

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 733**

51 Int. Cl.:

B23K 26/00 (2014.01)
B23K 26/0622 (2014.01)
B23K 26/06 (2014.01)
B23K 26/082 (2014.01)
B23K 26/352 (2014.01)
B23K 26/53 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2020** **PCT/EP2020/072872**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.02.2022** **WO22033701**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2020** **E 20758149 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2024** **EP 4048472**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la grabación de datos a alta velocidad sobre o en una capa (10) de un primer material utilizando un láser, un galvanómetro y un microespejo digital**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.10.2024

73 Titular/es:

CERAMIC DATA SOLUTIONS GMBH (100.0%)
Salzfertigergasse 3
4810 Gmunden, AT

72 Inventor/es:

PFLAUM, CHRISTIAN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 982 733 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

Procedimiento y dispositivo para la grabación de datos a alta velocidad sobre o en una capa (10) de un primer material utilizando un láser, un galvanómetro y un microespejo digital

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para grabar datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material y a un dispositivo para grabar datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material, y más particularmente a un procedimiento y un dispositivo para grabar datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 9 respectivamente (véase por ejemplo el documento US 2002/164069 A1).

10 Se sabe desde hace tiempo que los moduladores espaciales de luz (SLM) o los dispositivos digitales de microespejos (DMD) pueden utilizarse para manipular selectivamente regiones sobre o en una capa de un material, por ejemplo para crear fotomáscaras para dispositivos semiconductores y pantallas (véase, por ejemplo, el documento WO 99/45441 A1). Utilizando un conjunto o una matriz de microespejos, se puede iluminar un gran número de píxeles simultáneamente y de forma bien controlada para crear, por ejemplo, un patrón deseado en una fotomáscara.

15 Sin embargo, la luz láser utilizada para la iluminación no manipula directamente el material del sustrato de, por ejemplo, un semiconductor. En su lugar, se utiliza un proceso indirecto denominado fotolitografía para grabar el patrón deseado en el material del sustrato. En este proceso, una fotorresistencia sensible a la luz es manipulada por la luz láser.

20 Aunque las técnicas de fotolitografía han demostrado ser extremadamente exitosas en la industria de los semiconductores, puede ser deseable manipular directamente ciertas capas de material, por ejemplo para grabar datos en materiales cerámicos (véanse los documentos PCT/EP2019/071805 y PCT/EP2020/068892). Sin embargo, la densidad de potencia de la luz láser necesaria para, por ejemplo, ablacionar material de una capa cerámica es mucho mayor que la necesaria para cambiar químicamente la fotorresistencia. Dado que la potencia láser total proporcionada por el sistema láser no puede aumentarse indefinidamente, al menos no a un coste razonable, la velocidad de registro se ve muy comprometida para muchos materiales.

25 Por lo tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para la grabación de datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material y un dispositivo para dicha grabación de datos a alta velocidad.

Este objeto se consigue con el procedimiento según la reivindicación 1 y el dispositivo según la reivindicación 14.

Por consiguiente, la presente invención, según un primer aspecto, se refiere a un procedimiento para grabar datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material, tal como se define en la reivindicación 1.

30 El procedimiento comprende las etapas de proporcionar una capa de un primer material, e iluminar selectivamente una pluralidad de regiones de la capa del primer material con luz láser para manipular selectivamente el material en la pluralidad de regiones de la capa del primer material. La pluralidad de regiones de la capa del primer material se ilumina selectivamente mediante una combinación de un escáner galvanométrico y un dispositivo de microespejos digital.

35 Así pues, la presente invención se basa, entre otras cosas, en la idea de distribuir la potencia del láser sobre el dispositivo de microespejos digital (DMD) mediante un escáner galvanométrico. En lugar de iluminar todos los microespejos del DMD simultáneamente, se ilumina cada vez un subconjunto de microespejos del DMD y dicho subconjunto se explora mediante el escáner galvanométrico. De este modo, es posible direccionar todas las submatrices de microespejos secuencialmente con extrema rapidez y, al mismo tiempo, se reduce sustancialmente la potencia láser total necesaria: Dado que la densidad de potencia de cada pequeño haz generado por cada microespejo del DMD debe ser suficiente para, por ejemplo, ablacionar material cerámico, la potencia total que debe suministrar la fuente láser aumenta con el número de microespejos iluminados simultáneamente. Así, se pueden conseguir velocidades de grabación de datos de al menos 10 MB/s, preferentemente de al menos 100 MB/s, más preferentemente de al menos un GB/s y aún más preferentemente de al menos 10 GB/s utilizando una fuente láser estándar que tenga una potencia de salida de, por ejemplo, 1 W o una energía de salida de un solo pulso (para un láser pulsado) de, por ejemplo, 10 μ J.

40 La manipulación selectiva del material en la pluralidad de regiones de la capa del primer material puede comprender el calentamiento, la descomposición, la oxidación, la deformación, la ablación, la fusión y/o la vaporización de las respectivas regiones de la capa del primer material, siempre que dicha manipulación sea adecuada para registrar datos creando efectos locales bien definidos que sean visibles, detectables ópticamente o detectables por cualquier otro mecanismo. Por ejemplo, los datos grabados pueden codificarse en la capa del primer material (por ejemplo, modificando las propiedades de la superficie, como el color, la absorción óptica o similares) o en la capa del primer material (por ejemplo, creando recesiones u orificios en el material). En este último caso, pueden crearse rebajes u orificios de diferentes profundidades, en los que cada profundidad corresponde a un bit de información predefinido, tal como se describe en el documento PCT/EP2020/068892. Para ello, la capa del primer material puede iluminarse con dos o más pulsos de láser, en los que los microespejos del DMD se ajustan entre los pulsos subsiguientes para conseguir regiones que (i) no se iluminan nunca, (ii) se iluminan una vez con un solo pulso de láser, (iii) se iluminan dos veces con dos pulsos de láser y así sucesivamente.

Típicamente, la luz láser o el pulso láser calentará las áreas de impacto del rayo láser que, a su vez, puede causar descomposición, oxidación, deformación, ablación, fusión y/o vaporización del material dentro o cerca de las áreas de impacto. Si se utiliza un láser de pulsos ultracortos, como un láser de picosegundos o un láser de femtosegundos, o bien el haz láser crea las denominadas nanopartículas para densidades de energía bajas que dependen de la polarización del haz, o bien las denominadas explosiones de Coulomb pueden provocar la ablación del material a densidades de energía más altas. Dependiendo de la polarización del haz, estas explosiones de Coulomb pueden crear huecos u orificios grabables de forma ovalada, en los que los ejes largo y corto del óvalo dependen también de la polarización del haz.

Preferentemente, la luz láser que ilumina la pluralidad de regiones de la capa del primer material pasa, en esta secuencia, por el escáner galvanométrico y el DMD. Esta disposición es opcionalmente mucho más precisa en comparación con una disposición en la que el DMD está situado delante del escáner galvanométrico, ya que el DMD garantiza una relación bien definida y fija entre cada microespejo y un píxel correspondiente en la superficie de la capa del primer material. Esto es especialmente ventajoso si deben aplicarse varios impulsos láser a un mismo píxel para, por ejemplo, lograr diferentes profundidades como se ha comentado anteriormente y/o para corregir píxeles que no se hayan manipulado correctamente. Es importante señalar que la secuencia del escáner galvanométrico y el DMD no requiere que el DMD se sitúe directamente detrás del escáner galvanométrico. Más bien, puede haber ópticas adicionales entre el escáner galvanométrico y el DMD. Por ejemplo, puede haber otra óptica de colimación para alinear la luz láser emitida por el escáner galvanométrico con un ángulo de entrada predeterminado con respecto al DMD.

Preferentemente, la luz láser emitida desde el escáner galvanométrico ilumina simultáneamente sólo una sección del conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital. Dicha sección iluminada puede suponer menos del 10 %, preferentemente menos del 1 %, más preferentemente menos del 0,1 %, aún más preferentemente menos del 0,05 % y más preferentemente menos del 0,03 % del conjunto de microespejos del DMD. Dicho porcentaje puede calcularse en términos del área iluminada (en comparación con el área total del conjunto de microespejos del DMD) o en términos del número de microespejos iluminados (en comparación con el número total de microespejos del DMD). Como se ha indicado anteriormente, el área completa de la matriz de microespejos del DMD (es decir, todos los microespejos del DMD) se utiliza escaneando la matriz de microespejos del DMD con la sección iluminada mediante el escáner galvanométrico. Por supuesto, la fuente láser y el escáner galvanométrico deben controlarse en consecuencia para garantizar, por ejemplo, que se emita un impulso láser (o varios impulsos láser) para cada posición del escáner galvanométrico. En otras palabras, para cada submatriz de microespejos del DMD (es decir, una sección a iluminar), la fuente láser emite un impulso láser para iluminar los píxeles correspondientes en la superficie de la capa del primer material. Preferentemente, estas submatrices se escanean línea por línea. Sin embargo, cualquier otro patrón regular o arbitrario es, en principio, posible.

Dado que este procedimiento limita el número de píxeles posibles al número de microespejos del DMD, el área de grabación de la capa del primer material puede ampliarse aún más utilizando un sistema de posicionamiento XY, como una fase de escaneado (con el eje z perpendicular a la superficie de la capa del primer material). Una vez que se ha grabado una matriz completa de píxeles correspondientes a todo el DMD, se puede grabar una matriz adyacente de píxeles simplemente moviendo la capa del primer material a una zona adyacente. En consecuencia, el procedimiento inventivo comprende preferentemente las etapas de iluminar una pluralidad de regiones de la capa del primer material con luz láser para manipular selectivamente el material en la pluralidad de regiones de la capa del primer material utilizando una primera submatriz de microespejos del DMD; apuntar, con el escáner galvanométrico, a otra, preferentemente adyacente, segunda submatriz de microespejos del DMD; e iluminar selectivamente una pluralidad de regiones de la capa del primer material con luz láser para manipular selectivamente el material en la pluralidad de regiones de la capa del primer material utilizando la segunda submatriz de microespejos del DMD. Esta secuencia se repite preferentemente hasta que se hayan utilizado todas las submatrices de la matriz de microespejos del DMD. A continuación, la capa del primer material se desplaza de modo que el DMD pueda cubrir una segunda zona distinta de la anterior; y la secuencia antes mencionada se repite para esta segunda zona.

Como se ha mencionado anteriormente, la luz láser emitida desde el escáner galvanométrico puede pasar a través de ópticas de colimación con el fin de alinear la luz láser a un ángulo de entrada predeterminado con respecto al DMD. Esto es ventajoso porque el ángulo de la luz láser emitida por el escáner galvanométrico depende de la posición a la que apunta el escáner galvanométrico.

La luz emitida por el DMD puede pasar a través de una óptica de conformación del haz, preferentemente una matriz de placas de zona láser o un modulador espacial de luz. De este modo, pueden crearse determinadas formas de haz ventajosas para el registro de datos. Por ejemplo, una matriz de placas de zona láser puede adaptarse para crear un haz de Bessel para cada pequeño haz emitido por el DMD.

Un haz Bessel tiene la ventaja de una profundidad de foco sustancialmente mayor. Mientras que la longitud de enfoque de un haz gaussiano regular es del orden de la longitud de onda de la luz enfocada, la longitud de enfoque que puede conseguirse con un haz de Bessel asciende al menos a 4 veces la longitud de onda de la luz enfocada. Al mismo tiempo, la anchura del foco es aproximadamente la mitad de la que puede conseguirse con un haz gaussiano.

En general, el tamaño de las características que pueden conseguirse mediante el procedimiento inventivo (por ejemplo, el diámetro de un rebaje en la capa del primer material) varía entre $2/3 \lambda$ (aire) y $1/2 \lambda$ (inmersión) para un

haz gaussiano y entre $1/3 \lambda$ (airey) y $1/4 \lambda$ (inmersión) para un haz de Bessel (donde λ es la longitud de onda de la luz láser). Por lo tanto, la forma del haz de Bessel es ventajosa en el sentido de que se pueden conseguir características de proceso más pequeñas y, en consecuencia, una mayor densidad de datos registrados. Además, la mayor distancia focal del haz de Bessel es ventajosa porque, por ejemplo, se pueden generar rebajes más profundos. Esto es especialmente importante si se van a generar características de diferentes profundidades para codificar información mediante, por ejemplo, la profundidad de un rebaje. Dado que el foco de un haz gaussiano tiene forma de cono, aumentar la profundidad de un rebaje implica aumentar el diámetro del rebaje en la superficie. En cambio, el enfoque más cilíndrico de un haz de Bessel permite crear hendiduras mucho más profundas con un diámetro casi constante.

Dichos haces de Bessel también pueden generarse mediante otros dispositivos de conformación de haces. Un ejemplo particularmente preferido de dispositivo de conformación de haces es un modulador espacial de luz, que es particularmente versátil porque puede utilizarse para crear haces de Bessel, permitir el control óptico de proximidad y proporcionar una máscara de desplazamiento de fase.

Preferentemente, la capa del primer material es un material cerámico que comprende preferentemente un nitruro metálico como CrN, CrAlN, TiN, TiCN, TiAlN, ZrN, AlN, VN, Si₃N₄, ThN, HfN, BN; y/o un carburo metálico como TiC, CrC, Al₄C₃, VC, ZrC, HfC, ThC, B₄C, SiC; y/o un óxido metálico como Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, ZrO₂, ThO₂, MgO, Cr₂O₃, Zr₂O₃, V₂O₃; y/o un boruro metálico como TiB₂, ZrB₂, CrB₂, VB₂, SiB₆, ThB₂, HfB₂, WB₂, WB₄; y/o un siliciuro metálico como TiSi₂, ZrSi₂, MoSi₂, WSi₂, PtSi, Mg₂Si. Los materiales preferidos son B₄C, HfC, Cr₂O₃, ZrB₂, CrB₂, SiB₆, Si₃N₄, ThN, CrN y CrAlN. Estos materiales proporcionan suficiente dureza y resistencia a la degradación ambiental para el almacenamiento a largo plazo de los datos grabados.

Preferentemente, la etapa de proporcionar una capa del primer material comprende proporcionar un sustrato cerámico y recubrir el sustrato con una capa del primer material diferente del material del sustrato cerámico. Así, sólo se necesita una pequeña cantidad del material de revestimiento, posiblemente más caro, mientras que la integridad estructural se consigue con un sustrato robusto y potencialmente más barato. La capa del primer material tiene preferentemente un espesor no superior a 10 μ m, más preferentemente no superior a 5 μ m, más preferentemente no superior a 2 μ m, más preferentemente no superior a 1 μ m, aún más preferentemente no superior a 100 nm y más preferentemente no superior a 10 nm.

Además, el uso de un sustrato puede permitir generar contraste óptico entre el sustrato (donde se genera un orificio en el revestimiento) y el material de revestimiento circundante. Preferentemente, la manipulación de las regiones seleccionadas hace que estas regiones se distingan del material circundante. Para algunas aplicaciones, esto puede comprender lograr la distinguibilidad óptica. Sin embargo, en otros casos (en particular, si las estructuras codificadas son demasiado pequeñas) estas zonas sólo pueden distinguirse del material circundante mediante, por ejemplo, un microscopio electrónico de barrido o la medición de otro cambio de parámetro físico, por ejemplo, de las propiedades magnéticas, dieléctricas o conductoras.

Preferentemente, el sustrato cerámico comprende una cerámica oxidica, más preferentemente el sustrato cerámico comprende al menos 90 %, más preferentemente al menos 95 %, en peso de uno o una combinación de: Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, ZrO₂, ThO₂, MgO, Cr₂O₃, Zr₂O₃, V₂O₃. Se sabe que estos materiales son especialmente duraderos en diversas circunstancias y/o resisten la degradación medioambiental. Así pues, estos materiales son especialmente adecuados para el almacenamiento a largo plazo en diferentes condiciones. Es particularmente preferido que el sustrato cerámico comprenda uno o una combinación de: Al₂O₃, ZrO₂, Zr(SiO₄), SiO₂ y MgO.

Preferentemente, el sustrato cerámico comprende una cerámica no oxidativa, más preferentemente el sustrato cerámico comprende al menos 90 %, más preferentemente al menos 95 %, en peso de uno o una combinación de: un nitruro metálico tal como CrN, CrAlN, TiN, TiCN, TiAlN, ZrN, AlN, VN, Si₃N₄, ThN, HfN, BN; un carburo metálico tal como TiC, CrC, Al₄C₃, VC, ZrC, HfC, ThC, B₄C, SiC; un boruro metálico como TiB₂, ZrB₂, CrB₂, VB₂, SiB₆, ThB₂, HfB₂, WB₂, WB₄; y un siliciuro metálico como TiSi₂, ZrSi₂, MoSi₂, WSi₂, PtSi, Mg₂Si. Se sabe que estos materiales son especialmente duraderos en diversas circunstancias y/o resisten la degradación medioambiental. Así pues, estos materiales son especialmente adecuados para el almacenamiento a largo plazo en diferentes condiciones. Es particularmente preferido que el sustrato cerámico comprenda uno o una combinación de: BN, CrSi₂, SiC y SiB₆.

Preferentemente, el sustrato cerámico comprende uno o una combinación de Ni, Cr, Co, Fe, W, Mo u otros metales con un punto de fusión superior a 1.400 °C. Preferentemente, el material cerámico y el metal forman un compuesto de matriz metálica con el material cerámico disperso en el metal o aleación metálica. Preferentemente, el metal representa entre el 5 % y el 30 % en peso, preferentemente entre el 10 % y el 20 % en peso del sustrato cerámico, es decir, del compuesto de matriz metálica. Los compuestos de matriz metálica especialmente preferidos son: WC/Co-Ni-Mo, BN/Co-Ni-Mo, TiN/Co-Ni-Mo y/o SiC/Co-Ni-Mo.

Preferentemente, la capa del primer/material cerámico se recubre directamente sobre el sustrato cerámico, es decir, sin ninguna capa intermedia, a fin de lograr una fuerte unión entre el sustrato cerámico y la capa del primer/material cerámico. El sustrato cerámico revestido se templó preferentemente antes y/o después de la grabación para conseguir una unión tan fuerte. El templado puede generar una interfaz sinterizada entre el sustrato cerámico y la capa del primer material/cerámico. La interfaz sinterizada puede comprender al menos un elemento tanto del material del sustrato como del material de la primera capa/cerámica, ya que uno o más elementos de una de las dos capas adyacentes

pueden difundirse en la otra capa de las dos capas adyacentes. La presencia de la interfaz sinterizada puede reforzar aún más la unión entre el sustrato cerámico y la capa del material cerámico.

5 Preferentemente, el templado del sustrato cerámico revestido implica calentar el sustrato cerámico revestido a una temperatura comprendida entre 200 °C y 4.000 °C, más preferentemente entre 1.000 °C y 2.000 °C. El proceso de templado puede comprender una fase de calentamiento con un aumento de la temperatura de al menos 10 K por hora, una fase de meseta a una temperatura de pico durante al menos 1 minuto y, por último, una fase de enfriamiento con una disminución de la temperatura de al menos 10 K por hora. El proceso de templado puede ayudar a endurecer el sustrato cerámico y/o a adherir permanentemente el segundo material al sustrato cerámico.

10 Preferentemente, las regiones seleccionadas se calientan al menos a una temperatura de fusión del primer material, de manera que las regiones seleccionadas del primer material se calientan a una temperatura de al menos 3.000 °C, aún más preferentemente de al menos 3.200 °C, más preferentemente de al menos 3.500 °C, más preferentemente de al menos 4.000 °C. La ablación por láser de las regiones seleccionadas del primer material/cerámico puede revelar el sustrato cerámico subyacente, lo que da lugar a un contraste (ópticamente) distinguible de las regiones seleccionadas en relación con el resto del material de grabación.

15 Con el fin de proporcionar la cantidad necesaria de energía en un corto espacio de tiempo y, por lo tanto, permitir el registro de datos a alta velocidad, es particularmente preferible que la luz láser sea proporcionada por un láser de pulso ultracorto, preferentemente un láser de picosegundo o un láser de femtosegundo.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo para la grabación de datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material, tal como se define en la reivindicación 9.

20 El dispositivo comprende una fuente láser, un escáner galvanométrico, un dispositivo de microespejos digital (DMD) adaptado para emitir múltiples haces láser, un soporte de sustrato para montar un sustrato, y una óptica de enfoque adaptada para enfocar cada uno de los múltiples haces láser emitidos por el DMD sobre un sustrato montado en el soporte de sustrato. El escáner galvanométrico está configurado para distribuir temporalmente la potencia del láser sobre el DMD.

25 Todas las características preferidas discutidas anteriormente en el contexto del procedimiento inventivo también pueden ser empleadas análogamente en el contexto del dispositivo inventivo. En otras palabras, el dispositivo, uno o más de sus componentes y/o un controlador del dispositivo pueden ser adecuados para realizar y/o permitir las etapas del procedimiento antes mencionados.

30 Por ejemplo, el dispositivo galvanométrico está preferentemente configurado para iluminar simultáneamente sólo una sección de la matriz de microespejos del DMD. Como se ha indicado anteriormente, la sección iluminada es preferentemente inferior al 10 %, más preferentemente inferior al 1 %, aún más preferentemente inferior al 0,1 %, aún más preferentemente inferior al 0,05 % y más preferentemente inferior al 0,03 % de la matriz de microespejos del DMD. En consecuencia, el escáner galvanométrico está configurado preferentemente para escanear la matriz de microespejos del DMD con la sección iluminada.

35 Preferentemente, el dispositivo comprende además una óptica para alinear la luz láser emitida por el escáner galvanométrico con un ángulo de entrada predeterminado con respecto al DMD. Adicional o alternativamente, puede proporcionarse óptica de conformación del haz, como una matriz de placas de zona láser o un modulador espacial de luz. Preferentemente, el modulador espacial de luz está configurado para permitir el control óptico de proximidad, generar haces de Bessel o crear una máscara de desplazamiento de fase.

40 Preferentemente, el dispositivo comprende además un conformador de haz plano superior que incluye ópticas de colimación para garantizar que la densidad de potencia sea lo más constante posible a lo largo del perfil del haz. De este modo, la energía por pulso no depende de la ubicación del microespejo en estado "encendido" y, en consecuencia, de la superficie del sustrato que se manipula. Para ello puede utilizarse, por ejemplo, un π Shaper como el descrito en A. Laskin, "Beam-shaping unit for micromachining", SPIE, 2020. Alternativamente, puede utilizarse una SLM para generar un perfil de haz plano.

La fuente láser es preferentemente un láser de pulso ultracorto, como un láser de picosegundo o un láser de femtosegundo.

50 La densidad de potencia de cada uno de los múltiples haces láser emitidos por el DMD es preferentemente superior a 100 mJ/cm², más preferentemente superior a 400 mJ/cm², aún más preferentemente superior a 800 mJ/cm² y más preferentemente superior a 1 J/cm².

En el sustrato, cada uno de los múltiples haces láser es preferentemente un haz Bessel. En el sustrato, cada uno de los múltiples haces láser tiene preferentemente un diámetro focal mínimo no superior a 400 nm, más preferentemente no superior a 300 nm, aún más preferentemente no superior a 200 nm, y más preferentemente no superior a 100 nm.

El soporte de sustrato se monta preferentemente en un sistema de posicionamiento XY, como una fase de escaneado.

Preferentemente, el dispositivo comprende un procesador configurado para controlar el DMD, el escáner galvanométrico y la fuente láser y, opcionalmente, el sistema de posicionamiento XY para iluminar secuencialmente áreas adyacentes o conjuntos de píxeles del sustrato montado en el soporte de sustrato.

5 Este procesador (o una unidad de procesamiento adicional) está preferentemente adaptado y configurado para recibir un conjunto de datos a registrar (es decir, datos analógicos o digitales como texto, números, una matriz de píxeles, un código QR o similares) y para controlar los componentes del dispositivo (en particular, el DMD, el escáner galvanométrico y la fuente láser, así como opcionalmente el sistema de posicionamiento XY y el dispositivo de conformación del haz) para realizar el procedimiento inventivo con el fin de registrar el conjunto de datos recibidos sobre o en la capa del primer material.

10 Preferentemente, el dispositivo comprende además un dispositivo de lectura configurado para obtener imágenes de los datos registrados. Un dispositivo de lectura de este tipo permite controlar la calidad durante el registro de datos y, preferentemente, ajustar los píxeles defectuosos mediante un segundo disparo de iluminación. Dicho control de calidad puede realizarse durante la grabación. Por ejemplo, una vez que se han utilizado todas las submatrices de microespejos del DMD para iluminar los píxeles correspondientes en la superficie de la capa del primer material (es decir, una vez que se ha completado un barrido completo del escáner galvanométrico sobre el DMD), el registro puede interrumpirse brevemente y el dispositivo de lectura puede visualizar la matriz de píxeles registrados mediante, por ejemplo, la comparación de los datos de lectura con el conjunto de datos a registrar. Si se identifican uno o varios píxeles defectuosos (por ejemplo, píxeles correspondientes a huecos que no son lo suficientemente profundos o que no tienen un diámetro suficiente), el escáner galvanométrico y el DMD pueden controlarse para volver a iluminar esos píxeles defectuosos con el fin de mejorar la calidad de la grabación.

El dispositivo de lectura puede comprender una cámara digital u otro dispositivo de imagen. Sin embargo, es especialmente preferible que el dispositivo de lectura comprenda una combinación de un sensor óptico con otro DMD. Con la ayuda del DMD, la fuente de luz y un sensor de luz sencillo, se puede aplicar el principio de medición de un microscopio confocal de barrido láser, utilizando microespejos individuales del DMD para que sirvan de "orificio de alfiler móvil" como alternativa a un orificio de alfiler fijo y un láser de barrido. La iluminación de la zona que se va a fotografiar puede lograrse mediante la fuente láser para la grabación de datos u otra fuente láser que utilice el DMD de la trayectoria de grabación para iluminar secuencialmente los píxeles que se van a fotografiar y controlar ambos DMD para que se dirijan al mismo píxel a la vez. Sin embargo, el área de iluminación podría ser demasiado pequeña en este caso. Así, puede ser preferible utilizar una fuente de luz adicional para iluminar un área mucho mayor y limitarse a utilizar el DMD del lector para escanear los píxeles. La fuente de luz adicional puede estar dentro del dispositivo de lectura o fuera de él.

Para permitir la lectura esencialmente durante la grabación, el dispositivo comprende preferentemente un divisor de haz entre el DMD y la óptica de enfoque, en el que el divisor de haz permite que la luz emitida desde el sustrato pase al dispositivo de lectura. Alternativamente, puede disponerse un divisor de haz entre el escáner galvanométrico y el DMD, en el que el divisor de haz permite que la luz emitida desde el sustrato pase al dispositivo de lectura a través del DMD. En este caso, es posible que el dispositivo de lectura no necesite otro DMD. Más bien, la lectura puede realizarse utilizando el DMD de la ruta de grabación. Se trata de una disposición especialmente ventajosa porque sólo se necesita un único DMD.

40 Tanto el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 como el dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 15 pueden utilizarse para cualquiera de los siguientes fines: marcar individualmente la superficie de cualquier objeto, en el que dicho marcado puede incluir parámetros de producción y/o un certificado de autenticidad; proporcionar microestructuras o nanoestructuras repetitivas en la superficie de cualquier objeto que permitan propiedades superficiales especiales como el efecto loto o el coeficiente de fricción.

45 Las realizaciones preferidas de la presente invención se explicarán más adelante con referencia a las figuras, que muestran:

La figura 1 una vista esquemática de un dispositivo para la grabación de datos de alta velocidad de acuerdo con una realización preferida;
La figura 2 una vista esquemática de un dispositivo para la grabación de datos de alta velocidad de acuerdo con otra realización preferida;
50 La figura 3 una vista esquemática de un dispositivo para el registro de datos a alta velocidad según otra realización preferida; y
La figura 4 una vista esquemática de un dispositivo para la grabación de datos de alta velocidad de acuerdo con otra realización preferida.

55 La figura 1 muestra una ilustración esquemática de un dispositivo para la grabación de datos a alta velocidad sobre o en una capa de un primer material según una realización preferida de la presente invención. El dispositivo comprende una fuente láser 1, un atenuador motorizado 3a, un expansor de haz 2, un rotador de atenuación 3b, un conformador de haz plano (que preferentemente incluye ópticas de colimación) 14, un escáner galvanométrico 4, un dispositivo de microespejos digital 5 adaptado para emitir múltiples haces láser (de los cuales sólo se muestra uno por simplicidad), un soporte de sustrato 11 para montar un sustrato 10, y ópticas de enfoque 9 adaptadas para enfocar cada uno de los

múltiples haces láser emitidos por el DMD 5 sobre el sustrato 10 montado en el soporte de sustrato 11.

El escáner galvanométrico 4 está configurado para distribuir temporalmente la potencia láser de la fuente láser 1 sobre el DMD 5. Como se ha explicado anteriormente, el dispositivo galvanométrico 4 está configurado para iluminar simultáneamente sólo una sección del conjunto de microespejos del DMD 5. Dado que el ángulo del haz láser emitido por el escáner galvanométrico 4 depende de la posición o zona del DMD 5 a la que apunta el escáner galvanométrico 4, el dispositivo comprende preferentemente ópticas de colimación L1, L2 para alinear la luz láser emitida por el escáner galvanométrico 4 con un ángulo de entrada predeterminado con respecto al DMD 5. Para iluminar adecuadamente el escáner galvanométrico 4 por medio de la fuente láser 1, se puede disponer de un atenuador motorizado 3a, un expansor de haz 2, un rotador de atenuación 3b y un conformador de haz de parte superior plana (preferentemente con óptica de colimación) 14.

El DMD 5 comprende múltiples microespejos dispuestos en una matriz (no mostrada) y está adaptado para emitir múltiples haces láser (no mostrados) a lo largo de una primera dirección (es decir, para la grabación) o a lo largo de una segunda dirección para cada microespejo que está en un estado "apagado" desviando esos haces láser a un vertedero de haces 6. Para cada microespejo en estado "encendido", se emite un haz láser a través de un divisor de haz 8, a través de una óptica de enfoque 9 que puede, por ejemplo, comprender una óptica de microscopio estándar con una gran apertura numérica, sobre el sustrato 10 montado en un sistema de posicionamiento XY (que opcionalmente también puede ser móvil a lo largo de la dirección Z).

Como se ha comentado anteriormente, el dispositivo puede comprender además una óptica de conformación del haz 7, como una matriz de placas de zona láser o un modulador espacial de luz, que puede configurarse para permitir el control óptico de proximidad, para generar haces de Bessel o para crear una máscara de desplazamiento de fase. En la realización mostrada en la figura 1, el dispositivo comprende además un dispositivo de lectura 12 configurado para obtener imágenes de los datos registrados. El dispositivo de lectura en esta realización comprende otro DMD (no mostrado) para direccionar cada píxel en modo de lectura. Otra posibilidad es utilizar una cámara digital de alta resolución para obtener imágenes de los píxeles grabados. El divisor de haz 8 se sitúa entre el DMD 5 y la óptica de enfoque 9 para permitir que la luz emitida por el sustrato 10 pase al dispositivo de lectura 12.

El dispositivo de lectura 12 puede iluminar el área que se va a representar mediante la fuente láser 1 para el registro de datos u otra fuente láser que utilice el DMD 5 de la ruta de registro para iluminar secuencialmente los píxeles que se van a representar y controlar ambos DMD para que se dirijan al mismo píxel a la vez. Para poder resolver las diminutas estructuras que se generan durante el registro, es preferible utilizar una longitud de onda más pequeña para la obtención de imágenes. Por ejemplo, el láser de grabación 1 puede emitir otro armónico que tenga la mitad de la longitud de onda de grabación. Alternativamente, otra fuente láser con una longitud de onda diferente puede estar presente en el sistema. Sin embargo, el área de iluminación podría seguir siendo demasiado pequeña en este caso. Así, puede ser preferible utilizar una fuente de luz adicional para iluminar un área mucho mayor y limitarse a utilizar el DMD del lector para escanear los píxeles. La fuente de luz adicional puede estar en el dispositivo de lectura 12 o fuera de él. En este último caso, la luz iluminante puede guiarse hacia la superficie que se desea fotografiar mediante el divisor de haz 8 o un divisor de haz adicional (no mostrado) a lo largo de la trayectoria óptica.

En una realización alternativa mostrada en la figura 2, el divisor de haz 8 se proporciona entre el escáner galvanométrico 4 y el DMD 5 y permite que la luz emitida desde el sustrato 10 pase al dispositivo de lectura 12 a través del DMD 5. En este caso, la luz emitida por el DMD 5 puede pasar directamente o a través de un espejo adicional o divisor de haz 13 a la óptica de enfoque 9. La disposición mostrada en la figura 2 es particularmente ventajosa ya que el dispositivo de lectura 12 en esta disposición no requiere su propio DMD. Más bien, un simple sensor óptico puede ser suficiente porque cada píxel en el sustrato 10 puede ser dirigido a través del DMD 5 a lo largo del haz de grabación. Como se ha descrito anteriormente, esta alternativa imita el principio de un microscopio confocal. Sin embargo, en lugar de un haz láser de barrido y un orificio de alfiler fijo, los microespejos seleccionados definen una trayectoria de un "orificio de alfiler móvil". Una vez más, la iluminación puede lograrse a través del láser de grabación 1 y la trayectoria de grabación. Sin embargo, se prefiere iluminar el sustrato 10 con, por ejemplo, luz UV emitida desde una fuente de luz adicional a través del divisor de haz 13 o de un divisor de haz adicional a lo largo de la trayectoria óptica, como el divisor de haz 8.

Las figuras 1 y 2 muestran una realización en la que el dispositivo de conformación del haz 7 es transmitido por la luz láser. Sin embargo, en caso de que el dispositivo de conformación del haz comprenda, por ejemplo, un modulador espacial de luz en modo de reflexión, la trayectoria óptica puede alterarse como se muestra en la figura 3. Una vez más, el dispositivo de lectura 12 puede ser un sensor con su propio DMD (véase la figura 3) o un sensor más sencillo sin DMD (véase la figura 4), que utiliza el DMD 5 de la vía de registro.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para grabar datos a alta velocidad sobre o en una capa (10) de un primer material, comprendiendo el procedimiento proporcionar una capa (10) de un primer material; caracterizándose el procedimiento por: iluminar selectivamente una pluralidad de regiones de la capa (10) del primer material con luz láser para manipular selectivamente material en la pluralidad de regiones de la capa (10) del primer material; y en el que la pluralidad de regiones de la capa (10) del primer material se iluminan selectivamente mediante una combinación de un escáner galvanométrico (4) y un dispositivo de microespejos digital (5).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la luz láser que ilumina la pluralidad de regiones de la capa (10) del primer material pasa, en esta secuencia, por el escáner galvanométrico (4) y el dispositivo de microespejos digital (5).
3. El procedimiento de la reivindicación 1 o 2, en el que la luz láser emitida desde el escáner galvanométrico (4) ilumina simultáneamente sólo una sección del conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital (5), en el que la sección iluminada representa preferentemente menos del 10 %, más preferentemente menos del 1 %, más preferentemente menos del 0,1 % del conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital, en el que el conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital (5) se explora preferentemente con la sección iluminada mediante el escáner galvanométrico (4).
4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la luz láser es proporcionada por un láser de pulso ultracorto (1).
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el primer material es un material cerámico, que comprende preferentemente al menos uno de: un nitruro metálico tal como CrN, CrAlN, TiN, TiCN, TiAlN, ZrN, AlN, VN, Si₃N₄, ThN, HfN, BN; un carburo metálico tal como TiC, CrC, Al₄C₃, VC, ZrC, HfC, ThC, B₄C, SiC; un óxido metálico como Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, ZrO₂, ThO₂, MgO, Cr₂O₃, Zr₂O₃, V₂O₃; un boruro metálico como TiB₂, ZrB₂, CrB₂, VB₂, SiB₆, ThB₂, HfB₂, WB₂, WB₄; o un siliciuro metálico como TiSi₂, ZrSi₂, MoSi₂, WSi₂, PtSi, Mg₂Si.
6. El procedimiento de la reivindicación 5, en el que el suministro de la capa del material cerámico comprende proporcionar un sustrato cerámico y recubrir el sustrato con la capa del material cerámico diferente del material del sustrato cerámico, en el que la capa del material cerámico preferentemente tiene un espesor no superior a 10 µm, más preferentemente no superior a 5 µm, más preferentemente no superior a 2 µm, aún más preferentemente no superior a 1 µm, aún más preferentemente no superior a 100 nm y más preferentemente no superior a 10 nm.
7. El procedimiento de la reivindicación 5 o 6, en el que el sustrato cerámico comprende al menos el 90 %, preferentemente al menos el 95 %, en peso de uno o una combinación de: Al₂O₃, TiO₂, SiO₂, ZrO₂, ThO₂, MgO, Cr₂O₃, Zr₂O₃, V₂O₃; y/o en el que el sustrato cerámico comprende al menos el 90 %, preferentemente al menos el 95 %, en peso de uno o una combinación de: un nitruro metálico tal como CrN, CrAlN, TiN, TiCN, TiAlN, ZrN, AlN, VN, Si₃N₄, ThN, HfN, BN; un carburo metálico tal como TiC, CrC, Al₄C₃, VC, ZrC, HfC, ThC, B₄C, SiC; un boruro metálico como TiB₂, ZrB₂, CrB₂, VB₂, SiB₆, ThB₂, HfB₂, WB₂, WB₄, y un siliciuro metálico como TiSi₂, ZrSi₂, MoSi₂, WSi₂, PtSi, Mg₂Si.
8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que el sustrato cerámico revestido se templea antes y/o después de la grabación.
9. Un dispositivo para la grabación de datos a alta velocidad sobre o en una capa (10) de un primer material, comprendiendo el dispositivo:
 - una fuente láser (1);
 - un dispositivo de microespejos digital (5) adaptado para emitir múltiples haces láser;
 - un soporte de sustrato (11) para montar un sustrato (10); y
 - una óptica de enfoque (9) adaptada para enfocar cada uno de los múltiples haces láser emitidos por el dispositivo de microespejos digital (5) sobre un sustrato (10) montado en el soporte de sustrato (11);
 caracterizado por que: el dispositivo comprende además un escáner galvanométrico (4), en el que el escáner galvanométrico (4) está dispuesto de tal manera que está configurado para distribuir temporalmente la potencia del láser sobre el dispositivo de microespejos digital (5).
10. El dispositivo de la reivindicación 9, en el que el escáner galvanométrico (4) está configurado para iluminar simultáneamente sólo una sección del conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital (5), en el que la sección iluminada asciende preferentemente a menos del 10 %, más preferentemente a menos del 1 %, más preferentemente a menos del 0,1 % del conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital, en el que el dispositivo galvanométrico (4) está configurado preferentemente para escanear el conjunto de microespejos del dispositivo de microespejos digital (5) con la sección iluminada.
11. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, que comprende además óptica de conformación del haz (7), preferentemente una matriz de placas de zona láser o un modulador espacial de luz, en el que el modulador espacial de luz está configurado preferentemente para permitir el control óptico de proximidad, para generar haces de Bessel o para crear una máscara de desplazamiento de fase.

12. El dispositivo de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11 comprende además un dispositivo de lectura (12) configurado para obtener imágenes de los datos registrados.

13. El dispositivo de la reivindicación 12, en el que el dispositivo de lectura (12) comprende otro dispositivo de microespejos digital.

5 14. El dispositivo de la reivindicación 12 o 13, que comprende además un divisor de haz (8) entre el dispositivo de microespejos digital (5) y la óptica de enfoque (9), en el que el divisor de haz (8) permite que la luz emitida desde el sustrato (10) pase al dispositivo de lectura (12).

10 15. El dispositivo de la reivindicación 12, que comprende además un divisor de haz (8) entre el escáner galvanométrico (4) y el dispositivo de microespejos digital (5), en el que el divisor de haz (8) permite que la luz emitida desde el sustrato (10) pase al dispositivo de lectura (12) a través del dispositivo de microespejos digital (5).

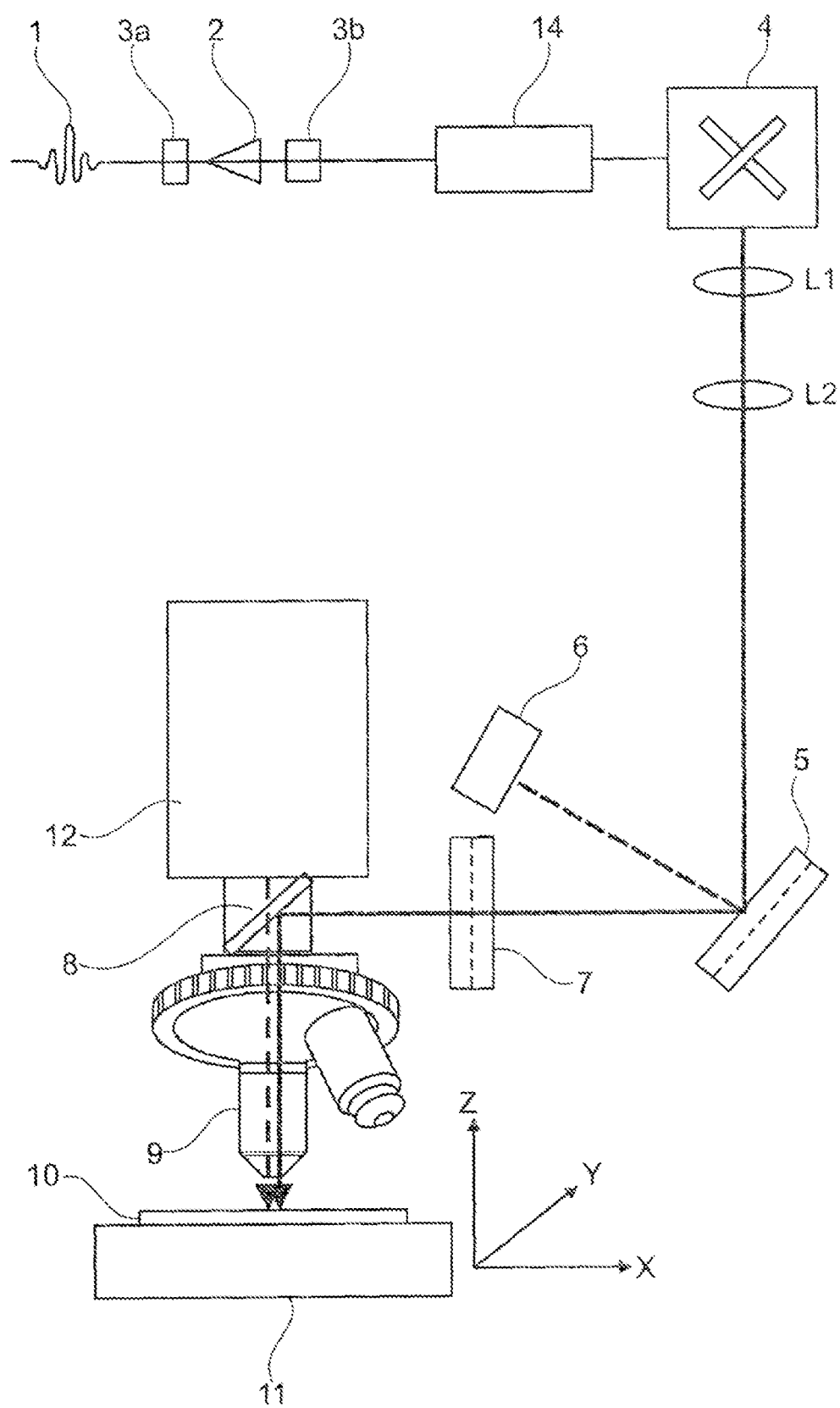


Fig. 1

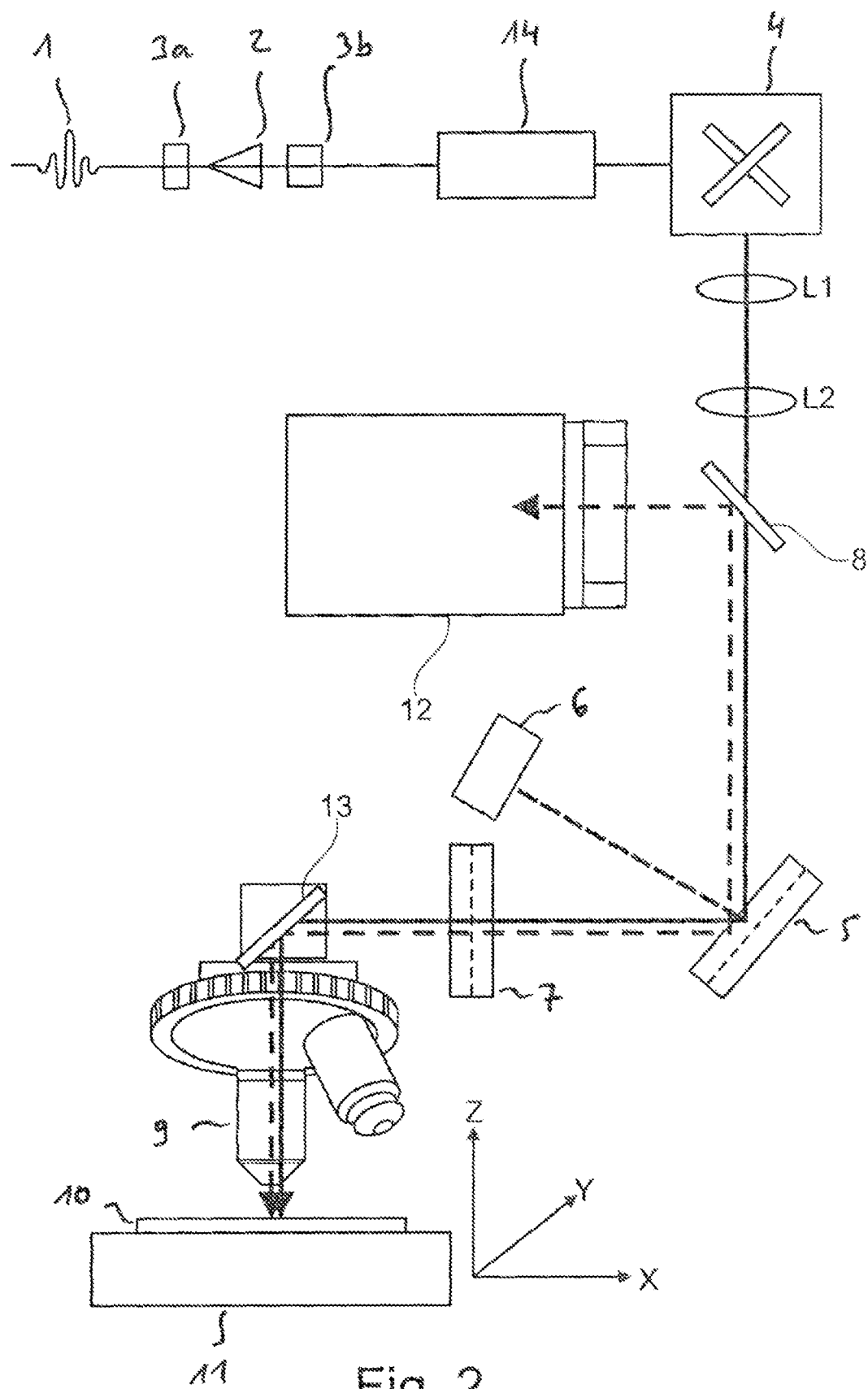


Fig. 2

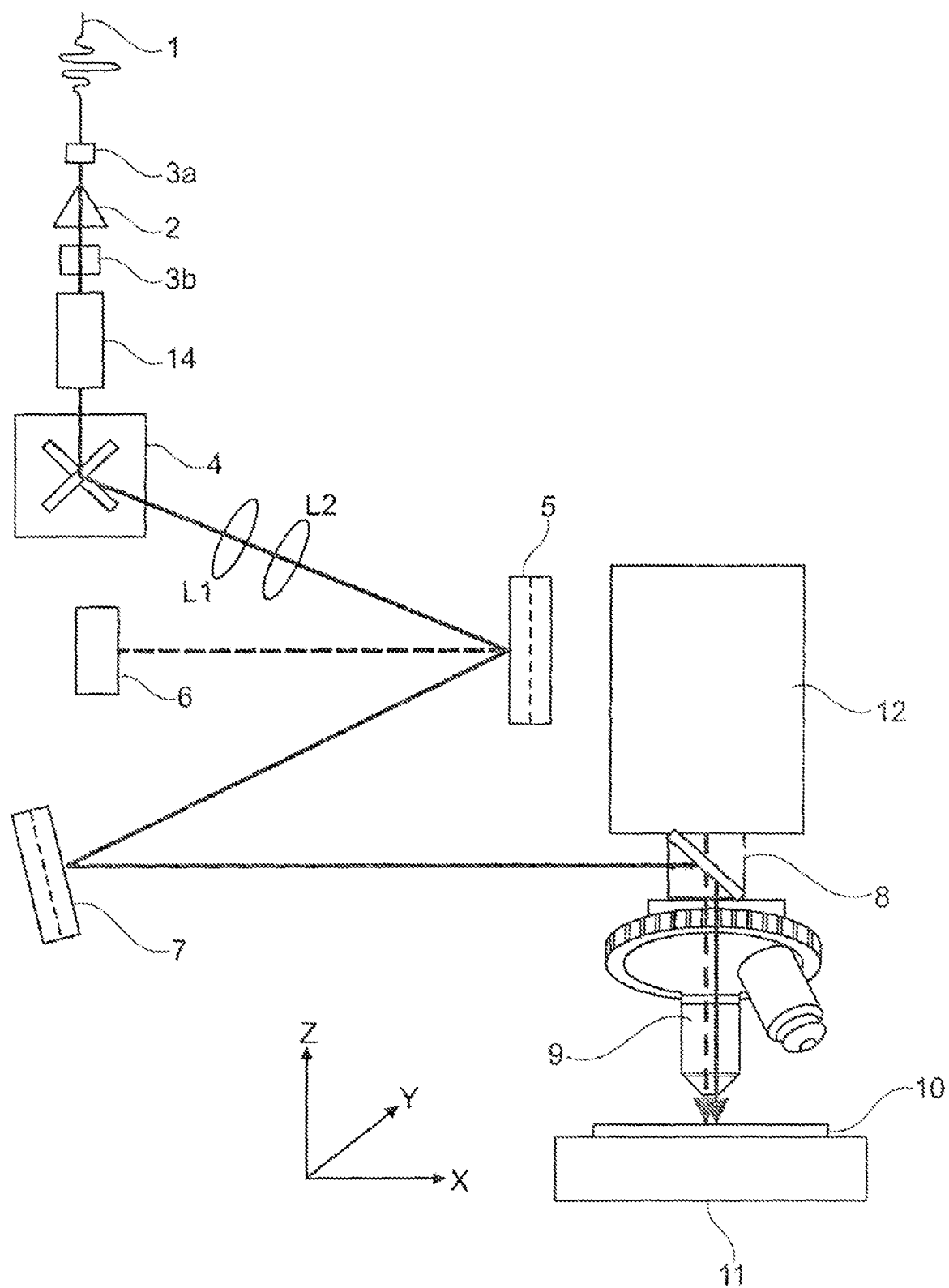


Fig. 3

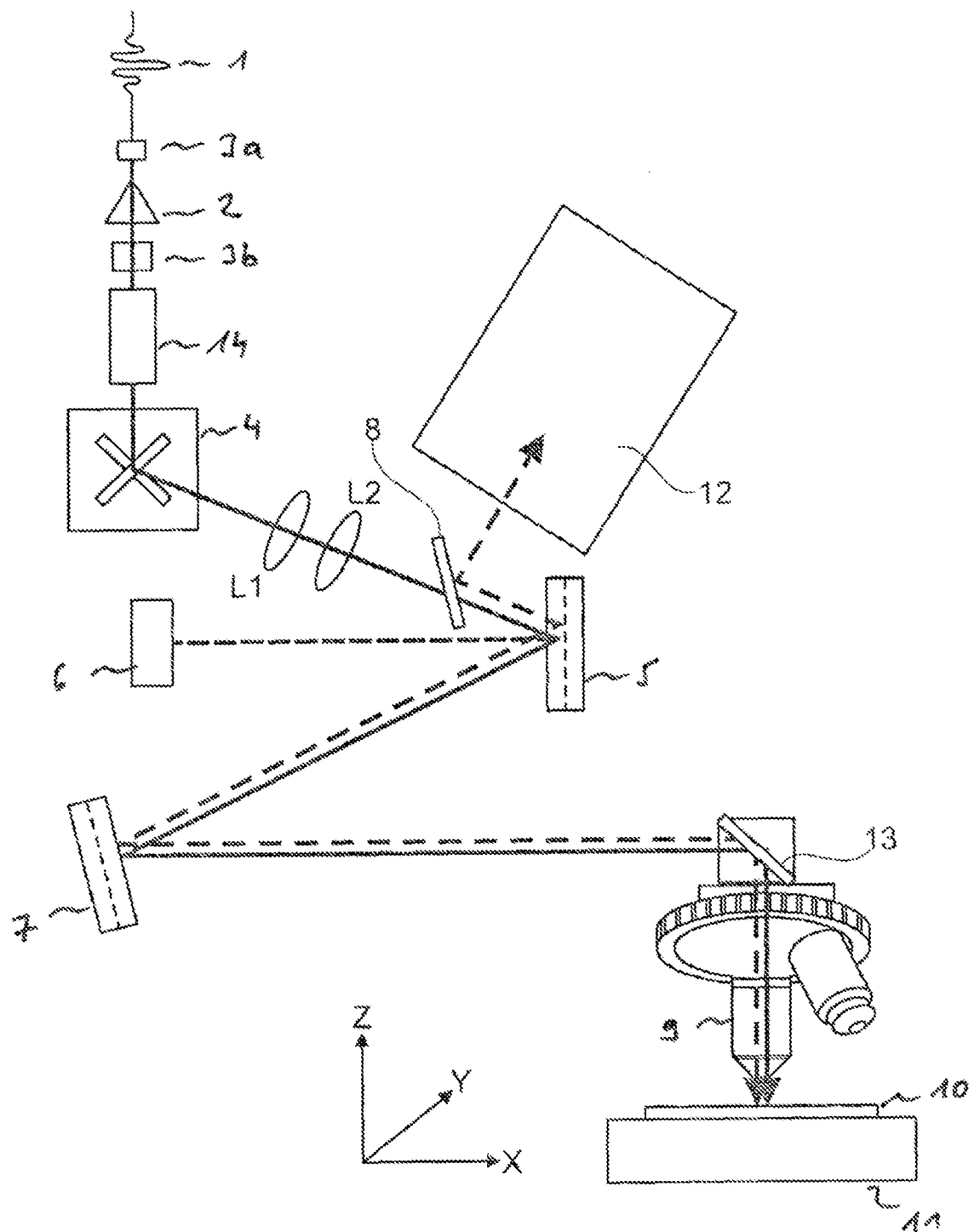


Fig. 4