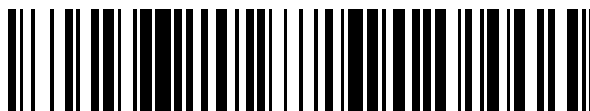


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 639 051**

51 Int. Cl.:

G21B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.05.2013 PCT/GB2013/051297**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.11.2013 WO13175187**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2013 E 13725428 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017 EP 2852953**

54 Título: **Concentración localizada de energía**

30 Prioridad:

21.05.2012 GB 201208939
24.05.2012 US 201261651032 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.10.2017

73 Titular/es:

OXFORD UNIVERSITY INNOVATION LIMITED
(100.0%)
Buxton Court, 3 West Way
Botley, Oxford OX2 0JB, GB

72 Inventor/es:

HAWKER, NICHOLAS y
ROY, RONALD A.

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 639 051 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Concentración localizada de energía

5 La presente invención se refiere a métodos y aparatos para la producción de energías localizadas muy altas. Esta se refiere, en particular aunque no en exclusiva, a la generación de energías localizadas lo bastante altas para dar lugar a la fusión nuclear.

10 El desarrollo de la energía de fusión ha sido un área de inversión masiva de tiempo y dinero durante muchos años. Esta inversión se ha centrado, en gran parte, en el desarrollo de un reactor de fusión a gran escala, con un gran coste. No obstante, existen otras teorías que predicen mecanismos mucho más simples y más económicos para la creación de la fusión. Es de interés, en el presente caso, el concepto de paraguas de la "fusión de confinación inercial", que usa fuerzas mecánicas (tales como ondas de choque) para concentrar y enfocar la energía en unas áreas muy pequeñas.

15 Gran parte de la confianza en el potencial en los métodos alternativos de fusión de confinación inercial proviene de las observaciones de un fenómeno que se denomina sonoluminiscencia. Esto tiene lugar cuando un líquido que contiene unas burbujas de un tamaño adecuado se excita con una frecuencia particular de ultrasonido. La onda de presión da lugar a que las burbujas se expandan y posteriormente se colapsen de manera muy violenta; un proceso al que se hace referencia, por lo general, como cavitación inercial. El colapso rápido de la burbuja conduce a una compresión sin equilibrio que da lugar a que los contenidos se calienten hasta un punto en el que emiten luz [Gaitan, D. F., Crum, L. A., Church, C. C, y Roy, R. A., *Journal of the Acoustical Society of America*, 91 (6), 3166 - 3183 Junio (1992)]. Se han producido varios esfuerzos para intensificar este proceso y un grupo ha reivindicado la observación de la fusión [Taleyarkhan, R. P., West, C. D., Cho, J. S., Lahey, R. T., Nigmatulin, R. I., y Block, R. C., *Science*, 295 (5561), 1868 - 1873 Marzo (2002)]. No obstante, los resultados observados todavía no han sido validados o replicados, a pesar de un esfuerzo sustancial [Shapira, D. y Saltmarsh, M., *Physical Review Letters*, 89 (10), 104302 Septiembre (2002)]. Este no es el único mecanismo propuesto que ha conducido a la luminiscencia a partir de una burbuja que colapsa; no obstante, el mismo es el más documentado.

20 La luminiscencia también ha sido observada a partir de una burbuja colapsada por una fuerte onda de choque [Bourne, N. K. y Field, J. E., *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A - Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 357 (1751), 295 - 311 Febrero (1999)]. Se ha propuesto, en el documento US 7.445.319, disparar gotitas esféricas de agua que se mueven a una velocidad muy alta (~ 1 km / s) hacia un objetivo rígido para generar una onda de choque intensa. Esta onda de choque se puede usar para colapsar las burbujas en el interior de la gotita. Otro mecanismo de uso de una onda de choque para colapsar una burbuja se describe en el documento WO 2011/138622, en el que los solicitantes de la presente invención han propuesto colapsar una burbuja dentro de un líquido mediante la aplicación de una onda de choque de alta presión al líquido. A pesar de que esto permite un número de ventajas frente a técnicas previas, por ejemplo, no requerir un impacto de gotitas de alta velocidad, el aparato que se necesita para generar unas ondas de choque de presión lo bastante altas puede ser complicado y costoso.

25 La presente invención tiene por objeto proporcionar alternativas a las técnicas que se han mencionado en lo que antecede y también podría tener otras aplicaciones. Cuando se observa con respecto a un primer aspecto, la invención proporciona un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:
 30 proporcionar un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de gas, en el que la bolsa de gas se encuentra en contacto con una superficie que comprende una depresión que está conformada con el fin de recibir, al menos parcialmente, la bolsa de gas; y
 35 aplicar una presión estática al medio no gaseoso, en el que la presión estática tiene un valor promedio más grande que la presión atmosférica de tal modo que la bolsa de gas se colapsa para formar un chorro transversal, y en el que la depresión superficial está dispuesta para recibir el impacto de chorro transversal de tal modo que al menos algo de bolsa de gas se atrapa entre el chorro que impacta y la depresión superficial.

40 La invención también se extiende a un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:
 45 un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de gas, en el que la bolsa de gas se encuentra en contacto con una superficie que comprende una depresión que está conformada con el fin de recibir, al menos parcialmente, la bolsa de gas; y
 50 unos medios para aplicar una presión estática al medio no gaseoso, en el que la presión estática tiene un valor promedio más grande que la presión atmosférica de tal modo que la bolsa de gas se colapsa para formar un chorro transversal, y en el que la depresión superficial está dispuesta para recibir el impacto de chorro transversal de tal modo que al menos algo de bolsa de gas se atrapa entre el chorro que impacta y la depresión superficial.

55 Por lo tanto, se apreciará que la presente invención prevé un colapso controlado similar de una bolsa de gas tal como se obtiene en el documento WO 2011/138622, es decir, un chorro transversal que atraviesa la bolsa de gas y que atrapa parte del gas contra la superficie, pero sin tener que proporcionar el complicado y costoso aparato que se requiere por lo general para generar una onda de choque de alta presión. En su lugar, una presión estática se puede
 60
 65

aplicar de forma controlable al medio no gaseoso, y es esta elevación en la presión ambiente la que genera una cantidad controlable de energía que se entrega en el colapso de la bolsa de gas y, por lo tanto, en el chorro. El nivel de la presión estática que se aplica se puede elegir con el fin de controlar los efectos resultantes y su magnitud, tal como se explicará adicionalmente en lo sucesivo.

5 Así como la presión ambiente más alta que permite que se almacene más energía en el medio no gaseoso de tal modo que esto se puede usar en el colapso de la bolsa de gas, se ha hallado que, a unas presiones estáticas elevadas, el colapso de la bolsa de gas en contacto con una superficie es muy asimétrico, lo que conduce, en general, a la formación de un chorro transversal del medio no gaseoso que se mueve a través de la bolsa de gas
10 que colapsa. En la mayor parte de los sistemas, este colapso asimétrico es indeseable debido a que el mismo conduce a inestabilidad y la formación de múltiples bolsas de gas, por ejemplo, burbujas que, entonces, no son utilizables. No obstante, de acuerdo con la presente invención, los inventores de la presente invención han apreciado que este fenómeno se puede adaptar y aprovechar, de manera adecuada, para producir una muy alta concentración de energía localizada que se puede usar, por ejemplo, para crear una fusión nuclear tal como se
15 explicará en lo sucesivo.

En la presente invención, la provisión de una superficie en contacto con la bolsa de gas rompe la simetría de tal modo que, bajo una presión estática, la formación de un chorro transversal se da en la dirección de la superficie, es decir, la única forma de que la bolsa de gas se colapse es que se forme un chorro transversal que atraviesa la bolsa
20 de gas en la dirección de la superficie y posteriormente impacta contra la superficie. La depresión superficial se diseña para recibir el impacto de chorro transversal al tiempo que atrapa un pequeño volumen de la bolsa de gas original entre el chorro que impacta y ella misma. La porción atrapada de gas se calienta fuertemente y esto conduce a varios mecanismos físicos que dan lugar a un enfoque de energía muy sustancial en este volumen de gas atrapado. Preferiblemente, la bolsa de gas entra en contacto con la superficie en las proximidades de la depresión.
25 No es necesario que la bolsa de gas se encuentre completamente en contacto con la superficie o completamente dentro de la depresión, siempre que la misma entre en contacto con la superficie lo suficiente de tal modo que, cuando el chorro transversal impacta sobre el lado a sotavento de la bolsa de gas, esta parte de la bolsa de gas se encuentra en contacto con la superficie, y no tiene parte del medio no gaseoso entre la bolsa de gas y la superficie de la depresión, de tal modo que una porción de la bolsa de gas se puede atrapar entre la punta del chorro y la
30 superficie, comprimiendo de este modo el volumen atrapado de gas en la depresión. Por ejemplo, el contacto podría ser sobre una única zona de contacto o, mediante un diseño apropiado de la textura superficial, en una pluralidad de regiones / puntos de contacto discretos.

El chorro transversal de alta velocidad puede, meramente como un ejemplo, alcanzar más de 2000 ms^{-1} para una
35 presión estática de 200 bar que se aplica a presión atmosférica. Cuando este chorro golpea la superficie de la depresión, atrapando de este modo al menos una porción de la bolsa de gas entre la punta del chorro y la superficie, una fuerte onda de choque se genera dentro de la bolsa de gas mediante la fuerza del impacto de una forma análoga a la de la situación de impacto de gotitas de alta velocidad que se describe en el documento US 7.445.319. La velocidad resultante del chorro que impacta se puede adaptar a una aplicación deseada mediante una selección
40 apropiada de la presión estática que se aplica.

Lo que se pretende indicar con la presión estática que se aplica al medio no gaseoso, es la presión promedio a largo plazo que es experimentada por el medio no gaseoso, es decir, contrastando con el escenario en el documento WO
45 2011/138622 en el que se aplica una onda de choque de alta presión momentáneamente al medio no gaseoso. Por lo tanto, es preferible que la presión estática se aplique a lo largo de una escala de tiempo más larga que la de una onda de choque de alta presión que se aplica al medio no gaseoso, es decir, la presión estática aplicada es sustancialmente continua. Preferiblemente, la presión estática se aplica a lo largo de una escala de tiempo más grande que 1 ms, por ejemplo, más grande que 1 s, por ejemplo, más grande que 100 s. La presión atmosférica es la presión a la que se relajaría el medio no gaseoso si se retirara la presión estática. En general, la presión
50 atmosférica es de aproximadamente 1 bar. Por supuesto, esto puede variar, por ejemplo, debido a las condiciones ambientales o atmosféricas, así como con la altitud.

La presión estática que se aplica puede constante con el tiempo, no obstante, esto no es necesario y, en al menos un conjunto de realizaciones, la presión estática que se aplica al medio no gaseoso se varía con el tiempo. Tal como
55 se analizará, estas variaciones de la presión estática podrían ser significativas, alcanzando incluso presiones negativas, no obstante, lo que es importante es que la presión promedio, que se toma a lo largo de una escala de tiempo más larga que estas variaciones, es más grande que la presión atmosférica, de tal modo que la energía potencial almacenada en el medio no gaseoso a través de la presión estática se puede aprovechar en el colapso de la bolsa de gas.

60 La presión estática se podría generar usando cualquier método conocido, por ejemplo, usando un recipiente de presión, que es capaz de mantener la presión promedio del medio no gaseoso a un nivel por encima de la presión atmosférica. El solicitante de la presente invención ha reconocido que la velocidad del chorro transversal que se obtiene tras el colapso de la bolsa de gas aumenta con la presión estática que se aplica al medio no gaseoso, por
65 ejemplo, cambiando de dimensiones con la raíz cuadrada de la presión estática. Por lo tanto, el nivel de presión estática a aplicar se puede elegir dependiendo de la aplicación deseada del método, es decir, el nivel de la presión

estática se controla para formar un chorro transversal que tiene una velocidad deseada. Para algunas aplicaciones, preferiblemente el valor promedio de la presión estática es al menos 2 bar, más preferiblemente al menos 10 bar, por ejemplo al menos 15 bar, por ejemplo al menos 25 bar, por ejemplo al menos 50 bar. Para otras aplicaciones, tales como la fusión nuclear, preferiblemente el valor promedio de la presión estática es al menos 300 bar, por ejemplo al menos 1 kbar, por ejemplo al menos 2 kbar o más alto. Estas presiones estáticas elevadas aumentan la cantidad de energía que es portada por el chorro y, por lo tanto, las temperaturas y los efectos físicos resultantes en el volumen comprimido de gas. Unas velocidades de chorro del orden de más de 1000 ms^{-1} pueden ser adecuadas para conseguir una fusión nuclear en el gas, a pesar de que, de acuerdo con la invención, se pueden obtener unas velocidades de chorro más grandes que 5000 ms^{-1} o 6000 ms^{-1} que generan unas temperaturas y presiones muy altas en el volumen comprimido de gas. Además, se apreciará que tales presiones estáticas elevadas representan unos cambios de presión mucho más grandes (y controlables) que los que serían experimentados por las burbujas de gas durante la cavitación en los contextos ingenieriles típicos, mientras que las velocidades de chorro que se consiguen se aumentan mediante el atrapamiento de la bolsa de gas que se proporciona mediante la depresión.

Se pueden aplicar diversos regímenes para potenciar las condiciones para el colapso de la bolsa de gas y la formación y el control de un chorro que impacta a alta velocidad, además de la presión estática que se está aplicando. Por ejemplo, también se puede elevar la temperatura ambiente.

En un conjunto de realizaciones en las que se varía la presión estática, la variación se podría proporcionar mediante una onda estacionaria de presión (por ejemplo, una onda de presión acústica o ultrasónica), o una variación de presión de baja frecuencia (por ejemplo, que se aplica por medio de un émbolo con una fuerza lentamente variable), que se aplica al medio no gaseoso, es decir, superpuesta sobre una presión constante. Esto es particularmente ventajoso para la presente invención debido a que la presión constante puede proporcionar la energía potencial para un intenso colapso de la bolsa de gas mientras que los picos de la onda estacionaria o la variación de presión se pueden usar para desencadenar el colapso de la bolsa de gas, por ejemplo, si los valores de presión se disponen de tal modo que la onda estacionaria eleva la presión estática por encima de un cierto umbral para el colapso asimétrico de la bolsa de gas. Tal como se explicará en lo sucesivo, una onda estacionaria de presión o una variación de presión tiene un número de otras ventajas dentro del alcance de la presente invención.

Debido a que la onda estacionaria o la variación de presión será, en general, una impulsión periódica continua y tendrá una frecuencia, la misma se puede elegir para colapsar bolsas de gas con una frecuencia lo bastante grande para proporcionar una producción de energía neta significativa. Preferiblemente, la frecuencia de la onda estacionaria o la variación de presión es más grande que 10 Hz, por ejemplo, más grande que 100 Hz, por ejemplo, más grande que 1 kHz, por ejemplo, más grande que 10 kHz, por ejemplo, 20 kHz.

Como alternativa, o además, una onda de presión de descarga única, por ejemplo, una onda de choque, se podría aplicar al medio no gaseoso, por ejemplo, como en el documento WO 2011/138622. No obstante, debido a que ya se ha aplicado la presión estática al medio no gaseoso, no es necesario que la onda de choque sea tan intensa como en el documento WO 2011/138622. Por ejemplo, al igual que para la onda estacionaria o la variación de presión que se han analizado en lo que antecede, la presión de pico de la onda de choque se podría usar para desencadenar el colapso de la bolsa de gas, pero debido a que ya se ha aplicado la presión estática, no es necesario que la presión sobre la misma que es aplicada por la onda de choque sea tan intensa como si la onda de choque se aplicara a un medio no gaseoso a presión atmosférica. Por estas razones, el complicado y costoso aparato que es necesario en el documento WO 2011/138622 no tendría que ser usados en el presente sistema y, por lo tanto, se podría usar un dispositivo mucho más simple y económico para generar la onda de choque, por ejemplo, un accionador piezoeléctrico. En algunas realizaciones preferidas, un dispositivo piezoeléctrico de este tipo puede crear una presión de onda de choque de entre 10 bar y 10 kbar. La onda de choque podría ser plana, por ejemplo, producida por un generador de ondas planas, pero en otras realizaciones la onda de choque se conforma para ajustarse a la forma de la bolsa de gas. Esto enfoca la onda de choque sobre la bolsa de gas, dando como resultado un colapso más intenso de la bolsa de gas.

La bolsa de gas podría ya encontrarse presente dentro del medio no gaseoso. Si una bolsa de gas se encuentra ya presente pero no en contacto con la superficie, entonces el método puede incluir mover y / o hacer crecer la bolsa de gas para poner la misma en contacto con la superficie (en las proximidades de una depresión). No obstante, en un conjunto de realizaciones, el método incluye una etapa de proporcionar la bolsa de gas dentro del medio no gaseoso y el aparato comprende unos medios para proporcionar una bolsa de gas dentro del medio no gaseoso. Esto permite que el medio no gaseoso se mantenga a una presión estática elevada de tal modo que una bolsa de gas se puede introducir dentro del medio no gaseoso y, a continuación, colapsarse, creando las temperaturas y presiones elevadas deseadas dentro del volumen comprimido de gas. Se reconocerá que la introducción de una bolsa de gas en un medio no gaseoso mantenido a una presión elevada representa un proceso externamente controlado en comparación con la formación natural de burbujas, por ejemplo, debido a presiones bajas que inducen la cavitación. La bolsa de gas se puede proporcionar con el fin de encontrarse en contacto con la superficie, por ejemplo, nuclearse como la superficie, o la bolsa de gas se puede proporcionar cerca de la superficie y, a continuación, expandirse para poner la misma en contacto con la superficie. En un conjunto de realizaciones, se permite o se da lugar a que la bolsa de gas se expanda después de que la misma se haya proporcionado en el medio no gaseoso, antes de ser colapsada, con el fin de aumentar la energía disponible para la formación de un chorro transversal.

Tales realizaciones también prevén la repetibilidad del proceso, por ejemplo, reintroduciendo una bolsa de gas en el medio no gaseoso después de que se haya colapsado la bolsa de gas previa y, por lo tanto, en un conjunto de realizaciones, el método comprende la etapa de proporcionar de forma repetida una bolsa de gas dentro del medio no gaseoso. Este repetibilidad posibilita, en algunas realizaciones, que las bolsas de gas se colapsen a una frecuencia que es lo bastante alta para proporcionar una producción de energía neta significativa, es decir, a partir de la acumulación de la totalidad de las reacciones individuales. Preferiblemente, la frecuencia a la cual la bolsa de gas se proporciona de forma repetida dentro del medio no gaseoso es más grande que 10 Hz, por ejemplo, más grande que 100 Hz, por ejemplo, más grande que 1 kHz, por ejemplo, más grande que 10 kHz, por ejemplo, 20 kHz.

Los medios para proporcionar la bolsa de gas podrían comprender unos medios para bombear un volumen de gas al medio no gaseoso, por ejemplo, a través de la superficie a la depresión. Esto permite que se controle de forma precisa la composición del gas así como su volumen. No obstante, este proceso es invasivo y puede interferir con el colapso de la bolsa de gas y el impacto del chorro contra la superficie. En un conjunto de realizaciones en las que el medio no gaseoso es un gel, la bolsa de gas se puede premanufacturar al perforar o, de lo contrario, cortar o moldear la forma correcta a partir del bloque de gel a usar. Adicionalmente o como alternativa, las características de humectación o microestructura de la superficie se pueden optimizar para mantener de forma natural un hueco dentro del medio no gaseoso.

En un conjunto de realizaciones, los medios para proporcionar la bolsa de gas comprenden unos medios para nuclear una bolsa de gas dentro del medio no gaseoso. Una vez que la bolsa de gas se ha nucleado, la misma se expandirá rápidamente, por ejemplo, a lo largo de una escala de tiempo de aproximadamente 10 μ s, a un volumen que, a continuación, se puede colapsar mediante la presión estática. Nuclear la bolsa de gas permite que la misma se proporcione en una ubicación precisa dentro del medio no gaseoso de una forma no invasiva, y se pueden usar técnicas para controlar el volumen y la composición de la bolsa de gas. Además, a diferencia del bombeo en un volumen de gas, nuclear la bolsa de gas permite que la misma esté situada inicialmente lejos de la superficie de tal modo que, cuando se expande la bolsa de gas, la misma entra en contacto con la superficie antes de que esta se colapse, es decir, en la presente realización, es necesario que la bolsa de gas creciente desplace el medio no gaseoso entre la misma y la superficie. Esto posibilita que se atrape un volumen de una bolsa de gas entre el chorro transversal y la superficie. No obstante, la bolsa de gas también se puede nuclear junto a la superficie de tal modo que, cuando la misma se expande, esta se encuentra siempre en contacto con la superficie. La nucleación también se puede usar para proporcionar bolsas de gas dentro del medio no gaseoso a una tasa de repetición elevada, junto con múltiples bolsas de gas dentro del medio no gaseoso en cualquier momento. En el conjunto de realizaciones que comprenden una pluralidad de bolsas de gas dentro del medio no gaseoso, preferiblemente cada una de estas comprende una depresión asociada, es decir, la superficie comprende una pluralidad de depresiones, conformada cada una con el fin de recibir, al menos parcialmente, una bolsa de gas.

Existe un número de formas diferentes mediante las cuales la bolsa de gas se podría nuclear dentro del medio no gaseoso. La bolsa de gas se podría nuclear usando una emulsión inestable de diferentes líquidos, o mediante el uso de una chispa, por ejemplo, una chispa eléctrica. Este último método es relativamente económico y simple, y permite un control preciso sobre el punto de la nucleación. Además, el mismo puede ayudar a asegurar que la bolsa de gas se proporcione en contacto con la superficie. Se puede proporcionar una pareja de electrodos, por ejemplo, a cada lado o dentro de la depresión, para encender la chispa eléctrica, que puede ser lo bastante pequeña para no interferir con el colapso de la burbuja.

No obstante, en un conjunto de realizaciones, la bolsa de gas se nuclea usando un láser. En el conjunto de realizaciones que comprenden una pluralidad de bolsas de gas dentro del medio no gaseoso, las mismas se nuclean usando una agrupación de láseres. En un conjunto particular de realizaciones, la bolsa de gas se nuclea usando un sistema similar al que se describe en el documento US 7.445.319, en el que se usa un láser en conjunción con nanopartículas en el líquido para nuclear una bolsa de gas. Cuando se usa un láser para nuclear la bolsa de gas, la energía del láser, el enfoque del láser y / o la duración del pulso de láser que se aplica al medio no gaseoso se pueden controlar para nuclear una bolsa de gas de un cierto tamaño, por ejemplo, de tal modo que la misma esté centrada en torno a un punto particular y se encuentra en contacto con la superficie.

En otro conjunto de realizaciones, la bolsa de gas se nuclea usando una onda de presión que se aplica al medio no gaseoso para inducir la cavitación de una bolsa de gas dentro del medio no gaseoso. La onda de presión podría ser una onda estacionaria acústica o ultrasónica, o una variación de presión de baja frecuencia, que se aplica al medio no gaseoso, por ejemplo, tal como se ha analizado en lo que antecede. La disminución en la presión, que podría ser, por ejemplo, una presión negativa, en el ciclo de la onda estacionaria o la variación de presión se puede usar para inducir la cavitación de la bolsa de gas en el medio no gaseoso, es decir, la onda estacionaria o la variación de presión se puede usar para nuclear la bolsa de gas y / o expandir una bolsa de gas ya nucleada. Debido a que la onda estacionaria o la variación de presión tendrá, en general, una frecuencia, la misma se puede elegir para cavitación de tal modo que las mismas se forman y se colapsan con una frecuencia lo bastante grande para proporcionar una producción de energía neta significativa a partir de la acumulación de la totalidad de las reacciones individuales. En algunas realizaciones, el medio no gaseoso, o su recipiente, comprende un resonador, por ejemplo, puesto en coincidencia con la frecuencia de la onda estacionaria o la variación de presión. Al igual que en lo que antecede, preferiblemente la frecuencia de la onda estacionaria o la variación de presión es más grande que 10 Hz,

por ejemplo, más grande que 100 Hz, por ejemplo, más grande que 1 kHz, por ejemplo, más grande que 10 kHz, por ejemplo, 20 kHz. Tal como se apreciará, en el conjunto de realizaciones en las que la bolsa de gas se proporciona de forma repetida dentro del medio no gaseoso, esta frecuencia guarda alguna relación con la frecuencia de la onda estacionaria o la variación de presión. Por ejemplo, estas dos frecuencias podrían ser iguales o una podría ser un múltiplo entero de la otra. Además, la forma de la onda estacionaria o la variación de presión se puede usar para enfocar las variaciones de presión en el medio no gaseoso para permitir que la bolsa de gas se cavite en la posición deseada en relación con la depresión superficial.

Como alternativa, una onda de choque de presión negativa se podría aplicar al medio no gaseoso para inducir la cavitación de la bolsa de gas en el medio no gaseoso, es decir, para nuclear la bolsa de gas, y / o para expandir una bolsa de gas ya nucleada. Esto se podría aplicar por cualquier medio adecuado para el medio no gaseoso, por ejemplo, usando un accionador piezoeléctrico, un dispositivo de litotricia de onda de choque o un generador de ondas planas explosivo, dependiendo de la magnitud de la presión deseada. La onda de presión negativa también se podría crear mediante la inversión de una onda de presión positiva usando un reflector de baja impedancia acústica. Esto también podría enfocar la onda, potenciando su magnitud.

Para ambos de estos métodos, es decir, la aplicación de una onda estacionaria, una variación de presión o una onda de presión negativa al medio no gaseoso, no es necesario que se usen los mismos para inducir directamente la cavitación de la bolsa de gas. En un conjunto de realizaciones, la bolsa de gas se nuclea dentro del medio no gaseoso y una onda estacionaria, una variación de presión o una onda de presión negativa se aplica al medio no gaseoso. Por ejemplo, si se usa una onda estacionaria o una variación de presión, la bolsa de gas se podría nuclear o suministrar en un punto particular sobre la onda estacionaria o el ciclo de la variación de presión, por ejemplo, la parte de gradiente negativo del ciclo, de tal modo que la siguiente parte del ciclo, por ejemplo, la parte negativa del ciclo, se usa para expandir la bolsa de gas. De esta forma, la nucleación se usa como un mecanismo desencadenante para producir la bolsa de gas y la onda de presión se usa para ayudar a que la misma crezca hasta la bolsa de gas. Esto posibilita que se ejerza un control tanto sobre la ubicación como sobre el tamaño de la bolsa de gas.

Se apreciará que, en las realizaciones en las que una bolsa de gas se nuclea en un punto particular en el ciclo de una onda estacionaria, una variación de presión y / o una onda de choque se aplica al medio no gaseoso para desencadenar el colapso de la bolsa de gas, es necesario que las temporizaciones de estos eventos sean precisas para que se coordinen las mismas, en particular cuando el sistema está siendo operado a una tasa de repetición elevada. Por lo tanto, en un conjunto de realizaciones, el aparato comprende unos medios de control para coordinar la nucleación de la bolsa de gas con la aplicación de la onda estacionaria, la variación de presión y / o la onda de choque, en donde se proporcione. Esto, por ejemplo, permite que la bolsa de gas se nuclee en el punto óptimo en la onda estacionaria o el ciclo de la variación de presión de tal modo que la misma se pueda expandir a un volumen tan grande como sea posible y, a continuación, colapsarse por la presión estática aplicada y / o la onda de choque cuando esta alcanza su volumen máximo. Cuanto más grande es capaz de hacerse la bolsa de gas en el medio no gaseoso, más energía potencial gana el mismo, dando como resultado, por lo tanto, que se pueda aprovechar más energía en su colapso, es decir, una velocidad de chorro aumentada, conduciendo a que se obtengan unas temperaturas y presiones más grandes en el volumen comprimido de gas que se atrapa entre el chorro y la superficie.

En otro conjunto de realizaciones, la bolsa de gas se forma con el uso de una membrana premanufacturada que define la frontera entre la bolsa de gas y el medio no gaseoso y, por lo tanto, también define la forma de la bolsa de gas. El uso de una membrana delgada de esta manera permite un desacoplamiento de los materiales líquidos y gaseosos, permitiendo que se realice cualquier elección de combinación de composiciones. Esto también permite que la forma y el volumen de la bolsa de gas se controlen con una precisión no disponible a otros métodos. La membrana se podría formar a partir de cualquier material adecuado, por ejemplo, vidrio, por ejemplo, plástico, por ejemplo, caucho. Tener una membrana prefabricada permite que un medio líquido se use con más facilidad debido a que la bolsa de gas se atrapa contra la superficie y, por lo tanto, no puede alejarse flotando o verse perturbado de otro modo. En un conjunto particular de realizaciones, la membrana es frágil y está dispuesta para romperse tras alcanzarse una cierta presión dentro del medio no gaseoso, o bien por la presión estática o bien por una onda de choque aplicada, de tal modo que la misma no tiene influencia alguna sobre la dinámica resultante.

En un conjunto de realizaciones, la membrana prefabricada incluye una línea o región de debilidad, de tal modo que al alcanzarse la presión crítica, la misma se rompe a lo largo de la línea o en la región de debilidad. La línea o región de debilidad se puede disponer de tal modo que la posición de la fractura tiene una influencia sobre los patrones de flujo consiguientes, por ejemplo esto podría ayudar a controlar la formación y la dinámica de la formación de chorros transversales. En otro conjunto de realizaciones, la membrana se diseña para deformarse con la bolsa de gas que colapsa.

Cuando se usa una membrana para definir la bolsa de gas, en el conjunto de realizaciones en las que una bolsa de gas se proporciona de forma repetida dentro del medio no gaseoso, esto permite que la bolsa de gas, o múltiples bolsas de gas en donde se proporcionen, se inserten con facilidad en el medio no gaseoso una vez que se ha colapsado la bolsa de gas previa. Se podrían proporcionar múltiples bolsas de gas sobre una única membrana que,

entonces, se hace avanzar a través del medio no gaseoso, por ejemplo, se exponen de una vez una o más bolsas de gas a la presión estática con el fin de colapsar las mismas. Este conjunto de realizaciones funciona particularmente bien con el conjunto de realizaciones en las que una onda estacionaria o una variación de presión se aplica al medio no gaseoso. Por ejemplo, la membrana previamente rota se puede extraer de, y la siguiente membrana con una nueva bolsa de gas se puede introducir en, el medio no gaseoso durante una parte baja del ciclo de la onda estacionaria o la variación de presión de tal modo que la presión se encuentra por debajo de la presión crítica para romper la membrana. Una vez que la nueva bolsa de gas se encuentra en su lugar, la presión puede aumentar con el fin de romper la membrana y colapsar la bolsa de gas. Por lo tanto, la sustitución de la membrana se puede coordinar con las variaciones en la onda estacionaria o la variación de presión, por ejemplo, mediante los medios de control tal como se ha analizado en lo que antecede. De forma similar, la frecuencia a la cual la membrana se proporciona de forma repetida dentro del medio no gaseoso guarda alguna relación con la frecuencia de la onda estacionaria o la variación de presión. Por ejemplo, estas dos frecuencias podrían ser iguales o una podría ser un múltiplo entero de la otra.

En un conjunto de realizaciones, se calientan el medio no gaseoso y/o la bolsa de gas. La elevación de la temperatura ambiente puede ayudar a suministrar más energía al colapso de la bolsa de gas, aumentando adicionalmente las temperaturas y presiones de pico que se obtienen. Esto se podría conseguir mediante el calentamiento de la totalidad del volumen del medio no gaseoso y/o el calentamiento del gas que se introduce en el medio no gaseoso.

La forma de la superficie en la depresión opuesta a dónde se colapsa la bolsa de gas podría ser plana, de tal modo que el chorro entra en contacto con la superficie en una región plana. En un conjunto preferido de realizaciones, no obstante, la depresión superficial y la bolsa de gas se disponen de tal modo que la región de contacto inicial entre el chorro y la superficie es una curva que forma un lazo cerrado - por ejemplo, un anillo. Esto hace más sencillo atrapar una porción de la bolsa de gas entre la punta del chorro y el borde de la depresión. Para conseguir esto, una sección de la superficie tiene una curvatura más grande que la de la punta del chorro y esta parte de la superficie se coloca de tal modo que el chorro impacta en la misma. Tras el impacto, se genera una onda de choque toroidal cuyo borde interior se propaga hacia la base de la depresión y hacia la porción atrapada de gas. La combinación de esto con el efecto de 'émbolo' del gas de detener el movimiento del chorro que impacta produce un calentamiento extremadamente fuerte del gas atrapado. Por ejemplo, para una presión estática dada, las temperaturas de pico se pueden aumentar en más de un orden de magnitud por medio de estas disposiciones en comparación con una bolsa de gas en contacto con una superficie plana.

La depresión podría adoptar un número de formas. En un conjunto de realizaciones, la sección transversal de la misma decrece lejos de la boca. La depresión se podría asemejar a un plato - por ejemplo, que es continuamente curvado. No obstante, no es necesario que la superficie sea continuamente curvada. En un conjunto de realizaciones, la superficie se asemeja más íntimamente a una fisura más que una forma de plato. Esto se podría definir al exponer que la profundidad es más grande que la anchura o por la presencia de una región de curvatura en la punta de la fisura más grande que la curvatura (o curvatura máxima) de la porción de la bolsa de gas que se recibe en la misma. En un conjunto de realizaciones, la superficie comprende una pluralidad de porciones discretas, por ejemplo, con una discontinuidad de gradiente entre las mismas. Las propias porciones podrían ser elipses parciales, parábolas parciales, y así sucesivamente, pero igualmente podrían ser rectas. Un conjunto particular de realizaciones de superficies hechas a partir de porciones discretas se podría describir como polinomio por partes.

Al igual que en lo que antecede, la bolsa de gas podría ser pequeña en comparación con las dimensiones de la depresión de tal modo que esta está unida solo a un lado o la misma podría ser de un tamaño similar con el fin de cerrar la misma o, de hecho, la bolsa de gas podría tener un volumen más grande que el de la depresión. No es esencial que haya solo una depresión que recibe en parte la bolsa de gas; una bolsa de gas se podría extender a través de, y ser recibida al menos parcialmente por, una pluralidad de depresiones, tal como se analiza en lo sucesivo.

En un conjunto particular de realizaciones, el chorro de alta velocidad está dispuesto para golpear un área de superficie que se ha preparado con una rugosidad o forma microscópica particular de tal modo que muchas porciones pequeñas de la bolsa de gas se atrapan entre la punta del chorro y la superficie, es decir, las muchas pequeñas depresiones son pequeñas en comparación con el tamaño de la punta del chorro transversal.

Además, en el conjunto de realizaciones en las que una onda de choque se aplica adicionalmente al medio no gaseoso, la geometría de la superficie se puede usar para controlar las reflexiones de la onda de choque incidente antes de que alcance la bolsa de gas, de tal manera que el colapso de la bolsa de gas se intensifica, por ejemplo de tal manera que la onda de choque inicialmente incidente se ajusta más a la superficie de la bolsa de gas. Existen muchas formas y configuraciones que podría adoptar la superficie para proporcionar unas regiones adecuadas para que la bolsa de gas entre en contacto con la superficie en las proximidades de una depresión. La configuración de la superficie determinará la manera en la que la onda de choque interactúa con la misma y la forma de la superficie en relación con la colocación, y la forma de la bolsa de gas determinará la manera en la que la onda de choque interactúa con la bolsa de gas, lo que se podría realizar antes de, de forma simultánea con o después de que interactúe con la superficie. Esto, a su vez, afecta a la dinámica del colapso y, por lo tanto, puede incrementar las

temperaturas y las densidades que se pueden conseguir a través de la compresión del gas que se logra mediante la presión estática y es aumentada por la onda de choque. Más detalles acerca de la forma de las superficies que son adecuadas para enfocar una onda de choque sobre una bolsa de gas se analizan en el documento WO 2011/138622.

5 La superficie con al que entra en contacto la bolsa de gas no está limitada a tener una única depresión (por ejemplo, para aprovechar el fenómeno de formación de chorros que se ha descrito en lo que antecede) y, por lo tanto, en un conjunto de realizaciones, la superficie comprende una pluralidad de depresiones. Cada depresión individual se puede conformar para estimular el enfoque de energía al dar lugar a que se formen múltiples chorros o al dar lugar a que la onda de choque, en donde se proporcione, converja sobre una o más bolsas de gas. Es decir, la superficie se puede preparar con más de un sitio en el que una bolsa de gas se encuentra en contacto con una depresión, proporcionando de este modo una capacidad de ajuste a escala infinita. Una ventaja del empleo de una pluralidad de depresiones es que se puede aprovechar una proporción más grande de la energía almacenada por la presión estática (y que opcionalmente se aumenta mediante la aplicación de una onda de choque). Por ejemplo, una bolsa de gas grande se podría extender a través de una pluralidad de depresiones, o unos volúmenes de gas individuales más pequeños se podrían situar dentro de cada depresión individual. Para el primer caso, dependiendo del número de tales depresiones, el tamaño de una depresión individual será significativamente más pequeño que el tamaño de la bolsa de gas. Para un volumen más grande del medio no gaseoso capaz de dar cabida a un gran número de depresiones, esto apunta hacia la simplicidad de fabricación para un aparato de fusión de producción de energía.

20 Tales pluralidades de depresiones se podrían formar en un número de formas. Por ejemplo, una superficie sólida se podría perforar o maquinarse de otro modo para producir depresiones o picaduras. En un conjunto de realizaciones, no obstante, las depresiones son creadas por la textura superficial de la superficie. Por ejemplo, la superficie se podría tratar con un chorro de material abrasivo, someterse a ataque químico o tratarse de otro modo para dar un grado deseado de rugosidad superficial que proporciona, al nivel microscópico, un gran número de picaduras o depresiones.

30 La superficie se podría construir a partir de un material sólido, según se implica en muchas de las realizaciones que se han bosquejado en lo que antecede, por ejemplo, un metal, plástico rígido o cerámica, pero la misma podría, igualmente bien, ser un líquido, por ejemplo, un líquido más pesado que el medio no gaseoso tal como un metal líquido. En el caso de un sólido, podría ser adecuado cualquiera de los materiales propuestos en el documento US 7.445.319. En el caso de un líquido, la forma superficial requerida se podría conseguir en un número de formas. Por ejemplo, la superficie de un volumen de líquido se podría excitar con una vibración adecuada (por ejemplo, usando ultrasonidos u otro método) para generar una onda que tiene la forma deseada. Como alternativa, la forma deseada se podría conseguir a través del ángulo de contacto entre un líquido y una superficie sólida con unas propiedades de humectación que se han puesto en coincidencia de forma apropiada. Por supuesto, este último ejemplo muestra que la superficie podría comprender una combinación de sólido y líquido. En donde la superficie comprenda un líquido, el mismo será, en general, más denso que el medio no gaseoso.

40 La superficie podría comprender parte de la pared del recipiente que contiene el medio no gaseoso. Como alternativa, o adicionalmente, si se proporciona una pluralidad de bolsas de gas y depresiones en la superficie, la superficie se podría proporcionar mediante una pieza de material que se ubica dentro del medio no gaseoso, por ejemplo, suspendida o dispuesta de otro modo. Al ubicar el material que proporciona la superficie dentro del medio no gaseoso, por ejemplo, lejos de las paredes del recipiente que contiene el medio no gaseoso, se pueden proporcionar bolsas de gas sobre múltiples superficies del material.

50 Los aspectos de la invención que se describe en el presente documento proporcionan alternativas a la técnica que se describe en los documentos WO 2011/138622 y US 7.445.319 que podrían transmitir sus propios beneficios. Los inventores de la presente invención han reconocido que existen desafíos significativos en la complejidad y el coste de un generador de ondas de choque de alta presión tal como se sugiere en el documento WO 2011/138622, y en la nucleación de una burbuja en una gotita disparada a una alta velocidad hacia un objetivo, tal como se sugiere en el documento US 7.445.319. La temporización tendrá que ser muy precisa para que la burbuja se encuentre en un momento favorable de su ciclo de expansión - colapso cuando golpee la onda de choque, en ambos de estos métodos. El método mediante el cual se crean las gotitas a alta velocidad tal como es requerido por el documento US 7.445.319 y se detalla en el documento US 7.380.918 también es complejo y costoso. Por el contrario, esta complejidad y el gasto asociado se pueden evitar de acuerdo con al menos algunas realizaciones preferidas de la presente invención. Por lo tanto, los distintos aspectos de la presente invención proporcionan técnicas mucho más simples para la compresión de un volumen de gas atrapado en una bolsa de gas, debido a que simplemente es necesario que se aplique una elevada presión estática al medio no gaseoso en el que se forma la bolsa de gas. Además, el modelado teórico e informático de ambas técnicas llevado a cabo por los inventores de la presente invención sugiere que el método de acuerdo con la presente invención puede proporcionar unas intensidades de presión y de temperatura que son de un orden de magnitud más grande que el método que se detalla en el documento US 7.445.319.

65 La expresión "gas", tal como se usa en el presente documento, se ha de entender de una forma genérica y, por lo tanto, no como limitada a los gases puros atómicos o moleculares sino incluyendo también vapores, suspensiones o

microsuspensiones de líquidos o sólidos en un gas o cualquier mezcla de estos. La expresión "medio no gaseoso" se ha de entender de una forma genérica y, por lo tanto, podría incluir líquidos, líquidos no Newtonianos, geles semisólidos, materiales que son ostensiblemente sólidos hasta que el paso de la onda de choque cambia sus propiedades, suspensiones o microsuspensiones y coloides. Los ejemplos incluyen, pero sin limitarse a, agua, aceites, disolventes tales como acetona, hidrogeles y organogeles. Se debería entender que el líquido tendrá una densidad más grande que el gas en la bolsa.

El medio no gaseoso podría ser cualquier sustancia adecuada para la aplicación de una presión estática a la misma, tal como un líquido o un gel semisólido. La bolsa de gas puede ser proporcionada entonces por una burbuja suspendida dentro del líquido o medio de gel en la ubicación requerida, es decir, en contacto con la superficie. El uso de un gel o un líquido viscoso presenta la ventaja de que es más fácil de controlar la ubicación de la burbuja dentro del medio, en comparación con un líquido de viscosidad más baja en la cual la flotabilidad de la bolsa de gas podría superar la viscosidad del líquido. Debido a que la bolsa de gas se encuentra en contacto con la superficie, la naturaleza de la superficie, por ejemplo, el material, y la depresión o depresiones en el mismo, podría ayudar a adherir la burbuja a la superficie. El uso de un gel o líquido viscoso también presenta la ventaja de que será más fácil controlar la forma detallada de la burbuja.

Debido a la naturaleza más estática de la configuración del dispositivo en comparación con el del documento US 7.445.319, se puede ejercer un control mucho mayor con respecto a la forma de la bolsa de gas. La bolsa de gas podría ser de una forma esférica lejos de donde la misma es truncada por su acoplamiento con la superficie, por ejemplo esta podría ser semiesférica. En algunas realizaciones, la bolsa de gas se encuentra en contacto con la superficie en perpendicular con respecto a la misma mientras que, en otras, se requiere un ángulo diferente. En un súper conjunto de estas realizaciones, la propia bolsa de gas no es esférica por naturaleza sino que esta adopta una forma diferente que incluye, pero sin limitarse a, elipsoides, cardiodes, variaciones de una forma esférica, de cardiode y de elipsoide en las que la superficie presenta unas perturbaciones que se podrían describir, por ejemplo, por medio de una serie de Fourier y bolsas de gas con otras formas distintas tales como conos o trapezoides. Será evidente que, por ejemplo, sería difícil conseguir una bolsa de gas cónica en un verdadero medio líquido pero que, en el caso de un medio de gel, este conjunto de realizaciones se vuelve posible y podría ser ventajoso. En un conjunto de tales realizaciones, la forma de la bolsa de gas y la forma de la superficie se pueden hacer coincidir correspondientemente de una forma adecuada, por ejemplo, si la depresión es semiesférica, la bolsa de gas puede ser esférica.

En un conjunto preferido de realizaciones, los métodos que se describen en el presente documento se emplean para generar reacciones de fusión nuclear. El combustible para la reacción se podría proporcionar mediante el gas en la bolsa, el medio no gaseoso, o el combustible podría ser proporcionado por la propia superficie. En el conjunto de realizaciones en las que la bolsa de gas se nuclea dentro del medio no gaseoso, el combustible se podría encontrar presente inicialmente en el medio no gaseoso y, a continuación, vaporizarse por medio de la nucleación para crear la bolsa de gas que contiene el combustible. Cualquiera de los combustibles que se mencionan en el documento US 7.445.319 es adecuado para su uso en la presente invención.

La divulgación se extiende a un método de producción de una fusión nuclear, que comprende:

proporcionar un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de gas, en el que la bolsa de gas se encuentra en contacto con una superficie que comprende una depresión que está conformada con el fin de recibir, al menos parcialmente, la bolsa de gas; y

aplicar una presión estática al medio no gaseoso, en el que la presión estática tiene un valor promedio más grande que la presión atmosférica de tal modo que la bolsa de gas se colapsa para formar un chorro transversal, y en el que la depresión superficial está dispuesta para recibir el impacto de chorro transversal de tal modo que al menos algo de bolsa de gas se atrapa entre el chorro que impacta y la depresión superficial.

La divulgación también se extiende a un reactor de fusión nuclear, que comprende:

un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de gas, en el que la bolsa de gas se encuentra en contacto con una superficie que comprende una depresión que está conformada con el fin de recibir, al menos parcialmente, la bolsa de gas; y

unos medios para aplicar una presión estática al medio no gaseoso, en el que la presión estática tiene un valor promedio más grande que la presión atmosférica de tal modo que la bolsa de gas se colapsa para formar un chorro transversal, y en el que la depresión superficial está dispuesta para recibir el impacto de chorro transversal de tal modo que al menos algo de bolsa de gas se atrapa entre el chorro que impacta y la depresión superficial.

El dispositivo no está tan restringido, en lo que respecta al tamaño, como en el documento US 7.445.319 en el que el tamaño de la gotita restringe el tamaño máximo de la bolsa de gas. Podría ser ventajoso tener un aparato más grande en el que se calienta un volumen de gas más grande. El volumen de gas en cada bolsa se podría elegir dependiendo de las circunstancias, pero en un conjunto de realizaciones preferidas este se encuentra entre 5×10^{-11} y 5×10^{-3} litros.

Las reacciones de fusión que se pueden obtener de acuerdo con determinadas realizaciones se podrían usar para la producción de energía neta (el fin de la investigación a largo plazo en este campo), pero los inventores de la

presente invención han apreciado que, incluso si la eficiencia de la fusión se encuentra por debajo de la requerida para la producción de energía neta, la fusión fiable que se puede obtener de acuerdo con las realizaciones es ventajosa, por ejemplo, en la producción de tritio que se puede usar como combustible en otros proyectos de fusión y es muy costoso de producir usando las tecnologías existentes en la actualidad. La fusión también puede ser beneficiosa debido a que proporciona una fuente rápida y segura de neutrones que tiene muchas posibles aplicaciones que serán evidentes a los expertos en la materia.

Además, en absoluto es esencial la producción de la fusión. Por ejemplo, en algunas realizaciones, las técnicas y aparatos de la presente invención se podrían emplear de forma ventajosa como un reactor de tipo sonoquímico que se puede usar para acceder a condiciones extremas e inusuales.

Determinadas realizaciones de la invención se describirán a continuación, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las figuras 1a, 1b, 1c y 1d muestran cuatro fases sucesivas de la nucleación y el colapso de una bolsa de gas de acuerdo con una realización de la invención;

las figuras 2a y 2b muestran dos fases sucesivas de la nucleación y el crecimiento de una bolsa de gas de acuerdo con una realización alternativa de la invención;

la figura 3 muestra un método de nucleación de una bolsa de gas de acuerdo con una realización de la invención; y

las figuras 4a y 4b muestran unas realizaciones alternativas de la geometría de la depresión superficial.

Las figuras 1a, 1b, 1c y 1d muestran cuatro fases sucesivas de la nucleación (la figura 1a), el crecimiento (la figura 1b) y los colapsos (las figuras 1c y 1d) de una bolsa de gas 2 de acuerdo con la invención. El aparato comprende una superficie sólida 4, por ejemplo hecha a partir de acero de alta resistencia, que se coloca en el interior de un medio no gaseoso 6 en forma de hidrogel, por ejemplo una mezcla de agua y gelatina. El medio no gaseoso 6 también contiene nanopartículas adecuadas para ayudar a la nucleación de una bolsa de gas 2 dentro del medio no gaseoso 6, y un combustible adecuado para tomar parte, por ejemplo, en una reacción de fusión nuclear.

En la superficie 4 se define una depresión cóncava 8, que adopta, en las figuras 1a - 1d, la forma de una depresión de sección transversal decreciente en forma de V 4 que se podría maquinar o formar como resultado de una fisura que aparece de forma natural en la superficie 4. A pesar de que no se muestra, el medio no gaseoso 6 está contenido dentro de un recipiente, por ejemplo, un recipiente de presión, lo que posibilita que se aplique una presión estática al medio no gaseoso 6. El tamaño del aparato es flexible pero una dimensión típica de ese diagrama podría ser de entre 0,1 y 1 x 10⁻⁵ m.

Durante el funcionamiento, una presión estática se aplica al medio no gaseoso 6, por ejemplo una presión estática de 1 kbar. Usando un láser (que no se muestra), una bolsa de gas 2 se nuclea dentro del medio no gaseoso 6, con la ayuda de la presencia de nanopartículas, tal como se muestra en la figura 1a. Debido a la energía que es suministrada por el láser, esta bolsa de gas 2 contiene una forma vaporizada del medio no gaseoso 6 que, por lo tanto, incluye un combustible vaporoso adecuado para tomar parte en una reacción de fusión nuclear.

La energía que es suministrada por el láser también da lugar a que la bolsa de gas 2 se expanda contra la presión estática del medio no gaseoso 6, es decir, la energía procedente del láser se convierte en energía potencial almacenada en la bolsa de gas 2 expandida tal como se muestra en la figura 1 b. La bolsa de gas 2 se expande de tal modo que la misma entra en contacto con la superficie 4, llenando de este modo la depresión 8 y desplazando el medio no gaseoso 6 que se encontraba previamente entre la bolsa de gas 2 y la superficie 4, es decir, tal como se muestra en la figura 1a. El volumen máximo al que se expande la bolsa de gas 2 viene indicado por la energía que es suministrada por el láser y la presión estática del medio no gaseoso 6 y, en la presente realización, es mucho más grande que el volumen de la depresión superficial 8, antes de que la misma se colapse tal como se muestra en la figura 1c.

Debido a la presión estática elevada del medio no gaseoso 6, la bolsa de gas 2 es inestable y se colapsa. No obstante, debido a la presencia de la superficie 4 con la que se encuentra en contacto la bolsa de gas 2, esto rompe la simetría del sistema y da lugar a que la bolsa de gas 2 se colapse mediante la formación de un chorro transversal 10 del medio no gaseoso 6 que fluye al interior de la bolsa de gas 2 expandida y atraviesa la bolsa de gas 2. El chorro transversal 10 acelera a través de la bolsa de gas 2 hasta que el mismo impacta en la depresión superficial 8, atrapando un volumen 12 de la bolsa de gas 2 entre la punta del chorro 10 y la depresión de sección transversal decreciente 8 en la superficie 4. La compresión del combustible gaseoso en el interior del volumen atrapado da lugar a un intenso calentamiento local que puede ser suficiente para generar una reacción de fusión nuclear.

Las figuras 2a y 2b muestran una variante de la realización que se muestra en las figuras 1a - 1d, en la que la bolsa de gas 102 se nuclea dentro de una depresión de sección transversal decreciente en forma de V 108 en una superficie 104. En la presente realización, el volumen de la depresión 108 es mucho más grande que el volumen de la bolsa de gas 102, incluso cuando la bolsa de gas 102 se expande a su volumen máximo tal como se muestra en la figura 2b. El funcionamiento de la realización que se muestra en las figuras 2a y 2b es muy similar a la de la realización que se muestra en las figuras 1a - 1d. En primer lugar, el volumen de gas 102 se nuclea dentro del medio no gaseoso 106 tal como se muestra en la figura 2a de tal modo que, a continuación, el volumen del mismo se

5 expande para entrar en contacto con la superficie 104 y desplaza el medio no gaseoso 106 en la parte de debajo de la depresión 108. Una vez que la bolsa de gas 102 se ha expandido hasta su volumen máximo, tal como se muestra en la figura 2b, la misma se colapsa entonces de la misma forma que se describe para las figuras 1c y 1d, atrapando y comprimiendo de este modo una porción de la bolsa de gas 102 entre el chorro transversal y la depresión de sección transversal decreciente 108, creando un intenso calentamiento local.

10 La figura 3 muestra una realización alternativa en la que la bolsa de gas 202 se nuclea dentro del medio no gaseoso 206 usando un método diferente. En la presente realización, se proporcionan un par de electrodos 214 que sobresalen de la parte de arriba de la depresión 208 en la superficie 204. Durante el funcionamiento, un pulso de voltaje se aplica a los electrodos 214 que crea una chispa eléctrica entre los electrodos 214. Esto proporciona la energía para nuclear la bolsa de gas 202 que, a continuación, se expande para entrar en contacto con la superficie 204 y se colapsa de la misma forma que se ha descrito para las realizaciones previas. A pesar de que, por simplicidad, en la presente realización se muestra la misma forma de depresión que se muestra en las figuras 1a - 1d, se podría proporcionar cualquier tipo de depresión y los electrodos se podrían colocar en una posición para nuclear una bolsa de gas en la ubicación deseada.

15 Las figuras 4a y 4b muestran unas realizaciones alternativas en las que la depresión superficial tiene una geometría diferente de la que se muestra en las figuras previas. En la figura 4a, la superficie 304 comprende una depresión cóncava suavemente curvada 308, en la parte de debajo de la cual se ubica la bolsa de gas 302 dentro del medio no gaseoso 306. En la figura 4b, la depresión 408 es un trapecio en la superficie 404, con la bolsa de gas 402 cubriendo más de la totalidad de la depresión 408. Además, la depresión 408 comprende múltiples depresiones más pequeñas 416 en la parte de debajo de la depresión 408, más grande. Estas dos realizaciones operan de la misma forma que se ha descrito para las realizaciones previas, aparte de en la figura 4b, el chorro que se forma atraparé múltiples porciones de la bolsa de gas 402 en las múltiples depresiones más pequeñas 416, dando lugar a que múltiples volúmenes de gas sean comprimidos y se calienten de forma local.

20 A pesar de que se han dado unos ejemplos específicos, se apreciará que existe un gran número de parámetros que influyen en los resultados que se logran en la práctica, por ejemplo, la densidad del medio de líquido o gel, la presión y la temperatura ambiente, la composición de la bolsa de gas y del medio no gaseoso, la forma de la superficie o de la depresión y la microestructura de la superficie o depresión, la magnitud de la presión estática, y la aplicación de cualquier onda estacionaria, variación de presión y / u onda de choque al medio no gaseoso.

25 En cada una de las realizaciones que se ha descrito en lo que antecede, los diagramas que se muestran son una sección transversal vertical a través de un volumen tridimensional del medio gaseoso y la superficie y, por lo tanto, los mismos ilustran unas realizaciones que presentan una simetría de rotación. No obstante, esto no es esencial para la invención. En particular, la superficie podría comprender unas porciones superficiales discretas en la dirección rotacional o bien en lugar de o bien así como en la sección transversal vertical que se muestra. En este último caso, la superficie sería de múltiples facetas. Cada faceta podría dar lugar a unas ondas de choques separadas pero convergentes.

30 En el modelo numérico del experimento, las técnicas que se describen en el presente documento producen una presión de pico de ~ 200 kbar que es suficiente para dar lugar a unas temperaturas dentro del volumen colapsado de gas de más de 1×10^6 Kelvin, que puede ser suficiente para una reacción de fusión nuclear. En algunos ejemplos no limitantes, los neutrones resultantes se podrían usar en otros procesos, o podrían ser absorbidos por un absorbente de neutrones para la conversión de la energía cinética de los neutrones en energía térmica y, por lo tanto, una generación de energía termodinámica convencional.

REIVINDICACIONES

1. Un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:

5 proporcionar un medio no gaseoso (6; 106; 306; 406) que tiene en el mismo una bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402), en el que la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se encuentra en contacto con una superficie (4; 104; 204; 304; 404) que comprende una depresión (8; 108; 208; 308; 408) que está conformada con el fin de recibir, al menos parcialmente, la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402); y
 10 caracterizado por que el método comprende adicionalmente aplicar una presión estática al medio no gaseoso (6; 106; 306; 406), en el que la presión estática tiene un valor promedio más grande que la presión atmosférica de tal modo que la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se colapsa para formar un chorro transversal (10), y en el que la depresión superficial (8; 108; 208; 308; 408) está dispuesta para recibir el impacto de chorro transversal de tal modo que al menos algo de bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se atrapa entre el chorro (10) que impacta y la depresión superficial (8; 108; 208; 308; 408).

15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la presión estática se aplica a lo largo de una escala de tiempo más grande que 1 ms, por ejemplo, más grande que 1 s, por ejemplo, más grande que 100 s.

20 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el valor promedio de la presión estática es al menos 2 bar, preferiblemente al menos 10 bar, por ejemplo al menos 15 bar, por ejemplo al menos 20 bar, por ejemplo al menos 50 bar, por ejemplo al menos 300 bar, por ejemplo al menos 1 kbar.

25 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, que comprende controlar el nivel de la presión estática para formar un chorro transversal (10) que tiene una velocidad deseada.

5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la presión estática que se aplica al medio no gaseoso (6; 106; 306; 406) se varía con el tiempo.

30 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la variación en la presión estática se proporciona mediante una onda estacionaria de presión o una variación de presión que se aplica al medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

35 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la frecuencia de la onda estacionaria o la variación de presión es más grande que 10 Hz, por ejemplo, más grande que 100 Hz, por ejemplo, más grande que 1 kHz, por ejemplo, más grande que 10 kHz, por ejemplo, 20 kHz.

8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que una onda de presión de descarga única u onda de choque se aplica adicionalmente al medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

40 9. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende proporcionar la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) dentro del medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

45 10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende permitir o dar lugar a que la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se expanda dentro del medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

11. Un método de acuerdo con la reivindicación 9 o 10, que comprende proporcionar de forma repetida una bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) dentro del medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

50 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, que comprende nuclear la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) dentro del medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

55 13. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se forma con el uso de una membrana premanufacturada que define la frontera entre la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) y el medio no gaseoso (6; 106; 306; 406).

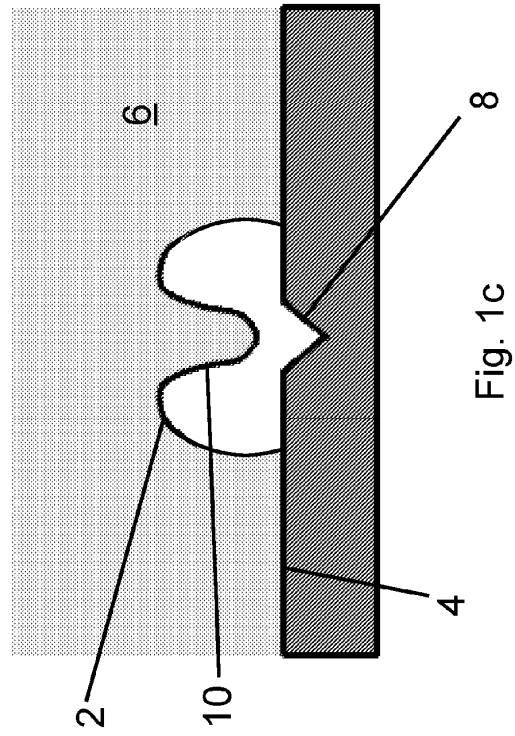
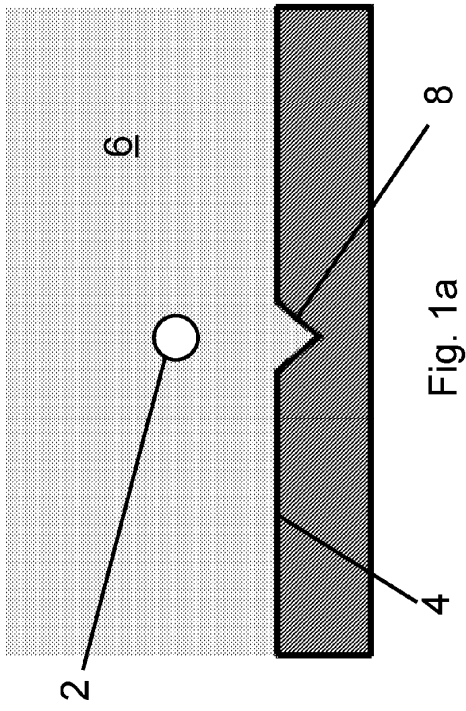
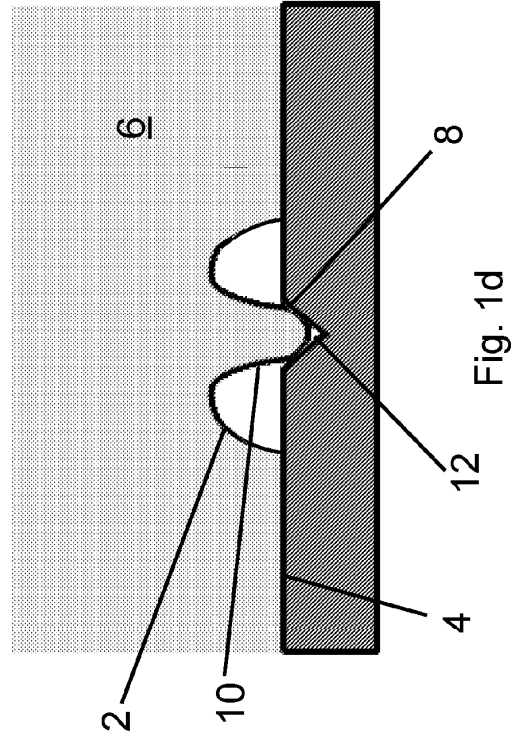
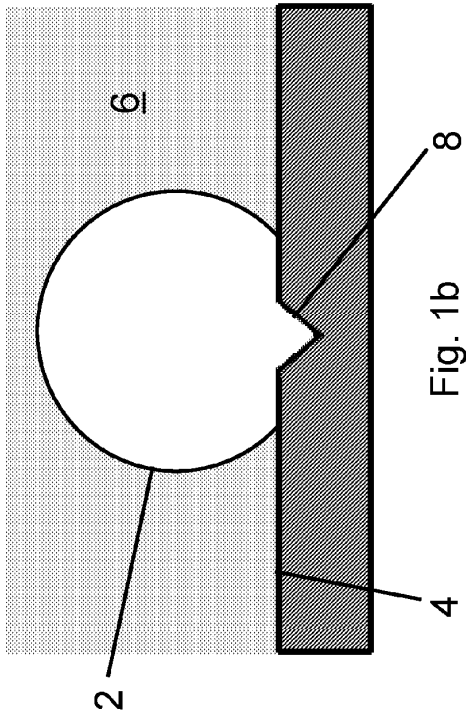
14. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende calentar el medio no gaseoso (6; 106; 306; 406) y / o la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402).

60 15. Un aparato para producir una concentración localizada de energía, que comprende:

un medio no gaseoso (6; 106; 306; 406) que tiene en el mismo una bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402), en el que la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se encuentra en contacto con una superficie (4; 104; 204; 304; 404) que comprende una depresión (8; 108; 208; 308; 408) que está conformada con el fin de recibir, al menos parcialmente, la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402); y
 65 caracterizado por que el aparato comprende adicionalmente unos medios para aplicar una presión estática al medio no gaseoso (6; 106; 306; 406), en el que la presión estática tiene un valor promedio más grande que la presión

atmosférica de tal modo que la bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se colapsa para formar un chorro transversal (10), y en el que la depresión superficial (8; 108; 208; 308; 408) está dispuesta para recibir el impacto de chorro transversal de tal modo que al menos algo de bolsa de gas (2; 102; 202; 302; 402) se atrapa entre el chorro (10) que impacta y la depresión superficial (8; 108; 208; 308; 408).

5



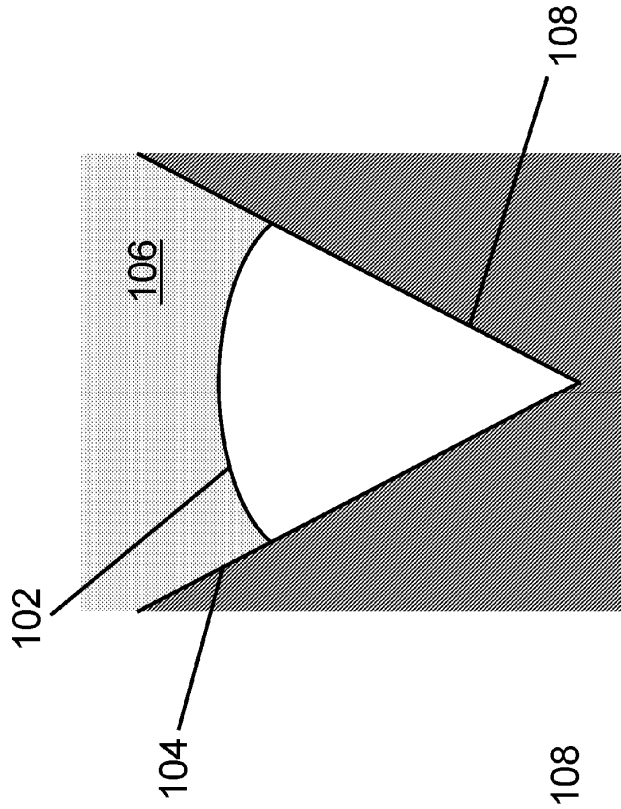


Fig. 2a

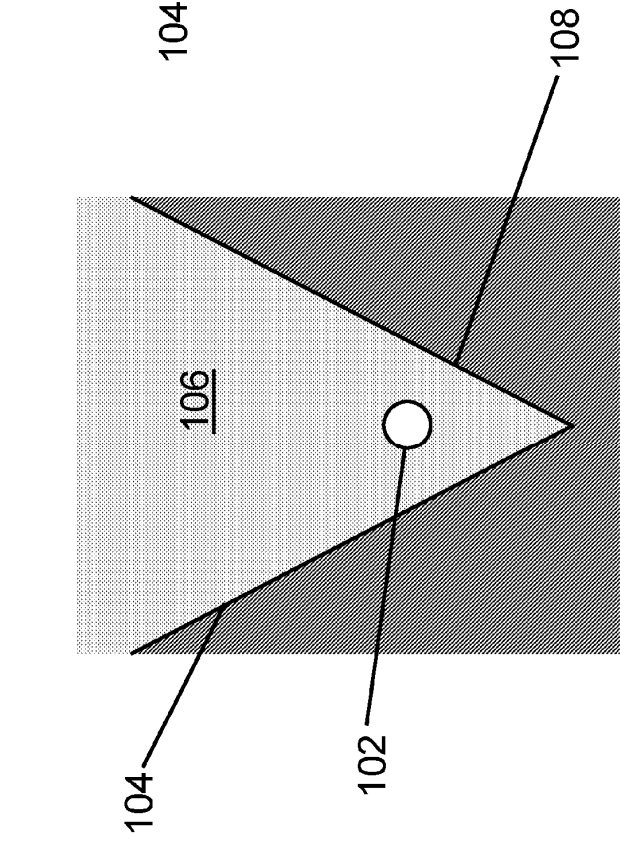


Fig. 2b

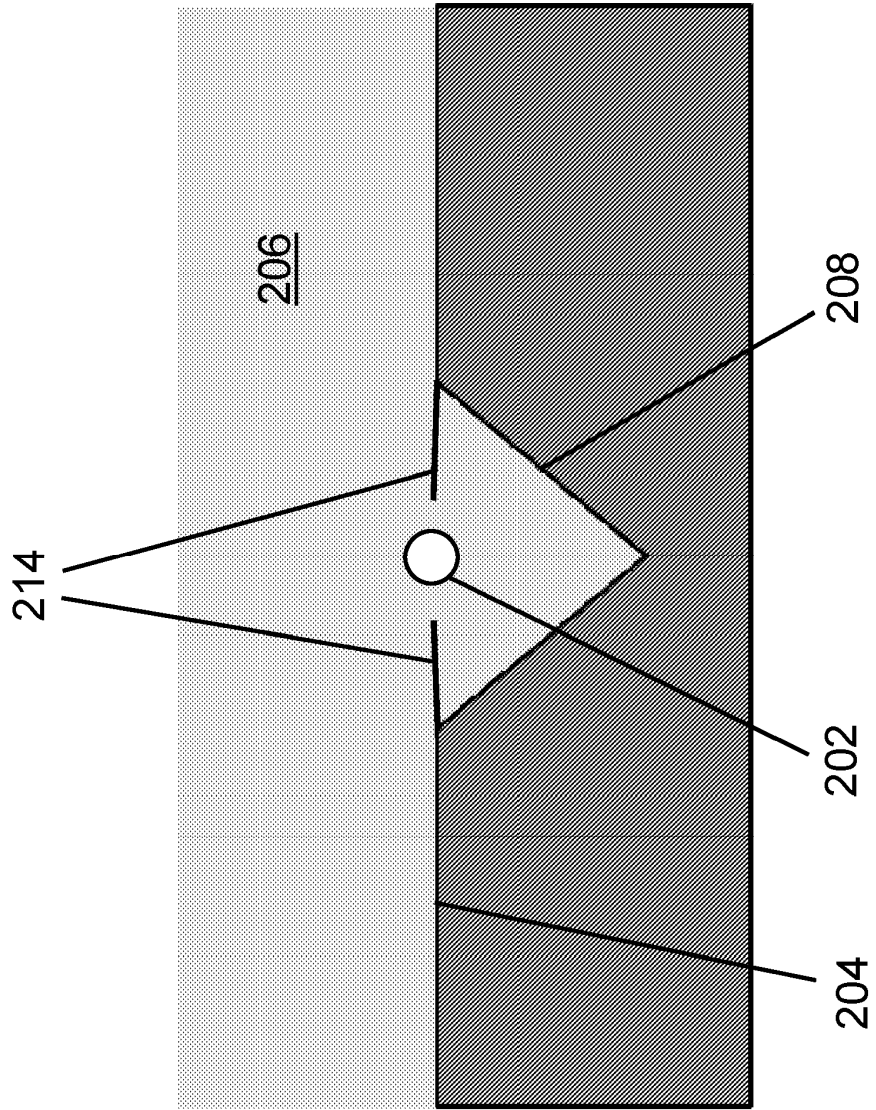


Fig. 3

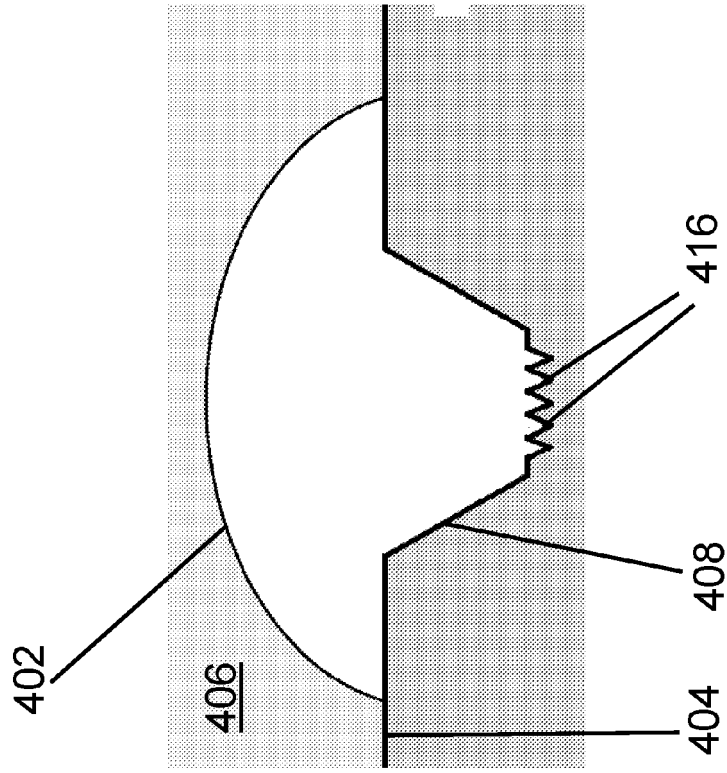


Fig. 4b

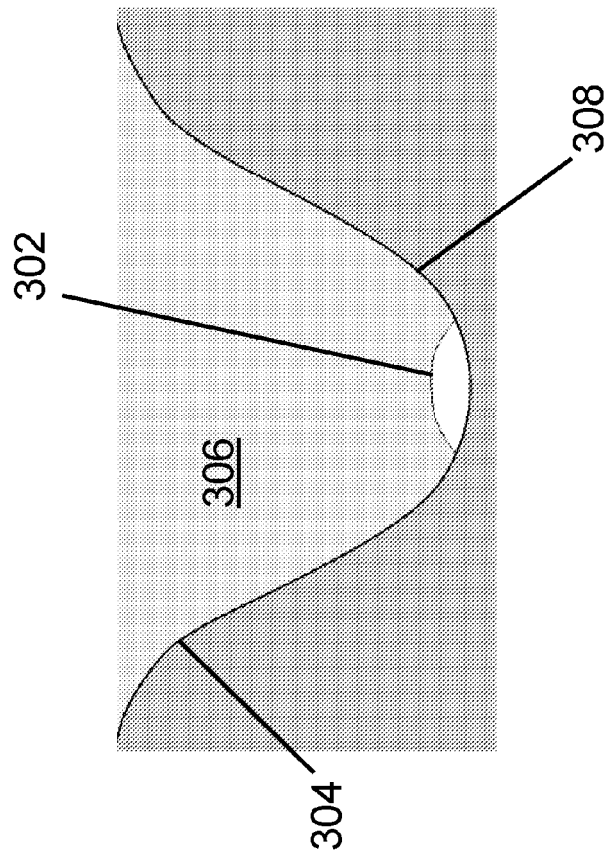


Fig. 4a