



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 360 778**

② Número de solicitud: 200901669

⑤ Int. Cl.:
B41J 2/44 (2006.01)
B41J 2/455 (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **22.07.2009**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **09.06.2011**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:
09.06.2011

⑦ Solicitante/s: **Universidad de Barcelona
Centro de Patentes de la UB
c/ Baldri Reixac, 4
08028 Barcelona, ES**

⑦ Inventor/es: **Duocastella Solà, Martí;
Serra Coromina, Pedro;
Fernández Pradas, Juan Marcos y
Morenza Gil, José Luis**

⑦ Agente: **Segura Cámara, Pascual**

⑤ Título: **Aparato y método para la impresión directa con láser.**

⑤ Resumen:

Aparato y método para la impresión directa con láser.
La invención hace referencia a la impresión directa de líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser sobre un sustrato receptor por medio de un pulso láser fuertemente focalizado en un punto poco profundo dentro del líquido contenido en un contenedor. La invención evita los inconvenientes de la preparación de una película líquida como la que ha sido utilizada en el estado de la técnica anterior y permite la incidencia repetida del pulso láser en la misma posición del líquido sin reducción de la reproducibilidad. La invención también hace posible la impresión de microgotas bien definidas con alta reproducibilidad.

ES 2 360 778 A1

DESCRIPCIÓN

Aparato y método para la impresión directa con láser.

5 El campo de la técnica se refiere a la impresión directa con láser de líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser sobre un sustrato receptor por medio de pulsos láser focalizados en un punto poco profundo dentro del líquido contenido en un contenedor que evita los inconvenientes relacionados con la preparación de una película delgada.

10 **Estado de la técnica**

La escritura directa es un método adecuado para la realización de motivos micrométricos en aplicaciones que requieren un alto grado de flexibilidad, sin las restricciones que supone el uso de máscaras. El ejemplo más representativo de una técnica de escritura directa es la impresión por inyección de tinta, que permite depositar materiales que han sido puestos previamente en disolución o en suspensión en un líquido: se depositan gotas micrométricas cuando la tinta es forzada a atravesar un pequeño orificio.

No obstante, la obstrucción del orificio constituye un factor limitante para la impresión por inyección de tinta, especialmente cuando se desea una alta resolución espacial. Las técnicas de impresión con láser han aparecido como alternativas interesantes a la impresión por inyección de tinta. Entre ellas, la transferencia inducida por láser (LIFT, del inglés *Laser Induced Forward Transfer*) de líquidos ha recibido una atención especial. En la LIFT se depositan microgotas a través de la transferencia de líquido desde una película emisora, situada sobre un soporte transparente, hacia un sustrato receptor mediante el uso de un pulso láser. En este caso no se requiere orificio que limite las dimensiones de las microgotas: las dimensiones son determinadas por el diámetro del haz láser, y por el espesor de la película, típicamente de unas micras. En el caso de la LIFT, el pulso láser se focaliza con el objetivo de limitar las dimensiones de las microgotas, y es absorbido justamente en la superficie de la película.

Los primeros desarrollos de las técnicas LIFT centraron sus aplicaciones en la microelectrónica, y los materiales a imprimir eran sólidos, principalmente metales, que absorben la radiación láser. Las patentes US 3560258 y US 4970196 se refieren a la realización de motivos por depósito de material con láser desde una película delgada hacia un sustrato receptor. En esta última patente la escritura directa mediante láser se consigue atacando la película delgada de material con un pulso láser proveniente de la fuente de radiación láser pulsada, causando el arranque selectivo de material fuera del soporte ópticamente transparente y depositándolo sobre la superficie del sustrato receptor.

En un desarrollo posterior se consideró el depósito de materiales no absorbentes de la radiación láser. En esta aplicación, una capa delgada absorbente se intercala entre la película delgada del material a depositar y el soporte transparente, como se detalla en la patente US 4752455. El pulso láser es dirigido a través del soporte transparente a la capa absorbente con suficiente energía para vaporizar rápidamente una porción de la capa absorbente. El material de la película delgada es eyectado por la impulsión debida a la vaporización de la capa y la reacción de la misma contra el soporte transparente, y depositado sobre la superficie del sustrato receptor.

Las siguientes mejoras se centraron en la sustitución de las dos capas (la capa absorbente y la película delgada del material a depositar) por una única película formada por un material que actuaba de matriz con partículas del material a depositar embebidas en la matriz. La energía del pulso láser no es absorbida por las partículas embebidas sino por la matriz que las rodea. Las patentes US 6177151 y US 6766764 son buenos ejemplos de esta solución técnica.

Finalmente, para el depósito de materiales frágiles la técnica LIFT se aplicó a la transferencia de líquidos, como se detalla en la patente US 6805918. En este caso, la película delgada es una película líquida que contiene el material a depositar disuelto o en suspensión en el líquido. En muchas aplicaciones, como en la impresión de biomoléculas o de células vivas, la disolución o suspensión es transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser. En este caso, se usa una capa delgada absorbente sólida para absorber la radiación. Esta capa delgada absorbente está situada entre el soporte transparente y la película líquida. En todos los casos la absorción de la radiación genera una burbuja de vapor que provoca la emisión de una microgota o un microchorro que se deposita sobre la superficie del sustrato receptor y forma sobre ésta una microgota.

Otra técnica para la impresión con láser de materiales se describió por primera vez en la patente EP 2738. En esta técnica la radiación láser incide directamente sobre la superficie del material a imprimir y se absorbe en ella, produciendo la vaporización de una pequeña porción de este material que es emitida hacia atrás (en contraste con la LIFT, donde el material es emitido hacia adelante), y depositada por recondensación sobre el sustrato receptor, situado por encima de la superficie donde ocurre la absorción de la radiación láser. Como el haz láser atraviesa el sustrato receptor, este sustrato debe ser transparente a la radiación láser. Esta técnica se ha aplicado a la impresión de materiales inorgánicos sólidos, pero no es adecuada para materiales frágiles disueltos o en suspensión, ya que estos materiales se descompondrían irreversiblemente durante la vaporización.

Una revisión genérica de las técnicas de escritura directa se presenta en K.K.B. Hon *et al.*, "Direct writing technology", *Advances and developments, CIRP Annals - Manufacturing Technology* 2008, vol. 57, pp. 601-620; y una revisión más directamente relacionada con el campo de la invención se presenta en C.B. Arnold *et al.*, "Láser direct-write techniques for printing complex materials", *MRS Bulletin* 2007, vol. 32, pp. 23-31.

La patente US7438859 describe un método y un aparato para el depósito de muestras mediante impulsión con láser. La patente se centra en la manipulación de muestras de material en diversos campos, como la proteómica automatizada, la genómica, y otro tipo de investigación biotecnológica. La invención constituye un método alternativo a los aparatos de manipulación de líquidos, como pipetas, dispensadores de líquidos robotizados, dispositivos de “spotting”, etc., el cual permite reducir el procesado de pequeños volúmenes de muestra.

En el estado de la técnica, por tanto, la LIFT ha sido la opción para la impresión con láser de materiales frágiles disueltos o en suspensión. En este caso, la disposición del líquido a transferir en forma de película delgada es esencial. La porción de líquido que se transfiere es determinada por las dimensiones laterales del haz láser, y por el espesor de la capa líquida existente entre la región en que la burbuja se genera y la superficie libre del líquido, la cual se encuentra encarada a la superficie del sustrato receptor.

Como esta porción debe ser pequeña, y como en todos los casos se supone que la burbuja se genera en la superficie del líquido distinta de la superficie libre, la única manera de satisfacer ambos requisitos es preparar el líquido en forma de película delgada sobre un soporte transparente a la radiación láser. De esta manera la radiación láser atraviesa el soporte transparente y se absorbe en la superficie del material adyacente a este soporte. Una vez la radiación es absorbida, se genera una burbuja que impulsa una porción del líquido existente entre la burbuja y la superficie libre del líquido hacia el sustrato receptor a imprimir.

Algunos de los inconvenientes asociados con la preparación de la película líquida son la dificultad de obtener un espesor uniforme y la reproducibilidad en el proceso de preparación: las películas líquidas tienden a encoger, incluso si la tensión superficial es baja, y la evaporación es significativa debido a su gran relación superficie-volumen.

Además, la preparación de la película líquida requiere buena mojabilidad, lo que se consigue normalmente a través de la adición de tensoactivos; no obstante, esto es perjudicial para el depósito de microgotas con diámetros muy pequeños sobre el sustrato receptor. Finalmente, se tiene que considerar que la preparación de la película constituye un paso adicional en todo el proceso de impresión, que no solamente compromete la flexibilidad de la técnica, sino que también incrementa el riesgo de contaminación.

El problema que se plantea a partir del estado de la técnica anterior se puede formular entonces como de qué forma se puede establecer una técnica que permita la impresión con láser de líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser sin requerir la previa preparación de una película líquida y sin que exista limitación en el número de veces que el proceso de impresión se puede realizar haciendo incidir el pulso láser en la misma posición del líquido.

La presente invención hace posible la impresión de gotas uniformes y bien definidas, con una alta reproducibilidad, permitiendo la impresión desde la misma posición del líquido tantas veces como sea necesario sin reducir la reproducibilidad. En la presente invención, la nueva técnica para la impresión con láser de líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser no requiere la previa preparación de ninguna película: el líquido es directamente imprimido desde el contenedor que lo contiene.

Explicación de la invención

La presente invención se refiere a un aparato para la impresión directa con láser de materiales disueltos o en suspensión en líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser sobre un sustrato receptor, y al método para la impresión directa con láser. Los materiales incluyen tanto materiales inorgánicos como orgánicos, así como células vivas y microorganismos.

El aparato comprende como mínimo medios para la producción de un pulso láser, disponiendo de una fuente de radiación láser y medios ópticos para focalizar fuertemente el haz láser. El aparato también comprende un soporte que contiene un líquido transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser con el material a imprimir disuelto o en suspensión. El soporte del líquido transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser es un contenedor.

La superficie del sustrato receptor a imprimir está posicionada de tal forma que el sustrato receptor no está en contacto con el líquido; esta superficie del sustrato receptor está situada paralelamente y encarada a una porción de la superficie libre del líquido. Entre esta superficie libre y la superficie del sustrato receptor a imprimir existe una separación. Para la obtención del motivo impreso, el material a imprimir es transferido cuando una porción del líquido es impulsada desde el líquido contenido en el contenedor hacia el sustrato receptor.

Los medios ópticos focalizan el haz láser en un punto situado dentro del líquido a corta distancia de la superficie correspondiente a la porción de la superficie libre del líquido y lejos de cualquier pared del contenedor de líquido. Este punto es, de hecho, un volumen minúsculo, el volumen focal. Entre este volumen focal y la porción de la superficie libre del líquido se encuentra una porción de líquido que es la porción de material a impulsar hacia la superficie del sustrato receptor a imprimir encarada a la porción de la superficie libre del líquido.

Los medios para la producción del haz láser del dispositivo de acuerdo con la invención están configurados de tal manera que las condiciones de emisión y focalización del haz láser inducen la absorción de la energía del pulso láser principalmente en el volumen focal. Para que tenga lugar esta absorción localizada del pulso láser se requiere

una fuerte focalización del haz láser. Si el haz láser está fuertemente focalizado, su intensidad (energía por unidad de área y unidad de tiempo) aumenta rápidamente en profundidad, siendo máxima en el volumen focal, y cuanto mayor es la intensidad, mayor es la energía láser absorbida por unidad de volumen. La energía absorbida del pulso láser en el volumen focal debe ser suficiente para superar el umbral de densidad de energía para la generación de una burbuja. En estas condiciones, la burbuja es generada sólo en el volumen focal, y no en el resto del trayecto del haz láser en el interior del líquido, pues en este trayecto la sección del haz es mayor y la intensidad menor.

A lo largo del documento, cuando se mencione “fuerte focalización” se debe interpretar que la alta absorción de energía se produce en el volumen focal dentro del líquido, y no en el resto del trayecto del haz láser en el líquido, entendiéndose por “alta absorción de energía” aquella para la cual la energía absorbida es suficientemente elevada para superar el umbral de densidad de energía para la generación de una burbuja de vapor en el interior del líquido. La burbuja generada causa la impulsión de la porción de líquido situada entre el volumen focal y la porción de la superficie libre del líquido. Esta porción de líquido es impulsada hacia la superficie del sustrato receptor a imprimir. Para que esta porción de líquido sea muy pequeña, se requiere que el punto focal sea muy poco profundo.

Las condiciones de impresión adecuadas dependen del tipo de líquido, del material a imprimir y de la radiación láser, así como de factores ambientales. Una vez se han determinado estas condiciones, los medios para la producción del haz láser pueden ser ajustados para operar de tal forma que la alta absorción de energía se produzca en un volumen muy pequeño alrededor del punto focal situado dentro del líquido a poca profundidad.

La generación de un volumen de absorción muy pequeño, entendido éste como el volumen donde tiene lugar la alta absorción de energía, es favorecida si la absorción de energía se produce de forma no-lineal. Se puede conseguir la absorción no-lineal mediante el uso de pulsos láser cortos adicionalmente a la fuerte focalización.

La pequeña porción de líquido impulsada es parte del líquido que se encuentra en un contenedor, y no en una película delgada; en consecuencia, el proceso puede ser repetido tantas veces como sea necesario, haciendo incidir el pulso láser en la misma posición, gracias a que la porción de líquido transferida es espontáneamente restituida después de cada pulso láser.

Un primer aspecto de la invención es el dispositivo para la impresión con láser de acuerdo con la reivindicación independiente 1 y se incluye en esta descripción por referencia. Todos los modos de realización del dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones dependientes 2 a 9 también se incluyen por referencia en esta descripción.

Un segundo aspecto de la invención es el método de impresión con láser de acuerdo con la reivindicación independiente 10 y se incluye en esta descripción por referencia. Todos los modos de realización del método de acuerdo con las reivindicaciones dependientes 11 a 20 también se incluyen por referencia en esta descripción.

El dispositivo y el método de la invención se describen en detalle más adelante en la descripción detallada de los modos de realización.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1a muestra el esquema de un modo de realización de un dispositivo de LIFT donde la radiación láser es absorbida en la superficie de una película de un material absorbente, tal como ha sido considerado en el estado de la técnica anterior. El soporte de la película es transparente a la radiación láser.

La Figura 1b muestra el esquema de un modo de realización de un dispositivo de LIFT donde la radiación láser es absorbida en la superficie de una capa absorbente para transferir el material de una película transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser, tal como ha sido considerado en el estado de la técnica anterior. El soporte de la capa absorbente es transparente a la radiación láser.

Las Figuras 2a y 2b muestran el esquema de dos haces láser, sin y con focalización.

La Figura 3a muestra el esquema de un contenedor que contiene un líquido transparente, y un haz láser fuertemente focalizado e incidente en el líquido bajo las condiciones de la presente invención.

La Figura 3b muestra el esquema de un primer modo de realización de la invención donde el receptor transparente a imprimir se encuentra situado sobre un contenedor de líquido que contiene un líquido transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser. Un haz láser atraviesa el receptor e incide sobre la porción de la superficie libre del líquido, estando fuertemente focalizado dentro del líquido en un punto poco profundo.

La Figura 3c muestra el esquema del primer modo de realización que comprende una cámara adicional de visionado que enfoca la superficie del sustrato receptor a imprimir.

La Figura 4 muestra el esquema de un segundo modo de realización de la invención donde el contenedor de líquido es transparente y el haz láser incide sobre el líquido desde la base del contenedor de líquido. El haz láser está fuertemente focalizado en un punto próximo a la porción de la superficie libre del líquido.

ES 2 360 778 A1

Las Figuras 5 y 6 muestran los esquemas de un tercer y un cuarto modos de realización de la invención donde la porción de la superficie libre del líquido próxima al volumen focal del haz láser está en un orificio en la base del contenedor de líquido transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser.

5 La Figura 7 muestra el esquema de un quinto modo de realización de la invención donde el haz láser está dividido en dos haces láser que son focalizados en el mismo volumen focal con el fin de obtener una muy fuerte focalización.

La Figura 8 muestra un “microarray” imprimido sobre un sustrato receptor utilizando diferentes profundidades del volumen focal dentro del líquido bajo determinadas condiciones del haz láser y para un determinado material.

10 Las Figuras 9, 10 y 11 muestran diferentes “microarrays” imprimido sobre sustratos receptores bajo determinadas condiciones del haz láser y para determinados materiales.

Exposición detallada de modos de realización

15 La Figura 1a muestra el esquema de un dispositivo experimental de la LIFT para transferir un material absorbente de la radiación del láser tal y como ha sido considerada en el estado de la técnica anterior. Un haz láser (B) producido por unos medios para la producción de un haz láser (3) incide sobre una superficie de una película delgada de un material (M) a través de su soporte transparente (S), y es absorbido en una porción (A) de esta superficie, originando la eyección de material (5), el cual es depositado sobre un sustrato receptor (4). Las flechas indican el desplazamiento solidario del sistema formado por el soporte transparente (S) recubierto con la película delgada de material (M) y el sustrato receptor (4).

25 La Figura 1b muestra el esquema de un dispositivo experimental de la LIFT para transferir un material transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación del láser tal y como ha sido considerada en el estado de la técnica anterior. Un haz láser (B) producido por unos medios para la producción de un haz láser (3) incide sobre la superficie de una capa absorbente (L) a través de su soporte transparente (S), y es absorbido en una porción (A) de la capa absorbente (L). Esto da lugar a la eyección de una porción de una película delgada de material (M), película delgada que recubre la capa absorbente (L). El material eyectado (5) es depositado sobre el sustrato receptor (4). Las flechas indican el desplazamiento solidario del sistema formado por el soporte transparente (S) recubierto con la capa (L) más la película delgada de material (M) y el sustrato receptor (4).

Las Figuras 2a y 2b presentan esquemas de dos configuraciones de un haz láser (B) con el fin de ayudar a comprender el funcionamiento de la invención.

35 Si el haz láser (B) no está focalizado (Figura 2a), el área de cada sección transversal del haz láser es constante, $A_2=A_1$, y por consiguiente la intensidad del haz láser (energía por unidad de área y unidad de tiempo) es constante $I_2=I_1$.

40 Si el haz láser (B) está focalizado (Figura 2b), el área de su sección transversal decrece al acercarse al punto focal $A_2<A_1$, y por consiguiente la intensidad del haz láser aumenta $I_2>I_1$.

En esta invención el haz láser (B) está fuertemente focalizado como se muestra en la Figura 3a, de manera que la intensidad del haz es baja cuando el haz láser (B) incide en la superficie (destacada por medio de una línea discontinua gruesa), pero es alta en el minúsculo volumen focal (A). Si esta intensidad es suficientemente alta, la energía absorbida por unidad de volumen alcanza el umbral necesario para generar una burbuja en el líquido (2). En este caso, el umbral es alcanzado en el volumen focal (A) bajo la superficie, y no en la superficie como ocurre en el estado de la técnica anterior.

50 El umbral de la energía absorbida por unidad de volumen para generar una burbuja depende de parámetros como la longitud de onda y la duración del pulso láser (B), la composición del líquido (2) o la temperatura, entre otros.

La burbuja generada en el volumen focal (A) proyecta una porción de líquido (2), que es la porción de líquido (2) localizada entre la burbuja y la porción de la superficie libre del líquido (2). La proyección de líquido (2) puede ser originada ya sea directamente por la impulsión proporcionada por la expansión de la burbuja, ya sea por medio del chorro de líquido (2) resultante de los procesos de expansión y colapso de la burbuja.

60 La Figura 3b muestra el esquema de un modo de realización donde el haz láser (B) está focalizado en el líquido (2) en un volumen focal (A) minúsculo situado a una profundidad d desde la porción de la superficie libre del líquido. El haz láser (B) está fuertemente focalizado con el fin de producir la alta absorción de energía dentro del líquido (2) y no en la superficie libre, de acuerdo con las condiciones descritas para la Figura 3a. Los medios de producción del haz láser (3) tienen una fuente (3.1) del haz láser (B) y medios ópticos (3.2) para focalizar fuertemente el haz láser (B). Si se coloca un expansor de haz láser entre la fuente (3.1) del haz láser (B) para la emisión del haz láser (B) y los medios ópticos (3.2) para focalizar el haz láser (B) se alcanza una focalización mayor.

65 La técnica de impresión de la presente invención es un aparato de acuerdo con la reivindicación 1 y operando de acuerdo con el método de la reivindicación 10, que actúa sobre un líquido (2) transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser por medio de un haz láser (B) fuertemente focalizado, de tal manera que se produzca una alta

ES 2 360 778 A1

absorción de energía en el volumen focal (A) dentro del líquido. El haz láser (B) proviene de la fuente (3.1) del haz láser y es fuertemente focalizado por los medios ópticos (3.2) debajo de la porción de superficie libre del líquido (2), a una pequeña profundidad d , de la manera esquematizada en la Figura 3b.

5 La alta absorción de energía en la subsuperficie se produce bajo condiciones de fuerte focalización pero este efecto puede ser altamente favorecido si la absorción de energía ocurre bajo condiciones no lineales que pueden alcanzarse por ejemplo mediante el uso de pulsos láser cortos combinados con la fuerte focalización.

10 La alta absorción de energía localizada en el volumen focal (A) conduce a la eyección de una porción de líquido (2): en este caso, la capa de líquido (2) de espesor d adyacente a la porción de superficie libre del líquido juega un papel similar al de la película líquida en el estado de la técnica anterior de la LIFT. En contraste con la LIFT, en el modo de realización de la presente invención el material es proyectado hacia atrás, y el sustrato receptor (4) está situado encima de la porción de superficie libre del líquido (2). Además, el sustrato receptor (4) a imprimir debe ser transparente a la radiación láser, lo cual suele ser el caso en muchas aplicaciones, como por ejemplo la fabricación de biosensores.

15 La porción de líquido (2) eyectada se deposita sobre el sustrato receptor (4) colocado paralelo a y cerca de, pero no en contacto con, la porción de superficie libre del líquido (2), y forma una microgota del material impreso (5).

20 Los medios de sujeción (no mostrados en las figuras) del sustrato receptor (4) son tales que la separación entre el sustrato receptor (4) y la porción de superficie libre del líquido (2) puede ser controlada con precisión.

25 La escritura de los motivos del material impreso (5) tiene lugar por medio del desplazamiento del sustrato receptor (4) con respecto al haz láser (B), manteniéndose el contenedor (1) del líquido estacionario durante el proceso de impresión. Este desplazamiento del sustrato receptor (4) puede ser controlado por ordenador, y en este caso el desplazamiento debe estar sincronizado con el disparo de los pulsos láser de la fuente (3.1) del haz láser (B).

30 Además, como se muestra en la Figura 3c, el depósito de material (5) sobre el sustrato receptor (4) puede ser controlado *in-situ* por medio de una cámara CCD (6) situada encima de los medios ópticos (3.2). Entre la cámara CCD (6) y los medios ópticos, debe intercalarse un espejo reflector y transmisor (7) para desviar el haz láser (B) generado por la fuente (3.1) del haz láser (B). El control *in-situ* permite ajustar la profundidad d del volumen focal (A) para la cual se obtiene la adecuada morfología del material depositado (5) sobre el sustrato receptor (4).

35 La Figura 4 muestra un segundo modo de realización donde el contenedor de líquido (1) es transparente. Los medios de producción (3) del haz láser son tales que el haz láser (B) atraviesa la pared de la base del contenedor de líquido (1) y se focaliza en un volumen focal (A) minúsculo cerca de la porción de superficie libre del líquido (2). La energía del pulso láser es altamente absorbida cerca de esta porción de superficie libre conduciendo a la eyección de una porción de líquido (2) que es depositada sobre el sustrato receptor (4) colocado paralelo a y cerca de, pero no en contacto con, la porción de superficie libre del líquido (2), y forma una microgota de material impreso (5).

40 Los medios de sujeción (no mostrados en las figuras) del sustrato receptor (4) son tales que la separación entre el sustrato receptor (4) y la porción de superficie libre del líquido (2) puede ser controlada con precisión.

45 Este modo de realización es aplicable a sustratos receptores (4) tanto transparentes como no transparentes porque el haz láser (B) no atraviesa el sustrato receptor (4). En el caso que el sustrato receptor (4) sea transparente, el depósito de material (5) puede ser controlado *in-situ* por medio de una cámara CCD (6) acoplada a un objetivo de microscopio (8) situados encima del sustrato receptor (4). Como en el anterior modo de realización, el control *in-situ* permite el ajuste de la profundidad d del volumen focal (A) para la cual se obtiene la adecuada morfología del material depositado (5) sobre el sustrato receptor (4).

50 La Figura 5 muestra un tercer modo de realización similar a los esquematizados en las Figuras 3b y 3c, donde la porción de la superficie libre del líquido cerca del volumen focal (A) donde el haz láser (B) es focalizado está en un pequeño orificio (1.1) de la pared de la base del contenedor (1) del líquido. Esta porción de superficie libre está representada por una fina línea continua. El líquido (2) es retenido en el contenedor (1) a causa de la tensión superficial del líquido.

55 Los medios de producción (3) del haz láser son tales que el haz láser (B) penetra en el líquido a través del pequeño orificio (1.1). El sustrato receptor (4) está colocado cerca de la base del contenedor (1) del líquido. El haz láser (B) atraviesa el sustrato receptor (4) y la porción de superficie libre del líquido (2) en el orificio (1.1), y es focalizado en el volumen focal (A) por encima de esta porción de superficie libre. La porción de líquido (2) eyectada es depositada sobre la superficie superior del sustrato receptor (4) y forma el material impreso (5).

60 La Figura 6 muestra un cuarto modo de realización donde el contenedor (1) de líquido tiene un pequeño orificio (1.1) en su base similar al del modo de realización anterior, pero con una configuración equivalente a la del segundo modo de realización esquematizado en la Figura 4. Los medios de producción (3) del haz láser son tales que el haz láser incide sobre la superficie libre superior del líquido (2), y el sustrato receptor (4) está colocado debajo del contenedor (1) del líquido y cerca de la base de este contenedor (1) de líquido. El haz láser (B) atraviesa el líquido (2) y es focalizado por encima de la porción de superficie libre del líquido (2) en el orificio (1.1). La porción de líquido (2) eyectada es depositada en la superficie superior del sustrato receptor (4) y forma el material impreso (5).

La Figura 7 muestra un quinto modo de realización donde un haz láser (B) generado por una fuente (3.1) del haz láser (B) es dividido en dos haces láser (B.1 y B.2) por medio de un divisor de haz láser (3.3), y estos dos haces láser (B.1 y B.2) son reflejados por dos espejos (3.4) y focalizados simultáneamente por dos medios ópticos (3.2) en el mismo volumen focal (A). En este caso, puede alcanzarse una focalización todavía mayor en el volumen focal (A) con sólo una única fuente láser (3.1).

Todas las figuras son representaciones esquemáticas y no se han usado escalas reales, sólo pretenden servir de ayuda para las explicaciones de los modos de realización.

Habiendo descrito algunos modos de realización de la invención, se proporcionan los siguientes experimentos para ilustrar la viabilidad de la invención.

El primer experimento ha sido llevado a cabo de acuerdo con el primer modo de realización esquematizado en la Figura 3c, y utilizando un láser de iterbio bombeado por diodos (1025 nm de longitud de onda, 450 fs de duración de pulso, 1 kHz de frecuencia de repetición) como fuente láser (3.1). El haz láser proveniente de esta fuente (3.1) ha sido focalizado por medio de medios ópticos (3.2) y también utilizando un espejo (7). Los medios ópticos (3.2) han comprendido un objetivo de microscopio con una larga distancia de trabajo de 1 cm. El sustrato receptor (4) empleado ha sido un portaobjetos de microscopio comercial de vidrio recubierto con poli-L-lisina, y se ha colocado sobre un posicionador de translación *xyz* controlado por ordenador, cuyo desplazamiento ha sido sincronizado con el disparo de los pulsos láser. El contenedor (1) de líquido ha sido un contenedor plástico cilíndrico de 100 μL , sujetado en un posicionador de translación *z* independiente.

En este experimento, una disolución de líquido (2) que consiste en una mezcla de agua y glicerol al 20% (v/v) ha sido utilizada para probar la viabilidad de la técnica propuesta para la impresión de microgotas. Un "microarray" ha sido preparado variando la profundidad de focalización *d* dentro del líquido (2) por medio del desplazamiento hacia arriba del contenedor (1). La separación inicial entre la superficie libre del líquido (2) y el sustrato receptor (4) a imprimir ha sido de alrededor de 500 μm , y la energía de pulso láser de 2 μJ . Una cámara CCD (6) enfocada en la superficie del sustrato receptor (4) ha permitido observar el material depositado (5) y controlar la profundidad *d* óptima. El resultado del experimento se muestra en la Figura 8. Cada fila del material depositado (5) sobre el sustrato receptor (4) corresponde a una profundidad *d* diferente.

El "microarray" obtenido, representado en la Figura 8, demuestra que existe un intervalo de profundidades de focalización *d* para las cuales hay depósito de material líquido (5). Este intervalo se extiende hasta una profundidad *d* = 45 μm . Por debajo de esta profundidad no se deposita material sobre el sustrato receptor (4). La cantidad y morfología del material depositado (5) depende de la posición relativa del volumen focal (A) con respecto a la superficie libre del líquido (2). Para profundidades de hasta 35 μm , se obtienen microgotas irregulares y desalineadas, con varios satélites. Estas morfologías son inaceptables para aplicaciones de impresión. Sin embargo, para un intervalo de 10 μm de profundidad alrededor de 40 μm , se consigue el depósito de microgotas bien definidas, circulares, uniformes y sin satélites. Esta morfología es adecuada para aplicaciones de impresión. Este experimento no sólo prueba la viabilidad de la invención para la impresión directa con láser de líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser, sino que también ilustra la importancia de focalizar fuertemente en la posición adecuada dentro del líquido a poca profundidad.

En el segundo experimento, llevado a cabo utilizando el sistema y la disolución líquida correspondientes al primer experimento, se demuestra la reproducibilidad de la técnica para la impresión de microgotas por medio de la preparación de un gran "microarray" (15 filas por 50 columnas) en las condiciones descritas más arriba para las cuales se obtienen microgotas circulares. El "microarray" se muestra en la Figura 9. Se puede observar que todas las microgotas son uniformes, con un contorno circular bien definido, y presentan un diámetro de unas 40 μm . Una reproducibilidad tan alta demuestra que la técnica permite superar los inconvenientes asociados con la falta de uniformidad y estabilidad de la capa líquida inherentes a la LIFT.

En el tercer experimento, llevado a cabo usando el sistema y la disolución líquida correspondientes al primer y segundo experimentos, se demuestra que la presente invención permite obtener microgotas muy pequeñas. El control *in-situ* del proceso de depósito por medio de una cámara CCD (6) facilita encontrar las condiciones adecuadas de impresión por medio del ajuste simultáneo tanto de la energía del pulso como de la profundidad de focalización *d*. Así, las microgotas muy pequeñas se obtienen fácilmente, tal y como se ilustra en la Figura 10, donde se presentan microgotas con diámetros tan pequeños como 5 μm , que corresponden a volúmenes de microgota inferiores a 30 fL; alcanzar el mismo resultado mediante LIFT requeriría la preparación de una película muy delgada de líquido, lo cual es siempre problemático.

El cuarto experimento ha sido llevado a cabo de acuerdo con el segundo modo de realización esquematizado en la Figura 4, y utilizando un láser de iterbio bombeado por diodos (1025 nm de longitud de onda, 450 fs de duración de pulso, 1 kHz de frecuencia de repetición) como fuente láser (3.1). La radiación láser proveniente de esta fuente (3.1) ha sido focalizada por medios ópticos (3.2) a través de un contenedor (1) de líquido transparente, que ha consistido en un contenedor cilíndrico de plástico de 100 μL , soportado en un posicionador de translación *z*. Los medios ópticos (3.2) han comprendido un objetivo de microscopio que tiene una larga distancia de trabajo de 1 cm. El sustrato receptor (4) empleado ha sido un portaobjetos de microscopio comercial de vidrio recubierto con poli-L-lisina, y se ha colocado sobre un posicionador de translación *xyz* controlado por ordenador, cuyo desplazamiento ha sido sincronizado con el disparo de los pulsos láser.

ES 2 360 778 A1

En este experimento, se ha comprobado la viabilidad del modo de realización esquematizado en la Figura 4 para imprimir líquidos transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser por medio de la preparación de un "microarray" (10 filas por 15 columnas) en las condiciones para las cuales se obtienen microgotas circulares. La disolución líquida ha consistido en una disolución salina de fosfato tampón (PBS) con glicerol al 20% (v/v). El "microarray" depositado se muestra en la Figura 11. Se puede observar que todas las microgotas son uniformes, con un contorno circular bien definido, y presentan un diámetro de unas 40 μm . Tan alta reproducibilidad demuestra también que la técnica permite superar los inconvenientes asociados con la falta de uniformidad y estabilidad de la capa líquida inherentes a la LIFT.

En la presente invención, se desarrolla una técnica para la impresión de líquidos (2) transparentes a, o débilmente absorbentes de, la radiación láser donde se evitan las restricciones impuestas por la preparación de una capa líquida: el líquido (2) es depositado directamente desde su contenedor (1) por medio de la absorción de la energía de un pulso láser (B) fuertemente focalizado en un punto dentro del líquido cerca de la superficie. La técnica da lugar al depósito de microgotas uniformes, bien definidas y muy reproducibles, lo que la hace adecuada para aplicaciones de "micropatterning".

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Aparato para la impresión directa con láser sobre un sustrato receptor (4) que comprende medios (3) para la producción de un haz láser (B) que comprenden una fuente (3.1) de haz láser (B) que es capaz de emitir pulsos láser, y medios ópticos (3.2) para focalizar el haz láser (B); un soporte que es capaz de contener un líquido (2) transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser teniendo el material a imprimir disuelto o en suspensión; y medios para soportar el sustrato receptor (4) que mantienen la superficie de dicho sustrato receptor (4) a imprimir posicionada en modo operativo de forma que no está en contacto con el líquido (2), es paralela y encara una porción de la superficie libre del líquido (2), y existe una separación entre la porción de la superficie libre del líquido y la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir;

caracterizado porque el soporte que es capaz de contener el líquido (2) es un contenedor (1); los medios ópticos (3.2) para focalizar el haz láser (B) están configurados de forma que el volumen focal (A) del haz láser (B) está localizado dentro del líquido y a una corta distancia de la superficie correspondiente a la porción de la superficie libre del líquido (2) cuando el aparato está en modo operativo, y lejos de cualquier pared del contenedor (1); y los medios ópticos (3.2) están configurados con una fuerte focalización de manera que el haz láser (B) está focalizado suficientemente para causar la absorción de la energía del pulso láser principalmente en el líquido localizado en el volumen focal (A).

2. Aparato según la reivindicación 1, donde los medios (3) para la producción de un haz láser (B) comprenden además un expansor de haz localizado entre la fuente (3.1) de haz láser (B) y los medios ópticos (3.2) para focalizar el haz láser (B) a fin de incrementar la subsiguiente focalización.

3. Aparato según la reivindicación 1, donde el sustrato receptor (4) a imprimir es transparente a la radiación láser y los medios (3) para la producción de un haz láser (B) son tales que el haz láser (B) es capaz de atravesar el sustrato receptor (4) para focalizarse dentro del líquido (2).

4. Aparato según la reivindicación 1, donde el contenedor (1) es transparente a la radiación láser y los medios (3) para la producción de un haz láser (B) son tales que el haz láser (B) es capaz de atravesar el contenedor (1) para focalizarse dentro del líquido (2).

5. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el contenedor (1) tiene un orificio (1.1) preferiblemente en la base del contenedor (1) cuando el aparato está en modo operativo, de forma que la porción de la superficie libre del líquido (2) en el orificio (1.1) es la porción de la superficie libre del líquido encarada a la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir.

6. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende medios (3) adicionales para la producción de haces láser tales que todos los haces láser están focalizados simultáneamente en el mismo volumen focal (A).

7. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un sistema de visión que tiene una cámara (6) para proporcionar una imagen de la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir a fin de controlar *in situ* el proceso de impresión.

8. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el sustrato receptor (4) a imprimir es móvil con respecto al contenedor (1), manteniendo constante la separación entre la porción de la superficie libre del líquido y la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir.

9. Aparato según la reivindicación 8, donde el sustrato receptor (4) móvil es desplazado por un sistema controlado por un ordenador que es capaz de sincronizar el desplazamiento y el disparo del pulso láser.

10. Método para la impresión directa con láser sobre un sustrato receptor (4) que comprende las etapas de

- proveer medios (3) para la producción de un haz láser (B) que incluyen una fuente (3.1) de haz láser (B) que es capaz de emitir pulsos láser, y medios ópticos (3.2) para focalizar el haz láser (B);
- proveer un contenedor (1) que contiene un líquido (2) transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación láser teniendo el material a imprimir disuelto o en suspensión, y
- proveer medios para soportar el sustrato receptor (4) a imprimir donde el sustrato receptor (4) mantiene la superficie a imprimir posicionada de forma que no está en contacto con el líquido (2), donde la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir está posicionada paralela y encarada a la porción de la superficie libre del líquido (2) y donde existe una separación entre la porción de la superficie libre del líquido y la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir, donde
 - el haz láser (B) está focalizado en un volumen focal (A) que está localizado dentro del líquido y a corta distancia de la superficie correspondiente a la porción de la superficie libre del líquido (2) y lejos de cualquier pared del contenedor (1);

ES 2 360 778 A1

- el haz láser (B) está focalizado fuertemente en un volumen focal (A) de forma suficientemente intensa para causar la absorción de la energía del pulso láser principalmente en el volumen focal (A), donde la absorción de la energía del pulso láser en el volumen focal (A) es tal que la energía absorbida por unidad de volumen supera el umbral para la producción de una burbuja sólo en el volumen focal (A), produciendo consecuentemente una burbuja que impulsa la porción de líquido (2) localizada entre el volumen focal (A) y la porción de la superficie libre del líquido (2) hacia la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir, y
- la porción de líquido (2) impulsada se deposita sobre la superficie del sustrato receptor (4) en forma de microgota del material (5) a imprimir.

11. Método según la reivindicación 10, donde los parámetros del haz láser (B) y la composición del líquido (2) son elegidos de forma que la absorción de la energía del pulso láser se produce en condiciones no lineales.

12. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, donde las condiciones de la absorción de la energía del pulso láser en el volumen focal (A) son tales que la burbuja producida genera un fenómeno de expansión en el líquido (2), desplazando una porción de líquido (2) fuera de la porción de la superficie libre del líquido (2).

13. Método según la cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11, donde las condiciones de la absorción de la energía del pulso láser en el volumen focal (A) son tales que la burbuja producida genera un fenómeno de chorro en el líquido (2) debido a la expansión y colapso de la burbuja, desplazando una porción de líquido (2) fuera de la porción de la superficie libre del líquido (2).

14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, donde el haz láser (B), antes de entrar en los medios ópticos (3.2) para focalizar el haz láser (B), es expandido para aumentar la subsiguiente focalización.

15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, donde el sustrato receptor (4) a imprimir se escoge transparente a la radiación del láser, y el haz láser (B) es direccionado para atravesar el sustrato receptor (4) y focalizarse dentro del líquido (2).

16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, donde el contenedor (1) se escoge transparente a la radiación del láser, y el haz láser (B) es direccionado para atravesar el contenedor (1) y focalizarse dentro del líquido (2).

17. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, donde el contenedor (1) se escoge que tenga un orificio (1.1) bajo el nivel del líquido (2), preferiblemente en la base del contenedor (1), de forma que la porción de la superficie libre del líquido (2) en el orificio (1.1) es la porción de la superficie libre del líquido encarada a la superficie del sustrato receptor (4).

18. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 17, donde los medios (3) adicionales para la producción de haces láser permiten focalizar simultáneamente todos los haces láser (B) en el mismo volumen focal (A).

19. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 18, donde una cámara (6) como sistema de visión de la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir permite controlar *in situ* el proceso de impresión.

20. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 19, donde el sustrato receptor (4) es móvil con respecto al contenedor (1) manteniendo constante la separación entre la porción de la superficie libre del líquido y la superficie del sustrato receptor (4) a imprimir y el desplazamiento está sincronizado con el disparo del pulso láser.

Estado de la técnica

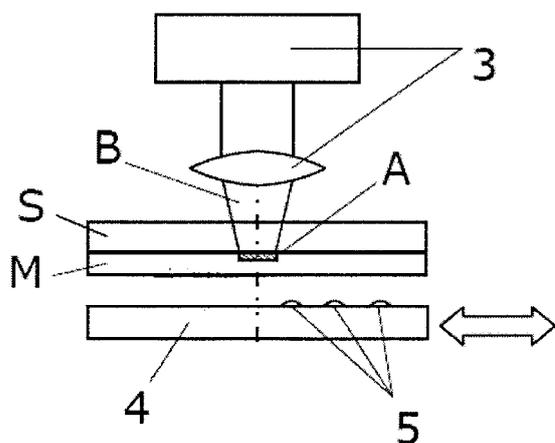


Fig. 1a

Estado de la técnica

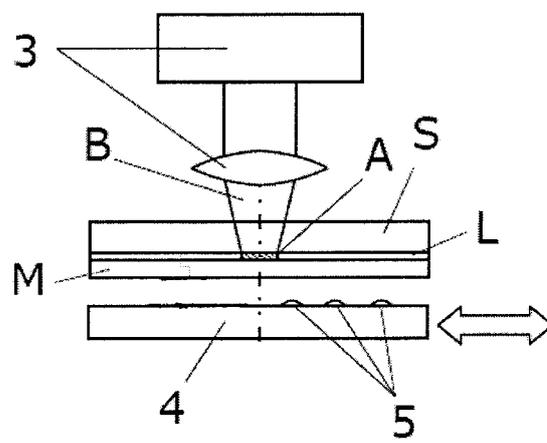


Fig. 1b

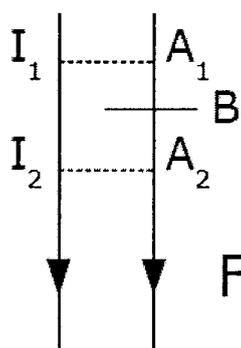


Fig. 2a

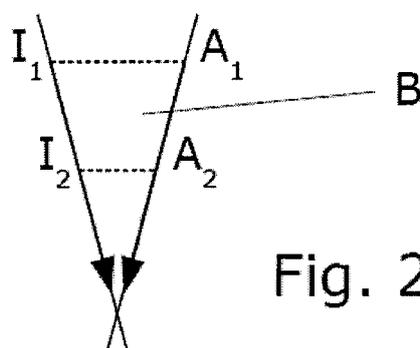
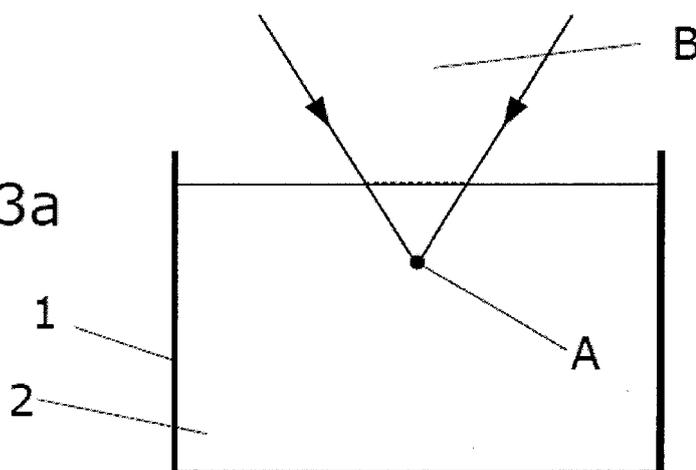


Fig. 2b

Fig. 3a



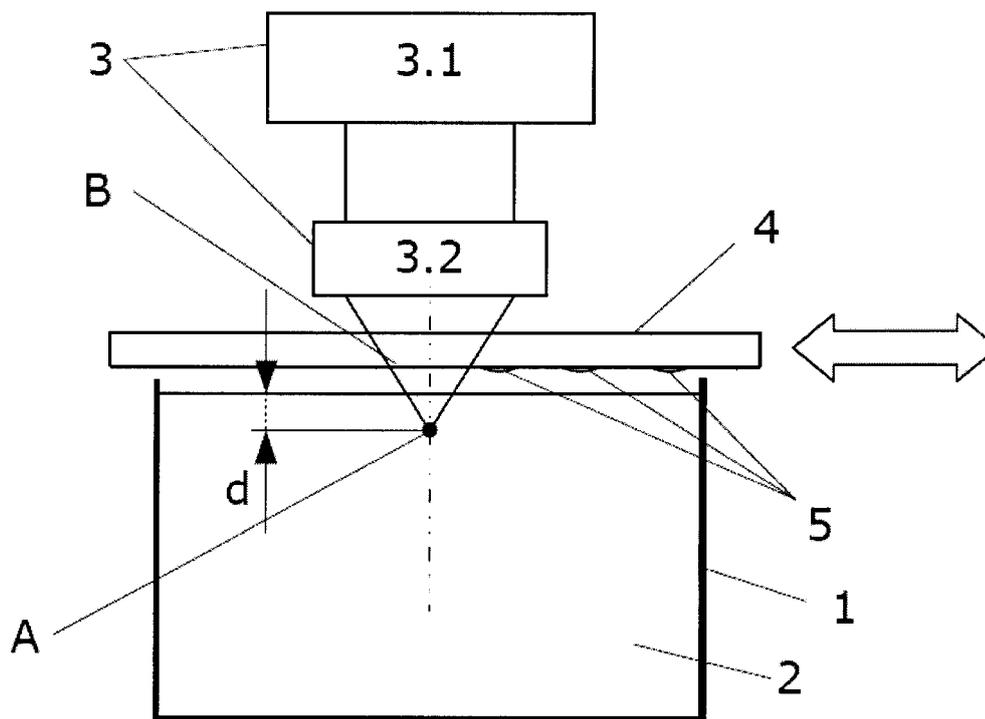


Fig. 3b

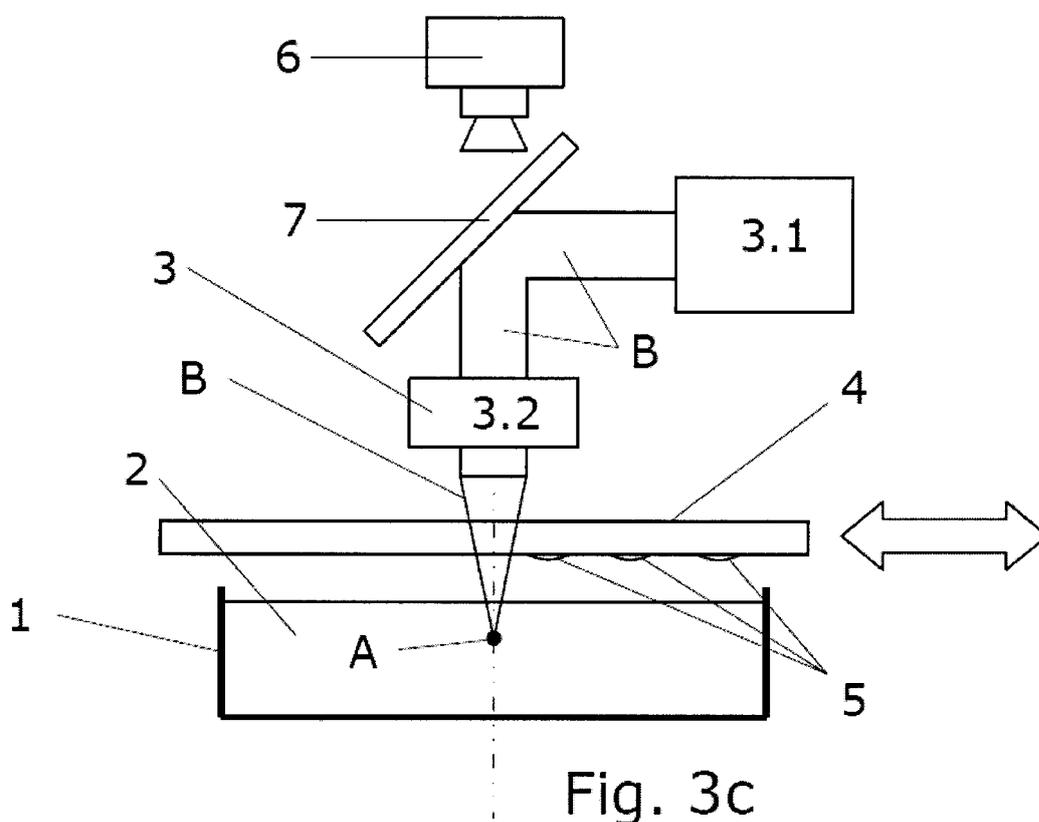
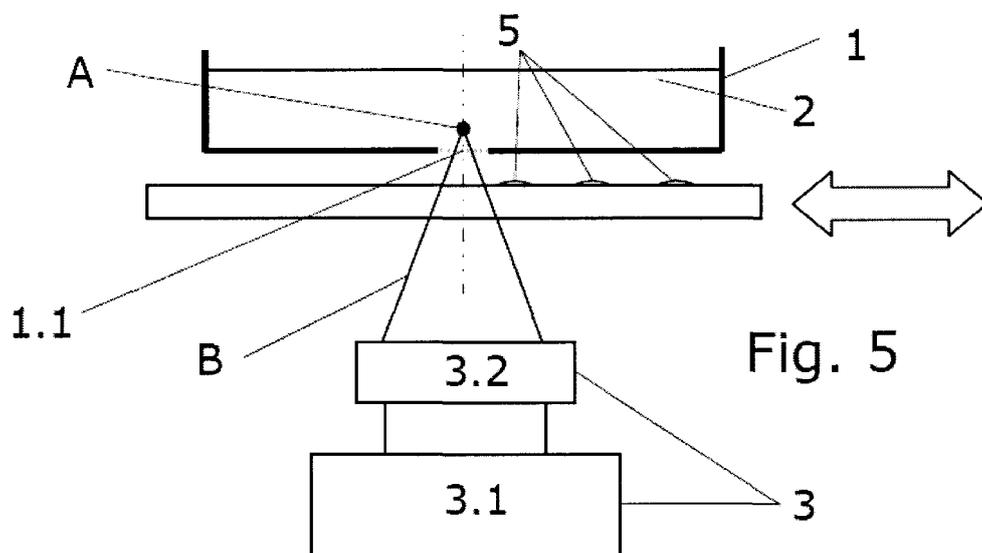
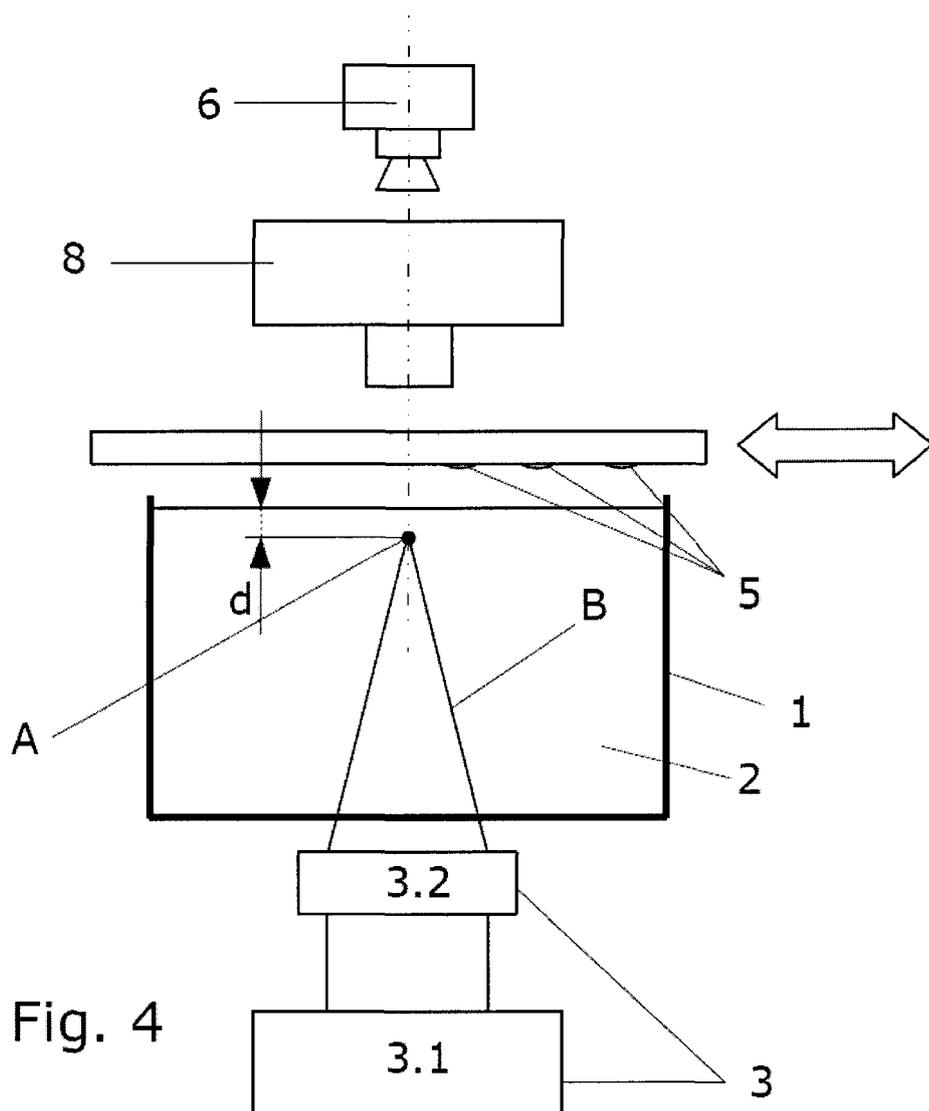
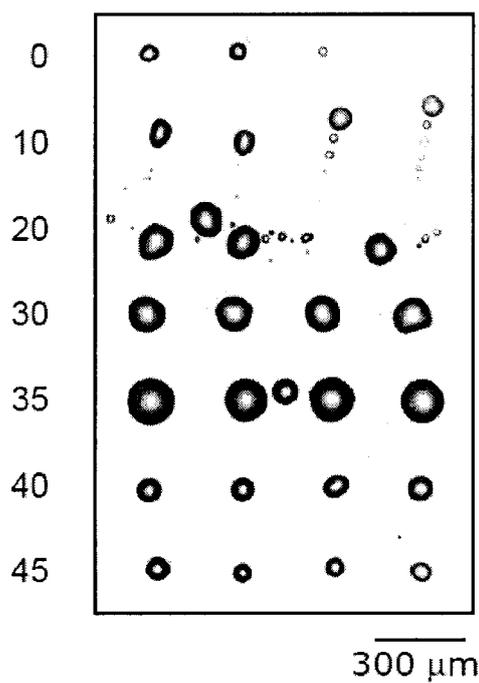
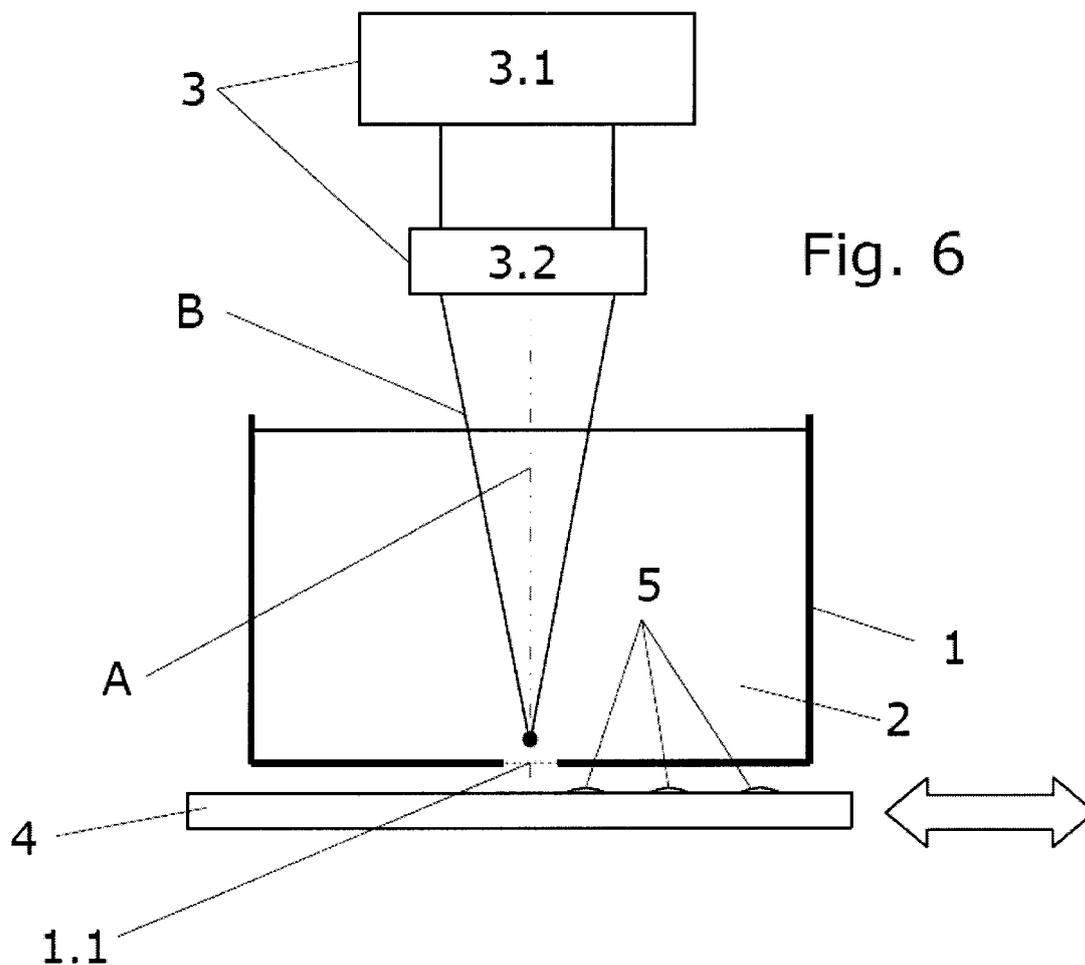


Fig. 3c





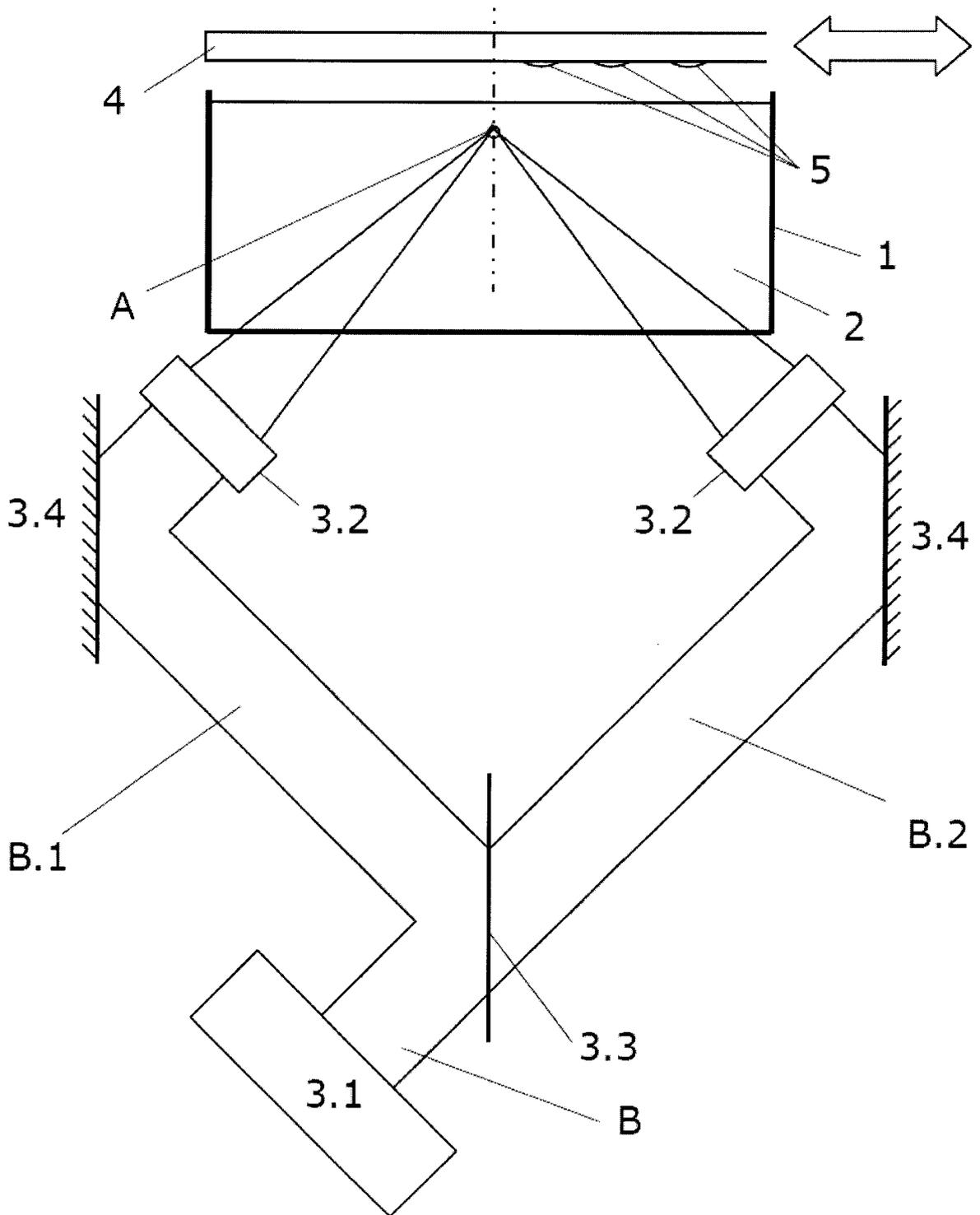


Fig. 7

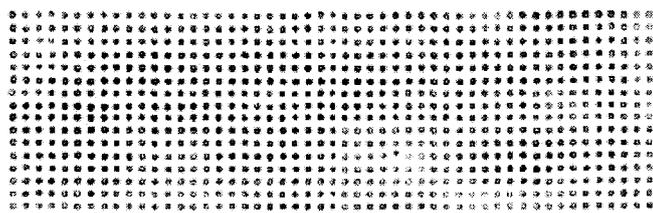


Fig. 9

300 μm

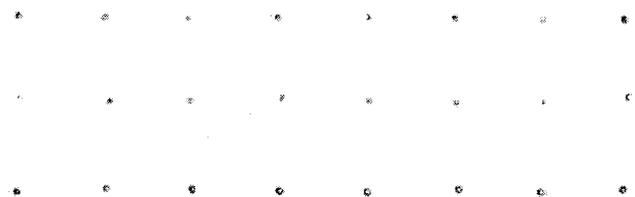


Fig. 10

100 μm

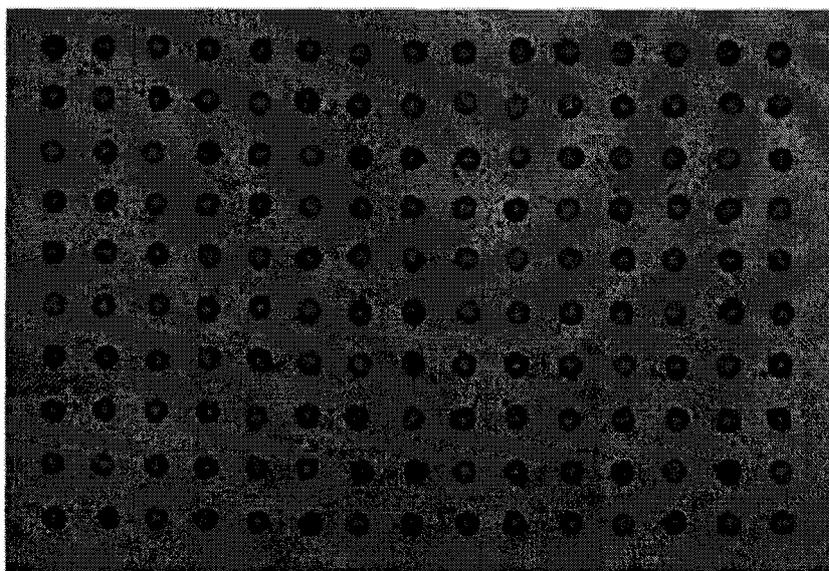


Fig. 11

100 μm



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200901669

②② Fecha de presentación de la solicitud: 22.07.2009

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **B41J2/44** (2006.01)
B41J2/455 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X Y	JP 3187758 A (RICOH KK) 15.08.1991, todo el documento.	1,2,4,6-14,16, 18-20 3,5,15,17
A Y	DE 19746174 C1 (LEHMANN, U.) 08.07.1999, todo el documento.	1,2,4,6-14,16-20 5,17
A Y	US 6056388 A (MAXIMOVSKY, S. et al.) 02.05.2000, todo el documento.	1,2,8-10,20 3,15
A	US 5021808 A (KOHYAMA, M.) 04.06.1991, todo el documento.	1,2,4-14,16-20
A	EP 1439063 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 21.07.2004, todo el documento.	1-20
A	US 2003/0156178 A1 (LEHMANN, U.) 21.08.2003, resumen; párrafos [0067]-[0069],[0092]-[0095]; figuras 2a-2c,8,9.	1,3,10,15
A	DE 19544099 A1 (HEIDELBERGER DRUCKMASCHINEN AG) 28.05.1997	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
18.05.2011

Examinador
Ó. González Peñalba

Página
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B41J, B41M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, TXT

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 18.05.2011

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-20	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-20	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

Consideraciones:

La presente Solicitud se refiere, respectivamente en sus reivindicaciones independientes 1 y 10, a un aparato y a su correspondiente método de funcionamiento para la impresión con láser sobre un sustrato receptor, en los cuales se enfoca, mediante medios de enfoque adecuados, un haz de láser en un volumen focal de un líquido contenido en un recipiente y que es transparente a, o débilmente absorbente de, la radiación de láser, conteniendo dicho líquido el material de impresión disuelto o en suspensión, de tal manera que dicho volumen focal está situado en el seno del líquido, a corta distancia de la superficie libre del líquido y lejos de cualquier pared del recipiente, y los medios ópticos enfocan fuertemente el haz de láser para causar la absorción de la energía del haz de láser en el volumen focal y proyectar así el material de impresión hacia el sustrato de impresión, que se mantiene, por unos medios de soporte, paralelo a la superficie libre del líquido próxima al volumen focal, y separado una cierta distancia de esta. Según el método de la invención, además, dicha absorción de energía es tal, que se produce una burbuja en el volumen focal, la cual impulsa la porción de líquido situada en este y en la superficie libre del líquido hacia el sustrato de impresión, depositándose en él en forma de microgota de material de impresión.

Las reivindicaciones dependientes de las 1 y 10 anteriores, tanto para el aparato como para su método de funcionamiento, aportan diversas soluciones constructivas para el principio de funcionamiento genérico en ellas definido, así como detalles sobre los procesos físicos implicados en la proyección de las microgotas, y algunos elementos secundarios como un sistema de visión para el seguimiento o un ordenador para la sincronización de los desplazamientos y disparos. Así, por ejemplo, se contemplan las posibilidades alternativas de que, bien el sustrato sea transparente a la radiación o bien lo sea el recipiente que contiene el material de impresión, para la incidencia del haz de láser atravesando uno u otro elemento. También puede disponerse la impresión en sentido inverso, con la superficie libre del líquido situada debajo del recipiente, sosteniéndose en un pequeño orificio por tensión superficial.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	JP 3187758 A (RICOH KK)	15.08.1991
D02	DE 19746174 C1 (LEHMANN, U.)	08.07.1999

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

Se considera que la invención definida en las reivindicaciones 1-20 de la presente Solicitud carece de actividad inventiva por poder deducirse de forma evidente del estado de la técnica por un experto en la materia. En efecto, el documento D01, considerado como el estado de la técnica más próximo al objeto de la invención y citado en el Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) con las categorías X e Y (por sí solo o en combinación con otros documentos), recoge esencialmente los mismos elementos, funcionando de la misma manera para obtener idéntico fin que el aparato y método de las reivindicaciones 1 y 10 de la invención. Un haz luminoso procedente de una fuente (referencia 9; Figura 2) se proyecta y enfoca fuertemente, por los medios adecuados (elementos 6 y 7 de las Figuras 1 y 2), en un volumen focal próximo a la superficie libre de un líquido (referencia 2; Figura 2) albergado en un recipiente ("cámara"; véase el resumen) y que contiene tinta de impresión, proyectándose, como resultado de ello, una gota líquida desde dicha superficie. Puede observarse, por ejemplo, en la Figura 2 que el haz luminoso atraviesa prácticamente todo el espesor del líquido antes de enfocarse, por lo que, aunque no se detallan propiedades de dicho líquido, es evidente que ha de ser transparente a la radiación utilizada o poco absorbente de esta. Asimismo, los puntos negros repartidos en el espesor del líquido (Figura 2) inducen a pensar que se trata de tinta suspendida en él.

Por otra parte, aunque no se menciona expresamente el uso de un láser en D01, un experto de la técnica podrá recurrir de un modo evidente a esta opción (cuyo uso es ya totalmente generalizado en la técnica de la impresión por transferencia) como caso particular de la fuente de luz genérica designada con la referencia 9, por ejemplo, en la Figura 2.

Tampoco se detalla expresamente en D01 el proceso termofísico de generación de las gotas de tinta descrito en la reivindicación 10, pero los idénticos elementos implicados en D01 conllevarán, necesariamente, los mismos resultados físicos, aunque estos no se describan, ni tan siquiera se conozcan. Un haz suficientemente intenso, enfocado a similar distancia de la superficie y con una misma forma de la superficie libre, provocará burbujas similares capaces de proyectar gotas. El experto de la técnica que ponga en práctica y haga funcionar el dispositivo de D01 podrá observar, por tanto, los mismos procesos como resultado. Cabe concluir de todo lo anterior que las reivindicaciones 1 y 10 de la presente Solicitud carecen de actividad inventiva con respecto a D01, según el Art. 8 de la LP.

Las restantes características de las reivindicaciones dependientes también están ya anticipadas o son evidentes partiendo del estado de la técnica. Así, por ejemplo, la forma del haz luminoso que emerge de la fuente 9 de D01 implica la presencia del expansor de haz recogido en la reivindicación 2; y el fondo de la cámara (referencia 5) es transparente a la radiación, al igual que lo descrito en la reivindicación 4. Las configuraciones de las reivindicaciones 3, 5, 15 y 17 no se encuentran, sin embargo, en D01, pero sí en los documentos D02 y D03 (citados en el IET con la categoría Y para dichas reivindicaciones): en D02, la trayectoria de proyección de las gotas es hacia abajo, a través de un orificio situado en la parte inferior del recipiente; y en D03, el sustrato de impresión (referencia 11; Figura 3) es transparente al haz luminoso (referencia 9). Ambos documentos pertenecen, además, al mismo campo técnico de impresión por transferencia provocada por radiación, por lo que un experto de la técnica podrá recurrir a ellos de forma evidente para resolver los problemas técnicos planteados en la invención y resueltos por dichas configuraciones, que D01 no es capaz de solucionar por sí solo. Cabe concluir, en consecuencia, que también las reivindicaciones dependientes 3, 5, 15 y 17 carecen de actividad inventiva con respecto a la combinación de D01 y D02, o D01 y D03, según el mencionado Art. 8 LP.