

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 496 292**

51 Int. Cl.:

G21B 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2010 E 10787873 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014 EP 2504841**

54 Título: **Impactos entre gotitas a alta velocidad**

30 Prioridad:

27.11.2009 GB 0920814

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

18.09.2014

73 Titular/es:

**ISIS INNOVATION LTD (100.0%)
Ewert House Ewert Place Summertown
Oxford, Oxfordshire OX2 7SG, GB**

72 Inventor/es:

**VENTIKOS, YIANNIS y
HAWKER, NICHOLAS**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 496 292 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

Impactos entre gotitas a alta velocidad

Esta invención se refiere a métodos y aparatos para la generación de impactos entre gotitas de líquido a alta velocidad y un objetivo con el fin de producir energías muy altas localizadas. Se refiere concretamente, aunque no exclusivamente, a la generación de energías localizadas suficientemente altas como para provocar la fusión nuclear.

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 principalmente en el desarrollo de un reactor de fusión a gran escala, a un gran costo. Sin embargo, hay otras teorías que predicen mecanismos mucho más sencillos y baratos para la creación de la fusión. De interés aquí es el concepto paraguas de "fusión por confinamiento inercial", que utiliza fuerzas mecánicas (tales como las ondas de choque) para concentrar y enfocar la energía en áreas muy pequeñas.

Gran parte de la creencia en la fusión por confinamiento inercial viene de observaciones de un fenómeno llamado sonoluminiscencia. Esto ocurre cuando un líquido que contiene burbujas de un tamaño adecuado se conduce con una determinada frecuencia de los ultrasonidos. La onda de presión hace que la burbuja se expanda y después se contraiga muy violentamente; un proceso usualmente conocido como cavitación inercial. La rápida contracción de la burbuja conduce a la compresión desequilibrada que hace que los contenidos se calienten de tal manera que emiten luz [Gaitan, DF, Crum, L. A., Church, C. C., y Roy, R. A. Revista de la Sociedad Acústica de América 91(6), 3166-3183 Junio (1992)]. Ha habido 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)]. Sin embargo, los resultados observados todavía no han sido validados o reproducidos, a pesar del esfuerzo sustancial [Shapira, D. Y Saltmarsh, M. Physical Review Letters 89(10), 104302 Septiembre (2002)]. Este no es el único mecanismo propuesto que ha llevado a la luminescencia a partir del colapso de una burbuja; sin embargo, es el más documentado. La luminescencia también se ha observado desde 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 método al que esta invención se refiere.

Se ha propuesto en el documento US 7445319 disparar gotas esféricas de agua que se mueven a una velocidad muy alta (~1 km/s) a un objetivo rígido para generar una onda de choque intensa. Esta onda de choque se puede utilizar para colapsar burbujas que han sido nucleadas y posteriormente se han expandido dentro de la gotita. Es dentro de la burbuja colapsada que la patente anteriormente mencionada espera que la fusión tenga lugar. El mecanismo de la generación de la onda de choque por el impacto de gotitas a muy alta velocidad sobre una superficie se ha estudiado experimentalmente y numéricamente antes y está bien documentado (incluyendo el trabajo de uno de los inventores de la presente patente, [Haler, K. K., Ventikos, Y., Poulikakos, D., y Monkewitz, P. Journal of Applied Physics 92(5), 2821-2828 Septiembre (2002)].)

La presente invención tiene por objeto proporcionar una mejora de las técnicas antes mencionadas y también puede tener otras aplicaciones. Cuando se ve desde un primer aspecto la invención proporciona un método de impactar gotitas de líquido sobre una superficie como se reivindica en la reivindicación 1.

La invención también se extiende a un aparato para impactar gotitas de líquido sobre una superficie como se reivindica en la reivindicación 11.

Por lo tanto será visto por los expertos en la técnica que de acuerdo con la invención, en lugar de un objetivo plano sencillo como el que se ha empleado, el objetivo se le da forma con el fin de intensificar la onda de choque generada por el impacto de las gotitas. Esto puede dar densidades de energía pico mucho más altas en la gotita que en las técnicas conocidas: por ejemplo el moldeado de una realización concreta del objetivo de la presente invención puede dar un pico de presión dentro de la gotita de aproximadamente el doble del obtenido con una gotita por lo demás idéntica que impacte en un objetivo plano. La invención tiene muchas aplicaciones potenciales como se mencionará de nuevo más adelante. Sin embargo se considera que es particularmente aplicable a gotitas que tienen cavidades en las mismas por lo que el impacto de la gotita en el objetivo provoca la implosión de las cavidades de la forma descrita específicamente en el documento US 7445319.

De acuerdo con ello, un conjunto de realizaciones comprende los pasos de producir una corriente de chorro de líquido a presión que comprende un líquido y un material de nano-partículas, que provoca la ruptura de dicha corriente de chorro produciendo una pluralidad de gotitas que contienen líquido y material de nano-partículas y la irradiación de las gotitas con energía para producir y ampliar cavidades dentro de las gotitas. Otro conjunto de realizaciones comprende los pasos de producir una corriente de chorro de líquido a presión que comprende un líquido y una emulsión volátil y que provoca la ruptura de dicha corriente de chorro, produciendo una pluralidad de gotitas que contienen tanto dicho líquido y dicha emulsión volátil. Después la emulsión provoca la formación de burbujas en las gotitas.

Existe una amplia variedad de formas de superficie objetivo que pueden dar lugar a la intensificación de la onda de choque en las gotitas. Los inventores se han dado cuenta que un criterio importante es que la superficie esté

conformada de tal manera que el borde de la zona de contacto entre la gota y la superficie viaja a una velocidad supersónica significativamente más allá del momento inicial de la colisión, por ejemplo, para una gota de 100 micrómetros que se mueve a 1000 metros por segundo, la línea de contacto permanece supersónica durante al menos 20 nanosegundos después del impacto. Los inventores han observado que en el caso de una superficie objetivo plana, cuando la gota impacta inicialmente el objetivo, el borde de la zona de contacto tiene una velocidad instantánea alta. También se ha observado que hay una onda de choque muy fuerte formada y que mientras que el movimiento de la línea de contacto entre la superficie de la gota y el objetivo permanece supersónico en relación a la velocidad del sonido del líquido, el choque permanece fijado a la pared. Durante este tiempo en el que el choque se fija a la pared, se está intensificando. Cuando la velocidad de la línea de contacto cae por debajo de la velocidad del sonido en el líquido, el choque comienza a moverse hacia el exterior en la gotita para golpear finalmente la burbuja nucleada dentro del interior de la gotita.

Al hacer que la forma de la superficie del objetivo se ajuste a la forma de la gotita de acuerdo con la invención, la velocidad de propagación del borde de la zona de contacto se mantiene a un nivel supersónico durante un tiempo más largo, que lleva a una onda de choque más fuerte.

En un conjunto de realizaciones preferentes, la superficie objetivo es cóncava lo cual tiene el efecto de concentrar la energía y la intensificación de la formación inicial de la onda de choque. En algunos ejemplos no limitantes, la superficie podría tener una forma elipsoide o paraboloides. La superficie no necesita ser curva de forma continua. Por ejemplo, en un conjunto de realizaciones la superficie objetivo comprende una pluralidad de partes distintas, por ejemplo, con un gradiente de discontinuidad entre ellas. Las partes podrían ser ellas mismas elipses parciales, parábolas, y así sucesivamente, pero igualmente podrían ser rectas. Un conjunto particular de realizaciones de superficies hechas de partes distintas se podrían describir como polinómicas por tramos.

La superficie objetivo de acuerdo con la invención podría ser conformada de tal manera que haya una sola zona de contacto que genera una sola onda de choque (por ejemplo como sería el caso con una superficie elíptica o forma parabólica). Sin embargo, en un conjunto de realizaciones potencialmente ventajosas, la superficie tiene una forma tal que existe una pluralidad de puntos de contacto discretos entre la gotita y la superficie y por lo tanto una pluralidad de zonas de contacto discretos y ondas de choque que se propagan en la gotita debido a las interacciones de las ondas de choque que avanzan en la gotita en un momento posterior que el régimen de la línea de contacto supersónico. Esto puede dar lugar a una concentración incluso más intensa de energía en el interior de la gotita. En un conjunto de realizaciones preferentes en las que la energía concentrada en la gotita provoca la implosión de una cavidad, esto puede incrementar el éxito de la generación de la fusión por confinamiento inercial.

Los puntos de contacto múltiple anteriormente mencionados podrían surgir de las partes de superficie diferenciadas anteriormente mencionadas, con alguna o todas de las partes correspondientes a los puntos de contacto respectivos. Adicionalmente o alternativamente la superficie podría comprender una pluralidad de protuberancias para actuar como los puntos de contacto múltiples.

El objetivo puede comprender un sólido por ejemplo un metal, por ejemplo acero. De hecho cualquiera de los materiales objetivo descritos en el documento US 7445319 sería adecuado. Sin embargo, no es esencial la utilización de un objetivo sólido y se prevé que pueda emplearse un objetivo líquido. La forma de la superficie objetivo requerida se podría lograr de numerosas formas. Por ejemplo, la superficie de un volumen de líquido se podría excitar con una vibración adecuada (por ejemplo utilizando ultrasonidos u otro método) para generar una onda que tenga la forma deseada. Alternativamente la forma deseada se podría alcanzar a través del ángulo de contacto entre un líquido y una superficie sólida con propiedades humectantes apropiadamente emparejadas. Por supuesto, este último ejemplo muestra que la superficie podría estar compuesta de una combinación de sólidos y líquidos.

En un conjunto de realizaciones preferentes, los métodos descritos en el presente documento se emplean para generar reacciones de fusión nuclear. El combustible para la reacción podría ser proporcionado por la gotita, el vapor o el gas en el interior de la cavidad dentro de la gotita, la nano-partícula, o el combustible podrían ser proporcionados por el propio objetivo. Cualquiera de los combustibles mencionados en el documento US 7445319 es adecuado para utilizar en la presente invención.

Las reacciones de fusión que se pueden obtener de acuerdo con ciertas realizaciones de la invención se podrían utilizar para la producción de energía neta (el objetivo de investigación a largo plazo en este campo), pero los inventores han apreciado que incluso si la eficiencia de la fusión está 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 para la producción de tritio que puede utilizarse como combustible en otros proyectos de fusión y es muy caro de producir con las tecnologías actualmente disponibles. La fusión también puede ser beneficiosa en dar una fuente de neutrones rápida y segura que tiene muchas aplicaciones posibles que serán evidentes para los expertos en la técnica.

Por otra parte, no es esencial en absoluto de acuerdo con la invención producir la fusión. Por ejemplo, en algunas realizaciones se pueden emplear ventajosamente las técnicas y aparatos de la presente invención como un reactor de sonocáquica que se puede utilizar para acceder a condiciones extremas e inusuales.

Ciertas realizaciones de la invención se describirán ahora, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra el impacto de una gotita sobre un objetivo plano, que se muestra únicamente con una finalidad de referencia;

5 La figura 2 es un diagrama esquemático en primer plano de un objetivo mejorado de acuerdo con la invención;

La figura 3 es un diagrama similar a la figura 1, que muestra el progreso del choque cuando se emplea un objetivo curvado;

La figura 4 es un diagrama esquemático en primer plano de una forma de objetivo alternativo de acuerdo con la invención;

10 La figura 5 es un diagrama esquemático de otra realización de la invención que ilustra múltiples ondas de choque;

Las figuras 6a a 6e son varias posibles formas alternativas de la superficie del objetivo de acuerdo con la invención;

La figura 7 muestra otra posible realización de la superficie del objetivo; y

Las figuras 8a y 8b muestran finalmente además realizaciones alternativas de la superficie del objetivo que tiene protuberancias.

15 La figura 1 muestra el mecanismo básico tras la generación de energía concentrada por el impacto de una gotita A sobre un objetivo B plano. Esto se describe con mayor detalle en el documento US 7445319 y [Haller, K. K., Ventikos, Y., Poulidakos, D., y Monkewitz, P. Journal of Applied Physics 92(5), 2821-2828 Setiembre (2002)]. En la parte izquierda de la figura 1, la gotita A se muestra inmediatamente antes del impacto. En la parte central del diagrama, se muestra que a medida que la gotita A golpea el objetivo B, se forma una fuerte onda de choque C que
20 empieza a propagarse hacia atrás dentro de la gotita tal como se indica mediante la flecha D. Durante los momentos iniciales después del impacto, el borde E de la zona de contacto entre la gotita A y el objetivo B se mueve hacia fuera más rápido que el camino de propagación de la onda de choque D, en otras palabras la línea de contacto se mueve a una velocidad supersónica. En este punto, los extremos de la onda de choque C permanecen en contacto con el objetivo B. Sin embargo, la velocidad de la línea de contacto cae pronto y la onda de choque C empieza a propagarse en la gotita tal como se muestra mediante la flecha D. Para el caso de una gotita de 100 micrómetros que viaja a 500 metros por segundo y que golpea una superficie objetivo plana, esta fase dura aproximadamente 6 nanosegundos. A medida que la onda de choque se propaga en la gotita, se provoca una implosión rápida y por lo tanto un calentamiento rápido de la cavidad en la burbuja (omitida en la figura 1 para mayor claridad). Esto provoca un calentamiento local intenso que puede ser suficiente para generar una reacción de fusión nuclear dentro de la
30 gotita.

La figura 2 muestra, en una vista de primer plano, una superficie objetivo de acuerdo con una primera realización de la presente invención. En esta realización, el objetivo 2 tiene una forma curvada cóncava que forma parte de una elipse. Como se puede apreciar en la figura 2 y visto más claramente en la figura 3, la forma elíptica de la superficie 2 objetivo se ajusta más estrechamente a la forma de la gotita 4 que golpea lo que no es un objetivo plano. Se
35 puede ver a partir de este diagrama esquemático que el eje mayor de la elipse es aproximadamente dos veces el diámetro de la gotita 4.

La figura 3 muestra las etapas del impacto de la gotita y la generación de la onda de choque como en la figura 1 en el caso de este objetivo curvado. Como se verá en este caso, la superficie 2 se ajusta mejor a la forma de la gotita 4 impactada que provoca que el borde de la zona 6 de contacto viaje más rápido que el frente de la onda de choque 8 durante un período de tiempo más largo. Para el caso de una gotita de 100 micrómetros que viaja a 500 metros por segundo y que golpea una superficie en forma de, de acuerdo con algunas realizaciones de esta invención, algo parecido a una onda sinusoidal con un período de 300 micrómetros, el régimen de línea de contacto supersónico se alcanza después de 12 nanosegundos aproximadamente.

45 Cuando la onda de choque 8 se propaga en la gotita como se muestra por la flecha 10, la presión resultante tras ella aumenta debido a la intensificación de la formación de la onda de choque 8 por la concentración de la energía que utiliza la superficie formada.

La forma resultante de la onda de choque 8 cuando se propaga en la gotita es cóncava en lugar de convexa (como en el caso de la superficie objetivo plana) y esto actúa para mejorar adicionalmente la presión detrás de la onda de choque 8 cuando golpea la cavidad en comparación con el caso de superficie objetivo plana. La presión incrementada que llega a la cavidad (de nuevo omitida para mayor claridad) aumenta la temperatura alcanzada durante la implosión y la energía disponible para inducir la fusión. El hecho de que la onda de choque se ajuste mejor a la superficie de la burbuja objetivo también es beneficioso.

Se muestra una realización adicional de la invención en la figura 4. Esta es similar a la realización mostrada en la figura 2, excepto que la superficie 12 objetivo en este ejemplo es parabólica en vez de elíptica. Esta realización da

un grado de conformidad ligeramente mayor que la forma elíptica mostrada en la figura 2.

La figura 5 muestra un ejemplo de una realización en la que la superficie objetivo se compone de tres partes 14a a 14c de superficie discretas. Las partes 14a a 14c de superficie individuales son planas en lugar de curvadas en esta realización concreta, aunque es evidente que la superficie objetivo en su conjunto es cóncava. Como ilustra el diagrama, cuando la gotita 2 impacta contra la superficie 14 objetivo, hay tres puntos de contacto separados que dan lugar a tres ondas de choque 16a a 16c correspondientes. Las tres ondas de choque convergen y se solapan en un punto 18 dentro de la gota, reforzándose entre sí para dar una presión concentrada todavía mayor y densidad de energía. Por optimización de la superficie de diseño, el punto de solape puede hacerse coincidir con la cavidad, dando así una implosión más violenta y temperaturas pico más altas dentro de la burbuja.

Las figuras 6a a 6e muestran diferentes formas de superficies alternativas posibles que dan lugar a múltiples puntos de contacto y por lo tanto le dan las ventajas descritas anteriormente.

La figura 7 todavía muestra una posible realización adicional en la cual la superficie 20 objetivo comprende dos partes 20a, 20b de superficie inconexas cada una de las cuales es curvada por ejemplo como una elipse o una parábola. Esto se puede tratar de combinar las ventajas de una superficie curvada, descritas con referencia a las figuras 2 a 4, con las ventajas de múltiples puntos de contacto descritas con referencia a la figura 5.

Las figuras 8a y 8b muestran respectivamente dos posibles realizaciones que ilustran otro principio para combinar las ventajas de una superficie objetivo curvada con múltiples puntos de contacto y por lo tanto múltiples ondas de choque. En estas realizaciones, la superficie 22, 24 comprende una pluralidad de protuberancias 26, 28 discretas a partir de las cuales se generan ondas de choque. En estas realizaciones, las ondas de choque producidas por las protuberancias 26, 28 discretas se combinarán con y reforzarán las producidas por el impacto con el resto de la superficie 22. De esta manera la forma de la onda de choque que avanza en la burbuja se puede controlar de forma explícita mediante la conformación del objetivo consecuentemente.

En cada una de las realizaciones descritas anteriormente, los diagramas mostrados son una sección transversal vertical a través de una gotita tridimensional y la superficie objetivo y por lo tanto representan realizaciones que son simétricas respecto de un eje de rotación. Sin embargo, esto no es esencial para la invención. En particular la superficie podría comprender partes de superficie distintas en la dirección de rotación ya sea en lugar de, o así como en la sección transversal vertical mostrada. En este último caso la superficie objetivo sería multifacética. Cada cara podría dar lugar ondas de choque separadas pero convergentes. A modo de ejemplo, una realización no simétrica respecto a un eje de rotación de las ideas mostradas en la figura 8 podría comprender un plato elíptico en la superficie objetivo con cualquier distribución arbitraria de protuberancias dentro de ella.

En todas las realizaciones descritas, el aparato se puede utilizar por el disparo de una corriente de gotitas de muy alta velocidad, por ejemplo, de agua deuterada que contiene nano-partículas - como el oro - mediante la producción de una corriente de líquido que luego se rompe e irradia con láser para crear cavidades de vapor dentro de las gotitas. Este procedimiento es como el descrito en el documento US 7445319 y se puede lograr utilizando el aparato descrito en el mismo y en US 7380918. En un ejemplo de implementación las gotitas tienen un diámetro de aproximadamente 100 micrómetros, viajan a una velocidad de aproximadamente 1 kilómetro por segundo y se producen a una frecuencia a una frecuencia de aproximadamente 1 megahercio. En el modelo numérico del experimento, esto da lugar a un pico de presión de $7,5 \times 10^8$ pascales que es suficiente para provocar temperaturas dentro de la burbuja colapsada por encima de 150.000 kelvin que pueden ser suficientes para una reacción de fusión nuclear de los átomos de deuterio. En algunos ejemplos no limitativos los neutrones resultantes se podrían utilizar en otros procesos, o podrían ser absorbidos por un absorbedor de neutrones para la conversión de la energía cinética de los neutrones en energía térmica y generación de energía termodinámica convencional de esta manera.

Sin embargo, existen otras muchas formas de producción de energía. Por ejemplo la fusión boro-hidrógeno también se podría utilizar. Los resultados de la fusión boro-hidrógeno en núcleos de helio y los métodos utilizados para emplear la energía de esta reacción pueden ser muy diferentes - por ejemplo, la carga en movimiento puede generar electricidad directamente. Además no es esencial para que tenga lugar la fusión; las presiones y temperaturas mejoradas en el interior de la burbuja colapsada por las formas objetivo de acuerdo con la invención pueden ser útiles en otros contextos para estudiar otras reacciones bajo condiciones exóticas.

REIVINDICACIONES

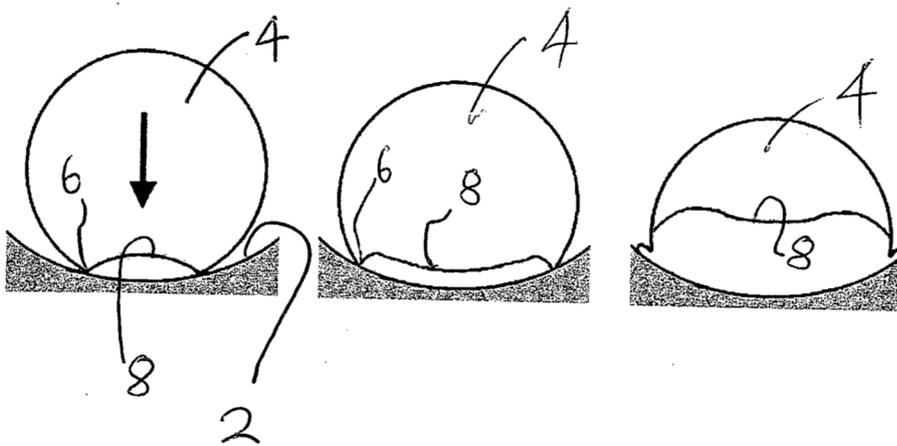
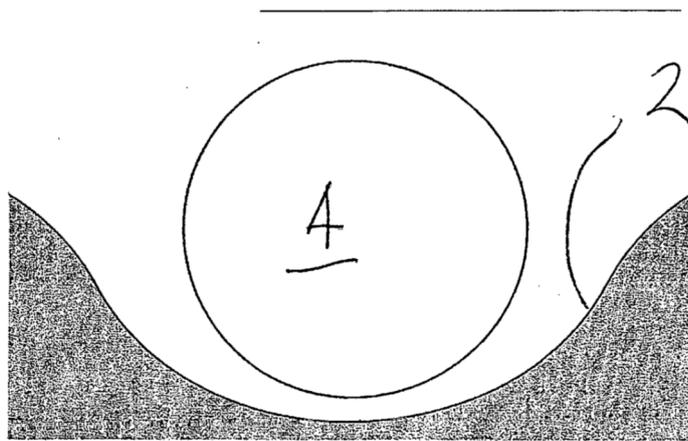
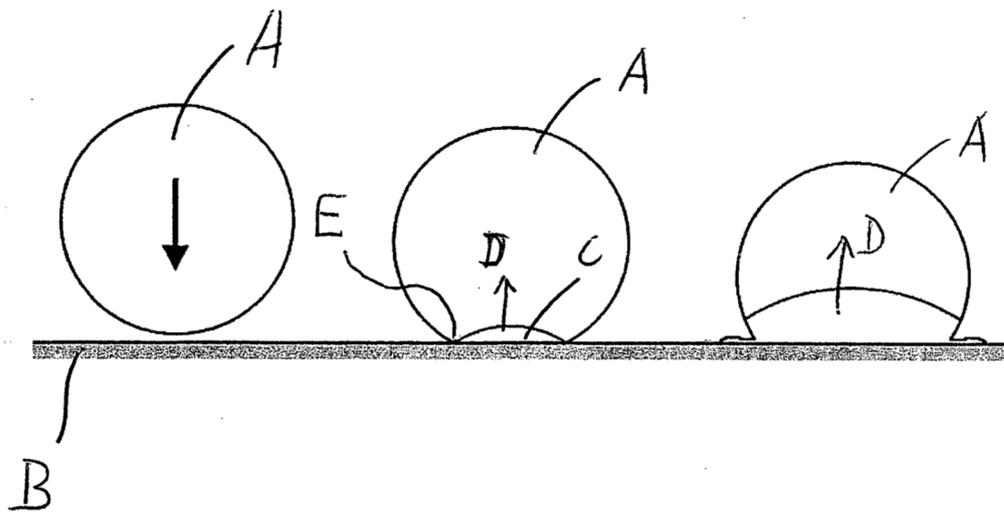
- 5 1.- Un método de impactar las gotitas de líquido sobre una superficie que comprende proporcionar una serie de gotitas (4) de líquido, que dirige dichas gotitas (4) de líquido a una superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo para provocar una onda (8; 16a; 16b; 16c) de choque en las gotitas (4) tras el impacto, caracterizado por que la superficie objetivo no es plana y está conformada de tal manera que hay una sola zona de contacto o una pluralidad de zonas de contacto discretas entre la gotita y la superficie, con el fin de intensificar la onda de choque en la gotita.
- 10 2.- Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, que comprende la producción de una corriente de chorro líquido presurizado de un líquido y un material de nano-partículas, provocando la rotura de dicha corriente de chorro para producir una pluralidad de gotitas (4) que contienen líquido y material de nano-partículas, y la irradiación de las gotitas (4) con energía para producir y ampliar las cavidades en el interior de las gotitas (4).
- 3.- Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, que comprende la producción de una corriente de chorro de líquido presurizado que comprende un líquido y una emulsión volátil, y provocando la rotura de dicha corriente de chorro para producir una pluralidad de gotitas (4) que contienen tanto el citado líquido como dicha emulsión volátil.
- 15 4.- Un método como el reivindicado en la reivindicación 1, 2 o 3, en el que la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) está conformada de tal manera que el borde de la zona de contacto entre la gotita (4) y la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) viaja a una velocidad supersónica significativamente más allá del momento inicial de la colisión.
- 5.- Un método como el reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que la forma de la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo está dispuesto para adaptarse a la forma de la gotita.
- 20 6.- Un método como el reivindicado en cualquier reclamación precedente, en el que la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo es cóncava.
- 7.- Un método como el reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que la superficie (14; 20) objetivo comprende una pluralidad de partes (14a, 14b, 14c; 20a, 20b) discretas.
- 8.- Un método como el reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que la superficie (14; 20; 22; 24) objetivo está formada de tal manera que hay una pluralidad de puntos de contacto iniciales discretos entre la gotita (4) y la superficie (14; 20; 22; 24).
- 25 9.- Un método como el reivindicado en la reivindicación 8, en el que la superficie (22; 24) objetivo comprende una pluralidad de protuberancias (26; 28) para actuar como la pluralidad de puntos de contacto iniciales discretos.
- 10.- Un método como el reivindicado en cualquier reivindicación precedente, empleado para generar reacciones de fusión nucleares.
- 30 11.- Un aparato para impactar las gotitas de líquido sobre una superficie que comprende medios para producir una serie de gotitas (4) de líquido, medios para dirigir dichas gotitas (4) de líquido a una superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo para provocar una onda de choque (8; 16a, 16b, 16c) en las gotitas (4) tras el impacto caracterizado por que dicha superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo no es plana y está conformada de tal manera que hay una sola zona de contacto o una pluralidad de zonas de contacto discretas entre la gotita y la superficie, con el fin de intensificar la onda de choque en la gotita (4).
- 35 12.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 11, que comprende medios para producir una corriente de chorro de líquido a presión que comprende un líquido y un material de nano-partículas, medios para provocar la rotura de dicha corriente de chorro para producir una pluralidad de gotitas (4) que contienen líquido y material de nano-partículas, y medios para irradiar las gotitas (4) con energía para producir y ampliar las cavidades en el interior de las gotitas (4).
- 40 13.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 11, que comprende medios para producir una corriente de chorro líquido a presión que comprende un líquido y una emulsión volátil, y medios para provocar la rotura de dicha corriente de chorro para producir una pluralidad de gotitas (4) que contienen tanto el citado líquido como dicha emulsión volátil.
- 45 14.- Un aparato como el reivindicado en las reivindicaciones 11, 12 o 13, en el que la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) está conformada de tal manera que el borde de la zona de contacto entre la gotita (4) y la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) viaja a una velocidad supersónica significativamente más allá del momento inicial de la colisión.
- 15.- Un aparato como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que la forma de la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo está dispuesta para adaptarse a la forma de la gotita (4).
- 50 16.- Un aparato como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en el que la superficie (2; 12; 14; 20; 22; 24) objetivo es cóncava.
- 17.- Un aparato como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que la superficie (14; 20)

objetivo comprende una pluralidad de partes (14a, 14b, 14c; 20a, 20b) discretas.

18.- Un aparato como el reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 17, en el que la superficie (14; 20; 22; 24) objetivo está conformada de tal manera que hay una pluralidad de puntos de contacto iniciales discretos entre la gotita (4) y la superficie (14; 20; 22; 24).

- 5 19.- Un aparato como el reivindicado en la reivindicación 18, en el que la superficie (22; 24) objetivo comprende una pluralidad de protuberancias (26; 28) para actuar como la pluralidad de puntos de contacto iniciales discretos.

20.- El uso del aparato reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, para generar reacciones de fusión nuclear.



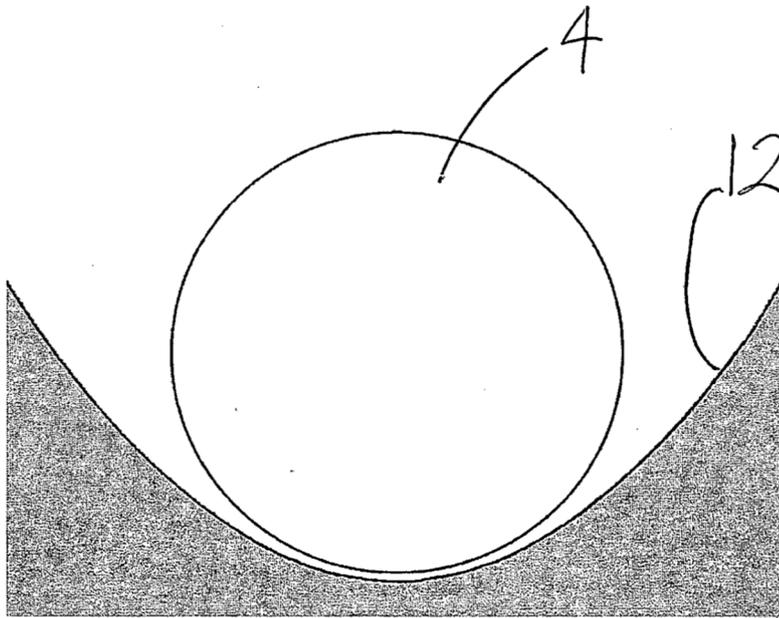


Fig. 4

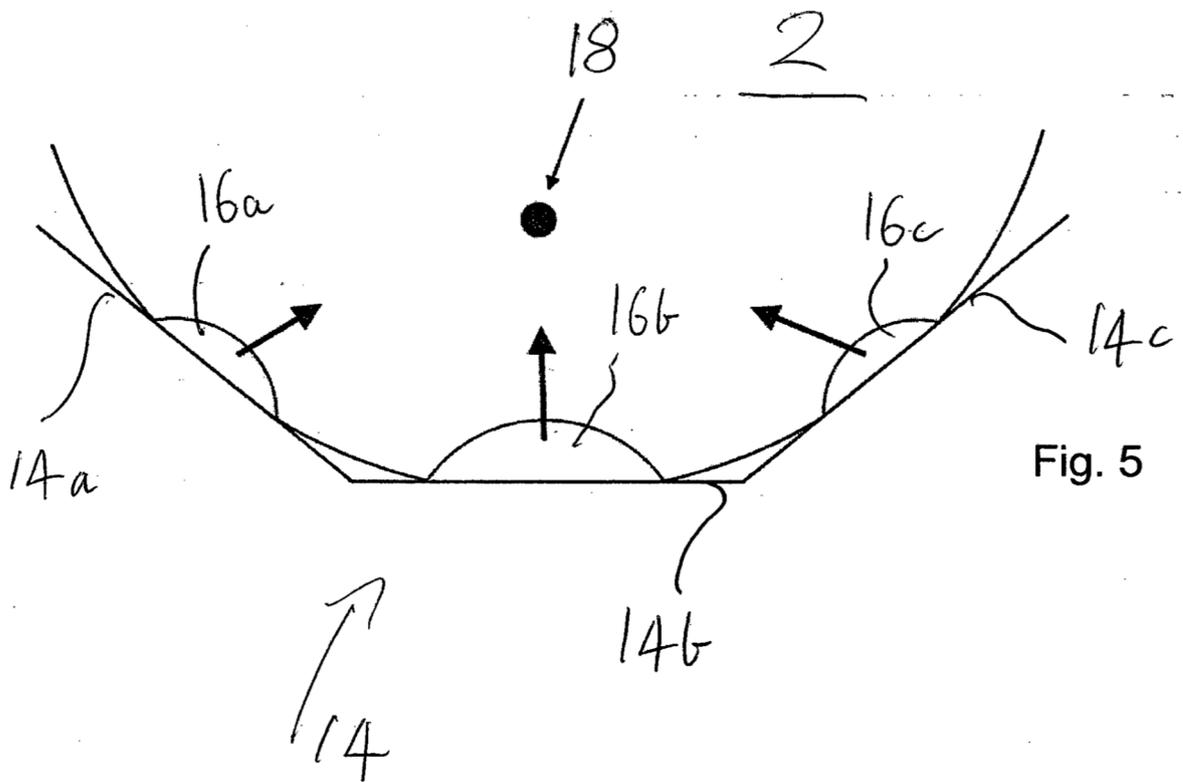


Fig. 5

Fig. 6a



Fig. 6b



Fig. 6c

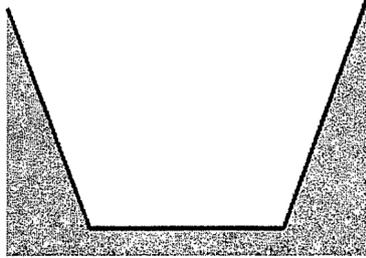


Fig. 6d

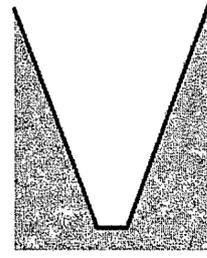


Fig. 6e

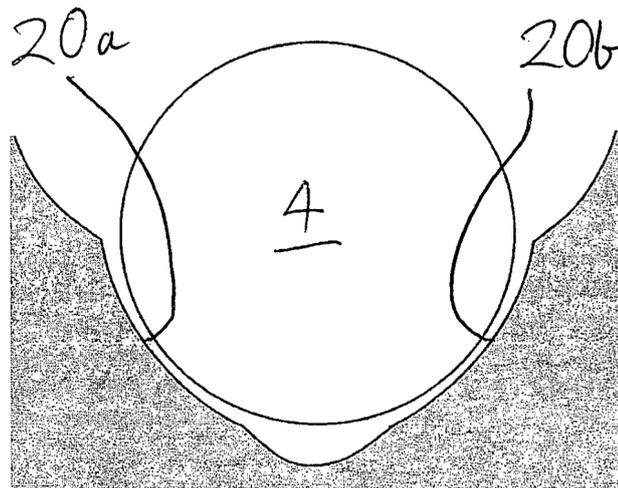
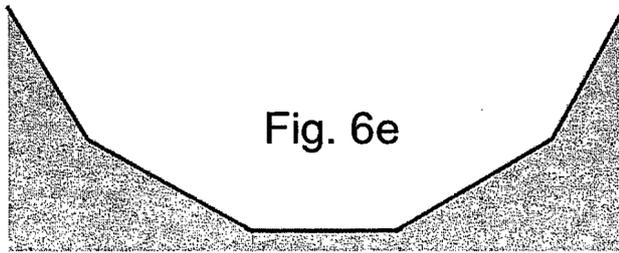


Fig. 7

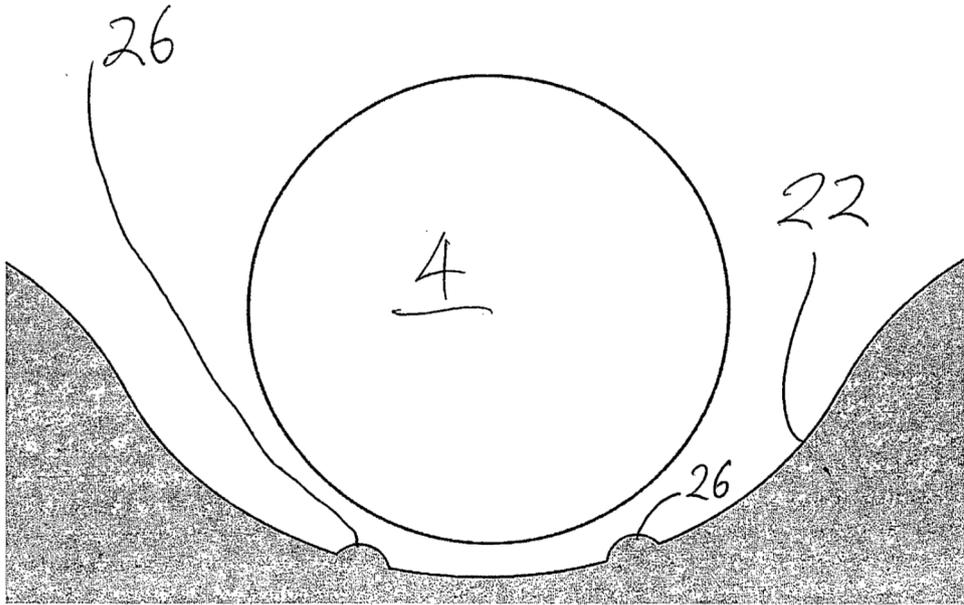


Fig 8a

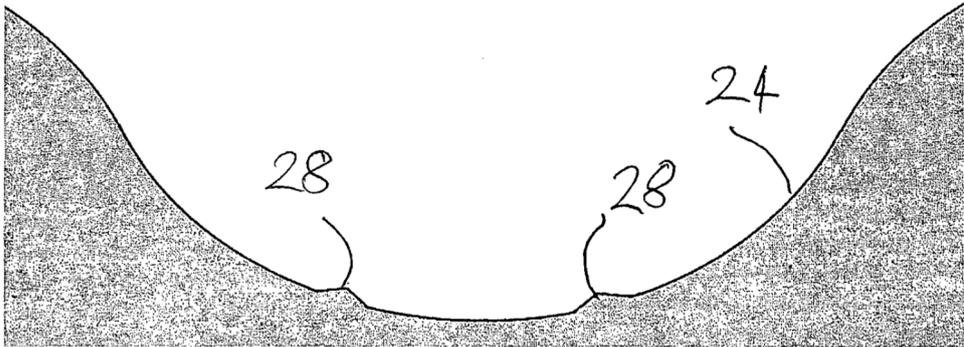


Fig 8b