.

[0039] 전술한 실시예들에서 암시된 것처럼, 표면은 고체로 구성될 수 있지만, 액체일 수도 있다. 고체의 경우에, US7445319에서 제안한 재료들 중 어느 것이라도 적합할 수 있다. 액체의 경우에, 원하는 표면 형상은 여러 가지 방법으로 얻을 수 있다. 예를 들어, 액체 체적의 표면은 (예를 들어 초음파 또는 기타 방법을 이용한) 적당한 진동으로 자극되어 원하는 형상을 가지는 파동을 만들어낼 수 있다. 대안적으로, 적절하게 대응되는 젖은 특성을 가지는 고체 표면과 액체 사이의 접촉 각도를 통해 원하는 형상을 얻을 수 있다. 후자의 예에서 표면은 고체와 액체의 조합으로 이루어질 수 있다는 것을 보여준다. 타겟 표면이 액체로 이루어지는 곳에서는 기체가 아닌 매질보다 밀도가 높은 것이 일반적일 것이다.

[0040] 이미 암시한 것처럼, 일부 실시예들은 매질 내에 복수 개의 가스포켓을 포함할 수 있다. 상기 가스포켓들은 표면에 모두 부착되거나, 타겟 표면 근처에 모두 배치되거나, 또는 혼재될 수 있다.

[0041] 여기에 기재된 본 발명의 측면들은 나름대로 이득을 얻을 수 있는 US7445319에 기재된 기술들에 대한 대안을 제공한다. 본 발명자들은 US7445319에서 제안된 것처럼 타겟에 고속으로 쏘아진 액적 내의 기포의 응집에서 중요한 도전과제가 있다는 것을 인식하였다. 충격이 가해졌을 때 기포가 팽창-붕괴 사이클의 유리한 순간에 있도록 타이밍이 매우 정밀해야 할 것이다. US7445319에서 요구되고 US7380918에서 상세하게 설명된 것처럼 고속의 액적이 생성되는 방법은 복잡하면서도 비싸다. 그와 대조적으로 본 발명의 적어도 바람직한 실시예들에 따르면, 이러한 복잡함과 관련 비용은 피할 수 있다. 충격파는 단지 가스포켓이 형성되는 매질 내에서 형성될 필요가 있으므로 본 발명의 다양한 측면들은 가스포켓에 갇힌 가스를 압축하기 위한 훨씬 간소화된 기술들을 제공한다. 게다가, 본 발명자들에 의해 수행된 양 기술들의 이론 및 컴퓨터 모델링은 본 발명에 따른 방법이 US7445319에 상세하게 설명된 방법보다 한 자릿수 큰 압력 및 온도 강도를 제공할 수 있다는 것을 보여주고 있다.

[0042] 충격파를 사용하여 가스포켓을 압축하기 위하여 본 발명에 따라 채택될 수 있는 보다 많은 정적 모형(static framework)은 어떻게 충격파가 포켓을 때리고 상호작용할지에 걸쳐 (자유 기포와 비교하여) 더 많은 제어를 허용한다.

[0043] 최초 충격파는 요구되는 압력에 따라 다수의 상이한 장치들에 의해 수많은 상이한 방식으로 생성될 수 있다. 예를 들어, 낮은 강도의 충격파를 생성하는데 충격파 쇄석장치(shockwave lithotripsy device)가 사용되거나 높은 강도의 충격파를 제공하는데 폭발성 평면파 발생장치(explosive plane wave generator)가 사용될 수 있다. 바람직한 실시예들에서, 상기 폭발장치는 0.1GPa ~ 50GPa의 충격파 압력을 생성할 수 있고, 다른 바람직한 실시예에서, 쇄석장치는 100MPa ~ 1GPa의 충격파 압력을 생성하는데 사용될 수 있다.

[0044] 여기서 사용된 "가스(gas)" 용어는 일반적인 의미로 사용되고, 순수한 전자 또는 분자로 이루어지는 가스에 한정되는 것이 아니라 증기, 가스 내의 액체 또는 고체의 서스펜션 또는 마이크로 서스펜션 또는 이들의 혼합물을 포함한다. "기체가 아닌 매질(non-gaseous medium)"은 일반적인 의미로 사용되고, 액체, 비 뉴턴 액체(non-Newtonian liquids), 반 고체 겔(semi-solid gels), 충격파의 통과로 성질이 바뀔 때까지 표면적으로 고체로 이루어지는 물질, 서스펜션 또는 마이크로 서스펜션 및 콜로이드를 포함할 수 있다. 물, 기름, 아세톤과 같은

솔벤트, 히드로겔(hydrogel) 및 오르가노겔(organogel) 등이 예시로 포함된다. 액체는 포켓 내의 기체보다 큰 밀도를 가질 것이다.

[0045] 기체가 아닌 매질은 액체 또는 반 고체 겔과 같이 그 안에서 충격파를 생성하는데 적합한 어떠한 재료로 이루어질 수 있다. 타겟 표면에 가깝거나 부착되는 요구 위치에서 액체 또는 겔 매질 내에 떠 있는 기포에 의해 가스 포켓이 제공될 수 있다. 겔 또는 점성이 있는 액체를 사용하면 기포의 부력이 액체의 점도를 극복할 수 있는 낮은 점도의 액체와 비교하여 매질 내에서 기포의 위치를 제어하기 쉽다는 장점이 있다. 기포가 타겟 표면에 부착되기 보다 근처에 배치되는 일련의 실시예들에서, 기포 위치를 제어할 수 있는 것은 특히 중요하다. 기포가 타겟 표면에 부착되는 일련의 실시예들에서, 타겟 표면의 성질, 예를 들어 재료, 표면 내의 톱니 모양(indentations) 또는 함몰부는 기포를 타겟 표면에 부착하는데 도움이 될 수 있다. 겔 또는 점성이 있는 액체를 사용하면 기포의 세부 형상을 제어하기 쉽다는 장점도 있다.

[0046] US7445319와 비교하여 보다 정적인 장치의 설치 특성 때문에, 기포의 형상에 훨씬 많은 제어가 수행될 수 있다. 기포가 표면에 부착되는 일련의 실시예들에서, 기포는 타겟 표면에 부착됨에 따라 잘라지는 부분을 제외하고 구형을 가질 수 있고, 예를 들어 반구로 이루어질 수 있다. 일부 실시예들에서, 기포는 타겟 표면에 수직으로 결합하는 반면에, 다른 실시예들에서, 다른 각도가 요구된다. 상기 실시예들의 확대집합에서, 기포는 사실상 구형이 아니고 타원(ellipsoids), 심장모양(cardioids), 구형, 타원 또는 심장모양의 변형 등을 포함하고, 여기서 표면에는 예를 들어 푸리에급수(Fourier series)에 의해 표시될 수 있는 섭동(perturbations)과 원뿔(cones) 또는 사다리꼴(trapezoids)과 같은 기타 독특한 형상의 기포가 있다. 예를 들어, 원뿔꼴의 기포는 순수한 액체 매질에서는 만들기 어렵지만 겔 매질에서는 가능하다. 기포가 표면에 부착되지 않는 본 발명의 측면에서, 표면의 구속으로부터 자유로워지고 그로 인해 타원 등과 같은 원하는 어떠한 형상도 가질 수 있다. 상기 일련의 실시예들에서, 기포의 형상과 타겟 표면의 형상은 적절히 매치될 수 있고, 예를 들어 함몰부가 반구형이라면 기포는 구형일 수 있다.

[0047] 가스포켓은 어떤 식으로든 형성되어야 한다. 특정한 일련의 실시예들에서, 가스포켓은 US7445319에 기재된 것과 유사한 시스템을 사용하여 응집되고, 기포를 응집하기 위하여 액체 내의 나노입자와 함께 레이저가 사용된다. 다른 일련의 실시예들에서, 기포는 상이한 액체들로 이루어진 불안정한 에멀전(emulsion)을 사용하여 응집될 수 있다. 또 다른 일련의 실시예들에서, 기포는 액체에 캐비테이션(cavitation)을 유도하도록 적절히 선별된 압력파를 사용하여 응집된다. 가스포켓이 벽에 부착되는 일련의 실시예들에서, 표면 위의 기포를 팽창시키기 위하여 특별히 제어된 가스가 타겟 표면의 통로를 통해 주입될 수 있다. 본 일련의 실시예들은 가스포켓의 내용물과 크기를 제대로 통제하여 생성할 수 있다는 장점을 가진다. 액체 매질이 겔로 이루어지는 일련의 실시예들에서, 가스포켓은 펀칭(punching), 컷아웃(cutting out) 또는 사용할 겔 블록으로부터 적절한 형상으로 주조(moulding)함으로써 미리 제작될 수 있다.

[0048] 다른 일련의 실시예들에서, 가스포켓은 가스포켓과 매질 사이의 경계를 정하고 그로 인해 가스포켓의 형상을 정하는 미리 제작된 막(membrane)을 사용하여 형성된다. 얇은 막을 이러한 방식으로 사용하게 되면 액체와 가스 물질을 분리할 수 있고 어떠한 성분 조합도 선택할 수 있다. 또한, 가스포켓의 형상을 정확하게 제어할 수 있다. 막은 어떠한 적절한 재료, 예를 들어 유리(glass), 플라스틱(plastic), 고무(rubber)로 제작될 수 있다. 미리 제작된 막을 가지면 가스 체적이 타겟 표면에 갇혀서 멀리 표류하거나 흩뜨려지지 않기 때문에 액체 매질이 보다 쉽게 사용될 수 있다. 특정한 일련의 실시예들에서, 막은 부서지기 쉽고 충격파의 충돌로 인해 부서지며 이후 역학관계에 영향을 미치지 않는다. 일련의 실시예들에서, 미리 제작된 막은 취약 선 또는 영역(a line or region of weakness)을 포함하고, 막은 충격파의 충돌로 인해 취약 선 또는 영역을 따라 부서진다. 취약 선 또는 영역은 부서진 곳의 위치가 뒤이어 일어나는 유동 패턴에 영향을 미치도록 배치될 수 있고, 예를 들어 횡단제트의 형성 및 역학관계를 제어하는데 도움이 될 수 있다. 다른 일련의 실시예들에서, 막은 붕괴하는 캐비티(cavity)와 함께 변형되도록 설계된다. 가스포켓이 표면에 부착되지 않는 일련의 실시예들에서, 막 내에 담긴 가스포켓의 개념도 유용하다. 특정한 일련의 실시예들에서, 표면 근처의 가스포켓은 적당한 가스로 채워진 작은 유리 구슬들로 이루어질 수 있다. 이는 가스포켓의 형상을 제어하는데 동일한 혜택을 준다.

[0049] 바람직한 일련의 실시예들에서, 여기에 기재된 방법들은 핵융합 반응을 일으키는데 사용된다. 반응 연료는 포켓 내의 가스, 매질에 의해 제공되거나 타겟 표면으로부터 제공될 수 있다. US7445319에 기재된 어떠한 연료도 본 발명에서 사용하기에 적당하다.

[0050] 본 발명에서의 장치는 액적 크기가 최대 기포 크기를 제약하는 US7445319와 달리 크기와 관련하여 제한되지 않는다. 큰 가스 체적을 가열하는 곳에서는 큰 장치를 사용하는 것이 유리하다. 각 포켓에서의 가스 체적은 주위

환경에 따라 선택될 수 있지만, 바람직한 일련의 실시예들에서, $5 \times 10^{-11} \sim 5 \times 10^{-3}$ 리터(liters)이다.

[0051] 본 발명의 실시예들로 얻을 수 있는 핵융합 반응은 (당해 기술분야의 오랜 연구 목표인) 네트 에너지 생산에 사용될 수 있지만, 본 발명자들은 핵융합 효율이 네트 에너지 생산에 요구되는 것보다 낮더라도, 본 발명의 실시예들로 얻을 수 있는 신뢰성 있는 핵융합은 예를 들어 다른 핵융합 프로젝트에 연료로 사용될 수 있고 현재 존재하는 기술들을 사용하여 생산하면 값비싼 3중수소의 생산에 유용하다고 본다. 핵융합은 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 알 수 있는 다양한 응용분야를 가지는 빠르고 안전한 중성자 공급원을 제공하는데 유용할 수도 있다.

[0052] 또한, 본 발명에서 핵융합을 일으키는 것이 필수적인 것은 아니다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 본 발명의 기술 및 장치는 가혹하고 비일상적인 조건에 접근하기 위해 사용되는 초음파 화학 원자로(sonochemistry reactor)로 유용하게 사용될 수 있다.

발명의 효과

[0053] 본 발명의 실시예들에 따르면, 핵융합을 야기할 정도로 높은 국부적으로 집중된 에너지를 생산할 수 있다.

[0054] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 다른 핵융합 프로젝트에 연료로 사용될 수 있고 현재 존재하는 기술들을 사용하여 생산하면 값비싼 3중수소의 생산에 유용하고, 다양한 응용분야를 가지는 빠르고 안전한 중성자 공급원을 제공하는데 유용할 수도 있다.

도면의 간단한 설명

[0055] 본 발명의 여러 실시예들은 첨부되는 도면을 참조하여 단지 일 예로서 설명될 것이다.

도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일 측면에 따른 타겟 표면의 2가지 변형을 도시한다.

도 2a, 도 2b 및 도 2c는 본 발명의 다른 측면에 따른 가스포켓과 충격파의 상호작용을 3개의 연속되는 단계로 도시한다.

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 다른 측면에 따른 가스포켓과 충격파의 상호작용을 2개의 연속되는 단계로 도시한다.

도 4는 본 발명의 추가적인 실시예를 도시한다.

도 5는 도 3a의 실시예의 일 변형을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0056] 도 1a 및 도 1b는 본 발명의 일 측면에서의 2개의 실시예에 따른 개략적인 배치를 각각 도시한다. 각 케이스에서, 예를 들어 고 강도 강(high strength steel)으로 만들어진 고체표면(6)은 히드로겔(hydrogel), 예를 들어 물과 젤라틴의 혼합물로 형성되는 기체가 아닌 매질(8) 내에 배치된다. 핵융합 반응에 참여하기에 적합한 증기 같은 연료로 채워지는 가스포켓(2)의 경계가 히드로겔 매질(8) 내에서 정해진다. 양쪽 모두의 케이스들에서 가스포켓(2)은 오목한 함몰부 안쪽에서 타겟 표면(6)에 부착된다. 도 1a에서의 제1 실시예의 케이스에서, 함몰부(4)는 포물선을 이루고 가스포켓(2)의 일 측면이 표면(6)에 부착될 만큼 비교적 크다. 장치의 크기는 다양할 수 있지만 본 도면의 크기는 $0.1\text{m} \sim 1 \times 10^{-5}\text{m}$ 이다.

[0057] 도 1b에서의 제2 실시예의 케이스에서, 가스포켓(2)은 기계가공 되거나 표면(6)에 자연 발생적으로 형성될 수 있는 크랙의 결과로 형성될 수 있는 매우 작고 V형상으로 테이퍼 진 함몰부(5) 내에 수용된다.

[0058] 충격파(10)는 겔 매질(8) 내에서 예를 들어 5GPa의 압력을 가지고 폭발(explosion)로부터 생성된다. 도 1a 및 도 1b에서 충격파(10)는 가스포켓(2)을 향하는 화살표 방향으로 전파되는 선으로 표시된다. 먼저, 충격파(10)는 타겟 표면(6)의 상부를 가격함으로써, 충격파(10)가 가스포켓(2) 쪽으로 전진할수록 형상을 바꾸게 한다. 이러한 방식으로 가스포켓(2) 내부로 전진하는 충격파(10)의 형상은 표면(6)을 그에 맞게 성형함으로써 확실하게 제어될 수 있다. 다음으로, 성형된 충격파(10)는 가스포켓(2)을 때리고, 충격파(10)가 가스포켓(2)을 통과하여 전

파될수록 가스포켓(2)을 타겟 표면(6)에 압착하게 될 것이다. 충격파(10)가 가스포켓(2)을 통과하여 전파된 후 표면(6)에서 반사된 충격파(10)는 포켓을 통과하여 되돌아가고, 최초 방향으로부터 전파되는 충격파를 강화하여 가스포켓을 더욱 압축한다. 포켓 내부의 기체 연료의 압축으로 인해 핵융합 반응을 일으키기에 충분할 수 있는 격렬한 국부적인 가열이 야기된다.

- [0059] 도 2a, 도 2b 및 도 2c는 본 발명의 다른 측면에 따라 표면(16)과 이격되는 가스포켓(12)과 상호작용하는 충격파의 3개의 연속되는 단계를 도시한다. 본 실시예에서, 가스포켓(12)은 표면(16)의 오목한 함몰부(14) 내의 겔(18)에 고정된다.
- [0060] 도 2a는 화살표 방향으로 겔 매질(18)을 통해 전파되고 가스포켓(12)으로 접근하는 충격파(20)를 도시한다. 도 2b는 가스포켓(12)에 처음으로 입사되는 충격파(20)를 도시한다. 충격파는 도 1a 및 도 1b에 도시된 실시예들과 유사한 방식으로 가스포켓(12)의 체적에 영향을 주어 압축한다. 이와 동시에, 충격파(20)는 표면(16)의 오목한 함몰부(14) 상부에서 반사된다.
- [0061] 도 2c는 연속되는 단계들 중에서 세 번째 스냅샷(snapshot)을 도시하고, 이때까지 충격파(20)는 가스포켓(12)을 통과하여 가스포켓(12)을 상당히 압축시켰다. 이때까지 또한, 충격파(20)는 표면(16)에서 반사되었고 화살표로 표시된 방향으로 가스포켓(12)을 향해 되돌아가고 있다. 반사 충격파(20)는 오목한 함몰부(14)의 형상과 닮은 형상을 가지고 재차 입사하는 가스포켓(12)을 향해 집중되고, 가스포켓(12)을 추가적으로 압축하여 가스포켓(12) 내의 온도와 압력을 더욱 상승시킨다.
- [0062] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 또 다른 측면에 따라 V형상으로 테이퍼 진 함몰부(24)를 감싸고 채우도록 표면(26)에 부착된 가스포켓(22)과 상호작용하는 충격파의 2개의 연속되는 단계를 도시한다. 테이퍼 진 함몰부(24)는 도 1b의 함몰부와 유사한 형상으로 이루어지지만, 테이퍼 진 함몰부의 크기에 비례하여, 포켓(22) 내의 가스 체적은 도 1b의 가스 체적보다 훨씬 더 크다. 예를 들어, 기포의 폭은 대략 1cm일 수 있다.
- [0063] 도 3a는 (이전 실시예들에서와 동일하거나 상이한 재료가 사용될 수 있는) 매질(28)을 통해 가스포켓(22)을 향해 화살표 방향으로 전파되는 충격파(30)를 도시한다. 도 3b는 충격파(30)가 가스포켓(22)을 때린 후 상호작용의 후반부를 도시한다. 가스포켓(22)의 가장자리를 때린 충격파(30)의 일부분(27)은 매질(28)로부터 가스포켓(22)으로의 큰 밀도 변화로 인해 반사된다. 상기 반사된 일부분(27)은 가스포켓(22)으로부터 전파되어 멀어지는 희박파 팬(rarefaction fan)을 형성함으로써 반사된 일부분(27)과 가스포켓(22) 사이에 압력이 낮은 영역을 생성한다. 매질(28)은 압력이 낮은 상기 영역 안으로 제트(jet)(29)처럼 흘러 들어가서 가스포켓(22)을 가로지르고, 제트(29)의 첨단과 표면(26)의 테이퍼 진 함몰부(24) 사이에 가스의 일 부분을 가두며, 그 결과 전술한 방식으로 가스의 압축 및 가열을 야기하게 된다.
- [0064] 도 1b는 본 발명의 본 측면의 실시예에도 적합한 추가적인 배치를 도시한다.
- [0065] 도 4는 가스포켓(32)이 테이퍼 진 함몰부(34) 내의 타겟 표면(36)에 부착되는 본 발명의 이전 측면의 추가적인 실시예를 도시한다. 본 실시예는 가스포켓(32)이 미리 제작된 막(33)에 의해 매질(38)로부터 분리된다는 점에서 전술한 실시예들과 상이하다. 미리 제작된 막(33)은 부서지기 쉽다. 즉, 미리 제작된 막(33)은 충격파(40)의 충돌로 부서지도록 설계된다. 미리 제작된 막(33)이 충격파(40)의 충돌에 의해 부서지면, 충격파(40)는 함몰부(34) 안으로 계속하여 전파되고 이전 실시예들과 같은 방식으로 가스포켓(32)을 압축하게 된다.
- [0066] 도 5는 도 3a에 도시된 실시예의 일 변형이다. 본 실시예에서 복수 개의 소형 함몰부(42)가 대형 함몰부(44)의 바닥에 배치된다. 가스포켓(46)은 대형 함몰부(44)와 복수 개의 소형 함몰부(42)의 양쪽에 부분적으로 수용된다. 본 실시예의 운용 중에 충격파(미도시)가 가스포켓(46)을 때렸을 때 형성되는 제트는 도 3a 및 도 3b와 관련하여 전술한 것과 유사한 방식으로 복수 개의 작은 가스 체적을 소형 함몰부(42)에 가두고 매우 압축하게 될 것이다.
- [0067] 특정 예시들이 개시되었지만, 실제 이루어지는 결과에 영향을 미치는 수많은 보조변수, 예를 들어 액체 또는 겔 매질 밀도, 주위 압력과 온도, 가스의 조성 및 액체 또는 겔의 조성, 충격파의 충돌 각도, 타겟 표면의 형상과 마이크로 구조가 있을 수 있다.
- [0068] 전술한 실시예들 각각에서, 도면들은 3차원의 가스체적과 타겟 표면을 수직으로 절단한 횡단면을 도시하고 있으며 도면들은 회전대칭을 이루는 실시예들을 표현한다. 하지만, 이는 본 발명에서 필수적인 것은 아니다. 특히, 표면은 도시된 수직 횡단면을 대신하거나 또는 이와 마찬가지로 회전 방향에 분리된 부분들을 포함할 수 있다. 후자의 케이스에서, 타겟 표면은 복수의 작은 면(facet)으로 이루어질 것이다. 각 작은 면은 분리되지만 수렴하

는 충격파들을 발생시킬 수 있다.

[0069] 전술한 실시예들 전부에서, 장치는 매질 내에서 중수 증기(deuterated water vapor)를 포함하는 가스 체적에 입사하는 충격파를 생성하는데 사용될 수 있다.

[0070] 본 발명의 수치 모델링에서, 여기에 개시된 기술들은 붕괴되는 가스체적 내에서 중수소 원자의 핵융합 반응에 충분할 수 있는 1×10^6 켈빈(Kelvin) 이상의 온도를 발생시키는데 충분한 20GPa에 이르는 피크 압력을 발생시킨다. 일부 무제한의 예시들에서, 그 결과로 초래된 중성자들은 다른 공정에 사용되거나 중성자 흡수재에 의해 흡수됨으로써 중성자의 운동 에너지를 열 에너지로 변환하여 종래의 열역학적 에너지 생산에 사용될 수 있다.

부호의 설명

[0071] 2, 12, 22, 32: 가스포켓

4, 14, 24, 34, 42, 44: 함몰부

6, 16, 26, 36, 46: 표면

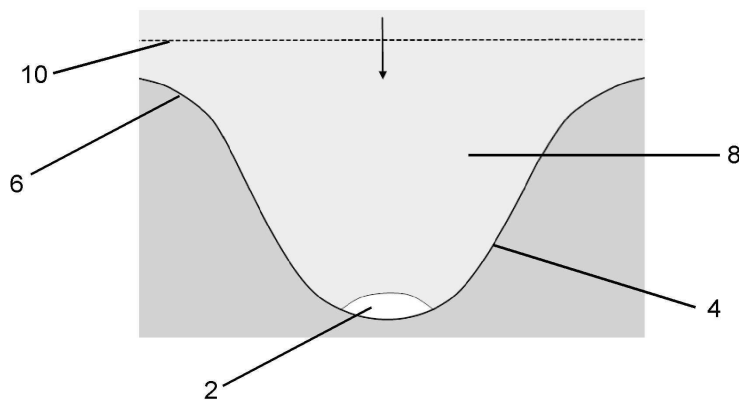
8, 18, 28, 38: 기체가 아닌 매질

10, 20, 30, 40: 충격파

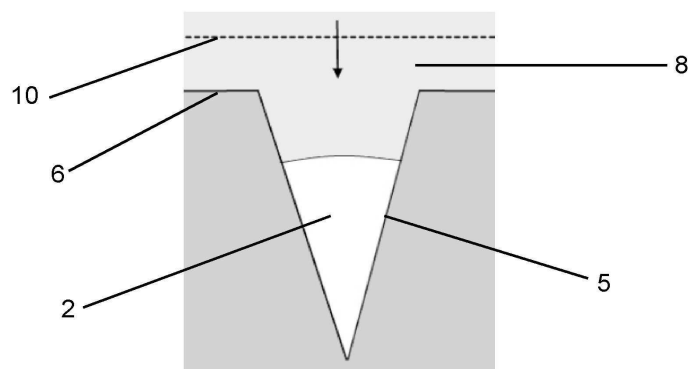
33: 막

도면

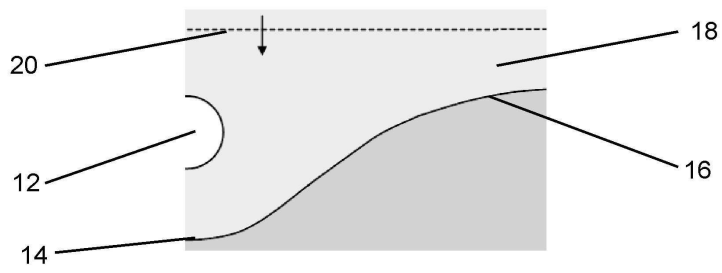
도면1a



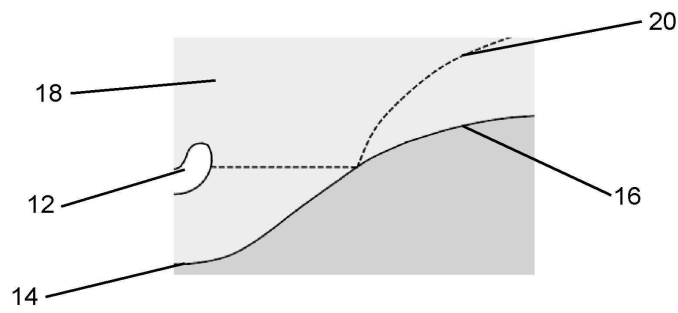
도면1b



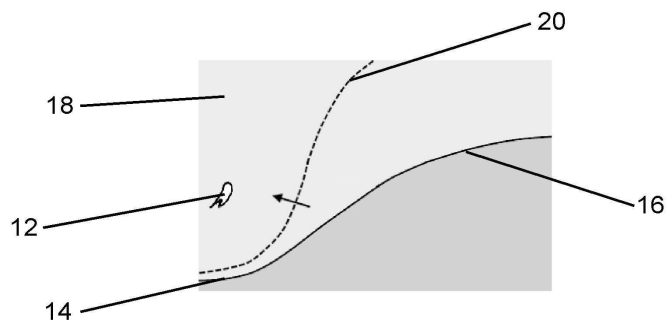
도면2a



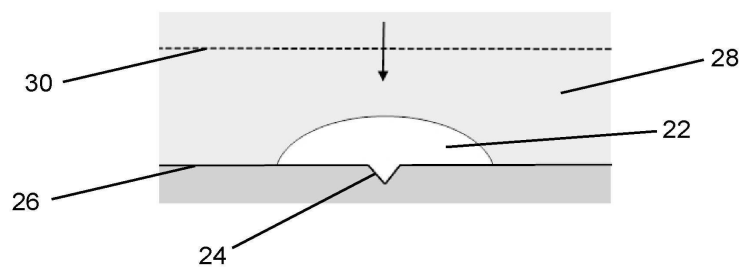
도면2b



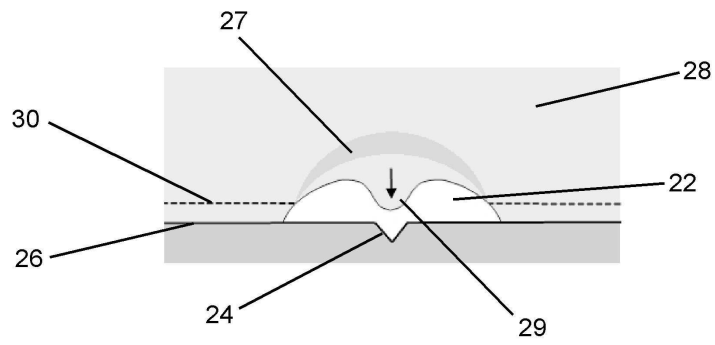
도면2c



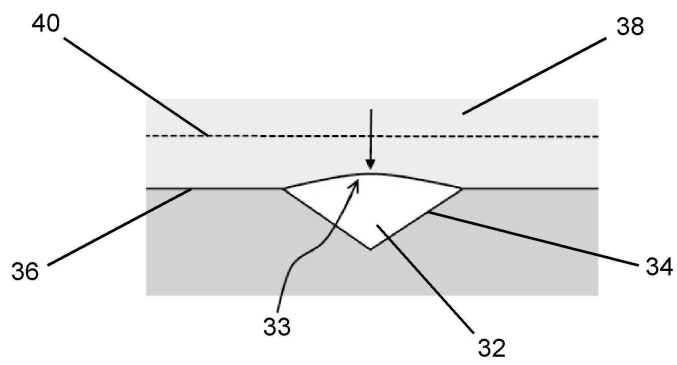
도면3a



도면3b



도면4



도면5

