

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 981**

51 Int. Cl.:

**G01L 1/24** (2006.01)

**G01L 5/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2012 PCT/HU2012/000124**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.05.2013 WO13072712**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2012 E 12821123 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 2780680**

54 Título: **Dispositivo de sensor**

30 Prioridad:

**17.11.2011 HU P1100633**

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

**25.04.2017**

73 Titular/es:

**OPTOFORCE MUSZAKI FEJLESZTO ÉS  
INNOVÁCIÓS KFT. (100.0%)  
Seregélyesi út 113  
8000 Székesfehérvár, HU**

72 Inventor/es:

**TAR, ÁKOS, SÁNDOR;  
CSEREY, GYÖRGY, GÁBOR y  
VERES, JÓZSEF**

74 Agente/Representante:

**DURÁN MOYA, Luis Alfonso**

ES 2 609 981 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**

Dispositivo de sensor

5 **SECTOR TÉCNICO**

La invención se refiere a un dispositivo de sensor. Más particularmente, la invención se refiere a un dispositivo de sensor adaptado para detectar la presión y la fuerza que actúan sobre su superficie.

10 **ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA**

La percepción sensorial juega un papel cada vez más importante en robótica. Mediante la percepción sensorial, es deseable obtener la máxima información posible sobre el entorno para garantizar que los robots responden de manera óptima. En robótica, las tareas más frecuentes son sujeción, posicionamiento y reubicación de objetos. Los enfoques utilizados hasta ahora eran de hecho viables en un entorno bien modelizado, donde la posición y la orientación del objeto fueran conocidas. Los brazos y dispositivos de sujeción robóticos están cada vez más extendidos, lo que conduce necesariamente a la expectativa de aplicarlos en un ámbito lo mayor posible, y asimismo en un entorno indeterminado. Un futuro objetivo de la robótica es que los robots deberían tener capacidades similares a los seres humanos y proporcionar ayuda a estos. A este respecto, es indispensable que los robots manipulen objetos (por ejemplo tiradores de puertas, tazas, botones, vasos, etc.) en relación con una tarea, con una habilidad y seguridad similar a los humanos.

En el curso de la interacción con diversos objetos, la información principal es generada por percepción táctil. Esta interacción puede llevar mucha información no sólo en los dedos, sino asimismo en toda la superficie del robot, y por lo tanto la extensión de los sensores a toda la superficie del robot, la creación de una suerte de piel artificial, es otro objetivo para los investigadores.

Se proporciona una visión global sobre los sensores aplicados generalmente y los dispositivos de sensor de presión en el documento de J. Tegin y J. Wikander, "Tactile sensing in intelligent robotic manipulation - a review" (detección táctil en manipulación robótica inteligente - una visión global), "Industrial Robot: una Revista Internacional" volumen 32, número 1, páginas 64-70 (2005). En resumen, se puede afirmar que los dispositivos de sensor actuales tienen superficies y estructuras rígidas. El contacto establecido entre el objeto y el dispositivo de sensor es de puntual en la mayoría de los casos, especialmente en el caso de objetos rígidos. Una gran desventaja del contacto puntual es que se puede conseguir poca información acerca del objeto dado y su superficie, y se reduce asimismo la estabilidad de la sujeción.

En el caso de dispositivos de sensor de presión que tienen la superficie elástica, como resultado de la aplicación de la fuerza de sujeción a la superficie del dispositivo de sensor se adapta a la superficie del objeto, aumenta de ese modo la estabilidad de la sujeción y se puede reunir información sobre la superficie y las características materiales desde una superficie mayor. En muchas soluciones de la técnica anterior, se ha intentado cubrir dispositivos de sensor de estructura rígida con un material flexible.

Otra tarea importante, en la que estos enfoques son menos beneficiosos, es determinar la dirección y la localización de la presión. Detectar la dirección de la percepción táctil (por ejemplo, a partir de las fuerzas ejercidas sobre un dedo) es especialmente importante para determinar el deslizamiento y las características de la superficie.

En la Patente U.S.A. 2010/0253650 A1, se da a conocer un dispositivo de sensor de presión óptico que tiene una cúpula flexible, es decir una capa de cobertura, y tiene además una capa reflectora de luz para reflejar la señal de elementos emisores de luz a elementos detectores de luz. Una desventaja de este enfoque es que la superficie útil del dispositivo de sensor, sobre la que éste puede detectar con una precisión apropiada los componentes de las fuerzas que actúan sobre el mismo, está limitada por el ángulo de emisión del elemento emisor de luz y por el ángulo de visión de los elementos detectores de luz. Otra desventaja del enfoque es que como resultado de ser fácilmente comprimible, puede medir la fuerza solamente dentro de un intervalo de valores relativamente pequeño.

En la Patente U.S.A. 2009/315989 A1 se da a conocer un sensor con material de relleno elastomérico. En la Patente U.S.A. 2003/0173708 A1 se aplica una pantalla óptica entre respectivas fuentes de luz y detectores de luz.

En la Patente U.S.A. 4.704.909, se da a conocer un dispositivo de sensor de presión que tiene asimismo realizaciones ópticas, en el que se aplica un anillo elástico bajo una superficie rígida que es de hecho una cubierta plana del dispositivo de sensor.

En las Patentes U.S.A. 4.635.479 y U.S.A. 4.747.313, se da a conocer un dispositivo de sensor de presión que tiene una superficie de sensor de presión en forma de cúpula fabricada en un material rígido. En la Patente U.S.A. 4.405.197 se da a conocer un dispositivo de sensor de presión basado en principios ópticos, que tiene una superficie de sensor de presión elástica.

Son conocidos una serie de dispositivos de sensor tridimensionales diseñados para determinar las componentes de la fuerza de presión. La mayor parte de estos están basados en tecnología MEMS ("Micro-Electro-Mechanical Systems", sistemas microelectromecánicos), tal como el dispositivo de sensor dado a conocer en la Patente U.S.A. 2009/0320611 A1. En general, estos dispositivos de sensor son muy susceptibles a daños y tienen una superficie del sensor pequeña, lo que en la práctica los hace adecuados para medir fuerzas que actúan de manera puntual.

Otra solución bien conocida y muy utilizada es aplicar medición de presión óptica mediante cámaras CCD o CMOS. El principio básico de funcionamiento en este caso es que se sitúan diversos marcadores bien detectables mediante una cámara, en un material elástico sobre la cámara, y la distancia de los marcadores respecto de la cámara cambia como resultado de la deformación del material (fuerza externa). El cambio en la distancia y, por lo tanto, el grado de deformación superficial se pueden detectar en base a la imagen de la cámara, es decir, se pueden calcular las fuerzas que actúan sobre la superficie. Dicha realización se da a conocer en el siguiente estudio: P. Lang, "Optical tactile sensors for medical palpation" (sensores táctiles ópticos para la palpación médica), The Thirty-Fourth London District Science and Technology Conference", páginas 1 a 5 (2004). Las desventajas de estas realizaciones son el gran tamaño, y la gran complejidad del cálculo.

Los dispositivos de sensor pueden estar basados asimismo en principios magnéticos. Según la publicación que da a conocer este enfoque (E. Torres-Jara, I. Vasilescu, y R. Coral, "A soft touch: Compliant Tactile Sensors for Sensitive Manipulation" (tacto suave: sensores táctiles compatibles para manipulación sensible), "Technical Reports, Massachusetts Institute of Technology, Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory", 1 de marzo de 2006), se fija un imán al centro de una cúpula elástica sobre cuatro sensores Hall colocados en un plano. Con la deformación de la cúpula, cambia la localización del imán con respecto a los sensores Hall, lo que puede ser medido mediante la variación del campo magnético, pero la sujeción de objetos metálicos o magnéticos puede perturbar la medición. En lo anterior, y asimismo en la Patente asociada de U.S.A. 2010/0155579 A1, se menciona la realización óptica del dispositivo de sensor explicado. En la realización óptica, una cúpula hueca que refleja las señales ópticas se aplica sobre los elementos de emisión y detección de señales ópticas, pero esto limita el carácter cargable y la miniaturización del dispositivo de sensor. Otra desventaja de esta solución es que no impide la entrada de luz externa al dispositivo de sensor.

El hecho de que en robótica los elementos de sujeción comprendan solamente unos pocos dispositivos de sensor, especialmente situados en los extremos de los dedos, no es una consecuencia de la calidad de los sensores. Diseñar el cableado de los dispositivos de sensor y de los sensores es un problema importante, y con el aumento del número de sensores, aumenta el número de señales que es necesario guiar remotamente y procesar, y esto incrementa asimismo el tamaño de la electrónica del procesamiento de señales. La aplicación de matrices de sensores (con detección por filas y columnas) ayuda a resolver este problema, pero incluso en el caso de la punta de un dedo, cuando se utiliza un campo de 8 x 8 sensores, es necesaria la aplicación de por lo menos 16 cables.

Una desventaja común de algunas de las soluciones anteriores es que el ángulo de visión de los elementos emisores de luz y elementos detectores de luz aplicados impone un límite sobre el tamaño de la superficie útil del dispositivo de sensor. La desventaja común de otra parte de las soluciones mencionadas anteriormente es que su intervalo de medida está sensiblemente limitado, y debido a su diseño mecánico, son inadecuadas para la medición de una fuerza que varíe dentro de un intervalo amplio.

En vista de las soluciones conocidas, ha surgido la necesidad de dar a conocer un dispositivo de sensor que esté adaptado para detectar los impactos generados de varias maneras, por ejemplo, como resultado de una fuerza o presión, con posibilidad de implementación en un intervalo amplio de dimensiones, que tenga una superficie lo mayor posible en relación con las dimensiones del sensor para detectar el vector de presión y que pueda medir fuerza y presión, respectivamente, en el intervalo de valores más amplio posible.

## 50 CARACTERÍSTICAS DE LA INVENCION

El objetivo principal de la invención es dar a conocer un dispositivo de sensor que carezca en la medida de lo posible de las desventajas de las soluciones de la técnica anterior.

Otro objetivo de la invención es dar a conocer un dispositivo de sensor que esté adaptado para detectar impactos generados de varios modos, por ejemplo, como resultado de fuerza o de presión, con posibilidad de implementación en un intervalo amplio de dimensiones gracias a su configuración. Otro objetivo de la invención es dar a conocer un dispositivo de sensor que tenga una superficie lo mayor posible en relación con las dimensiones del sensor, para medir un vector de presión o de fuerza, es decir, que el dispositivo tenga la mayor superficie posible para determinar con precisión la magnitud y dirección de la presión y la fuerza que actúan sobre su superficie. El objetivo de algunas realizaciones de la invención es además dar a conocer un dispositivo de sensor que gracias a su diseño esté adaptado para medir la fuerza o presión en un amplio intervalo de medidas.

Los objetivos de la invención se pueden conseguir proporcionando un dispositivo de sensor, según la reivindicación 1. Se definen realizaciones preferentes de la invención en las reivindicaciones dependientes.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describen realizaciones preferentes de la invención a modo de ejemplo, haciendo referencia a los siguientes dibujos, en los que

- 5 la figura 1A es un dibujo estructural de una realización del dispositivo de sensor, según la invención,
- la figura 1B es un dibujo estructural de un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención,
- 10 la figura 2 es una vista esquemática, en sección transversal, de un dispositivo de sensor de la técnica anterior con el intervalo del sensor representado,
- la figura 3 es una vista esquemática, en sección transversal, de la realización acorde con la figura 1A con el intervalo del sensor representado,
- 15 la figura 4 es el elemento detector de luz del dispositivo de sensor de la técnica anterior acorde con la figura 2, con el ángulo de visión representado,
- la figura 5 es una vista esquemática, en sección transversal, de la realización del elemento detector de luz acorde con la figura 1A, con el ángulo de visión representado,
- 20 la figura 6 es una vista, en sección transversal, de un ejemplo que no forma parte de la invención, que muestra el ángulo de visión de su elemento emisor de luz y un ángulo de visión aumentado,
- 25 la figura 7 es una vista, en sección transversal, del ejemplo que no forma parte de la invención acorde con la figura 1B, que representa el ángulo de visión de su elemento emisor de luz montado con un elemento director,
- la figura 8 es una vista, en sección transversal, del ejemplo que no forma parte de la invención acorde con la figura 1B, que muestra trayectorias a modo de ejemplo de haces de luz dirigidos al elemento detector de luz desde el elemento emisor de luz rodeado por el elemento director,
- 30 la figura 9 es una vista de trayectorias de haces de luz, según la figura 8, en la que los elementos detectores de luz están rodeados asimismo por el elemento director,
- 35 la figura 10 es una vista esquemática, en sección transversal, de otra realización del dispositivo de sensor, según la invención,
- la figura 11 es una vista esquemática, en sección transversal, de la realización acorde con la figura 1A, que muestra trayectorias de haces de luz del elemento emisor de luz del dispositivo de sensor,
- 40 la figura 12 es una vista esquemática, en sección transversal, del ejemplo que no forma parte de la invención acorde con la figura 1B, que muestra trayectorias de haces de luz del elemento emisor de luz del dispositivo de sensor,
- 45 la figura 13 muestra la deformación del dispositivo de sensor que no forma parte de la invención acorde con la figura 1B, bajo el impacto de una fuerza,
- la figura 14 es un dibujo espacial de la distribución de un elemento emisor de luz y de elementos detectores de luz, según una realización de la invención,
- 50 la figura 15 es un dibujo que representa un cable óptico conectado al elemento de luz y a los elementos detectores de luz del dispositivo de sensor, según la invención,
- las figuras 16A-16G son dibujos que muestran, en varias realizaciones, la distribución de los elementos emisores de luz del dispositivo de sensor y del elemento detector de luz del dispositivo de sensor, según la invención,
- 55 la figura 17 es una vista esquemática, en sección transversal, que representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención,
- la figura 18 es una vista esquemática, en sección transversal, que representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención,
- 60 la figura 19 es una vista esquemática, en sección transversal, que representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención,
- 65 la figura 20A es una vista esquemática, en sección transversal, que representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención,

la figura 20B muestra el estado deformado del ejemplo de la figura 20A, bajo el impacto de una fuerza,

5 la figura 21 es una vista esquemática, en sección transversal, que representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención, y

la figura 22 es una vista esquemática, en sección transversal, que representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención.

10 MODOS PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

El dispositivo de sensor, según la invención, funciona en base a principios ópticos. La figura 1A muestra la vista estructural de una realización del dispositivo de sensor, según la invención. Para una mejor visualización, se han desplegado los detalles de diversas capas del dispositivo de sensor. El dispositivo de sensor, según la invención, comprende un elemento de soporte -24-, por lo menos un elemento emisor de luz -20-, en la presente realización uno, dispuesto sobre el elemento de soporte -24-, por lo menos un elemento detector de luz -22-, en la presente realización tres, dispuesto en el elemento de soporte -24-, y una capa de cobertura -12- que refleja por lo menos una parte de la luz emitida por el elemento emisor de luz -20- a por lo menos un elemento detector de luz. El elemento de soporte del dispositivo de sensor, según la invención, tiene una configuración plana en algunas de las realizaciones representadas. En algunas realizaciones preferentes del dispositivo de sensor, según la invención, el elemento emisor de luz -20- puede emitir luz infrarroja, y el elemento detector de luz -22- puede detectar luz infrarroja. En la presente realización, en el lado del elemento de soporte -24- de la capa de cobertura -12- está dispuesta una capa reflectora de luz -14-, y el dispositivo de sensor comprende además un primer elemento de relleno -16- y un segundo elemento de relleno -18- que tienen refractividades diferentes, son transparentes, rellenan el espacio entre el elemento de soporte -24- y la capa reflectora de luz -14-, y están fabricados de un material flexible.

La figura 1B muestra un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención.

30 El sensor acorde con la figura 1B se diferencia del mostrado en la figura 1A en que hay un único elemento de relleno -17- entre el elemento de soporte -24- y la capa reflectora de luz -14-. Muchas características ventajosas del dispositivo de sensor son manifiestas incluso cuando se aplica un único elemento de relleno -17-. Las características mecánicas, tales como el carácter cargable y los intervalos de medida se pueden ajustar a valores similares al caso de la realización mostrada en la figura 1A, pero la fabricación de este producto podría ser mucho más fácil que la realización de la figura 1A.

En las realizaciones del dispositivo de sensor, según la invención, sin una capa reflectora de luz, los elementos de relleno llenan parcialmente, o incluso completamente, el espacio entre la capa de cobertura y el elemento de soporte. En estas realizaciones, la capa de cobertura está diseñada con parámetros para sustituir por lo menos parcialmente la función de la capa reflectora de luz, tal como se detalla a continuación. En el caso de un relleno completo, los elementos de relleno llenan el espacio entre la capa de cobertura o la capa reflectora de luz y el elemento de soporte, de tal modo que rodean dicho por lo menos un elemento emisor de luz y dicho por lo menos un elemento detector de luz. En las realizaciones completamente rellenas que comprenden varios elementos de relleno, dichos elementos de relleno llenan el espacio interior del dispositivo de sensor.

45 La luz emitida por el elemento emisor de luz -20- se proyecta en el dispositivo de sensor, de acuerdo con las leyes de refracción de la luz y de reflexión de la luz. En la presente realización, el elemento emisor de luz -20- está rodeado por un elemento director -21- que regula la dispersión lateral de la luz del elemento emisor de luz -20-, es decir que tiene una función de bloqueo óptico. En esta realización, el dispositivo de sensor tiene tres elementos detectores de luz -22- que están dispuestos alrededor del único elemento emisor de luz, y dichos elementos detectores de luz -22- están dispuestos en los vértices de un triángulo equilátero que tiene en su centro el elemento emisor de luz -20-.

55 Por consiguiente, el elemento de soporte -24- está cubierto en la parte superior por varias capas que tienen funciones diferentes. En la presente realización, una capa es la capa de cobertura -12- que es de hecho la cobertura externa del dispositivo de sensor, refleja la luz emitida por el elemento emisor de luz -20- hacia el elemento detector de luz -22- e impide la entrada de luz externa al dispositivo de sensor. Por consiguiente, la capa de cobertura -12- tiene una doble función. Por una parte, no deja pasar la luz del exterior al dispositivo de sensor, es decir, hace que la luz procedente del exterior quede excluida del dispositivo de sensor. Por otra parte, no permite que la luz, preferentemente infrarroja, emitida por el elemento emisor de luz -20- salga del interior del dispositivo de sensor. Debido a estas funciones, está fabricado de un material de bloqueo óptico habitualmente negro.

60 La capa reflectora de luz -14- dispuesta en el interior de la capa de cobertura -12- está fabricada preferentemente de un material ópticamente difuso. Un material ópticamente difuso dispersa en muchas direcciones cualquier luz incidente. La función de la capa reflectora de luz -14- es reflejar la luz del elemento emisor de luz -20- hacia el interior del dispositivo de sensor, es decir hacia los elementos detectores de luz -22-. En aquellas realizaciones del

dispositivo de sensor, según la invención, que no tienen una capa reflectora de luz, la capa de cobertura cumple la función de la capa reflectora de luz.

5 En la realización según la figura 1A, el elemento de relleno -18-, y en el sensor representado por la figura 1B el elemento de relleno -17-, rodea el elemento emisor de luz -20- y los elementos detectores de luz -22-. Esto se podría implementar por medio de un ejemplo a través de la aplicación de los elementos de relleno apropiados -17-, -18-, que están adaptados al elemento emisor de luz -20- y los elementos detectores de luz -22-.

10 En la realización mostrada en la figura 1A, los elementos de relleno -16-, -18- que tienen refractividades diferentes forman en la práctica una lente en el espacio interior del dispositivo de sensor. El espacio interior del dispositivo de sensor está confinado por la capa de cobertura o por la capa reflectora de luz y, en el lado opuesto del dispositivo, por el elemento de soporte, por dicho por lo menos un elemento emisor de luz dispuesto sobre el elemento de soporte, y por dicho por lo menos un elemento detector de luz. Es recomendable configurar los elementos de relleno -16- y -18- que tienen diferentes refractividades, de tal modo que la lente formada por éstos esté por encima tanto  
 15 del elemento emisor de luz -20- como de los elementos detectores de luz -22-. No es necesario que el elemento emisor de luz -20- este en el foco de la lente así formada, pero en caso de que se forme una lente, el grado de curvatura de la lente desempeña una función importante. La lente se utiliza para dispersar la luz del elemento emisor de luz -20- y asimismo para recoger la luz procedente de la capa reflectora de luz -14- y de la capa de cobertura -12- que confina los elementos de relleno -16- respecto del lado opuesto con respecto al elemento de relleno -18-. Como resultado de utilizar la lente, por una parte la luz del elemento emisor de luz -20- ilumina más uniformemente el interior de la cúpula formada por la capa de cobertura -12- y por la capa reflectora de luz -14-, y por otra parte los elementos detectores de luz -22- detectan más luz, tal como muestran las figuras 3 y 5. Seleccionando una forma apropiada de la lente, se puede conseguir que el elemento emisor de luz -20- radie la luz a una parte del espacio que corresponde al mayor ángulo posible del vértice del cono, y por lo tanto el sensor es más sensible también a  
 20 presiones laterales y tiene una mayor resolución. En este caso, los elementos detectores de luz -22- reciben los haces de luz reflejada también desde una parte mayor del espacio. En la presente y en muchas otras realizaciones a continuación, el dispositivo de sensor comprende una capa de cobertura en forma de cúpula, una capa reflectora de luz en forma de cúpula y elementos de relleno adaptados a las mismas. En cualquier realización de la invención que se describa a continuación, se pueden aplicar varios elementos de relleno con refractividades diferentes. La utilización de un único elemento de relleno con una refractividad uniforme, de acuerdo con el ejemplo mostrado en la figura 1B, equivale a tener la misma refractividad para el primer y el segundo elementos de relleno en la realización de la figura 1A. En caso de utilizar un único elemento de relleno a modo de ejemplo del elemento de relleno -17-, no se forma la lente explicada a continuación, pero se puede producir refracción en el límite entre el elemento de relleno -17- y el elemento emisor de luz -20- y los elementos detectores de luz -22-, respectivamente, y por lo tanto las ventajas de aplicar los elementos de relleno tal como se detalla en relación con las figuras 3 y 5, se manifiestan en cierta medida también en el ejemplo según la figura 1B.

El grosor de la capa de cobertura -12-, de la capa reflectora de luz -14- y de los elementos de relleno -16-, -18- pueden variar en función del material de la capa de cobertura y asimismo según la tarea específica. El grosor de las capas y de los elementos de relleno influyen sobre el intervalo de medida (es decir, la compresibilidad) del dispositivo de sensor además de su tamaño físico (altura, anchura) y masa.

Es conveniente seleccionar el mínimo grosor de la capa más exterior, es decir la capa de cobertura -12-, de manera que bloquee solamente en la medida adecuada la luz de los elementos luminosos existentes en el entorno de la aplicación. La función de la capa reflectora de luz -14- situada en el interior de la capa de cobertura -12- (siempre que la primera tenga un grosor adecuado) puede ser asumida asimismo por la capa de cobertura -12-, es decir, la aplicación de la capa reflectora de luz -14- es opcional. El grosor de la capa reflectora de luz -14- se debe dimensionar de tal modo que refleje una cantidad de luz suficiente para que se alcance el límite de medición. En general, se puede decir que el grosor mínimo de las dos capas mencionadas anteriormente, es decir, la capa de cobertura -12- y la capa reflectora de luz -14-, se puede especificar dependiendo de las características de salida deseadas del dispositivo de sensor. El grosor mínimo de los elementos de relleno -16-, -18-, respectivamente, es el valor en el que los elementos están sometidos a la fuerza máxima del intervalo de medida contemplado, y la deformación de los elementos de relleno -16- y -18- queda dentro de la parte útil del intervalo de medida, y no provoca saturación en la señal de salida; por consiguiente, incluso si los elementos de relleno -16- y -18- son sometidos a deformación máxima, se mantiene una distancia mínima desde el elemento detector de luz -22- requerida para la medición. El grosor máximo de los elementos de relleno -16- y -18- está determinado por el intervalo de medida mínimo, de tal modo que la mínima fuerza medible que actúa sobre la superficie del dispositivo de sensor conduce a una deformación tal que tiene como resultado un cambio detectable a la salida del dispositivo de sensor. Una proporción típica en relación con el grosor total del dispositivo de sensor es la siguiente: capa de cobertura 5%, capa reflectora de luz 1% y elemento o elementos de relleno 94%. Las consideraciones anteriores se pueden aplicar adecuadamente en todas las realizaciones del dispositivo de sensor, según la invención.

Cuando se aplican elementos de relleno fabricados de materiales con refractividad diferente, preferentemente se debe tener en cuenta su flexibilidad. Si la flexibilidad de los elementos de relleno es igual, entonces cada elemento de relleno se deforma en idéntica extensión bajo el impacto de una fuerza determinada. Sin embargo, si la flexibilidad de un elemento de relleno es, a modo de ejemplo, el doble de la del otro elemento de relleno, éstos se

deformarán en esta proporción bajo los impactos de una fuerza determinada. Por consiguiente, aplicando elementos de relleno que tienen flexibilidades diferentes, el intervalo de medida del dispositivo de sensor se puede extender preferentemente. Para la máxima deformación deseada, es posible utilizar dos o más elementos de relleno, donde la selección apropiada de la flexibilidad conducirá en la práctica a la deformación de un elemento de relleno en el caso de una carga unitaria, mientras que el otro u otros elementos de relleno comienzan solamente a deformarse en la práctica a muchos múltiplos de la carga unitaria. De este modo, se puede ampliar o ajustar el intervalo de medida del dispositivo de sensor.

Las características de la lente formada por los elementos de relleno -16- y -18- que se han descrito anteriormente se muestran en las figuras 2 y 3. En la figura 2 se muestra un dispositivo de sensor de la técnica anterior. Un dispositivo de sensor de la técnica anterior es diferente al dispositivo de sensor, según la invención, porque no hay ningún elemento de relleno entre la capa de cobertura -12- y la capa reflectora de luz -14- y entre el elemento emisor de luz -20-, los elementos detectores de luz -22- y el elemento de soporte -24-, respectivamente. En este dispositivo, la luz sale sin refracción del elemento emisor de luz -20-, y por consiguiente la luz del elemento emisor de luz -20- incide sobre la capa reflectora de luz -14- en el ángulo sólido de  $-\gamma$ . La figura muestra la curva de sensibilidad -26- que representa la sensibilidad predominante a lo largo de la superficie del dispositivo de sensor.

La figura 3 es una vista esquemática, en sección transversal, de una realización del dispositivo de sensor, según la invención. Esta realización se aparta de lo mostrado en la figura 1A en que en ésta el elemento director -21- no está dispuesto en torno al elemento emisor de luz -20-. Mediante la selección apropiada de geometría y refractividad de los elementos de relleno -16-, -18-, preferentemente se puede formar una lente sobre el elemento emisor de luz -20- y los elementos detectores de luz -22-, tal como se ha mencionado anteriormente. De manera similar a la figura 2, la figura 3 muestra asimismo el ángulo sólido de la luz emitida por el elemento emisor de luz -20-, incidiendo dicha luz sobre la capa reflectora de luz -14- y la capa de cobertura -12-. De manera similar al dispositivo de sensor de la técnica anterior, la luz es generada por el elemento emisor de luz -20- en el ángulo sólido  $-\gamma$ . Dado que el elemento de relleno -18- más denso que el medio llena el interior del elemento emisor de luz -20- y, por lo tanto, rodea con una refractividad mayor el elemento emisor de luz -20-, la luz que sale del elemento emisor de luz -20- es refractada sobre la superficie del elemento emisor de luz -20-, donde entra en el material del elemento de relleno -18-, y avanza por el mismo en el ángulo sólido  $-\alpha$ . El elemento de relleno -16- y el elemento de relleno -18- están fabricados preferentemente de materiales con refractividades diferentes, y por lo tanto la luz que sale del elemento de relleno -18- y entra al elemento de relleno -16- se refracta de nuevo en el límite de los elementos de relleno -16-, -18-, y avanza en el ángulo sólido  $-\beta$  en el elemento de relleno -16- hacia la capa reflectora de luz -14- y la capa de cobertura -12-. Mediante la selección apropiada de la refractividad de los elementos de relleno aplicados -16-, -18- se pueden ajustar los ángulos sólidos  $-\alpha$  y  $-\beta$  mostrados en la figura 3 y dirigidos a soportar el funcionamiento preferente del dispositivo de sensor.

Debido a la doble refracción de la luz procedente del elemento emisor de luz -20- y de la luz reflejada por la capa de cobertura y/o por la capa reflectora de luz, mediante dos elementos de relleno se puede conseguir un efecto aún más ventajoso. Por consiguiente, si los elementos de relleno -16-, -18- están diseñados adecuadamente, mediante un dispositivo de sensor, según la invención se puede detectar con alta precisión una presión que actúe sobre una superficie de la capa de cobertura -12- mucho mayor que con un dispositivo de sensor de la técnica anterior, tal como se muestra mediante la curva de sensibilidad -26- de una realización adecuada de la invención y mediante la curva -26'- de sensibilidad de la técnica anterior. De acuerdo con las refractividades de los elementos de relleno -16-, -18-, el tamaño y la posición del área iluminada por el elemento emisor de luz -20- pueden ser diferentes. Por consiguiente, el área iluminada se puede optimizar mediante la selección apropiada de los materiales utilizados. Cuando se compara la figura 3 con la figura 2, se puede extraer la conclusión de que por medio de la lente formada en el dispositivo de sensor, según la invención, la superficie útil del dispositivo de sensor adecuada para la detección aumenta sustancialmente en comparación con la técnica anterior. La interrelación de tamaños de los elementos de relleno -16-, -18- está influida por los parámetros de las lentes que se tienen que formar. La consideración más importante en la fabricación de las lentes es que los elementos detectores de luz -22- deberían caer en el intervalo de recogida de la lente. Además, los elementos de relleno -16-, -18- se pueden fabricar asimismo de materiales de dureza preferentemente diferente. En caso de que el elemento de relleno -18- esté fabricado de un material más duro, el elemento de relleno -18- se deforma menos que el elemento de relleno -16- cuando se aplica presión, y la lente formada mantiene mejor su forma. En este caso, al aumentar la presión, se deforma primero el elemento de relleno exterior -16-, y a continuación, en caso de un impacto mayor, el elemento de relleno interior -18-.

Las figuras 4 y 5 muestran la comparación del ángulo de visión (ángulo a media intensidad) de los elementos detectores de luz -22- aplicados en los dispositivos de sensor de la técnica anterior y el ángulo de visión de los elementos detectores de luz -22- según una realización de la invención. En el dispositivo de sensor de la técnica anterior, el elemento detector de luz -22- tiene un ángulo de visión  $-\zeta$ , pero al carecer de la utilización de un elemento de relleno, los haces de luz no se refractan homogéneamente sobre la superficie del elemento detector de luz -22-. El dispositivo de sensor de la técnica anterior tiene un intervalo de detección -28- de acuerdo con el ángulo de visión  $-\zeta$ .

La figura 5 es una vista esquemática, en sección transversal, del ángulo de visión del elemento detector de luz -22- en la realización de la figura 3. En esta realización, la luz se refracta en el límite de los elementos de relleno -16- y

-18-, y asimismo en el límite entre el elemento de relleno -18- y los elementos detectores de luz -22-. Por consiguiente, en el interior del elemento detector de luz -22-, la luz que se puede caracterizar por el ángulo de visión  $\zeta$  tiene un ángulo de visión  $\delta$  en el elemento de relleno -18-, y un ángulo de visión  $\varepsilon$  en el elemento de relleno -16-. Si los elementos de relleno -16- y -18- están diseñados adecuadamente, el intervalo de detección -28- definido por el ángulo de visión  $\varepsilon$  es mucho mayor que el intervalo de detección -28'- del dispositivo de sensor de la técnica anterior mostrado en la figura 4. De manera similar al área iluminada por el elemento emisor de luz -20-, en correspondencia con la lente formada por los elementos de relleno -16- y -18- fabricados de materiales que tienen refractividades diferentes, se puede variar el tamaño del área de recogida de los elementos detectores de luz -22-, es decir, el tamaño del área desde la cual se recogen los componentes reflejados de la luz radiada por el elemento emisor de luz -20-.

En las figuras 2 y 3,  $\gamma$  indica el ángulo sólido en el cual el elemento emisor de luz emite por lo menos el 50% de su intensidad. El resto de la intensidad se radia en el intervalo angular restante. Este fenómeno se ilustra en la figura 6, en la que se muestra un ejemplo que no forma parte de la invención, similar al de la figura 1B, y que difiere de la misma en que se omite el elemento director -21-. En las figuras 6 y 7, no se muestra la refracción de la luz en el límite del elemento emisor de luz -20- y el elemento de relleno -17-. En las figuras 6 y 7,  $\vartheta$  indica el ángulo sólido en el que el elemento emisor de luz -20- proporciona aproximadamente 50% de su intensidad, y  $\vartheta'$  representa el ángulo sólido en el que se aplica prácticamente toda la intensidad. Se puede observar que en el ejemplo según la figura 6, parte de la luz procedente del elemento emisor de luz -20- alcanza directamente los elementos detectores de luz -22-, lo que distorsiona la medición provocando un error. Para evitar este efecto, se puede aplicar el elemento director -21-. El ejemplo que no forma parte de la invención, mostrado en la figura 7, difiere del ejemplo de la figura 6 en que tiene el elemento director -21-. El elemento director -21- impide físicamente que el elemento emisor de luz -20- radie en un ángulo sólido mayor que uno determinado. Por consiguiente, la aplicación del elemento director -21- conduce a una solución más favorable que los enfoques de la técnica anterior, debido a que impide que la luz alcance los elementos detectores de luz -22- directamente desde el elemento emisor de luz -20- dado que esto provocaría un error. Por consiguiente, el elemento director -21- apantalla preferentemente el elemento emisor de luz -20-, por lo menos hasta la altura de los elementos detectores de luz -22-.

Con la aplicación común de los elementos de relleno y del elemento director, en ciertas realizaciones del dispositivo de sensor, según la invención, como resultado de la refracción o refracciones de la luz detalladas anteriormente, la superficie sensible del dispositivo de sensor se amplía sustancialmente en relación con las soluciones de la técnica anterior de tal modo que, al mismo tiempo, por medio del elemento director dispuesto alrededor del elemento emisor de luz, se impide que los haces de luz de intensidad menor, menos relevantes desde el punto de vista de la medición, que salen del elemento emisor de luz en un gran ángulo sólido alcancen directamente los elementos detectores de luz.

El apantallamiento de los haces de luz que provocan un error se mejora adicionalmente en el ejemplo, que no forma parte de la invención, de la figura 9 en comparación con el ejemplo mostrado en la figura 7. La figura 8 muestra que los haces de luz que salen del elemento emisor de luz -20- y son reflejados por la capa reflectora de luz -14- pueden alcanzar los elementos detectores de luz -22- también reflejados desde el elemento de soporte -24-. Este fenómeno, de manera similar a la situación mostrada en la figura 6, provoca error en la medición. Este efecto se puede evitar utilizando elementos directores -23- dispuestos alrededor de los elementos detectores de luz -22-, tal como se muestra en la figura 9. El elemento director -23- mostrado en la figura 9 impide que los haces de luz reflejados desde el elemento de soporte -24- entren al elemento detector de luz -22-, y facilita la restricción de aquellos haces de luz que son reflejados por la capa reflectora de luz, o en ciertas realizaciones por la capa de cobertura. La aplicación de los elementos directores -21- y/o -23- es especialmente ventajosa, debido a que un error que distorsiona los resultados de medición tiene asimismo otro impacto perjudicial. Los elementos detectores de luz aplicados en la práctica son sensibles, en la mayor parte de los casos, a la denominada saturación. Saturación significa que los elementos detectores de luz no pueden medir la intensidad por encima de un valor determinado, y después de la saturación, están excluidos del intervalo de medida, es decir pueden recibir y medir solamente la luz en una cantidad limitada. Otra consecuencia más es que cerca de la saturación, los elementos detectores de luz solamente pueden medir con una precisión menor. Por lo tanto, los problemas relacionados con la saturación se pueden reducir significativamente disminuyendo el error según la descripción anterior, mediante la utilización de uno o varios elementos directores. Al reducir el error, se puede evitar ventajosamente la saturación de los elementos detectores de luz, y la medición se puede alejar de la saturación y se hacen detectables cambios de intensidad muy pequeños.

En la realización mostrada en la figura 10, de manera similar a la realización mostrada en la figura 1A, se forman una o varias lentes por medio de elementos de relleno en el espacio entre la capa reflectora de luz -14- y el elemento de soporte -24-. En la realización mostrada en la figura 10, la lente está formada por elementos de relleno -30'- dispuestos sobre el elemento emisor de luz -20-, los elementos de relleno -30"- dispuestos sobre los elementos detectores de luz -22-, y el elemento de relleno -16'- que rellena el resto del espacio interior del dispositivo de sensor. En esta realización, los elementos de relleno -30'-, -30"- que tienen refractividad diferente a la del elemento de relleno -16'- están montados directamente sobre la superficie del elemento emisor de luz -20- y de los elementos detectores de luz -22-, es decir, son lentes locales. Al aplicar fuerza o presión sobre la capa de cobertura -12-, las lentes formadas por los elementos de relleno -30'-, -30"- se deforman solamente en una magnitud muy pequeña, y por lo tanto, preferentemente incluso en el caso de una deformación relativamente grande del dispositivo de sensor,

proporcionan una refracción apropiada. A diferencia de la utilización del elemento de relleno -18- que representa una lente común, la utilización de los elementos de relleno -30'-, -30"- es ventajosa asimismo debido a que, con una configuración apropiada de los mismos, la trayectoria del haz de luz se puede sintonizar y formar por separado para el elemento emisor de luz -20- y el elemento detector de luz -22-.

Por lo tanto, en la realización mostrada en la figura 10, mediante la aplicación de los elementos de relleno -30'-, -30"- que tienen preferentemente una refractividad diferente de la del material del elemento de relleno -16'-, se pueden formar lentes en diversas partes del espacio, en el espacio interior del dispositivo de sensor. Se pueden asimismo formar lentes utilizando elementos de relleno de una forma diferente a la de los elementos de relleno -30'-, -30"-; de nuevo en estos casos, el espacio interior restante del dispositivo de sensor se llena preferentemente con un material que tiene una refractividad diferente, pero es concebible que se pueda obtener una realización con características favorables sin la aplicación de otro elemento de relleno, es decir, cuando el espacio restante se llena con aire u otro gas. Mediante las lentes formadas por elementos de relleno, el dispositivo de sensor puede tener características no lineales, y mediante una lente formada bajo una selección determinada de la superficie de la capa de cobertura, el aumento de la sensibilidad del dispositivo de sensor se puede conseguir asimismo para la superficie determinada. La aplicación de la realización según la figura 10 es especialmente ventajosa, si se tiene que fabricar un dispositivo de sensor que tenga características predeterminadas.

Cabe señalar que en la formación de lentes, para el establecimiento de las trayectorias de luz adecuadas, se utilizan solamente las diferencias entre las refractividades de los materiales de los dos tipos de elementos de relleno.

La figura 11 muestra la realización de las figuras 3 y 5 ilustrando una trayectoria del haz de luz -36- a modo de ejemplo que parte del elemento emisor de luz -20-. Los haces radiados desde el elemento emisor de luz -20- alcanzan en puntos relativamente distantes entre sí la superficie interior de la capa reflectora de luz -14-, debido a la refracción de la luz en el límite de los elementos de relleno -16- y -18-. Después de ser reflejados por la capa reflectora de luz -14-, los haces de luz son refractados de nuevo en el límite de los elementos de relleno -16- y -18-, y de ese modo llegan a los elementos detectores de luz -22-. La figura 11 muestra solamente aquellos haces de luz a modo de ejemplo que, como resultado de la reflexión, llegan a los elementos detectores de luz -22- directamente desde el elemento emisor de luz -20-.

La figura 12 es una vista, en sección transversal, de un ejemplo que no forma parte de la invención montado con un elemento de relleno -17-. La figura representa una trayectoria del haz de luz -27- que llega a los elementos detectores de luz -22- directamente desde el elemento emisor de luz -20-, y a diferencia de la trayectoria del haz de luz -36- mostrada en la figura 11, ésta se refracta solamente en el límite entre el elemento emisor de luz -20- y el elemento de relleno -17-.

La figura 13 es una vista esquemática, en sección transversal, de la deformación de un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención, bajo el impacto de una fuerza en relación con un ejemplo muy similar al mostrado en la figura 12. El ejemplo mostrado en la figura 13 se diferencia solamente en el grosor de la capa de cobertura -12- y de la capa reflectora de luz -14-. La figura 13 muestra que el grosor de las capas se puede seleccionar libremente en función de la aplicación determinada.

En la figura 13, la dimensión original del dispositivo de sensor asociada con la situación sin fuerza está representada por una línea de trazos. Bajo el impacto de la fuerza -F- aplicada a la superficie del dispositivo de sensor, la capa de cobertura -12-, la capa reflectora de luz -14- y el elemento de relleno -17- pasan asimismo a deformarse. La deformación de la capa reflectora de luz -14- cambia la trayectoria del haz de luz -27- mostrado en la figura 12, a la trayectoria del haz de luz -27'-.

En la situación del dispositivo de sensor sin fuerza, mostrada como una vista esquemática, en sección transversal, a modo de ejemplo en la figura 12, y en la situación sometida a una fuerza que se muestra en la figura 13, llegan diversas cantidades de luz a cada elemento detector de luz -22- desde el elemento emisor de luz -20-. Es ventajoso ubicar los elementos detectores de luz -22- de manera ordenada, por ejemplo del modo mostrado en la figura 1B en los tres vértices de un triángulo equilátero. En este caso, en la situación resultante del dispositivo de sensor, llega una cantidad de luz prácticamente igual a cada elemento detector de luz -22- desde el elemento emisor de luz -20-. En la situación sometida a fuerza que se muestra en la figura 13, este equilibrio se quiebra, y como resultado del cambio de las trayectorias de luz, dependiendo de la magnitud y la dirección de la fuerza -F-, cada elemento detector de luz -22- está expuesto a una diferente cantidad de luz, es decir la cantidad de luz difiere respecto de la situación sin fuerza. Cuando el dispositivo de sensor está calibrado adecuadamente, a partir de las cantidades de luz medidas por medio de los elementos detectores de luz -22- se puede extraer una conclusión sobre la magnitud y la dirección de la fuerza -F-. Para determinar la magnitud y la dirección de la fuerza -F-, es necesaria la aplicación de, por lo menos, tres elementos detectores de luz -22- y por lo menos un elemento emisor de luz -20-.

En ciertas realizaciones, el dispositivo según la invención comprende elementos de relleno fabricados de un material flexible, pero incompresible. En estas realizaciones, el material de los elementos de relleno es flexible pero incompresible, es decir, no cambia su volumen como resultado de una deformación elástica. Que el volumen no cambie significa que cambia en una magnitud despreciable, tal como el volumen de los fluidos bajo el impacto de

una compresión, o que el volumen cambia solamente bajo el impacto de fuerzas especialmente fuertes que excedan el intervalo de medida del dispositivo de sensor.

La figura 13 muestra la deformación del dispositivo de sensor que no forma parte de la invención relleno de material incompresible, bajo el impacto de la fuerza -F-. Como resultado de esta incompresibilidad, el elemento de relleno se deforma según la figura, es decir, debido una fuerza que actúa en el centro de la cúpula, la cúpula se abomba a su alrededor. La figura muestra que como resultado de esta deformación, las trayectorias de los haces de luz -27- cambian sustancialmente, en comparación con las trayectorias de los haces de luz -27-, y por lo tanto con el cambio significativo de las trayectorias de los haces de luz, la cantidad de luz que llega a cada elemento detector de luz -22- difiere asimismo considerablemente de la detectada en una situación sin fuerza. Por lo tanto, mediante la aplicación de un elemento de relleno incompresible, se mejora la sensibilidad del dispositivo de sensor.

La fuerza se mide del siguiente modo. El elemento emisor de luz -20-, por ejemplo un LED infrarrojo, situado en el centro del elemento de soporte -24- que representa la unidad de confinamiento inferior del dispositivo de sensor, ilumina la capa reflectora de luz -14- a través del elemento de relleno -17-, y la intensidad de la luz reflejada por la capa reflectora de luz -14- se mide mediante los elementos detectores de luz -22-. Bajo el impacto de una fuerza externa cambia la forma de la capa de cobertura flexible -12-, es decir la forma de la cúpula exterior, y en función de la deformación de la cúpula varía la cantidad de luz reflejada cada elemento detector de luz -22-, y a partir de esta variación, se puede determinar la magnitud y la dirección de la fuerza ejercida.

La figura 14 muestra un detalle de las realizaciones del dispositivo de sensor, según la invención, que se muestra en la figura 1A: el elemento emisor de luz -20- y los elementos detectores de luz -22- dispuestos en el elemento de soporte -24-. Sin embargo, en el elemento de soporte circular -24-, el elemento o elementos emisores de luz -20- y el elemento o elementos detectores de luz -22- se pueden disponer en un orden diferente al que se muestra en la figura 14.

La figura 15 muestra que se aplican cables ópticos -84- y -82- para transmitir la luz al elemento emisor de luz -20- y desde los elementos detectores de luz -22- que recogen la luz reflejada, es decir, la parte electrónica del dispositivo de sensor no está dispuesta en el propio dispositivo de sensor. Los cables ópticos -82-, -84- se pueden unir en un haz -86-. Es recomendable disponer los cables ópticos -82-, -84- de acuerdo con los elementos emisores de luz -20- y los elementos detectores de luz -22- del dispositivo de sensor.

Las figuras 16A a 16G muestran varias disposiciones a modo de ejemplo del elemento o elementos emisores de luz -20- y del elemento o elementos detectores de luz -22-. Además de los mostrados, se pueden concebir asimismo otros dispositivos. En el caso de cada disposición, es necesario calibrar el dispositivo de sensor para hacerlo adecuado para medir la fuerza y la presión.

La figura 16A muestra la disposición del elemento emisor de luz -20- y de los elementos detectores de luz -22- que se han mostrado ya en las figuras 1A y 14. En las figuras 16B y 16C, de manera similar a la figura 16A, los elementos detectores de luz -22- están dispuestos de forma ordenada alrededor del elemento emisor de luz central -20-. En la figura 16B y en la figura 16C hay cuatro y ocho elementos detectores de luz -22-, respectivamente, alrededor del elemento emisor de luz -20-. Mediante la disposición de la figura 16B, los componentes independientes de la fuerza se pueden determinar directamente, y por lo tanto se pueden obtener de manera más simple que en la disposición de la figura 16A, debido a que cada elemento detector de luz -22- está dispuesto a 90° alrededor del elemento emisor de luz -20-. Otra ventaja de la disposición mostrada en la figura 16C frente a la disposición de la figura 16B, es que puede ser utilizada para conseguir una selectividad direccional adicional, es decir, mediante la utilización de elementos detectores de luz adicionales -22-, se puede obtener un resultado aún más preciso que el que se consigue con la disposición de la figura 16B.

A diferencia de las realizaciones presentadas hasta aquí, la figura 16D comprende más elementos emisores de luz -20-, en la presente realización tres, mientras que en la presente realización del dispositivo de sensor, está dispuesto elemento detector de luz -22- centralmente en el elemento de soporte -24-. La figura 16E muestra una disposición similar a la figura 16D, con la diferencia de que en esta realización cuatro elementos emisores de luz -20- rodean el elemento detector de luz -22- de manera ordenada, frente a los tres mostrados en la figura 16D. Mediante las disposiciones representadas en las figuras 16D y 16E, se pueden implementar a modo de ejemplo dos tipos de funciones. Dado que en estas realizaciones está dispuesto un único elemento detector de luz -22-, cuando se aplican los elementos emisores de luz -20- que emiten luz de la misma longitud de onda, estas realizaciones pueden detectar preferentemente el cambio en la intensidad de la luz medida, en comparación con la situación sin fuerza. En caso de utilizar los elementos emisores de luz -20- que emiten luz de diversas longitudes de onda, y aplicar el elemento detector de luz -22- que puede detectar selectivamente las intensidades de luz correspondientes a estas longitudes de onda, estas realizaciones pueden ser adecuadas asimismo para determinar la magnitud y la dirección de la fuerza de la presión. En la realización mostrada en la figura 16F, está de nuevo dispuesto un elemento emisor de luz -20- situado centralmente, rodeado por seis elementos detectores de luz -22- en un orden diferente al descrito anteriormente. La figura 16G muestra una disposición similar a la disposición de la figura 16F, de los elementos emisores de luz -20- y de los elementos detectores de luz -22-. Los seis elementos detectores de luz -22-, según la figura 16G, están dispuestos de manera ordenada en esta realización alrededor del elemento emisor de luz -20-.

Además de las disposiciones de los elementos emisores de luz -20- y de los elementos detectores de luz -22- presentados a modo de ejemplo, son concebibles muchas disposiciones favorables.

5 La figura 17 muestra un ejemplo que no forma parte de la invención, en el que el elemento emisor de luz -20- y el elemento detector de luz -22- están dispuestos en un elemento de soporte -38- de forma irregular, es decir, no plano como en las realizaciones mostradas anteriormente. Debido a la calibración, es de hecho concebible la aplicación de un elemento de soporte -38- de forma arbitraria, es decir, el dispositivo de sensor se puede diseñar de manera que se adapte a una superficie de forma arbitraria. Esto incrementa sustancialmente las posibilidades de aplicación del dispositivo de sensor. El presente ejemplo comprende un elemento de relleno -40-, pero se puede concebir  
10 asimismo la utilización de dos elementos de relleno que tengan refractividades diferentes, en una realización que se diferencie del presente ejemplo solamente en el diseño del elemento de relleno.

15 La figura 18 muestra otro ejemplo que no forma parte de la invención. En este ejemplo, el elemento emisor de luz -20- y los elementos detectores de luz -22- están dispuestos sobre un elemento de soporte plano -43-, pero en lugar de la capa de cobertura -12- prácticamente normal, se aplica una capa de cobertura de -42- amorfa. En el presente ejemplo, se utiliza un elemento de relleno -44- con una forma adaptada a la capa de cobertura -42-. En este ejemplo, no está dispuesta ninguna capa reflectora de luz entre la capa de cobertura -42- y el elemento de relleno -44-.

20 Por lo tanto, según las figuras 17 y 18, el elemento o elementos emisores de luz -20- y el elemento o elementos detectores de luz -22- se pueden disponer asimismo en un elemento de soporte -38- que tenga una forma flexible o amorfa. Dichas configuraciones amorfas se pueden aplicar de manera especialmente ventajosa en prótesis o en manos de robot, en las que las diversas áreas del sensor de presión, por ejemplo, la punta del dedo, no tengan forma de medio globo y sea beneficioso que el dispositivo de sensor esté conformado como una suerte de dedo. De este modo, por ejemplo, cuando se configura una mano, la presión puede ser detectada con un solo dispositivo de  
25 sensor en un área más extensa.

En el caso de dispositivos de sensor similares al ejemplo representado en la figura 18, si la capa de cobertura -42- tiene diseño cóncavo, las características de reflexión de los haces de luz procedentes del elemento emisor de luz -20- pueden ser muy particulares. Esto puede incluso conducir preferentemente a una configuración en la que el dispositivo de sensor es más sensible a la presión aplicada en una determinada parte del espacio.  
30

La figura 19 es una vista esquemática, en sección transversal, de un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención. En este ejemplo, el dispositivo de sensor comprende, además del elemento emisor de luz -20- y de los elementos detectores de luz -22-, una capa de cobertura -52-, una capa reflectora de luz -54'-, una pared lateral -54"- adecuadamente rígida y reflectante de la luz, un elemento de relleno -56- y un elemento de soporte -57-. El ejemplo mostrado en una vista esquemática, en sección transversal, puede tener un diseño cilíndrico, pero puede tener asimismo un diseño de prisma cuadrado. Los componentes de la fuerza -F- que actúa sobre la capa de cobertura -52- del dispositivo de sensor se pueden determinar asimismo en esta realización a partir de las intensidades de la luz detectadas mediante los elementos detectores de luz -22-. Aplicando el dispositivo de sensor, se puede medir preferentemente la presión acústica en un medio, incluso en agua, debido a que en este caso, los fenómenos de tipo filtro de paso bajo que surge ocasionalmente en el caso de los otros dispositivos de sensor no se produce en la pared delgada del dispositivo de sensor.  
40

La figura 20A representa un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención. En este ejemplo, el dispositivo de sensor comprende una capa de cobertura rígida -45-, confinada por una capa reflectora de luz -46- en su lado interior. La luz se refleja de manera difusa desde la capa de cobertura -45- y la capa reflectora de luz -46-, respectivamente, de manera similar a las realizaciones anteriores. Un elemento de relleno -50- está situado en el interior de la capa reflectora de luz -46-. La capa reflectora de luz -46- y el elemento de relleno -50- tienen características flexibles, pero la capa de cobertura -45- es rígida. En este ejemplo, la detección de las fuerzas se habilita mediante el anillo flexible -48- en todo el contorno. Por lo tanto, la capa de cobertura rígida significa que, a diferencia de los ejemplos mostrados anteriormente, la capa de cobertura es de una dureza tal que bajo el impacto de las fuerzas a las que está expuesta la capa de cobertura, prácticamente no se deforma, sino que la deformación se transfiere al anillo flexible -48-.  
50

55 De la manera mostrada en la figura 20B, bajo el impacto de la fuerza -F-, las diversas secciones del anillo -48- se distorsionan en diferentes magnitudes sobre la periferia del dispositivo de sensor. Esto se muestra en la vista esquemática, en sección transversal, de la figura 20B, de manera que el anillo -48- se comprime en el lado derecho del dispositivo de sensor tal como se muestra en la figura, y el lado izquierdo representado por la figura se expande bajo el impacto de la fuerza aplicada -F-. La trayectoria del haz de luz -49-, según la figura 20A, se transforma en la trayectoria del haz de luz -49'- como resultado de la deformación del dispositivo de sensor bajo el impacto de la fuerza -F-. Con la calibración adecuada, de manera similar al ejemplo que tiene una capa de cobertura flexible, se pueden determinar los componentes de la fuerza -F- que actúa sobre la capa de cobertura rígida -45-, a partir de la intensidad de la luz que procede del elemento emisor de luz -20- y llega a los elementos detectores de luz -22-. Por consiguiente, la determinación de las fuerzas que actúan sobre la capa de cobertura -45- está basada en el hecho de que, cuando está sometida a una fuerza, llega a los elementos detectores de luz -22- una cantidad de luz diferente a la que llega en una situación sin fuerza.  
60  
65

El ejemplo mostrado en la figura 20A es especialmente preferente debido a su alta estabilidad mecánica ofrecida por la aplicación de la capa de cobertura rígida -45-. Se reduce el efecto elástico provocado por la aplicación de la capa de cobertura flexible -12-, -42-. Por lo tanto, en este caso, no se mide la deformación de la capa de cobertura sino el desplazamiento de la capa de cobertura rígida -45-, e indirectamente la deformación del anillo flexible -48-.

Es preferible cubrir la capa de cobertura rígida -45- con una capa más flexible, preferentemente delgada, con la función principal de reducir el deslizamiento sobre la superficie del dispositivo de sensor. El intervalo de medida se puede ajustar con las dimensiones y características materiales del anillo flexible -48-. La capa de cobertura -45- determina el tamaño físico del dispositivo de sensor y el tamaño de la superficie en contacto con el anillo -48-.

La figura 21 muestra un dispositivo de sensor que no forma parte de la invención.

En este ejemplo, en comparación con el ejemplo mostrado en la figura 19, se intercambian las funciones de las unidades de confinamiento del dispositivo de sensor. Esto se debe a que éste comprende una capa de cobertura rígida -68- y un anillo flexible -70- que sirve como pared lateral. En este ejemplo, de manera similar al ejemplo introducido en la figura 20A, se mide la deformación del anillo flexible -70-. Cuando está sometido a una fuerza, por medio de los elementos detectores de luz -22- se mide el cambio de intensidad con respecto al estado sin fuerza, y a partir de esto se puede extraer una conclusión sobre la magnitud y la dirección de la fuerza -F-. En este ejemplo, en la práctica se puede determinar el ángulo de inclinación de la lámina de cobertura, es decir, de la capa de cobertura -68-.

La figura 22 muestra un ejemplo que no forma parte de la invención, similar al de la figura 21. En este ejemplo, un objeto sobresaliente rígido -72- está unido de manera sustancialmente perpendicular a la capa de cobertura -68-. En este ejemplo, preferentemente no es la capa de cobertura rígida -68- la que está sometida a una fuerza -F-, sino el objeto sobresaliente -72-. Como resultado de aplicar la fuerza -F- al objeto -72-, se deforma el anillo flexible -70-. El ejemplo mostrado en la figura 22 se puede generalizar: un objeto sobresaliente rígido se puede unir en cualquier orientación a la capa de cobertura rígida -68-. La ventaja es que cuando se configura en un tamaño adecuado, podría tener una deformación de incluso un centímetro de magnitud. El ejemplo representado por la figura 22 se puede utilizar ventajosamente para medir la fuerza del viento o de un flujo.

Los ejemplos mostrados en las figuras 20A, 21 y 22 se pueden implementar asimismo utilizando el saliente del elemento de relleno -50-, -56- en lugar del anillo flexible -48-, -70-, de tal modo que éste adopta la función del anillo flexible -48-, -70- al acoplar las capas de cobertura -44-, -68- a los elementos de soporte -24-, -57- y como resultado de la fuerza que actúa sobre las capas de cobertura -44-, -68-, es sometido a una deformación elástica. En este caso, las partes del elemento de relleno diseñado adecuadamente que están asociadas con la superficie del sensor de presión están recubiertas preferentemente con un material de bloqueo de la luz, silicona negra a modo de ejemplo, de tal modo que esta parte del dispositivo de sensor bloquea la luz del elemento emisor de luz -20- y los haces de luz procedentes del exterior del dispositivo de sensor. La disposición del recubrimiento se puede evitar en caso de que se impida de manera diferente que los haces de luz perturbadores procedentes del exterior lleguen a los elementos detectores de luz -22-.

Los ejemplos representados en las figuras 20A, 21 y 22 se pueden realizar asimismo con unidades de cobertura no rígidas caracterizadas por un coeficiente de elasticidad mucho mayor que el de los elementos de relleno. La ventaja de este diseño en lugar de un diseño rígido es que se obtiene una estructura más flexible, que es bastante más similar a los ejemplos que tienen una unidad de cobertura rígida, mediante lo cual, por ejemplo la sujeción de objetos se implementa de manera más sencilla, y cuando se mide la deformación que se produce como resultado de una fuerza, domina la compresión del elemento de relleno en comparación con la compresión de la unidad de cobertura.

En los ejemplos mostrados en las figuras 19, 21 y 22, el dispositivo de sensor comprende capas de cobertura planas -52-, -68- y por lo menos un elemento de relleno -56- que tiene una forma adaptada a las primeras. En algunos de estos ejemplos, el dispositivo de sensor tiene una capa reflectora de luz plana -54'-, -66- que tiene una forma adaptada a la del elemento de relleno -56-.

En muchas realizaciones del dispositivo de sensor, según la invención, éste comprende una capa de cobertura flexible -12-, -42-, -52-. En ciertas realizaciones, el dispositivo de sensor comprende una capa reflectora de luz -14-, -46-, -54'- dispuesta por debajo de la capa de cobertura flexible -12-, -42-, -52-. El dispositivo de sensor, según la invención, comprende además, bajo la capa de cobertura flexible -12-, -42-, -52- y la capa opcional reflectora de luz -14-, -46-, -54'- según la descripción anterior, elementos de relleno transparentes, flexibles -16-, -16'-, -18-, -30'-, -30"-, -40-, -44-, -50-, -56-. Gracias a este diseño especial en capas, las dimensiones y el intervalo de medida del dispositivo de sensor pueden variar dentro de amplios límites, y por medio de la capa de cobertura -12-, -42-, -52- y de la capa reflectora de luz -14-, -46-, -54'- utilizada opcionalmente, se pueden eliminar los efectos de la iluminación externa. Además, el diseño en capas proporciona asimismo protección mecánica al dispositivo de sensor, y la capa de cobertura aumenta asimismo la estabilidad de la sujeción. Expandiendo la superficie de contacto del dispositivo de sensor, es decir, aumentando el tamaño de los componentes de la estructura en capas, se puede conseguir una distribución más uniforme de la fuerza que actúa sobre el objeto.

5 Los tamaños físicos del dispositivo de sensor, según la invención, están determinados por las dimensiones de la capa de cobertura, y de los elementos detectores de luz y elementos emisores de luz aplicados. El tamaño del dispositivo de sensor se puede reducir incluso a magnitudes milimétricas aplicando los actuales fotodiodos y LEDs infrarrojos integrados en silicona o montados en superficie, ampliamente utilizados actualmente. Por consiguiente, las dimensiones del dispositivo de sensor se pueden adaptar bien a determinadas aplicaciones, y al diseño de un campo de sensores, incluso de una piel artificial, en base a los dispositivos de sensor.

10 Una importante función de los elementos de relleno es llenar por completo el espacio interior del dispositivo de sensor y, aplicados en ciertas realizaciones del dispositivo de sensor, según la invención, reforzar la estructura mecánica del dispositivo de sensor, y además su aplicación facilita ampliar el límite de medición del dispositivo de sensor y la protección mecánica del dispositivo de sensor. La estructura mecánica del dispositivo de sensor, según la invención, permite una medición de presión de gran precisión en la mayor parte de su superficie diseñada para medir, y garantiza la determinación del punto de aplicación de la fuerza de presión que actúa sobre el dispositivo de sensor. El diseño simple del dispositivo de sensor permite la utilización de un número mínimo de cables (tierra, tensión de alimentación, accionamiento del elemento emisor de luz, señal de los elementos detectores de luz), número que se puede reducir situando la electrónica del proceso en el dispositivo de sensor u organizando los dispositivos de sensor en una matriz.

20 En los ejemplos amorfos mostrados en las figuras 17 y 18, los componentes de la fuerza se pueden determinar preferentemente mediante funciones de calibración de aplicación y de medición. Una característica importante del dispositivo de sensor, según la invención, es que los elementos de relleno se fabrican de un material sólido flexible, por ejemplo de silicona. Esto se debe a que, en el caso de utilizar un relleno gaseoso, cualesquiera pequeños intersticios tendrían como resultado la fuga del gas del espacio interior bajo compresión, y a continuación con la interrupción de la fuerza aplicada, éste fluiría hacia atrás a través del mismo intersticio. Esto haría considerablemente más lento retener la forma original de la capa de cobertura flexible, es decir disminuiría el comportamiento dinámico del dispositivo de sensor. En el caso de un relleno de líquido, la formación de intersticios y las fugas resultantes de fuerzas mayores harían el dispositivo de sensor inadecuado para su utilización.

30 Otra ventaja de utilizar elementos de relleno de material flexible es que estos permiten la formación de un dispositivo de sensor caracterizado por dimensiones de menos de 1 cm, manteniendo el mismo intervalo de detección, lo cual sin los elementos de relleno no sería viable con los componentes electrónicos comercializados actualmente. Esto se debe a que en este intervalo de tamaños, la capa de cobertura debería ser delgada (pero tiene que quedar dentro de magnitudes milimétricas, debido a que se requiere una apropiada distancia mínima para la reflexión de la luz), la cual se deforma sensiblemente incluso bajo el impacto de una fuerza pequeña cuando está fabricada de silicona sin la aplicación de un elemento de relleno. Por lo tanto, dichos dispositivos de sensor bien conocidos son sensibles, pero solamente en un intervalo pequeño. Debido al elemento de relleno, el grosor de la capa deformable aumenta, y por lo tanto el intervalo del sensor se puede ampliar sustancialmente.

40 Otra ventaja de utilizar elementos de relleno es que debido a su refractividad, diferente a la del material de envoltura transparente de los elementos detectores de luz y de los elementos emisores de luz, los elementos de relleno forman una lente alrededor de las unidades. Como resultado, el elemento emisor de luz, por ejemplo un LED de infrarrojos, ilumina mejor, más uniformemente y en un intervalo mayor la superficie interior de la capa de cobertura y, opcionalmente, la capa reflectora de luz, y los elementos detectores de luz detectan luz dispersada desde un área mayor. Por consiguiente, la aplicación de un elemento de relleno aumenta la sensibilidad del dispositivo de sensor.

45 Por supuesto, la invención no se limita a las realizaciones preferentes descritas en detalle anteriormente, sino que son posibles otras variantes, modificaciones y desarrollos dentro del alcance de protección determinado por las reivindicaciones.

50

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de sensor, para detectar presión o fuerza, que comprende:

- 5 - un elemento de soporte (24, 38, 43, 57),
- por lo menos un elemento emisor de luz (20) dispuesto en el elemento de soporte (24, 38, 43, 57),
- 10 - por lo menos un elemento detector de luz (22) dispuesto en el elemento de soporte (24, 38, 43, 57), y
- una capa de cobertura (12, 42, 45, 52, 68) que refleja por lo menos una parte de la luz emitida por el elemento emisor de luz (20) a dicho por lo menos un elemento detector de luz,

**caracterizado por que** comprende además

- 15 - un primer elemento de relleno (16, 16') y un segundo elemento de relleno (18, 30', 30") que tienen refractividades diferentes, siendo dichos elementos de relleno (16, 16', 18, 30', 30") transparentes, llenando por lo menos parcialmente el espacio entre el elemento de soporte (24, 38, 43, 57) y la capa de cobertura (12, 42, 45, 52, 68) y estando fabricados de un material flexible.

2. Dispositivo, según la reivindicación 1, **caracterizado por que** comprende una capa reflectora de luz (14, 46, 54') dispuesta a lo largo de la capa de cobertura (12, 42, 45, 52, 68).

3. Dispositivo, según la reivindicación 2, **caracterizado por que** los elementos de relleno (16, 16', 18, 30', 30") llenan el espacio entre la capa de cobertura (12, 42, 45, 52, 68) y el elemento de soporte (24, 38, 43, 57), o el espacio entre la capa reflectora de luz (14, 46, 54') y el elemento de soporte (24, 38, 43, 57), de tal modo que el segundo elemento de relleno (18, 30', 30") rodea dicho por lo menos un elemento emisor de luz (20) y dicho por lo menos un elemento detector de luz (22).

4. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** está dispuesto un elemento de relleno común (18) para dicho por lo menos un elemento emisor de luz (20) y dicho por lo menos un elemento detector de luz (22).

5. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** están dispuestos elementos de relleno independientes (30', 30") para dicho por lo menos un elemento emisor de luz (20) y dicho por lo menos un elemento detector de luz (22).

6. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** los elementos de relleno (16, 16', 18, 30', 30") están fabricados de un material incompresible.

7. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** está dispuesto un elemento director (21, 23) alrededor de dicho por lo menos un elemento emisor de luz (20) y/o de dicho por lo menos un elemento detector de luz (22).

8. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** está conectado un cable óptico a dicho por lo menos un elemento emisor de luz (20) y/o a dicho por lo menos un elemento detector de luz (22).

9. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 8, **caracterizado por que** comprende una capa de cobertura en forma de cúpula (12, 45), una capa reflectora de luz en forma de cúpula (14, 46) y los elementos de relleno (16, 16', 18, 30', 30") tienen una forma adaptada a las capas.

10. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** comprende una capa de cobertura plana (52, 68) y los elementos de relleno tienen una forma adaptada a la capa.

11. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado por que** comprende por lo menos tres elementos detectores de luz (22) dispuestos alrededor de dicho por lo menos un elemento emisor de luz (20).

12. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado por que** comprende por lo menos un elemento emisor de luz (20) configurado para emitir luz infrarroja y por lo menos un elemento detector de luz (22) configurado para detectar luz infrarroja.

13. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** comprende una capa de cobertura flexible (12, 42, 52).

14. Dispositivo, según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado por que** comprende una capa de cobertura rígida (45, 68) y además un anillo flexible (48, 70) está acoplado al borde de la capa de cobertura (45, 68).

5 15. Dispositivo, según la reivindicación 14, **caracterizado por que** un objeto rígido sobresaliente (72) está acoplado a la capa de cobertura rígida (45, 68).

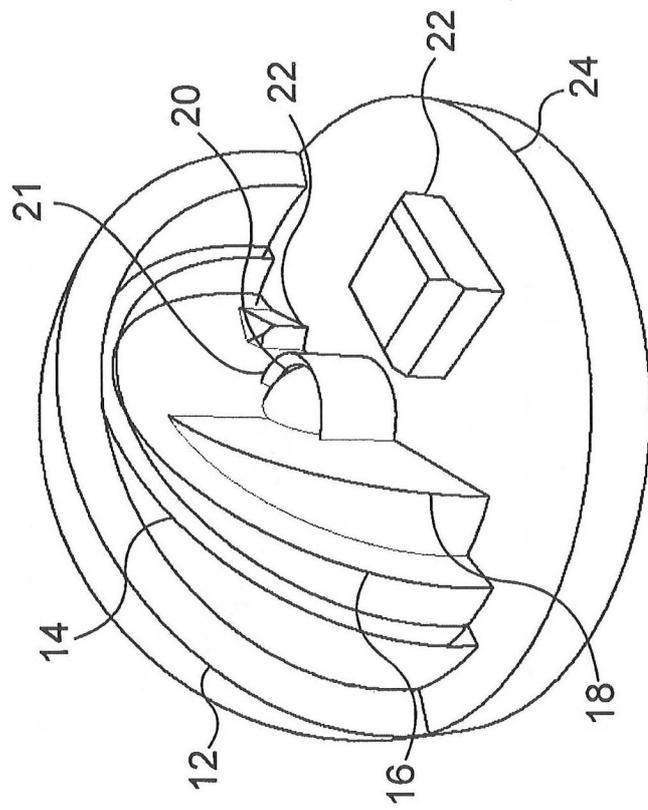


Fig. 1A

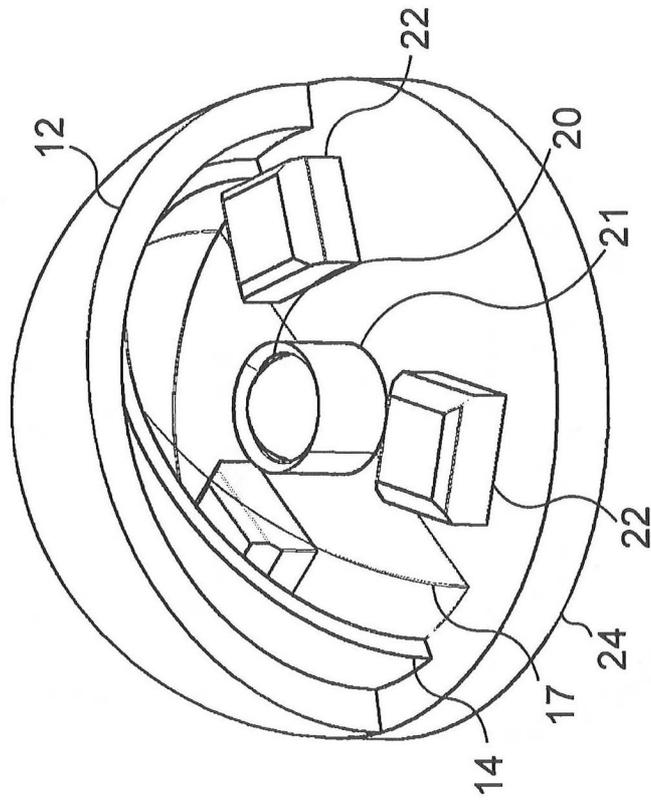


Fig. 1B

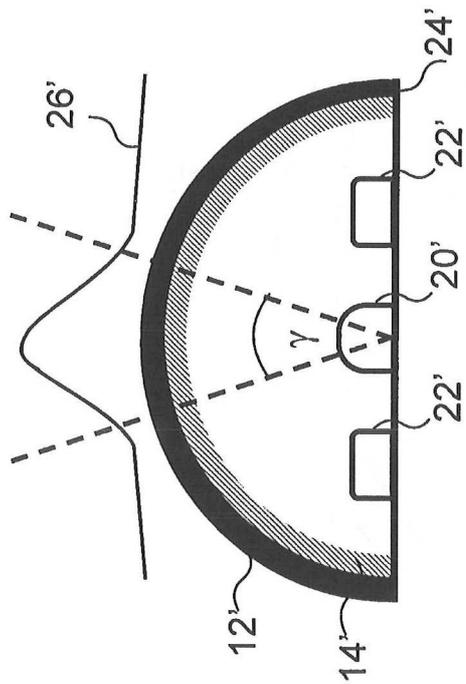


Fig. 2

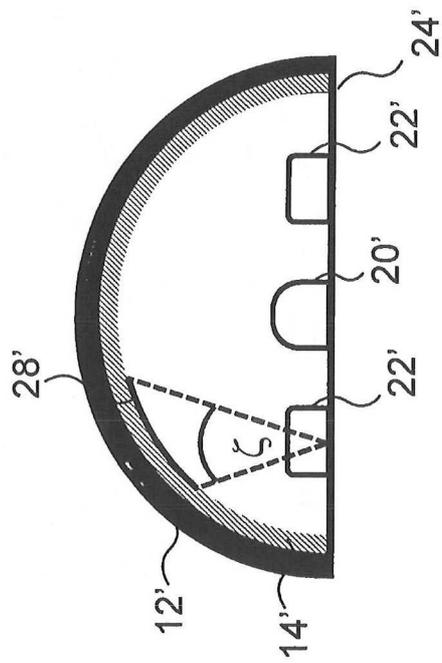


Fig. 4

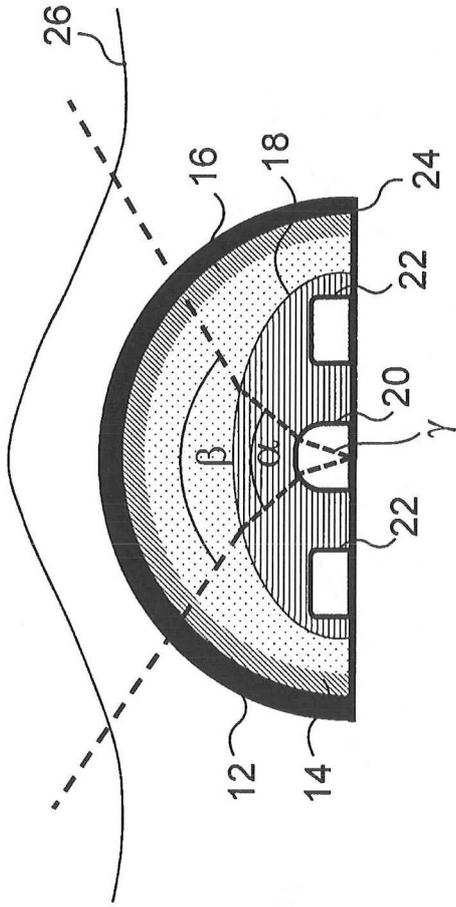


Fig. 3

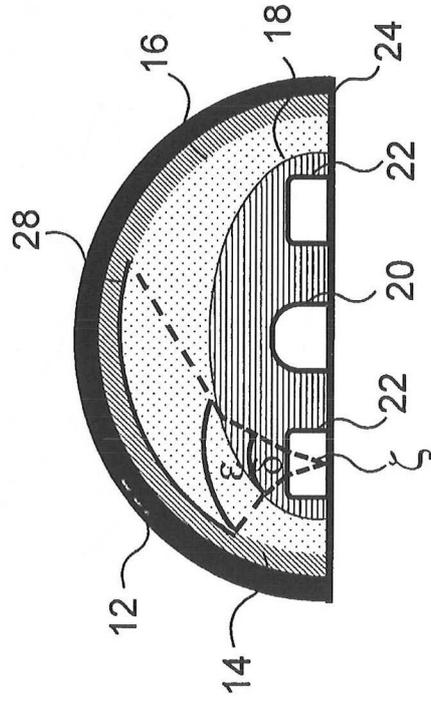


Fig. 5

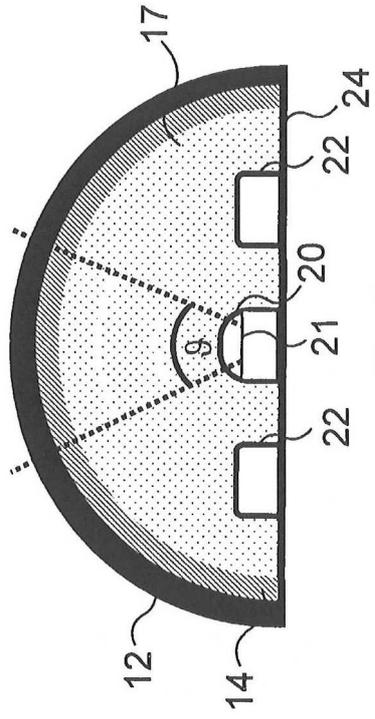


Fig. 7

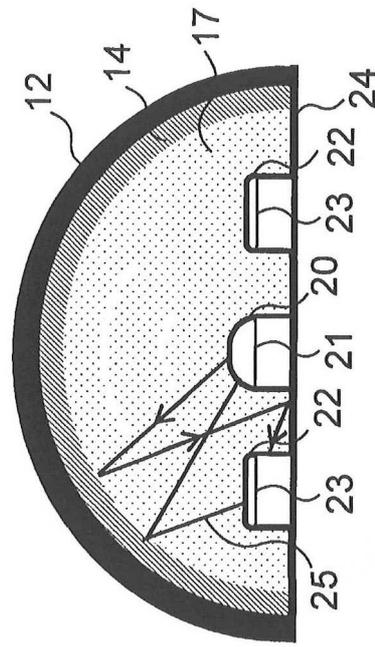


Fig. 9

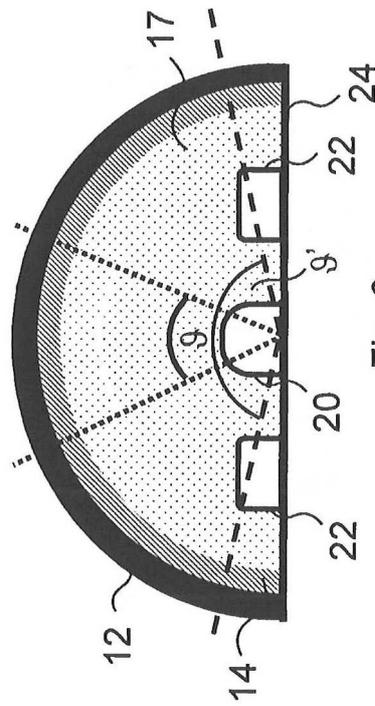


Fig. 6

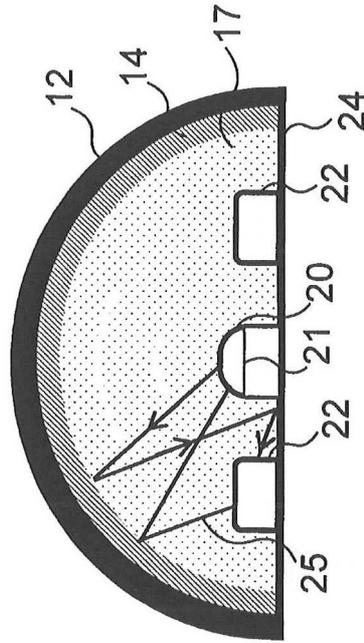


Fig. 8

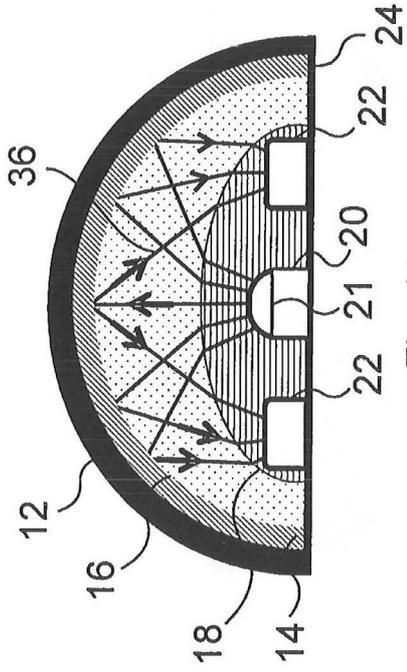


Fig. 11

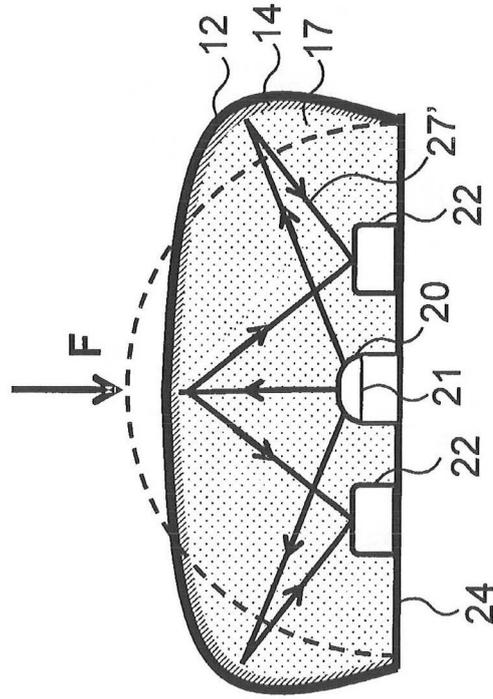


Fig. 13

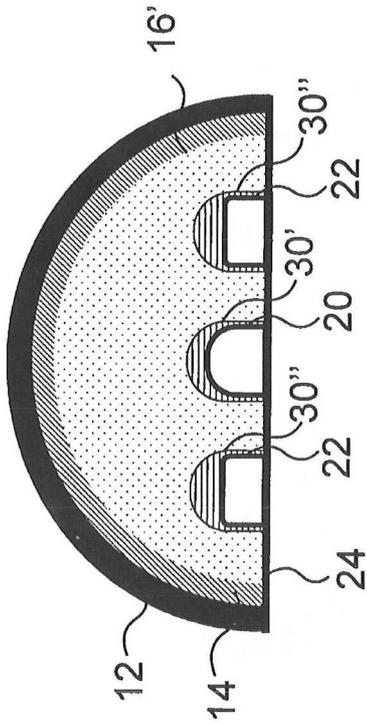


Fig. 10

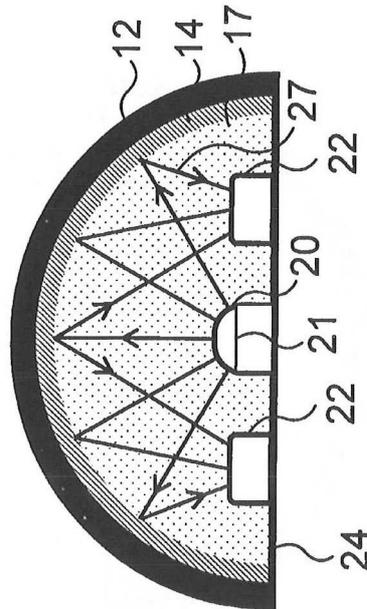


Fig. 12

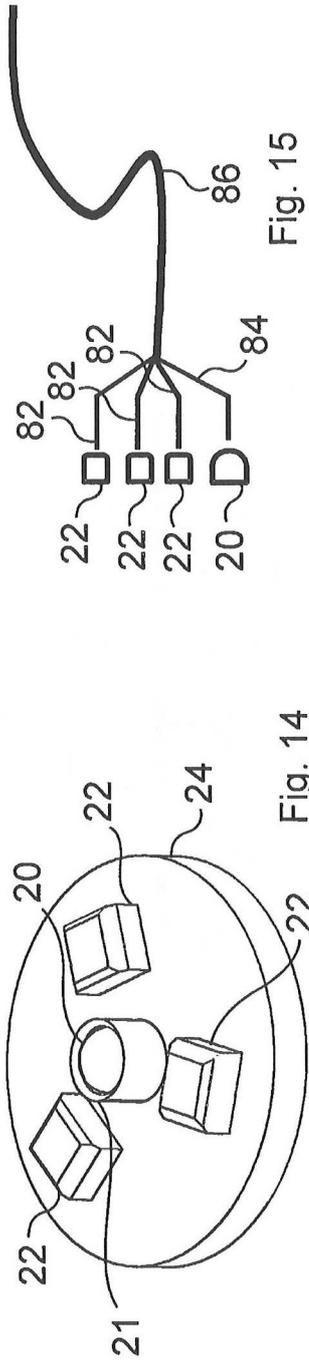


Fig. 15

Fig. 14

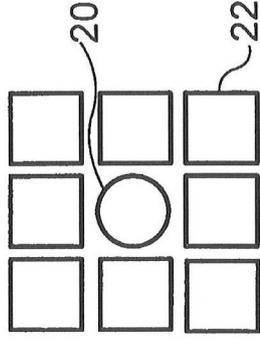


Fig. 16A

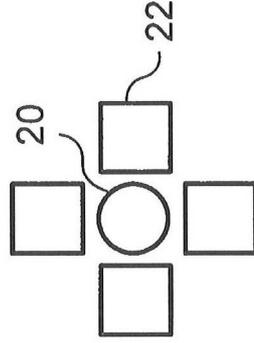


Fig. 16B

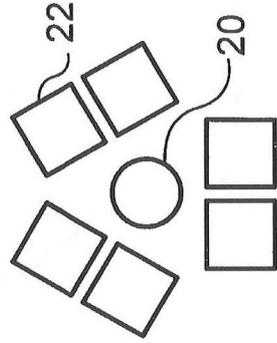


Fig. 16C

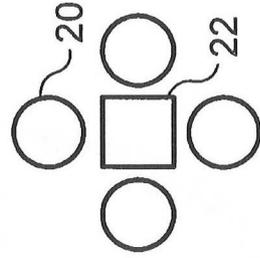


Fig. 16D

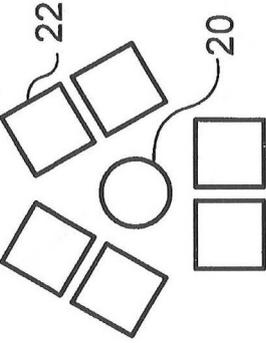


Fig. 16E

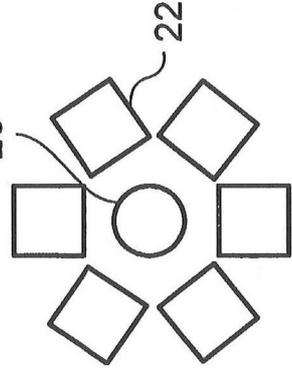


Fig. 16F

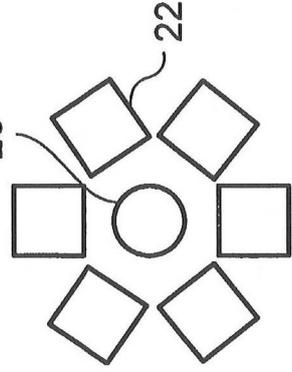


Fig. 16G

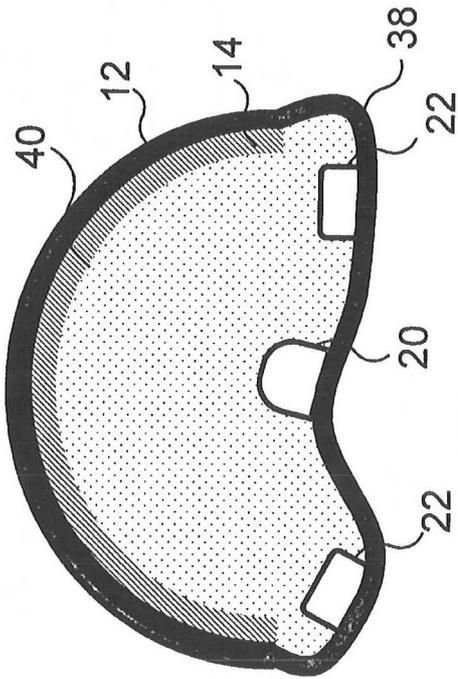


Fig. 17

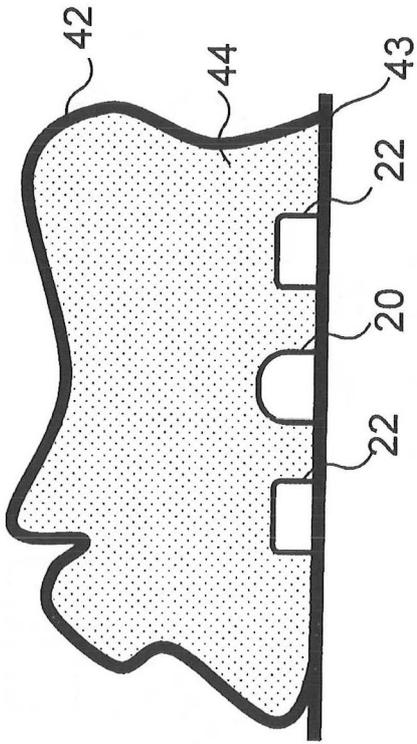


Fig. 18

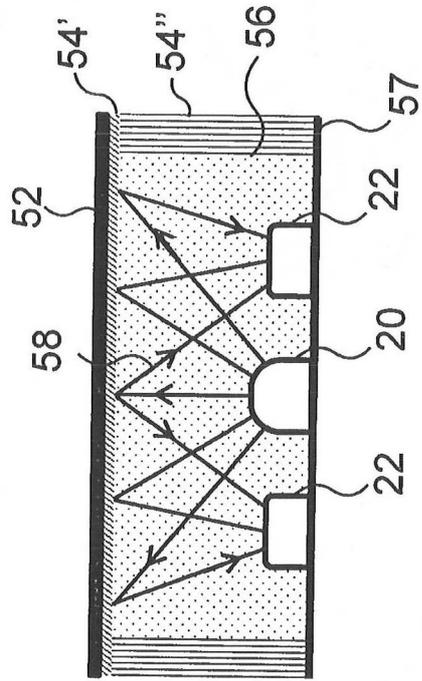


Fig. 19

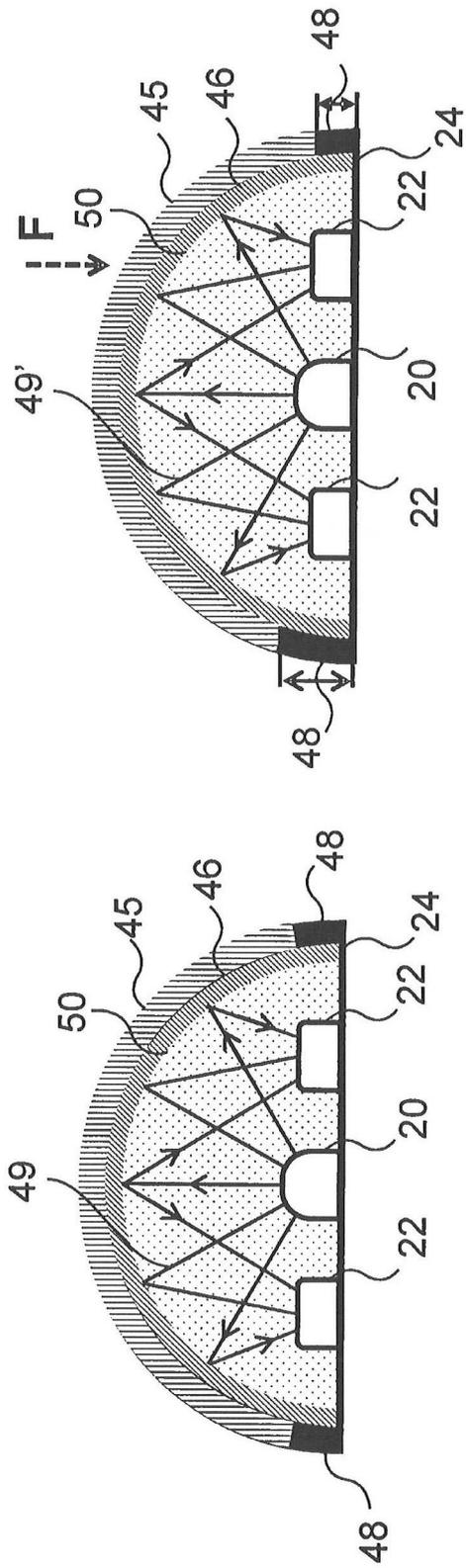


Fig. 20B

Fig. 20A

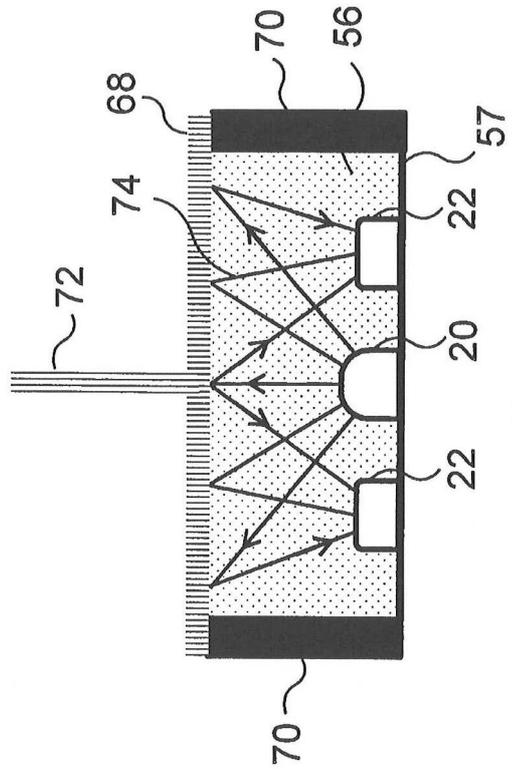


Fig. 22

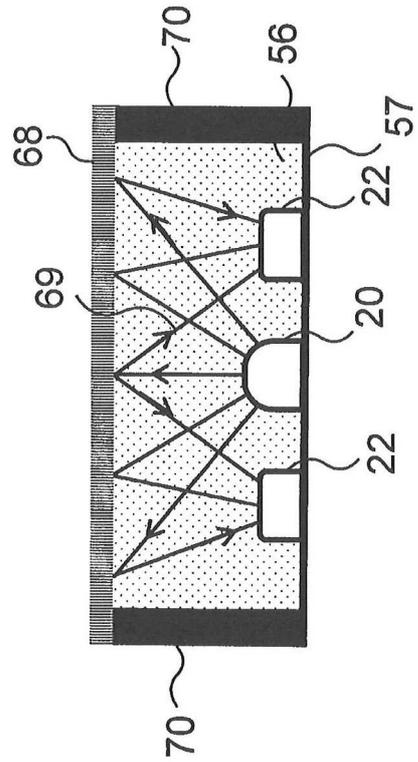


Fig. 21