

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 837 073**

51 Int. Cl.:

G01S 7/481 (2006.01)

G02B 26/10 (2006.01)

G02F 1/11 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.05.2017 PCT/US2017/034004**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.12.2017 WO17222720**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.05.2017 E 17728015 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2020 EP 3475726**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para la detección de la posición de un haz de luz**

30 Prioridad:

24.06.2016 US 201615192811

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

29.06.2021

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**IRISH, LINDA;
GRUHLKE, RUSSELL y
RAINA, MANAV**

74 Agente/Representante:

FORTEA LAGUNA, Juan José

ES 2 837 073 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

Sistemas y procedimientos para la detección de la posición de un haz de luz

5 ANTECEDENTES

[0001] Se pueden usar haces de luz para medir distancias entre objetos. A modo de ejemplo, un sistema de detección de luz y medición de distancia (LIDAR) es un sistema de detección remota activo que puede usar haces de luz para obtener la separación, es decir, la distancia, entre una fuente y uno o más puntos en un objetivo. Un sistema LIDAR usa un haz de luz (normalmente un haz de láser) para iluminar al menos una porción del objetivo y mide el tiempo que tarda el haz de luz emitido desde la fuente en llegar al objetivo y, a continuación, en volver a un detector cerca de la fuente o en una ubicación conocida. En otras palabras, la separación entre la fuente y el punto en el objetivo se puede determinar en función del tiempo de vuelo (ToF) del haz de luz desde la fuente hasta el detector. Para medir separaciones hasta múltiples puntos en un objetivo o en un campo de visión del sistema LIDAR, el haz de láser generalmente se escanea en una o dos dimensiones. En diversas implementaciones del sistema LIDAR, es deseable determinar la posición de un haz LIDAR en el transmisor del sistema LIDAR para determinar la posición del haz LIDAR en el objetivo en un momento dado. Por favor, inserte la nueva página 1a aquí.

[0002] El documento US 2016/154234 A1 divulga un sistema de sincronización de retroalimentación óptica de circuito cerrado que, supuestamente, proporciona retroalimentación y control en tiempo real de una fibra emisora de luz al escanear o mostrar una imagen. La fibra emisora de luz es excitada por un actuador basado en MEMS en un patrón angular para escanear la imagen. La luz reflejada por un conjunto de lentes es recibida por un circuito integrado sincronizador óptico que incluye una ranura ubicada entre las paredes del circuito. La luz reflejada es dirigida hacia una fibra multimodo en comunicación óptica con el circuito. Se puede usar una posición radial de la luz reflejada cuando pasa por la ranura para compensar una desviación en la velocidad angular de la fibra emisora de luz.

[0003] El documento US 2014/231647 A1 divulga un sistema para la detección de corto alcance con láser y la medición de distancia hasta objetivos que, supuestamente, proporciona escaneos tridimensionales rápidos, por ejemplo, de ángulo, ángulo, separación, a través de un amplio campo de visión. Excepto por la lente de transmisión/recepción final, el sistema LADAR divulgado se puede implementar en una configuración de todo fibra. Dicho sistema es compacto, de bajo coste, robusto frente a la desalineación y se presta a un funcionamiento seguro para los ojos al usar láseres pulsados de fibra de 1550 nm y fuentes de amplificador disponibles. El sistema LADAR divulgado incorpora muchas características novedosas que proporcionan ventajas significativas en comparación con los sistemas LADAR actuales. El sistema divulgado usa un transmisor/receptor basado en fibra monoestático, un escáner de haz de fibra basado en una fibra que vibra lateralmente y un sensor de posición para supervisar la posición del haz transmitido.

[0004] El documento US 5,317,148 A divulga un escáner para su implementación con LADAR y sistemas de infrarrojos pasivos de banda visual. Una fibra óptica se coloca de manera que un extremo de la misma se mantenga en el punto focal de un sistema de lente. Un imán permanente se une a la fibra óptica cerca de ese extremo, donde el imán permanente se coloca dentro de un espacio sujeto a campos magnéticos variables inducidos por pares de electroimanes colocados ortogonalmente. El extremo de la fibra óptica escanea la imagen de la lente, donde el patrón de escaneo es controlado por los campos magnéticos variables inducidos por los pares electromagnéticos. Otro extremo de la fibra óptica está conectado a través de un acoplador a un detector óptico/infrarrojo y a un diodo láser. El acoplador permite duplexar la energía luminosa desde el diodo láser hasta la lente y recibir energía luminosa de la lente en el detector.

50 BREVE EXPLICACIÓN

[0005] La invención se define mediante las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes definen modos de realización ventajosos.

[0006] Las técnicas divulgadas en el presente documento se refieren a determinar la posición de un haz de luz en un dispositivo de conformación de haz, tal como una lente o una disposición de lentes, en o cerca de una fuente de luz, por ejemplo, un transmisor de un sistema LIDAR u otro sistema similar. En diversos modos de realización, se pueden introducir características artificiales en el dispositivo de conformación de haz para crear discontinuidades o mejoras en las propiedades de reflexión, absorción o transmisión del dispositivo de conformación de haz. La posición de un haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento dado puede determinarse, al menos parcialmente, en base a las discontinuidades o mejoras detectadas en la luz reflejada, adsorbida o transmitida del dispositivo de conformación de haz causadas por las características artificiales del dispositivo de conformación de haz.

[0007] De acuerdo con una implementación de ejemplo, un sistema puede incluir un dispositivo de conformación de haz que incluye una característica configurada para afectar a al menos una porción de un haz de luz al ser

iluminada por el haz de luz. El sistema también puede incluir un dispositivo de dirección de haz configurado para dirigir el haz de luz sobre el dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones, donde las diferentes posiciones incluyen la ubicación de la característica. El sistema puede incluir además un detector óptico configurado para generar una señal de detección de característica en respuesta a la detección de al menos la porción del haz de luz afectada por la característica que ha sido iluminada por el haz de luz; y un procesador configurado para determinar la posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento en base a, al menos en parte, la señal de detección de característica. En algunos modos de realización, la característica está configurada para afectar a al menos la porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz provocando al menos uno de entre un cambio detectable en la reflexión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la transmisión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la absorción de al menos la porción del haz de luz, o una combinación detectable de lo anterior.

[0008] En diversos modos de realización del sistema, el haz de luz puede incluir un haz de láser, y el dispositivo de conformación de haz puede estar configurado para iluminar un punto en un objetivo con el haz de láser. En algunos modos de realización, el sistema puede incluir además un láser de fibra pulsado configurado para generar el haz de luz. En algunos sistemas, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una lente, y la característica puede incluir, al menos, una línea, una muesca o una partícula formada en una superficie de la lente o dentro de la lente. En algunos sistemas, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una pluralidad de lentes, y la característica puede incluir un revestimiento reflectante en un área en un límite de dos lentes de la pluralidad de lentes. La pluralidad de lentes puede disponerse en una de entre una matriz unidimensional, una matriz bidimensional y una matriz tridimensional.

[0009] En algunos sistemas, el dispositivo de dirección de haz puede incluir una fibra óptica configurada para guiar el haz de luz y vibrar tras la estimulación, de modo que el haz de luz es dirigido en el dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones cuando vibra la fibra óptica. En algunos sistemas, la fibra óptica puede incluir una parte en voladizo que tiene un extremo flotante. En algunos sistemas, el dispositivo de dirección de haz puede incluir un actuador configurado para estimular la fibra óptica de modo que la vibración de la fibra óptica pueda dar como resultado un patrón de escaneo predeterminado del haz de luz, tal como un patrón en espiral. El actuador puede incluir uno de un tubo piezoeléctrico, un actuador de sistema microelectromecánico (MEMS), un actuador electromagnético y un actuador acústico.

[0010] De acuerdo con una implementación de ejemplo, se divulga un procedimiento para su uso en la detección de la posición de un haz de luz. El procedimiento puede incluir controlar, mediante un controlador, un dispositivo de dirección de haz para dirigir el haz de luz en un dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones, donde el dispositivo de conformación de haz puede incluir una característica configurada para afectar a al menos una porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz, y las diferentes posiciones pueden incluir una ubicación de la característica. El procedimiento puede incluir además generar, mediante un detector, una señal de detección en respuesta a detectar al menos la porción del haz de luz afectada por la característica que ha sido iluminada por el haz de luz; y determinar, mediante un procesador, la posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento en base a, al menos en parte, la señal de detección. En algunos modos de realización, la característica está configurada para afectar a al menos la porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz provocando al menos uno de entre un cambio detectable en la reflexión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la transmisión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la absorción de al menos la porción del haz de luz, o una combinación detectable de lo anterior.

[0011] En algunos modos de realización del procedimiento a usar en la detección de la posición del haz de luz, el haz de luz puede incluir un haz de láser, y el dispositivo de conformación de haz puede estar configurado para iluminar un punto en un objetivo con el haz de láser. En algunos procedimientos, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una lente, y la característica puede incluir, al menos, una línea, una muesca o una partícula formada en una superficie de la lente o dentro de la lente. En algunos otros procedimientos, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una pluralidad de lentes, y la característica puede incluir un revestimiento reflectante en un área en un límite de dos lentes de la pluralidad de lentes.

[0012] En algunos modos de realización del procedimiento a usar en la detección de la posición del haz de luz, el dispositivo de dirección de haz puede incluir una fibra óptica configurada para guiar el haz de luz y vibrar tras la estimulación, de modo que el haz de luz es dirigido en el dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones cuando vibra la fibra óptica. La fibra óptica puede incluir una parte en voladizo que tiene un extremo flotante. El dispositivo de dirección de haz puede incluir un actuador configurado para estimular la fibra óptica de modo que la vibración de la fibra óptica pueda dar como resultado un patrón de escaneo predeterminado del haz de luz, tal como un patrón en espiral. El actuador puede incluir uno de un tubo piezoeléctrico, un actuador de sistema microelectromecánico (MEMS), un actuador electromagnético y un actuador acústico.

[0013] De acuerdo con otra implementación de ejemplo, puede proporcionarse un aparato, que puede incluir medios de conformación de haz que incluyen una característica configurada para afectar a al menos una porción de un haz de luz al ser iluminada por el haz de luz. El aparato también puede incluir medios para dirigir el haz de luz en los medios de conformación de haz en diferentes posiciones, donde las diferentes posiciones incluyen la

ubicación de la característica. El aparato puede incluir además medios para generar al menos una señal de detección en respuesta a detectar al menos la porción del haz de luz afectada por la característica que ha sido iluminada por el haz de luz; y medios para determinar una posición del haz de luz en los medios de conformación de haz en un momento en base a, al menos en parte, la señal de detección. En algunos modos de realización, la característica está configurada para afectar a al menos la porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz provocando al menos uno de entre un cambio detectable en la reflexión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la transmisión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la absorción de al menos la porción del haz de luz, o una combinación detectable de lo anterior.

[0014] En diversos modos de realización del aparato, el haz de luz puede incluir un haz de láser, y el dispositivo de conformación de haz puede estar configurado para iluminar un punto en un objetivo con el haz de láser. En algunos modos de realización del aparato, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una lente, y la característica puede incluir, al menos, una línea, una muesca o una partícula formada en una superficie de la lente o dentro de la lente. En algunos modos de realización del aparato, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una pluralidad de lentes, y la característica puede incluir un revestimiento reflectante en un área en un límite de dos lentes de la pluralidad de lentes.

[0015] De acuerdo con aún otro ejemplo de implementación, se divulga un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que incluye instrucciones legibles por máquina almacenadas en el mismo. El medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador puede incluir instrucciones que son ejecutables por uno o más procesadores para controlar, a través de un controlador, un dispositivo de dirección de haz para dirigir un haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones, donde el dispositivo de conformación de haz incluye una característica configurada para afectar a al menos una porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz, y las diferentes posiciones incluyen una ubicación de la característica. El medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador puede incluir además instrucciones para recibir una señal de detección generada por un detector en respuesta a la detección de al menos la porción del haz de luz afectada por la característica que ha sido iluminada por el haz de luz; y determinar una posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento en base a, al menos en parte, la señal de detección. En algunos modos de realización, la característica está configurada para afectar a al menos la porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz provocando al menos uno de entre un cambio detectable en la reflexión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la transmisión de al menos la porción del haz de luz, un cambio detectable en la absorción de al menos la porción del haz de luz, o una combinación detectable de lo anterior.

[0016] En diversos modos de realización del medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que incluye instrucciones legibles por máquina, el haz de luz puede incluir un haz de láser, y el dispositivo de conformación de haz puede estar configurado para iluminar un punto en un objetivo con el haz de láser. En algunos modos de realización, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una lente, y la característica puede incluir, al menos, una línea, una muesca o una partícula formada en una superficie de la lente o dentro de la lente. En algunos modos de realización, el dispositivo de conformación de haz puede incluir una pluralidad de lentes, y la característica puede incluir un revestimiento reflectante en un área en un límite de dos lentes de la pluralidad de lentes.

[0017] En algunos modos de realización del medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador, incluidas las instrucciones legibles por máquina, el dispositivo de dirección de haz puede incluir una fibra óptica configurada para guiar el haz de luz y vibrar tras la estimulación, de modo que el haz de luz es dirigido en el dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones cuando la fibra óptica vibra. El dispositivo de dirección de haz puede incluir un actuador configurado para estimular la fibra óptica de modo que la vibración de la fibra óptica pueda dar como resultado un patrón de escaneo predeterminado del haz de luz.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0018] Los aspectos de la presente divulgación se ilustran a modo de ejemplo. Se describen aspectos no limitativos y no exhaustivos con referencia a las figuras siguientes, en las que números de referencia similares se refieren a partes similares en toda la extensión de las diversas figuras, a menos que se especifique lo contrario.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques simplificado de un ejemplo de sistema de detección de luz y medición de distancia (LIDAR).

La FIG. 2 ilustra un sistema de ejemplo que usa una fibra óptica resonante.

La FIG. 3 ilustra el cambio de dirección de la luz refractada cuando la luz incidente cruza el límite entre dos lentes.

La FIG. 4 ilustra un sistema de ejemplo con un divisor de haz para determinar la posición del haz de luz en el transmisor.

La FIG. 5A ilustra un sistema de ejemplo que usa una fibra óptica resonante sin un divisor de haz.

La FIG. 5B ilustra un patrón de escaneo unidimensional de ejemplo en un dispositivo de conformación de haz usando un sistema de ejemplo de la FIG. 5A.

La FIG. 5C ilustra un patrón de escaneo bidimensional de ejemplo en un dispositivo de conformación de haz usando un sistema de ejemplo de la FIG. 5A.

La FIG. 6A ilustra líneas delgadas a lo largo de un eje formado en la superficie de o dentro de una lente.

La FIG. 6B ilustra líneas delgadas formadas en la superficie de o dentro de una lente a lo largo de dos ejes para crear una matriz.

La FIG. 6C ilustra puntos individuales formados en la superficie de o dentro de una lente.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo que ilustra un modo de realización de un procedimiento para detectar la posición de un haz de luz en un sistema.

La FIG. 8 es un diagrama de bloques de un sistema informático de ejemplo para implementar algunos de los ejemplos descritos en el presente documento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0019] A continuación se describirán diversos modos de realización ilustrativos con respecto a los dibujos adjuntos, que forman parte de los mismos.

[0020] Las técnicas divulgadas en el presente documento se refieren a determinar la posición de un haz de luz en un dispositivo de conformación de haz (por ejemplo, enfoque de haz, colimación de haz, expansión de haz, etc.), tal como una lente o una disposición de lentes, en o cerca de una fuente de luz, por ejemplo, un transmisor de un sistema de detección de luz y medición de distancia (LIDAR) u otro sistema similar. Se pueden introducir una o más características (artificiales) en el dispositivo de conformación de haz que pueden afectar a al menos una porción de uno o más haces de luz cuando son iluminadas por los mismos. Por ejemplo, una o más determinadas características pueden configurarse/disponerse para crear discontinuidades en las propiedades de reflexión, absorción o transmisión de determinadas partes/puntos del dispositivo de conformación de haz. Cuando un haz de luz es escaneado por un dispositivo de dirección de haz de acuerdo con un patrón diseñado, por ejemplo, el haz de luz incidente en el dispositivo de conformación de haz puede verse afectado (por ejemplo, reflejarse, absorberse, transmitirse o similar, o alguna combinación de lo anterior) por una o más de dichas características de alguna manera diferente en comparación con otras partes/puntos del dispositivo de conformación de haz. La posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento dado puede entonces determinarse en base a las propiedades de escaneo del dispositivo de dirección de haz y los efectos creados por una o más características iluminadas. En determinadas implementaciones, una o más características de un dispositivo de conformación de haz pueden afectar a al menos una porción de un haz de luz (cuando se ilumina al menos en parte de este modo) de una manera que puede distinguirse del efecto o los efectos creados por otra u otras características del dispositivo de conformación de haz. Por lo tanto, en determinadas implementaciones, puede ser posible determinar que una o más características particulares fue/fueron iluminada(s) en un momento dado por el haz de luz.

[0021] Un sistema LIDAR, también conocido como sistema de detección láser y de medición de distancia (LADAR), es un sistema de detección remota activo que se puede usar para obtener la separación entre una fuente y uno o más puntos en un objetivo. Un LIDAR usa un haz de luz, típicamente un haz de láser, para iluminar el uno o más puntos del objetivo. En comparación con otras fuentes de luz, un haz de láser puede propagarse a largas distancias sin dispersarse significativamente (altamente colimado) y puede enfocarse en puntos pequeños para suministrar densidades de potencia óptica muy altas y proporcionar una resolución precisa. El haz de láser se puede modular de manera que el haz de láser transmitido incluya una serie de pulsos. El haz de láser transmitido puede dirigirse hacia un punto del objetivo, que puede reflejar el haz de láser transmitido. Se puede medir el haz de láser reflejado desde el punto del objetivo, y se puede medir el tiempo de vuelo (ToF) desde el momento en que un pulso del haz de luz transmitido se transmite desde la fuente hasta el momento en que el pulso llega a un detector cerca de la fuente o en una ubicación conocida. La separación entre la fuente y el punto del objetivo puede determinarse, por ejemplo, como $r = ct/2$, donde r es la separación entre la fuente y el punto del objetivo, c es la velocidad de la luz en espacio libre, y t es el ToF del pulso del haz de luz desde la fuente al detector.

[0022] La FIG. 1 es un diagrama de bloques simplificado de un sistema 100 de ejemplo, tal como LIDAR, LADAR u otro sistema similar. El sistema 100 puede incluir un escáner de haz óptico 110, un sensor 120 y una lente 130. El escáner de haz óptico 110 puede incluir una fuente óptica, tal como un láser, un diodo láser, un láser emisor de superficie de cavidad vertical (VCSEL), un diodo emisor de luz (LED) u otra fuente óptica. El láser puede ser, por ejemplo, un láser de fibra pulsado de infrarrojos u otro láser de bloqueo de modo con una longitud de onda de

salida de, por ejemplo, 930-960 nm, 1030-1070 nm, en torno a 1550 nm o más. El escáner de haz óptico 110 también puede incluir un dispositivo de dirección de luz, tal como una platina de escaneo, un actuador piezoeléctrico o un dispositivo MEMS que puede cambiar la dirección del haz de láser transmitido desde el láser. La lente 130 se puede usar para colimar el haz de láser transmitido desde el escáner de haz óptico 110 de manera que el haz de láser colimado 140 pueda propagarse a una larga distancia hasta un objetivo sin dispersarse significativamente. La lente 130 también puede enfocar el haz de láser transmitido desde el escáner de haz óptico 110 en un pequeño punto del objetivo. La lente 130 también puede usarse para expandir el haz de láser o desviar el haz de láser. Como resultado del pequeño punto de haz, la resolución del sistema 100 puede mejorarse.

[0023] La lente 130 también puede usarse para enfocar el haz de láser reflejado 160 procedente de un objetivo 150 en el sensor 120 directamente o en fibras ópticas conectadas al sensor 120. El sensor 120 puede ser un detector que tiene una longitud de onda de trabajo (sensible) comparable con la longitud de onda de la fuente de láser. El detector puede ser un fotodetector de alta velocidad, por ejemplo, un fotodiodo PIN con una región intrínseca entre una región de semiconductor de tipo p y una región de semiconductor de tipo n, o un fotodetector de avalancha de InGaAs (APD).

[0024] Para medir separaciones hasta múltiples puntos en un objetivo o en un campo de visión de un sistema, un haz de láser generalmente se escanea en una o dos dimensiones, como se muestra en la FIG. 1. Para lograr un patrón de escaneo unidimensional (1-D) o bidimensional (2-D), un sistema puede usar, por ejemplo, una disposición de láseres, múltiples conjuntos de láseres/sensores que están ligeramente inclinados unos contra otros, o un mecanismo de escaneo 2-D, de manera que el haz de láser pueda escanearse, por ejemplo, en un patrón de barrido horizontal y/o un patrón de barrido vertical, como se muestra en la FIG. 1.

[0025] Hay muchos tipos diferentes de mecanismos de escaneo de haz de láser, por ejemplo, una platina mecánica multidimensional, un espejo controlado por galvanómetro, un espejo microelectromecánico (MEMS) accionado mediante micromotores, un convertidor/transductor piezoeléctrico que usa material piezoeléctrico, tal como cerámica de cuarzo o de titanato circonato de plomo (PZT), un actuador electromagnético o un actuador acústico. El escaneo de haz de láser también se puede lograr sin movimiento mecánico de ningún componente, por ejemplo, usando una técnica de disposición en fase en la que las fases de los láseres en una disposición de láseres 1-D o 2-D se pueden cambiar para alterar el frente de onda del haz de láser superpuesto. En muchos de estos mecanismos de escaneo, la posición del haz de escaneo puede determinarse en función de las señales de control que accionan los mecanismos de escaneo, de modo que el sistema puede determinar el punto en el objetivo que refleja un haz de luz transmitido particular en un momento dado. Por ejemplo, en la FIG. 1, la posición del haz transmitido en la lente 130 y, por tanto, la posición del haz transmitido en el objetivo 150, puede determinarse en base a la señal que controla el escáner de haz óptico 110 en el sistema 100. Como ejemplo más específico, en un sistema con un espejo MEMS accionado por micromotores, la orientación de un microespejo MEMS puede determinarse en base a la señal que controla el micromotor que hace girar al microespejo. La dirección del haz reflejado por el microespejo y, por tanto, la posición del haz en el dispositivo de conformación de haz en un momento dado se puede determinar en base a la orientación del microespejo en el momento dado.

[0026] Muchos de los mecanismos de escaneo por haz descritos anteriormente pueden ser voluminosos y caros. De forma alternativa o adicional, puede usarse una técnica de escaneo de fibra resonante para escanear un haz de láser. Debido a la flexibilidad de la fibra óptica, se puede lograr un amplio campo de visión y una alta resolución. Además, un escáner de haz de fibra resonante puede ser pequeño y menos caro.

[0027] La FIG. 2 ilustra un sistema 200 de ejemplo que usa una fibra óptica resonante. El sistema 200 puede ser LIDAR, LADAR u otro sistema similar. El sistema 200 puede incluir un láser 210, un actuador 220, una fibra óptica 230 y un dispositivo de conformación de haz 240, tal como una lente o una disposición de lentes. El láser 210 puede ser una fuente de luz como se describió anteriormente con respecto al escáner de haz óptico 110 de la FIG. 1. El láser 210 puede ser un láser pulsado, tal como un láser de bloqueo de modo. El láser 210 también puede incluir un modulador que puede modular el haz de salida del láser. El haz de salida del láser 210 está acoplado a la fibra óptica 230, que transporta el haz de láser y lo guía hacia el dispositivo de conformación de haz 240. La fibra óptica 230 puede ser una fibra monomodo, una fibra multimodo o un grupo de fibras. La fibra óptica 230 puede pasar a través del actuador 220, que puede ser, por ejemplo, un tubo piezoeléctrico u otro actuador como se describe anteriormente con respecto a la FIG. 1. Un extremo distal 232 de la fibra óptica 230 puede extenderse más allá del actuador 220. El extremo distal 232 de la fibra óptica 230 que se extiende más allá del actuador 220 es flexible y puede resistir un movimiento resonante provocado por el actuador 220 para actuar como un voladizo resonante. Las propiedades de resonancia y de baja amortiguación de la fibra permiten que el actuador amplifique un pequeño movimiento del actuador transformándolo en un gran desplazamiento de la punta de la fibra. Como resultado, el haz de láser emitido desde el extremo distal vibrante 232 puede producir un escaneo del haz de láser con un gran campo de visión. La longitud del extremo distal 232 se puede ajustar para lograr una frecuencia resonante y/o un modo resonante deseados. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 2, la longitud del extremo distal 232 de la fibra óptica 230 puede ajustarse para lograr un modo resonante 234 con un solo nodo estacionario cerca del actuador 220 y un extremo flotante (es decir, el extremo distal 232), o un modo resonante 236 con dos nodos estacionarios y un extremo flotante (es decir, el extremo distal 232).

[0028] Se puede producir un patrón de escaneo 2-D con un solo actuador de 2 ejes usando una sola fibra. Por ejemplo, si el eje horizontal produce una onda sinusoidal de amplitud constante y el eje vertical produce una onda cosenoidal con la misma frecuencia y amplitud que la onda sinusoidal, una fibra simétrica puede dar como resultado un círculo. Las amplitudes de escaneo en ambos ejes x e y se pueden disminuir y/o aumentar progresivamente para producir un escaneo en espiral mediante señales de control progresivamente disminuidas y/o aumentadas. Como ejemplo más específico, si la vibración horizontal es una onda sinusoidal modulada en amplitud triangular y la vibración vertical es una onda cosenoidal modulada en amplitud triangular, se puede generar un patrón de escaneo en espiral uniformemente espaciado. El dispositivo de conformación de haz 240 puede colimar entonces el haz desde el extremo distal 232 de la fibra óptica 230 y proyectar el haz colimado en un campo lejano 250 para formar un patrón de escaneo en espiral uniformemente espaciado en el campo lejano 250, como se muestra en la FIG. 2. En algunos modos de realización, el dispositivo de conformación de haz 240 puede enfocar el haz desde el extremo distal 232 de la fibra óptica 230 en un pequeño punto en el campo lejano 250 para formar un patrón de escaneo en el campo lejano 250 con una resolución de escaneo más alta.

[0029] En muchos sistemas, el patrón de escaneo real puede no seguir un patrón de escaneo ideal diseñado. Por ejemplo, en el sistema 200, debido a la dinámica del voladizo de fibra resonante, el patrón de escaneo puede distorsionarse con respecto al patrón ideal. Por tanto, en varios sistemas, es deseable determinar la posición del haz LIDAR en el transmisor de los sistemas y, por tanto, la posición del haz LIDAR en el objetivo.

[0030] Cuando se usa una disposición de lentes en el sistema óptico de un LIDAR, se puede lograr una mayor amplificación angular. Sin embargo, debido a la propiedad de refracción óptica de la lente, la dirección de la luz puede cambiar bruscamente cuando la luz incidente cruza el límite entre dos lentes.

[0031] La FIG. 3 ilustra el cambio de dirección de la luz refractada cuando la luz incidente cruza el límite entre dos lentes. Como se muestra en la FIG. 3, un haz de luz procedente de una fuente 310 puede escanearse y puede irradiar una disposición de lentes que incluye lentes 320A, 320B y 320C. El haz de luz puede irradiar la lente 320B, como se muestra mediante el haz de luz 330, y dirigirse hacia un eje óptico 312 de la lente 320B, como se muestra mediante el haz de luz 340. Cuando el haz de luz se escanea verticalmente de abajo arriba y cruza el límite entre las lentes 320A y 320B, el haz de luz puede irradiar la lente 320A, como se muestra mediante el haz de luz 350, y dirigirse hacia un eje óptico 314 de la lente 320A, como se muestra mediante el haz de luz 360. El haz de luz 360 y el haz de luz 340 se propagan en direcciones muy diferentes. Por tanto, puede producirse una discontinuidad en el patrón de escaneo en el objetivo cuando el haz de luz cruza el límite entre dos lentes. Por lo tanto, también es deseable determinar exactamente cuándo un haz LIDAR cruza límites entre lentes.

[0032] La FIG. 4 ilustra un sistema 400 de ejemplo con un divisor de haz para determinar la posición de un haz LIDAR en el transmisor LIDAR. El sistema 400 puede ser LIDAR, LADAR u otro sistema similar. Como en el sistema 200 de la FIG. 2, el sistema 400 puede incluir un láser 420, una fibra óptica 432 acoplada al láser 420 para guiar el haz de salida del láser 420 y un actuador 430 para estimular la fibra óptica 432 para escanear el haz de láser de salida 420. El sistema 400 también incluye una lente transmisora 450 para dirigir un haz de láser incidente hacia un objetivo 460, como se muestra mediante el haz de láser 452. El haz de láser reflejado 462 procedente del objetivo 460 puede ser recogido por una lente receptora 470 y dirigido hacia un detector 480, como se describió anteriormente con respecto al sensor 120 de la FIG. 1. Se puede usar un procesador/controlador 410 para sincronizar y controlar las operaciones del láser 420, el actuador 430 y el detector 480, y analizar diversos puntos en el objetivo 460 en base a las señales de control para el láser 420 y el actuador 430, y las señales de reflexión detectadas por detector 480.

[0033] Para detectar la posición del haz de láser en la lente de transmisor 450 y, por tanto, la posición del haz de láser en el objetivo 460, se pueden añadir al sistema 400 un divisor de haz 440 y un sensor de posición de haz 490. El divisor de haz 440 puede dividir el haz de láser de salida de la fibra óptica 432 y dirigir una porción del haz de láser de salida de la fibra óptica 432 hacia el sensor de posición de haz 490, como se muestra mediante el haz de láser 442 en la FIG. 4. El haz de láser 442 puede dirigirse al sensor de posición de haz 490 mediante el divisor de haz 440 directa o indirectamente a través de un espejo 444. El sensor de posición de haz 490 puede ser un detector de posición (PSD) 2-D que puede detectar un haz de láser 442. El procesador/controlador 410 o el sensor de posición de haz 450 pueden determinar la posición del haz de láser de salida de la fibra óptica 432 en el divisor de haz 440 o la lente transmisora 450 basándose en la posición (píxeles) de la parte del sensor de posición de haz 490 que detecta el haz de láser 442.

[0034] Como puede verse en la FIG. 4, este procedimiento posiblemente adolece de pérdida de luz, alta complejidad y alto coste. Por ejemplo, con la adición del divisor de haz 440, una porción del haz de luz entrante se desvía al sensor de posición de haz 490. Además, en sistemas que usan una fibra resonante para el escaneo de haz, la adición del divisor de haz para muestrear la salida de láser puede dificultar la colocación de la fibra resonante lo suficientemente cerca del dispositivo de conformación de haz (tal como una lente o una disposición de lentes) por ejemplo, la lente de transmisor 450, para un mejor rendimiento. Por lo tanto, la precisión lograda por este procedimiento puede ser insuficiente en determinadas aplicaciones que requieren una determinación de posición de haz LIDAR de alta precisión.

[0035] La FIG. 5A ilustra un sistema 500 de ejemplo que usa una fibra óptica resonante sin un divisor de haz, de acuerdo con algunos modos de realización de esta divulgación. El sistema 500 puede ser LIDAR, LADAR u otro sistema similar. Como se muestra en la FIG. 5A, el sistema 500 usa una fibra óptica resonante 530 para el escaneo de haz. La fibra óptica 530 está acoplada a un láser 510 para guiar el haz de láser desde el láser 510 a un dispositivo de conformación de haz 540, tal como una disposición de lentes o una sola lente. La fibra óptica resonante 530 pasa a través de un tubo piezoeléctrico 520 con un extremo distal extendido más allá del tubo piezoeléctrico 520 para formar un voladizo de fibra resonante 532. El láser 510 puede ser un láser pulsado, tal como un láser de bloqueo de modo, como se describe anteriormente con respecto a las FIGS. 1 y 2.

[0036] Como también se describió anteriormente con respecto a la FIG. 2, el tubo piezoeléctrico 520 puede estimular la fibra óptica 530 en una o dos dimensiones y controlar la amplitud y/o frecuencia resonante del voladizo de fibra resonante 532. La resonancia del voladizo de fibra resonante 532 puede ser causada y controlada por otros mecanismos, tales como otros dispositivos electromecánicos, dispositivos electromagnéticos o dispositivos acústicos. Un patrón de escaneo creado por la vibración del voladizo de fibra resonante 532 puede ser un patrón lineal, un patrón circular, un patrón en espiral, un patrón en zigzag, un patrón 2-D que incluye múltiples patrones lineales, etc. La fibra óptica puede ser una fibra óptica monomodo, una fibra óptica multimodo o un grupo de fibras ópticas.

[0037] El dispositivo de conformación de haz 540 puede incluir una lente o una disposición de lentes. El uso de una disposición de lentes puede tener varias ventajas sobre el uso de una sola lente para la conformación de haz en un sistema. Sin embargo, pueden existir zonas muertas entre las lentes 542 en una disposición, y la dirección de escaneo de haz puede cambiar bruscamente cuando el haz de escaneo cruza un límite de lente. Encontrar posiciones de haz precisas en una disposición de lentes puede ser más difícil y puede exigir mayor precisión que encontrar posiciones de haz en una sola lente debido a los espacios entre las lentes y una mayor amplificación angular por una disposición de lentes en comparación con una sola lente. Es deseable saber con muy buena precisión en qué lado del límite de una lente está el haz.

[0038] En algunos modos de realización, una característica artificial 544, tal como un revestimiento reflectante, puede introducirse en áreas adyacentes a los límites de las lentes 542 de una disposición de lentes, tal como en áreas entre las lentes 542 o áreas que incluyen los límites de las lentes 542. En algunos modos de realización, el revestimiento reflectante puede formar un reflector lambertiano que provoca difusión o dispersión. En algunos modos de realización, el revestimiento reflectante puede provocar una reflexión ensanchada en direcciones predeterminadas. El revestimiento reflectante puede aumentar significativamente la cantidad de luz reflejada cuando un haz de láser irradia el límite de dos lentes 542 en la disposición de lentes. Una incidencia directa sobre el revestimiento reflectante puede producir una gran reflexión. Una incidencia parcial con parte del haz de luz que entra en una lente y con parte del haz de luz que incide en el revestimiento reflectante puede producir una reflexión más pequeña. Por lo tanto, cuando el haz de luz cruza el límite entre dos lentes en una disposición de lentes, la cantidad de luz reflejada puede aumentar primero y luego disminuir, formando un pulso. El pulso de luz reflejado puede ser recogido por un detector para producir un pulso, como se muestra en la señal detectada 552.

[0039] El detector 550 puede ser un fotodetector de alta velocidad, tal como un fotodiodo PIN o un detector APD, y puede colocarse en el mismo lado del dispositivo de conformación de haz 540 que el láser 510, para detectar el haz de láser reflejado. En algunos modos de realización, se puede usar un solo detector para la determinación de la posición del haz de láser. En algunos modos de realización, se puede usar una pluralidad de detectores para lograr una mejor precisión en la determinación de la posición del haz de láser. Las señales detectadas 552 del detector 550 pueden enviarse entonces al detector de posición 560 para determinar la posición actual del haz de láser en el dispositivo de conformación de haz 540. Con la velocidad y dirección aproximadas conocidas de la resonancia del voladizo de fibra resonante, la amplitud y/o el perfil de los pulsos de luz reflejada detectados por el detector 550 (incluso si es un solo detector) pueden usarse para formar una imagen del límite de lente y determinar la posición exacta del haz usando, por ejemplo, técnicas de muestreo disperso. El sistema 500 también puede incluir un procesador/controlador 570 que puede controlar las operaciones del láser 510, el tubo piezoeléctrico 520 y el detector de posición 560, o realizar las funciones del detector de posición 560, similar al procesador/controlador 410 descrito anteriormente con respecto a la FIG. 4.

[0040] La posición del haz de láser se puede determinar como sigue en el sistema 500. En base a la velocidad lineal/angular y dirección aproximadas de la vibración del voladizo de fibra resonante, se puede determinar la posición aproximada del haz de láser en el dispositivo de conformación de haz 540 (por ejemplo, el número de lentes cerca del haz de láser) en un momento dado. En base al perfil del pulso detectado, se puede determinar el momento en que el haz de láser cruza el límite de lente. La posición del haz de láser en el momento dado se puede determinar por tanto en base al momento en que el haz de láser cruza el límite de lente y la velocidad de vibración del voladizo de fibra resonante. De forma alternativa, la posición del haz de láser en un momento dado puede determinarse mediante interpolación usando los momentos en que el haz de láser cruza dos límites de lente.

[0041] En algunos sistemas, se puede usar un dispositivo microelectromecánico (MEMS), en lugar de una fibra óptica resonante, para escanear un haz de láser. La luz reflejada desde las características artificiales en el dispositivo de conformación de haz se puede detectar y usar para determinar la posición de haz exacta en base a

la velocidad y dirección aproximadas del dispositivo MEMS, como se describe anteriormente.

[0042] En diversos modos de realización, la disposición de lentes en el dispositivo de conformación de haz 540 puede ser una disposición de lentes refractivas o una disposición de lentes difractivas, tal como una disposición de lentes de Fresnel o una disposición de lentes holográficas. Las lentes de la disposición de lentes pueden disponerse en un plano o en una superficie curva, como se muestra en la FIG. 5A. En algunos sistemas, la disposición de lentes puede ser una matriz de lentes unidimensional. En algunos sistemas, la disposición de lentes puede ser una matriz bidimensional o tridimensional. En algunos sistemas, la lente o la disposición de lentes puede formarse usando material electroóptico (EO), tal como cristal líquido o cristal EO.

[0043] En algunos modos de realización, en lugar de un revestimiento reflectante, las características artificiales 544 pueden incluir elementos ópticos difractivos, por ejemplo, una rejilla entallada, tal como una rejilla Echelle, que tiene un ángulo de entalladura predeterminado. La rejilla entallada puede ser una rejilla de reflexión o una rejilla de transmisión. Por ejemplo, la rejilla entallada puede dirigir el haz de láser entrante de regreso al lado del dispositivo de conformación de haz 540 donde está ubicado el láser 510, o dirigir el haz de láser entrante a una ubicación en el otro lado del dispositivo de conformación de haz 540.

[0044] En algunos modos de realización, las características artificiales se pueden formar usando materiales con fuerte absorción en la longitud de onda del haz de láser. Por ejemplo, las características artificiales pueden incluir un material fotovoltaico que puede convertir la luz incidente en señales eléctricas y, por lo tanto, puede actuar como detector. Las señales detectadas pueden enviarse al detector de posición 560 o al procesador/controlador 570 usando, por ejemplo, electrodos transparentes, tales como electrodos de óxido de indio y estaño (ITO). En dichos sistemas, el detector 550 y/o el detector de posición 560 pueden omitirse. En algunos modos de realización, las características artificiales pueden incluir un material fotoluminiscente que puede convertir el haz de láser entrante en luz a una longitud de onda diferente y, por lo tanto, no interferiría con la luz reflejada por el objetivo.

[0045] En implementaciones en las que el dispositivo de conformación de haz 540 es una sola lente, se pueden introducir características tales como líneas delgadas, partículas o muescas en una superficie de la lente o dentro de la lente. Las ubicaciones de las características pueden determinarse o medirse después de la fabricación. Pueden usarse uno o más detectores para detectar la luz reflejada por las características introducidas en la lente.

[0046] La FIG. 5B ilustra un patrón de escaneo unidimensional 586 de ejemplo en un dispositivo de conformación de haz 580 usando un sistema 500 de ejemplo de la FIG. 5A. El dispositivo de conformación de haz 580 puede incluir una pluralidad de lentes 582 dispuestas en una matriz 1-D, 2-D o 3-D. Los espacios 584 entre las lentes 582 pueden revestirse con material reflectante. Por lo tanto, cuando un haz de láser escanea siguiendo el patrón de escaneo 586, la cantidad de haz de láser reflejado puede aumentar desde un valor bajo (cuando el haz de láser de escaneo está en una lente 582) a un valor alto (cuando el haz de láser de escaneo está en un espacio 584) y después disminuir a un valor bajo (cuando el haz de láser de escaneo está en otra lente 582). En base a la velocidad y dirección aproximadas de la vibración del voladizo de fibra resonante, se puede determinar la posición aproximada del haz de láser en el dispositivo de conformación de haz 580 (por ejemplo, la(s) lente(s) particular(es) cerca del haz de láser) en un momento dado. En base al perfil de la reflexión detectada procedente del dispositivo de conformación de haz 580, se puede determinar el momento en que el haz de láser de escaneo sale de una lente 582 y el momento en que el haz de láser de escaneo entra en la siguiente lente 582. La posición del haz de láser de escaneo en el dispositivo de conformación de haz 580 en la dirección x en el momento dado puede determinarse entonces en base al momento en que el haz de láser entra en una lente 582 y la velocidad de vibración del voladizo de fibra resonante. De forma alternativa, la posición del haz de láser de escaneo en el momento dado puede determinarse mediante interpolación usando los momentos en que el haz de láser entra y sale de una lente 582.

[0047] La FIG. 5C ilustra un patrón de escaneo bidimensional 596 de ejemplo (y/o 598) en un dispositivo de conformación de haz 590 usando un sistema 500 de ejemplo de la FIG. 5A. El dispositivo de conformación de haz 590 puede incluir una pluralidad de lentes 592 dispuestas en una matriz 2-D o 3-D. Los espacios 594 entre las lentes 592 pueden revestirse con material reflectante. Como se describió anteriormente con respecto a la FIG. 5B, cuando un haz de láser escanea siguiendo el patrón de escaneo 596, la cantidad de haz de láser reflejado puede cambiar dependiendo de la posición del haz de láser de escaneo. En base a la velocidad lineal/angular y dirección aproximadas de la vibración del voladizo de fibra resonante, se puede determinar la posición aproximada del haz de láser en el dispositivo de conformación de haz 590 (por ejemplo, la(s) lente(s) particular(es) cerca del haz de láser) en un momento dado. En base al perfil de la reflexión detectada procedente del dispositivo de conformación de haz 590, se puede determinar el momento en que el haz de láser sale de una lente particular y el momento en que el haz de láser entra en la siguiente lente. En algunos modos de realización, en base a la posición aproximada del haz de láser, el patrón de escaneo diseñado y el período de tiempo entre el momento en que el haz de láser sale de una lente y el momento en que el haz de láser entra en la siguiente lente, se puede determinar la posición en la que el haz de láser sale de una lente y/o la posición en la que el haz de láser entra en la siguiente lente. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 5C, el patrón de escaneo 596 y el patrón de escaneo 598 pueden dar como resultado diferentes perfiles de señales de reflexión detectadas. En base a las diferencias en los perfiles de las señales de reflexión detectadas, se puede determinar la posición en la que el haz de láser sale de una lente y/o la

posición en la que el haz de láser entra en la siguiente lente. En algunos modos de realización, el haz de láser reflejado desde el dispositivo de conformación de haz 590 puede ser detectado por una disposición de detectores, por ejemplo, una matriz 2-D, y la posición en la que el haz de láser sale de una lente y/o la posición en la que el haz de láser entra en la siguiente lente puede determinarse en base a las señales de reflexión detectadas por la matriz de detectores 2-D. La posición del haz de láser de escaneo en el dispositivo de conformación de haz 590 en el momento dado puede determinarse en base al momento en que el haz de láser entra en una lente 592 y la velocidad lineal/angular de la vibración del voladizo de fibra resonante. De forma alternativa, la posición del haz de láser en el momento dado puede determinarse mediante interpolación usando los momentos en que el haz de láser entra y sale de una lente 592.

[0048] Las FIGS. 6A-6C ilustran ejemplos de características artificiales en una lente para crear discontinuidades en las propiedades de reflexión, absorción o transmisión de la lente, de acuerdo con algunos modos de realización de la presente divulgación. Por ejemplo, la FIG. 6A ilustra líneas delgadas a lo largo de un eje formado en una superficie de o dentro de una lente 610. Las líneas delgadas pueden estar espaciadas de manera uniforme o desigual. En algunos modos de realización, las líneas delgadas pueden formarse colocando material reflectante, difusor o absorbente, como el descrito anteriormente, sobre la superficie de la lente. En algunos modos de realización, las líneas delgadas pueden incluir ranuras formadas en la superficie de una lente, donde las ranuras pueden rellenarse con material reflectante, difusor o absorbente, como el descrito anteriormente.

[0049] En ejemplos en los que la lente se recubre con un material reflectante, el revestimiento reflectante puede crear discontinuidades en las características reflectantes de la lente. Cuando el haz de luz está sobre el revestimiento reflectante, se refleja una gran cantidad de haz de luz; cuando el haz de luz está en otras partes de la lente, la cantidad de haz de luz reflejada es baja. Por lo tanto, cuando el haz de luz cruza una línea delgada con revestimiento reflectante, la cantidad de haz de luz reflejada aumenta de un valor bajo a un valor alto y luego disminuye a un valor bajo. El perfil de la cantidad de haz de luz reflejado a lo largo del tiempo tiene la forma de un pulso. Como resultado, la señal detectada puede incluir una serie de pulsos. En base a la velocidad y dirección aproximadas de la vibración del voladizo de fibra resonante, se puede determinar la posición aproximada del haz de láser en la lente 610 (la línea delgada particular cerca del haz de láser) en un momento dado. En base al perfil del pulso detectado, se puede determinar el momento en que el haz de láser cruza la línea delgada particular. La posición del haz de láser en el eje x en el momento dado se puede determinar en base al momento en que el haz de láser cruza la línea delgada particular y la velocidad de vibración del voladizo de fibra resonante. De forma alternativa, la posición del haz de láser en un momento dado puede determinarse mediante interpolación usando los momentos en que el haz de láser cruza dos líneas delgadas.

[0050] En algunos ejemplos, las líneas delgadas pueden formarse colocando material ITO y material fotovoltaico sobre la lente, de modo que la luz incidente puede convertirse en una señal eléctrica mediante el material fotovoltaico y conducirse por el material ITO. En estos ejemplos, en base a la posición de la línea delgada que genera la señal fotovoltaica y el momento en que se genera la señal fotovoltaica, la posición del haz de láser en la lente 610 en la dirección x en un momento dado se puede determinar usando la velocidad de la vibración o mediante interpolación, como se describe anteriormente.

[0051] La FIG. 6B ilustra líneas delgadas formadas en la superficie de o dentro de una lente 620 a lo largo de dos ejes para crear una matriz. Las líneas delgadas de la FIG. 6B pueden formarse como se describió anteriormente con respecto a las líneas delgadas de la FIG. 6A. La posición del haz de luz sobre la lente 620 en la dirección x o y en un momento dado se puede determinar como se describió anteriormente con respecto a la FIG. 6A.

[0052] La FIG. 6C ilustra puntos individuales formados en la superficie de o dentro de una lente 630. Por ejemplo, los puntos individuales pueden ser muescas formadas en la superficie de la lente. Las muescas pueden rellenarse con material reflectante, adsorbente o transmisor como el descrito anteriormente. Los puntos individuales también pueden ser características creadas dentro de la lente usando material reflectante, adsorbente o transmisor como el descrito anteriormente. La posición del haz de luz sobre la lente 630 en la dirección x o y en un momento dado se puede determinar como se describió anteriormente con respecto a la FIG. 6A.

[0053] En diversos sistemas en los que el dispositivo de conformación de haz, tal como el dispositivo de conformación de haz 540 de la FIG. 5A, incluye una disposición de lentes, se pueden formar características artificiales en al menos una de las áreas adyacentes a los límites de las lentes, como se ilustra en las FIGS. 5A-5C y descritas en detalle anteriormente, o áreas en una superficie o dentro de cada lente 542, como se ilustra en las FIGS. 6A-6C y descritas en detalle anteriormente.

[0054] La FIG. 7 es un diagrama de flujo 700 que ilustra un modo de realización de un procedimiento para detectar una posición de haz de láser en un sistema, tal como un sistema LIDAR. Cabe señalar que el procedimiento divulgado se puede usar en sistemas distintos de un sistema LIDAR, por ejemplo, sistemas de inspección.

[0055] En el bloque 710, un dispositivo de dirección de haz, tal como las fibras ópticas resonantes 230, 432 y

530, los actuadores 220 y 430, y el tubo piezoeléctrico 520, puede ser controlado por un procesador o controlador, tal como el procesador/controlador 410 y 570, o uno o varios procesadores 810, ilustrados en la FIG. 8 y descritos en detalle posteriormente, para dirigir un haz de luz en un dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones. El dispositivo de conformación de haz, tal como el dispositivo de conformación de haz 540 de la FIG. 4, la lente 610 de la FIG. 6A, la lente 620 de la FIG. 6B y la lente 630 de la FIG. 6C, puede incluir una característica formada en el mismo como se describe anteriormente. El dispositivo de conformación de haz puede estar configurado para colimar, enfocar, expandir, desviar o cambiar de otro modo el frente de onda de un haz de luz entrante. La característica puede estar configurada para afectar a al menos una porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz, por ejemplo, provocando al menos uno de un cambio detectable en la reflexión, un cambio detectable en la transmisión, un cambio detectable en la absorción, o una combinación detectable de los mismos, de al menos la porción del haz de luz, cuando es iluminada, al menos en parte, por el haz de luz. La característica puede estar configurada para provocar al menos una de entre una reflexión mejorada, una transmisión mejorada, una absorción mejorada, o una combinación de las mismas, del haz de luz. Las diferentes posiciones pueden incluir una ubicación de la característica. Como se describió anteriormente, el dispositivo de dirección de haz puede incluir diferentes tipos de actuador, tal como un micromotor, un convertidor/transductor piezoeléctrico, un actuador magnético o un actuador acústico. El dispositivo de dirección de haz también puede incluir dispositivos MEMS, tal como un microespejo, en lugar de una fibra óptica resonante. El dispositivo de dirección de haz se puede configurar para escanear un haz de luz en un patrón lineal, un patrón circular, un patrón en espiral, un patrón en zigzag o un patrón 2-D que incluye múltiples patrones lineales. En algunos modos de realización, los medios para realizar la función en el bloque 710 pueden incluir, pero no se limitan a, por ejemplo, fibra óptica resonante 230 y el actuador 220 de la FIG. 2, el procesador/controlador 410, la fibra óptica resonante 432 y el actuador 430 de la FIG. 4, la fibra óptica resonante 530, el tubo piezoeléctrico 520 y el procesador/controlador 570 de la FIG. 5A, y el sistema informático 800 ilustrado en la FIG. 8 y descrito en detalle posteriormente.

[0056] En el bloque 720, un detector, tal como el detector 480 o 550, puede generar una señal de detección en respuesta a la detección de al menos la porción del haz de luz afectada por la característica que ha sido iluminada por el haz de luz, tal como la detección del cambio detectable en la reflexión, el cambio detectable en la transmisión, el cambio detectable en la absorción, o la combinación detectable de los mismos, de al menos la porción del haz de luz. La señal de detección puede incluir una serie de pulsos, como se ilustra mediante la señal 552 de la FIG. 5A. La señal de detección del detector puede ser recibida, por ejemplo, por el procesador/controladores 410 y 570 o el detector de posición 560, descritos anteriormente con respecto a las FIGS. 4 y 5A, o uno o varios procesadores 810 ilustrados en la FIG. 8 y descritos en detalle posteriormente. En algunos modos de realización, los medios para realizar la función en el bloque 720 pueden incluir, pero no se limitan a, por ejemplo, el procesador/controlador 410 y el detector 480 de la FIG. 4, el detector 550, el detector de posición 560 y/o el procesador/controlador 570 de la FIG. 5A, y el sistema informático 800 ilustrado en la FIG. 8 y descrito en detalle posteriormente.

[0057] En el bloque 730, basándose, al menos parcialmente, en la señal de detección, un procesador, tal como el procesador/controlador 410, el detector de posición 560, el procesador/controlador 570 o el/los procesador(es) 810 ilustrado(s) en la FIG. 8 y descrito(s) en detalle posteriormente, puede determinar la posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento dado usando información tal como la velocidad lineal/angular y la dirección aproximadas de la resonancia de la fibra óptica resonante. Por ejemplo, en base a la velocidad lineal/angular y la dirección aproximadas de la resonancia de la fibra óptica resonante, se puede determinar una posición aproximada del haz de luz en un momento dado. En base a la señal de detección, se puede determinar una posición más precisa del haz de luz en un momento dado usando, por ejemplo, el momento en que el haz de luz cruza el límite de dos lentes y la velocidad de escaneo del haz de luz. En algunos modos de realización, los medios para realizar la función en el bloque 730 pueden incluir, pero no se limitan a, por ejemplo, el procesador/controlador 410 de la FIG. 4, el detector de posición 560 y el procesador/controlador 570 de la FIG. 5A, y el sistema informático 800 ilustrado en la FIG. 8 y descrito en detalle posteriormente.

[0058] Cabe señalar que aunque la FIG. 7 describe las operaciones como un proceso secuencial, algunas de las operaciones se pueden realizar en paralelo o simultáneamente. Además, el orden de las operaciones se puede reorganizar. Una operación puede tener etapas adicionales no incluidas en la figura. Algunas operaciones pueden ser opcionales y, por lo tanto, pueden omitirse en diversos modos de realización. Algunas operaciones descritas en un bloque pueden realizarse junto con operaciones en otro bloque. Además, los modos de realización de los procedimientos pueden implementarse mediante hardware, software, firmware, middleware, microcódigo, lenguajes de descripción de hardware o cualquier combinación de los mismos.

[0059] La FIG. 8 ilustra componentes de un sistema informático 800 de ejemplo para implementar algunos de los ejemplos descritos en el presente documento. Por ejemplo, el sistema informático 800 se puede usar como el procesador/controlador 410 de la FIG. 4, el detector de posición 560 o el procesador/controlador 570 de la FIG. 5A. Cabe destacar que la FIG. 8 está destinada solamente a proporcionar una ilustración generalizada de diversos componentes, donde cualquiera o la totalidad de los mismos se pueden utilizar según sea apropiado. Además, los elementos de sistema pueden implementarse de manera relativamente independiente o de una manera relativamente más integrada.

[0060] El sistema informático 800 se muestra comprendiendo elementos de hardware que pueden acoplarse eléctricamente por medio de un bus 805 (o que pueden comunicarse de otro modo, según sea apropiado). Los elementos de hardware pueden incluir uno o más procesadores 810, uno o más dispositivos de entrada 815 y uno o más dispositivos de salida 820. El/los dispositivo(s) de entrada 815 puede(n) incluir, sin limitación, una o más cámaras, una pantalla táctil, un panel táctil, uno o más micrófonos, un teclado, un ratón, uno o más botones, uno o más dispositivos de marcación, uno o más conmutadores y/o similares. Los dispositivos de salida 820 pueden incluir, sin limitación, un dispositivo de visualización, una impresora, diodos emisores de luz (LED), altavoces y/o similares.

[0061] El/los procesador(es) 810 puede(n) incluir, sin limitación, uno o más procesadores de propósito general, uno o más procesadores de propósito especial (tales como chips de procesamiento digital de señales (DSP), procesadores de aceleración de gráficos, circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC) y/o similares), y/u otras estructuras o medios de procesamiento que puedan configurarse para realizar uno o más de los procedimientos descritos en el presente documento.

[0062] El sistema informático 800 también puede incluir un subsistema de comunicaciones por cable 830 y un subsistema de comunicación inalámbrica 833. El subsistema de comunicación por cable 830 y el subsistema de comunicación inalámbrica 833 pueden incluir, sin limitación, un módem, una interfaz de red (inalámbrica, cableada, de ambos tipos u otra combinación de las mismas), un dispositivo de comunicación por infrarrojos, un dispositivo de comunicación inalámbrica y/o un conjunto de chips (tal como un dispositivo Bluetooth™, un dispositivo IEEE 802.11 (por ejemplo, un dispositivo que utiliza una o más de las normas IEEE 802.11 descritas en el presente documento), un dispositivo WiFi, un dispositivo WiMax, componentes de comunicación celular, etc.), y/o similares. Los subcomponentes de la interfaz de red pueden variar, dependiendo del tipo de sistema informático 800. El subsistema de comunicación por cable 830 y el subsistema de comunicación inalámbrica 833 pueden incluir una o más interfaces de comunicación de entrada y/o salida para permitir el intercambio de datos con una red de datos, puntos de acceso inalámbricos, otros sistemas informáticos y/o cualquier otro dispositivo descrito en el presente documento.

[0063] Dependiendo de la funcionalidad deseada, el subsistema de comunicación inalámbrica 833 puede incluir transceptores independientes para comunicarse con estaciones transceptoras base y otros dispositivos inalámbricos y puntos de acceso, que pueden incluir la comunicación con diferentes redes de datos y/o tipos de red, tales como redes inalámbricas de área amplia (WWAN), redes inalámbricas de área local (WLAN) o redes inalámbricas de área personal (WPAN). Una WWAN puede ser, por ejemplo, una red WiMax (IEEE 1002.16). Una WLAN puede ser, por ejemplo, una red IEEE 802.11x. Una WPAN puede ser, por ejemplo, una red Bluetooth, un IEEE 802.15x o algún otro tipo de red. Las técnicas descritas en el presente documento también se pueden usar para cualquier combinación de WWAN, WLAN y/o WPAN.

[0064] El sistema informático 800 de la FIG. 8 puede incluir un reloj 850 en el bus 805, que puede generar una señal para sincronizar los diversos componentes en el bus 805. El reloj 850 puede incluir un oscilador LC, un oscilador de cristal, un oscilador en anillo, un generador de reloj digital, tal como un divisor de reloj o multiplexor de reloj, un bucle de enganche de fase u otro generador de reloj. El reloj puede estar sincronizado (o sustancialmente sincronizado) con los relojes correspondientes en otros dispositivos mientras se realizan las técnicas descritas en el presente documento.

[0065] El sistema informático 800 puede incluir además (y/o puede estar en comunicación con) uno o más dispositivos de almacenamiento no transitorios 825 que pueden comprender, sin limitación, almacenamiento local y/o accesible por red, y/o puede incluir, sin limitación, una unidad de disco, una disposición de unidades, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento de estado sólido, tal como una memoria de acceso aleatorio ("RAM") y/o una memoria de solo lectura ("ROM"), que puede programarse, actualizarse de manera inmediata y/o similares. Dichos dispositivos de almacenamiento pueden estar configurados para implementar cualquier almacenamiento de datos adecuado, incluyendo sin limitación diversos sistemas de archivos, estructuras de bases de datos y/o similares. Por ejemplo, el/los dispositivo(s) de almacenamiento 825 puede(n) incluir una base de datos 827 (u otra estructura de datos) configurada para almacenar señales detectadas, como se describe en los modos de realización del presente documento.

[0066] En muchos modos de realización, el sistema informático 800 puede comprender además una memoria de trabajo 835, que puede incluir un dispositivo RAM o ROM, como se describe anteriormente. Los elementos de software, que actualmente se muestran ubicados dentro de la memoria de trabajo 835, pueden incluir un sistema operativo 840, controladores de dispositivo, librerías ejecutables y/u otro código, tal como uno o más programas de aplicación 845, que pueden comprender programas de software proporcionados por diversos modos de realización y/o que pueden estar diseñados para implementar procedimientos y/o configurar sistemas, proporcionados por otros modos de realización, como los descritos en el presente documento, tal como algunos o todos los procedimientos descritos en relación con la FIG. 7. Meramente a modo de ejemplo, uno o más procedimientos descritos con respecto al procedimiento analizado anteriormente podrían implementarse como código y/o instrucciones ejecutables por un ordenador (y/o un procesador dentro de un ordenador). En un aspecto, dicho código y/o instrucciones se pueden usar para configurar y/o adaptar un ordenador de propósito general (u

otro dispositivo) para realizar una o más operaciones de acuerdo con los procedimientos descritos.

[0067] Un conjunto de estas instrucciones y/o código puede almacenarse en un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador, tal como el/los dispositivo(s) de almacenamiento no transitorio(s) 825 descrito(s) anteriormente. En algunos casos, el medio de almacenamiento puede estar incorporado dentro de un sistema informático, tal como el sistema informático 800. En otros modos de realización, el medio de almacenamiento puede estar separado de un sistema informático (por ejemplo, un medio extraíble, tal como una unidad flash) y/o proporcionarse en un paquete de instalación, de manera que el medio de almacenamiento puede usarse para programar, configurar y/o adaptar un ordenador de propósito general con las instrucciones/código almacenados en el mismo. Estas instrucciones pueden adoptar la forma de un código ejecutable, que puede ejecutarse por el sistema informático 800, y/o pueden adoptar la forma de un código fuente y/o instalable que, tras su compilación y/o instalación en el sistema informático 800 (por ejemplo, usando cualquiera de una variedad de compiladores, programas de instalación, herramientas de compresión/descompresión, etc. generalmente disponibles), adopta la forma de un código ejecutable.

[0068] Resultará evidente para los expertos en la técnica que pueden realizarse variaciones sustanciales de acuerdo con requisitos específicos. Por ejemplo, también se podría usar hardware personalizado y/o se podrían implementar elementos particulares en hardware, software (incluido software portátil, tal como *applets*, etc.) o en ambos. Además, se puede emplear una conexión a otros dispositivos informáticos, tales como dispositivos de entrada/salida de red.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (500), que comprende:

- 5 un dispositivo de conformación de haz (540; 589; 590) que comprende una característica (544; 596, 598) configurada para afectar a al menos una porción de un haz de luz al ser iluminada por el haz de luz;
- 10 en el que el dispositivo de conformación de haz (540; 589; 590) comprende una lente (542; 592; 610; 620; 630); y
- 15 donde la característica (542; 596, 598) comprende al menos una de entre una línea, una muesca o una partícula formada en una superficie de la lente (542; 592; 610; 620; 630) o dentro de la lente (542; 592; 610; 620; 630);
- 20 un dispositivo de dirección de haz (520, 530, 532) configurado para dirigir el haz de luz en el dispositivo de conformación de haz (540; 589; 590) en diferentes posiciones, donde las diferentes posiciones comprenden una ubicación de la característica (542; 596, 598);
- 25 un detector óptico (550) configurado para generar una señal de detección de característica (552) en respuesta a la detección de al menos la porción del haz de luz afectada por la característica (542; 596, 598) que ha sido iluminada por el haz de luz; y
- un procesador (570) configurado para determinar una posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz (540; 589; 590) en un momento en base a, al menos en parte, la señal de detección de característica (552).

2. El sistema (500) de la reivindicación 1,

- 30 en el que el haz de luz comprende un haz de láser; y
- en el que el dispositivo de conformación de haz (540; 589; 590) está configurado para iluminar un punto en un objetivo con el haz de láser.

3. El sistema (500) de la reivindicación 1,

- 35 en el que el dispositivo de conformación de haz (540; 589; 590) comprende una pluralidad de lentes (542; 592; 610; 620; 630); y
- 40 en el que la característica (544; 596, 598) comprende un revestimiento reflectante en un área en un límite de dos lentes en la pluralidad de lentes.

4. El sistema (500) de la reivindicación 3, en el que la pluralidad de lentes (542; 592; 610; 620; 630) está dispuesta en una de entre una matriz unidimensional, una matriz bidimensional y una matriz tridimensional.

5. El sistema (500) de la reivindicación 1, en el que la característica (544; 596, 598) está configurada para afectar a al menos la porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz, provocando al menos uno de:

- 50 i) un cambio detectable en la reflexión de al menos la porción del haz de luz,
- ii) un cambio detectable en la transmisión de al menos la porción del haz de luz,
- iii) un cambio detectable en la absorción de al menos la porción del haz de luz, o
- 55 iv) una combinación detectable de los mismos.

6. El sistema (500) de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de dirección de haz (520, 530, 532) comprende una fibra óptica (530, 532) configurada para guiar el haz de luz y vibrar tras la estimulación, de modo que el haz de luz es dirigido hacia el dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones cuando la fibra óptica vibra.

7. El sistema (500) de la reivindicación 6, en el que la fibra óptica (530, 532) comprende una porción en voladizo (532) que tiene un extremo flotante.

8. El sistema (500) de la reivindicación 6, en el que el dispositivo de dirección de haz (520, 530, 532) comprende un actuador (520) configurado para estimular la fibra óptica de modo que la vibración de la fibra óptica (530,

532) da como resultado un patrón de escaneo predeterminado del haz de luz.

9. El sistema (500) de la reivindicación 8, en el que el actuador (520) comprende uno de entre un tubo piezoeléctrico, un actuador de sistema microelectromecánico (MEMS), un actuador electromagnético y un actuador acústico.

10. El sistema (500) de la reivindicación 1, que comprende además:

un láser de fibra pulsado (510) configurado para generar el haz de luz.

11. Un procedimiento (700) para su uso en la detección de la posición de un haz de luz, comprendiendo el procedimiento:

controlar (710) un dispositivo de dirección de haz para dirigir el haz de luz en un dispositivo de conformación de haz en diferentes posiciones,

en el que el dispositivo de conformación de haz comprende una característica configurada para afectar a al menos a una porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz;

en el que el dispositivo de conformación de haz comprende una lente;

en el que la característica comprende al menos una de entre una línea, una muesca o una partícula formada en una superficie de la lente o dentro de la lente; y

en el que las diferentes posiciones comprenden una ubicación de la característica;

generar (720) una señal de detección en respuesta a detectar al menos la porción del haz de luz afectada por la característica que ha sido iluminada por el haz de luz; y

determinar (730) la posición del haz de luz en el dispositivo de conformación de haz en un momento en base a, al menos en parte, la señal de detección.

12. El procedimiento (700) de la reivindicación 11,

en el que el haz de luz comprende un haz de láser; y

en el que el dispositivo de conformación de haz está configurado para iluminar un punto en un objetivo con el haz de láser.

13. El procedimiento (700) de la reivindicación 11, en el que la característica está configurada para afectar a al menos la porción del haz de luz al ser iluminada por el haz de luz, provocando al menos uno de:

i) un cambio detectable en la reflexión de al menos la porción del haz de luz,

ii) un cambio detectable en la transmisión de al menos la porción del haz de luz,

iii) un cambio detectable en la absorción de al menos la porción del haz de luz, o

iv) una combinación detectable de los mismos.

14. El procedimiento (700) de la reivindicación 11,

en el que el dispositivo de conformación de haz comprende una pluralidad de lentes; y

en el que la característica comprende un revestimiento reflectante en un área en un límite de dos lentes en la pluralidad de lentes.

15. Un medio de almacenamiento no transitorio legible por ordenador que incluye instrucciones legibles por máquina almacenadas en el mismo, donde las instrucciones, cuando son ejecutadas por uno o más procesadores, hacen que el dispositivo de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10 provoque que el uno o más procesadores realicen el procedimiento (700) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14.

100

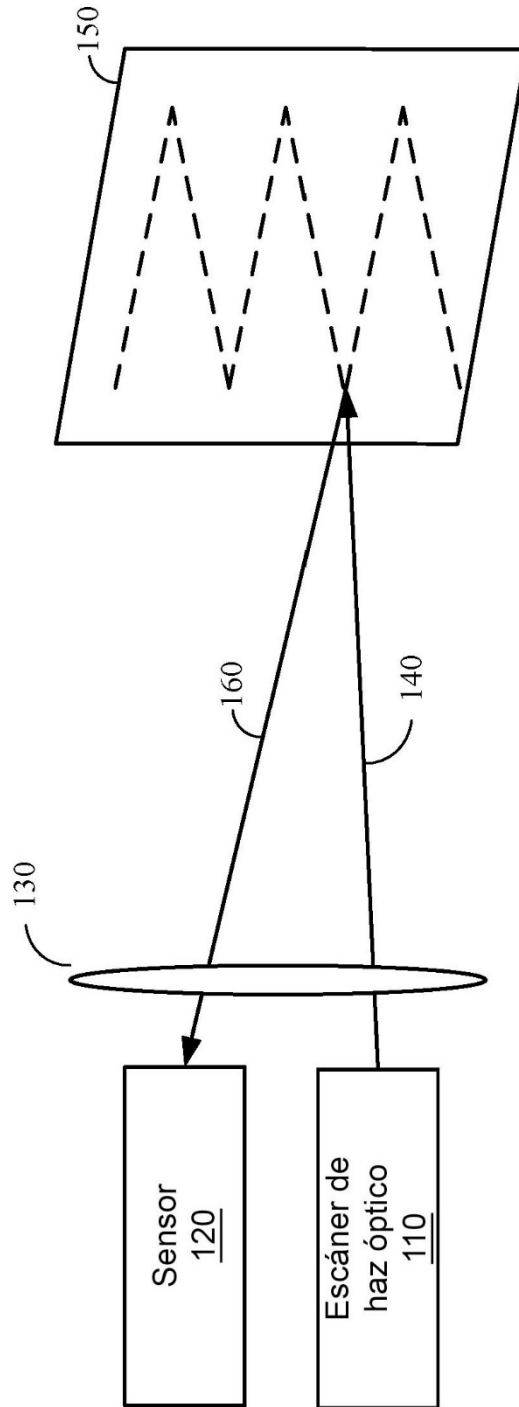


FIG. 1

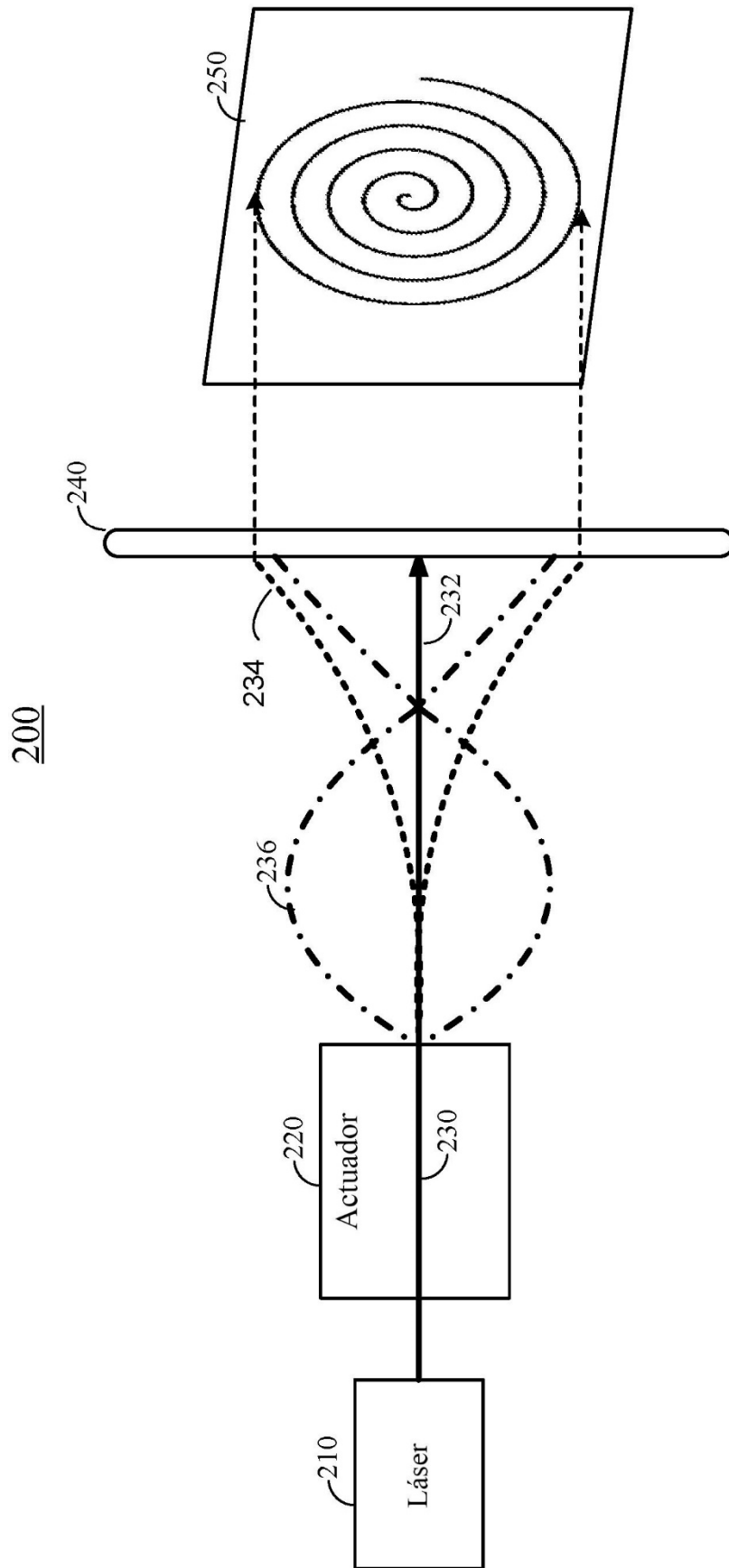


FIG. 2

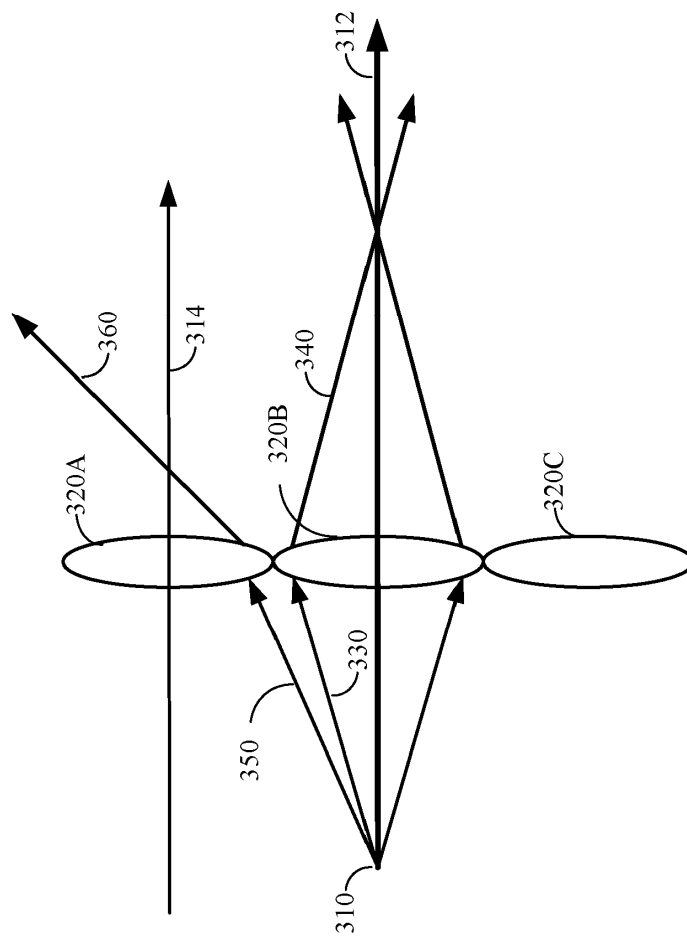
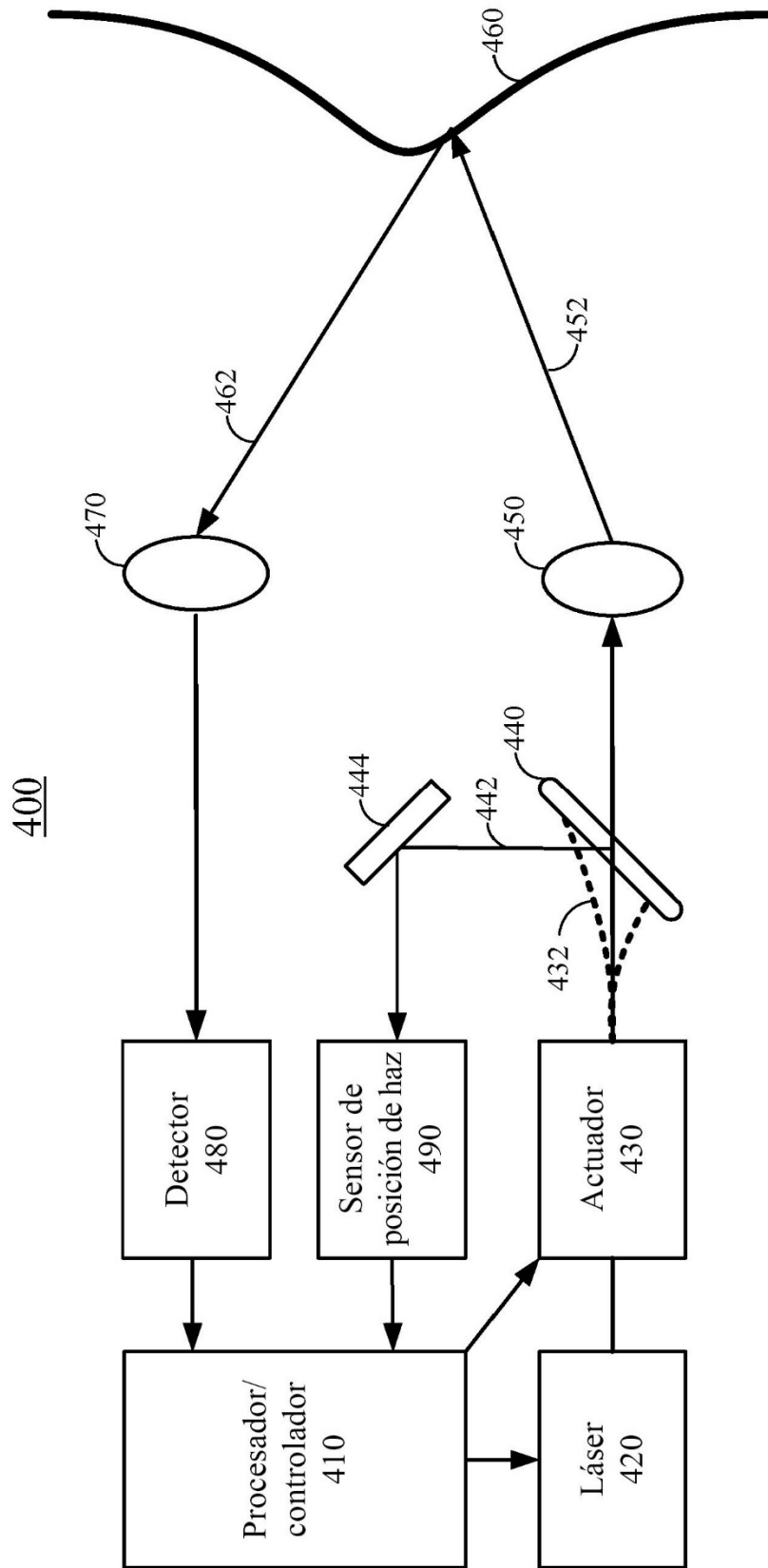


FIG. 3



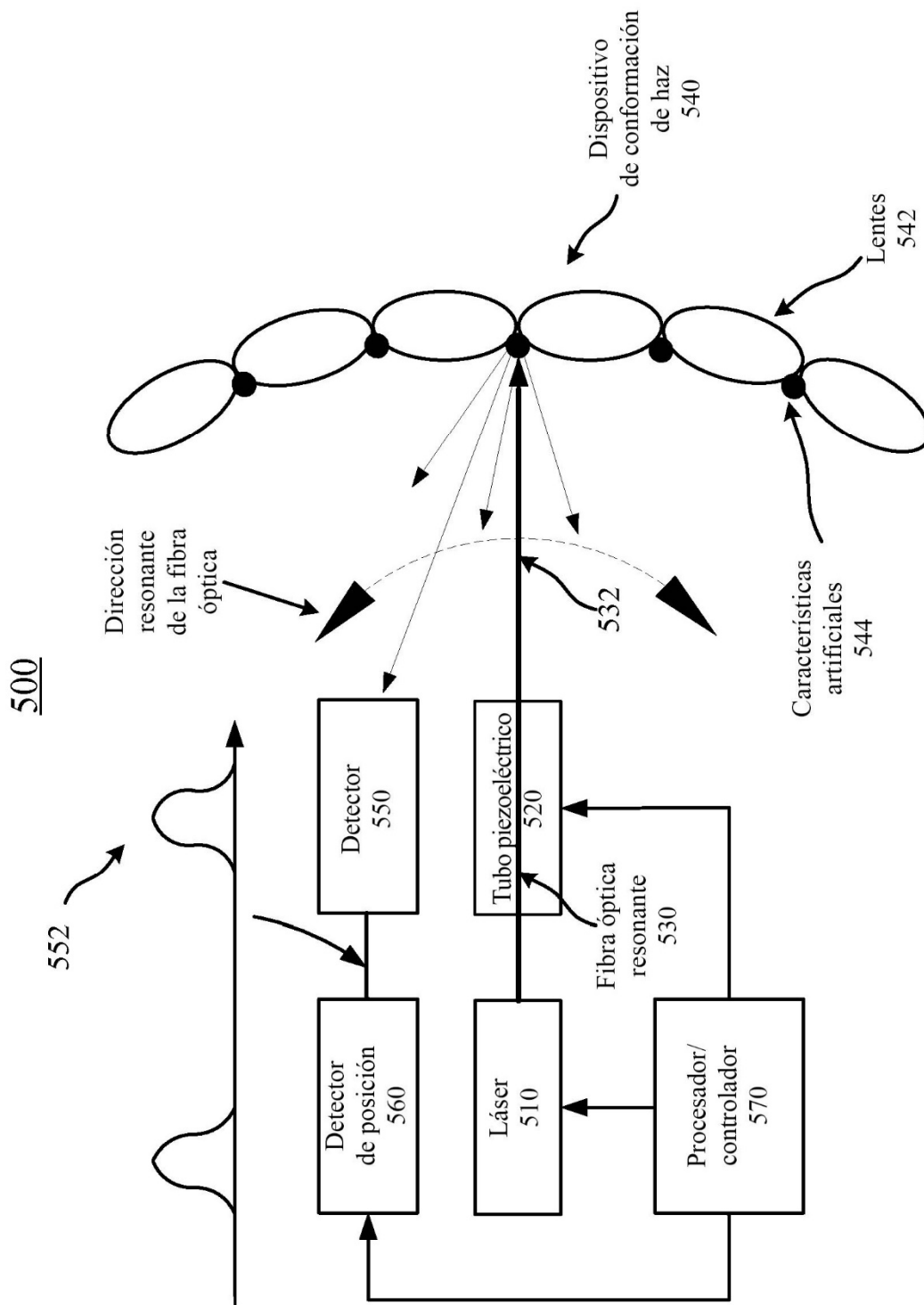


FIG. 5A

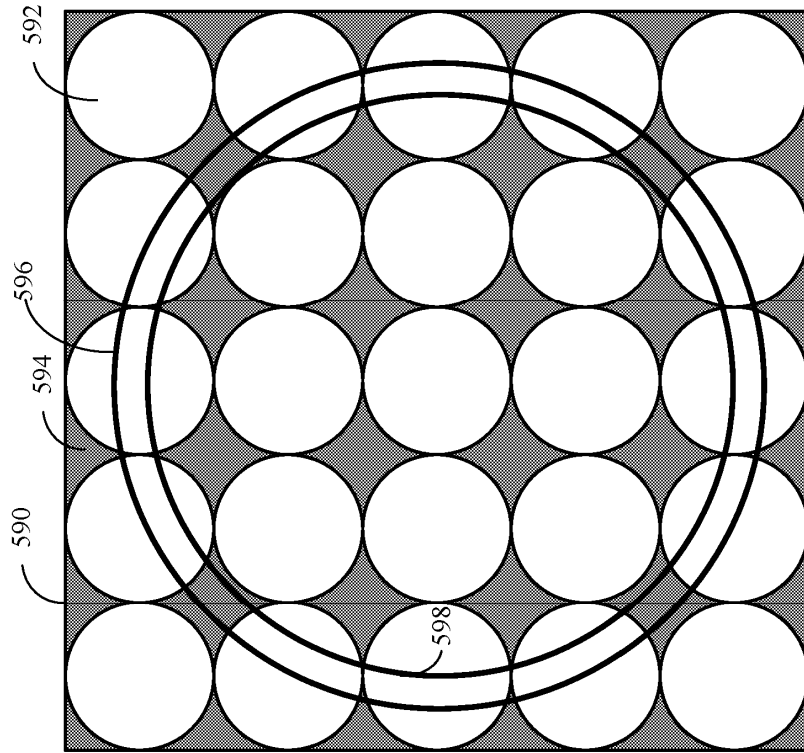


FIG. 5C

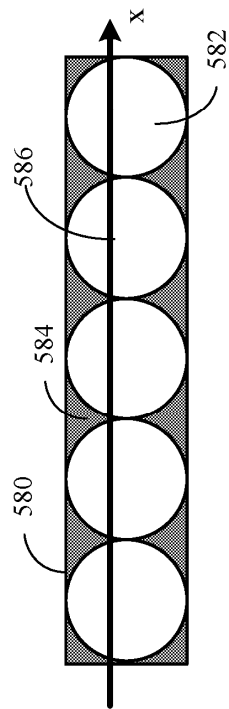


FIG. 5B

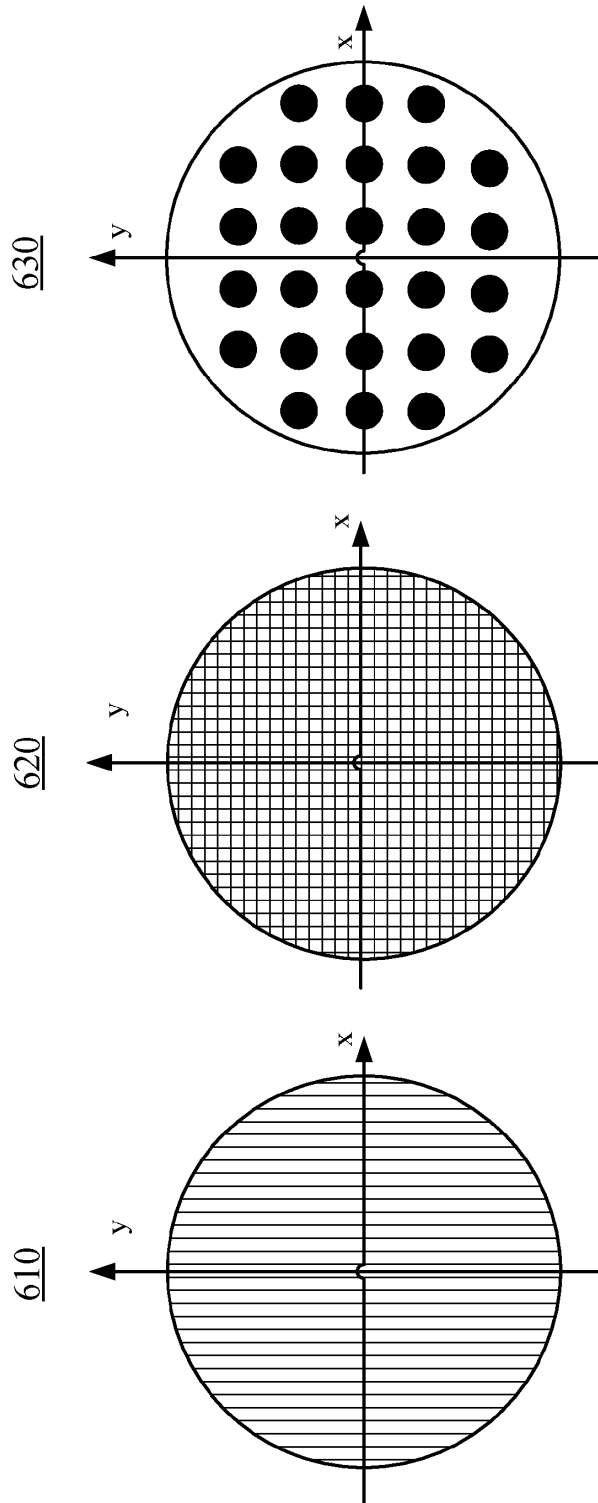


FIG. 6A

FIG. 6B

FIG. 6C

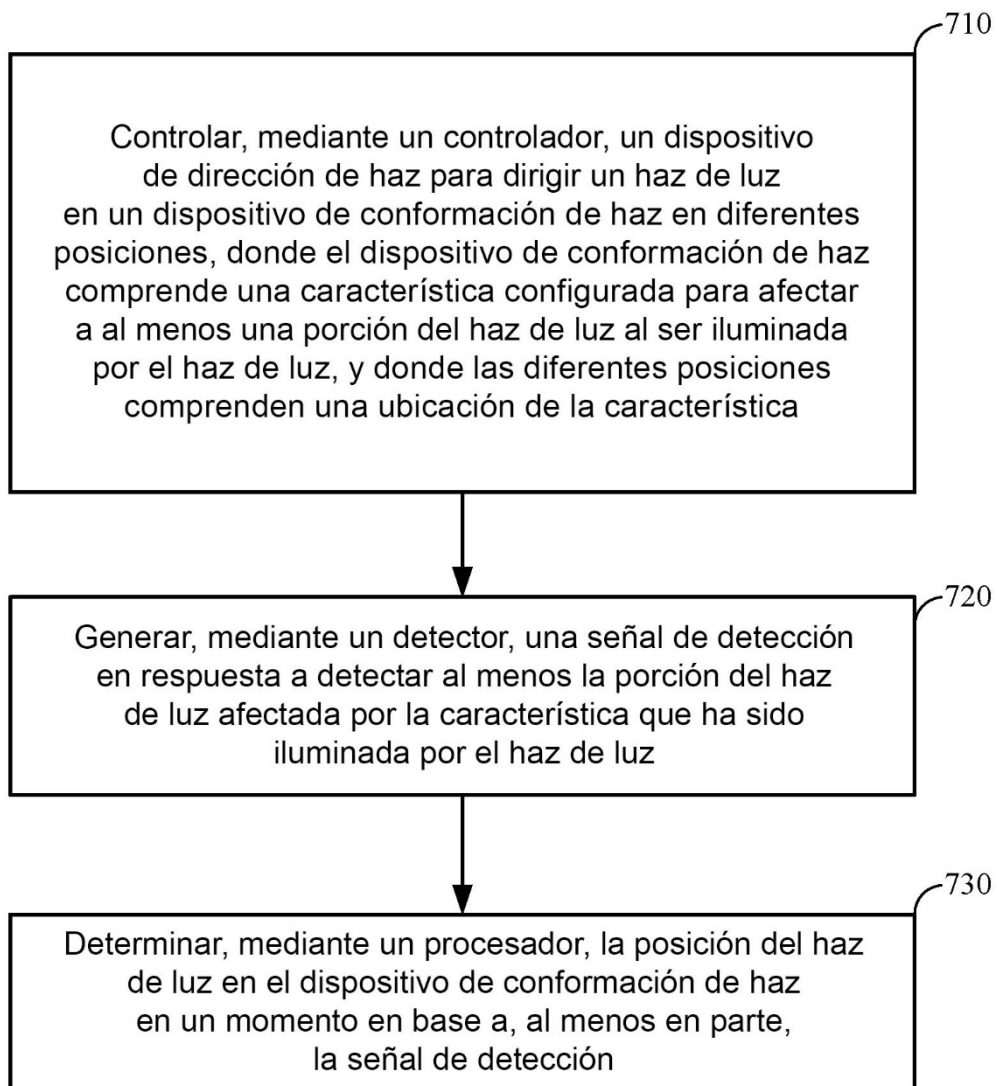
700

FIG. 7

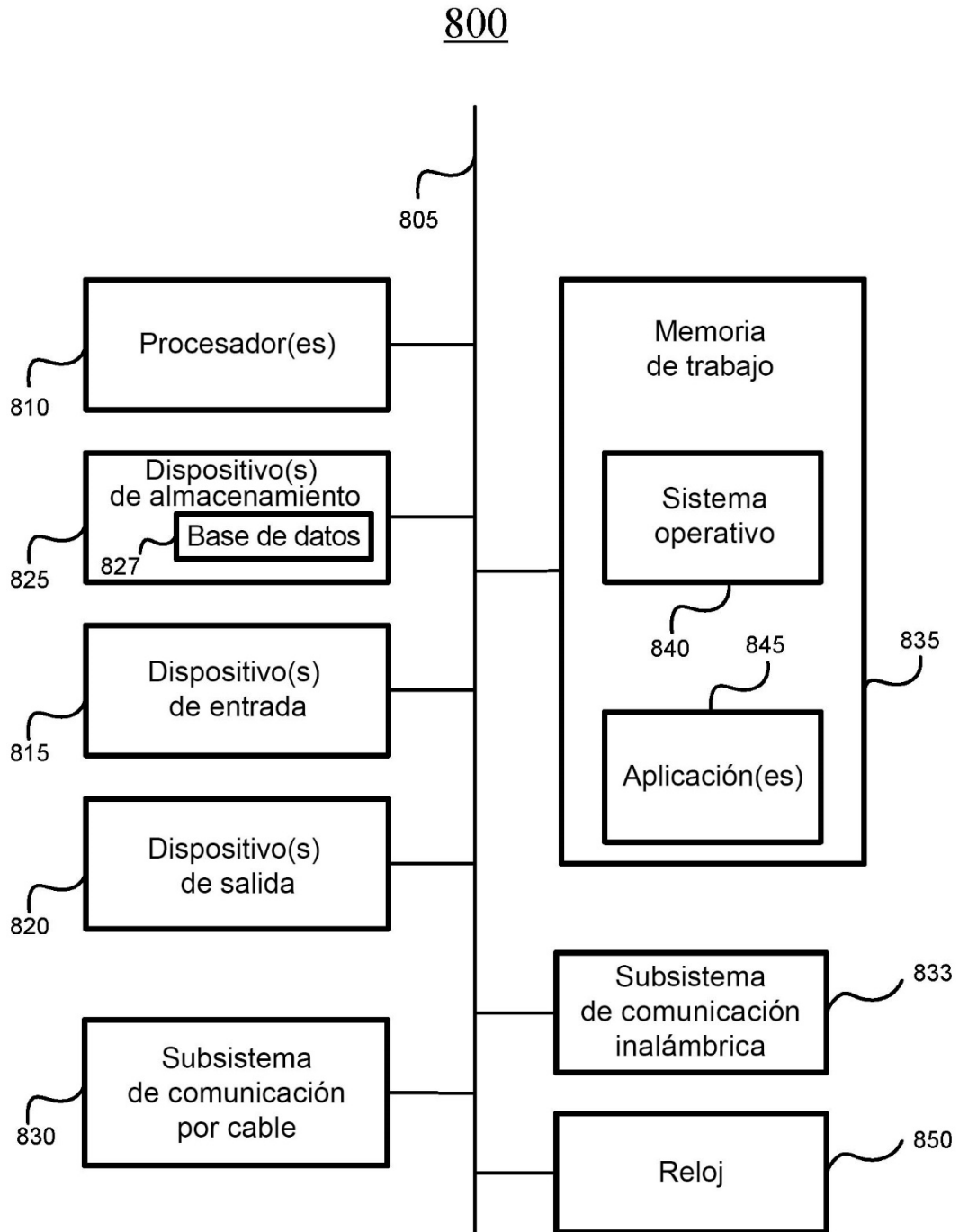


FIG. 8