

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 736**

51 Int. Cl.:

**G21B 3/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.03.2014 PCT/GB2014/050661**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2014 WO14135880**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.03.2014 E 14714769 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.05.2017 EP 2965322**

54 Título: **Concentración localizada de energía**

30 Prioridad:

**06.03.2013 GB 201304047**

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

**31.07.2017**

73 Titular/es:

**OXFORD UNIVERSITY INNOVATION LIMITED  
(100.0%)**

**Buxton Court 3 West Way Botley  
Oxford OX2 0JB, GB**

72 Inventor/es:

**VENTIKOS, YIANNIS;  
HAWKER, NICHOLAS y  
BETNEY, MATTHEW**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 627 736 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 volúmenes muy pequeños.

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. 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)]. Este es el segundo mecanismo, es decir, el colapso de una burbuja que usa una onda de choque, al que se refiere la invención.

35 Se ha propuesto, en el documento US 7445319, 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 que se han nucleado y, subsiguientemente, se han expandido en el interior de la gotita. Es en el interior de la burbuja colapsada en donde la patente que se ha mencionado en lo que antecede espera que tenga lugar la fusión. El mecanismo de generación de onda de choque mediante el impacto de gotitas a alta velocidad en una superficie ha sido estudiado experimental y numéricamente con anterioridad y está bien documentado (incluyendo el trabajo por parte de uno de los inventores de la presente invención de patente, [Haller, K. K., Ventikos, Y., Poulidakos, D., y Monkewitz, P., *Journal of Applied Physics*, 92 (5), 2821 - 2828 Septiembre (2002)]). La presente invención difiere del documento US 7445319, aun cuando los mecanismos físicos fundamentales son similares, debido a que la misma no usa una gotita a alta velocidad.

45 En el documento WO2011/138622 A1, se ha propuesto la producción de una concentración localizada de energía mediante la propagación de una onda de choque a través de un medio no gaseoso de tal manera que sea incidente sobre una bolsa de gas dentro del medio.

50 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: crear al menos una onda de choque que se propaga a través de un medio no gaseoso de tal modo que, en primer lugar, sea incidente sobre una bolsa de enfoque de fluido dentro del medio; en el que la bolsa de enfoque de fluido está situada en relación con una bolsa objetivo de gas de diferente tamaño dentro del medio, y está dispuesta para proteger la bolsa objetivo de gas de la onda de choque inicial, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido concentra la intensidad de una onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

60 La invención también se extiende a un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende: un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido y una bolsa objetivo de gas de diferente tamaño; un medio para crear al menos una onda de choque que se propaga a través de dicho medio no gaseoso para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque de fluido; en el que la bolsa de enfoque de fluido está situada en relación con la bolsa objetivo de gas dentro del medio, y está dispuesta para proteger la bolsa objetivo de gas de la onda de choque inicial, de tal manera que la incidencia de la

onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido concentra la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

Es conocido por los expertos en la materia que, en general, una interacción entre una onda de choque en un medio no gaseoso y una bolsa de fluido (una "burbuja") de una composición diferente de la de y en ese medio puede generar un chorro transversal de alta velocidad del medio no gaseoso que se mueve a través de la burbuja, impactando sobre la pared de burbuja a sotavento. Este es uno de los mecanismos que dan lugar al bien conocido problema del daño de cavitación de las superficies cuando se generan ondas de choque en presencia de microburbujas formadas en la superficie. No obstante, de acuerdo con la presente invención, los inventores de la presente invención han apreciado que este fenómeno que se presenta en forma natural 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 explicará en lo sucesivo.

El fenómeno de la formación de un chorro durante el colapso de la bolsa de enfoque de fluido conduce a varios mecanismos físicos que dan lugar a un enfoque de energía muy sustancial en la bolsa objetivo de gas. Uno de estos mecanismos es una transferencia simple de la energía cinética del chorro cuando este impacta en el lado a sotavento de la bolsa de enfoque de fluido para crear varios fenómenos de alta velocidad y/o de alta presión, por ejemplo, la creación de una onda de choque que se mueve hacia afuera que puede ser más de diez veces la presión de la onda de choque incidente. Entonces, esta onda de choque más intensa interactúa con la bolsa objetivo de gas, comprimiendo y calentando la misma. Tal como se apreciará, esto permite que se obtengan unas presiones y temperaturas más grandes en la bolsa objetivo de gas que si la onda de choque simplemente fuera incidente sobre la bolsa objetivo de gas sin la presencia de la bolsa de enfoque de fluido.

De acuerdo con la invención, las bolsas de enfoque y objetivo se disponen, mediante la protección de la bolsa objetivo de gas frente a la onda de choque inicial, de tal manera que la onda de choque en el medio es incidente sobre la bolsa de enfoque de fluido antes de ser incidente sobre la bolsa objetivo de gas. Esto permite que la bolsa de enfoque de fluido genere una onda de choque más intensa a partir de la onda de choque inicial que es entonces incidente sobre la bolsa objetivo de gas. En un conjunto de realizaciones, la protección simplemente podría comprender la bolsa de enfoque de fluido en sí misma, es decir, la bolsa de enfoque está dispuesta para proteger, al menos en parte, la bolsa objetivo de gas de la onda de choque en el medio no gaseoso. En una realización a modo de ejemplo, la bolsa objetivo de gas está situada en el lado opuesto de la bolsa de enfoque con respecto a la dirección de incidencia de la onda de choque inicial. A pesar de que los tamaños relativos de las bolsas de enfoque y objetivo no son importantes, se apreciará que esta protección es más efectiva cuando la bolsa de enfoque de fluido es de un tamaño más grande que la bolsa objetivo de gas.

En general, en algunas realizaciones de la invención, el tamaño relativo de las bolsas de enfoque y objetivo no es importante, con la condición de que sean de diferentes tamaños, no obstante en un conjunto de realizaciones, la bolsa de enfoque de fluido es de un tamaño más grande que la bolsa objetivo de gas, es decir, la misma tiene un volumen más grande. Los inventores de la presente invención han observado que esto es ventajoso en la protección de la bolsa objetivo de gas frente a la onda de choque inicial, no obstante en general, también es ventajoso debido a que permite el volumen más grande y, por lo tanto, también generalmente un área protegida más grande, que será presentada a la onda de choque inicial. Esto es capaz de aprovechar la mayor parte de la energía de la onda de choque inicial, la cual se intensifica entonces para que sea incidente sobre la bolsa objetivo de gas, que si la bolsa objetivo de gas fuera del mismo tamaño o más grande que la bolsa de enfoque de fluido.

Preferiblemente, la bolsa de enfoque de fluido tiene un diámetro al menos 1,5 veces el diámetro de la bolsa objetivo de gas, por ejemplo, 2 veces el diámetro, por ejemplo, 3 veces el diámetro, por ejemplo, 5 veces el diámetro. La mención del diámetro de la bolsa de enfoque de fluido y la bolsa objetivo de gas no necesariamente implica que las burbujas son esféricas o, de hecho, circulares en corte transversal. Si una o ambas de la bolsa de enfoque de fluido y de la bolsa objetivo de gas no son esféricas o circulares en corte transversal, el diámetro se refiere a la dimensión equivalente de la forma de bolsa, por ejemplo, el diámetro de la esfera más pequeña que encierra la bolsa.

La invención tiene un número de ventajas, tal como se ha analizado en lo que antecede, que se pueden realizar solo con bolsas únicas de enfoque y objetivo. No obstante, los inventores de la presente invención han ideado un número de diferentes realizaciones en las que se proporcionan múltiples bolsas de enfoque y/u objetivo. En un conjunto de realizaciones, el aparato y el método comprenden una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido. La provisión de una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido incrementa el volumen y el área sobre los cuales la energía de la onda de choque inicial es incidente, permitiendo por lo tanto que una cantidad más grande de la energía de la onda de choque sea aprovechada para intensificar la onda de choque sobre la bolsa objetivo de gas. Además, puede permitir que la energía de múltiples ondas iniciales de choque sea aprovechada y concentrada sobre una o más de las bolsas de gas, tal como se analiza en lo sucesivo.

La pluralidad de bolsas de enfoque de fluido también se puede situar para proteger la bolsa objetivo de gas. Considérese una realización en la cual la bolsa objetivo de gas está situada en el lado opuesto de dos bolsas de enfoque de fluido de la onda de choque incidente, y la bolsa objetivo de gas está centrada entre las dos bolsas de enfoque. A pesar de que existe una separación entre las dos bolsas de enfoque, a través de la cual la bolsa objetivo

puede “ver” la onda de choque incidente, la bolsa objetivo no es golpeada por la onda de choque inicial incidente sobre las dos bolsas de enfoque debido a que la misma está protegida por un mecanismo de rarefacciones reflejadas que rebotan entre las dos bolsas de enfoque. Expuesto de forma alternativa, la forma del canal entre las dos bolsas de enfoque atenúa fuertemente la onda de choque incidente; es el diseño de la región entre las dos  
 5 bolsas de enfoque el que genera el efecto de protección, este no es necesariamente una consecuencia directa de la propia forma o posición de las bolsas. En consecuencia, la bolsa objetivo no es colapsada por la onda de choque inicial, sino por las ondas de choque secundarias, mucho más fuertes, que son generadas por el colapso de las dos  
 10 bolsas de enfoque. La resistencia incrementada estas ondas de choque secundarias, así como el hecho de tener dos conjuntos de ondas de choque que interactúan entre sí, un conjunto a partir de cada bolsa de enfoque, potencia de forma significativa el colapso de la bolsa objetivo de gas, incrementando de ese modo la presión y la temperatura que se generan. Se apreciará que una protección similar de la bolsa objetivo de gas mediante las dos bolsas de enfoque de fluido también se puede conseguir si las dos bolsas de enfoque se unen entre sí, por ejemplo, en una forma de mancuerna tal como se analiza en lo sucesivo.

15 En un conjunto de realizaciones, la pluralidad de bolsas de enfoque de fluido están situadas en relación unas con otras, de tal manera que el centro de una bolsa de enfoque de fluido está separado del centro de su bolsa adyacente de enfoque de fluido por menos de 2 veces el diámetro de la más grande de las dos bolsas de enfoque de fluido adyacentes. Preferiblemente, la separación es menor de 1,5 veces el diámetro de la más grande de las dos bolsas de enfoque de fluido adyacentes, por ejemplo, es menor de 1,2 veces el diámetro. Cuando existen más de dos  
 20 bolsas de enfoque de fluido, la separación de las bolsas de enfoque de fluido se juzga en relación con la bolsa de enfoque de fluido adyacente más cercana, es decir, no es esencial que la totalidad de la pluralidad de las bolsas de enfoque de fluido estén así de cerca.

También se consideran algunas realizaciones con más de dos bolsas enfoque de fluido, por ejemplo una agrupación  
 25 de bolsas de enfoque de fluido. La totalidad de las mismas se pueden disponer para proteger la bolsa objetivo de gas, tal como se ha analizado para dos bolsas de enfoque, y/o se pueden usar simplemente para proporcionar múltiples ondas de choque que permitan que una cantidad más grande de la energía de la onda de choque sea aprovechada para intensificar la onda de choque sobre la bolsa objetivo de gas. La pluralidad de bolsas de enfoque de fluido (incluyendo el caso con dos bolsas de enfoque), por ejemplo, en una agrupación, se pueden disponer en  
 30 relación con la bolsa objetivo de gas, de tal manera que las ondas de choque resultantes, a partir de su colapso después de que la onda de choque inicial es incidente sobre las mismas, son incidentes de forma simultánea sobre la bolsa objetivo de gas. Esta disposición aumenta al máximo la intensidad de la onda de choque de cobertura global incidente sobre la bolsa objetivo de gas, aumentando de este modo al máximo la presión y la temperatura del volumen comprimido de gas. Como alternativa, la pluralidad de bolsas de enfoque de fluido se pueden disponer en  
 35 relación con la bolsa objetivo de gas, de tal manera que las ondas de choque resultantes son incidentes sobre la bolsa objetivo de gas en diferentes momentos. Esto se puede usar para prolongar la incidencia de las ondas de choque resultantes en la bolsa objetivo de gas, por ejemplo, para ayudar a crear una reacción sostenida dentro del volumen de gas.

40 Así como también están dispuestas para coordinar las temporizaciones de las ondas de choque resultantes incidentes sobre la bolsa objetivo de gas, la pluralidad de bolsas de enfoque de fluido también se pueden disponer para coordinar la forma de la onda de choque resultante global. Por ejemplo, la pluralidad de bolsas de enfoque de fluido se pueden disponer en relación con la bolsa objetivo de gas, de tal manera que la onda de choque resultante global, cuando es incidente sobre la bolsa objetivo de gas, se ajusta en cierta medida a la forma de la bolsa objetivo.  
 45 Esto produce un colapso más fuerte y más intenso de la bolsa objetivo.

En un conjunto de realizaciones que comprenden una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido, la totalidad de estas  
 50 bolsas se podrán situar en relación con la onda de choque inicial en el medio no gaseoso y la bolsa objetivo de gas, de tal manera que la onda de choque es incidente sobre la totalidad de las bolsas de enfoque de fluido antes de que las ondas de choque resultantes sean incidentes sobre la bolsa objetivo de gas, pero esto no es esencial.

En un conjunto de realizaciones, una o más bolsas de fluido adicionales están situadas más lejos de la onda de  
 55 choque inicial que de la bolsa objetivo de gas. En esta disposición, la onda de choque inicial es, en primer lugar, incidente sobre una o más de las bolsas de enfoque de fluido, creando una onda de choque resultante que es entonces incidente sobre la bolsa objetivo de gas, antes de que la onda de choque resultante sea incidente sobre la bolsa o bolsas de fluido adicionales. Esto da lugar al colapso de esta bolsa o bolsas adicionales, lo que da como resultado una onda de choque adicional que es entonces incidente sobre los restos de la bolsa objetivo de gas, comprimiendo adicionalmente la misma, incrementando posiblemente el rendimiento de la reacción dentro de la  
 60 bolsa objetivo.

En un conjunto de realizaciones, el aparato comprende una pluralidad de bolsas objetivo de gas. Esta disposición se  
 65 puede usar para incrementar el volumen de gas (y, por lo tanto, el combustible o los reactivos) que se comprimirá con el fin de incrementar el rendimiento que se logra. La pluralidad de bolsas objetivo de gas se pueden disponer en torno a una única bolsa de enfoque de fluido, por ejemplo, para aumentar al máximo la cantidad de la onda de choque resultante a partir del colapso de la bolsa de enfoque que se usa para comprimir las bolsas objetivo, no obstante, este conjunto de realizaciones es particularmente adecuado cuando existe una pluralidad de bolsas de

enfoque de fluido. Por lo tanto, en un conjunto de realizaciones, el aparato comprende una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido y una pluralidad de bolsas objetivo de gas. Estas múltiples bolsas se pueden disponer en cualquier número de formas, por ejemplo, en combinaciones de las realizaciones que se han descrito en lo que antecede y, en general, estarán dispuestas de tal manera que el colapso de la pluralidad de las bolsas de enfoque de fluido a partir de la incidencia de la onda de choque inicial crea múltiples ondas de choque resultantes que son entonces incidentes sobre la pluralidad de bolsas objetivo de gas.

En un conjunto de realizaciones, la protección para la bolsa objetivo de gas podría comprender un obstáculo sólido, por ejemplo, inamovible dentro del medio no gaseoso, o podría comprender una onda de presión, por ejemplo, una onda estacionaria ultrasónica, que está dispuesta para desviar la onda de choque incidente lejos de la bolsa objetivo de gas. Esto se considera novedoso e inventivo por su propio derecho y, por lo tanto, cuando se observa con respecto a un aspecto adicional, la invención proporciona un método de producción de una concentración localizada de energía que comprende:

crear al menos una onda de choque que se propaga a través de un medio no gaseoso de tal modo que, en primer lugar, sea incidente sobre una bolsa de enfoque de fluido dentro del medio;

en el que la bolsa de enfoque de fluido y un obstáculo sólido están situados dentro del medio en relación con una bolsa objetivo de gas dentro del medio, y el obstáculo sólido está dispuesto para proteger la bolsa objetivo de gas de la onda de choque inicial, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido concentra la intensidad de una onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

La invención también se extiende a un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:

un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido, una bolsa objetivo de gas y un obstáculo sólido;

un medio para crear al menos una onda de choque que se propaga a través de dicho medio no gaseoso para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque de fluido;

en el que la bolsa de enfoque de fluido y el obstáculo sólido están situados en relación con la bolsa objetivo de gas dentro del medio, y el obstáculo sólido está dispuesto para proteger la bolsa objetivo de gas de la onda de choque inicial, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido concentra la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

El obstáculo sólido no se ve afectado de forma sustancial por la incidencia de la onda de choque sobre el mismo y podría comprender una partícula de material sólido embebida dentro del medio no gaseoso, por ejemplo una partícula de acero de un diámetro similar al de las bolsas adyacentes. Estas son unas formas adicionales de proteger la bolsa objetivo de la onda de choque inicial, permitiendo que no se perturbe hasta que la onda de choque resultante a partir del colapso de la bolsa de enfoque de gas sea incidente sobre la misma. Una ventaja de estas disposiciones, en las realizaciones que comprenden una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido, es que pueden permitir que las bolsas de enfoque de fluido estén separadas entre sí de manera diferente si se usan para proteger en exclusiva la bolsa objetivo, haciendo las mismas más fáciles de crear y de situar dentro del medio no gaseoso. Se ha de observar que el conjunto de realizaciones que comprenden un obstáculo sólido se puede proporcionar en lugar de o así como también la protección que comprende la bolsa de enfoque de fluido.

La protección podría comprender un material que no se vea dañado por la onda de choque inicial, por ejemplo, el obstáculo sólido, o podría comprender un material que se deforma, se mueve o se rompe. Además, la protección podría estar presente dentro del aparato solo en las escalas de tiempo del colapso de las bolsas de enfoque y objetivo, por ejemplo, la protección se podría regenerar antes de que se aplique cada onda de choque al medio no gaseoso, por ejemplo, junto con la creación de las bolsas de enfoque y objetivo. Existe un número de diferentes disposiciones de la protección y las bolsas de enfoque y objetivo que se consideran. Por ejemplo, la protección podría estar localizada más cercana a la onda de choque inicial que a la bolsa de enfoque de fluido, o viceversa. En el ejemplo anterior, esto puede permitir que la bolsa objetivo de gas se sitúe más cercana a la onda de choque inicial que a la bolsa de enfoque de fluido, con la protección protegiendo la bolsa objetivo de la onda de choque inicial, pero estando dispuesta de tal manera que la onda de choque resultante a partir del colapso de la bolsa de enfoque es subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo. En la totalidad de las realizaciones que comprenden un obstáculo sólido, la bolsa objetivo de gas podría estar separada de o acoplada con el obstáculo sólido.

Los inventores de la presente invención han apreciado que no siempre es necesario proteger la bolsa objetivo de gas de la onda de choque inicial y, por lo tanto, a partir de un aspecto adicional, la invención proporciona un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:

crear al menos una onda de choque que se propaga a través de un medio no gaseoso, conteniendo el medio no gaseoso una bolsa de enfoque de fluido y una bolsa objetivo de gas, de tal manera que la onda de choque es, en primer lugar, incidente sobre la bolsa objetivo de gas;

en el que la bolsa objetivo de gas es de un tamaño diferente del de la bolsa de enfoque de fluido y el centro de la bolsa de enfoque de fluido está separado del centro de la bolsa objetivo de gas por menos de 1,5 veces el diámetro de la más grande de la bolsa de enfoque de fluido y la bolsa objetivo de gas, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido crea una onda de choque resultante más intensa que es subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

La invención también se extiende a un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:

un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido y una bolsa objetivo de gas;

un medio para crear al menos una onda de choque que se propaga a través de dicho medio no gaseoso para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa objetivo de gas; y

en el que la bolsa objetivo de gas es de un tamaño diferente del de la bolsa de enfoque de fluido y el centro de la bolsa de enfoque de fluido está separado del centro de la bolsa objetivo de gas por menos de 1,5 veces el diámetro de la más grande de la bolsa de enfoque de fluido y la bolsa objetivo de gas, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido crea una onda de choque resultante más intensa que es subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

La mención del diámetro de la más grande de la bolsa de enfoque de fluido y la bolsa objetivo de gas no necesariamente implica que las burbujas sean esféricas o, de hecho, circulares en corte transversal. Si una o ambas de la bolsa de enfoque de fluido y de la bolsa objetivo de gas no son esféricas o circulares en corte transversal, el diámetro se refiere a la dimensión equivalente de la forma de bolsa, por ejemplo, el diámetro de la esfera más pequeña que encierra la bolsa.

A pesar de que la disposición de estos aspectos de la invención no permite que la bolsa objetivo de gas se proteja de la onda de choque mediante la bolsa de enfoque de fluido como en los aspectos previos de la invención, los inventores de la presente invención han hallado, de forma contraria a la intuición, que esta disposición da lugar a un fenómeno ventajoso. Cuando la onda de choque se crea en el medio no gaseoso, la onda de choque comprime la bolsa objetivo, sobre la cual es, en primer lugar, incidente, antes de ser incidente sobre la bolsa de enfoque. La onda de choque intensificada resultante de la bolsa de enfoque se mueve entonces hacia afuera e interactúa con los restos de la bolsa objetivo, comprimiendo de nuevo el gas, generando de ese modo presiones y temperaturas más altas dentro de la bolsa objetivo.

En estos aspectos de la invención, la bolsa de enfoque de fluido y la bolsa objetivo de gas podrían ser de cualquier tamaño relativo diferente, pero preferentemente, la bolsa objetivo de gas es más pequeña que la bolsa de enfoque de fluido. Preferiblemente, la bolsa de enfoque de fluido tiene un diámetro al menos 1,5 veces el diámetro de la bolsa objetivo de gas, por ejemplo, 2 veces el diámetro, por ejemplo, 3 veces el diámetro, por ejemplo, 5 veces el diámetro.

Este tamaño más pequeño de la bolsa objetivo de gas da como resultado que la bolsa objetivo de gas, a pesar de que ha sido comprimida por la onda de choque inicial, esté siendo arrastrada hacia el chorro transversal que se crea cuando la onda de choque es subsiguientemente incidente sobre la bolsa de enfoque de fluido. Tal como se ha descrito en lo que antecede, cuando el chorro transversal impacta en el lado a sotavento de la bolsa de enfoque, se genera una onda de choque más intensa. Los restos de la bolsa objetivo de gas, que han sido portados por el chorro, están entonces en una posición ideal cercana a este impacto para que sean comprimidos además por la onda de choque más intensa, conduciendo a presiones y temperaturas muy altas en este gas. Preferiblemente, el centro de la bolsa de enfoque de fluido está separado del centro de la bolsa objetivo de fluido por menos de 2,5 veces el radio de la más grande de la bolsa de enfoque de fluido y la bolsa objetivo de gas, por ejemplo, menos de dos veces el radio, por ejemplo, menos de 1,5 veces el radio.

Tanto la bolsa de enfoque de fluido como la bolsa objetivo de gas podrían comprender, cada una, un número de formas diferentes. No es necesario que las bolsas de enfoque y objetivo comprendan la misma forma. Por ejemplo, las bolsas podrían comprender una forma de esfera, una forma de cilindro (con una variedad de posibles formas en corte transversal, por ejemplo, un círculo, una elipse o rectángulo), una forma de toroide, un elipsoide, un esferoide o una forma de mancuerna. Una esfera presenta la ventaja de que puede contener la cantidad máxima de combustible, por ejemplo, para las reacciones nucleares, debido a su área superficial, pero en un conjunto de realizaciones, la bolsa de enfoque de fluido es alargada, por ejemplo, un elipsoide o un cilindro con una sección transversal elíptica. Preferiblemente, la bolsa de enfoque es alargada al menos en una componente de la dirección a partir de la cual la onda de choque se aproxima a la bolsa de enfoque. Una bolsa cilíndrica, por ejemplo, con su eje discurriendo en perpendicular con respecto a la dirección a partir de la cual la onda de choque se aproxima a la bolsa de enfoque, permite que la bolsa sea punzada o perforada fuera del medio no gaseoso, lo que se puede realizar con facilidad si, por ejemplo, el medio no gaseoso comprende un gel.

La provisión de una bolsa de enfoque alargada es particularmente ventajosa debido a las mecánicas de la formación del chorro transversal cuando la onda de choque inicial es incidente sobre la misma. El chorro transversal que se crea cuando la onda de choque en el medio no gaseoso es incidente sobre la bolsa de enfoque de fluido se acelera desde la superficie incidente de la bolsa de enfoque hasta su alta velocidad cuando impacta el lado a sotavento de la bolsa de enfoque. A medida que el chorro se desplaza a través de la bolsa de enfoque, este continúa acelerándose a medida que converge la onda de choque. Por lo tanto, al proporcionar una bolsa de enfoque alargada que incrementa la distancia entre los lados incidente y a sotavento de la bolsa de enfoque, el chorro tiene espacio para acelerar adicionalmente, de tal manera que el mismo alcanza su máxima velocidad con el impacto en el lado a sotavento de la bolsa de enfoque. Esto permite que la cantidad máxima de energía de la onda de choque sea aprovechada en el chorro y, subsiguientemente, el impacto en el lado a sotavento de la bolsa de enfoque,

5 aumentando al máximo por lo tanto la intensidad de la onda de choque resultante a partir del colapso de la bolsa de enfoque y la subsiguiente compresión y calentamiento de la bolsa objetivo de gas. El radio o longitud máxima de la bolsa de enfoque de fluido se determina mediante el punto en el cual el chorro transversal comienza a ser inestable y, por lo tanto, se separa en una pulverización de gotitas.

10 En un conjunto de realizaciones, se aplica una pluralidad de ondas de choque a partir de una pluralidad de diferentes direcciones hacia el medio no gaseoso. En general, puede existir al menos una bolsa de enfoque de fluido para cada una de la pluralidad de ondas de choque. Esto permite que el colapso de cada una de las burbujas pueda crear una onda de choque resultante que es incidente sobre la bolsa objetivo de gas, a pesar de que se podrían aplicar múltiples ondas de choque al medio no gaseoso que serán incidentes sobre una única bolsa de enfoque de fluido. Resulta obvio que también podría existir una pluralidad de bolsas objetivo de gas tal como se ha descrito en lo que antecede. El medio para aplicar una o más de la pluralidad de ondas de choque podría comprender la onda de choque resultante a partir del colapso de una o más bolsas de enfoque de fluido, de tal modo que se apreciará que existe un grado de solapamiento entre estas realizaciones y el conjunto de realizaciones que comprenden una pluralidad de bolsas de enfoque de gas. Todas estas disposiciones permiten un colapso más intenso de la bolsa objetivo de gas, del mismo modo que con el conjunto de realizaciones que comprenden una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido, la pluralidad de ondas de choque y las bolsas de enfoque de fluido se pueden disponer para ajustar la onda de choque resultante a la forma de la bolsa objetivo de gas.

20 En la totalidad de las realizaciones que se han descrito en lo que antecede se ha supuesto que la onda de choque es una onda plana que se aplica al medio no gaseoso. No obstante, en un conjunto de realizaciones, la onda de choque es una onda de choque no plana, es decir, un medio para aplicar la onda de choque al medio no gaseoso está dispuesto para aplicar una onda de choque no plana al medio no gaseoso. Esto puede ser además o en lugar del uso de la disposición de la pluralidad de bolsas de enfoque de fluido para conformar la onda de choque resultante incidente sobre la bolsa objetivo de gas. De este modo, la onda de choque inicial puede ser configurada en la disposición de la bolsa de enfoque de fluido, por ejemplo, para ajustarse a su forma, con el fin de aumentar al máximo la intensidad de la onda de choque resultante que es incidente sobre la bolsa objetivo de gas. Se apreciará que pueden existir muchas posibles disposiciones dentro del alcance de la presente realización, en particular, en los conjuntos de realizaciones que comprenden una pluralidad de ondas de choque incidentes y/o una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido.

35 A pesar de que hasta el momento solo se ha hecho referencia a las bolsas de enfoque y objetivo en el medio no gaseoso, en un conjunto de realizaciones, la bolsa objetivo de gas está acoplada con una superficie. La onda de choque resultante a partir del colapso de la bolsa de enfoque de fluido puede entonces atrapar y comprimir la bolsa objetivo de gas contra la superficie, permitiendo que se consigan unas temperaturas y presiones muy altas en la bolsa de gas comprimida. La superficie podría ser plana, pero en un conjunto de realizaciones, la superficie comprende una depresión que está conformada para recibir, en parte, la bolsa objetivo de gas. Así como también proporciona algún lugar en el que situar la bolsa objetivo de gas, la depresión se puede diseñar para recibir la onda de choque resultante mientras se atrapa el volumen de la bolsa original objetivo de gas entre la onda de choque de impacto y ella misma. Esto da lugar a un enfoque de energía muy sustancial en el volumen atrapado de gas. Por ejemplo, al optimizar la forma de la depresión superficial para recibir la onda de choque a partir de la bolsa de enfoque de fluido, las temperaturas de pico se pueden incrementar en más de un orden de magnitud en comparación con una bolsa de gas acoplada con una superficie plana.

45 En otro conjunto de realizaciones en las que la bolsa objetivo de gas está acoplada con una superficie, la superficie está configurada para concentrar la intensidad de la onda de choque resultante que es incidente sobre la bolsa objetivo de gas. La geometría de la superficie se puede usar para controlar las reflexiones de la onda de choque incidente antes de que alcance la bolsa objetivo 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 incidente de la bolsa de enfoque de fluido se ajusta más a la superficie de la bolsa objetivo de gas.

50 Del mismo modo que en lo que antecede, existen muchas formas y configuraciones que podría adoptar la superficie para proporcionar unas regiones adecuadas para el acoplamiento de la bolsa objetivo de gas con la superficie y 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 puede hacer 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 por la onda de choque. En algunas realizaciones, las temperaturas de pico se pueden incrementar en más de un orden de magnitud, en comparación con una onda de choque similar que interactúa con una burbuja aislada.

65 Los inventores de la presente invención también se han dado cuenta de que se puede emplear una superficie incluso si la bolsa objetivo de gas no está acoplada con la misma. En un conjunto de realizaciones, la bolsa de gas está separada de una superficie. Preferiblemente, la superficie está configurada para desviar, al menos en parte, la onda de choque resultante, es decir, del colapso de la bolsa de enfoque de fluido, de tal modo que la dirige sobre la bolsa objetivo de gas. Por lo tanto, se puede observar que, en este conjunto de realizaciones, la superficie se puede

5 usar para incrementar la concentración de energía en la bolsa objetivo de gas reflejando y/o enfocando la onda de choque sobre la misma. La disposición podría ser de tal manera que la onda de choque impacte sobre la superficie antes de la bolsa de gas pero, preferiblemente, la onda de choque incidente interactúa con la bolsa de gas, dando lugar a que la misma colapse y, subsiguientemente, la onda de choque incidente y/o cualquiera de las numerosas ondas de choque que son generadas por el colapso de la cavidad (la existencia de la cual será conocida por los expertos en la materia) interactúan con la superficie, de tal modo que se reflejan hacia los restos de la bolsa de gas, dando lugar a que la misma se colapse una segunda o más veces y potenciando de este modo el calentamiento obtenido.

10 Existen muchas formas y configuraciones que podría adoptar la superficie. 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, se pueden incrementar las temperaturas y las densidades que se consiguen a través de la compresión del gas por la onda de choque. En algunas realizaciones, las temperaturas de pico se pueden aumentar en más de un orden de magnitud, en comparación con una onda de choque similar que interactúa con una burbuja aislada.

20 En la mayor parte de las realizaciones, la bolsa de enfoque de fluido está separada de la bolsa objetivo de gas, permitiendo que la onda de choque inicial sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque, dando lugar a que esta colapse y dé lugar a que una onda de choque resultante sea subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo. No obstante, en un conjunto de realizaciones, la bolsa objetivo de gas está en contacto con la bolsa de enfoque de fluido. La bolsa objetivo de gas podría estar o bien acoplada con o bien contenida dentro de la bolsa de enfoque de fluido. En el último caso, con el fin de que la bolsa de gas contenga sus contenidos, o bien la bolsa de enfoque de fluido comprende un medio no gaseoso (de una composición diferente de la del medio no gaseoso dentro del cual se encuentra la bolsa de enfoque) o bien la bolsa de gas comprende una superficie de membrana. El hecho de tener un contacto directo entre las bolsas de enfoque y objetivo permite que sus posiciones relativas se controlen con facilidad, y las propiedades del fluido en la bolsa de enfoque se pueden usar para enfocar la onda de choque inicial sobre la bolsa de gas, aumentando de este modo al máximo la intensidad de la compresión de la bolsa de gas.

30 En la totalidad de las realizaciones que comprenden una superficie con la cual está acoplada la bolsa objetivo de gas o de la cual está separada la bolsa objetivo de gas, la superficie podría comprender la superficie interior de un recipiente que contiene el medio no gaseoso. Como alternativa, la superficie podría comprender un objeto que está situado en cualquier ubicación adecuada dentro del medio no gaseoso y, de hecho, puede comprender una superficie de la protección, por ejemplo, el obstáculo sólido.

40 Los aspectos de la invención que se describe en el presente documento proporcionan alternativas a la técnica que se describe en el documento US 7445319 que podría llevar sus propios beneficios. Los inventores de la presente invención han reconocido que existen desafíos significativos 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 7445319. 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. El método mediante el cual se crean las gotitas a alta velocidad tal como es requerido por el documento US 7445319 y se detalla en el documento US 7380918 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 por un chorro de un medio no gaseoso, debido a que simplemente es necesario que se cree una onda de choque dentro del medio no gaseoso. 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 7445319.

55 La onda de choque inicial se podría crear en un número de diferentes formas por medio de un número de diferentes dispositivos dependiendo de la presión que se requiera. Por ejemplo, se podría usar un dispositivo de litotricia de onda de choque para generar ondas de choque de intensidad más baja o se podría usar un generador de onda de plano explosivo para proporcionar unas ondas de choque de alta intensidad. Como alternativa, se podría usar una pistola de gas para hacer que un proyectil golpee contra un diafragma o émbolo en contacto con el medio no gaseoso para crear la onda de choque. En algunas realizaciones preferidas, un dispositivo explosivo de este tipo puede crear una presión de onda de choque de entre 0,1 GPa y 50 GPa y, en otra realización preferida, se podría usar un dispositivo de litotricia para generar unas presiones de onda de choque de 100 MPa a 1 GPa. Si una onda de choque se va a aplicar de forma repetida al medio no gaseoso, la velocidad de repetición podría ser más grande que 0,1 Hz, por ejemplo, más grande que 1 Hz, por ejemplo, más grande que 10 Hz, por ejemplo, más grande que 100 Hz, por ejemplo, más grande que 1 kHz, por ejemplo, 20 kHz.

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. La expresión “fluido” se ha de entender de una forma genérica y, por lo tanto, podría incluir cualquier forma de no sólido, por ejemplo, abarcando la totalidad de las composiciones que se han analizado en lo que antecede para el “gas” y “no gaseoso”, e incluyendo también líquidos y líquidos no Newtonianos. Se ha de entender que el medio no gaseoso tendrá una densidad más grande que el gas y, en general, también que el fluido. No obstante, las densidades relativas del fluido en la bolsa de enfoque y el gas en la bolsa objetivo no están, de este modo, previamente determinadas, en particular en aquellas realizaciones en las que el fluido comprende un gas, por ejemplo, el fluido en la bolsa de enfoque podría ser menos denso que el gas en la bolsa objetivo.

El medio no gaseoso podría ser cualquier sustancia adecuada para la creación de una onda de choque en la misma, tal como un gel líquido o semisólido. Las bolsas de gas y de fluido pueden ser proporcionadas entonces por una burbuja o gotita suspendida dentro del líquido o medio de gel en las ubicaciones requeridas. El uso de un gel o un líquido viscoso presenta la ventaja de que es más fácil de controlar la ubicación de las bolsas de gas y de fluido dentro del medio, en comparación con un líquido de viscosidad más baja en la cual la flotabilidad de la burbuja podría superar la viscosidad del líquido. Tal como se apreciará, el hecho de tener la capacidad para controlar la posición de las bolsas es particularmente importante en el conjunto de realizaciones en las que la bolsa de gas está situada junto a una superficie en lugar de estar acoplada con la misma. En el conjunto de realizaciones en las que la bolsa de gas está acoplada con la superficie, la naturaleza de la superficie, por ejemplo, el material, o cualquiera de las indentaciones o depresiones en el mismo, podría ayudar a adherir la bolsa de gas 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 las bolsas de gas y de fluido.

Debido a la naturaleza más estática de la configuración del dispositivo en comparación con el del documento US 7445319, se puede ejercer un control mucho mayor con respecto a la forma de la burbuja, tal como se ha analizado en lo que antecede. En el conjunto de realizaciones en las que la burbuja está acoplada con la superficie, está podría ser de una forma esférica lejos de donde la misma es truncada por su acoplamiento con la superficie objetivo, por ejemplo esta podría ser semiesférica. En algunas realizaciones, la burbuja se une con la superficie objetivo 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 burbuja 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 burbujas con otras formas distintas tales como conos o trapecoides. Será evidente que, por ejemplo, sería difícil conseguir una burbuja 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 las realizaciones de la invención en las que la burbuja no está acoplada con la superficie, la misma está libre de las restricciones de la superficie y, por lo tanto, es capaz de adoptar cualquier forma requerida tal como se ha analizado en lo que antecede. En un conjunto de estas realizaciones, la forma de la burbuja y la forma de la superficie objetivo se pueden hacer coincidir correspondientemente de una forma adecuada, por ejemplo, si la depresión es semiesférica, la burbuja sería esférica.

Las propias bolsas de gas y de fluido se han de formar de algún modo. En un conjunto particular de realizaciones, estas se nuclean usando un sistema similar al que se describe en el documento US 7445319, en el que un láser se usa junto con nanopartículas en el líquido para nuclear una bolsa de gas o de fluido. En un conjunto diferente de realizaciones, una bolsa de gas o de fluido se podría nuclear usando una emulsión inestable de diferentes líquidos. En otro conjunto de realizaciones, las bolsas se nuclean usando una onda de presión dirigida de forma adecuada, que se diseña para inducir la cavitación en el líquido. No se requiere que la totalidad de las bolsas se nuclean de manera simultánea, las mismas se podrían crear con diferentes temporizaciones relativas. En un conjunto de realizaciones, la bolsa objetivo se podría nuclear después del colapso de la bolsa de enfoque, por ejemplo en una región del medio no gaseoso a través de la cual ya ha pasado la onda de choque. En el conjunto de realizaciones en las que la bolsa de gas está acoplada con la pared, un volumen de gas específicamente controlado se podría bombear a la misma a través de un pasaje en la superficie objetivo con el fin de expandir una burbuja en la superficie. Este conjunto de realizaciones presentan la ventaja de un mayor control con respecto a los contenidos y el tamaño de la bolsa de gas que se genera. En el conjunto de realizaciones en las que el medio líquido es una bolsa de gas, el gel se puede fabricar previamente perforando o, de lo contrario, cortando o moldeando la forma correcta del bloque de gel que se va a usar.

En otro conjunto de realizaciones, las bolsas de gas y/o fluido se forman con el uso de una membrana prefabricada que define el límite entre la bolsa de gas o de fluido y el medio no gaseoso y, por lo tanto, también define la forma de la bolsa. El uso de esta membrana delgada de esta forma permite el desacoplamiento de los materiales no gaseosos y de gas o de fluido, permitiendo que se realice cualquier elección de la combinación de las composiciones. También permite que las formas de las bolsas se controlen con una precisión no disponible para otros métodos. La membrana se podría formar partir de cualquier material adecuado, por ejemplo, vidrio, plástico o caucho. Al tener una

membrana prefabricada, se permite que se use un medio líquido de manera más fácil que el medio no gaseoso debido a que se atrapa el volumen de gas, por ejemplo, contra la superficie y, por lo tanto, no puede flotar o no se puede perturbar de otro modo. En un conjunto particular de realizaciones, la membrana es frágil y está dispuesta para romperse con el impacto de la onda de choque. En un conjunto de realizaciones, la membrana prefabricada incluye una línea o región de debilidad, de tal modo que, con el impacto de la onda de choque, esta 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 consiguientes patrones de flujo, por ejemplo, esto podría ayudar a controlar la formación y la dinámica del chorro transversal. En otro conjunto de realizaciones, la membrana se diseña para deformarse con la cavidad que se está colapsando. En el conjunto de realizaciones en las que la bolsa de gas no está acoplada con la superficie, también es útil el concepto de una bolsa de gas o de fluido que está contenida dentro de una membrana. En un conjunto particular de realizaciones, las bolsas de gas o de fluido adoptan la forma de pequeñas perlas de vidrio llenadas con un gas o fluido adecuado. Esto tiene la misma ventaja de dar control con respecto a la forma de la bolsa de gas.

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 uno o más cualesquiera del medio no gaseoso, el fluido en la bolsa de enfoque, el gas en la bolsa objetivo, y/o el combustible podría ser proporcionado por la propia superficie, es decir, puede que no todas las bolsas de enfoque y/u objetivo contengan combustible. Cualquiera de los combustibles que se mencionan en el documento US 7445319 es adecuado para su uso en la presente invención. En el conjunto de realizaciones que comprenden múltiples bolsas de enfoque y/u objetivo, el combustible podría ser el mismo en la totalidad de las bolsas. Como alternativa, diferentes bolsas de enfoque y/u objetivo podrían comprender diferentes composiciones de combustible (o simplemente solo diferentes composiciones de gas o de fluido cuando no un combustible), por ejemplo, para afectar a los tiempos de colapso, a la resistencia y/o a la dirección de las ondas de choque resultantes. En el conjunto de realizaciones que comprenden una bolsa objetivo de gas acoplada con una superficie, preferentemente, la superficie comprende un combustible. Esto es ventajoso debido a que es aquí en donde tiene lugar la compresión de la respectiva bolsa objetivo de gas y, por lo tanto, las presiones y temperaturas que se crean tras su compresión también serán muy altas en la superficie adyacente.

En un conjunto de realizaciones, la bolsa o bolsas de enfoque de fluido y la bolsa o bolsas objetivo de gas son de diferentes composiciones, por ejemplo, la bolsa o bolsas objetivo de gas podrían contener combustible y la bolsa o bolsas de enfoque de fluido podrían contener un fluido inerte. Esto se considera novedoso e inventivo por su propio derecho y, por lo tanto, cuando se observa con respecto a un aspecto adicional, la invención proporciona un método de producción de una concentración localizada de energía que comprende: crear al menos una onda de choque que se propaga a través de un medio no gaseoso de tal modo que, en primer lugar, sea incidente sobre una bolsa de enfoque de fluido dentro del medio; en el que la bolsa de enfoque de fluido es de una composición diferente de la de la bolsa objetivo de gas y está situada en relación con una bolsa objetivo de gas dentro del medio, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido concentra la intensidad de una onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

La invención también se extiende a un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende: un medio no gaseoso que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido y una bolsa objetivo de gas de diferente tamaño; un medio para crear al menos una onda de choque que se propaga a través de dicho medio no gaseoso para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque de fluido; en el que la bolsa de enfoque de fluido es de una composición diferente de la de la bolsa objetivo de gas y está situada en relación con la bolsa objetivo de gas dentro del medio, de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido concentra la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas.

Tal como se ha analizado en lo que antecede, preferentemente, la bolsa objetivo contiene combustible, por ejemplo, para reacciones de fusión nuclear. Además, todas las características que se analizan en relación con la totalidad de los aspectos previos de la invención son igualmente aplicables a este aspecto y a otros aspectos de la invención. Por ejemplo, en un conjunto de realizaciones, la bolsa de enfoque de fluido está dispuesta para proteger la bolsa objetivo de gas de la onda de choque inicial.

El dispositivo en la presente invención no está tan restringido, en lo que respecta al tamaño, como en el documento US 7445319 en el que el tamaño de la gotita restringe el tamaño máximo de la burbuja atrapada. Podría ser ventajoso tener un aparato más grande en el que se comprime y se calienta un volumen de gas más grande. El volumen de gas o de fluido en cada una de las bolsas de enfoque y objetivo se podría elegir dependiendo de las circunstancias, pero en un conjunto de realizaciones preferidas este se encuentra entre  $5 \times 10^{-11}$  y  $5 \times 10^{-3}$  litros.

Las reacciones de fusión que se pueden obtener de acuerdo con determinadas realizaciones de la invención 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 de la invención 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, por ejemplo, usando un reactor de fisión nuclear. La fusión también puede ser beneficiosa debido a que proporciona una fuente rápida y segura de neutrones que es más barata y más compacta que las alternativas convencionales. Los expertos en la materia apreciarán que esto tiene muchas posibles aplicaciones, por ejemplo, la exploración de contenedores de envío por nombrar una.

Además, en absoluto es esencial, de acuerdo con la invención, 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 químico de tipo sonoquímico o exótico que se puede usar para acceder a condiciones extremas e inusuales, o simplemente para producir un calentamiento sustancial, en particular, uno de concentración localizada.

Determinadas realizaciones de la invención se describirán a continuación, solo a modo de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la figura 1 muestra una realización de acuerdo con la invención;

las figuras 2a - 2e muestran cinco etapas sucesivas de una interacción de una onda de choque con las bolsas de fluido y de gas que se muestran en la figura 1;

las figuras 3a - 3d muestran diferentes configuraciones de simetría posibles de la realización que se muestra en la figura 1;

la figura 4 muestra una variante de la realización de la figura 1 que comprende unas bolsas de gas alargadas;

la figura 5 muestra una variante de la realización de la figura 1 que comprende una bolsa de fluido en forma de mancuerna;

la figura 6 muestra una variante de la realización de la figura 1 que comprende un obstáculo inamovible;

la figura 7 muestra una variante de la realización de la figura 2;

la figura 8 muestra una variante de la realización de la figura 1 con una única bolsa de fluido;

la figura 9 muestra una variante de la realización de la figura 1 con una agrupación de bolsas de fluido;

la figura 10 muestra una variante de la realización de la figura 9 con una bolsa de gas más pequeña;

las figuras 11 y 12 muestran una variante de la realización de la figura 9 con múltiples ondas iniciales de choque;

la figura 13 muestra una variante de la realización de la figura 1 con dos bolsas de gas y dos capas de bolsas de fluido;

las figuras 14a - 14d muestran cuatro etapas sucesivas de una interacción de una onda de choque con las bolsas de fluido y de gas que se muestran en la figura 13;

la figura 15 muestra una variante de la realización de la figura 8 con la bolsa de gas por encima de la bolsa de fluido;

las figuras 16a - 16d muestran cuatro etapas sucesivas de una interacción de una onda de choque con las bolsas de fluido y de gas que se muestran en la figura 15;

la figura 17 muestra una variante de la realización de la figura 1 en la cual la bolsa de gas está acoplada con una superficie;

la figura 18 muestra una variante de la realización de la figura 1 en el interior de la cual están situadas las bolsas de gas y de fluido y que están separadas de una depresión en una superficie; y

la figura 19 muestra una variante de las realizaciones de las figuras 8 y 15 en la cual la bolsa de gas está dentro de la bolsa de fluido.

La figura 1 muestra, de manera esquemática, una disposición de acuerdo con la invención. Se proporciona un medio no gaseoso 2 en forma de hidrogel, por ejemplo una mezcla de agua y gelatina, dentro de la cual están definidas e inmovilizadas dos bolsas de enfoque de fluido 4 y una bolsa objetivo de gas 6. La bolsa objetivo de gas 6 podría ser un combustible en forma de vapor adecuado para tomar parte, por ejemplo, en una reacción de fusión nuclear. El tamaño del aparato es flexible pero una dimensión típica de ese diagrama podría ser de entre 0,1 y  $1 \times 10^{-5}$  m.

La operación de la presente realización se describirá a continuación, con referencia particular a las cinco etapas sucesivas que se muestran en las figuras 2a - 2e de una onda de choque 8 que interactúa con las bolsas de enfoque de fluido 4 y la bolsa objetivo de gas 6. De manera inicial, una onda de choque 8 se crea a partir de una explosión, por ejemplo con una presión de 5 GPa, dentro del medio no gaseoso 2. Esto se representa en las figuras 1 y 2a como una línea que se propaga en la dirección de la flecha hacia las bolsas de enfoque de fluido 4.

La onda de choque 8 es, en primer lugar, incidente sobre las partes superiores de las bolsas de enfoque de fluido 4, tal como se muestra en la figura 2b, dando lugar a que una porción de la onda de choque 8 se refleje como resultado del gran cambio en la densidad desde el medio no gaseoso 2 hasta el fluido en las bolsas de enfoque 4. Esta porción reflejada forma un abanico de rarefacción 5 que se propaga lejos de las bolsas de enfoque de fluido 4 y, por lo tanto, crea una región de baja presión entre la porción reflejada de la onda de choque y las bolsas de enfoque de fluido 4. La combinación de los abanicos de rarefacción de las dos bolsas de enfoque de fluido 4 crea un área de protección 10 resultante en el medio no gaseoso, que evita que la onda de choque se propague a través de la

separación entre las bolsas de enfoque de fluido 4, y se vuelve incidente sobre la bolsa objetivo de gas 6 en esta etapa.

El medio no gaseoso 2 fluye hacia la región de baja presión entre la porción reflejada de la onda de choque y las bolsas de fluido 4 como dos chorros transversales 12 que, posteriormente, atraviesan las bolsas de enfoque de fluido 4, tal como se muestra en la figura 2c. Los chorros 12 se aceleran a través del volumen de las bolsas de enfoque de fluido 4 hasta que impactan sobre la superficie a sotavento de las bolsas de enfoque de fluido 4. Estos impactos crean las ondas de choque resultantes 14, tal como se puede observar en la figura 2d, que se desplazan hacia afuera a partir de las bolsas de enfoque de fluido colapsadas 4 y que son más intensas que la onda de choque inicial 8 que se aplica al medio no gaseoso 2. Estas ondas de choque resultantes, así como también las ondas de choque a partir del subsiguiente colapso de las porciones restantes de las bolsas de enfoque de fluido 4, son incidentes sobre la bolsa objetivo de gas 6, tal como se muestra en la figura 2e. Esto comprime el combustible gaseoso dentro de la bolsa objetivo de gas 6, dando lugar a un intenso calentamiento local que puede ser suficiente para generar una reacción de fusión nuclear.

En las figuras 3a - 3d se muestra un número de diferentes configuraciones simétricas de la realización que se muestra en la figura 1. En la realización que se muestra en la figura 1 y en cada una de las realizaciones que se describen en lo sucesivo, los diagramas que se muestran son un corte transversal vertical a través de un volumen tridimensional de las bolsas de enfoque de fluido 4 y la bolsa objetivo de gas 6 y, por lo tanto, representa unas realizaciones que son rotacionalmente simétricas, tal como se muestra en la figura 3a, es decir, las bolsas de enfoque de fluido 4 forman un toroide. No obstante, esto no es esencial para la invención. Por ejemplo, tal como se muestra en la figura 3b, las bolsas de enfoque de fluido 4 y la bolsa objetivo de gas 6 podrían comprender cilindros con una sección transversal circular. Este diseño puede ser ventajoso debido a que permite que las bolsas sean perforadas fuera del medio no gaseoso 2, evitando la necesidad de nucleación alguna.

La disposición que se muestra en la figura 3c comprende dos bolsas de enfoque de fluido 4 esféricas que están dispuestas en cualquier lado de la bolsa objetivo de gas 6 en un plano bidimensional, y la figura 3d muestra una configuración totalmente tridimensional de seis bolsas de enfoque de fluido 4 esféricas que están dispuestas en torno a la bolsa objetivo de gas 6. Se podría proporcionar una disposición arbitraria que siguiera teniendo alguna simetría rotacional. La operación de estas disposiciones es similar a la que se ha descrito en lo que antecede para la realización que se muestra en la figura 1, es decir, con referencia a las figuras 2a - 2e.

La figura 4 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual las bolsas de enfoque de fluido 104 dentro del medio no gaseoso 102 son alargadas, por ejemplo, con una sección transversal elíptica. Esta configuración, al tiempo que sigue proporcionando el efecto de protección a la bolsa objetivo de gas 106, da al chorro transversal, que se crea con el impacto de la onda de choque 108 sobre las bolsas de enfoque de fluido 104 tal como se ha descrito en lo que antecede con referencia a las figuras 2a - 2e, más tiempo para acelerar a través del volumen de las bolsas de fluido 104. Por lo tanto, el chorro transversal alcanza una velocidad más alta cuando impacta contra la superficie a sotavento de las bolsas de enfoque de fluido 104, creando unas ondas de choque resultantes más intensas que son subsiguientemente incidentes sobre la bolsa objetivo de gas 106, dando como resultado la obtención de unas presiones y temperaturas más grandes dentro de la bolsa objetivo de gas 106 comprimida.

La figura 5 muestra otra variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual las bolsas de fluido 204 se unen entre sí para formar una única bolsa de enfoque de fluido en forma de mancuerna 204 dentro del medio no gaseoso 202. Esto se puede observar para proporcionar un buen efecto de protección de la onda de choque inicial 208 para la bolsa objetivo de gas 206.

La figura 6 muestra una variante adicional de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual un obstáculo sólido inamovible 316 está situado dentro del medio no gaseoso 302 por encima de y entre las bolsas de enfoque de fluido 304. El obstáculo sólido inamovible 316 proporciona una protección de la onda de choque inicial 308 para la bolsa objetivo de gas 306, permitiendo que las bolsas de enfoque de fluido 304 estén situadas más lejos entre sí que en las realizaciones previas. Esto puede hacer más fácil la formación y la colocación de las bolsas de enfoque de fluido 304 dentro del medio no gaseoso 302.

La figura 7 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 6, en la cual la bolsa objetivo de gas 406 está acoplada con el lado inferior del obstáculo sólido inamovible 416, es decir, el lado opuesto de la dirección de la onda de choque inicial 408, de tal manera que se cubra y se llene una depresión de sección transversal decreciente en forma de V 418. Del mismo modo que en la figura 6, el obstáculo sólido inamovible 416 proporciona una protección de la onda de choque inicial 408 para la bolsa objetivo de gas 406, y en la presente realización también proporciona una superficie contra la cual la bolsa objetivo de gas 406 puede ser atrapada y comprimida por la onda de choque resultante a partir del colapso de las dos bolsas de enfoque de fluido 404.

De hecho, la incidencia de la onda de choque resultante sobre la bolsa objetivo de gas 406 puede dar como resultado, en algunas realizaciones, que se esté formando un chorro transversal adicional del medio no gaseoso 402, el cual atraviesa la bolsa objetivo de gas 406, de tal manera que una porción de la bolsa objetivo de gas 406 se

atrapa entre la punta del chorro y la depresión de sección transversal decreciente 418 en la superficie del obstáculo sólido inamovible 416. Este impacto del chorro transversal contra la superficie del obstáculo sólido inamovible 416 puede dar lugar tanto al calentamiento y a la compresión intensa de la bolsa objetivo de gas 406 como también a una onda de choque en el obstáculo sólido inamovible 416. Por lo tanto, si el obstáculo sólido inamovible 416 comprende combustible o reactivos, esto puede desencadenar la reacción deseada en el material del obstáculo sólido inamovible 416.

La figura 8 muestra todavía otra variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual solo se proporciona una única bolsa de enfoque de fluido 504 dentro del medio no gaseoso 502. La operación es muy similar a la operación de las realizaciones que se han descrito en lo que antecede, con el chorro transversal que se crea cuando la onda de choque 508 es incidente sobre la bolsa de enfoque de fluido 504 creando una onda de choque resultante cuando el chorro impacta sobre la pared a sotavento de la bolsa de enfoque de fluido 504. Entonces, esta onda de choque resultante actúa para comprimir la bolsa objetivo de gas 506 tal como se ha descrito en lo que antecede, habiendo sido protegida inicialmente la bolsa objetivo de gas 506 de la onda de choque inicial 508 por la bolsa de enfoque de fluido 504.

La figura 9 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual una agrupación de bolsas de enfoque de fluido 604 están situadas dentro del medio no gaseoso 602 por encima de y en torno a la bolsa objetivo de gas 606. Estas bolsas de enfoque de fluido 604 están situadas y/o contienen diferentes composiciones de fluido, de tal manera que su colapso da como resultado unas ondas de choque que son incidentes de forma simultánea sobre y se ajustan a la forma de la bolsa objetivo de gas 606, por lo tanto, se crea una compresión muy intensa de la bolsa objetivo de gas 606. Como alternativa, la posición y la composición de las bolsas de enfoque de fluido 604 pueden ser de tal manera que su colapso da como resultado unas ondas de choque que son incidentes en tiempos ligeramente diferentes, dando como resultado una compresión repetida de la bolsa objetivo de gas 606.

La figura 10 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 9, en la cual se proporciona una bolsa objetivo de gas 706 mucho más pequeña. Esta bolsa objetivo de gas 706 más pequeña permite que se obtenga una intensidad mucho más grande de la presión y la temperatura, debido a que la energía de la onda de choque está concentrada sobre un volumen mucho más pequeño.

La figura 11 muestra otra variante de la realización que se muestra en la figura 9, en la cual dos agrupaciones de bolsas de enfoque de fluido 804 están situadas por encima y por debajo de la bolsa objetivo de gas 806 dentro del medio no gaseoso. El aparato está dispuesto de tal manera que se crean dos ondas de choque 808 dentro del medio no gaseoso 802 y las cuales se aproximan a las bolsas de enfoque de fluido 804 por encima y por debajo en unos sentidos opuestos. Esto da como resultado el colapso de las agrupaciones de bolsas de enfoque de fluido 804, creando unas ondas de choque resultantes que son subsiguientemente incidentes sobre la bolsa objetivo de gas 806. Las ondas de choque resultantes de los sentidos opuestos incrementan la compresión de la bolsa objetivo de gas 806 de la manera que se ha descrito en lo que antecede. En una variación de la presente realización, las ondas de choque 808 se pueden crear en el medio no gaseoso 802, de tal manera que son incidentes sobre una de las agrupaciones de bolsas de fluido 804 antes que sobre la otra. Esto da como resultado unas ondas de choque resultantes que son incidentes sobre la bolsa objetivo de gas 806 una después de la otra.

La figura 12 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 11, en la cual cuatro bolsas de enfoque de fluido 904 están situadas en torno a la bolsa de gas 906. El aparato está dispuesto de tal manera que se crean cuatro ondas de choque 908 dentro del medio no gaseoso 902 y las cuales se aproximan a las bolsas de enfoque de fluido 904 desde el lado opuesto al lado que está orientado hacia la bolsa objetivo de gas 906. Cada una de estas ondas de choque 908 da lugar al colapso de la respectiva bolsa de enfoque de fluido 904 sobre la cual es incidente, con las ondas de choque resultantes convergiendo en la bolsa objetivo de gas 906, dando lugar a que esta se comprima y se caliente tal como se ha descrito en lo que antecede.

La figura 13 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual se proporcionan dos bolsas de gas 1006 y dos capas de bolsas de enfoque de fluido 1004, 1005 dentro del medio no gaseoso 1002. Una onda de choque única 1008 se genera dentro del medio no gaseoso, de tal manera que se propaga hacia la bolsa de enfoque de fluido 1004 en la capa superior, tal como también se muestra en la figura 14a. La incidencia de la onda de choque 1008 sobre la bolsa de enfoque de fluido superior 1004 da lugar a su colapso y a la producción de una onda de choque resultante 1014, tal como se ha descrito con referencia a las realizaciones anteriores y tal como se ilustra en la figura 14b. Esta onda de choque resultante es subsiguientemente incidente sobre las dos bolsas objetivo de gas 1006, dando como resultado la creación de los chorros transversales 1012 que impactan contra la pared a sotavento de las bolsas objetivo de gas 1006. Estos impactos dan lugar a las ondas de choque resultantes 1015 que emanan de las bolsas objetivo de gas 1006 y son incidentes sobre la capa inferior de las bolsas de enfoque de fluido 1005, tal como se muestra en la figura 14c. De la misma forma, estas bolsas enfoque de fluido 1005 colapsan, dando como resultado unas ondas de choque resultantes adicionales 1017 que son subsiguientemente incidentes sobre los remanentes de las bolsas objetivo de gas 1006, tal como se muestra en la figura 14d. Esto comprime adicionalmente las bolsas objetivo de gas 1006, incrementando la presión y la temperatura que se obtienen dentro de las mismas.

Del mismo modo que con las disposiciones que se muestran en las figuras 9 - 12, se puede proporcionar cualquier número de bolsas de fluido y de bolsas de gas en cualquier configuración. Además, se puede generar cualquier número de ondas de choque a partir de cualquier dirección elegida dentro del medio no gaseoso para que sean incidentes sobre las bolsas de fluido.

5 La figura 15 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 8, en la cual se invierte la configuración con respecto a la onda de choque inicial 1108 con la bolsa objetivo de gas 1106 por encima de la bolsa de enfoque de fluido 1104. Tal como se muestra en la figura, una onda de choque inicial 1108 se genera dentro del medio no gaseoso 1102 en una dirección hacia la bolsa de gas 1106, sobre la cual es, en primer lugar, incidente. No obstante, debido a que la bolsa objetivo de gas 1106 es pequeña en comparación con la bolsa de enfoque de fluido 1104, la onda de choque inicial 1108 no se ve muy perturbada por su incidencia sobre la bolsa objetivo de gas 1106. Por lo tanto, cuando la onda de choque 1108 es subsiguientemente incidente sobre la bolsa de enfoque de fluido 1104 tal como se muestra en la figura 16b, esto da lugar al colapso de la bolsa de enfoque de fluido 1104 de la misma forma que ya se ha descrito, es decir, se forma un chorro transversal 1112 del medio no gaseoso 1102 que atraviesa la bolsa de enfoque de fluido 1104. No obstante, en la presente realización, la bolsa objetivo de gas 1106 está situada lo bastante cercana a la bolsa de enfoque de fluido 1104, de tal manera que el remanente colapsado de la bolsa objetivo de gas 1106 se arrastra hacia el chorro transversal 1112, tal como se muestra en la figura 16c. Con el mismo mecanismo que se ha descrito en lo que antecede, el chorro transversal 1112 impacta contra la pared a sotavento de la bolsa de enfoque de fluido 1104, tal como se muestra en la figura 16d, dando lugar a que una onda de choque resultante 1114 se mueva hacia fuera del punto de impacto. Debido a que el remanente colapsado de la bolsa objetivo de gas 1106 se ha arrastrado a través de la bolsa de enfoque de fluido 1104 en el chorro transversal 1112, esta está situada idealmente para tener la onda de choque resultante 1114 incidente sobre la misma mientras la onda de choque resultante 1114 es más intensa, es decir, antes de que se disipe la onda de choque resultante 1114.

25 La figura 17 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual la bolsa de gas 1206 está acoplada con una superficie 1219. En algunos modos, la presente realización también se puede observar como una variante de la realización que se muestra en la figura 7 en la cual la bolsa de gas también está acoplada con una superficie. En la figura 17, la bolsa de gas 1206 cubre y llena una depresión de sección transversal decreciente en forma de V 1218, con dos bolsas de enfoque de fluido 1204 que están situadas en el medio no gaseoso 1202 por encima de la bolsa objetivo de gas 1206. De la misma forma que se ha descrito en lo que antecede, la onda de choque inicial 1208 da lugar al colapso de las bolsas de enfoque de fluido 1204, lo que crea ondas de choque resultantes que son subsiguientemente incidentes sobre la bolsa objetivo de gas 1206. Las ondas de choque resultantes más intensas atrapan y comprimen la bolsa de gas 1206 contra la superficie de la depresión 1218, dando lugar a un calentamiento intenso del gas.

De hecho, la incidencia de las ondas de choque resultantes sobre la bolsa objetivo de gas 1206 puede dar como resultado, en algunas realizaciones, que se esté formando un chorro transversal adicional del medio no gaseoso 1202, el cual atraviesa la bolsa objetivo de gas 1206, de tal manera que una porción de la bolsa objetivo de gas 1206 se atrapa entre la punta del chorro y la depresión de sección transversal decreciente 1218 en la superficie 1219. Este impacto del chorro transversal contra la superficie de la depresión 1218 puede dar lugar tanto al calentamiento y a la compresión intensa de la bolsa objetivo de gas 1206 como también a una onda de choque en la superficie 1219. Por lo tanto, si la superficie 1219 comprende combustible o reactivos, esto puede desencadenar la reacción deseada en el material de la superficie 1219.

45 La figura 18 muestra una variante de la realización que se muestra en la figura 1, en la cual la bolsa de gas 1306 y dos bolsas de enfoque de fluido 1304 están situadas dentro del medio no gaseoso 1302 y están separadas de una depresión cóncava redondeada 1318 en una superficie 1319. Cuando la onda de choque 1308 se genera dentro del medio no gaseoso 1302, la misma es, en primer lugar, incidente sobre las bolsas de enfoque de fluido 1304 y actúa para comprimir estas de una manera similar a la de las realizaciones previas. Al mismo tiempo, la onda de choque 1308 se refleja a partir de los lados superiores en la depresión cóncava 1318 en la superficie 1319.

Una vez que la onda de choque 1308 ha pasado a través de las bolsas de enfoque de fluido 1304, creando las ondas de choque resultantes que son subsiguientemente incidentes sobre la bolsa objetivo de gas 1306, la onda de choque 1308 se refleja a partir de la superficie 1319 y se desplaza de vuelta a la bolsa objetivo de gas 1306. La onda reflejada de choque tiene una forma que se asemeja a la forma de la depresión cóncava 1318 y se enfoca hacia la bolsa objetivo de gas 1306 sobre la cual es incidente al mismo tiempo o poco tiempo después de la onda de choque resultante a partir del colapso de las bolsas de enfoque de fluido 1304, comprimiendo adicionalmente, de este modo, la bolsa de enfoque de gas 1304 e incrementando adicionalmente la temperatura y la presión dentro de la misma.

La figura 19 muestra una variante de las realizaciones que se muestran en las figuras 8 y 15, en las que la bolsa de gas 1406 se encuentra dentro de la bolsa de enfoque de fluido 1404. En la presente realización, la bolsa de enfoque de fluido 1404 es una bolsa de un líquido que es menos denso que el medio no gaseoso 1402, de tal modo que la bolsa objetivo de gas 1406 se puede inmovilizar dentro de la bolsa de enfoque de fluido 1404. Cuando la onda de choque 1408 es incidente sobre la bolsa de enfoque de fluido 1404, la onda de choque 1408 colapsa la bolsa de

enfoque de fluido 1404 de la misma forma que en las realizaciones previas. Esto da lugar a que la onda de choque converja sobre la bolsa objetivo de gas 1406, incrementando de este modo la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas 1406.

- 5 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 del medio no gaseoso y de las bolsas de fluido y de gas, el ángulo de impacto y la forma de la onda de choque y la forma de la superficie.
- 10 En la totalidad de las realizaciones que se describen, el aparato se puede usar mediante la creación de una onda de choque en el medio que es incidente sobre una bolsa de fluido, en el que el fluido puede ser aire, vapor de agua, argón, xenón o un aceite y, entonces, subsiguientemente sobre una bolsa de gas que contiene agua deuterada o gas deuterio. En el modelo numérico del experimento, las técnicas que se describen en el presente documento producen una presión de pico de  $\sim 20$  GPa que es suficiente para dar lugar a unas temperaturas dentro del volumen colapsado de gas de más de  $1 \times 10^6$  Kelvin, que puede ser suficiente para una reacción de fusión nuclear de los átomos de deuterio. 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.
- 15

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:  
 5 crear al menos una onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) que se propaga a través de un medio no gaseoso (2; 102; 202; 302; 402; 502; 902; 1002; 1202; 1302; 1402) de tal modo que, en primer lugar, sea incidente sobre una bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) dentro del medio (2; 102; 202; 302; 402; 502; 902; 1002; 1202; 1302; 1402);  
 en el que la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) está situada en relación con una bolsa objetivo de gas de diferente tamaño (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) dentro del medio (2; 102; 202; 302; 402; 502; 902; 1002; 1202; 1302; 1402), y está dispuesta para proteger la  
 10 bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) de la onda de choque inicial (8; 108; 208; 308; 408; 508; 908; 1008; 1208; 1308; 1408), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) en la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) concentra la intensidad de una onda de choque subsiguientemente incidente sobre la  
 15 bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la bolsa objetivo (6; 106; 206; 306; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306) está situada en el lado opuesto de la bolsa de enfoque (4; 104; 204; 304; 504; 904; 1004; 1204; 1304) con respecto a la dirección de incidencia de la onda de choque inicial (8; 108; 208; 308; 508; 908; 1008; 1208; 1308).
- 20 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el medio no gaseoso (2; 102; 302; 402; 502; 902; 1202; 1302) tiene en el mismo una pluralidad de bolsas de enfoque de fluido (4; 104; 304; 404; 504; 904; 1204; 1304).
- 25 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, 2 o 3, en el que una o más bolsas de fluido (1004) adicionales están situadas en el medio no gaseoso (1002) más lejos de la onda de choque inicial (1008) que la bolsa objetivo de gas (1006).
- 30 5. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el medio no gaseoso (1002) tiene en el mismo una pluralidad de bolsas objetivo de gas (1006).
6. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la bolsa objetivo de gas (406; 1206) está acoplada con una superficie (418; 1218).
- 35 7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la bolsa objetivo de gas (1306) está separada de una superficie (1318).
8. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la bolsa objetivo de gas (1406) está en contacto con la bolsa de enfoque de fluido (1404).
- 40 9. Un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:  
 crear al menos una onda de choque (308; 408) que se propaga a través de un medio no gaseoso (302; 402) de tal modo que, en primer lugar, sea incidente sobre una bolsa de enfoque de fluido (304; 404) dentro del medio (302; 402);  
 45 en el que la bolsa de enfoque de fluido (304; 404) y un obstáculo sólido (316; 416) están situados dentro del medio (302; 402) en relación con una bolsa objetivo de gas (306; 406) dentro del medio (302; 402), y el obstáculo sólido (316; 416) está dispuesto para proteger la bolsa objetivo de gas (306; 406) de la onda de choque inicial (308; 408), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (308; 408) en la bolsa de enfoque de fluido (304; 404) concentra la intensidad de una onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (306; 406).  
 50
10. Un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:  
 crear al menos una onda de choque (1108) que se propaga a través de un medio no gaseoso (1102), conteniendo dicho medio no gaseoso (1102) una bolsa de enfoque de fluido (1104) y una bolsa objetivo de gas (1106), de tal  
 55 manera que la onda de choque (1108) es, en primer lugar, incidente sobre la bolsa objetivo de gas (1106);  
 en el que la bolsa objetivo de gas (1106) es de un tamaño diferente del de la bolsa de enfoque de fluido (1104) y el centro de la bolsa de enfoque de fluido (1104) está separado del centro de la bolsa objetivo de gas (1106) por menos de 1,5 veces el diámetro de la más grande de la bolsa de enfoque de fluido (1104) y la bolsa objetivo de gas (1106), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (1108) en la bolsa de enfoque de fluido (1104) crea  
 60 una onda de choque resultante más intensa que es subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (1106).
11. Un método de producción de una concentración localizada de energía, que comprende:  
 crear al menos una onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 608; 808; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) que se  
 65 propaga a través de un medio no gaseoso (2; 102; 202; 302; 402; 502; 602; 802; 902; 1002; 1202; 1302; 1402) de tal



modo que, en primer lugar, sea incidente sobre una bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) dentro del medio (2; 102; 202; 302; 402; 502; 602; 802; 902; 1002; 1202; 1302; 1402); en el que la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) es de una composición diferente de la de la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) y está situada en relación con una bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) dentro del medio (2; 102; 202; 302; 402; 502; 602; 802; 902; 1002; 1202; 1302; 1402), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 608; 808; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) en la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) concentra la intensidad de una onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406).

12. Un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende: un medio no gaseoso (2; 102; 202; 302; 402; 502; 902; 1002; 1202; 1302; 1402) que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) y una bolsa objetivo de gas de diferente tamaño (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406); un medio para crear al menos una onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) que se propaga a través de dicho medio no gaseoso (2; 102; 202; 302; 402; 502; 902; 1002; 1202; 1302; 1402) para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404); en el que la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) está situada en relación con la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) dentro del medio (2; 102; 202; 302; 402; 502; 902; 1002; 1202; 1302; 1402), y está dispuesta para proteger la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) de la onda de choque inicial (8; 108; 208; 308; 408; 508; 908; 1008; 1208; 1308; 1408), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) en la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) concentra la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 706; 906; 1006; 1206; 1306; 1406).

13. Un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende: un medio no gaseoso (302; 402) que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido (304; 404), una bolsa objetivo de gas (306; 406) y un obstáculo sólido (316; 416); un medio para crear al menos una onda de choque (308; 408) que se propaga a través de dicho medio no gaseoso (302; 402) para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque de fluido (304; 404); en el que la bolsa de enfoque de fluido (304; 404) y el obstáculo sólido (316; 416) están situados en relación con la bolsa objetivo de gas (306; 406) dentro del medio (302; 402), y el obstáculo sólido (316; 416) está dispuesto para proteger la bolsa objetivo de gas (306; 406) de la onda de choque inicial (308; 408), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (308; 408) en la bolsa de enfoque de fluido (304; 404) concentra la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (306; 406).

14. Un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende: un medio no gaseoso (1102) que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido (1104) y una bolsa objetivo de gas (1106); un medio para crear al menos una onda de choque (1108) que se propaga a través de dicho medio no gaseoso (1102) para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa objetivo de gas (1106); y en el que la bolsa objetivo de gas (1106) es de un tamaño diferente del de la bolsa de enfoque de fluido (1104) y el centro de la bolsa de enfoque de fluido (1104) está separado del centro de la bolsa objetivo de gas (1106) por menos de 1,5 veces el diámetro de la más grande de la bolsa de enfoque de fluido (1104) y la bolsa objetivo de gas (1106), de tal manera que la incidencia de la onda de choque en la bolsa de enfoque de fluido (1104) crea una onda de choque resultante más intensa que es subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (1106).

15. Un aparato de producción de una concentración localizada de energía, que comprende: un medio no gaseoso (2; 102; 202; 302; 402; 502; 602; 802; 902; 1002; 1202; 1302; 1402) que tiene en el mismo una bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) y una bolsa objetivo de gas de diferente tamaño (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406); un medio para crear al menos una onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 608; 808; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) que se propaga a través de dicho medio no gaseoso (2; 102; 202; 302; 402; 502; 602; 802; 902; 1002; 1202; 1302; 1402) para que, en primer lugar, sea incidente sobre dicha bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404); en el que la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) es de una composición diferente de la de la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) y está situada en relación con la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406) dentro del medio (2; 102; 202; 302; 402; 502; 602; 802; 902; 1002; 1202; 1302; 1402), de tal manera que la incidencia de la onda de choque (8; 108; 208; 308; 408; 508; 608; 808; 908; 1008; 1208; 1308; 1408) en la bolsa de enfoque de fluido (4; 104; 204; 304; 404; 504; 604; 804; 904; 1004; 1204; 1304; 1404) concentra la intensidad de la onda de choque subsiguientemente incidente sobre la bolsa objetivo de gas (6; 106; 206; 306; 406; 506; 606; 806; 906; 1006; 1206; 1306; 1406).

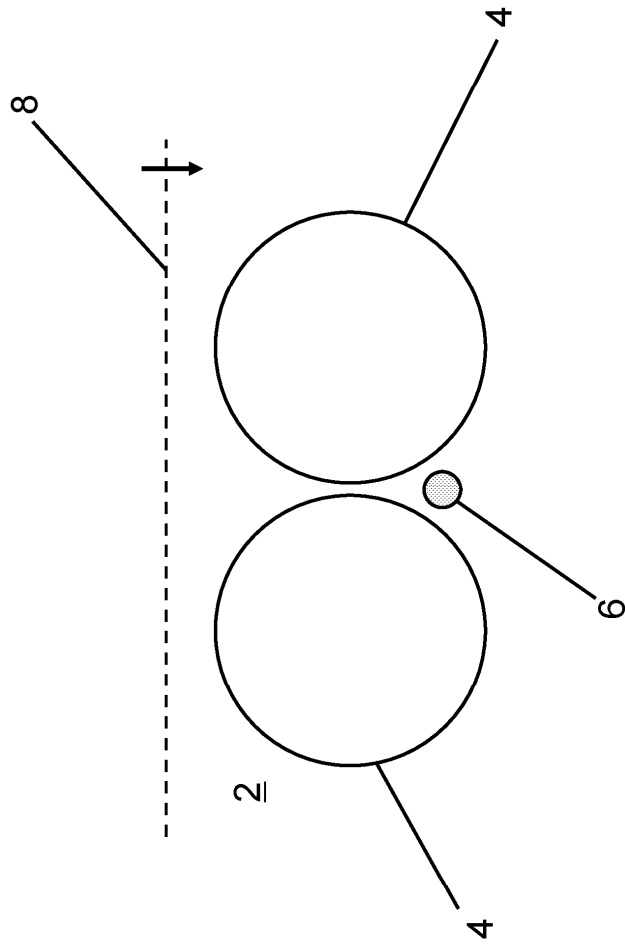


Fig. 1

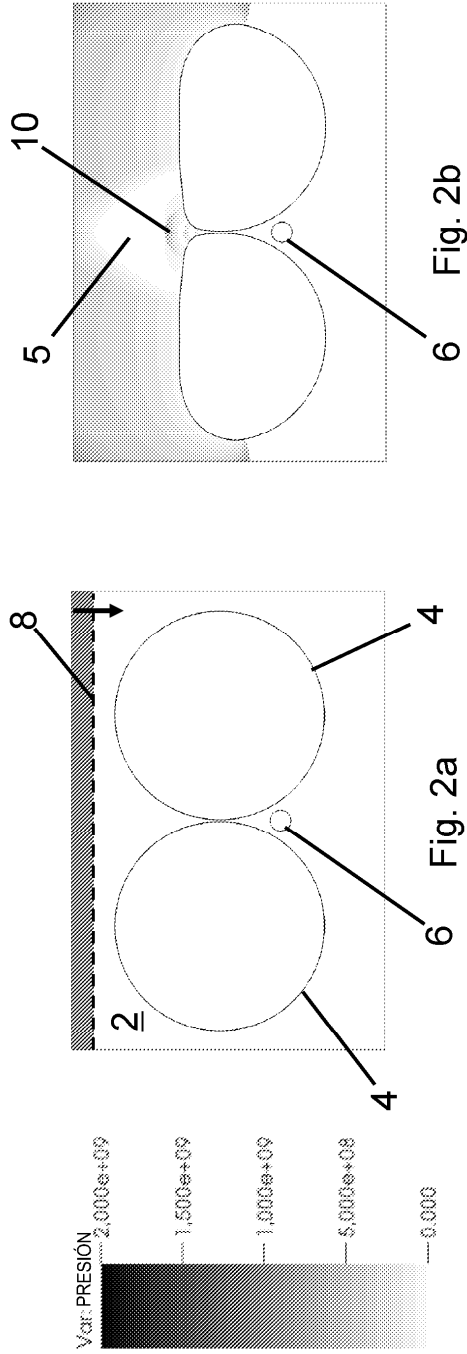


Fig. 2b

Fig. 2a

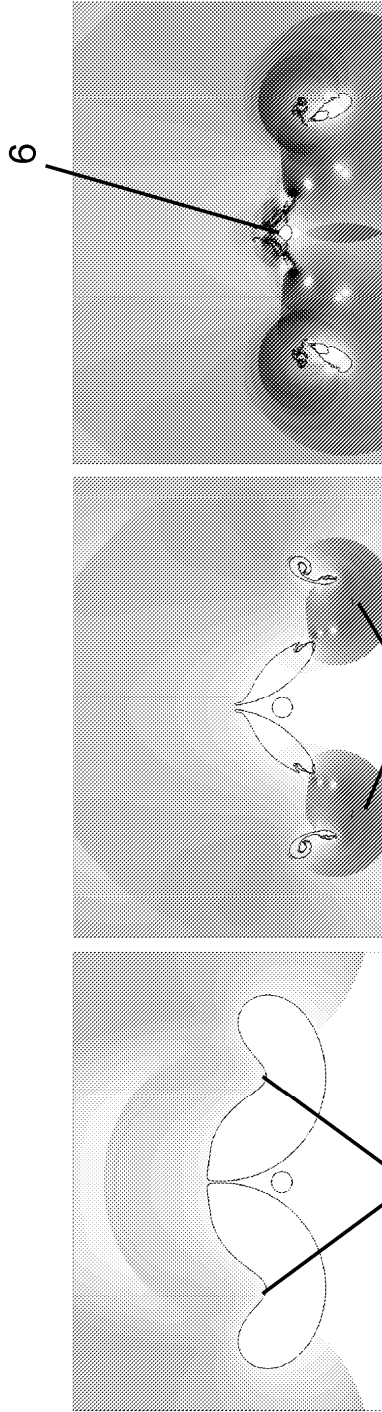
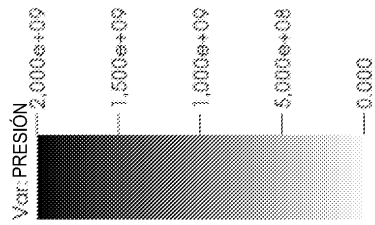


Fig. 2c

Fig. 2d

Fig. 2e



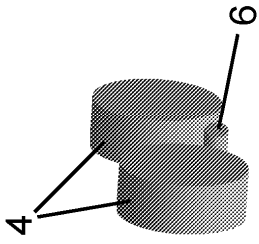


Fig. 3b

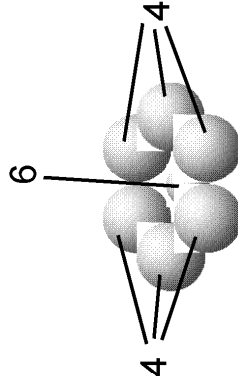


Fig. 3d

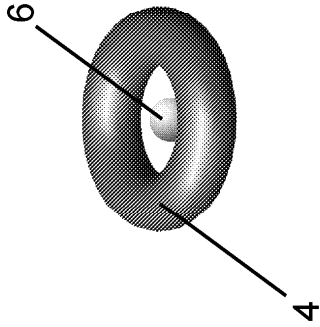


Fig. 3a

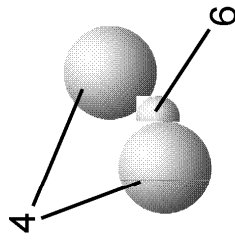


Fig. 3c

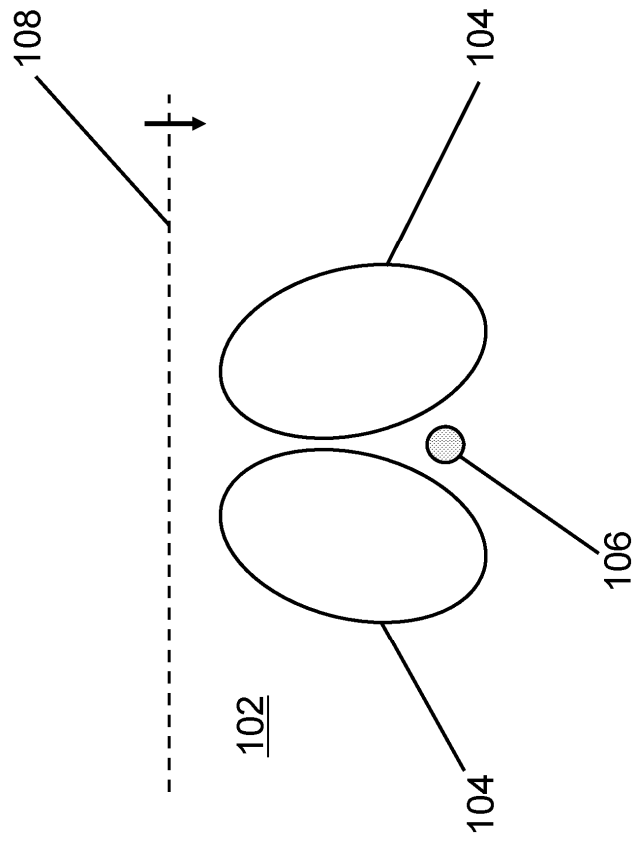


Fig. 4

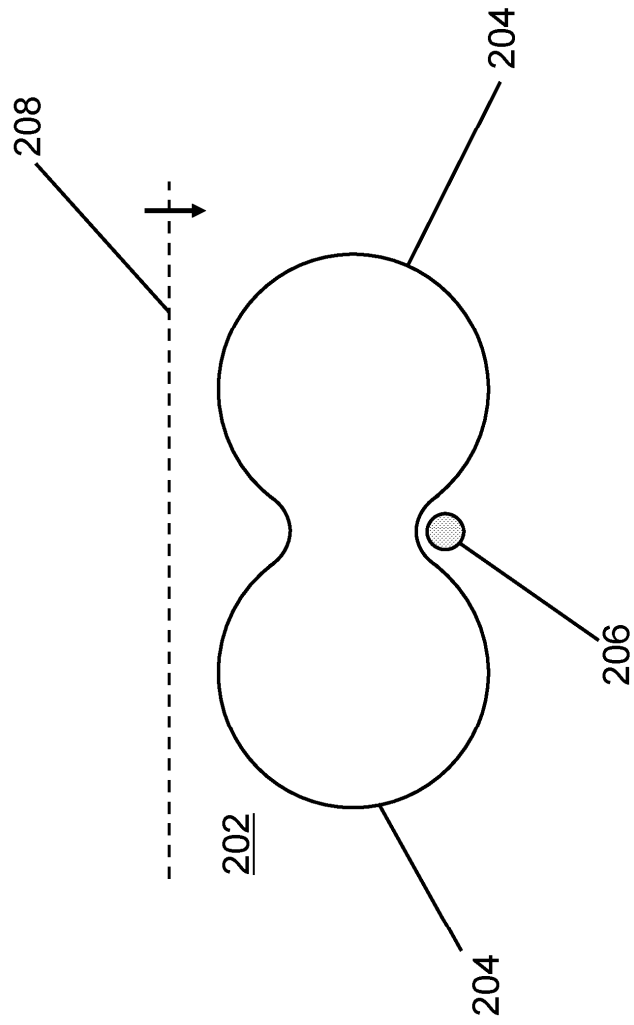


Fig. 5

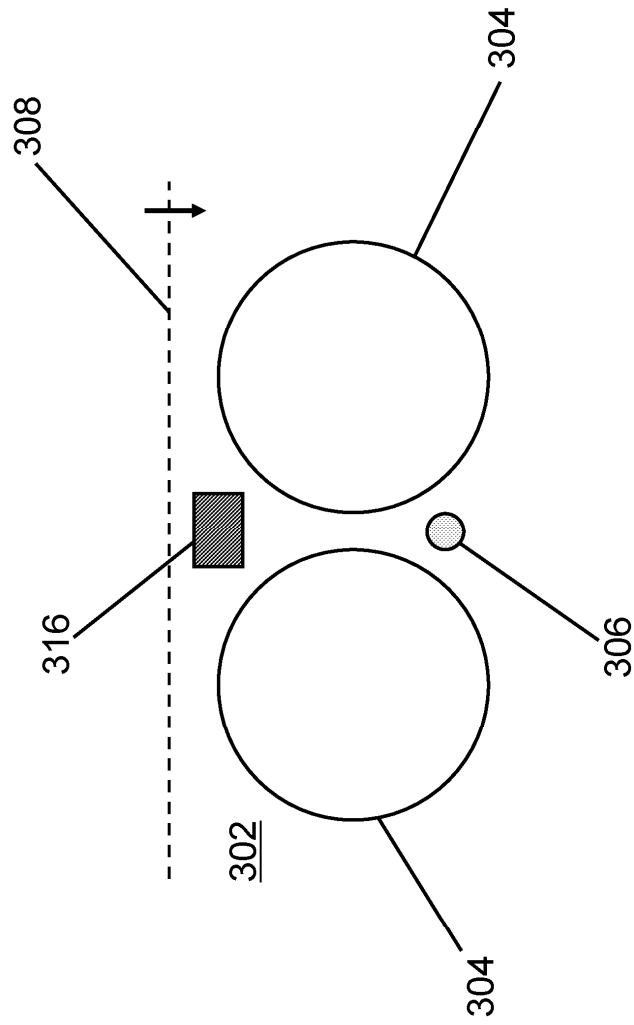


Fig. 6

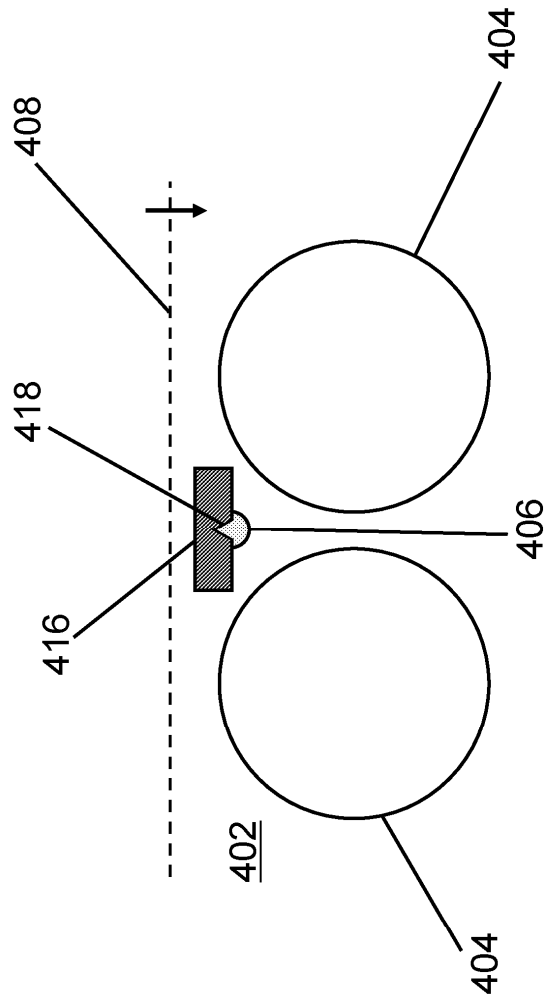


Fig. 7



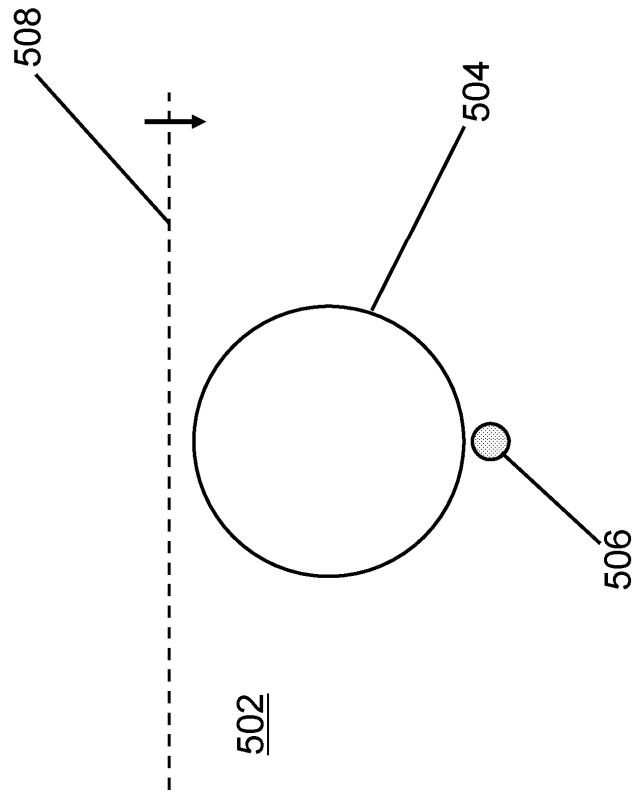


Fig. 8

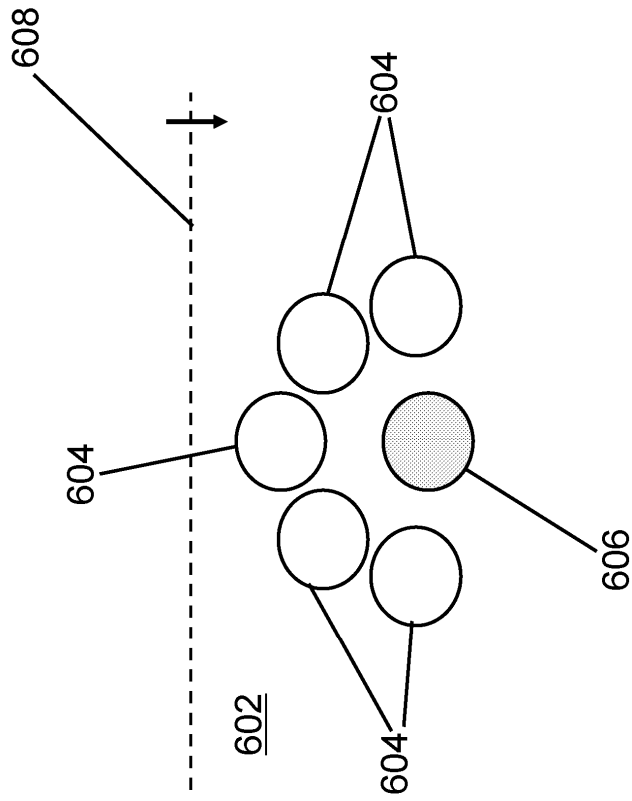


Fig. 9

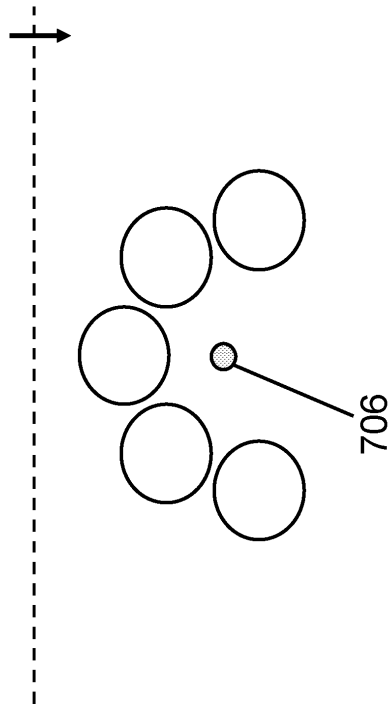


Fig. 10

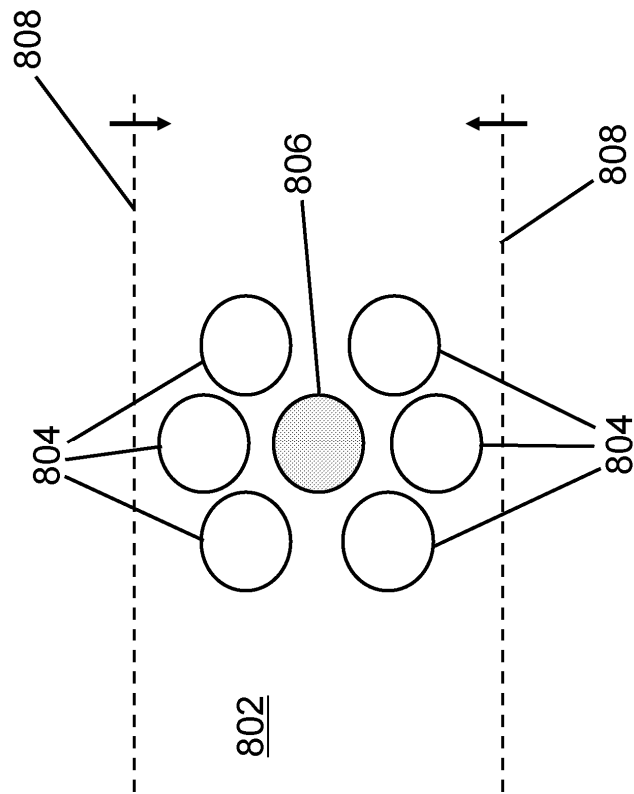


Fig. 11

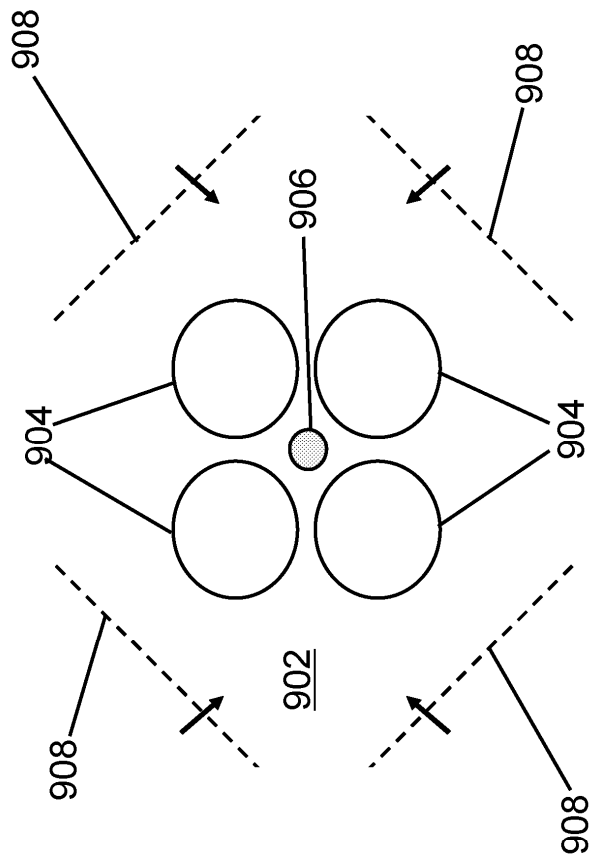


Fig. 12

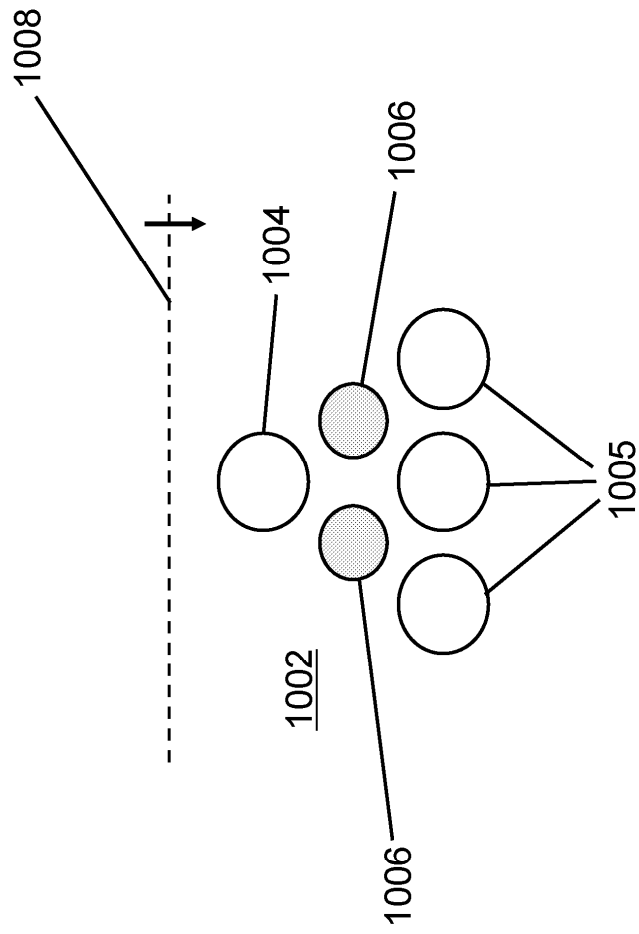


Fig. 13

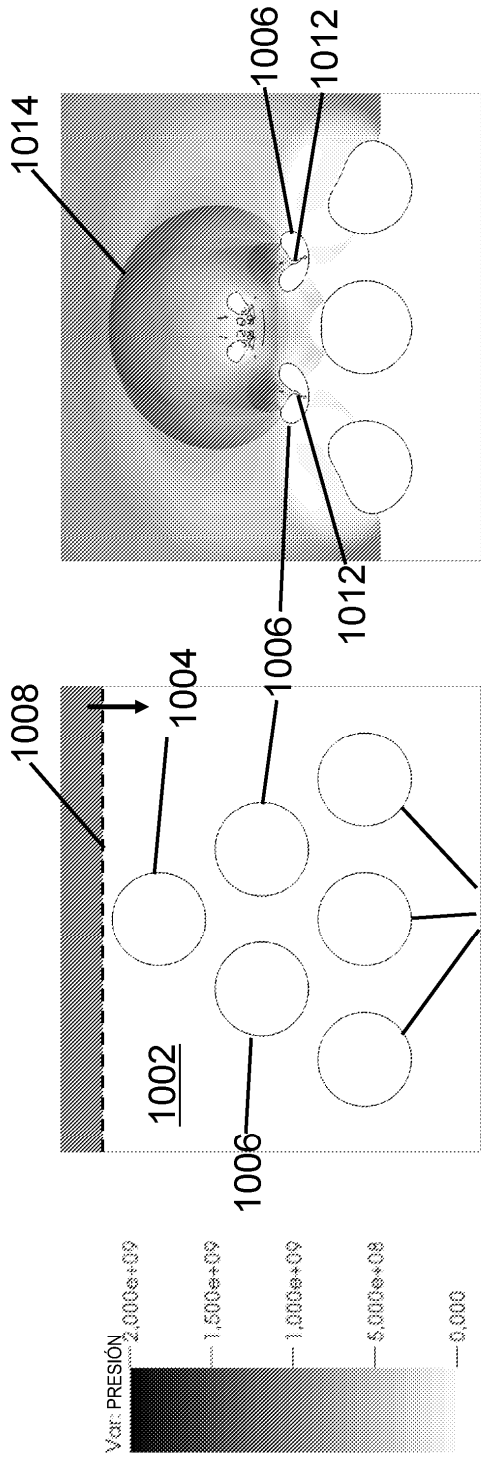


Fig. 14a

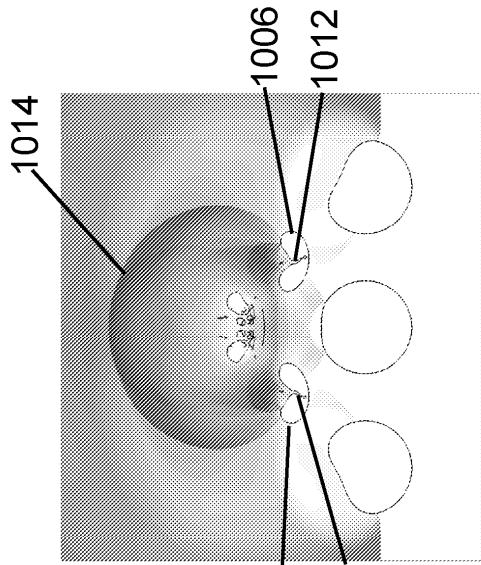


Fig. 14b

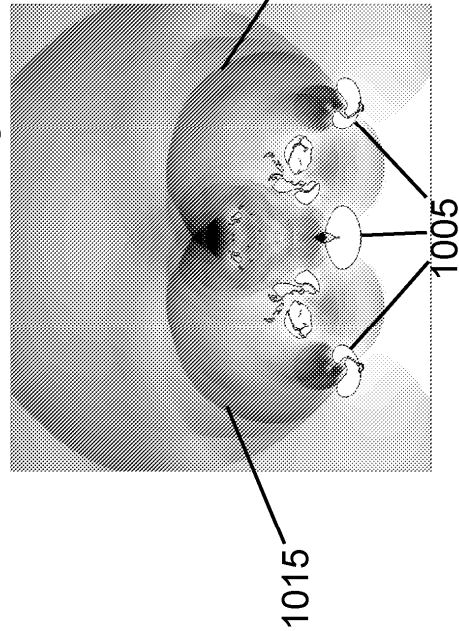


Fig. 14c

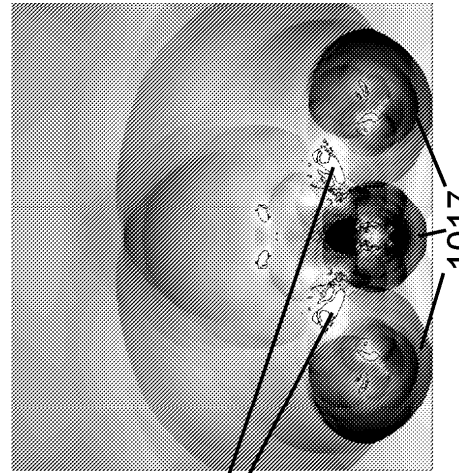


Fig. 14d

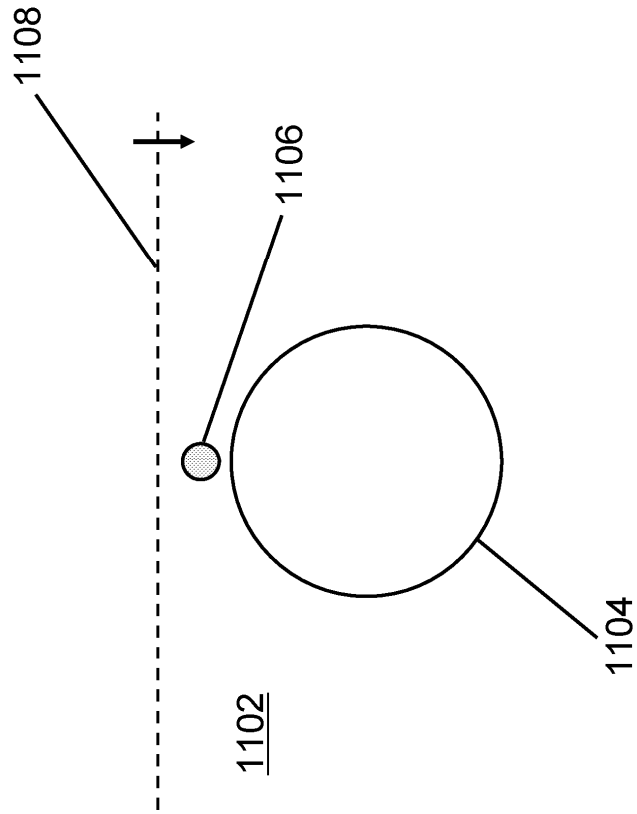


Fig. 15



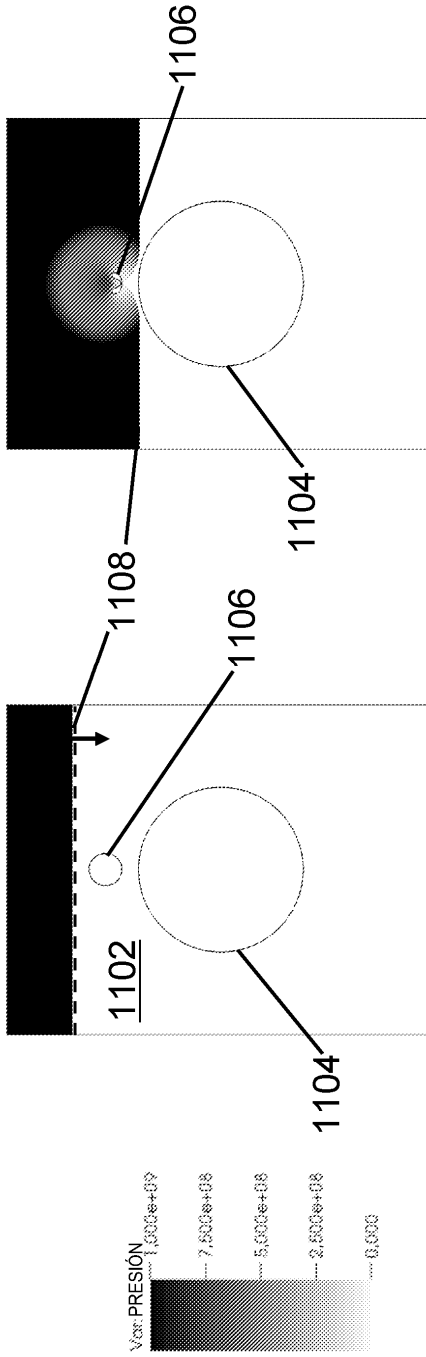


Fig. 16a

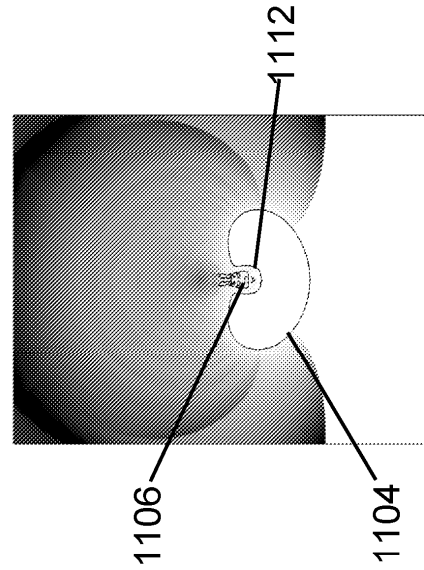


Fig. 16c

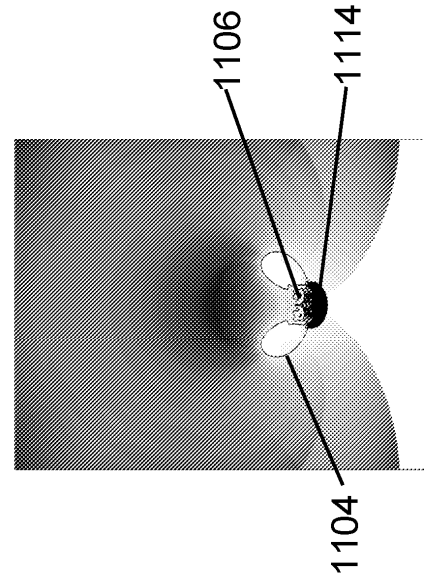
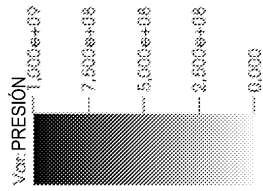


Fig. 16d



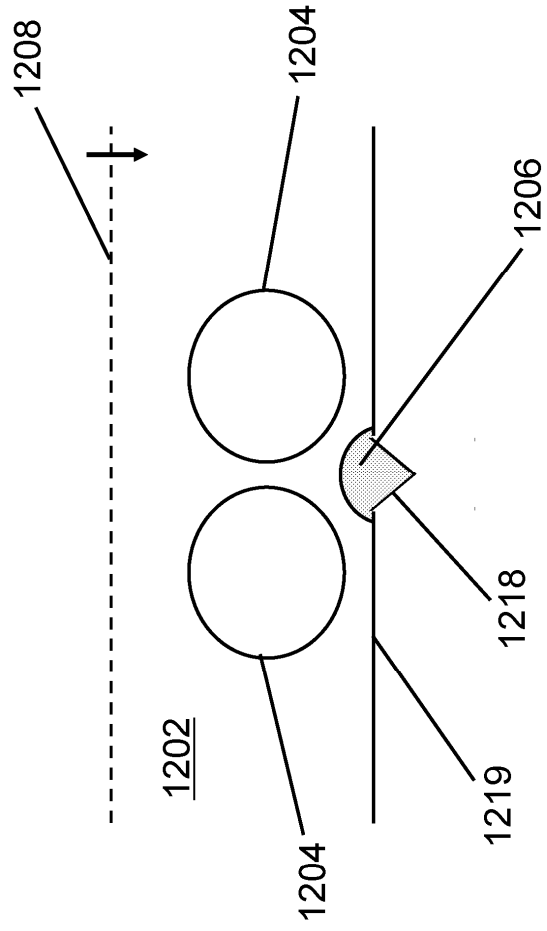


Fig. 17

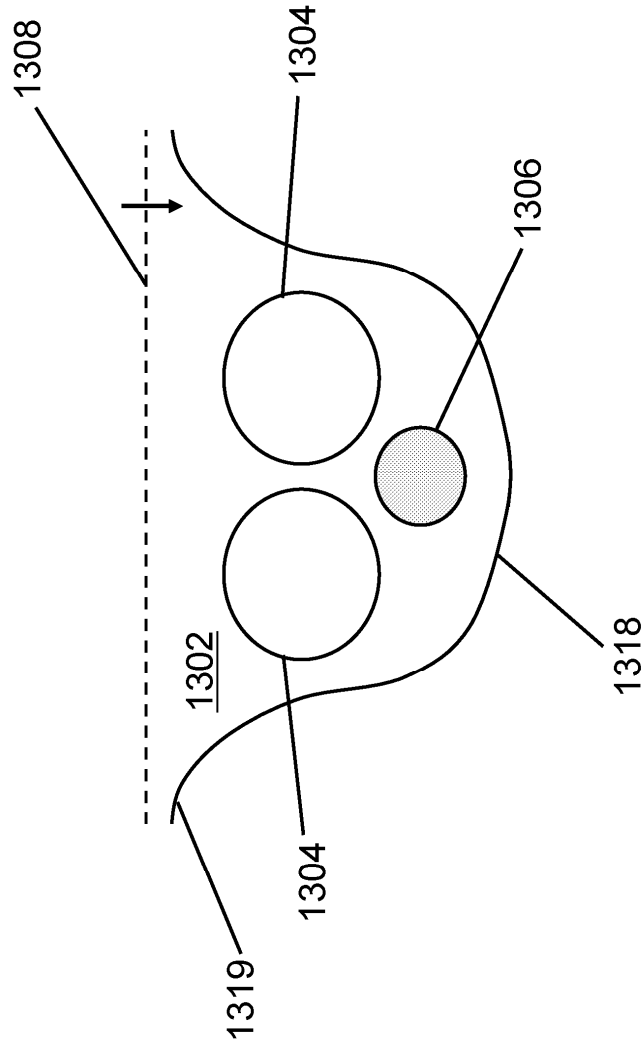


Fig. 18

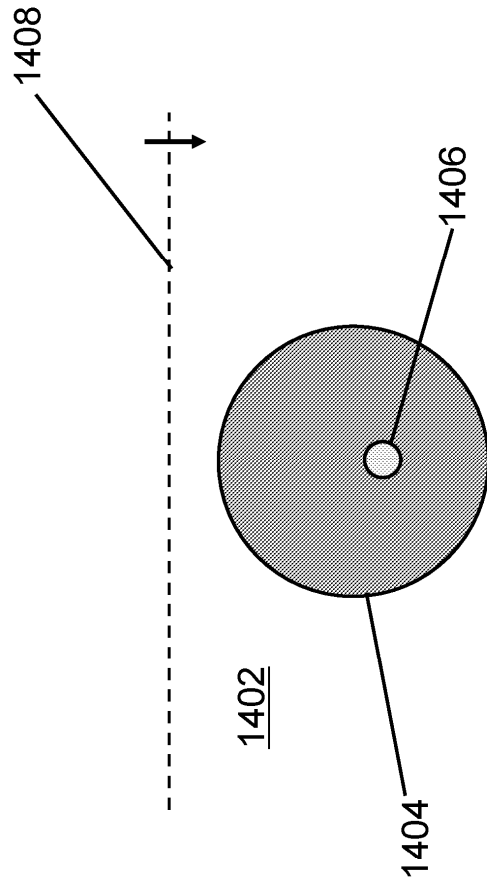


Fig. 19