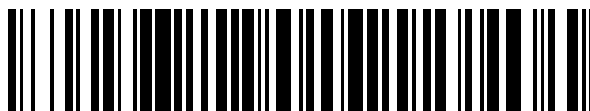


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 126**

51 Int. Cl.:
C23C 14/02
C23C 14/34

(2006.01)

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07704761 .1**
96 Fecha de presentación: **31.01.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1990441**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.11.2008**

54 Título: **Método y aparato para el registro de estructuras ópticas difractivas**

30 Prioridad:
24.02.2006 ES 200600446

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
08.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
08.05.2012

73 Titular/es:
UNIVERSIDAD DE CADIZ
C/A ANCHA, 16
11001, CADIZ, ES

72 Inventor/es:
GONZÁLEZ LEAL, Juan, Maria y
ÁNGEL RUIZ, José Andrés

74 Agente/Representante:
Arias Sanz, Juan

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).

ES 2 380 126 T3

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para el registro de estructuras ópticas difractivas.

CAMPO DE LA INVENCION

5 La presente invención se enmarca en el campo de los elementos ópticos con funcionalidad difractiva, y los métodos para fabricarlos.

ESTADO DE LA TÉCNICA

Los elementos ópticos tienen una gran importancia en todos aquellos campos tecnológicos en los que se necesita modular la distribución espacial de la luz. Ante tal demanda, se hace necesaria la optimización de las técnicas de fabricación de estructuras ópticas simples y de producción de estructuras ópticas con nuevas funcionalidades.

10 Existe una variedad de métodos para la fabricación de elementos ópticos difractivos, así como para el registro de estructuras difractivas en medios semiconductores, los cuales se basan en el procesado de un material soporte empleando técnicas fotolitográficas clásicas, u otras técnicas más modernas de ablación láser [US 5910256] [US 6924457 B2], o registro holográfico [US 6452698 B1] [Teteris y Reinfeldt]. A diferencia de la presente invención, todos ellos comparten el carácter secuencial (no concurrente) del proceso, es decir, los métodos incluyen (a) la
15 preparación previa del material soporte, y (b) su procesado posterior.

Además, por su relevancia con la invención aquí expuesta y reivindicada, al entender de los firmantes es importante comentar los métodos de deposición asistidos por luz, los cuales son ampliamente conocidos y usados en tecnologías planares [US 6110291]. En estas tecnologías se emplean láseres pulsados para la deposición de
20 compuestos conductores, semiconductores y superconductores, que se usan en dispositivos ópticos y/o electrónicos, tanto activos como pasivos. Así, pueden encontrarse patentes que reivindiquen derechos sobre la explotación industrial de un variado número de dispositivos planares basados en el método de deposición asistido por láser pulsado o PLD. Una búsqueda avanzada demuestra, además, que en todos los casos las invenciones evitan la interacción entre el haz láser y la fase de vapor, o pluma de plasma, generada a partir del material de partida, de forma que la configuración de los sistemas empleados consideran que el haz pulsado que produce la
25 ablación del material de partida y la pluma del material eyectado son no colineales, y en ningún caso suponen actuación concurrente alguna sobre el depósito usando irradiación luminosa durante su crecimiento.

Igualmente, por su relevancia con la presente invención, y con el fin de demostrar su actividad inventiva, citamos el único caso encontrado [US 6766764 B1] en el que un haz láser pulsado incide sobre una de las caras de un sustrato transparente. En esta patente, el sustrato transparente no está diseñado para servir de soporte al depósito y permitir
30 su fotomodelado estructural durante el crecimiento, sino que está diseñado para dar soporte al material de partida. La invención citada implica que el sustrato da soporte a una capa de un material que es fotoevaporable, la cual a su vez da soporte a una capa del material destinado a ser depositado sobre un segundo sustrato. La base de esta invención es que la evaporación fotoinducida del material de transferencia, a través del sustrato transparente, produce la eyección del material de interés en una zona localizada del sustrato receptor. Al igual que en los casos
35 anteriores, en esta invención no supone actuación concurrente alguna sobre el depósito usando irradiación luminosa durante su crecimiento.

Finalmente, destacamos, de nuevo según el alcance de nuestra búsqueda, que en el único caso encontrado en el que se contempla la estructuración del depósito, ésta se realiza de forma secuencial, en dos pasos, dentro del sistema de fabricación, produciendo un depósito planar previo, mediante irradiación luminosa, y la ablación posterior
40 de éste, también mediante irradiación luminosa, que está condicionada a un cambio en la configuración del sistema que permite la exposición del material ya depositado al haz luminoso [US 6,649,861 B2]. En cualquier caso, el objeto de la invención (tecnologías planares) no es relevante para la actividad inventiva aquí expuesta.

BASES DE LA INVENCION

45 La presente invención propone un método para la fabricación asistida por luz de depósitos de compuestos semiconductores que sirven de soporte a estructuras ópticas difractivas, que se sustenta en las siguientes evidencias físicas:

1. Fragmentos estructurales de los elementos constituyentes de compuestos semiconductores puede ser eyectados de un sólido al irradiarlos con luz de energía fotónica comparable (del orden de magnitud) a su gap óptico, con una intensidad lo suficientemente elevada. Esta intensidad depende del tipo de material semiconductor.
- 50 2. La fase de vapor, o pluma de plasma, que se genera se condensa sobre un sustrato ubicado en las proximidades del material de partida, dando lugar a un depósito de este material sobre el sustrato.
3. La morfología del depósito está relacionada con las características de la pluma o fase de vapor, las cuales dependen de la distribución espacial de la intensidad de la radiación luminosa sobre el material blanco, la radiancia

espectral de la fuente luminosa, la distancia entre el material blanco y el sustrato, la presión y la atmósfera en la cámara, la temperatura del material de partida, la temperatura del sustrato, y el tiempo de irradiación.

4. La iluminación concurrente del depósito en crecimiento afecta las propiedades físico-químicas del material que forma dicho depósito como consecuencia de su efecto sobre la estructura del material en formación (ver Figura 1).

La creación de estructuras con funcionalidad difractiva puede ser controlada a través de la distribución espacial de la intensidad luminosa que incide de forma concurrente sobre la zona de depósito del sustrato, y pueden cubrir un amplio intervalo de espaciados difractivos [Kolobov y Tanaka]. Estas estructuras pueden ser de fase (consecuencia de cambios locales en el espesor y/o el índice de refracción en el depósito) y/o de amplitud (consecuencia de cambios locales en el coeficiente de absorción en el depósito).

Sobre la base de las anteriores evidencias, los firmantes de la presente patente proponen un método sencillo pero no obvio para la fabricación de estructuras ópticas difractivas en medios semiconductores.

Una realización preferida para la invención, no limitante en lo que se refiere al material usado, ni a la configuración del sistema de fabricación, es aquella en la que un haz láser continuo, con una longitud de onda de 532 nm y con una distribución espacial de la intensidad luminosa con su fase siguiendo el patrón de las zonas de Fresnel, atraviesa perpendicularmente un sustrato transparente de caras planoparalelas antes de alcanzar un material blanco situado a pocos milímetros del sustrato. Tal modulación puede conseguirse con un conjunto de elementos ópticos tal como se ilustra en la Figura 3. Esta combinación sirve como ejemplo de los elementos 7, 10, 13 y 16, que se muestran en las figuras 4, 5, 6 y 7. Tal material blanco es un disco (pastilla) de alrededor de 1 cm de diámetro y 2 mm de espesor, formado por polvo compactado de una aleación de un semiconductor amorfo V-VI (por ejemplo, una aleación de As y S), que es sensible a la energía fotónica de la radiación luminosa procedente de un láser Nd:YAG (2.33 eV). Las caras enfrentadas del sustrato y de la pastilla son paralelas.

La configuración descrita produce un depósito con una morfología esférica, que da soporte a una distribución de anillos concéntricos en forma de relieves superficiales de alta frecuencia espacial, como ilustra la Figura 2. Tales elementos ópticos combinan la funcionalidad refractiva del perfil de baja frecuencia espacial, con la funcionalidad difractiva de alta frecuencia espacial añadida usando zonas de Fresnel. Esta combinación puede emplearse en la compensación, por ejemplo, de las aberraciones cromáticas que presentan estas estructuras ópticas cuando realizan su función óptica característica de forma independiente.

La transparencia de los semiconductores V-VI en la región espectral infrarroja (IR) [Kolobov y Tanaka] garantiza la estabilidad de los elementos ópticos fabricados en esta ventana espectral, lo que la convierte pues en la región espectral de trabajo preferida.

No obstante, los firmantes de la presente patente han observado que los elementos ópticos producidos según la realización preferida descrita presentan una mayor transparencia óptica y un umbral de daño más elevado a la radiación láser empleada en el proceso de fabricación en comparación con el del material de partida, posiblemente debido a la iluminación concurrente del material que es depositado. Se ha observado experimentalmente un aumento en la intensidad de daño de más de un orden de magnitud en aleaciones de composición $\text{As}_{20}\text{S}_{80}$, con respecto a la intensidad soportada por el material de partida.

Además, por su relevancia con la presente invención, se ha demostrado [Zakery et al.] que el recubrimiento de un depósito calcogenuro amorfo con una capa de polimetil metacrilato (PMMA), aumenta varios órdenes de magnitud el umbral de daño a la radiación para la que la aleación calcogenura, sin recubrimiento alguno, sería sensible.

Con tales evidencias, propias y divulgadas en la literatura, se infiere que aunque la IR sea la ventana preferida, no debe considerarse como exclusiva.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

FIGURA 1. Patrones de difracción de rayos X correspondientes a: (a) un lingote de la aleación amorfa $\text{As}_{20}\text{S}_{80}$, (b) una pastilla hecha de polvo compactado de este material, que constituye el material de partida usado en los ejemplos reales descritos en esta patente, y (c) un depósito de este material de partida realizado mediante el método descrito en la presente invención. Los resultados demuestran la diferencia estructural entre el material depositado y el material de partida.

FIGURA 2. Esquema ilustrativo de la combinación de la funcionalidad refractiva de un elemento óptico esférico (a) y la funcionalidad difractiva de un elemento óptico formado por placas zonales de Fresnel (b), para formar un elemento óptico como el representado en (c), con la sección transversal mostrada en (d).

FIGURA 3. Ejemplo de una combinación de elementos ópticos que produce una modulación en la intensidad luminosa en la forma de placas zonales de Fresnel. Tal radiación actúa sobre el depósito en formación, para la fabricación, según la presente invención, de un elemento óptico que combina funcionalidades refractivas y difractivas.

Objetos:

- 100.- Material de partida.
- 101.- Sustrato.
- 102.- Depósito.
- 201.- Divisor de haz.
- 5 202.- Lente.
- 203.- Lente.
- 204.- Espejo.
- 205.- Espejo.
- 206.- Lente.
- 10 207.- Divisor de haz.
- 208.- Lente.
- 209.- Atenuador.
- 300.- Haz luminoso.
- 301.- Componente transversal del haz 300 tras su paso por el divisor de haz 201.
- 15 302.- Componente longitudinal del haz 300 tras su paso por el divisor de haz 201.

FIGURA 4. Esquema de la sección transversal del aparato para la fabricación de elementos ópticos con una funcionalidad difractiva según la presente invención, en una configuración colineal, donde un solo haz luminoso genera la fase de vapor del material de partida e irradia de forma concurrente el depósito durante su crecimiento.

Objetos:

- 20 1.- Cámara.
- 2 y 3.- Ventanas transparentes, practicadas en la cámara.
- 4.- Fuente de radiación luminosa.
- 5.- Material de partida.
- 6.- Sustrato.
- 25 7.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.
- 8.- Calefactor.

FIGURA 5. Esquema de la sección transversal del sistema para la fabricación de elementos ópticos con una funcionalidad difractiva según la presente invención, en una configuración colineal, donde más de una fuente de radiación luminosa interviene en el proceso.

- 30 Objetos:
- 1.- Cámara.
- 2 y 3.- Ventanas transparentes, practicadas en la cámara.
- 4.- Fuente de radiación luminosa.
- 5.- Material de partida.
- 35 6.- Sustrato.
- 7.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.
- 8.- Calefactor.
- 9.- Fuente de radiación luminosa.

10.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

11.- Divisor de haz.

5 FIGURA 6. Esquema de la sección transversal del aparato para la fabricación de elementos ópticos con una funcionalidad difractiva según la presente invención, en una configuración no colineal, donde solamente una fuente de radiación luminosa interviene en la eyección del material de partida, y una fuente de radiación adicional interviene en la creación de estructuras difractivas en el depósito.

Objetos:

1.- Cámara.

2 y 3.- Ventanas transparentes, practicadas en la cámara.

10 4.- Fuente de radiación luminosa.

5.- Material de partida.

6.- Sustrato.

7.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

8.- Calefactor.

15 12.- Fuente de radiación luminosa.

13.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

14.- Espejo.

20 FIGURA 7. Esquema de la sección transversal del sistema para la fabricación de elementos ópticos con una funcionalidad difractiva según la presente invención, en una configuración no colineal, donde dos o más fuentes de radiación luminosa intervienen en la eyección del material de partida, y dos o más fuentes de radiación adicionales intervienen en la creación de estructuras difractivas en el depósito.

Objetos:

1.- Cámara.

2 y 3.- Ventanas transparentes, practicadas en la cámara.

25 4.- Fuente de radiación luminosa.

5.- Material de partida.

6.- Sustrato.

7.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

8.- Calefactor.

30 9.- Fuente de radiación luminosa.

10.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

11.- Divisor de haz.

12.- Fuente de radiación luminosa.

13.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

35 14.- Espejo.

15.- Fuente de radiación luminosa.

16.- Combinación de elementos ópticos y/o mecánicos.

17.- Divisor de haz.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención propone un método para la fabricación de elementos ópticos difractivos de una forma simple y económica. Este método incluye los siguientes pasos: (a) situar un sustrato transparente, próximo a un material blanco, ambos ubicados en el interior de una cámara, (b) hacer que se produzca la vaporización o sublimación del material blanco, (c) depositar esta fase de vapor sobre el sustrato, y (d) irradiar de forma concurrente el área del sustrato donde se produce el depósito con una distribución de intensidad luminosa arbitraria. El depósito presenta una funcionalidad óptica difractiva debido a los cambios locales inducidos en su estructura, gobernados por la distribución de intensidad luminosa usada en el proceso de fabricación.

Los objetivos de la presente invención son los siguientes:

- proporcionar un método simple de fabricación de elementos ópticos con funcionalidad difractiva,
- proporcionar un método para la fabricación de elementos ópticos difractivos usando radiación luminosa,
- proporcionar un método para la fabricación de elementos ópticos que combinen funcionalidades refractivas y difractivas,
- proporcionar un método para la fabricación de elementos ópticos difractivos con extensión de sus funcionalidades a altas intensidades luminosas,
- proporcionar un método para mejorar la estabilidad y alargar la vida de las estructuras ópticas con funcionalidad difractiva creadas en medios semiconductores.

La Figura 4 muestra una primera realización preferida según el método propuesto para la fabricación de elementos ópticos que combinen funcionalidades refractivas y difractivas. Con referencia a esta figura, el sistema consta de una cámara 1 con ventanas transparentes 2 y 3, y una fuente de radiación luminosa 4, continua o pulsada, un material de partida 5, y un sustrato 6 que es transparente a la radiación de 4, y transparente también a la radiación de trabajo para la cual ha sido diseñado el elemento óptico que se pretende fabricar. La distribución espacial de la intensidad luminosa sobre el depósito es controlada mediante 7, que es una combinación de elementos ópticos (lentes, espejos, filtros, divisores de haz, máscaras, moduladores espaciales de luz, de fase y de amplitud) y/o mecánicos (etapas de posicionamiento lineal, etapas de posicionamiento angular, moduladores espaciales de luz mecánicos).

El método contempla la posibilidad de que sean varios los haces que emerjan de 7, y que éstos interfieran sobre la zona del sustrato donde se realizará el depósito, para registrar, por ejemplo, una red de Bragg, controlando el espaciado de la red a través del control del ángulo entre los haces interferentes. El haz luminoso procedente de 4 (o haces, atendiendo a lo comentado) entra en la cámara a través de la ventana 2, y atraviesa el sustrato 6 antes de incidir sobre el material de partida 5, provocando su eyección. La generación de esta pluma puede estar asistida por calor a través de un calefactor 8. La deposición puede estar también asistida térmicamente mediante el suministro de calor al sustrato, de forma similar a 8 (no representado en la Figura 4). La deposición se realiza a presión y atmósfera controladas.

El material de partida 5, que está ubicado en el interior de la cámara puede ser un lingote de una aleación semiconductora, o una pastilla hecha a partir de la aleación depositada en forma de polvo. La pastilla puede ser una mezcla heterogénea de aleaciones semiconductoras y otros reactivos, que actúen como elementos tanto pasivos como activos para una determinada radiación luminosa. El material de partida está sostenido por una combinación de elementos mecánicos que le confieren libertad para moverse en las tres direcciones cartesianas, x, y, z, y para rotar alrededor de un eje perpendicular a su superficie, θ .

El sustrato 6 está sostenido por una combinación de elementos mecánicos. El sustrato es de este modo libre para moverse en las tres direcciones cartesianas, x' , y' , z' , así como rotar alrededor de un eje perpendicular a su superficie, θ' , y alrededor de un eje paralelo a su superficie, ϕ' , de forma no solidaria con el material de partida.

La Figura 5 muestra una segunda realización preferida según el método propuesto para la fabricación de elementos ópticos que combinen funcionalidades refractivas y difractivas. Con referencia a esta figura, y de forma similar a lo descrito en la Figura 4, el sistema consiste en una cámara 1 con ventanas transparentes 2 y 3, y una fuente de radiación luminosa 4, continua o pulsada, una segunda fuente de radiación luminosa 9, continua o pulsada, un material de partida 5, y un sustrato 6 que es transparente a las radiaciones procedentes de 4 y 9, y transparente también a la radiación de trabajo para la cual ha sido diseñado el elemento óptico que se pretende fabricar. El control de la distribución espacial de la intensidad luminosa de la radiaciones procedentes de 4 y 9 se realiza mediante combinaciones de los elementos ópticos (lentes, espejos, filtros, divisores de haz, máscaras, moduladores espaciales de luz, de fase y de amplitud) y/o mecánicos (etapas de posicionamiento lineal, etapas de posicionamiento angular, moduladores espaciales de luz mecánicos) 7 y 10 respectivamente. Como en la realización citada, el método contempla la posibilidad de que sean varios los haces luminosos que surjan de 7 y 10. Los haces procedentes de las fuentes 4 y 9 se encaminan hacia el interior de la cámara a través de la ventana 2 vía el divisor de haz 11, con direcciones de propagación, bien coincidentes, bien no coincidentes. Ambos haces luminosos procedentes de las fuentes 4 y 9 atraviesan el sustrato 6, y al menos uno de ellos provoca la eyección del material de partida 5. La generación de la pluma puede estar asistida por calor usando un calefactor 8. La deposición puede estar también asistida térmicamente mediante el suministro de calor al sustrato de forma similar a 8 (no representado en la Figura 5). La deposición se realiza a presión y atmósfera controladas.

La Figura 6 muestra una tercera realización preferida según el método propuesto para la fabricación de elementos ópticos que combinen funcionalidades refractivas y difractivas. Con referencia a esta figura, y de forma similar a lo descrito en las Figuras 4 y 5, el sistema consiste en una cámara 1 con ventanas transparentes 2 y 3, una fuente de radiación luminosa 4, continua o pulsada, una segunda fuente de radiación luminosa 12, continua o pulsada, un material de partida 5, y un sustrato 6 que es transparente a la radiación procedente de 4, y transparente también a la radiación de trabajo para la cual ha sido diseñado el elemento óptico que se pretende fabricar. El control de la distribución espacial de la intensidad luminosa de la radiaciones procedentes de 4 y 12 se realiza mediante combinaciones de los elementos ópticos (lentes, espejos, filtros, divisores de haz, máscaras, moduladores espaciales de luz, de fase y de amplitud) y/o mecánicos (etapas de posicionamiento lineal, etapas de posicionamiento angular, moduladores espaciales de luz mecánicos) 7 y 13, respectivamente.

El haz procedente de la fuente 4 entra en la cámara a través de la ventana 2, y atraviesa el sustrato 6 para irradiar el material que va a ser depositado. El haz procedente de la fuente 12 entra en la cámara a través de la ventana 3, vía el espejo 14, e incide sobre el material de partida para provocar su eyección. La generación de la pluma puede estar asistida por calor usando un calefactor 8. La deposición puede estar también asistida térmicamente mediante el suministro de calor al sustrato, de forma similar a 8 (no representado en la Figura 6). La deposición se realiza a presión y atmósfera controladas.

La Figura 7 muestra una cuarta realización preferida más general según el método propuesto para la fabricación de elementos ópticos que combinen funcionalidades refractivas y difractivas. Con referencia a esta figura, y de forma similar a lo descrito en las Figuras 4, 5 y 6, el sistema consiste en una cámara 1 con ventanas transparentes 2 y 3, un par de fuentes de radiación luminosa 4 y 9, continuas o pulsadas, encargadas del registro de las estructuras difractivas, un segundo par de fuentes de radiación luminosa 12 y 15, continuas o pulsadas, encargadas de provocar la eyección del material de partida 5, y un sustrato 6 que es transparente a las radiaciones procedentes de 4 y 9, y transparente también a la radiación de trabajo para la cual ha sido diseñado el elemento óptico que se pretende fabricar. El control de la distribución espacial de la intensidad luminosa de la radiaciones procedentes de 4, 7, 12 y 15 se realiza mediante combinaciones de los elementos ópticos (lentes, espejos, filtros, divisores de haz, máscaras, moduladores espaciales de luz, de fase y de amplitud) y/o mecánicos (etapas de posicionamiento lineal, etapas de posicionamiento angular, moduladores espaciales de luz mecánicos) 7, 10, 13 y 16, respectivamente. Los haces procedentes de las fuentes 4 y 9 se encaminan hacia el interior de la cámara a través de la ventana 2 vía el divisor de haz 11, con direcciones de propagación, bien coincidentes, bien no coincidentes. Los haces procedentes de las fuentes 12 y 15 se combinan mediante el divisor de haz 17 y se introducen en la cámara a través de la ventana 3, vía el espejo 14, incidiendo sobre el material de partida para provocar su eyección. La generación de la pluma puede estar asistida por calor usando un calefactor 8. La deposición puede estar también asistida térmicamente mediante el suministro de calor al sustrato, de forma similar a 8 (no representado en la Figura 7). La deposición se realiza a presión y atmósfera controladas.

A continuación se describe una realización real con el fin de ilustrar el uso de la presente invención para la fabricación de una lente esférica que combina funcionalidades refractivas y difractivas, altamente transparente en la región IR, y con un umbral de daño alto. El material de partida 100, en este caso, es una pastilla circular de 13 mm de diámetro, hecha de 125 mg del polvo, compactado durante 10 minutos y con una carga de 10 toneladas, de una aleación calcogenura amorfa de composición $\text{As}_{20}\text{S}_{80}$, que presenta un gap óptico de 2.1 eV. La presión en la cámara se reduce por debajo de 10^{-4} mbar. La radiación luminosa 300 procede de un generador láser continuo Nd:YAG emitiendo a 532 nm (2.33 eV), con una potencia de 1.5 W. El haz es filtrado mediante un filtro espacial, y colimado con una lente de 150 mm de distancia focal (no mostrados en la Figura 3). El haz se divide empleando un cubo divisor de haz (201). La sección de uno los haces emergentes (301) se reduce mediante una combinación de una lente (202) con una distancia focal de 150 mm y otra lente (203) con una distancia focal de 75 mm, y se emplean espejos (204 y 205) para encaminarlo. Este haz se enfoca mediante una lente (206) de 50 mm de distancia focal, y se dirige a un segundo divisor de haz (207). La componente trasversal que resulta de la interacción del haz 301 con el cubo divisor de haz 207 es colimada mediante una lente (208) de 50 mm de distancia focal. Esta lente constituye la salida del montaje óptico antes de que la radiación resultante entre en la cámara. Por otro lado, el segundo haz (302) emergente del primer divisor de haz atraviesa un atenuador (209) para compensar las pérdidas que sufre 301. El haz 302 atraviesa el segundo divisor de haz (207) y es enfocado por la lente (208) de 50 mm de longitud focal enfrentada a la cámara. El haz 302 induce mayormente la eyección del material de partida. El material eyectado de la superficie de la pastilla genera una distribución de la fase de vapor en forma de huso (pluma), que es perpendicular a la superficie irradiada de la pastilla. El sustrato transparente (101) se ubica en la cámara perpendicular al eje óptico del montaje descrito, a 2 mm del material de partida, y es atravesado por la radiación generada a la salida de tal montaje. La fase de vapor de este material (102) se condensa sobre la cara del sustrato enfrentada al material de partida, presentando una distribución espacial esférica sobre su superficie. La actuación concurrente de la radiación luminosa, modulada según el patrón generado por la incidencia de los haces 301 y 302 sobre el depósito, produce un relieve superficial sobre la superficie esférica en forma de placas zonales de Fresnel. No se descarta que, además de producir el relieve superficial observado, la radiación luminosa produzca cambios locales en el índice de refracción y/o en el coeficiente de absorción en el material depositado. En el caso de que no estuviera afectada por el perfil refractivo, la estructura difractiva creada según la realización descrita actuaría como una lente difractiva de fase con una distancia focal de aproximadamente 25 mm.

Las condiciones del sistema pueden ajustarse para el depósito de un perfil uniforme o de un perfil de espesor variable, concentrado en una región localizada del sustrato o extendido de forma arbitraria sobre él. El área cubierta por el depósito y los perfiles de espesor pueden controlarse desplazando el haz luminoso sobre la superficie del material de partida y/o el sustrato mediante las etapas de posicionamiento que dotan al material de partida y al sustrato de los grados de libertad $x, y, z, \theta, x', y', z', \theta', \phi'$, respectivamente, los cuales aparecen esquematizados en las Figuras 4, 5, 6 y 7.

REFERENCIAS CITADAS

PATENTES

10	US 5,910,256	6/1999	Tsunetomo et al.
	US 6,110,291	8/2000	Haruta et al.
	US 6,452,698 B1	9/2002	Vlcek et al.
	US 6,649,861 B2	11/2003	Duignan
	US 6,766,764 B1	7/2004	Chrisey et al.
15	US 6,924,457 B2	8/2005	Koyama et al.

OTRAS PUBLICACIONES

J. Teteris y M. Reinfelde, "Holographic recording in amorphous chalcogenide semiconductor thin films", Journal of Non-Crystalline Solids 326&327 (2003) 494.

- 20 A.V. Kolobov y Ka. Tanaka, en "Photoinduced Phenomena in Amorphous Chalcogenides: From Phenomenology to Nanoscale", Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices, Vol. 5, Hari Singh Nalwa, ed. (Academic Press, San Diego, 2001), p. 47.

A. Zakery, Y. Ruan, A. V. Rode, M. Samoc y B. Luther-Davies, "Low-loss waveguides in ultrafast laser-deposited As₂S₃ chalcogenide films", J. Opt. Soc. Am. B 20 (2003) 1844.

REIVINDICACIONES

- 1.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos caracterizado porque comprende las siguientes fases operativas:
 - 5 (a) situar un sustrato (6), que es transparente tanto a la radiación de trabajo para la cual ha sido diseñado el elemento óptico fabricado como a la radiación empleada en la fabricación, próximo a un material de partida (5), ambos ubicados en el interior de una cámara (1);
 - (b) modular espacialmente una radiación proveniente de al menos una fuente de radiación luminosa (4) según un patrón de difracción requerido;
 - (c) irradiar el sustrato (6) de forma que la radiación lo atraviese;
 - 10 (d) exponer el material de partida (5) a la radiación transmitida a través del sustrato (6), de modo que al incidir la radiación sobre el material de partida (5) se produzca su evaporación o sublimación;
 - (e) depositar la fase de vapor del material de partida (5) sobre el sustrato (6);
 - (f) registrar una estructura difractiva en el material depositado durante el proceso de deposición irradiando el material depositado de forma concurrente a través del sustrato (6) con la radiación modulada.
- 15 2.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según la reivindicación 1, caracterizado porque las radiaciones luminosas implicadas en el proceso son continuas o pulsadas.
- 3.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 2, caracterizado porque las radiaciones luminosas implicadas en el proceso son monocromáticas o policromáticas.
- 20 4.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 3, caracterizado porque las radiaciones luminosas implicadas en el proceso son coherentes o incoherentes.
- 5.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 4, caracterizado porque el material de partida (5) es un lingote o una pastilla formada a partir del polvo prensado del material a depositar.
- 25 6.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 5, caracterizado porque el material de partida (5) puede ser una mezcla homogénea o heterogénea de aleaciones semiconductoras que contengan algún elemento calcógeno (O, S, Se y/o Te) y otros reactivos, que actúen como elementos tanto pasivos como activos para una determinada radiación luminosa.
- 7.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 6, caracterizado porque el proceso se realiza a presión y atmósfera controladas.
- 30 8.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 7, caracterizado porque la fase de vapor o plasma presente en el proceso procede de la evaporación y/o sublimación del material de partida (5) mediante la acción conjunta del calentamiento y la radiación luminosa.
- 9.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 1 a 8, caracterizado porque la temperatura del sustrato (6) es diferente de la temperatura ambiente.
- 35 10.- Método para la fabricación de elementos ópticos difractivos según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 9, caracterizado porque las caras enfrentadas del material de partida (5) y del sustrato (6) son paralelas.
- 11.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos, que comprende:
 - (a) una cámara (1) con al menos una ventana transparente,
 - (b) un sistema de vacío,
 - 40 (c) una fuente de radiación luminosa,
 - (d) un sustrato (6) transparente tanto a la radiación de trabajo para la cual ha sido diseñado el elemento óptico fabricado como a la radiación de la fuente de radiación luminosa, estando localizado dicho sustrato (6) en el trayecto óptico de la radiación procedente de la fuente de radiación luminosa,
 - 45 (e) medios de soporte mecánicos, ubicados en el interior de la cámara (1), que sostienen el sustrato (6) y que le confieren libertad para moverse en las tres direcciones cartesianas, x' , y' , z' , así como rotar alrededor de un eje perpendicular a su superficie, θ' , y alrededor de un eje paralelo a su superficie, ϕ' ,

- (f) un material de partida (5), localizado en el trayecto óptico de la radiación transmitida a través del sustrato (6) y situado suficientemente próximo al sustrato (6) para que la fase de vapor generada por la irradiación se condense sobre el sustrato (6),
- 5 (g) medios de soporte mecánicos, ubicados en el interior de la cámara (1), que sostienen el material de partida (5) y que le confieren libertad para moverse en las tres direcciones cartesianas, x, y, z, así como rotar alrededor de un eje perpendicular a su superficie, θ , de forma no solidaria con el sustrato (6),
- (h) medios de modulación opto-mecánicos (7, 10), ubicados en el exterior de la cámara (1), que modulan la distribución espacial de la radiación luminosa incidente sobre el sustrato (6) según el patrón difractivo requerido.
- 10 12.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos, según la reivindicación 11, caracterizado porque dispone de un sistema de inyección de gases.
- 13.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos según la reivindicación 11, caracterizado porque dispone de una fuente calefactora para el material de partida (5).
- 14.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos según la reivindicación 11, caracterizado porque dispone de una fuente calefactora para el sustrato (6).
- 15 15.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 11 a 14, caracterizado porque dispone de fuentes de radiación luminosa adicionales para producir la eyección del material de partida (5).
- 20 16.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones de 11 a 14, caracterizado porque dispone de fuentes de radiación luminosa adicionales para el registro de las estructuras difractivas.
- 17.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones 15 o 16, caracterizado porque las radiaciones luminosas presentes en el proceso son iguales en su coherencia, cromaticidad, y carácter temporal (pulsado o continuo).
- 25 18.- Aparato para la fabricación de elementos ópticos difractivos según las reivindicaciones 15 o 16, caracterizado porque las radiaciones luminosas presentes en el proceso son diferentes en su dirección de propagación, intensidad, coherencia, cromaticidad, o carácter temporal (pulsado o continuo).

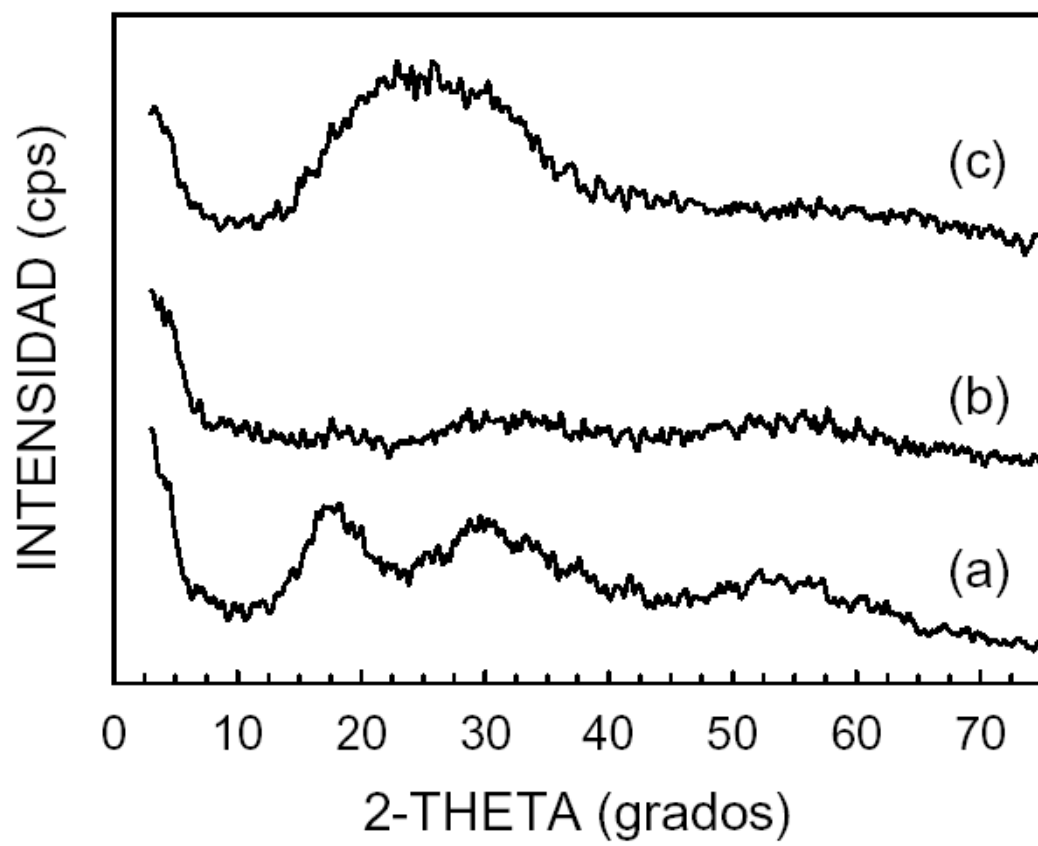


Fig. 1

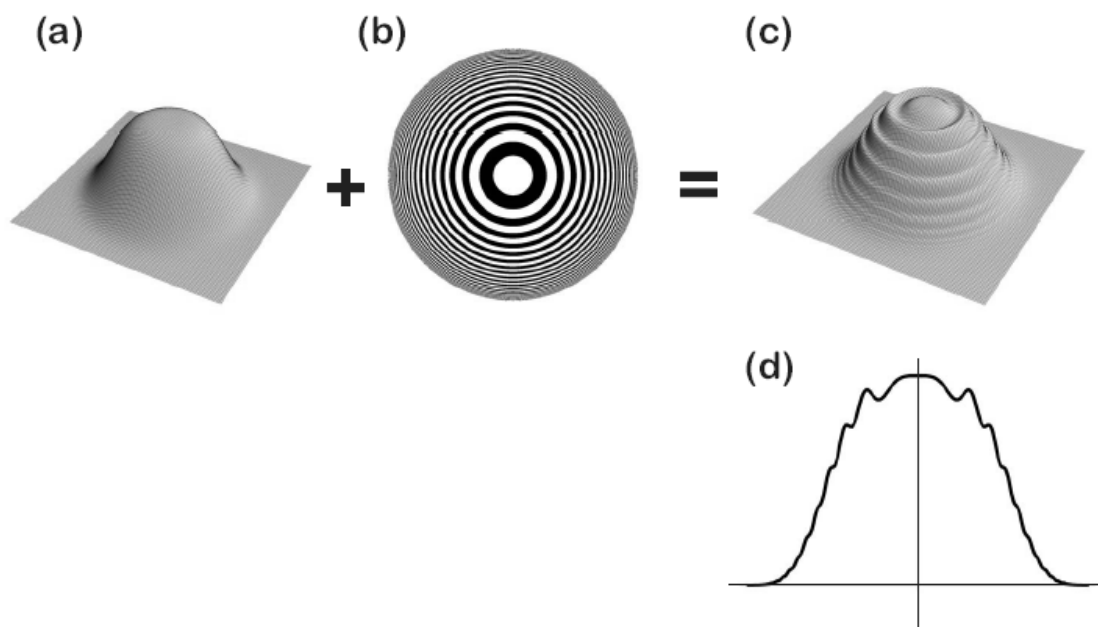


Fig. 2

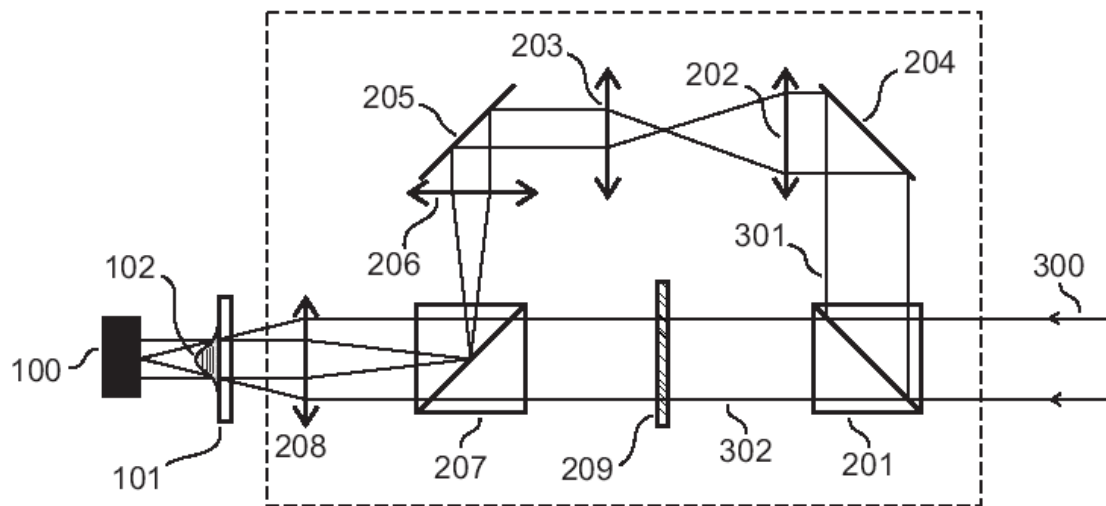


Fig. 3

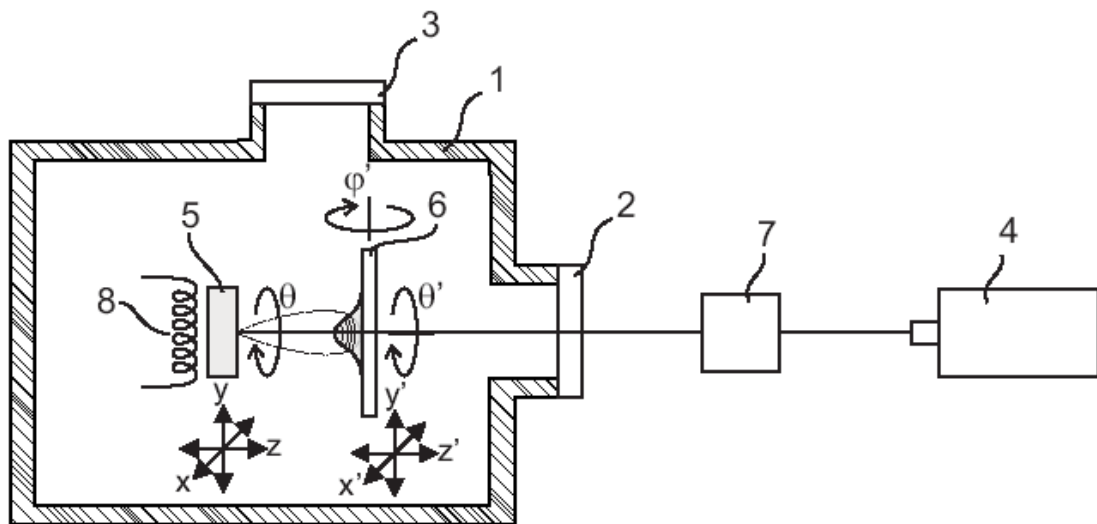


Fig. 4

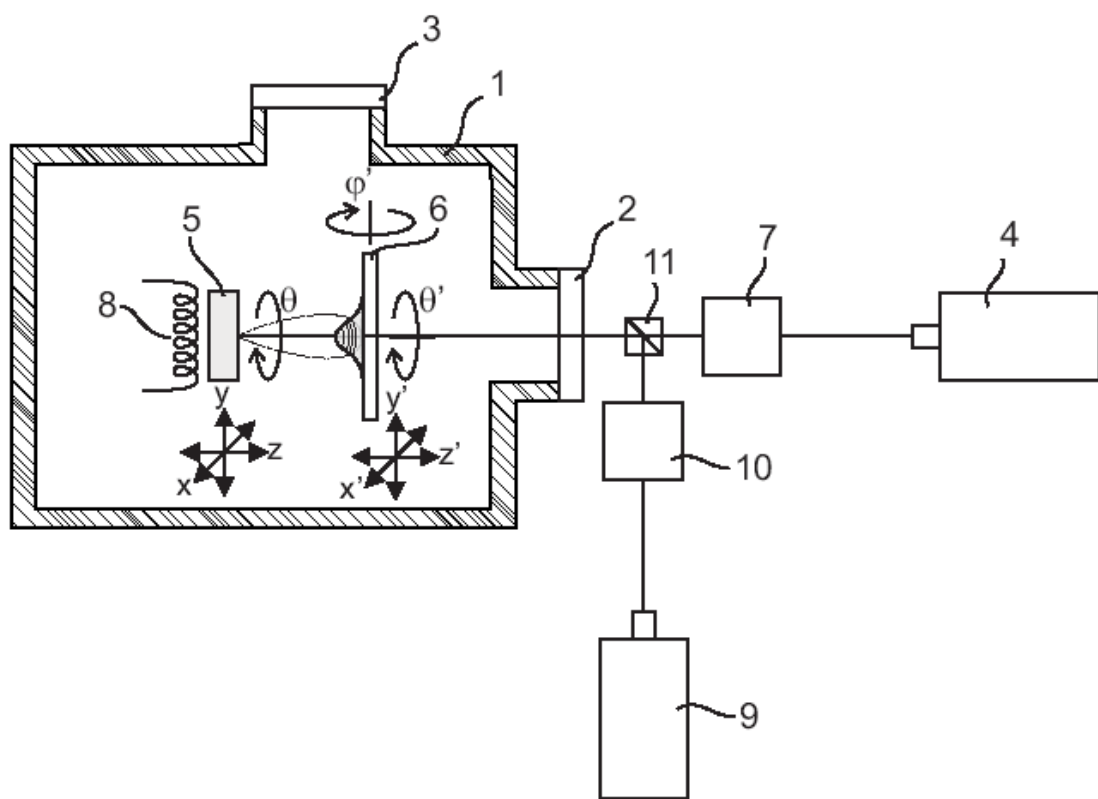


Fig. 5

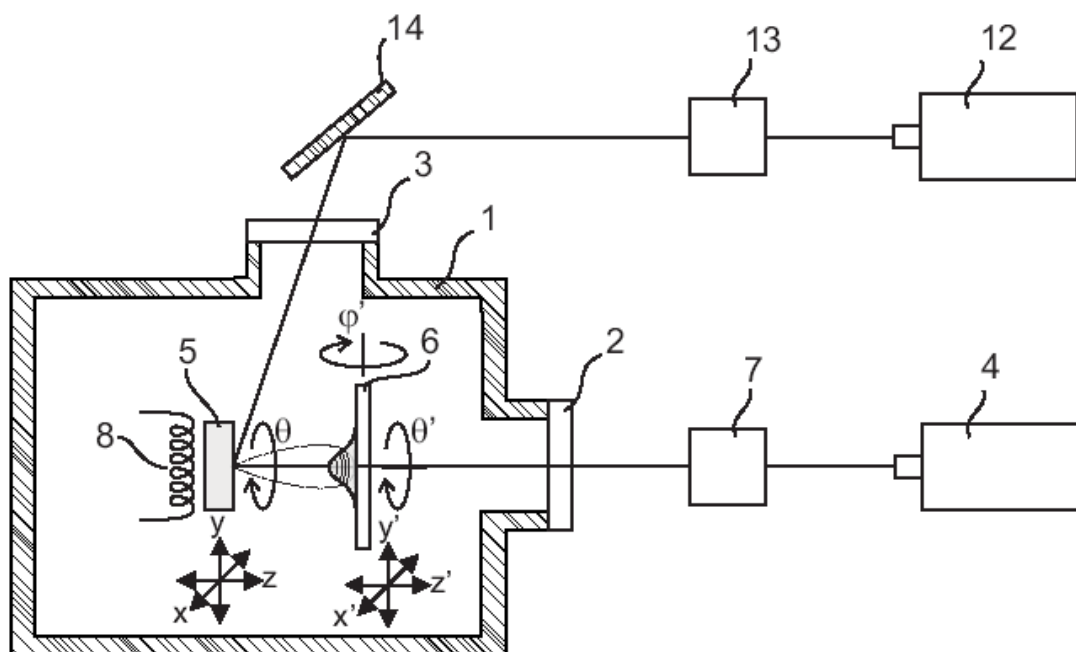


Fig. 6

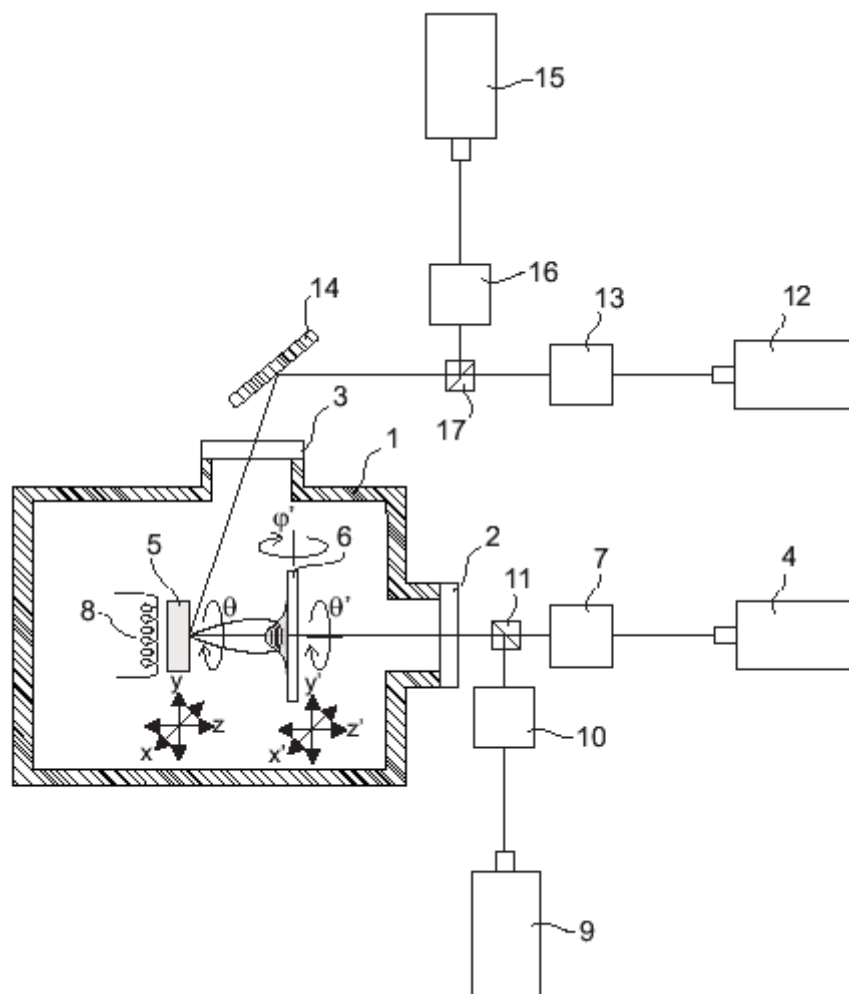


Fig. 7