

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 753 134**

51 Int. Cl.:

G02B 26/10 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2012 PCT/US2012/070629**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2013 WO13096454**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2012 E 12859167 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2800945**

54 Título: **Detector sin contacto con punto láser mejorado**

30 Prioridad:

19.12.2011 US 201113329871

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

07.04.2020

73 Titular/es:

**PERCEPTRON, INC. (100.0%)
47827 Halyard Drive
Plymouth, MI 48170, US**

72 Inventor/es:

**SHAW, WILLIAM E. y
CROWTHER, DAVID**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 753 134 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

Detector sin contacto con punto láser mejorado

Campo

5 La presente descripción se refiere a sistemas de proyección láser y un método para detectar un contorno de luz estructurada usando un sistema micro electromecánico (MEMS) u otros espejos móviles y múltiples componentes de lente o espejo para coordinar mediciones de un objeto dentro de un volumen escaneado.

Antecedentes

10 Se conocen sistemas que determinan las dimensiones superficiales de un contorno de una superficie de un objeto midiendo un haz de luz reflejado en comparación con un haz de luz inicial o proyectado usando luz visible o infrarroja. Dichos sistemas pueden incluir uno o más espejos para dirigir la luz proyectada y para reflejar la luz incidente a un dispositivo de recepción.

15 El espacio requerido para combinar los componentes necesarios en un sistema, tal como un cabezal de detector, puede ser con frecuencia demasiado grande para obtener un tamaño de haz deseado sin inducir problemas de foco de haz y, por lo tanto, un mapeado superficial defectuoso. La reducción del espacio para los componentes ópticos resulta problemática debido a la dificultad de controlar la anchura del haz y minimizar al mismo tiempo la distorsión. La capacidad de enfocar los componentes ópticos también puede ser problemática en casos en que las limitaciones de espacio no permiten inclinar los espejos una cantidad angular deseada.

20 El documento US 2006/0269896 A1 describe un sistema de escaneado que incluye un dispositivo de escaneado portátil para capturar información tridimensional de un objeto. El sistema de escáner incluye un transmisor-receptor de alta velocidad que tiene una fuente de luz láser de alta velocidad, un espejo de escaneado oscilante MEMS de alta frecuencia y software para registro de imágenes. Se usa una técnica de búsqueda de intervalo basada en láser para mapear el objeto escaneado. El MEMS que oscila a alta velocidad permite un escaneado rápido y preciso de un objeto.

25 El documento US 2009/0195790 A1 se refiere a un aparato para medir las coordenadas de un punto en la superficie de un objeto, comprendiendo el aparato un sistema de proyección para proyectar un haz de energía en la superficie del objeto, un sistema de recepción para recibir energía de haz reflejada de la superficie correspondiente y un detector para detectar la energía recibida. El sistema de proyección comprende un extensor de haces para extender la anchura del haz y un dispositivo de enfoque para enfocar el haz proyectado. La posición de la energía de haz reflejada en el detector permite obtener una medida del intervalo del punto en la superficie correspondiente usando triangulación y la dirección del haz proyectado permite obtener las coordenadas x e y.

Compendio

35 Según diversos aspectos, un sistema de detección para adquirir información tridimensional incluye una fuente de luz láser que genera un haz láser. Una fibra recibe el haz láser y crea un haz óptico con una distribución gaussiana con una forma circular. Un espejo móvil recibe el haz óptico. El espejo móvil se ajusta angularmente para realizar un escaneado con el haz óptico en un área de iluminación y está definido además como un sistema micro electromecánico. Un paquete de lentes dispuesto entre la fuente de luz láser y el espejo móvil recibe el haz óptico de la fibra y dimensiona el haz óptico para no ocupar totalmente una superficie óptica del espejo móvil. Un dispositivo de visualización recibe datos de imagen del área de iluminación del haz óptico que retorna del área de iluminación.

40 Un módulo de control en comunicación de datos con el dispositivo de visualización funciona para determinar datos de posición de un objeto a partir de los datos de imagen y reportar los datos de posición en un sistema de coordenadas. El paquete de lentes incluye, en secuencia: una lente de colimación que funciona para transformar el haz óptico en un haz óptico colimado; y un reductor de haces que recibe el haz óptico colimado de la lente de colimación y funciona para reducir un diámetro del haz óptico colimado para no ocupar totalmente la superficie óptica del espejo móvil. El reductor de haces puede incluir: una primera lente que recibe el haz óptico colimado de la lente de colimación; y una segunda lente que recibe el haz óptico colimado de la primera lente. Una separación entre la primera y segunda lentes puede ser ajustable para cambiar el diámetro del haz óptico colimado. Al menos una de la primera y segunda lentes puede definir un doblete acromático. La fuente de luz láser puede estar acoplada a una fibra que tiene una salida dispuesta en un foco de la lente de colimación. El sistema de detección sin contacto para adquirir información tridimensional puede incluir además un dispositivo de movimiento que funciona para cambiar un ángulo de una cara del espejo móvil medido con respecto a una trayectoria de orientación de entrada del haz óptico.

45 El dispositivo de movimiento puede funcionar para cambiar el ángulo de la cara del espejo móvil dentro de un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 6 grados. El sistema de detección sin contacto para adquirir información tridimensional puede incluir además un espejo secundario (fold mirror) orientado para redirigir el haz óptico recibido del espejo móvil ortogonalmente con respecto a la trayectoria de orientación del haz óptico recibido en el espejo móvil y mantener una forma redonda del haz óptico. El sistema de detección sin contacto para adquirir información tridimensional incluye además una lente de divergencia que recibe el haz óptico del espejo móvil y aumenta un ángulo de escaneado del haz óptico, siendo una posición de la lente de divergencia ajustable para cambiar el área de iluminación a efectos de conseguir un volumen de medición escaneado deseado. Es posible

seleccionar una longitud focal de la lente de divergencia para aumentar o disminuir el área de iluminación a efectos de cambiar un volumen de medición escaneado. El paquete de lentes puede incluir al menos una lente que define un doblete acromático. El dispositivo de visualización puede comprender una cámara CCD.

5 Según ejemplos no reivindicados, un sistema de detección sin contacto para adquirir información tridimensional incluye una fuente de luz láser que genera un haz láser con forma elíptica. Una fibra de salida recibe el haz láser y crea un haz óptico con una distribución gaussiana. Un espejo móvil recibe el haz óptico y se ajusta angularmente para realizar un escaneado con el haz óptico en un área de iluminación. Un paquete de lentes dispuesto entre la fuente de luz láser y el espejo móvil recibe el haz óptico de la fibra de salida y enfoca el haz óptico para no ocupar totalmente una superficie óptica del espejo móvil. Un espejo secundario fijo recibe el haz óptico del espejo móvil. El espejo secundario y el espejo móvil redirigen conjuntamente el haz óptico ortogonalmente con respecto a una orientación del haz óptico generado mediante la fuente de luz láser. Un dispositivo de visualización tiene un campo de visión que interseca con el área de iluminación, recibiendo de este modo datos de imagen del haz óptico reflejado del área de iluminación. Un módulo de control está en comunicación de datos con el dispositivo de visualización, funcionando para determinar una posición de un objeto en el campo de visión del dispositivo de visualización a partir de los datos de imagen y reportar datos de posición del objeto a un sistema de coordenadas. El espejo móvil puede ajustarse angularmente hasta un ángulo máximo α de 20 grados con respecto al haz óptico. Es posible determinar una orientación angular β del espejo secundario mediante la función $\beta = 45^\circ - \alpha$. El ángulo α puede tener un intervalo angular de aproximadamente 5 grados al máximo de 20 grados con respecto al haz óptico. Un tren óptico puede incluir la fuente de luz láser, el paquete de lentes, el espejo móvil y el espejo secundario, teniendo el tren óptico una longitud minimizada reorientando el haz óptico ortogonalmente con respecto a una orientación del haz óptico. La longitud del tren óptico puede ser aproximadamente 62 mm. El espejo secundario puede estar dispuesto entre el espejo móvil y el paquete de lentes y desplazado con respecto al haz óptico. En el espejo móvil es posible reducir el diámetro de sección del haz óptico $\leq 0,5$ mm mediante el paquete de lentes.

25 Según otros aspectos, un sistema de detección sin contacto para adquirir información tridimensional incluye, además de las características de la reivindicación 1, un diodo que define una fuente de luz que funciona para emitir un haz láser. Una fibra de salida que recibe el haz láser crea un haz óptico con una distribución gaussiana. Un paquete de lentes recibe y enfoca el haz óptico. El paquete de lentes incluye, en secuencia: una lente de colimación; y primeras y segundas lentes que definen un reductor de haces. Un espejo móvil recibe el haz óptico del paquete de lentes colimado mediante la lente de colimación y con un diámetro reducido mediante la primera y segunda lentes para no ocupar totalmente (presentar un área inferior a) un área superficial del espejo móvil.

Un espejo secundario fijo recibe el haz óptico del espejo móvil. El espejo móvil y el espejo secundario funcionan para realizar un escaneado con el haz óptico en un área de iluminación. Un dispositivo de visualización tiene un campo de visión que interseca con el área de iluminación, recibiendo de este modo datos de imagen del haz óptico reflejado desde el área de iluminación. Un módulo de control en comunicación de datos con el dispositivo de visualización recibe una posición de un objeto en el campo de visión del dispositivo de visualización a partir de los datos de imagen y reporta datos de posición del objeto a un sistema de coordenadas. El sistema de detección sin contacto para adquirir información tridimensional puede incluir además un sistema de procesamiento de imágenes en comunicación con el módulo de control que funciona para transformar los datos de imagen en un sistema de coordenadas. El espejo móvil y el espejo secundario pueden ajustarse angularmente conjuntamente para orientar ortogonalmente el haz óptico con respecto a una orientación del haz óptico emitido mediante el láser acoplado a fibra.

Según otros aspectos adicionales, se da a conocer un método para adquirir información tridimensional usando un sistema de detección sin contacto, incluyendo el sistema de detección sin contacto un láser acoplado a fibra, un paquete de lentes que incluye una lente de colimación y primeras y segundas lentes que definen un reductor de haces, un espejo móvil, un espejo secundario, un dispositivo de visualización y un módulo de control. El método incluye: generar un haz óptico con una distribución gaussiana que tiene una forma circular usando el láser acoplado a fibra; recibir y enfocar el haz óptico usando el paquete de lentes cambiando una separación entre la primera y segunda lentes, reduciendo de este modo un diámetro del haz óptico para su correspondencia con un área superficial del espejo móvil; dirigir el haz óptico usando el espejo móvil hacia el espejo secundario; ajustar angularmente el espejo móvil para reflejar el haz óptico desde el espejo secundario a efectos de realizar un escaneado con el haz óptico en un área de iluminación; hacer funcionar el dispositivo de visualización para recibir datos de imagen del haz óptico reflejado desde el área de iluminación; y determinar una posición de un objeto en el campo de visión del dispositivo de visualización a partir de los datos de imagen usando el módulo de control. El haz óptico se transforma en un haz óptico colimado mediante una lente de colimación del paquete de lentes y el haz óptico colimado es recibido por el reductor de haces. El haz óptico del espejo secundario es recibido por una lente de divergencia para aumentar un ángulo de escaneado del haz óptico. El método puede incluir además reportar datos de posición del objeto a un sistema de coordenadas. Además, el método puede incluir dirigir el haz óptico usando el espejo móvil y el espejo secundario ortogonalmente con respecto a una orientación del haz óptico generado mediante el láser acoplado a fibra. El método también puede incluir disponer el espejo secundario aproximadamente entre el espejo móvil y el paquete de lentes para reducir la longitud del tren óptico, que incluye el paquete de lentes, el espejo móvil y el espejo secundario.

Esta sección comprende un resumen general de la descripción, y no es una descripción exhaustiva de la totalidad de su alcance o de la totalidad de sus características.

5 Otras áreas de aplicación resultarán evidentes a partir de la descripción de la presente memoria. La descripción y los ejemplos específicos de este resumen son únicamente ilustrativos y no se pretende que limiten el alcance de la presente descripción, definido por las reivindicaciones.

Dibujos

La Figura 1 es un diagrama de un detector sin contacto de la presente descripción;

la Figura 2 es un diagrama del área 2 de la Figura 1;

10 la Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema de detector sin contacto con un módulo de control y una unidad de procesamiento de imágenes, también mostrados;

la Figura 4 es una vista en perspectiva izquierda frontal de un sistema de detector múltiple para un uso ilustrativo en una estación de medición de vehículos automóviles;

la Figura 5 es una vista en perspectiva derecha frontal de un vehículo y un sistema robótico que utiliza dos detectores sin contacto de la presente descripción; y

15 la Figura 6 es una vista en alzado frontal de una distribución gaussiana del haz de luz emitido mediante el detector en la superficie de un objeto.

Los dibujos descritos en la presente memoria son únicamente ilustrativos de realizaciones seleccionadas y no de todas las posibles implementaciones, y no se pretende que limiten el alcance de la presente descripción.

20 Los números de referencia correspondientes indican partes correspondientes en todas las diversas vistas de los dibujos.

Descripción detallada

A continuación se describirán realizaciones ilustrativas de forma más detallada, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan.

25 Haciendo referencia a la Figura 1, un sistema 10 de detector para adquirir información de contorno tridimensional incluye un cabezal 12 de detector que contiene cinco componentes ópticos. Los mismos incluyen un paquete 13 de lentes que tiene una lente 14 de colimación y una primera y segunda lentes 16, 18 de reductor de haces que definen conjuntamente un reductor 19 de haces. Los componentes ópticos también incluyen un espejo 20 móvil de precisión, tal como un espejo de sistema micro electromecánico (MEMS), un espejo de accionamiento electrostático, un espejo accionado piezo-eléctricamente o un espejo orientable angularmente. Finalmente, los componentes ópticos incluyen un espejo secundario 22 de posición fija, tal como un espejo secundario, y una lente 24 de divergencia. Estos cinco componentes ópticos condicionan y realizan un escaneado con un haz óptico 26 con una distribución gaussiana generado y recibido mediante una fuente 28 de luz, tal como un láser acoplado a fibra que funciona en combinación con un dispositivo 30 de visualización para obtener mediciones de coordenadas tridimensionales de un objeto 32 dentro de un área de iluminación específica que define un área escaneada 34. El área superficial total y cualquier objeto o irregularidad del área escaneada 34 definen un volumen escaneado de haz óptico. Según diversas realizaciones, el dispositivo 30 de visualización es una cámara CCD. El sistema 10 de detector actúa como un sistema "sin contacto" por el hecho de que el cabezal 12 de detector permanece separado del objeto 32 y, por lo tanto, no contacta físicamente ni directamente con el mismo, a efectos de adquirir las mediciones de coordenadas tridimensionales. El espejo 20 "móvil" de precisión puede moverse mediante un giro o desplazamiento angular de modo que la orientación de la superficie reflectante del espejo 20 móvil de precisión puede ser ajustada o dirigida.

40 La lente 14 de colimación elimina la divergencia inherente en el haz óptico 26 generado mediante la fuente 28 de luz láser acoplado a fibra. La fuente 28 de luz láser acoplado a fibra incluye un diodo 35 que crea un haz láser con forma elíptica. El diodo 35 está acoplado ópticamente a una fibra óptica, tal como una fibra 36 de salida que recoge la energía del haz láser con forma elíptica y suministra una luz o punto gaussiano circular que define un haz 26 óptico con una distribución gaussiana que es dirigido y controlado a continuación mediante los componentes ópticos del cabezal 12 de detector. La fibra 36 de salida emite un haz óptico 26 en un foco 38 de la lente 14 de colimación que colima el haz óptico 26 para su emisión como un haz colimado 40 con un diámetro "A" de aproximadamente 1,0 a 1,5 milímetros. El haz colimado 40 es reenfocado a continuación mediante el reductor 19 de haces para limitar el tamaño del haz y mantener el haz colimado 40 en un estado colimado para quedar totalmente comprendido en la superficie del espejo 20 móvil de precisión, teniendo al mismo tiempo un tamaño controlado dentro de la totalidad del volumen escaneado definido por la intersección del campo de visión del dispositivo 30 de visualización y el área escaneada 34 del haz óptico.

50 La presente descripción contempla múltiples cabezales 12 de detector con diferentes tamaños que pueden variar dependiendo del espacio disponible y la distancia al área 34 escaneada de medición. Este criterio requiere usar

lentes con una longitud focal corta y, por lo tanto, con un campo de visión amplio. A efectos de retener los componentes del cabezal 12 de detector dentro de las limitaciones del recinto de los múltiples cabezales 12 de detector con diferentes tamaños el tren 42 óptico general se mantiene lo más pequeño posible. El tren óptico 42 incluye una lente 14 de colimación, una primera y segunda lentes 16, 18 de reductor de haces, un espejo 20 móvil de precisión y un espejo secundario 22. Para mantener el enfoque del haz óptico 26 se usa un doblete acromático 44 de dos lentes unidas fijamente para crear lentes individuales del reductor 19 de haces. Según diversas realizaciones, se usa un doblete acromático para la primera lente 16 del reductor de haces. Según diversas realizaciones, la segunda lente 18 del reductor de haces es una lente simple (singlet). El uso de dobletes acromáticos minimiza la aberración esférica que puede crear defectos ópticos, provocando un diámetro de haz más grande y degradando las características gaussianas del haz óptico 26 a cierta distancia.

La primera y segunda lentes 16, 18 del reductor de haces reciben el haz colimado 40 de la lente 14 de colimación y dimensionan el haz colimado 40 hasta un haz 46 de salida de diámetro reducido con un diámetro reducido "B" que es más pequeño que el diámetro "A", de modo que no ocupará totalmente una superficie óptica 48 del espejo 20 móvil de precisión. Es deseable mantener el diámetro reducido "B" del haz 46 de salida de diámetro reducido más pequeño que un área superficial "Z" del espejo 20 móvil de precisión para no ocupar totalmente (para presentar un área más pequeña que) el área superficial "Z" del espejo 20 móvil de precisión y minimizar de este modo la dispersión de luz desde la estructura 50 de soporte móvil circundante. La luz dispersada desde la estructura 50 de soporte puede provocar potencialmente mediciones de detector falsas o erróneas. Según las diversas realizaciones, un valor máximo de diámetro reducido "B" en el espejo 20 móvil de precisión es 0,5 mm.

Del mismo modo que sucede en la lente 14 de colimación, el haz 46 de salida de diámetro reducido sale de la primera y segunda lentes 16, 18 del reductor de haces en un estado colimado o casi colimado para minimizar la velocidad a la que el diámetro reducido "B" del haz 46 de salida de diámetro reducido puede crecer posteriormente con la distancia en alejamiento con respecto a la segunda lente 18 del reductor de haces. Una pequeña cantidad de convergencia en el haz 46 de salida de diámetro reducido después de la primera y segunda lentes 16, 18 del reductor de haces también resulta deseable para minimizar adicionalmente el crecimiento diametral del haz 46 de salida de diámetro reducido con la distancia. Los cambios en una separación "C" entre la primera y segunda lentes 16, 18 del reductor de haces se llevan a cabo mediante un ajuste manual durante el montaje del cabezal 12 de detector, y luego la separación "C" se fija. El ajuste de la separación "C" durante el montaje permite ajustar la posición de la sección 52 de un haz y fijarla a continuación durante el montaje, a efectos de optimizar el rendimiento de un sistema 10 de detector. La sección 52 del haz define un diámetro más estrecho del haz 46 de salida de diámetro reducido en correspondencia con un área más pequeña que un área superficial de la superficie óptica 48. Tal como se ha mencionado anteriormente, según diversas realizaciones, el diámetro 52 de sección del haz es $\leq 0,5$ mm. El control del diámetro en la sección 52 del haz para que sea $\leq 0,5$ mm permite obtener un tamaño "D" de punto de haz promedio que oscila aproximadamente de 1,0 mm a 1,5 mm en cualquier posición en el área escaneada 34 correspondiente.

Conjuntamente con la lente 14 de colimación, las limitaciones de espacio de los cabezales 12 de detector incluyen el uso de lentes de longitud focal corta. Tal como se ha mencionado anteriormente, es posible usar dobletes acromáticos para minimizar la aberración esférica y mantener las características de haz necesarias para unas mediciones precisas. En los sistemas 10 de detector en donde el espacio no es un factor principal de diseño, también es posible sustituir lentes simples de longitud focal más larga (no mostradas) por lentes 44 de doblete acromático en la primera lente 16 del reductor de haces.

Haciendo referencia a la Figura 2 y nuevamente a la Figura 1, el espejo 20 móvil de precisión permite obtener dos ejes "E", "F" de escaneado angular ortogonales (el eje "F" de escaneado está dirigido hacia el observador y en alejamiento con respecto al mismo, tal como se observa en la Figura 2) que barren el haz 46 de salida de diámetro reducido a través del área 34 escaneada de medición de detector. El movimiento de "precisión" del espejo 20 móvil de precisión se define por la capacidad de controlar el movimiento del espejo usando una frecuencia de escaneado definida en un intervalo definido de giro o movimiento. Según diversas realizaciones, se usa una frecuencia de escaneado de espejo móvil de aproximadamente 1 a 3 kHz en un intervalo angular de aproximadamente 6 grados. En funcionamiento, el espejo 20 móvil de precisión se trata como un espejo casi plano que pivota alrededor de al menos un eje de su superficie óptica 48, no obstante, debido a las limitaciones en las técnicas de fabricación del espejo 20 móvil de precisión es posible la inducción de pequeñas cantidades de potencia óptica en la superficie óptica 48 durante la fabricación. El ajuste de enfoque obtenido mediante el ajuste de la separación "C" entre la primera y segunda lentes 16, 18 del reductor de haces también se usa en caso necesario para invalidar esta pequeña cantidad de potencia que, de otro modo, puede degradar el tamaño y la calidad del haz en el área 34 escaneada de medición. El espejo 20 móvil de precisión, cuando comprende un espejo MEMS, utiliza preferiblemente un accionamiento electrostático para disponer el espejo y, de este modo, dirigir el haz óptico 26 hacia el objeto 32. Un espejo 20 móvil de precisión ilustrativo es un dispositivo de micro-espejo de escaneado de dos ejes comercializado por Mirrorcle Technologies, Inc. de Richmond, California. Tal como se ha mencionado en la presente memoria, también se contemplan múltiples tipos de dispositivos de espejo móviles en esta descripción.

Haciendo referencia nuevamente a las Figuras 1 y 2, el espejo secundario 22, conjuntamente con el espejo 20 móvil de precisión, dirige u orienta los haces 54, 56, 58 de salida según un ángulo recto con respecto al haz 46 de salida de diámetro reducido. Esta orientación ortogonal de los haces de salida permite obtener la ventaja adicional de

reducir la longitud del paquete óptico general disponiendo el espejo secundario 22 hacia la segunda lente 18 del reductor de haces. El espejo secundario 22 no solamente redirige el haz 46 de salida de diámetro reducido reflejado desde el espejo 20 móvil de precisión, sino que también ayuda a mantener una forma redonda del punto y una distribución de energía gaussiana del haz óptico 26. El uso del espejo secundario 22 también permite inclinar inicialmente el espejo 20 móvil de precisión un ángulo alfa (α) de inclinación mínimamente plano (aproximadamente de 5 a 20 grados) con respecto al haz 46 de salida de diámetro reducido, de modo que el haz 46 de salida de diámetro reducido no se refleja en sí mismo. La inclinación del espejo 20 móvil de precisión un ángulo más grande que el ángulo alfa (α) de inclinación (es decir, más grande que 20°) podría aumentar el espacio necesario para el tren óptico 42 y podría introducir una distorsión de escaneado en los datos de medición. Esta distorsión es no lineal y debería ser mapeada al nivel del sistema y eliminada de todas las mediciones. El haz óptico 26 se mantiene gaussiano en todo el tren óptico 42 del sistema 10 de detector mediante los espejos y lentes.

Minimizando el ángulo α de inclinación del espejo 20 móvil de precisión y usando un ángulo beta (β) de inclinación del espejo secundario 22 en una mayor parte de la orientación en ángulo recto (ángulo β de inclinación = 45° - ángulo alfa α de inclinación) se obtiene un paquete óptico compacto para el tren óptico 42, minimizando al mismo tiempo la distorsión de escaneado. Según una realización, las dimensiones ilustrativas para el sistema 10 de detector incluyen una longitud del tren óptico 42 de aproximadamente 62 mm, un área superficial del espejo secundario 22 de aproximadamente 100 mm (10 mm x 10 mm) y una separación entre el haz 46 de salida de diámetro reducido y la salida de la lente 24 de divergencia de aproximadamente 23 mm. Estas dimensiones son ilustrativas y pueden ser modificadas dentro del alcance de esta descripción. Esta realización mejora la precisión del sistema y reduce el tiempo de procesamiento de datos después de la medición en comparación con el uso de un ángulo de inclinación más grande que el ángulo α de inclinación.

La lente 24 de divergencia se usa en aplicaciones cuando es necesario aumentar un ángulo delta (δ) de escaneado de los haces 54, 58 de salida cuando el desplazamiento angular del espejo 20 móvil de precisión por sí mismo no permite obtener la medición de escaneado deseada del área escaneada 34. Para aplicaciones que tienen una distancia de separación máxima entre el cabezal 12 de detector y el objeto 32 (aproximadamente de 1200 a 1600 mm) es posible omitir la lente 24 de divergencia. La lente 24 de divergencia es ajustable manualmente durante su instalación para permitir modificar el ángulo delta δ de escaneado y se fija en su posición posteriormente. Debido a su sensibilidad al cambio de temperatura, la lente 24 de divergencia puede inducir algún crecimiento no deseado adicional (desenfoque) en el diámetro reducido "B" del haz con la distancia. Por lo tanto, los pequeños ajustes en la separación "C", tal como se ha descrito anteriormente en la presente memoria, se llevan a cabo moviendo la primera y/o segunda lentes 16, 18 del reductor de haces para mitigar este efecto de desenfoque. Un diámetro "G" de los haces 54, 56, 58 de salida a medida que se realiza un escaneado con el espejo móvil 20 en su frecuencia de funcionamiento es suficientemente pequeño en la lente 24 de divergencia para que la aberración esférica no se considere un problema, de modo que no es necesaria una lente de doblete acromático en esta posición.

Haciendo referencia a la Figura 3 y nuevamente a las Figuras 1 y 2, el sistema 10 de detector sin contacto para adquirir información de contorno tridimensional de la presente descripción incluye un subsistema 60 de fuente de luz que tiene un espejo 20 móvil de precisión (representado, por ejemplo, como un espejo MEMS) y una fuente 28 de luz que puede funcionar para proyectar un punto de luz, e incluye el dispositivo 30 de visualización que funciona para escanear el punto de luz en el área de iluminación del área escaneada 34. En una realización ilustrativa, el subsistema 60 de fuente de luz es un láser acoplado a fibra (definido como un láser que produce un haz láser, con el haz láser acoplado a una fibra para la transmisión del haz láser) que dirige un haz de luz al espejo 20 móvil de precisión a través de la lente 14 de colimación, y el reductor 19 de haces, e incluye además el espejo secundario 22.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 3, el control del ángulo de barrido y la frecuencia de barrido del espejo 20 móvil de precisión se lleva a cabo mediante un módulo 62 de control a través de una trayectoria 57 de comunicación. Los datos de imagen recibidos por el dispositivo 30 de visualización también son comunicados a través de una trayectoria 59 de comunicación a un módulo 62 de control. El módulo 62 de control se conecta a su vez a través de una trayectoria 61 de comunicación a una unidad 64 de procesamiento de imágenes que funciona para calcular un ángulo (Θ) de contorno de la superficie de la pieza de trabajo con respecto a un eje z. El módulo 62 de control también se conecta a través de una trayectoria 63 de comunicación a la fuente 28 de luz y actúa para activar la fuente 28 de luz al inicio de un escaneado del espejo 20 móvil de precisión (giro angular del espejo), desactivar la fuente 28 de luz al final de un escaneado del espejo 20 móvil de precisión y ajustar la potencia del sistema durante un escaneado del espejo 20 móvil de precisión.

Haciendo referencia nuevamente a las Figuras 1-3, tal como se ha mencionado anteriormente, el ángulo δ de escaneado del espejo 20 móvil de precisión puede ser limitado. A efectos de minimizar el espacio (volumen y/o área superficial) de un alojamiento 65 que contiene el cabezal 12 de detector, el espejo secundario 22 se dispone en un lado de lente del espejo 20 móvil de precisión con un haz 46 de salida de diámetro reducido colimado redirigido mediante el espejo 20 móvil de precisión hacia el espejo secundario 22. Además, a efectos de satisfacer el campo de visión de detectores con una separación corta, es deseable amplificar la capacidad de escaneado angular del espejo 20 móvil de precisión. Con tal fin, tal como se ha mencionado anteriormente, la luz procedente del espejo 20 móvil de precisión reflejada en el espejo secundario 22 es dirigida hacia la lente 24 de divergencia que, según diversas realizaciones, puede ser una lente plana-cóncava. La cantidad de magnificación angular que se obtiene

mediante la lente 24 de divergencia es función del radio de curvatura de la lente 24 de divergencia y la geometría respectiva entre la fuente 28 de luz, el espejo 20 móvil de precisión y el espejo secundario 22.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 3, en funcionamiento, el punto de luz proyectado mediante el subsistema 60 de fuente de luz que incluye al menos un espejo 20 móvil de precisión, la lente 14 de colimación y el reductor 19 de haces, y la fuente 28 de luz, se controla mediante un módulo 62 de control asociado. La luz procedente del subsistema 60 de fuente de luz es escaneada preferiblemente a una frecuencia muy alta durante el ciclo de exposición del dispositivo 30 de visualización. La velocidad de escaneado del subsistema 60 de fuente de luz es considerablemente más rápida (p. ej., aproximadamente 100 veces más rápida) que la velocidad de obturador del dispositivo 30 de visualización. Usando una combinación de velocidad de escaneado y velocidad de obturador el dispositivo 30 de visualización permite obtener datos de línea, datos de líneas múltiples o iluminación de área. La calidad de la iluminación de área es una calidad similar a la obtenida a través de fuentes de luz de proyección, tales como LED. La ventaja de esta realización de iluminación consiste en que utiliza la capacidad de un MEMS o un dispositivo de espejo móvil calibrado que puede ejecutar trayectorias precisas reproducibles. Por lo tanto, cada posición del espejo 20 móvil de precisión en combinación con la posición/orientación fija del espejo secundario 22 durante el escaneado es conocida de forma precisa por el módulo 62 de control asociado y/o es reportada al mismo. En una realización ilustrativa, los componentes del sistema 10 de detector están integrados en el alojamiento individual 65. Para reducir la separación entre los componentes y la longitud del tren óptico 42 y, por lo tanto, el tamaño general del alojamiento 65, los componentes se disponen tal como se muestra en la Figura 1, con un haz 46 de salida de diámetro reducido redirigido mediante el espejo 20 móvil de precisión al espejo secundario 22 en una dirección hacia el reductor 19 de haces.

La posición real de cada componente con respecto a los otros componentes se ajusta para corresponderse con la mejor configuración de cobertura de campo en toda la profundidad de campo (de un campo cercano a un campo lejano) del dispositivo 30 de visualización. Se entenderá fácilmente que la disposición precisa de los componentes del sistema 10 de detector (en el alojamiento 65) depende de la cobertura de campo deseada y la resolución de la imagen.

El dispositivo 30 de visualización se calibra con respecto a una estructura de referencia externa. Se asume que el dispositivo 30 de visualización se calibra para reportar datos de medición en una estructura de referencia localizada. En la técnica son bien conocidas técnicas para calibrar un dispositivo de visualización con respecto a una estructura de referencia externa. Otros detalles relacionados con un procedimiento de calibración adecuado que utiliza un seguidor láser pueden encontrarse, por ejemplo, en la patente US 6.134.507. Independientemente de la técnica de calibración, esta etapa supone la transformación del dispositivo de visualización que mapea mediciones de su estructura de referencia localizada a la estructura de referencia externa. La estructura de referencia externa se refiere a un sistema de coordenadas común y puede asociarse a una pieza de trabajo que está siendo medida, la estación de medición general o alguna otra estructura de referencia.

Haciendo referencia a la Figura 4, una estación 100 de medición típica para adquirir datos de medición para una pieza de trabajo, tal como una pieza 102 de vehículo automóvil, podría tener la forma mostrada. Las piezas de trabajo a medir en la estación 100 de medición se apoyan en unos palés 104 de transporte, que se mueven a lo largo de una línea de montaje a través de unas guías 106 de palé que pasan a través de unos canales 108 de guía en el palé 104. En la estación 100 de medición, un bastidor 110 de montaje de detector (solamente se muestra una mitad del mismo en la Figura 1) rodea la pieza de trabajo, tal como una pieza 102 de vehículo automóvil a medir, y permite obtener una pluralidad de posiciones de montaje para una serie de detectores 112-1 a 112-n sin contacto.

Cada uno de los detectores 112-1 a 112-n sin contacto puede estar configurado de la manera descrita anteriormente. En otras palabras, cada detector comprende un subsistema 60 de fuente de luz y un dispositivo 30 de visualización dispuestos de manera compacta dentro del alojamiento individual 65 descrito haciendo referencia a la Figura 1. Los datos de imagen capturados mediante cada detector pueden ser transformados en datos de medición en el detector o en un ordenador remoto 114 que puede tener un panel 116 de lectura visual que suministra datos, tales como señales que indican el cumplimiento o no cumplimiento de condiciones de los elementos o superficies de la pieza 102 de vehículo automóvil. En cualquier caso, los datos se envían desde el detector al ordenador remoto 114 para su procesamiento y/o almacenamiento adicionales. En algunas realizaciones, dos o más de los detectores pueden tener campos de visión solapados y, por lo tanto, pueden ser calibrados con respecto a un sistema 117 de coordenadas común. Un dispositivo 118 de entrada de datos para introducir código necesario para calibrar los detectores o para introducir órdenes de sistema para el funcionamiento de la estación 100 de medición también puede estar dispuesto junto a la estación 100 de medición. Si uno de los detectores debe ser sustituido o recalibrado, el detector correspondiente puede ser calibrado con respecto al sistema de coordenadas común.

Haciendo referencia a la Figura 5 y nuevamente a la Figura 1, en vez de hacer que la pieza de trabajo se mueva pasando por cabezales de detector de posición fija de la presente descripción, es posible usar un dispositivo de robot móvil, por ejemplo, un brazo 120 de robot que puede desplazar un primer y segundo cabezales 122, 124 de detector (de forma similar al cabezal 12 de detector) a una posición predeterminada alrededor de una pieza de trabajo, tal como un vehículo automóvil 126. En estas realizaciones la pieza de trabajo puede permanecer en una posición estacionaria durante el escaneado. El primer y segundo cabezales 122, 124 de detector se mueven mediante un brazo 120 de robot con respecto a una superficie o área escaneada 128 (mostrada en este ejemplo

como un panel de puerta de vehículo). El brazo 120 de robot también puede estar configurado para permitir la reorientación del primer y/o segundo cabezales 122, 124 de detector para su adaptación a diferentes geometrías de superficie del vehículo 126. El brazo 120 de robot también puede comprender un único cabezal de detector o más de dos cabezales de detector dentro del alcance de la presente descripción.

5 Haciendo referencia a la Figura 6 y nuevamente a las Figuras 1 y 2, en sistemas conocidos, los haces de salida no colimados y enfocados usando cabezales 12 de detector de la presente descripción tienen caras o puntos de haz con una forma no circular, oval o con una forma irregular en la posición de reflexión del haz en un objeto. Debido a que unos datos de posición precisos requieren establecer el centro del haz o punto de haz en la superficie del objeto, esta irregularidad provoca errores y/o imprecisiones al establecer el centro del haz y, por lo tanto, provoca errores y/o imprecisiones en las señales reflejadas/recibidas. Mediante el uso de la capacidad de colimación de la lente 14 de colimación, las propiedades de enfoque/reducción conseguidas mediante el uso de un reductor 19 de haces ajustable de cabezales 12 de detector en el control de la sección 52 del haz en el espejo 20 móvil de precisión, y controlando la longitud general del tren óptico 42 a través del uso del espejo secundario 22, se crea una distribución gaussiana 130 del haz de salida y se mantiene a medida que los haces de salida se extienden hacia la superficie del objeto 32 para cada uno de los haces 54, 56, 58 de salida (solamente se muestra el haz 56 en esta vista).

La distribución gaussiana 130 se crea mediante la fibra 36 de salida que recibe un haz de salida con una forma elíptica de la fuente 28 de luz láser, recoge la energía láser en la fibra 36 de salida y produce un punto gaussiano circular. Los componentes ópticos del cabezal 12 de detector controlan a continuación el tamaño y la posición de la distribución gaussiana 130 en toda la trayectoria de escaneado y el volumen de medición. La distribución gaussiana 130 se mantiene para cada uno de los haces a medida que se realiza el escaneado con el espejo 20 móvil de precisión en su frecuencia de funcionamiento con o sin el uso de una lente 24 de divergencia. La distribución gaussiana 130 de los haces de salida creados por los cabezales 12 de detector de la presente descripción crea una cara 132 de haz sustancialmente circular en el objeto 32, aumentando de este modo la precisión de identificación de un centro 134 de la cara 132 del haz y la precisión de las señales reflejadas posteriormente recibidas en el dispositivo 30 de visualización.

A continuación se describe un ejemplo de funcionamiento del sistema 10 de detector. Un diodo 35 que define una fuente 28 de luz láser funciona para emitir un haz láser. La fibra 36 de salida recibe el haz láser y crea el haz 26 óptico con una distribución gaussiana. Un paquete de lentes recibe y enfoca el haz óptico 26. El paquete de lentes incluye, en secuencia, una lente 14 de colimación y una primera y segunda lentes 16, 18 que definen ambas un reductor 19 de haces. El espejo 20 móvil de precisión recibe el haz óptico 26 del paquete de lentes. El haz óptico 26 es colimado por la lente 14 de colimación y tiene un diámetro "A" reducido mediante la primera y segunda lentes 16, 18 para su correspondencia con el área superficial "Z" del espejo 20 móvil de precisión. El espejo 22 secundario fijo recibe el haz óptico 26 reflejado desde el espejo 20 móvil de precisión. El espejo 20 móvil de precisión y el espejo secundario 22 se usan para realizar un escaneado con el haz óptico 26 en el área de iluminación o área escaneada 34. El dispositivo 30 de visualización tiene un campo de visión que interseca con el área de iluminación o área escaneada 34 y recibe datos de imagen del haz óptico 26 reflejado desde el área de iluminación. El módulo 62 de control en comunicación de datos con el dispositivo 30 de visualización recibe una posición del objeto 32 en el campo de visión del dispositivo 30 de visualización a partir de los datos de imagen y reporta los datos de posición del objeto 32 a un sistema de coordenadas.

Tal como se usa en la presente memoria, el término módulo puede hacer referencia a, ser parte de o incluir un circuito integrado de aplicación específica (ASIC); un circuito electrónico; un circuito lógico combinatorio; una matriz de puertas programable en campo (FPGA); un procesador (compartido, dedicado o un grupo) que ejecuta código; otros componentes adecuados que permiten obtener la funcionalidad descrita; o una combinación de parte o la totalidad de lo anteriormente descrito, tal como un sistema en un chip. El término módulo puede incluir una memoria (compartida, dedicada o un grupo) que almacena código ejecutado por el procesador. El término código puede incluir software, firmware y/o microcódigo, y puede hacer referencia a programas, rutinas, funciones, clases y/o objetos. El término compartido, tal como se ha usado anteriormente, significa que parte o la totalidad del código de múltiples módulos puede ser ejecutado usando un procesador individual (compartido). Además, parte o la totalidad del código de múltiples módulos puede ser almacenado mediante una memoria individual (compartida). El término grupo, tal como se ha usado anteriormente, significa que parte o la totalidad del código de un módulo individual puede ser ejecutado usando un grupo de procesadores. Además, parte o la totalidad del código de un módulo individual puede ser almacenado usando un grupo de memorias.

REIVINDICACIONES

1. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional, que comprende:
 - una fuente (28) de luz láser que genera un haz láser;
 - 5 - una fibra óptica (36) configurada para recibir el haz láser y que puede funcionar para producir un haz óptico (26);
 - un espejo móvil (20) que recibe el haz óptico, siendo ajustado angularmente el espejo móvil (20) para realizar un escaneado con el haz óptico en un área de iluminación y estando definido además como un sistema micro electromecánico;
 - 10 - un paquete (13) de lentes dispuesto entre la fuente (28) de luz láser y el espejo móvil (20) que recibe el haz óptico (26) de la fibra y dimensiona el haz óptico (26);
 - un dispositivo (30) de visualización que recibe datos de imagen del área de iluminación del haz óptico que retorna del área de iluminación; y
 - 15 - un módulo (62) de control en comunicación de datos con el dispositivo (30) de visualización, que funciona para determinar datos de posición de un objeto (32) a partir de los datos de imagen y reportar los datos de posición en un sistema de coordenadas;

caracterizado por que

 - la fibra óptica (36) puede funcionar para producir el haz óptico (26) con una forma circular y energía con una distribución gaussiana;
 - el paquete (13) de lentes, para dimensionar el haz óptico (26), incluye además
 - 20 - una lente (14) de colimación que funciona para transformar el haz óptico (26) en un haz óptico colimado; y
 - un reductor (16, 18) de haces que recibe el haz óptico colimado de la lente (14) de colimación y funciona para reducir un diámetro del haz óptico colimado para no ocupar totalmente la superficie óptica (48) del espejo móvil (20); y
 - 25 - se proporciona una lente (24) de divergencia, recibiendo la lente (24) de divergencia el haz óptico (26) del espejo móvil (20) y aumentando un ángulo de escaneado del haz óptico (26).
2. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 1, en donde el reductor de haces incluye:
 - una primera lente (16) que recibe el haz óptico colimado de la lente (14) de colimación; y
 - una segunda lente (18) que recibe el haz óptico colimado de la primera lente (16).
- 30 3. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 2, en donde una separación entre la primera y segunda lentes (16, 18) es ajustable para cambiar el diámetro del haz óptico colimado.
4. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 2, en donde al menos una de la primera y segunda lentes (16, 18) define un doblete acromático.
- 35 5. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 1, en donde la fuente (28) de luz láser está acoplada a una fibra que tiene una salida dispuesta en un foco de la lente de colimación.
6. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 1, que incluye además un dispositivo de movimiento que funciona para cambiar un ángulo de una cara del espejo móvil (20) medido con respecto a una trayectoria de orientación de entrada del haz óptico.
- 40 7. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 6, en donde el dispositivo de movimiento funciona para cambiar el ángulo de la cara del espejo móvil dentro de un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 6 grados.
8. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 7, que incluye además un espejo secundario (22) orientado para redirigir el haz óptico recibido del espejo móvil (20) ortogonalmente con respecto a la trayectoria de orientación del haz óptico recibido en el espejo móvil (20) y mantener una forma redonda del haz óptico.
- 45

9. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 1, en donde una posición de la lente (24) de divergencia es ajustable para cambiar el área de iluminación para conseguir un volumen de medición escaneado deseado.
- 5 10. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 9, en donde una longitud focal de la lente (24) de divergencia se selecciona para aumentar o disminuir el área de iluminación para cambiar un volumen de medición escaneado.
11. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 1, en donde el paquete de lentes incluye al menos una lente que define un doblete acromático.
- 10 12. Sistema (10) de detección sin contacto para adquirir información tridimensional según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de visualización comprende una cámara CCD.
- 15 13. Método para adquirir información tridimensional usando un sistema (10) de detección sin contacto, incluyendo el sistema (10) de detección sin contacto un láser (28) acoplado a fibra, un paquete (13) de lentes que incluye una lente (14) de colimación y primera y segunda lentes (16, 18) que definen un reductor de haces, un espejo móvil (20), un espejo secundario (22), un dispositivo (30) de visualización y un módulo (62) de control, comprendiendo el método:
- generar un haz óptico (26) usando el láser (28) acoplado a fibra;
 - recibir y enfocar el haz óptico usando el paquete (13) de lentes;
 - ajustar angularmente el espejo móvil (20) para reflejar el haz óptico en el espejo secundario (22) para realizar un escaneado con el haz óptico en un área de iluminación;
 - 20 - hacer funcionar el dispositivo (30) de visualización para recibir datos de imagen del haz óptico reflejado desde el área de iluminación; y
 - determinar una posición de un objeto (32) en el campo de visión del dispositivo (30) de visualización a partir de los datos de imagen;
- caracterizado por
- 25 - generar un haz óptico con una distribución gaussiana usando el láser (28) acoplado a fibra;
 - transformar el haz óptico (26) en un haz óptico colimado mediante una lente (14) de colimación del paquete (13) de lentes;
 - recibir el haz óptico colimado de la lente (14) de colimación mediante un reductor (16; 18) de haces;
 - cambiar una separación entre la primera y segunda lentes (16, 18) del paquete de lentes (13);
 - 30 - reducir de este modo un diámetro del haz óptico para no ocupar totalmente un área superficial (48) del espejo móvil (20); y
 - recibir el haz óptico del espejo secundario (22) mediante una lente (24) de divergencia y aumentar un ángulo de escaneado del haz óptico.
- 35 14. Método según la reivindicación 13, que incluye además reportar datos de posición del objeto (32) a un sistema de coordenadas.

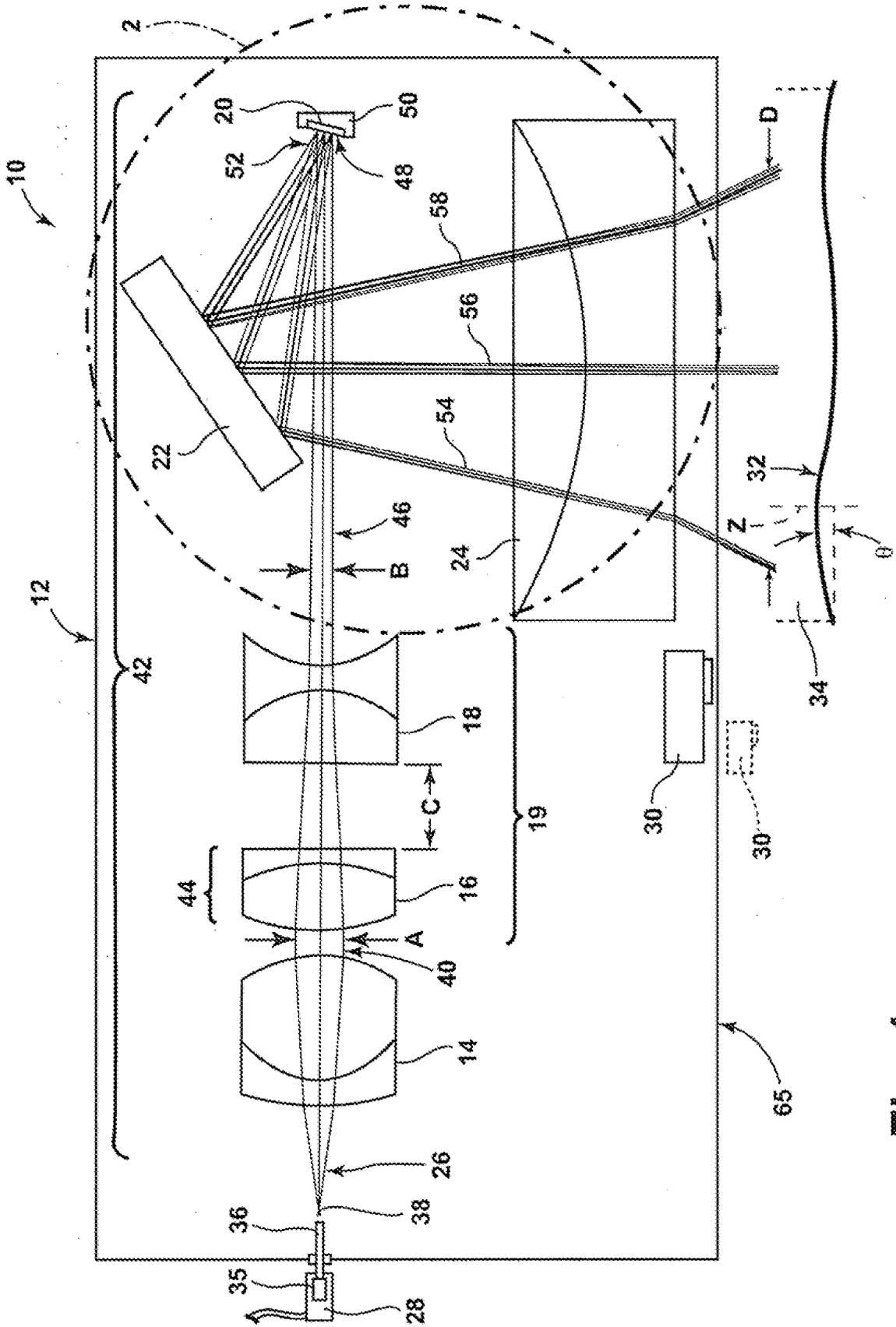


Fig. 1

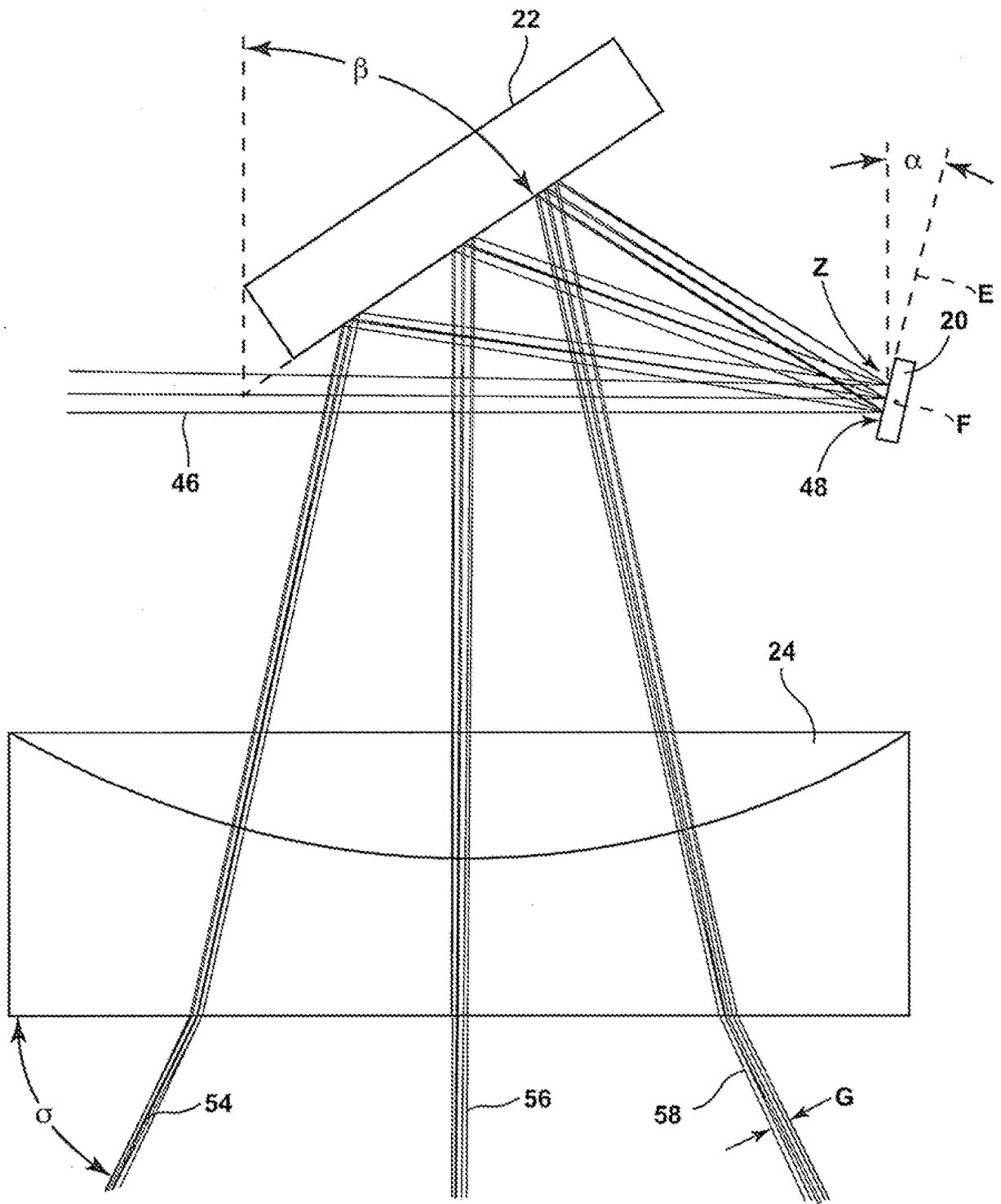


Fig. 2

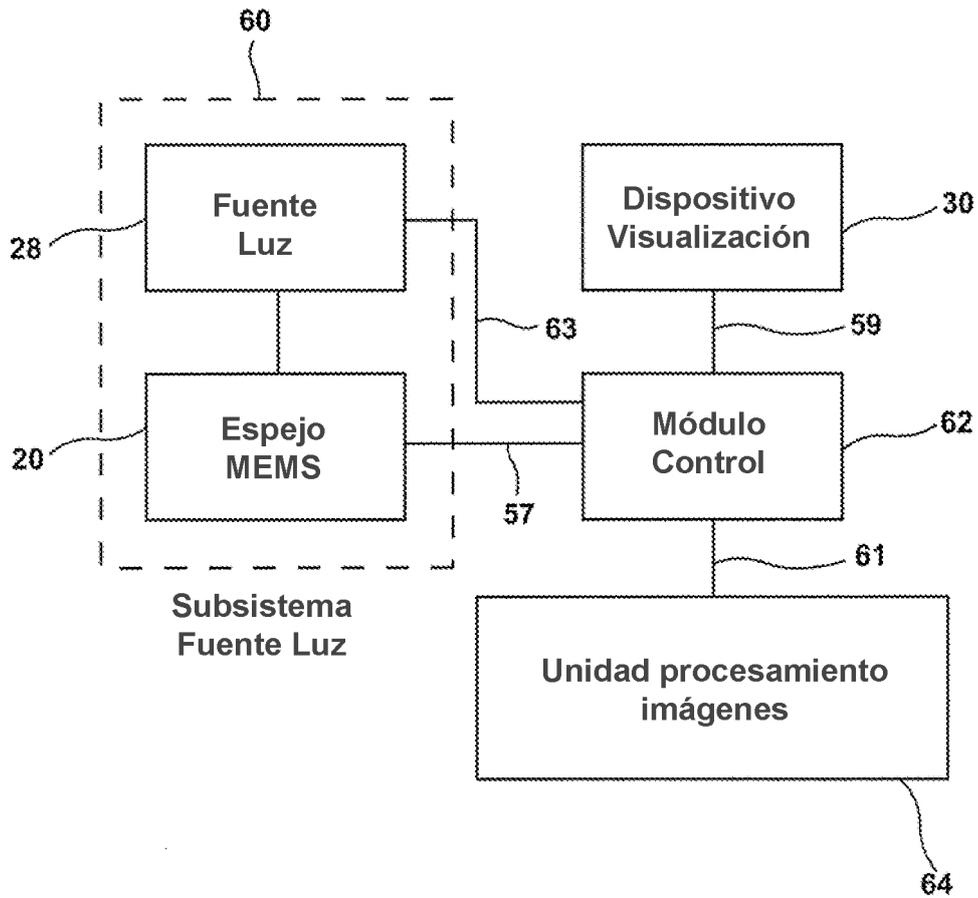


Fig. 3

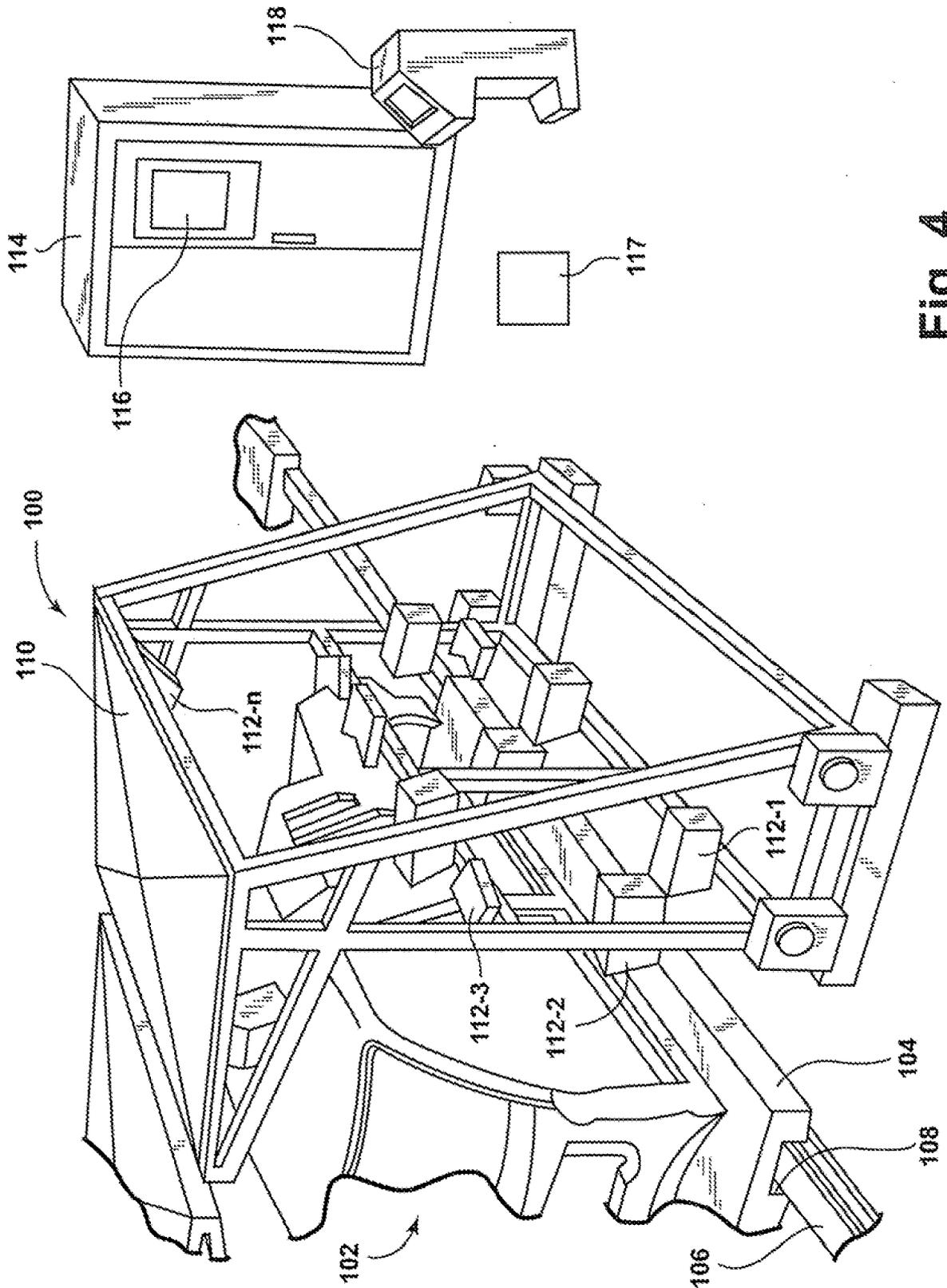


Fig. 4

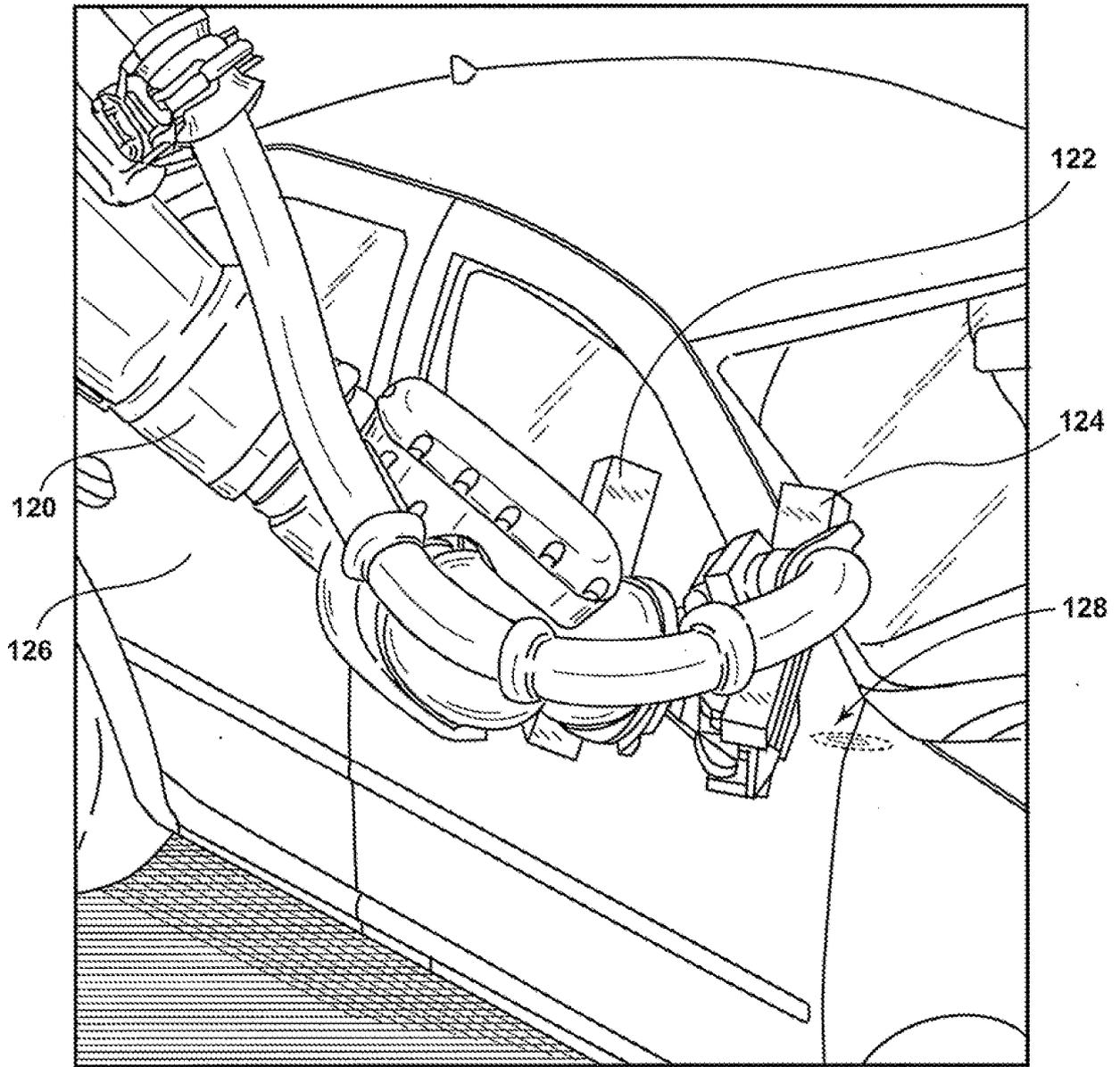


Fig. 5

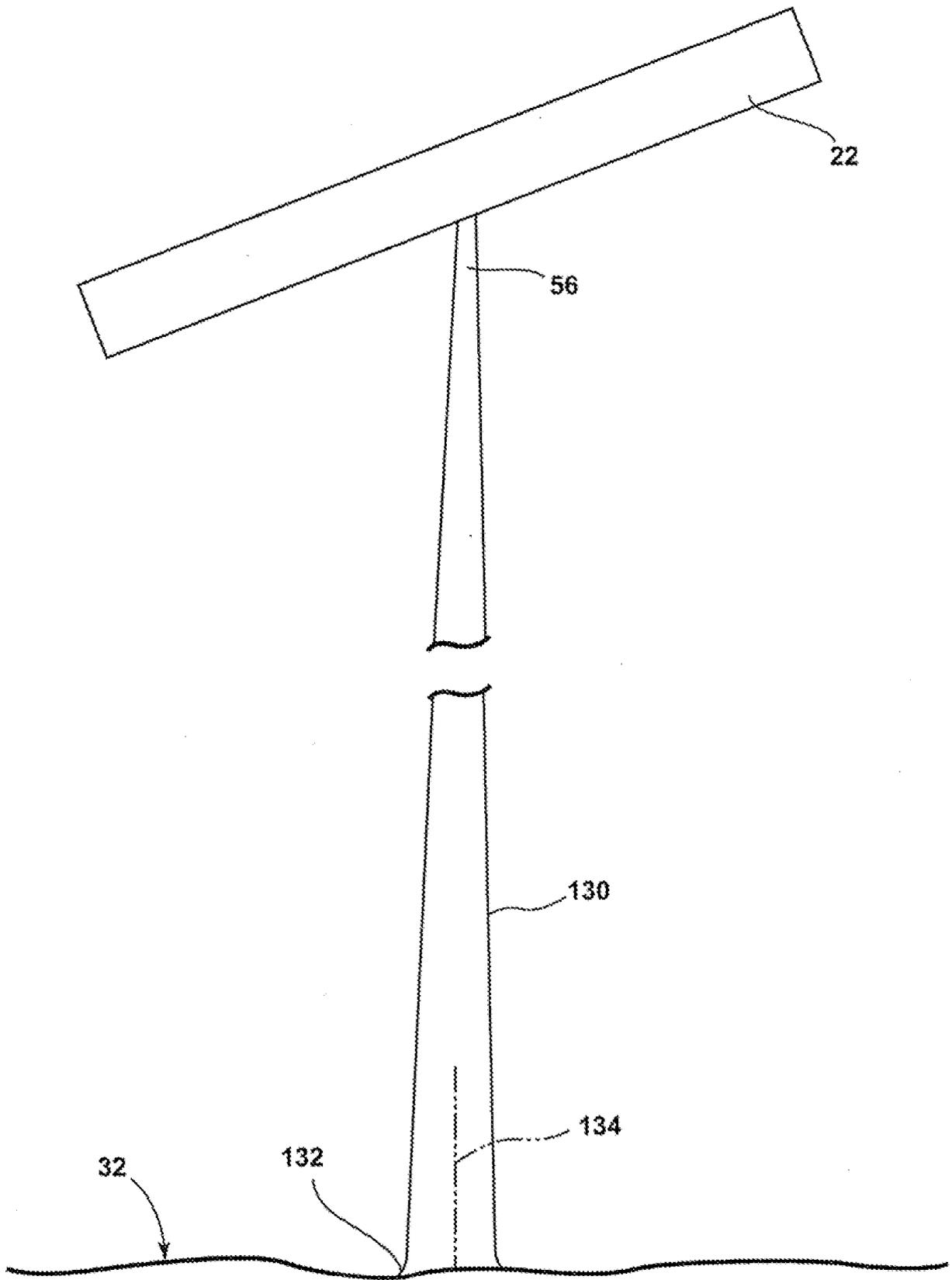


Fig. 6