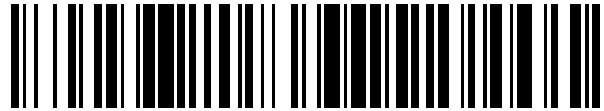


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 566 940**

51 Int. Cl.:

A61B 18/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.04.2012** **E 12718916 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016** **EP 2840999**

54 Título: **Litotriptor con pulsos de láser conformados**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.04.2016

73 Titular/es:

DORNIER MEDTECH LASER GMBH (100.0%)
Argelsrieder Feld 7
82234 Wessling, DE

72 Inventor/es:

HIERETH, WERNER;
RUSS, DETLEF;
BIGGEL, STEFAN y
HIBST, RAIMUND

74 Agente/Representante:

MILTENYI, Peter

ES 2 566 940 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

Litotriptor con pulsos de láser conformados.

5 Esta invención se refiere a un litotriptor para generar pulsos con una forma determinada. Dichos pulsos pueden generarse, por ejemplo, utilizando un láser de estado sólido bombeado por pulsos.

10 El mecanismo de fragmentación de piedras con un láser de estado sólido en pulsos es conocido en el campo de la litotricia. El mecanismo principal cuando se utilizan láseres infrarrojos en litotricia generalmente es de naturaleza foto térmica en la que la destrucción térmica de la composición de la piedra con absorción de la luz directa y ondas de presión mínima es el efecto predominante. Para un máximo efecto, la fibra láser tiene que entrar en contacto o encontrarse cerca de la piedra que debe tratarse. Un pulso de láser típico de un láser de estado sólido bombeado por lámpara de flash, que se utiliza convencionalmente en el campo de la litotricia, generalmente crea una gran burbuja de vapor circular de rápido crecimiento. Mientras esta burbuja de vapor creciente no llega a la piedra, la energía del pulso todavía es absorbida en el agua. Una vez que la burbuja de vapor ha llegado a la piedra, la energía emitida por el pulso después de este evento en el mejor de los casos no es absorbida por el agua antes de que llegue a la piedra y pueda ser absorbida completamente por la piedra. Cuando la burbuja de vapor colapsa la piedra se aleja de la punta de la fibra debido al pulso Kelvin. Además, el cálculo también se mueve debido a la pluma de ablación expulsada debido a la conservación del momento. Las expresiones cálculo y piedra se utilizan indistintamente en este texto.

25 Por ejemplo, en "*Dependence of Calculus Retropulsion on Pulse Duration During Ho: YAG Laser Lithotripsy*" de Kang HW, y otros, se muestra que la retropulsión podría reducirse mediante la aplicación de pulsos con una amplitud inferior, pero tiempos de pulso más largos. Sin embargo, Kang también demostró que los pulsos más largos reducen el volumen de ablación.

30 Tal como se ha descrito anteriormente, en muchos procedimientos del estado de la técnica solamente se utiliza una pequeña parte de la energía del pulso para la desintegración de la piedra. De acuerdo con el estado de la técnica, en algunos casos la retropulsión se reduce mientras que también reduce la eficacia de la ablación.

Otros documentos de los antecedentes para esta invención comprenden el documento US 5.820.627 de Rosen y otros, que describe el control de realimentación óptica en tiempo real de litotricia con láser, en el que los parámetros del pulso del láser se regulan de acuerdo con fotoemisiones incandescentes medidas que emite un material biológico irradiado. Los pulsos de láser se dirigen a un área objetivo del sujeto utilizando un sistema de suministro.

35 En el documento WO 94/23478 titulado "*Q-switched laser system, in particular for laser lithotripsy*" de Muller y otros, se describe un sistema láser por conmutación Q que tiene un medio de láser activo en un resonador, un dispositivo de bombeo óptico y un conmutador Q pasivo. Además, una extensión de resonador que tiene una guía de ondas ópticas está asociada al medio de láser activo con el fin de aumentar la longitud del pulso de láser.

40 El documento WO 89/10647 describe un dispositivo para generar pulsos de láser de duración variable. Describe un dispositivo que comprende un resonador en el cual se dispone un primer cristal de neodimio-YAG (Nd:YAG) bombeado continuamente y un sello óptico conmutable que funciona como interruptor Q. Para aumentar la potencia del pulso en la trayectoria del haz láser Nd:YAG de onda continua, se dispone un segundo cristal de Nd:YAG que se bombea en pulsos después del resonador y fuera del sello.

45 Puede encontrarse más información sobre los antecedentes de esta invención por ejemplo en "*Recoil momentum at a solid surface during developed laser ablation*" (Quantum Electron 1993; 23: 1035-1038 por Kuznetsov LI), así como en "*Comparison of the effects of absorption coefficient and pulse duration of 2.12 μm and 2.79 μm radiation on ablation of tissue*" (IEEE J Quantum Electron 1996; 32:2025-2036 por Frenz M, Pratiso H, Konu F, y otros). Otros documentos anteriores incluyen "*Non contact tissue ablation by holmium YSGG laser pulses in blood*" (Laser Surg. Med. 1991; 11:26-34 por Van Leeuwen TG, van der Veen MJ, Verdaasdonk RM, Borst C). Puede encontrarse información adicional en "*Transient cavities near boundaries*" (J Fluid Mech. 1986; 170: 479-479 por Blake JR, Taib BB, Doherty G.).

55 El documento WO 2008/024 022 A1 describe un dispositivo láser a base de dos emisores láser. El documento RU 2 272 660 C2 describe un procedimiento de tratamiento de pacientes que sufren nefrolitiasis.

60 A partir de estos antecedentes, la presente invención aborda el problema de la generación de pulsos de láser que pueden utilizarse después, por ejemplo, para aumentar la eficiencia en sistemas que pueden emplearse en litotricia. La invención está relacionada, por lo tanto, también a la cuestión de cómo mejorar de manera general un sistema de tratamiento utilizado para la litotricia. La invención dispone un litotriptor de acuerdo con la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas.

Un pulso conformado en un litotriptor de acuerdo con la invención puede estar caracterizado por el hecho de que si la duración del pulso se divide en cuatro intervalos (de tiempo) de igual longitud, un pulso conformado de acuerdo con la invención emite menos de un 25% de la energía total de todo el pulso en el primero de esos intervalos.

5 Además, la intensidad máxima del pulso se alcanza por primera vez en el segundo, tercero y/o cuarto intervalo de tiempo. En particular, no puede alcanzarse en el primer intervalo de tiempo. Además, la intensidad que se alcanza después del inicio del tercer y/o cuarto intervalo es por lo menos una vez igual o superior a la intensidad máxima que se alcanza en el segundo intervalo. En particular, la intensidad máxima del pulso puede alcanzarse, por ejemplo, en el segundo intervalo de tiempo y permanecer constante a la intensidad máxima del pulso durante el tercero y, en algunos casos también, parte del cuarto intervalo. En otros ejemplos, la intensidad máxima del pulso sólo puede alcanzarse en el tercer y/o el cuarto intervalo. La expresión "por lo menos una vez" puede significar que en por menos en una vez se alcanza la intensidad descrita.

15 En particular, en el primer intervalo de los cuatro intervalos de igual longitud en que se divide la duración del pulso, puede emitirse menos de un 25%, en particular menos de un 20%, en particular menos de un 15% y en particular menos de un 10%, en particular menos de un 5% de la energía completa (total) del pulso. Los pulsos del estado de la técnica pueden emitir, en el primero de los cuatro intervalos de igual longitud, más de un 25%, o incluso más de un 30% o más de la energía completa (total) del pulso. En este texto, el inicio de un pulso puede definirse como el tiempo en el que el pulso ha alcanzado un 10% de su amplitud (intensidad) máxima. En consecuencia, su final puede definirse como el tiempo después de que se ha alcanzado la amplitud máxima cuando el pulso ha disminuido a un 10% de su amplitud (intensidad) máxima.

25 Cuando se utilizan las expresiones "intervalos" o "intervalos de tiempo" en este texto, las expresiones pueden referirse a intervalos (de tiempo) de igual longitud y/o a intervalos (de tiempo) de longitudes no iguales. La expresión "período de tiempo" o "período" puede referirse a períodos (de tiempo) de longitudes iguales o no iguales; la expresión "intervalo de tiempo de la señal de bombeo" e "intervalo de la señal de bombeo" también puede referirse a intervalos (tiempo) de la señal de bombeo de longitudes iguales o no iguales.

30 La generación de un pulso de láser conformado de acuerdo con la invención puede comprender varios períodos de tiempo preferiblemente consecutivos que pueden o no pueden tener las mismas longitudes. El primer período de tiempo puede tener una longitud de 150 microsegundos o menos y, en particular, puede tener una longitud de 125 microsegundos o menos y, en particular, puede tener una longitud de 100 microsegundos o menos y, en particular, puede tener una longitud de 75 microsegundos o menos. En el primer período, la energía total que puede emitirse por el pulso puede ser menor de 300 miliJulios (mJ). La energía emitida en el primer intervalo puede ser menos de un 30% de la energía total emitida por el pulso láser. En particular, puede ser menos de un 25%, en particular menos de un 20%, en particular menos de un 15%, o en particular menos de un 10% o menos de un 5% de la energía total emitida por el pulso láser. En particular, la energía emitida en el primer período puede ser menos de 200 miliJulios, en particular menos de 150 miliJulios, en particular menos de 100 miliJulios, y, en particular menos de 50 miliJulios en algunas realizaciones.

40 En el segundo período, la intensidad del pulso puede aumentar y/o permanecer constante y en un tercer período la intensidad del pulso de láser puede disminuir de nuevo. En particular, el pulso de láser puede disminuir de manera regulable y/o suavemente y/o rápidamente en el tercer período lo que significa que el tiempo de decaimiento durante el cual el pulso de láser disminuye desde su amplitud de intensidad máxima a un 10% de la amplitud de intensidad máxima en menos de 200 μ s, en particular, en menos de 150 μ s, en particular menos de 100 μ s o en particular menos de 50 μ s o en un tiempo considerablemente más corto que la duración del pulso, en particular, en menos de la mitad o una quinta parte o una décima parte de la duración del pulso. El tiempo (duración) total de los tres períodos, la duración del pulso (duración de pulso), puede ser inferior a 2000 microsegundos. En particular, puede ser menos de 1500 microsegundos, en particular menos de 1000 microsegundos y, en particular menos de 800 microsegundos, en particular menos de 600 microsegundos y, en particular menos de 500 microsegundos, en particular, menos de 400, y en particular en algunas realizaciones, menos de 300 microsegundos. La duración de un pulso puede medirse a partir del punto en el cual se alcanza un 10% de la amplitud máxima de la intensidad alcanzada en todo el pulso de láser y, por ejemplo, terminando en un punto en el tiempo después de que se haya alcanzado la amplitud máxima de la intensidad y el pulso se haya reducido a un 10% de la amplitud máxima de la intensidad.

Siempre que se utilice la palabra amplitud sola en este texto, normalmente se refiere a la amplitud de la intensidad.

60 La duración de un pulso puede ser más de 50 microsegundos, en particular más de 100 microsegundos y, en particular más de 150 microsegundos o en particular más de 200 microsegundos y, en particular más de 250 microsegundos.

En dicho pulso, puede haber un pulso previo en el primer período de tiempo, presentando el pulso previo una amplitud inferior a la amplitud máxima del segundo y/o el tercer período y/o puede que no haya ningún pulso previo en el primer período. Que no haya pulso previo puede significar o comprender que la intensidad del pulso conformado aumenta a su amplitud máxima continuamente. En algunas realizaciones, la intensidad del pulso de láser se inicia y aumenta durante el primer período (como máximo los primeros 150 microsegundos) desde el 10% de la amplitud máxima, que se considera el inicio del pulso de láser y no puede disminuir en el primer período en absoluto. Este aumento puede ser lineal o exponencial o de cualquier otra forma en que pueda aumentar la amplitud de la intensidad. En otras realizaciones, el pulso de láser aumenta en el primer período de manera más rápida y alcanza un máximo. En ese caso, la amplitud de intensidad puede disminuir de nuevo en el primer período antes de que comience a aumentar de nuevo en el segundo período. Una duración típica para un pulso previo sería preferiblemente menos de 100 μ s. Cuando la amplitud en el primer período alcanza un máximo, la amplitud del pico puede ser menor que la amplitud máxima del pulso en el segundo y/o el tercer período. En particular, puede ser menos de un 80%, en particular, menos de un 50%, en particular, menos de un 35%, o en particular menos de un 20%, en particular menos de un 10% de la amplitud máxima del pulso en el segundo y/o el tercer período.

Dicho pulso de láser conformado puede generarse de manera repetitiva. La frecuencia de la generación de dichos pulsos puede ser inferior a 10 kilohercios (kHz), en particular menos de 500 Hercios (Hz) y, en particular menos de 250 Hercios (Hz), en particular, menos de 200 Hercios (Hz), en particular menos de 100 Hercios (Hz), en particular, menos de 50 Hertz (Hz) y, en particular menos de 10 Hertz (Hz).

Dicho pulso conformado puede ser particularmente útil si se utiliza en el campo de la litotricia.

Si se utiliza un pulso de este tipo en el campo de la litotricia el daño a los cálculos puede aumentar con una mayor energía del pulso. Por lo tanto, la duración del tratamiento puede reducirse mediante el uso de pulsos con mayor energía. Sin embargo, al mismo tiempo, por ejemplo, debe tenerse cuidado de que no se aplique demasiada energía a un cálculo, ya que podría dañar también al tejido de alrededor.

La amplitud del pulso generado por el procedimiento descrito anteriormente puede determinarse, por ejemplo, calculando o regulando el láser si se conoce cuál debe ser la duración del pulso y la energía total del pulso.

La relación entre la amplitud máxima de la intensidad del pulso y la duración del pulso (duración de pulso) puede ser elevada. Por una elevada relación entre la amplitud máxima de la intensidad del pulso y la duración del pulso se entiende en este texto que preferiblemente la relación entre la amplitud máxima de la intensidad del pulso y la duración del pulso para un pulso es superior a 1 Vatio (W) por segundo (s) por área del haz de láser que se mide perpendicular a la dirección del haz de láser y cubierto por el haz de láser (área del haz de láser) o superior a 5 vatios por segundo por área del haz de láser o, en particular, superior a 10 vatios por segundo por área del haz de láser o, en particular, superior a 50 vatios por segundo por área del haz de láser, en particular superior a 500 W/s, en particular superior a 5000 W/s, en particular superior a 50000 W/s, en particular superior a 500000 W/s, en particular superior a 1000000 W/s cada vez considerado por área del haz de láser. Un área típica del haz de láser puede ser menor que o aproximadamente 100 micras cuadradas (μm^2), o menos de o aproximadamente 1000 micras cuadradas, o menos de aproximadamente 10000 micras cuadradas o menos de 1 milímetro cuadrado (mm^2) o menos de 10 milímetros cuadrados, en particular, puede ser entre 10000 (μm^2) y 1 (mm^2).

Alternativamente, formulado independiente del área del haz de láser, la relación entre la amplitud máxima de la potencia del pulso y la duración del pulso puede ser superior a 1 W/s, en particular más de 5 W/s, en particular más de 10 W/s, en particular más de 50 W/s, en particular más de 5000 W/s, en particular, más de 50000 W/s, en particular, más de 500000 W/s, y en particular más de 1000000 W/s.

Los pulsos conformados pueden acoplarse en una fibra, en particular una fibra de vidrio óptica, y pueden ser guiados a su destino a través de ésta. Por ejemplo, si se utiliza en el campo de la litotricia, la repulsión de una piedra puede aumentar con el diámetro de dicha fibra. Los diámetros de fibras típicos que pueden utilizarse para pulsos conformados de acuerdo con la invención en un litotriptor, así como para un litotriptor de acuerdo con la invención puede ser por ejemplo entre 200 y 1000 micras, en particular, pueden ser, por ejemplo, de 200 micras o 400 micras o 600 micras o 1000 micras.

El control de la forma del pulso en los procedimientos descritos anteriormente puede realizarse controlando la energía total del pulso. Esto puede permitir el control de los pulsos, por ejemplo, mediante un bucle de retroalimentación y mantener la forma del pulso después de una calibración regulando la amplitud de la señal de bombeo.

La energía de un pulso conformado generada de acuerdo con el procedimiento descrito puede ser mayor de 1 mJ, en particular mayor de 10 mJ, en particular mayor de 25 mJ, en particular mayor de 100 mJ, en particular, mayor de 500, en particular mayor de 600 mJ, en particular mayor de 800 mJ, y, en particular mayor de 1000 mJ y, en

particular mayor de 1300 mJ. Alternativamente o adicionalmente, puede ser menor de 5000 mJ, en particular menor de 4000 mJ, en particular menor de 3500 mJ, en particular menor de 2500 mJ, en particular menor de 2000 mJ y, en particular menor que o mayor que y/o aproximadamente 1500 mJ.

5 El procedimiento puede utilizarse en un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos. Puede comprender la etapa de bombear el láser con una señal de bombeo (que también puede denominarse señal de bombeo) para generar un pulso del sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos en el que la señal de bombeo comprende varios intervalos de tiempo de la señal de bombeo preferiblemente consecutivos, que comprende por lo menos un primer intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia aumenta, un segundo intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia sigue siendo igual y/o disminuye, y un tercer intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia aumenta de nuevo.

15 Mediante este procedimiento de bombeo puede obtenerse un pulso que tiene un pulso máximo previo reducido o limitado o reducido en comparación con los pulsos del estado de la técnica con una intensidad y/o energía y/o eficiencia comparable y/o un mayor tiempo de subida y/o en donde la última parte de la señal tiene intensidades que son superiores a un umbral elegido, por ejemplo el umbral de desintegración de, por ejemplo, los cálculos que pueden ser los objetivos en aplicaciones como la litotricia.

20 El pulso máximo previo reducido o limitado o eliminado en comparación con los sistemas de pulsos del estado de la técnica con la misma amplitud de intensidad de pulso máxima puede resultar de una señal de bombeo, en el que la energía y/o la intensidad emitida por la señal de bombeo durante el primer y/o el segundo intervalo de señal de bombeo es inferior a la energía y/o la intensidad emitida por la señal de bombeo durante o después del tercer intervalo de señal de bombeo. Esto puede ser debido a diferentes amplitudes de intensidad máxima en esos intervalos de señal de bombeo. También puede ser debido a una señal de bombeo en la que la duración de la señal de bombeo emitida durante el primer y/o el segundo intervalo de señal de bombeo es menor que la duración de la intensidad de bombeo emitida durante y/o después del tercer intervalo de señal de bombeo. También puede ser debido a una combinación de la intensidad y la duración de los intervalos de señal de bombeo de la señal de bombeo que se regula para el pulso conformado particular.

30 La regulación de la intensidad y/o duración de la señal de bombeo en el primer y/o el segundo intervalo de la señal de bombeo respecto a la intensidad y/o la duración y/o después del tercer intervalo de señal de bombeo puede utilizarse para modificar el tiempo de subida con poca o ninguna variación en la parte desintegración del pulso. Otras realizaciones pueden comprender señales de bombeo con las mismas amplitudes máximas en el primero y/o el segundo intervalo de señal de bombeo y/o después del tercer intervalo de señal de bombeo.

35 La señal de bombeo mencionada anteriormente puede utilizarse para generar un pulso de un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos.

40 En el procedimiento descrito anteriormente la señal de bombeo puede comprender un cuarto intervalo de señal de bombeo en el que la potencia disminuye. La disminución en el segundo y/o el cuarto intervalo de señal de bombeo puede ser abrupta y/o regulable y/o corta en comparación con la duración del pulso de la señal de bombeo. Una disminución abrupta puede significar que la señal de bombeo cae de la amplitud de intensidad máxima del intervalo de tiempo de la señal de bombeo antes (que significa la intensidad máxima alcanzada por la señal de bombeo en el intervalo de tiempo de la señal de bombeo antes) a un 10% de la amplitud máxima del intervalo de tiempo antes en menos de 50 microsegundos (μs), en particular, en menos de 25 μs , en particular menos de 10 μs , o en particular menos de 1 μs . Corto en comparación con la duración del pulso puede significar que el tiempo de decaimiento es menos de la mitad de la duración del pulso, en particular menos de una quinta parte de la duración del pulso o en particular menos de una décima parte de la duración del pulso. Cada vez que en este texto se habla de una duración de pulso, puede referirse en particular a la duración durante la cual la amplitud del pulso es igual o superior al diez por ciento de la amplitud de pulso máxima. Sin embargo, puede no considerarse un pulso previo potencialmente presente cuando se determina la amplitud máxima de un pulso. Una regulación de esta reducción de potencia y/o una disminución abrupta y/o una reducción corta en el cuarto intervalo de señal de bombeo en algunas realizaciones puede tener la ventaja de que la forma de decaimiento del pulso de láser conformado puede modificarse. Si hay presente un pulso previo, puede no tenerse en cuenta una reducción de la amplitud después del pulso previo, pero la duración del pulso puede medirse desde el inicio del pulso previo hasta el final de todo el pulso, incluso si la amplitud puede disminuir a un valor menor que el criterio intermedio mencionado anteriormente.

60 El procedimiento descrito anteriormente puede utilizarse con un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos que tenga una longitud de onda en funcionamiento de entre 1,0 y 3,0 micras (μm) o, en particular, entre 1,4 y 2,4 micras o en particular aproximadamente 2,1 micras. Dichas longitudes de onda pueden resultar ventajosas ya que se encuentran en la zona de infrarrojos y pueden ser particularmente adecuadas para la eliminación, el tratamiento o la ablación de ciertos tipos de materia, entre ellas, por ejemplo, los cálculos. En particular, el procedimiento para conformar un pulso emitido desde un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos

puede utilizar, por ejemplo, un cristal de granate de itrio y aluminio dopado con holmio como material de emisión láser. Dicho láser con un cristal de granate de itrio y aluminio dopado con holmio se denominará láser Ho:YAG en este texto.

5 Una señal de bombeo puede comprender dos o más pulsos de bombeo. Un pulso de bombeo también puede denominarse pulso bombeo en este texto.

La energía de bombeo del primer pulso de bombeo puede ser entre 1 Julio y 500 Julios. En particular, puede ser entre 10 Julios y 100 Julios y, en particular de aproximadamente 50 Julios.

10 Un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos puede ser bombeado por un emisor de bombeo que puede ser una lámpara de flash. La conformación de pulsos en este caso puede generarse por una modulación por anchura de potencia (PWM) de la lámpara de flash. Alternativamente, la amplitud de la señal de bombeo puede modularse, por ejemplo, regulando la corriente y/o la tensión utilizada para la señal de bombeo. Puede seleccionarse una modulación de este tipo en vista del pulso de láser generado de este modo en el láser. El emisor de bombeo también puede ser un diodo. El diodo puede ser un diodo láser capaz de emitir luz con la longitud de onda necesaria para bombear el medio láser de estado sólido o una longitud de onda ligeramente más pequeña. En otras realizaciones un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos puede ser bombeado por dos o más emisores de bombeo que pueden comprender dos o más lámparas de flash o dos o más diodos o una combinación de una o más lámparas de flash y uno o más diodos. Tal como se ha descrito anteriormente, los diodos pueden ser diodos de láser capaces de emitir luz con la longitud de onda necesaria para bombear el medio de láser de estado sólido o una longitud de onda ligeramente más pequeña. El emisor y/o emisores de bombeo puede(n) bombear el sistema emitiendo pulsos que pueden tener una cierta correlación temporal. Por ejemplo, un primer emisor de bombeo puede comenzar emitiendo una señal un instante predeterminado antes de que el segundo emisor comience a emitir una señal. Cada emisor de bombeo también puede emitir señales con una cierta intensidad y/o duración y/o energía y/o propiedades espectrales. La intensidad y/o duración y/o energía y/o propiedades espectrales de las señales que pueden emitirse por uno, dos o más emisores de bombeo en el sistema pueden ser regulables o predefinidas para cada emisor de bombeo por separado.

30 Las señales emitidas por el emisor de bombeo o los emisores de bombeo pueden comprender o ser dos o más pulsos que pueden ser temporalmente consecutivos entre sí y estar comprendidos en los intervalos de tiempo de señal de bombeo separados o estar comprendidos en intervalos de tiempo de señal de bombeo que se superponen total o parcialmente.

35 Para cada lámpara de flash que se utiliza, puede utilizarse PWM para la señal o señales de bombeo para influir en la forma del pulso resultante. El primer pulso de bombeo puede tener una duración de entre 50 y 500 microsegundos o en particular de entre 150 microsegundos y 500 microsegundos, o de entre 100 y 400 microsegundos o en particular de entre 150 y 350 microsegundos. Además, el segundo pulso de bombeo puede tener una duración de entre 100 y 2000 microsegundos o en particular de entre 100 y 1500 microsegundos, en particular de entre 100 y 1000 microsegundos, en particular de entre 100 y 800 microsegundos, en particular de entre 100 y 600 microsegundos, en particular de entre 100 y 500 microsegundos y en particular de entre 100 y 400 microsegundos o de entre 200 y 600 microsegundos, o en particular de entre 300 y 500 microsegundos. La señal de bombeo y/o el primer y/o el segundo pulso de bombeo pueden comprender y/o consistir en uno o más micropulsos (por ejemplo, equivalentes). Los micropulsos pueden tener, por ejemplo, cada uno una duración y/o intensidad igual que los otros micropulsos de la señal de bombeo y/o el (los) pulso(s) de bombeo y/o cada uno o algunos o todos ellos pueden tener, por ejemplo, una duración y/o intensidad diferente de uno o más o todos los otros micropulsos de la señal de bombeo y/o pulso(s) de bombeo.

50 Los micropulsos pueden tener, adicionalmente o alternativamente, intervalos de pulsos iguales y/o diferentes. Un intervalo de pulso puede significar el intervalo entre el inicio de un pulso y el inicio de su pulso consecutivo. Por lo tanto, en esta invención, todos esos intervalos en una sola señal de bombeo pueden ser iguales, o todos ellos pueden ser diferentes, o algunos pueden ser iguales a otros en la misma señal de bombeo y alguna diferente.

55 En algunas realizaciones, el segundo pulso de bombeo puede comenzar entre 5 y 400 microsegundos o en particular entre 50 y 150 microsegundos o en particular entre 75 y 125 microsegundos, en particular entre 80 microsegundos y 100 microsegundos después del primer pulso de bombeo. En particular, esto puede significar que el segundo pulso de bombeo inicia la cantidad de tiempo descrita después de que el primer pulso de bombeo haya disminuido a un 50% y/o un 25% y/o un 10% de la amplitud máxima alcanzada por el pulso y/o en el que el segundo pulso de bombeo inicia la cantidad de tiempo descrita después de que el primer pulso de bombeo haya alcanzado la amplitud de intensidad máxima. En otras realizaciones, puede indicar el tiempo desde el que el primer pulso de bombeo ha alcanzado un 10% de la amplitud máxima.

Los pulsos conformados tal como se ha descrito anteriormente, que por ejemplo pueden generarse en un sistema láser de estado sólido bombeado por pulsos, pueden crearse con el esquema de bombeo descrito anteriormente. En el caso de un pulso de láser conformado que tiene un pulso previo, el pulso de bombeo en el primer y el segundo intervalo de la señal de bombeo puede ser más largo que en un pulso de láser en el que no se crea ningún pulso previo.

El motivo de esto puede ser que la señal de bombeo puede añadir energía (calor) al cristal emisor de láser en el primer/segundo intervalo de la señal de bombeo sin alcanzar el umbral del láser. Por lo tanto, el cristal (térmicamente) preparado puede producir un pulso con un pulso previo máximo reducido o no existente cuando se bombea con la señal de bombeo del tercer intervalo de señal de bombeo. Contra más largo sea el pulso de bombeo en el primer y/o el segundo intervalo de señal de bombeo, mayor puede ser la energía del cristal láser. Por consiguiente, puede estar más cerca del umbral del láser y/o incluso alcanzar el umbral del láser.

Esto puede crear los (diferentes) pulsos que puede emitir el sistema láser de la invención.

En algunas realizaciones que utilizan un sistema láser de estado sólido los pulsos de bombeo tienen que regularse antes de su uso con el fin de que el sistema genere pulsos láser tal como se ha descrito anteriormente.

La invención proporciona, además, un litotriptor que comprende un sistema láser que está configurado para emitir un pulso láser conformado en el que, si la duración del pulso se divide en cuatro intervalos (de tiempo) de igual longitud, en el primero de esos intervalos se emite menos de un 25% de la energía (total) de todo el pulso. En particular, puede emitirse menos de un 20%, en particular menos de un 15%, en particular menos de un 10% y en particular menos de un 5% de la energía completa (total) del pulso en el primero de los cuatro intervalos de igual longitud. Además, el sistema láser que comprende dicho litotriptor está configurado de manera que la intensidad máxima del pulso se alcanza por primera vez en el segundo, tercero o cuarto intervalo de tiempo. En particular, no puede alcanzarse en el primer intervalo de tiempo. Además, la intensidad que se alcanza después del inicio del tercer y/o cuarto intervalo es por lo menos una vez igual o superior a la intensidad máxima alcanzada en el segundo intervalo. En particular, la intensidad máxima del pulso puede alcanzarse, por ejemplo, en el segundo intervalo de tiempo y permanecer constante en el máximo del pulso durante el tercer, y en algunos casos también, parte del cuarto intervalo. En otros ejemplos, la intensidad máxima del pulso sólo puede alcanzarse en el tercer y/o cuarto intervalo. La expresión "por lo menos una vez" puede significar que por lo menos en una vez se alcanza la intensidad descrita.

En particular, el sistema puede configurarse para que emita un pulso láser conformado generado por los procedimientos descritos anteriormente.

Dicho litotriptor y/o el sistema láser pueden estar configurados de manera que un pulso del mismo pueda comprender varios intervalos de tiempo preferiblemente consecutivos que pueden tener las mismas longitudes. Dichos intervalos de tiempo pueden ser los mismos intervalos de tiempo que se han descrito anteriormente en el procedimiento para generar un pulso conformado respecto al pulso conformado.

El litotriptor que comprende un sistema de láser y/o el sistema láser pueden estar configurados o comprender medios para permitir realizar uno o más de los procedimientos descritos anteriormente y/o pueden estar configurados para permitir realizar uno o más de los procedimientos descritos anteriormente.

En particular, dicho sistema láser puede ser un sistema láser de estado sólido bombeado por pulsos para emitir un pulso conformado, en particular un pulso conformado por uno de los procedimientos que se han descrito anteriormente. El sistema puede estar configurado de manera que el pulso venga determinado por una señal de bombeo que comprende varios intervalos de tiempo de señal de bombeo preferiblemente consecutivos, comprendiendo los intervalos de la señal de bombeo por lo menos un primer intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia aumenta, un segundo intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia sigue siendo igual y/o disminuye y un tercer intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia aumenta de nuevo.

El litotriptor y/o el sistema puede estar configurado de manera que pueda emitir un pulso conformado, por ejemplo, como un pulso conformado mediante los procedimientos que se han descrito anteriormente.

El litotriptor y/o el sistema pueden estar configurados, por ejemplo, de manera que la señal de bombeo puede comprender un cuarto intervalo de señal de bombeo en el que la potencia disminuye. La disminución en el segundo y/o cuarto intervalo de señal de bombeo puede ser abrupta y/o regulable y/o corta en comparación con la duración del pulso. Una disminución abrupta puede significar que la señal de bombeo cae desde la amplitud máxima del intervalo de tiempo (señal de bombeo) antes de un 10% de la amplitud máxima del intervalo de tiempo (señal de bombeo) antes en menos de 50 microsegundos (μ s), en particular, en menos de 25 μ s, en particular menos de 10 μ s, o en particular menos de 1 μ s. Una amplitud máxima del intervalo de tiempo (señal de bombeo) antes puede ser la amplitud máxima alcanzada en el intervalo de tiempo (señal de bombeo) antes. Corto en comparación con la

duración del pulso puede significar que el tiempo de decaimiento es menos de la mitad de la duración del pulso, en particular menos de una quinta parte de la duración del pulso o en particular menos de una décima parte de la duración del pulso. La duración del pulso puede medirse tal como se ha descrito anteriormente, por ejemplo, entre el tiempo en el pulso alcanza el 10% de la amplitud máxima y el tiempo en el que el pulso cae al 10% de la amplitud máxima del pulso.

En el litotriptor y/o el sistema, una o más o todas las etapas que se han descrito anteriormente respecto al procedimiento para generar un pulso conformado pueden realizarse consiguientemente. El litotriptor y/o el sistema, por lo tanto, pueden ser capaces de realizar una o más o todas las etapas de los procedimientos que se han descrito anteriormente y pueden comprender partes que pueden estar comprendidas en un litotriptor y/o el sistema que se han descrito con relación al procedimiento para generar un pulso de láser conformado en un litotriptor y en el que puede realizarse el procedimiento que se ha descrito anteriormente para generar un pulso conformado.

Estos procedimientos pueden ser ventajosos. Una pequeña burbuja de vapor que puede crearse por los procedimientos o en el sistema o litotriptor que se han descrito anteriormente puede tener, cuando se colapsa, un menor impacto en los cálculos.

En los dos procedimientos descritos anteriormente en que se utiliza un litotriptor como el que se ha descrito anteriormente y un procedimiento como el descrito anteriormente para generar pulsos de láser conformados en un litotriptor para litotricia, la burbuja de vapor que se extiende desde la fibra a la piedra puede completarse antes del final del pulso que puede emitirse, por ejemplo, por un sistema de láser de estado sólido bombeado por pulsos. En este caso, antes del final del pulso significa que preferiblemente la burbuja de vapor ha estado en contacto con la piedra y ha liberado el camino para el rayo láser como muy tarde después de dos tercios de la duración del pulso, y/o después de un tercio de la duración del pulso y/o después de una quinta parte de la duración del pulso y/o después de una décima parte de la duración del pulso. Por lo tanto, la energía de la parte del pulso que es emitida por el sistema láser después de la finalización de la burbuja de vapor puede utilizarse completamente para desintegrar los cálculos. Su intensidad puede ser preferiblemente mayor que el umbral de desintegración de los cálculos.

El movimiento de los cálculos en el colapso de la burbuja de vapor puede reducirse por los procedimientos y/o el litotriptor y/o sistema de láser descritos anteriormente creando una burbuja con una expansión suave y una formación de burbujas de vapor pequeña y longitudinal. Además, el pulso previo máximo reducido o eliminado también puede influir en la burbuja de vapor para expandirse suavemente y ser de formación pequeña. Siempre que en este texto se utiliza el término pulso previo máximo, puede referirse al pulso previo máximo de los sistemas de láser del estado de la técnica que puede reducir y/o eliminar esta invención, mientras que el término pulso previo puede referirse al pulso previo presente en algunas realizaciones de pulsos generados de acuerdo con la invención.

Se describen algunas realizaciones preferidas con referencia a los dibujos. Los dibujos comprenden:

La figura 1, que muestra un ejemplo de una señal de bombeo;
La figura 2, que muestra formas de pulso;
La figura 3, que muestra el movimiento de la piedra y la reducción de volumen en un modelo de péndulo.

La figura 1 muestra una señal de bombeo de ejemplo, que puede utilizarse en combinación con un láser de estado sólido bombeado por pulsos, y en el que el primer pulso tiene una duración de 250 microsegundos. Después de un intervalo de pausa de 100 microsegundos, se emite un segundo pulso que, en esta realización, se muestra completamente separado del primer pulso de bombeo, el cual tiene una duración de 250 microsegundos. Esos dos pulsos juntos pueden utilizarse para generar un pulso de láser conformado en un sistema de láser y/o litotriptor. En otras realizaciones, que no se muestran aquí, los dos pulsos pueden no estar completamente separados. En algunas realizaciones, la señal de bombeo podría crearse por bombeo utilizando dos señales de bombeo diferentes y/o utilizando dos o más pulsos de bombeo parcialmente o totalmente superpuestos o separados. Esto puede hacerse, por ejemplo, utilizando dos diodos de bombeo diferentes y/o utilizando dos lámparas de flash diferentes que pueden tener diferentes propiedades espectrales o iguales propiedades espectrales y/o diferente o la misma potencia y/o utilizando un diodo para bombear el sistema y una lámpara de flash. En realizaciones que comprenden diodos, los diodos emiten preferiblemente luz con una longitud de onda que tiene la energía adecuada que se necesita para bombear el sistema láser o emitir luz con poco más de energía que la que se necesita para bombear el sistema láser. Si la energía de la luz emitida por el diodo láser es menor que la energía necesaria para bombear el material de emisión láser, no se conseguiría el bombeo. Si la energía de la luz emitida por el diodo láser es mucho más elevada que la energía necesaria para bombear el material de emisión láser, la absorción puede no ser eficiente, inhibiendo posiblemente de nuevo un bombeo eficiente del material de emisión láser.

La figura 2a muestra un ejemplo de un pulso conformado que puede utilizarse para litotripsia y puede tener una forma que puede ser generada en el litotriptor de esta invención. Tal como puede apreciarse, el pulso comprende un

pequeño pulso previo máximo 1, que se reduce o (casi) se elimina en comparación con algunos pulsos del estado de la técnica, un tiempo de subida 2 durante el cual puede formarse la burbuja de vapor, una parte desintegración 3 del pulso con una intensidad que puede utilizarse para la desintegración de la piedra. En particular, la parte de desintegración 3 del pulso puede proporcionar la energía necesaria para la desintegración de los cálculos. Pueden utilizarse pulsos cortos con una gran amplitud máxima. Además, el pulso de la figura 3 tiene un tiempo de decaimiento 4 en esta realización, tal como se muestra.

El pulso previo máximo eliminado o por lo menos reducido y/o el mayor tiempo de subida de dicho pulso conformado puede dar lugar a una expansión suave y una formación de burbujas de vapor pequeñas cuando se utiliza en aplicaciones litotripticas. Esto significa que puede liberarse el camino para el haz y/o que puede producirse el efecto Moisés (una expresión que, en este contexto, puede describir la separación del agua para proporcionar un camino hacia la piedra para el haz de láser) con un bajo consumo de energía o por lo menos con menor energía que la energía utilizada en algunos de los sistemas del estado de la técnica para crear pulsos con la misma energía y/o intensidad y/o eficiencia. Investigaciones con cámaras de alta velocidad han demostrado que, a una distancia constante de la punta de fibra a los cálculos, el tiempo hasta que la burbuja de vapor está en contacto con los cálculos es independiente de la energía total. Por lo tanto, puede crearse una burbuja de vapor con poca energía o por lo menos con menos energía de la necesaria en muchos de los sistemas del estado de la técnica utilizando pulsos con la misma intensidad y/o máxima eficiencia. Una vez que se ha completado la burbuja de vapor desde la punta de la fibra a la piedra, la burbuja de vapor normalmente no aumenta por la siguiente parte del pulso. Esto puede ser útil ya que la intensidad de esa parte del pulso que no se absorbe por el agua puede utilizarse entonces completamente para la ablación cálculos. Una ventaja adicional de la burbuja más pequeña es que induce menos migración de piedra cuando se colapsa.

Un tiempo de decaimiento corto del pulso puede ser conveniente, por ejemplo, si el pulso va a utilizarse para aplicaciones tales como la litotricia. El decaimiento del pulso puede producir un suave colapso de la burbuja de vapor cuando el sistema se utiliza en litotricia.

La figura 2b muestra un pulso ideal en una realización de la invención que está conformado y puede utilizarse en litotricia. En la zona 2 se prepara una burbuja de vapor desde la punta de la fibra a la piedra cuando el pulso se utiliza para litotricia. La burbuja de vapor puede expandirse suavemente. Este intervalo 2 va seguido preferiblemente por un intervalo 3 en el que la energía puede utilizarse (casi) completamente para la desintegración de la piedra. Este intervalo va seguido preferiblemente por un suave colapso de la burbuja en la zona 4. En un pulso ideal, no hay pulso previo máximo.

Es preferible si la burbuja de vapor se forma entre la punta de la fibra a la piedra, por ejemplo, en el intervalo 2 antes de que se alcance el máximo o una alta intensidad, ya que esto puede dar lugar a un mínimo de energía utilizada para la formación de burbujas. Además, si la burbuja de vapor no se forma completamente de punta de la fibra a la piedra, una parte de la intensidad que podría utilizarse para la desintegración de los cálculos de otro modo sería absorbida por el agua todavía en el camino entre la punta y la piedra.

La figura 2c muestra un pulso de ejemplo utilizable para litotricia en un sistema de la técnica anterior. Tal como puede apreciarse, dicho pulso emitido por un láser de estado sólido bombeado por pulsos tiene un pulso previo máximo 1 muy elevado que puede ser varias veces mayor que el propio pulso láser. Este láser de estado sólido es bombeado por una lámpara flash. Este pulso máximo previo generalmente va seguido por un corto tiempo de subida 2 con una amplitud que aumenta (que en este caso apenas es visible). Durante el pulso máximo previo y la amplitud creciente 2 al comienzo del pulso se crea una burbuja de vapor muy grande y en rápido crecimiento si este pulso se utiliza para litotricia. A continuación, el pulso tiene una meseta 3. A medida que la burbuja de vapor no ha llegado normalmente a la piedra para generar la burbuja de vapor para el haz de láser (efecto Moisés) cuando normalmente se llega a la meseta 3 parte de la energía de la meseta 3 es absorbida por el agua cuando se utiliza el pulso para litotricia. El resto de esta energía puede absorberse entonces por los cálculos cuando se utiliza en litotricia. El pulso tiene una parte en decaimiento 4 al final del pulso durante el cual la burbuja de vapor se colapsa. Esto normalmente mueve la piedra alejándola de la punta de la fibra por un impulso Kelvin. Cuanto mayor es la burbuja de vapor, mayor puede ser el impulso Kelvin.

Una burbuja de vapor que sea crea por el pulso dibujado en la figura 2c es generalmente grande y en rápido crecimiento, y se colapsa rápidamente y generalmente produce a mucho movimiento de la piedra.

La figura 2d muestra un pulso de ejemplo de acuerdo con la invención en el cual hay presente un pulso previo. Tal como se puede apreciarse, hay presente un pulso previo 5 con una intensidad menor que el pulso principal en el intervalo 3. El pulso principal en el intervalo 3 puede proporcionar la energía de desintegración. Este pulso previo 5 puede ser responsable de la formación de una pequeña burbuja de vapor. Como que la energía comprendida en el pulso previo 5 es menor que la energía del siguiente resto del pulso, dicha burbuja puede formarse con poca energía o por lo menos una energía menor que la energía utilizada en algún estado de los sistemas de la técnica. Una vez

que se forma la burbuja y el camino se ha despejado (efecto Moisés) la intensidad del pulso restante no es absorbida por el agua, sino que puede utilizarse casi completamente para la desintegración de la piedra. La energía del intervalo 3, por lo tanto, puede utilizarse (casi) completamente para la desintegración. La parte de decaimiento 4 del pulso puede ser tal que produzca un suave colapso de una burbuja de vapor.

5 Por lo tanto, el sistema de acuerdo con la invención puede ser más eficiente que un sistema del estado de la técnica o un procedimiento que utilice la misma energía. Además, una burbuja más pequeña puede inducir menos migración de piedra cuando se colapsa, mejorándose de este modo todavía más el sistema o el procedimiento.

10 La figura 3a muestra el movimiento de una piedra artificial en agua cuando se apunta con un pulso de 1200 miliJulios (mJ) en el extremo distal de una fibra de 400 μm ; la figura 3b la reducción de volumen derivada de los pulsos de láser de la figura 3a cuando se utiliza un sistema del estado de la técnica en comparación con un sistema de la invención.

15 En la figura 3a se puede apreciarse que un pulso conformado con aproximadamente un 25% de la energía total en el primer intervalo muestra un movimiento de la piedra significativamente menor en comparación con el pulso de láser del estado de la técnica. A diferencia de lo publicado por Kang, de acuerdo con la figura 3b el movimiento de la piedra puede reducirse sin disminuir el volumen de ablación.

20 La figura 3b también muestra una posible reducción de volumen por un pulso conformado de aproximadamente un 15% de la energía total en el primer intervalo de pulso. Mediante esta reducción de la energía aplicada en el primer intervalo del pulso conformado en comparación con el pulso conformado un 25%, la reducción de volumen de las piedras artificiales puede aumentarse significativamente en comparación con un pulso del estado de la técnica cuando se aplica la misma energía a una piedra artificial en agua. En la figura 3a se muestra el movimiento de la
25 piedra resultante de los pulsos conformados un 15%. El significativo mayor movimiento de la piedra del pulso de láser conformado un 15% puede ser el resultado del significativo mayor volumen de ablación que aumenta también el momento debido a la pluma expulsada de la piedra.

30 Estas diferentes formas de pulso de la invención pueden mejorar y acelerar los tratamientos de cálculos en seres vivos. Las formas del pulso con una ablación de alta eficiencia podrían utilizarse en casos con baja migración de piedra, por ejemplo, en cálculos más grandes o si los cálculos se incrustan en el tejido o en el riñón ya que hay menos espacio para el movimiento, o si se utiliza una cesta para prevenir el movimiento de los cálculos.

35 Las formas de pulso que se traducen en un menor movimiento de la piedra, pero en una igual eficiencia de ablación en comparación con el estado de la técnica, podrían utilizarse para los cálculos o fragmentos más pequeños y si la migración es un problema, por ejemplo, en el uréter.

40 Un pulso de láser conformado típico generado en un litotriptor y/o un sistema de láser de acuerdo con la invención comprende, en el primero de cuatro intervalos de tiempo de igual longitud, menos de un 20% de la energía del pulso.

45 En un primer período de tiempo que puede tener una longitud de 100 μs o menos y/o en un primer intervalo de tiempo que tiene una duración de un 25% de la duración del pulso, puede emitirse menos de un 20% de la energía del pulso total. El pulso láser conformado puede tener una duración de entre 200 μs y 500 μs y puede tener un pulso previo con una amplitud de menos de un 50% de la amplitud máxima alcanzada en el segundo o el tercer período de tiempo.

La energía total de dicho pulso puede ser más de 500 mJ y/o menos de 4000 mJ.

50 Una señal de bombeo típica para generar un pulso de láser conformado puede comprender dos pulsos de bombeo. El primer pulso de bombeo puede tener una duración de entre 150 μs y 500 μs . El segundo pulso de bombeo puede tener una duración de entre 100 μs y 500 μs y puede comenzar entre 80 μs y 100 μs después del primer pulso de bombeo.

55 Un litotriptor típico que comprende un sistema láser puede estar configurado para emitir un pulso láser conformado de acuerdo con el procedimiento que se ha descrito anteriormente y/o comprender medios para permitir realizar los procedimientos identificados anteriormente, en particular, los procedimientos con los parámetros descritos anteriormente.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Litotriptor, que comprende un sistema láser, que está configurado para emitir un pulso de láser conformado, caracterizado por el hecho de que está configurado de manera que si la duración del pulso se divide en cuatro intervalos de igual longitud, en el primero de esos intervalos se emite menos de un 25% de la energía de todo el pulso y que la intensidad máxima se alcanza primero en el segundo, tercero o cuarto intervalo de tiempo y en el que la intensidad alcanzada tras el inicio del tercer y/o cuarto intervalo es por lo menos una vez igual o superior que la intensidad máxima alcanzada en el segundo intervalo.
- 10 2. Litotriptor de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el pulso láser conformado del sistema comprende varios períodos de tiempo preferiblemente consecutivos que comprenden:
- 15 un primer período que tiene una longitud de 150 μ s o menos, en el que la energía total emitida por el pulso en el primer período es menor que 300 mJ, y en el que la energía emitida en el primer período es también menos de un 30% de la energía total emitida por el pulso de láser,
un segundo período en el que la intensidad del pulso aumenta y/o se mantiene constante, y
un tercer período en el que la intensidad disminuye,
- 20 en el que el tiempo de los tres períodos en total es menos de 2000 μ s y/o
en el que hay un pulso previo en el primer período de tiempo, presentando el pulso previo una amplitud inferior a la amplitud máxima en el segundo y/o el tercer período y/o en el que no hay pulso previo en el primer período.
- 25 3. Litotriptor de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que la intensidad aumenta en el primer período y/o disminuye en el primer período de tiempo después de haber llegado a un máximo.
- 30 4. Litotriptor de acuerdo con la reivindicación 1 a 3, configurado de manera que la relación entre la amplitud máxima del pulso y la duración del pulso es preferiblemente superior a 1 W/s por área del haz de láser.
5. Litotriptor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el pulso conformado se controla controlando la energía total del pulso y/o en el que la energía total de dicho pulso es mayor de 1 mJ y/o menos de 5000 mJ.
- 35 6. Litotriptor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el sistema es un sistema láser de estado sólido bombeado por pulsos, que está configurado para emitir un pulso conformado, configurado de manera que el pulso es conformado por una señal de bombeo que comprende varios intervalos de tiempo de la señal de bombeo preferiblemente consecutivos, que comprende por lo menos un primer intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia aumenta, un segundo intervalo de señal de bombeo, en la que la potencia sigue siendo igual y/o disminuye, y un tercer intervalo de señal de bombeo, en el que la potencia aumenta de nuevo,
- 40 en el que opcionalmente la señal de bombeo comprende un cuarto intervalo de señal de bombeo en el que la potencia disminuye y en el que la disminución en el segundo y/o cuarto intervalo de señal de bombeo disminuye desde la amplitud de intensidad máxima del intervalo de tiempo de la señal de bombeo antes a un 50% de la amplitud intensidad de máxima del intervalo de tiempo de la señal bombeo antes en menos de 50 μ s y/o es regulable y/o en el que el tiempo de decaimiento es menos de la mitad de la duración del pulso.
- 45 7. Litotriptor de acuerdo con la reivindicación 6, en el que la señal de bombeo comprende dos pulsos de bombeo.
- 50 8. Litotriptor de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el primer pulso de bombeo tiene una duración de entre 50 y 500 μ s y/o en el que el segundo pulso de bombeo tiene una duración de entre 100 y 2000 μ s y/o en el que el segundo pulso de bombeo comienza entre 5 y 400 μ s después del primer pulso de bombeo.

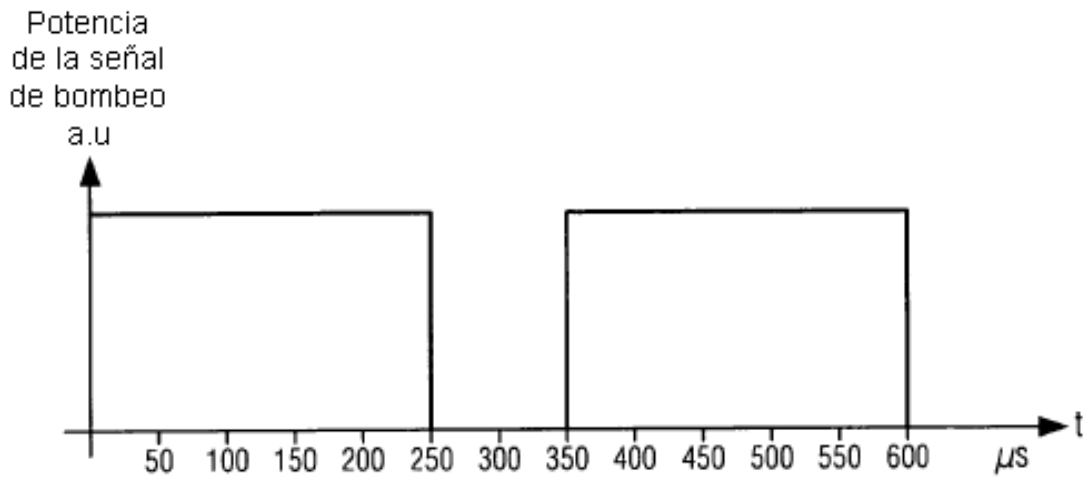


FIG. 1

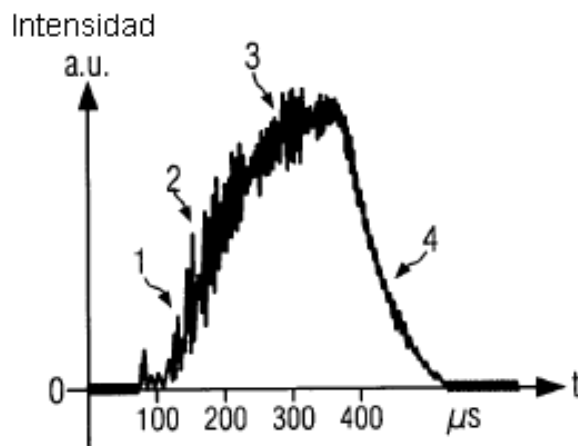


FIG. 2a

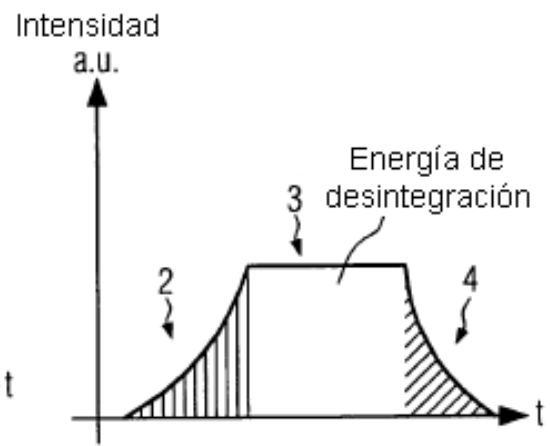


FIG. 2b

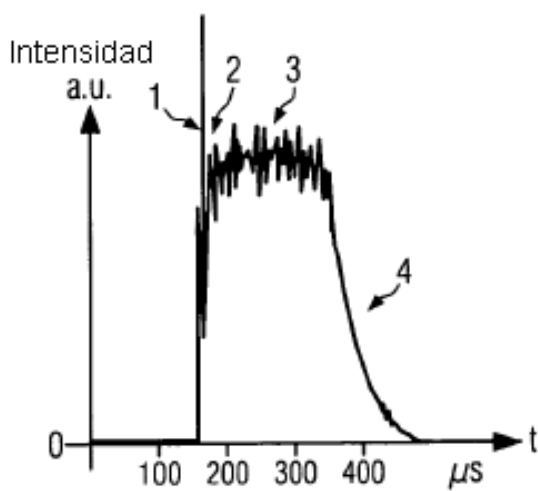


FIG. 2c

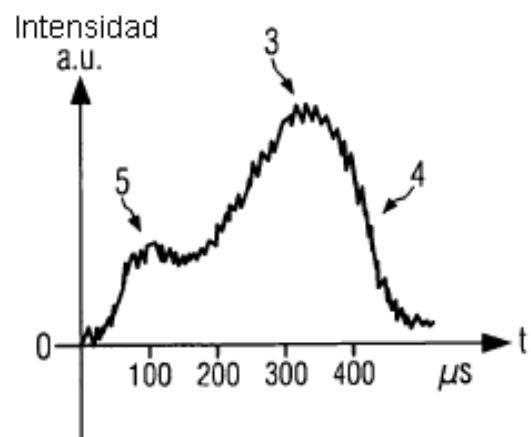


FIG. 2d

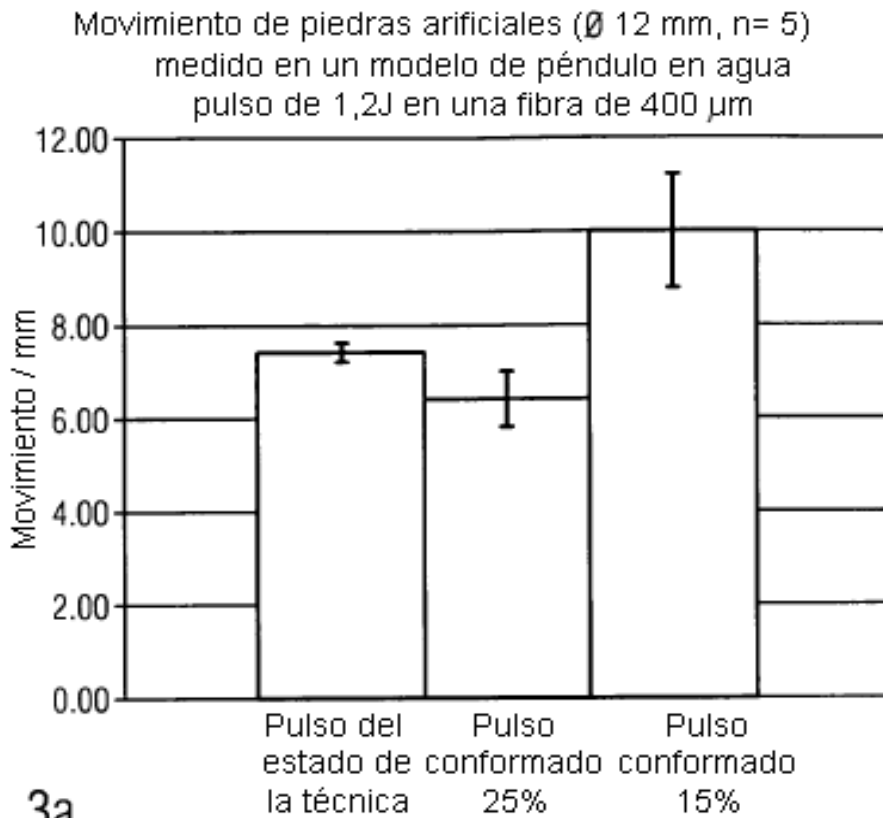


FIG. 3a

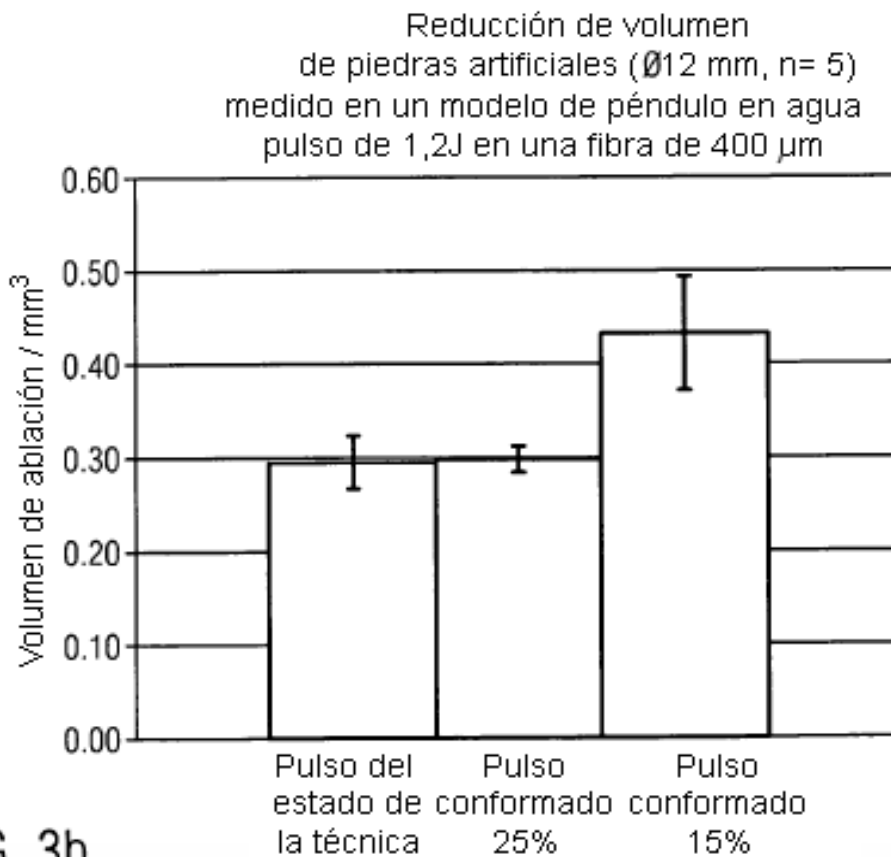


FIG. 3b