

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 970 406**

51 Int. Cl.:

**A61B 1/227** (2006.01)  
**A61B 1/06** (2006.01)  
**A61B 5/107** (2006.01)  
**G01B 11/25** (2006.01)  
**G01B 11/245** (2006.01)  
**A61B 1/00** (2006.01)  
**A61B 1/05** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2011 E 18170101 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.11.2023 EP 3403568**

54 Título: **Escaneo de cavidades con accesibilidad restringida**

30 Prioridad:

**30.03.2010 US 31888210 P**  
**30.03.2010 DK PA201000264**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**28.05.2024**

73 Titular/es:

**3SHAPE A/S (100.0%)**  
**Holmens Kanal 7**  
**1060 Copenhagen K, DK**

72 Inventor/es:

**VINTHER, MICHAEL;**  
**FISCHER, DAVID;**  
**HOLLENBECK, KARL-JOSEF y**  
**VAN DER POEL, MIKE**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 970 406 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

Escaneo de cavidades con accesibilidad restringida

- 5 La descripción se refiere a la creación de réplicas tridimensionales de alta precisión de objetos reales. La descripción específicamente concierne al escaneo tridimensional de superficies interiores o cavidades de dimensiones limitadas o con accesibilidad restringida. Además, la descripción se refiere en particular a escanear la oreja y el canal auditivo humanos. En la técnica anterior se conocen bien sistemas para escaneo óptico tridimensional. Típicamente comprenden una o más fuentes de luz que proyectan un patrón de luz estructurada
- 10 sobre el objeto que va a ser escaneado, una o más cámaras y equipos de procesamiento de datos para convertir las coordenadas de imagen grabada a coordenadas tridimensionales usando software del estado de la técnica. Usualmente, únicamente se escanea una parte del objeto en un único escaneo. Para crear un escaneo completo, objeto, cámara y fuente de luz tienen que ser movidos relativamente entre sí.
- 15 Exactitud y precisión son de importancia capital en muchas aplicaciones, p. ej. cuando los datos de escaneo se usan para modelar un objeto que debe encajar con precisión en otra parte. Tales aplicaciones son, p. ej., dispositivos para el canal auditivo tales como audífonos, implantes dentales y otras prótesis para el cuerpo. Para carcasas de audífono, se requiere precisión submilimétrica por temor de que la carcasa provoque irritación, reacción acústica y posiblemente infección a la epidermis del canal auditivo. Para implantes dentales el requisito de precisión es incluso mayor, dado que un ser humano puede detectar diferencias de menos de 1/10 de un milímetro cuando muerde. Por lo tanto, errores sistemáticos o aleatorios en la calibración y/o en las prestaciones de escáneres para estos usos pueden ser graves. Hasta ahora esto ha limitado el uso de escaneo en el modelado de tales implantes y carcasas.
- 20 de precisión es incluso mayor, dado que un ser humano puede detectar diferencias de menos de 1/10 de un milímetro cuando muerde. Por lo tanto, errores sistemáticos o aleatorios en la calibración y/o en las prestaciones de escáneres para estos usos pueden ser graves. Hasta ahora esto ha limitado el uso de escaneo en el modelado de tales implantes y carcasas.
- 25 El documento US2009/087050 divulga un escáner para escanear un diente o una pluralidad de dientes o una estampación dental. El escáner comprende un proyector para proyectar un patrón sobre el objeto y una cámara que comprende una óptica de grabación y un sensor de imagen. La óptica de grabación comprende una primera óptica de obtención de imágenes y una segunda óptica de obtención de imágenes.
- 30 El documento GB2328280 divulga una disposición para adquirir la forma 3D de un objeto, la disposición comprende una cámara digital monocular o estereoscópica provista opcionalmente de un sensor inercial que indica la posición y/u orientación de la(s) cámara(s) en relación con el objeto, ya sea para facilitar la derivación de información 3D a partir de imágenes superpuestas en el primer caso o la combinación de conjuntos de datos 3D en el segundo. Se puede prescindir del sensor inercial o utilizarlo únicamente para determinar la rotación
- 35 relativa de una única cámara, determinándose la traslación mediante el rastreo de una red de puntos en la imagen. Un procesador de imágenes puede utilizar líneas epipolares convergentes que constriñen la búsqueda de regiones correlacionadas de las imágenes, o un patrón fractal proyectado cuyas regiones correlacionadas pueden identificarse a partir de su topología idéntica en ambas imágenes.
- 40 El documento EP2166303 divulga un escáner que tiene un soporte en el que están dispuestos de manera estratificada nueve proyectores y nueve cámaras, donde las cámaras graban un objeto, p. ej. dientes. Los proyectores proyectan una muestra sobre el objeto, donde cada proyector incluye una fuente de luz, p. ej. LED, máscara y una lente de proyector. La máscara y la lente de proyector forman una unidad de interconexión, donde cada cámara incluye un sensor de imagen y una lente de cámara. Las lentes de proyector y/o las lentes de
- 45 cámara están integradas en una lente de sistema.
- El documento WO2002071794 describe la modificación de un modelo 3D digital de una impresión de oreja. Se elimina una superficie existente del modelo 3D digital y se construye una nueva superficie mediante un procedimiento de elevación.
- 50 Wang et al. describe un método para crear modelos 3D de escenas reales cuando no se muestrean todas las partes de la escena debido a propiedades de reflectancia de superficie, oclusiones o limitaciones de accesibilidad.
- 55 Se divulga un método para escanear superficies interiores, donde el método comprende:
- proporcionar un escáner en forma de sonda que tiene un eje, donde el escáner en forma de sonda comprende:
    - al menos una fuente de luz configurada para crear y proyectar luz estructurada, y
    - al menos una cámara configurada para grabar imágenes 2D;
  - introducir dicho escáner en forma de sonda en una cavidad de un objeto, donde dicha cavidad está limitada por una superficie interior del objeto;
  - crear y proyectar luz estructurada desde dicha fuente de luz de la sonda produciendo un patrón sobre la

superficie interior del objeto;

- grabar una serie de imágenes 2D de la reflexión del patrón desde la superficie interior usando dicha cámara;

5 - combinar dicha serie de imágenes 2D para obtener coordenadas 3D del mundo real de la superficie interior; y

- proporcionar datos y procesar dichos datos de tal manera que se crea información de superficie para áreas de la superficie, donde el escaneo de imagen no se completa.

10 El método puede ser adecuado en particular para escanear superficies interiores parcialmente obstruidas, donde el acceso visual a parte de la superficie interior está bloqueado debido a p. ej. impurezas y/o debido a la forma geométrica de la superficie interior donde p. ej. curvas pueden impedir el acceso visual a una parte de la superficie interior.

15 El método también puede ser aplicable al escaneo de superficies interiores donde se proporciona acceso visual sobre toda la superficie escaneada.

En algunas realizaciones de la descripción, el método comprende:

20 - proporcionar que la cámara comprenda una pluralidad de elementos de sensor o una pluralidad de grupos de elementos de sensor;

- variar el plano de enfoque del patrón sobre una variedad de posiciones de plano de enfoque mientras se mantiene una relación espacial sustancialmente fija de la cámara y dicha superficie interior,

25 donde la combinación de imágenes 2D comprende determinar por análisis de dichas imágenes 2D las posiciones enfocadas del plano de enfoque para:

30 a) cada uno de una pluralidad de elementos de sensor en la cámara para dicha variedad de posiciones de plano de enfoque, o

b) cada uno de una pluralidad de grupos de los elementos de sensor en la cámara para dicha variedad de planos de enfoque,

35 y donde dichas coordenadas 3D del mundo real son de dichas posiciones enfocadas.

Se divulga un sistema de escáner para escaneo tridimensional de superficies interiores, comprendiendo dicho escáner:

40 - un escáner en forma de sonda configurado para ser introducido en una cavidad, comprendiendo dicho escáner en forma de sonda

· al menos una fuente de luz adaptada para crear y proyectar luz estructurada que produce un patrón sobre la superficie interior de un objeto, donde dicha fuente de luz emite luz desde un punto de emisión; y

45 · al menos una cámara, adaptada para grabar imágenes 2D del patrón, donde la cámara acumula luz en un punto de acumulación;

50 - un dispositivo de conversión de datos adaptado para convertir imágenes 2D en coordenadas 3D del mundo real,

- un dispositivo de procesamiento de datos configurado crear información de superficie para áreas de la superficie, donde el escaneo de imagen no se completa.

55 Se divulga un método para escanear superficies interiores que comprende

- introducir un escáner en forma de sonda que tiene un eje en una cavidad,

60 - crear y proyectar luz estructurada desde una fuente de luz sobre la sonda produciendo un patrón sobre una superficie interior de un objeto, y en una cámara de la sonda, grabar imágenes 2D del patrón reflejado desde la superficie interior, realizando de ese modo un escaneo alrededor del eje de la sonda,

- determinar coordenadas 2D de las imágenes del patrón,

65 - combinar una serie de imágenes para obtener coordenadas 3D del mundo real de la superficie interior, y

- procesar datos de manera que se crea información de superficie de áreas de la superficie, donde el escaneo de imagen no se completa.

5 En consecuencia, una ventaja es que se puede obtener información de superficie para, p. ej., áreas donde no hay imágenes 2D grabadas, debido a, p. ej., orificios de la información de superficie, usando, p. ej., clases de datos distintos datos de imagen.

10 Los datos que se proporcionan y procesan para crear información de superficie, se obtienen de las imágenes 2D grabadas.

En algunas realizaciones, el escáner en forma de sonda tiene un eje y donde se realiza un escaneo alrededor del eje.

15 En el contexto de la presente invención, la frase "orificio en la información de superficie" se puede referir a una parte de la superficie donde faltan datos. Tal falta de datos puede ocurrir p. ej. cuando el acceso visual a la superficie interior está bloqueado. Los orificios también se pueden denominar orificios ocluidos cuando son causados por un objeto que bloquea el acceso visual a la superficie interior del objeto.

20 Además es una ventaja que se puede obtener información de superficie incluso si la superficie en, p. ej., la oreja no está limpia, de manera que imágenes 2D no muestran correctamente la superficie grabada, p. ej., si hay objetos extraños, tales como cera de oreja en la oreja que cubre partes de la superficie, o si hay otros objetos extraños tales como pelo, cicatrices o animales en la oreja que disminuyen la calidad del escaneo. Así objeto extraño puede ser pelo, cera de oreja, animales pequeños tales como insectos, huevos de insectos, perlas, arena, suciedad, espinillas, cicatrices, etc.

25 En consecuencia, puede ser una ventaja que antes de escanear, se tenga que enjuagar la oreja del paciente para retirar objetos extraños tales como cerumen o cera de oreja. Por la presente el paciente no tiene que visitar a un médico para que le enjuague las orejas. En algunos casos puede ser ventajoso aplicar un material difusivamente reflectante a la superficie del canal auditivo si la apariencia es demasiado brillante.

30 Se puede escanear tanto el canal auditivo como la parte externa de la oreja, llamada pabellón.

Es una ventaja que un escaneo se pueda realizar en menos de 1 minuto.

35 El eje del escáner puede ser el eje longitudinal del escáner y/o el eje óptico del escáner. El eje óptico del escáner puede ser definido por el eje óptico de la cámara o el eje óptico de la fuente de luz.

40 Es una ventaja escanear la oreja y el canal auditivo directamente con un escáner, en lugar de proporcionar una impresión del canal auditivo, y luego escanear la impresión. La silicona usada cuando hacer una impresión expande la oreja y puede así no dar una impresión correcta.

45 Es una ventaja adicional con relación a escaneo de oreja que el encaje mejorado de las carcasas de audífono según la presente invención comparado con técnica anterior audífono carcasas significa que se minimiza el problema frecuente de reacción acústica en audífonos.

Además es una ventaja que el escaneo directo de la oreja reduce significativamente el coste de producción de audífonos, dado que las impresiones usadas actualmente se crean superfluas. Obviar la impresión elimina los costes de manejo y envío y acorta el tiempo de producción y mejora la flexibilidad.

50 Así es una ventaja que el método permite fácil escaneo de superficies interiores de objetos que no pueden ser escaneadas con alta precisión usando métodos de escaneo de la técnica anterior.

Preferiblemente el método se realiza con un escáner según la invención.

55 Según un aspecto la descripción se refiere a un método para modelado y producción 3D que comprende obtener coordenadas 3D del mundo real de una superficie interior de una cavidad proporcionada usando el método según la descripción, y crear una pieza adaptada para encajar en la cavidad.

60 Por ello, las etapas para fabricar la pieza se reducen al mínimo absoluto y se puede obtener un encaje esencialmente perfecto de la pieza. La superficie interior puede ser escaneada varias veces, tal como bajo diferentes condiciones que afectan a la geometría de la superficie interior. Por ello se pueden grabar las variaciones en las dimensiones de la superficie interior. Esto es muy engorroso usando las técnicas anteriores. Una vez grabados los datos la pieza puede ser fabricada usando cualquier técnica de fabricación automática tal como fresado. Más preferiblemente la técnica de modelado comprende impresión tridimensional, litografía estéreo, sinterización selectiva por láser, modelado de objeto laminado, modelado por chorro de tinta, modelado por deposición en fundido, o nanoimpresión. Un rasgo común de estas técnicas es que únicamente se usa la

- cantidad necesaria de material y que es más fácil producir modelos complejos tales como dispositivos para la oreja y/o el canal auditivo y/o implantes dentales. Los dispositivos para la oreja pueden comprender un audífono, un teléfono móvil, un altavoz, protección contra ruido, un micrófono, dispositivos de comunicación, un enmascarador de acúfeno o un dispositivo de enmascaramiento de acúfeno tales como los descritos en los documentos US 5.325.872 y WO 91/17638.
- 5
- Cuando se alinean orificios en la información de superficie del objeto físico, se aplican otras maneras de determinar la superficie o el contorno de la superficie en estas áreas de manera que se cubrirán, se obtendrán imágenes, se detectarán o se interpolarán todas las áreas de una manera u otra para adquirir información de superficie.
- 10
- En algunas realizaciones, se cierran orificios en la información de superficie encajando a superficies matemáticas de orden más alto, tales como segundo orden, tercer orden, cuarto orden, etc.
- 15
- La información de áreas vecinas, etc., se puede usar para inferir el contorno en orificios. Así el cierre artificial de orificio puede ser realizado encajando superficie paramétrica tal como superficie de loma o superficies matemáticas de orden más alto.
- 20
- En algunas realizaciones, se cierran orificios en la información de superficie usando información acerca de donde no existe superficie.
- 25
- Si faltan datos completos de imagen de una región del canal auditivo, entonces se puede usar el conocimiento acerca de la anatomía de oreja que indica que no existe superficie en dicha parte particular de la región para determinar dónde se debe disponer o interpolar entonces la superficie. Así la superficie no debe estar en un área donde se detecta positivamente que no hay superficie. Así es una ventaja excluir un volumen de escaneos o imágenes 2D donde es cierto que no existe superficie.
- 30
- En algunas realizaciones se cierran orificios en la información de superficie combinando datos de imagen con datos distintos a datos de imagen.
- 35
- Es una ventaja combinar datos de imagen con otros tipos de datos, p. ej. datos de otras fuentes o sensores que el sensor de imagen o cámara, tales como datos de un sensor táctil, de manera que los datos de imagen pueden ser verificados, asistidos o soportados por los otros datos.
- 40
- En algunas realizaciones se cierran orificios en la información de superficie usando otros datos distintos a datos de imagen.
- 45
- Es una ventaja usar datos de otras fuentes o sensores que la cámara que proporcionan los datos de imagen, si no existen datos de imagen que cubran un área de la superficie.
- 50
- En algunas realizaciones el modelo de superficie obtenido del escaneo es procesado, por ejemplo suavizado. El procesamiento puede eliminar ruido o valores atípicos en los datos de escaneo sin procesar.
- 55
- En algunas realizaciones, otros datos distintos a datos de imagen comprenden color, interferencia, ángulo de luz reflejada, y/o datos de uno u otros sensores más que la cámara.
- 60
- En algunas realizaciones el uno u otros sensores más comprenden sensor táctil, sensor de contacto, sensor sónico, y/o sensor de temperatura.
- 65
- En algunas realizaciones una parte de los datos de la información de superficie de la oreja izquierda se usa como parte de los datos de la información de superficie para la oreja derecha, si hay partes de la oreja derecha donde la información de superficie no ha sido adquirida, y viceversa.
- Es una ventaja usar datos de escaneo correspondientes de una oreja para la otra oreja, debido a la simetría entre las dos orejas de la persona.
- Una parte de los datos de la información de superficie de la oreja izquierda puede ser usada para verificar datos obtenidos de la oreja derecha aunque no falten datos de esa oreja, y viceversa.
- En algunas realizaciones orificios o áreas faltantes en un escaneo son inferidos o interpolados sobre la base de escaneos previos de la oreja de la persona. Es una ventaja porque especialmente niños con pérdida auditiva requieren frecuentemente la reinstalación de audífonos a medida que crecen, pero la forma de su canal auditivo puede no cambiar tan rápidamente como su tamaño.
- La fuente de luz se configura para crear y proyectar luz estructurada de manera que se produce un patrón sobre una superficie expuesta a luz de la fuente de luz.

En algunas realizaciones a la fuente de luz se aplican filtros de color.

5 Es una ventaja usar filtros de color tales como rojo, verde y azul, dado que por la presente se pueden producir diferentes colores a emitir a la superficie usando únicamente una única fuente de luz.

En algunas realizaciones la fuente de luz se adapta para emitir diferentes colores.

10 Es una ventaja dado que los diferentes colores se pueden usar para detectar diferentes objetos o rasgos de la superficie. Las longitudes de onda de los diferentes colores pueden estar cercanas entre sí para obtener un buen resultado.

15 En algunas realizaciones la fuente de luz emite luz multicolor. Es una ventaja usar luz multicolor en combinación con la luz con patrón, p. ej. patrón de tablero de ajedrez, porque cada periodo o región en el patrón puede ser analizado para cada color diferente.

20 Además, es una ventaja usar luz multicolor en combinación con un patrón con periodos o regiones coloreados de manera diferente porque cada periodo o región en el patrón puede ser analizado para cada color diferente sin analizar la composición espectral de la luz reflejada desde la superficie.

25 En algunas realizaciones la fuente de luz emite luz monocromática o casi monocromática pero con el tiempo cambia entre diferentes colores. Es una ventaja usar luz que varía de color en un periodo de tiempo porque el patrón puede ser analizado para cada color diferente sin analizar la composición espectral de la luz reflejada desde la superficie.

En algunas realizaciones el tamaño de regiones del patrón de luz emitido es de 20x20 mm.

En algunas realizaciones el tamaño de las regiones del patrón de luz emitido es de 10x10 mm.

30 Es una ventaja usar un patrón que sea dos veces más pequeño, dado que por la presente hay cuatro cuadrados dentro de un área en lugar de un cuadrado dentro de la misma área, y por la presente se puede lograr una mejor resolución.

35 En algunas realizaciones se usa luz con diferente polarización, de manera que se proyecta luz con diferentes polarizaciones sobre la superficie interior del objeto.

En algunas realizaciones se controla el estado de polarización de la luz emitida y/o la detectada.

40 Es una ventaja controlar la polarización porque por la presente se puede distinguir piel y en particular pelo, que tienen un alto grado de reflexión especular, de superficies con un bajo grado de reflexión especular. Superficies con un alto grado de reflexión especular reflejan la luz con una relación específica entre la polarización de la luz incidente y la reflejada. De esta manera se pueden distinguir superficies con alto grado de reflexión especular de superficies con bajo grado de reflexión especular.

45 La polarización de luz reflejada puede ser controlada por medio de, p. ej., un filtro de polarización lineal o placa o filtro de un cuarto de onda, que se puede añadir y/o retirar del camino de luz y/o rotar en el camino de luz.

50 En algunas realizaciones la fuente de luz es un láser y la luz de dicho láser es guiada para que impacte sobre la superficie en un pequeño punto.

En algunas realizaciones hay más de una fuente de luz en el escáner en forma de sonda y las diferentes fuentes de luz son encendidas y apagadas alternadamente.

55 En algunas realizaciones la fuente de luz emite luz de infrarrojos.

Es una ventaja porque puede ser posible ver a través de pelo usando luz de infrarrojos.

En algunas realizaciones la resolución óptica del escáner es de 100 m.

60 Es una ventaja tener dicha alta resolución dado que por la presente se pueden resolver tantos detalles de la superficie como sea posible. Como alternativa, la resolución del escáner puede ser de 200 m.

65 De acuerdo con la invención, el sensor comprende un sensor de movimiento, de manera que el sensor de movimiento se adapta para realizar una medición de movimiento del escáner.

Es una ventaja también realizar medición de movimiento, dado que este se puede usar en alineamiento.

En algunas realizaciones se dispone un sensor de orientación en conexión con el escáner, de manera que el sensor de orientación se adapta para realizar una medición de orientación del escáner.

- 5 En algunas realizaciones el escáner comprende varias marcas en su cubierta, de manera que un operador puede determinar visualmente cuánto debe ser movido el escáner adentro del canal auditivo.

Es una ventaja porque cuando el escáner es movido adentro de un canal auditivo, el operador tal vez no pueda ver la punta del escáner. Cuando el operador puede ver las marcas de la cubierta de escáner, por la presente  
10 tiene una guía de cuánto se mueve el escáner adentro de la oreja, y cuándo no debe ser movido más adentro de la oreja, a fin de no tocar el tambor de oído. Las marcas pueden ser, p. ej., tres líneas dispuestas con una distancia entre sí sobre la cubierta de escáner.

En algunas realizaciones se adapta una interfaz de usuario del escáner para dirigir al operador para que inserte la sonda cierta distancia en el canal auditivo.  
15

Es una ventaja ya que puede ser usado en alineamiento.

En algunas realizaciones la forma de la sonda impide que llegue al tambor de oído. Es una ventaja porque el tambor de oído o la membrana de tímpano son muy sensibles. Por ejemplo, la sonda puede tener una sección transversal longitudinal cónica, o un bulto.  
20

En algunas realizaciones se dispone una cámara, tal como una segunda cámara o una videocámara, en relación al escáner de manera que se configura para grabar imágenes, desde donde se adapta para ser determinada la posición del escáner respecto a la oreja.  
25

Es una ventaja grabar la posición de escáner respecto a la oreja por medio de una cámara regular que captura fotografías o por medio de una videocámara.

- 30 En algunas realizaciones de la descripción el método comprende las etapas de:

- variar el plano de enfoque del patrón sobre una variedad de posiciones de plano de enfoque mientras se mantiene una relación espacial fija de la cámara y la superficie,

- 35 - determinar las posiciones enfocadas de:

a) cada uno de una pluralidad de elementos de sensor en la cámara para dicha variedad de posiciones de plano de enfoque, o

- 40 b) cada uno de una pluralidad de grupos de los elementos de sensor en la cámara para dicha variedad de planos de enfoque, y transformar datos enfocados en coordenadas 3D del mundo real.

El escaneo por enfoque puede ser logrado con un escáner para obtener y/o medir la geometría 3D de al menos una parte de la superficie de un objeto, comprendiendo tal escáner ejemplar:

- 45 - medios para generar una luz de sonda que incorpora un patrón,

- al menos una cámara que acomoda una distribución de elementos de sensor,

- 50 - medios para transmitir la luz de sonda hacia el objeto iluminando de ese modo al menos una parte del objeto con dicho patrón,

- medios para obtener imágenes de luz reflejada desde el objeto a la cámara,

- 55 - medios para variar la posición del plano de enfoque del patrón sobre el objeto mientras se mantiene una relación espacial fija del escáner y el objeto, y

- medios de procesamiento de datos para:

- 60 a) determinar las posiciones enfocadas de:

- cada uno de una pluralidad de los elementos de sensor para una variedad de posiciones de plano de enfoque, o

- 65 - cada uno de una pluralidad de grupos de los elementos de sensor para una variedad de posiciones de plano de enfoque, y

b) transformar datos enfocados en coordenadas 3D del mundo real.

5 El método y el aparato que se refieren al escaneo de enfoque son para proporcionar un alineamiento de superficie 3D de objetos usando luz como agente de sonda sin contacto. La luz se proporciona en forma de patrón de iluminación para proporcionar una oscilación de luz sobre el objeto. La variación/oscilación en el patrón puede ser espacial, p. ej. un patrón estático de tablero de ajedrez, y/o puede ser variable en el tiempo, por ejemplo moviendo un patrón que cruza el objeto que está siendo escaneado.

10 El escaneo por enfoque permite una variación del plano de enfoque del patrón sobre una variedad de posiciones de plano de enfoque mientras se mantiene una relación espacial fija del escáner y el objeto. No significa que el escaneo deba ser proporcionado con una relación espacial fija del escáner y el objeto, sino meramente que el plano de enfoque puede ser variado (escaneado) con una relación espacial fija del escáner y el objeto. Esto permite una solución de escáner de mano sobre la base de escaneo por enfoque.

15 Algunas realizaciones comprenden un primer sistema óptico, tal como una disposición de lentes, para transmitir la luz de sonda hacia el objeto y un segundo sistema óptico para obtener imágenes de luz reflejada desde el objeto a la cámara. En algunas realizaciones únicamente un sistema óptico obtiene imágenes del patrón sobre el objeto y obtiene imágenes del objeto, o al menos una parte del objeto, sobre la cámara, p. ej. a lo largo del mismo eje óptico, sin embargo a lo largo de caminos ópticos opuestos.

20 En algunas realizaciones un sistema óptico proporciona una obtención de imágenes confocal del patrón sobre el objeto sondado y del objeto sondado a la cámara. El plano de enfoque se puede ajustar de tal manera que la imagen del patrón sobre el objeto sondado se desplaza a lo largo del eje óptico, p. ej. en etapas iguales desde un extremo de la región de escaneo al otro. La luz de sonda que incorpora el patrón proporciona un patrón de luz y oscuridad en el objeto. Específicamente, cuando se varía el patrón en el tiempo para un plano de enfoque fijo entonces las regiones enfocadas sobre el objeto expondrán un patrón oscilante de luz y oscuridad. Las regiones desenfocadas expondrán contraste más pequeño o nada en las oscilaciones de luz.

25 Cuando se aplica un patrón variable en el tiempo se puede obtener un único subescaneo recogiendo varias imágenes 2D en diferentes posiciones del plano de enfoque y en diferentes instancias del patrón. Como el plano de enfoque coincide con la superficie de escaneo en una única posición de píxel, el patrón será proyectado sobre el punto de superficie enfocado y con alto contraste, dando lugar de ese modo a una gran variación, o amplitud, del valor de píxel con el tiempo. Para cada píxel es así posible identificar ajustes individuales del plano de enfoque para los que cada píxel estará enfocado. Usando conocimiento del sistema óptico usado, es posible transformar la información de contraste vs. posición del plano de enfoque en información de superficie 3D, de manera por píxel individual.

30 Así, en una realización la posición de enfoque se calcula determinando la amplitud de oscilación de luz para cada uno de una pluralidad de elementos de sensor para una variedad de planos de enfoque.

35 Para un patrón estático se puede obtener un único subescaneo recogiendo varias imágenes 2D en diferentes posiciones del plano de enfoque. Como el plano de enfoque coincide con la superficie de escaneo, el patrón será proyectado sobre el punto de superficie enfocado y con alto contraste. El alto contraste da origen a una gran variación espacial del patrón estático sobre la superficie del objeto, proporcionando de ese modo una gran variación, o amplitud, de los valores de píxel sobre un grupo de píxeles adyacentes. Para cada grupo de píxeles es posible así identificar ajustes individuales del plano de enfoque para los que cada grupo de píxeles estará enfocado. Usando conocimiento del sistema óptico usado, es posible transformar la información de contraste vs. posición del plano de enfoque en información de superficie 3D, a modo de grupos de píxeles individuales.

40 Así, en una realización la posición de enfoque se calcula determinando la amplitud de oscilación de luz para cada uno de una pluralidad de grupos de los elementos de sensor para una variedad de planos de enfoque.

45 La conversión 2D a 3D de los datos de imagen se puede realizar de varias maneras conocidas en la técnica. Es decir, la estructura de superficie 3D del objeto sondado puede ser determinada encontrando el plano correspondiente a la máxima amplitud de oscilación de luz para cada elemento de sensor, o para cada grupo de elementos de sensor, en la distribución de sensores de la cámara cuando se graba la amplitud de luz para un intervalo de diferentes planos de enfoque. Preferiblemente, el plano de enfoque se ajusta en etapas iguales de un extremo de la región de escaneo al otro. Preferiblemente el plano de enfoque puede ser movido en una amplitud suficientemente grande como para al menos coincidir con la superficie del objeto que está siendo escaneado.

50 El escáner de mano de la invención incluye sensores de movimiento tales como acelerómetros y/o giroscopios. Preferiblemente, estos microsistemas electromecánicos (MEMS) deben medir todo movimiento en 3D, es decir, tanto traslaciones como rotaciones para los tres ejes de coordenadas principales. Los beneficios son:

A) Los sensores de movimiento pueden detectar vibraciones y/o agitación. Escaneos afectados así pueden ser descartados o corregidos mediante el uso de técnicas de estabilización de imagen.

5 B) Los sensores de movimiento pueden ayudar al unir/alinear escaneos parciales entre sí. Esta ventaja es pertinente cuando el campo de visión del escáner es menor que el objeto a escanear. En esta situación, el escáner se aplica para pequeñas regiones del objeto (de una en una) que luego se combinan para obtener el escaneo completo. En el caso ideal, sensores de movimiento pueden proporcionar la transformación necesaria relativa de movimiento rígido entre coordenadas locales de escaneos parciales, porque miden la posición relativa del dispositivo de escaneo en cada escaneo parcial. Sensores de movimiento con precisión limitada todavía  
10 pueden proporcionar una primera sugerencia de una unión/alineamiento basado en software de escaneos parciales sobre la base de, p. ej., la clase de punto más cercano iterativo de los algoritmos, dando como resultado un reducido tiempo de cálculo.

15 C) Los sensores de movimiento se usan, de acuerdo con la invención, como control remoto para el software que acompaña a la invención. Dicho software se usa para visualizar el escaneo adquirido. Con el dispositivo de escáner actuando ahora como control remoto, el usuario puede rotar y/o hacer panorámica de la vista, moviendo el control remoto de la misma manera que se debería mover el objeto en la pantalla de ordenador. Especialmente en aplicación clínica, dicho uso doble del escáner de mano es preferible por consideraciones higiénicas, porque el operador evita contaminación por dispositivos de entrada alternativos manejados a mano (pantalla táctil, ratón,  
20 teclado, etc.).

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

25 En particular, en este documento se divulga un escáner para escaneo tridimensional de superficies interiores, que comprende:

- al menos una fuente de luz adaptada para crear y proyectar luz estructurada que produce un patrón sobre la superficie interior de un objeto,
- 30 - al menos una cámara, adaptada para grabar imágenes 2D del patrón,
- medios de procesamiento de datos adaptados para convertir información de imagen 2D en coordenadas 3D del mundo real,
- 35 - el punto de la emisión de luz así como el punto de acumulación de luz reflejada para la cámara se ubican en una sonda que tiene un eje,
- la al menos una fuente de luz y la al menos una cámara están adaptadas para realizar un escaneo alrededor del eje,
- 40 - la sonda está adaptada para ser introducida en una cavidad, y

en donde el escáner comprende:

- 45 - medios para procesar datos de manera que se crea información de superficie de áreas de la superficie, donde escaneo de imagen no se completa.

La sonda del escáner puede ser de tipo rígido o flexible.

50 Este escáner tiene la ventaja de que puede cubrir la circunferencia entera sin mover el escáner pudiendo así escanear la superficie interior entera de un objeto. Con esta disposición es posible escanear superficies interiores tales como el canal auditivo, tubos, tuberías y agujeros con escaneo sin contacto y obtener datos de escaneo de alta precisión de la superficie interior entera del objeto.

55 Además, las dimensiones del escáner pueden ser muy pequeñas permitiendo así escaneo y mapeo 3D de superficies interiores con sección transversal pequeña, que son inaccesibles a escáneres de la técnica anterior.

60 Es una ventaja que el escáner esté equipado con un sensor de posición, que permite determinar la posición relativa y orientación del escáner y el objeto para sucesivos escaneos. Esto facilita enormemente la combinación de datos de sucesivos escaneos y hace posible combinar estos con precisión mucho más alta sin importar la posición y orientación del escáner durante el escaneo.

65 La disposición compacta del escáner permite un escaneo fácil de superficies interiores de objetos de tamaño extremadamente pequeño. La facilidad de funcionamiento de los escáneres según la invención significa que profesionales sin experiencia en escaneo pueden realizar fácilmente las operaciones de escaneo, que se requieren especialmente en caso de escaneo de cavidades corporales y escaneo para propósitos arqueológicos.

En algunas realizaciones, el escáner en forma de sonda tiene un eje y la al menos una fuente de luz y la al menos una cámara se adaptan para realizar un escaneo alrededor del eje.

5 En algunas realizaciones, el dispositivo de conversión de datos y dicho escáner en forma de sonda se integran en un dispositivo.

En algunas realizaciones, el dispositivo de conversión de datos es parte de una unidad separada, tales como parte de un ordenador personal conectado al escáner en forma de sonda.

10

En algunas realizaciones, dicho dispositivo de procesamiento de datos y dicho escáner en forma de sonda se integran en un dispositivo.

15

En algunas realizaciones, el dispositivo de procesamiento de datos es parte de una unidad separada, tales como parte de un ordenador personal conectado a dicho escáner en forma de sonda.

20

En algunas realizaciones, el dispositivo de procesamiento de datos y dicho dispositivo de conversión de datos están comprendidos en un dispositivo integrado de conversión y procesamiento. El dispositivo integrado de conversión y procesamiento y el escáner en forma de sonda se pueden integrar en un dispositivo.

25

Se divulga un medio legible por ordenador no transitorio que almacena en el mismo un programa informático, donde dicho programa informático se configura para provocar escaneo asistido por ordenador de superficies interiores parcialmente obstruidas.

30

#### **Breve descripción de los dibujos**

Los objetos, rasgos y ventajas anteriores y/o adicionales de la presente descripción, serán esclarecidos aún más por la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitativa de realizaciones de la presente descripción, con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

35

La figura 1 ilustra una realización del escáner de superficie interior.

La figura 2 muestra una sección transversal de una realización del escáner de superficie interior.

40

La figura 3 ilustra otra realización del escáner de superficie interior con un espejo delante de la cámara.

La figura 4 muestra una sección transversal de otra realización del escáner de superficie interior con un espejo delante de la cámara.

45

La figura 5 muestra cómo se proyecta un patrón de luz estructurada sobre la superficie interior. En este caso el patrón es un único cono. Este patrón es reflejado entonces desde la superficie a la cámara.

50

La figura 6 ilustra un ejemplo del uso de espejos y/o prismas. Un patrón de luz estructurada es reflejado en un espejo antes de ser proyectado sobre la superficie interior. En este caso el patrón es un único cono. Este patrón es reflejado entonces desde la superficie a un espejo que refleja el patrón a la cámara.

La figura 7 muestra una sección transversal de un modelo del escáner de superficie interior. Obsérvese que la cámara ha sido movida fuera de la sonda y se usa un sistema de lentes para guiar la imagen a la cámara.

55

La figura 8 muestra una sección transversal de un modelo del escáner de superficie interior. Obsérvese que la cámara ha sido movida fuera de la sonda y se usan fibras ópticas para guiar la imagen a la cámara.

La figura 9 ilustra diferentes sensores de posición, que pueden ser aplicados dentro de la descripción.

60

La figura 10 muestra una realización de un objeto hueco de calibración usado para calibración de la cámara y fuentes de luz. Obsérvese las curvas de rasgo de objeto simétrico 3D, que son utilizados en la calibración.

65

La figura 11 muestra un boceto esquemático de un escáner adaptado para escanear la oreja y el canal auditivo.

La figura 12 muestra un boceto esquemático de otra realización del escáner para la oreja y el canal auditivo.

La figura 13 muestra un escaneo de una oreja y un canal auditivo vistos desde dos vistas diferentes.

La figura 14 ilustra una realización del escáner que puede escanear la superficie que se encuentra detrás del extremo de la sonda.

5 La figura 15 muestra un ejemplo de un escáner con una sonda en una oreja.

La figura 16 muestra un ejemplo de escáner con una cámara extra montada.

La figura 17 muestra ejemplos de haces de láser para guiar la posición y orientación del escáner.

10

La figura 1 a la figura 4 ilustran dos realizaciones del escáner. La primera parte 101 del escáner es la sonda, que se inserta en la cavidad. La segunda parte 102 es un asidero. El escáner en la figura 1 y la figura 2 comprende una cubierta 103, un botón de escaneo 104, una cubierta desechable 105, guías de luz 201, una fuente de luz 202, un sensor de posición 203, ópticas y espejos y/o prismas 204, una cámara 205 y un protector/detector de colisión 206. En la realización mostrada en la figura 3 y la figura 4, a la lista de componentes también se añade un espejo y/o prisma rotatorios con un micromotor 301. Como se ilustra en la figura 5, el escáner trabaja proyectando un patrón de luz estructurada 501 sobre la superficie interior del objeto 502. La cámara 503 adquiere imágenes de la reflexión 504 del patrón de luz desde la superficie. Al localizar el patrón de luz en las imágenes, se pueden reconstruir las correspondientes posiciones de superficie 3D aplicando geometría proyectiva muy conocida. El escáner únicamente escanea partes limitadas de la superficie en cada posición y usualmente tiene que ser movido a mano o automáticamente para escanear la superficie interior completa.

15

20

La luz es generada por una o más fuentes de luz tales como láseres, láser alimentado por salida variable, diodos emisores de luz (LED), puntos halógenos u otros puntos de luz y se desplaza a través de las guías de luz, tales como fibras ópticas. En algunas aplicaciones podría ser pertinente usar luz monocromática, coherente o polarizada. Al final de las guías de luz, ópticas y espejos y/o prismas pueden crear el patrón deseado. Ejemplos de ópticas son filtros, lentes o prismas. Una alternativa al uso de guías de luz es colocar la fuente de luz cerca de la punta del escáner. Obsérvese que la proyección de luz, incluso láseres, sobre la superficie no daña la superficie.

25

30

Las fuentes de luz para algunas aplicaciones preferiblemente son tan pequeñas como sea posible para minimizar las dimensiones del escáner. Así se contempla que la fuente de luz puede tener una sección transversal perpendicular a la dirección de la luz emitida de menos de 5 mm<sup>2</sup>, preferiblemente menos de 4 mm<sup>2</sup>, por ejemplo menos de 3 mm<sup>2</sup>, tales como menos de 2 mm<sup>2</sup>, por ejemplo menos de 1 mm<sup>2</sup>, tal como menos de 0,5 mm<sup>2</sup>, por ejemplo menos de 0,25 mm<sup>2</sup>.

35

El escáner puede trabajar con únicamente una fuente de luz, pero por muchos propósitos es ventajoso tener varias, tal como al menos dos fuentes de luz, tal como al menos tres fuentes de luz, por ejemplo al menos cuatro fuentes de luz, tal como al menos cinco fuentes de luz, tal como al menos seis fuentes de luz, por ejemplo al menos siete fuentes de luz, tal como al menos ocho fuentes de luz, por ejemplo al menos diez fuentes de luz, tal como al menos doce fuentes de luz, por ejemplo al menos dieciséis fuentes de luz, tal como al menos veinte fuentes de luz.

40

Dependiendo del patrón deseado, se necesitan una, dos, tres o más ópticas y uno, dos, tres, cuatro o más espejos y/o prismas. El patrón de luz estructurada puede ser varios rayos que forman una cuadrícula de puntos sobre la superficie que consiste en una, dos, tres, cuatro o más filas de puntos, uno, dos, tres o más conos de luz que forman contornos sobre la superficie, uno, dos, tres de más planos de luz que forman contornos sobre la superficie, uno, dos, tres de más planos gruesos de luz que forman contornos gruesos sobre la superficie, varios rayos en forma rectangular que forman un patrón de tablero de ajedrez distorsionado sobre la superficie o formas más complejas.

45

50

Así, cuando que proyecta un patrón de rayos, el patrón puede comprender al menos 10 rayos, tal como al menos 25 rayos, por ejemplo al menos 100 rayos, tal como al menos 1000 rayos, por ejemplo al menos 10.000 rayos, tal como al menos 100.000 rayos, por ejemplo al menos 1.000.000 rayos.

55

La figura 5 ilustra cómo se proyecta un único cono de luz 501 sobre la superficie de objeto 502 usando ópticas 503. La figura 6 muestra cómo se puede aumentar significativamente el ángulo de emisión del cono de luz reflejando la luz emitida 601 a un espejo y/o prisma de cono 602 después de las ópticas 603. Para reflejar la luz se puede usar cualquier tipo de espejos tales como espejos coplanarios y espejos de cono. Aplicar espejos y/o prismas hace posible cambiar la dirección de emisión invariante de la orientación de las guías de luz. El patrón de luz también puede ser movido sobre la superficie sin mover el escáner real rotando y/o abatiendo los espejos y/o prismas. La rotación y/o abatimiento de los espejos y/o prismas pueden ser realizados por un motor.

60

Preferiblemente la ubicación del punto de la emisión de luz y el punto de grabación de luz reflejada así como el ángulo de emisión y grabación con respecto al eje de la sonda se eligen para dar un ángulo entre luz incidente sobre el objeto y luz reflejada desde el objeto de aproximadamente 20-30 grados. Un ejemplo de esta realización

65

se ilustra en la figura 6.

Los efectos de oclusión representan un problema para algunos tipos de escaneo de superficies interiores. Algunos de estos pueden ser vencidos seleccionando una dirección de emisión y grabación de luz con respecto al eje del escáner, que asegura que se proyecta luz y se graba desde todas partes de las superficies interiores. Se diseña una realización del escáner, en donde la ubicación del punto de la emisión de luz y el punto de la grabación de luz reflejada así como el ángulo de emisión y grabación con respecto al eje de la sonda se eligen para dar un escaneo de la superficie que se encuentra por delante del extremo de la sonda. Un ejemplo de este tipo de escáner se muestra en la figura 5. Como alternativa la ubicación del punto de la emisión de luz y el punto de la grabación de luz reflejada así como el ángulo de emisión y grabación con respecto al eje de la sonda pueden ser elegidos para dar un escaneo de la superficie que se encuentra aproximadamente alrededor del extremo de la sonda. Un ejemplo de esto se muestra en la figura 6. Como alternativa la ubicación del punto de la emisión de luz y el punto de la grabación de luz reflejada así como el ángulo de emisión y grabación con respecto al eje de la sonda pueden ser elegidos para dar un escaneo de la superficie que se encuentra por detrás del extremo de la sonda. La figura 14 ilustra un ejemplo de este tipo de escáner. Estas realizaciones alternativas pueden ser obtenidas con un escáner abatiendo espejos y/o prismas.

Las intensidades de fuente de luz se varían preferiblemente dependiendo de la superficie y el color del objeto a escanear. Preferiblemente la intensidad debe ser determinada automáticamente usando calibración automática de intensidad de fuente de luz.

La calibración de intensidad puede ser realizada insertando el escáner en el objeto y calcular varios histogramas de las imágenes adquiridas. Primero se calcula un histograma con la fuente de luz apagada. Se calcula un segundo histograma cuando la fuente de luz se enciende con una intensidad arbitraria. Entonces se sustrae el primer histograma del segundo para retirar la intensidad de fondo. Entonces se ajusta la intensidad hasta que el cuantile requerido corresponde a una intensidad predefinida. El fondo también podría ser retirado sustrayendo la imagen correspondiente a la fuente de luz apagada de la imagen con luz. Entonces, a partir de esta imagen de diferencia se podría calcular el histograma usado para determinar la intensidad.

Las imágenes son adquiridas por la una o más cámaras. Preferiblemente las cámaras comprenden una lente y una distribución de sensores tales como un chip CCD o CMOS. Usualmente la cámara también comprende un filtro colocado delante de la distribución de sensores. El efecto del filtro es que únicamente pasa el filtro la luz con aproximadamente la longitud de onda deseada. Esto hace factible separar diferentes fuentes de luz en el escáner y eliminar la mayoría de la luz de fondo. Como alternativa, la cámara puede ser sensible al color.

El escáner puede comprender solo una cámara o comprender varias, tal como al menos 2 cámaras, tal como al menos 3 cámaras, por ejemplo al menos 4 cámaras, tal como al menos 6 cámaras, por ejemplo al menos 7 cámaras, tal como al menos 8 cámaras, por ejemplo al menos 10 cámaras, tal como al menos 12 cámaras, por ejemplo al menos 16 cámaras, tal como al menos 20 cámaras.

Preferiblemente las cámaras se disponen de manera que se graba luz reflejada desde direcciones diferentes que cubren los 360 grados alrededor de la sonda, como se ve en las figuras 11 y 12, lado derecho.

Preferiblemente la parte de cámara del escáner es tan pequeña como sea posible. El tamaño de cámaras disponibles comercialmente se reduce casi cada año, y se estima que aún no se ha alcanzado en absoluto el límite inferior de tamaño de cámara y tamaño de píxel. Sin importar el futuro desarrollo dentro de esta área, cualquier cámara más pequeña que las cámaras actualmente disponibles será adecuado para uso en la presente invención. Por lo tanto la componente de detección de luz de la cámara puede tener una sección transversal en una dirección perpendicular a la dirección de luz incidente de menos de  $10 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $9 \text{ mm}^2$ , por ejemplo menos de  $8 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $7 \text{ mm}^2$ , por ejemplo menos de  $6 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $5 \text{ mm}^2$ , por ejemplo menos de  $4 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $3 \text{ mm}^2$ , por ejemplo menos de  $1 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $0,5 \text{ mm}^2$ , por ejemplo menos de  $0,25 \text{ mm}^2$ , tal como menos de  $0,1 \text{ mm}^2$ , por ejemplo menos de  $0,01 \text{ mm}^2$ .

El número de píxeles de la cámara es cuestión del tamaño de la cámara, dependiendo del tamaño de los píxeles, la potencia de cálculo usada para procesar los resultados de los escaneos y el coste de la cámara. No se puede establecer límite superior para el número de píxeles, dado que la precisión se aumenta cuando se aumenta el número de píxeles. Por consiguiente, la cámara puede comprender una distribución de al menos  $125 \times 125$  píxeles, más preferiblemente al menos  $250 \times 250$  píxeles, más preferiblemente más de  $500 \times 500$  píxeles, más preferiblemente más de  $1000 \times 1000$  píxeles, tal como más de  $2000 \times 2000$  píxeles, por ejemplo más de  $4000 \times 4000$  píxeles, tal como más de  $8000 \times 8000$  píxeles, por ejemplo más de  $10.000 \times 10.000$  píxeles, tal como más de  $25.000 \times 25.000$  píxeles, por ejemplo más de  $50.000 \times 50.000$  píxeles, tal como más de  $100.000 \times 100.000$  píxeles, por ejemplo más de  $250.000 \times 250.000$  píxeles, tal como más de  $500.000 \times 500.000$  píxeles, por ejemplo más de  $1.000.000 \times 1.000.000$  píxeles. De manera similar, el tamaño de píxel puede ser el más pequeño disponible en el mercado, por ejemplo en donde una sección transversal de un píxel es menos de  $100 \text{ micrómetros}$ , tal como menos de  $50 \text{ micrómetros}$ , por ejemplo menos de  $25 \text{ micrómetros}$ , tal como menos de  $20 \text{ micrómetros}$ , por ejemplo menos de  $15 \text{ micrómetros}$ , tal como menos de  $10 \text{ micrómetros}$ , por ejemplo menos de  $7,5 \text{ micrómetros}$ ,

tal como menos de 5 micrómetros, por ejemplo menos de 2,5 micrómetros, tal como menos de 2 micrómetros, por ejemplo menos de 1,5 micrómetros, tal como menos de 1 micrómetro, por ejemplo menos de 0,5  $\mu$ , tal como menos de 0,25 micrómetros, por ejemplo menos de 0,1 micrómetros, tal como menos de 0,01 micrómetros.

5 El patrón de luz puede ser reflejado desde la superficie directamente a la cámara o a uno o más medios reflectantes de luz tales como espejos o prismas antes de terminar en la cámara. En la realización del escáner en la figura 1 no se aplican espejos, dado que el escáner únicamente tiene que "mirar" hacia delante con respecto a la cámara, es decir, la dirección de la vista es siempre paralela al eje óptico de la cámara. La figura 5 ilustra la emisión simple del patrón de luz 501 y sus reflejos 504 desde la superficie de objeto 502 a la cámara 505 sin el uso de espejos. La figura 5 es una ilustración simplificada del principio usado en el escáner en la figura 1.

15 Aplicar uno o más espejos y/o prismas para reflejar la luz a la cámara da completa libertad para seleccionar la dirección de la vista invariante de la orientación de la cámara. La figura 6 ilustra cómo se refleja el patrón de luz emitido 601 usando un espejo y/o prisma de cono 602 antes de que golpee la superficie de objeto 605. La luz reflejada 604 se refleja de manera semejante a un espejo y/o prisma 606 antes de entrar a la cámara 607. La figura 6 es una ilustración simplificada del principio usado en el escáner en la figura 3. En la invención se pueden aplicar directamente espejos estáticos tales como espejos coplanarios o de cono. Los espejos estáticos tienen la ventaja de ser simples y mecánicamente estables.

20 En la realización del escáner mostrado en la figura 3 el espejo y/o prisma delante de la cámara es coplanario, circular y puede rotar. La ventaja de un espejo y/o prisma rotatorio en comparación con un espejo y/o prisma estático, tal como un espejo y/o prisma de cono, es que se aumenta significativamente la resolución de imagen y el campo de visión de la cámara. Ciertamente resolución y campo de visión están limitados seriamente debido a las pequeñas dimensiones del escáner, que afectan directamente a la precisión y la flexibilidad. Abatir el espejo y/o prisma aumenta aún más la precisión y la flexibilidad. En la práctica, el mismo espejo y/o prisma se puede usar para generar el patrón de luz y reflejar la luz a la cámara. Sin embargo, aplicar diferentes espejos y/o prismas para luz y cámaras, como se presenta en la figura 3, aumenta la flexibilidad del escáner especialmente con respecto a la dirección de vista, profundidad de campo y calidad de reconstrucción de puntos.

25 En caso de dimensiones muy pequeñas de la cavidad y/o altos requisitos para precisión no es factible colocar la cámara sobre el cabezal del escáner. El problema se resuelve moviendo las cámaras fuera de la sonda. La imagen/luz es dirigida entonces a las cámaras mediante el uso de guías de luz tal como un sistema de lentes o fibras ópticas. Una realización de la invención donde como guías de luz se usa un sistema de lentes 701 y fibras ópticas 801 se ilustran en la figura 7 y la figura 8, respectivamente. El sistema de lentes podría ser similar a los sistemas de lentes usados en periscopios y endoscopios. Por el momento el sistema de lentes es superior a las fibras ópticas con respecto a dimensiones más pequeñas y calidad de imagen. La desventaja del sistema de lentes es que requiere que la sonda sea rígida, mientras que las fibras ópticas son totalmente flexibles, es decir, la sonda puede ser flexible.

30 El objetivo del sensor de posición es determinar la posición y orientación relativas del cabezal de sonda con respecto al objeto a escanear. Conocer esta posición es extremadamente ventajoso al combinar los escaneos individuales cuando se mueve el escáner o el objeto. Errores en las medidas de posición afectarán directamente a la calidad del escaneo. En caso de que se escaneen objetos no fijos tales como el canal auditivo de humanos, es extremadamente ventajoso medir la posición con respecto al objeto, p. ej. el canal auditivo, y no a un sistema de coordenadas fijo, dado que el objeto podría moverse durante el escaneo.

35 El sensor de posición se usa únicamente para combinar los escaneos individuales. El sensor de posición puede hacerse superfluo por un alineamiento de los escaneos individuales. La salida del alineamiento es la posición relativa de los escaneos. Conocer las posiciones relativas de los escaneos hace más directo combinar los escaneos. Para que el alineamiento sea exitoso la superficie interior tiene que contener un número apropiado de distintos rasgos, que no siempre es el caso.

40 El sensor de posición puede ser un sensor magnético como se muestra en la figura 9, donde el receptor 902 usualmente está en el escáner y el transmisor 903 se asegura al objeto 901, p. ej. la cabeza de un humano. Los sensores magnéticos tienen la ventaja de no sufrir problemas de oclusión. Sensores alternativos podrían ser sensores ópticos o sónicos. La figura 9 ilustra un sensor óptico donde se colocan marcadores 904 sobre el objeto y un sensor 905 sobre el escáner. De manera semejante la figura 9 ilustra un sensor sónico, donde un emisor 906 se coloca sobre el objeto y un detector 907 se coloca sobre el escáner. Ambos sensores óptico y sónico sufren problemas de oclusión, pero su coste es a menudo inferior y la precisión superior a los sensores magnéticos. En caso de un objeto fijo o un objeto que se puede fijar, un sensor de posición mecánico se vuelve atractivo. Como se ilustra en la figura 9 estos sensores usualmente consisten en varias uniones 908 conectadas por codificadores. Muchos sensores mecánicos son sumamente precisos, pero tienden a ser voluminosos o engorrosos de usar.

45 En general, se tiene que determinar la posición con respecto al cabezal del escáner. Con más precisión, cuando

la cámara se coloca sobre el cabezal de sonda se tiene que determinar la posición del punto focal de la cámara. En el caso en el que se usan guías de luz delante de la cámara, la posición debe corresponder a la punta de las guías. Con un diseño rígido de la cubierta de escáner como en la figura 1 a la figura 4 el sensor de posición se puede colocar en cualquier sitio sobre el escáner, dado que la distancia relativa entre el cabezal de escaneo y el sensor de posición es constante. Con un diseño flexible de la sonda el sensor de posición tiene que ser colocado sobre el cabezal de escaneo, p. ej. en la parte delantera como en el escáner en la figura 11 y la figura 12.

En el diseño del escáner mostrado en la figura 1 y la figura 3 se supone que en la cavidad únicamente se mueve la sonda 101. El objetivo principal del diseño ha sido minimizar la anchura de esta parte, dado que ella determina el tamaño mínimo de la cavidad, que puede ser escaneado. En general la anchura de la sonda puede ser variada libremente hasta aproximadamente 0,1 mm, p. ej. la anchura puede ser 30, 20, 15, 10, 8, 6, 5, 4, 3, 2, 1 o 0,1 mm. Sin embargo el diseño final es un compromiso entre tamaño, precisión y estabilidad mecánica. En general la aplicación determina el diseño deseable.

En caso de escaneo del canal auditivo humano, se necesita que la anchura de la parte sea inferior a 4 mm. La figura 3 muestra un escáner diseñado para escanear canales auditivos, donde la anchura de la sonda es de 3,5 mm. La longitud de la sonda también puede ser variada libremente hasta aproximadamente 5 mm, p. ej. la longitud puede ser 20, 35, 50, 100, 200, 300 o 500 mm. La longitud de la sonda mostrada en la figura 1 y la figura 3 es de 55 mm.

El resto de la cubierta del escáner es básicamente un asidero. Para un manejo óptimo esta parte debe ser preferiblemente de 10-30 mm de anchura y 100-150 mm de largo. La dimensión sin embargo puede ser variada libremente. Como en la figura 1 y la figura 3 la anchura del asidero puede ser extendida para hacer espacio para los componentes, p. ej. el sensor de posición. Las dimensiones de esta extensión sin embargo deben ser minimizadas si el objetivo es crear el escáner más pequeño y más ligero. La anchura y la longitud de la extensión mostrada en la figura 1 y la figura 3 es de 40 mm y 30 mm, respectivamente. Obsérvese que fuentes de luz más grandes tales como puntos halógenos se pueden mover a la extensión.

En otra realización del escáner es posible rotar la sonda alrededor de su eje. La ventaja de este diseño comparado con únicamente rotar los espejos y/o prismas como en la figura 3 es que el motor puede ser colocado en el asidero. De manera semejante otra realización comprende un impulsor lineal, que puede trasladar la sonda a lo largo de su eje. El escáner también se puede montar en un robot, u otro dispositivo, que puede posicionar el escáner con cualquier orientación y posición dentro de su espacio de trabajo.

La elección de material para la cubierta depende de la aplicación real, especialmente si la sonda tiene que ser rígida o flexible. Preferiblemente la cubierta debe ser producida de acero inoxidable o de un material seleccionado de un grupo que consiste en aleación, aluminio, un polímero de plástico, Kevlar (R), cerámica o carbono.

En alguna aplicación podría ser necesario proteger los componentes tales como cámaras, espejos y/o prismas y lentes contra polvo y otra suciedad. En la práctica esto se hace insertando una ventana de material transparente, tal como vidrio o un polímero de plástico, en los orificios delante de los componentes pertinentes.

Otros rasgos en la realización preferida son un protector/detector de colisión, un botón de escaneo, y una cubierta de escáner desechable. El protector consiste en material blando, tal como caucho, silicona o un polímero de plástico y asegura que la punta de la sonda y la superficie no se dañan en caso de colisión. En caso de escaneo de un canal auditivo es crucial que el escáner no dañe el tambor de oreja. En caso de superficies muy frágiles, al protector se añade un detector de colisión adaptado para medir la distancia desde la punta del escáner al fondo de la superficie interior. Cuando se escanean superficies para las que el escáner está sujeto a requisitos de higiene, es deseable una cubierta desechable para minimizar la necesidad de limpiar. La cubierta desechable usualmente cubrirá únicamente la sonda o partes de ella, pero se puede ajustar a los requisitos específicos. El botón de escaneo se usa para empezar y detener la operación de escaneo.

Las imágenes adquiridas pueden ser analizadas en tiempo real en un procesador de señales digitales o microprocesador, que se coloca en el asidero de escáner o en una caja de procesamiento aparte. La primera etapa en el análisis de una imagen puede ser detectar el patrón de luz en la imagen usando un algoritmo de rastreo estándar. Cuando se conoce el patrón de luz, potencialmente con precisión subpíxel, las correspondientes coordenadas 3D se pueden reconstruir usando geometría proyectiva muy conocida. Una reconstrucción precisa de las coordenadas 3D requiere una calidad muy alta de la cámara y calibración de luz. La siguiente etapa puede ser combinar las coordenadas 3D de diferentes imágenes adquiridas en la misma o en diferentes posiciones. La combinación puede ser realizada simplemente combinando los conjuntos de puntos individuales posicionados con respecto a su posición relativa. Finalmente los puntos pueden ser triangulados usando un algoritmo de triangulación estándar para formar la superficie final del modelo 3D. El modelo 3D puede entonces ser trasferido por una red al destino para un uso adicional.

El escáner según la invención se adapta especialmente para escanear superficies interiores, tales como

cavidades corporales y otras superficies interiores con aberturas estrechas, en las que no puede entrar luz de un escáner externo debido a efectos de oclusión.

5 Asi se concibe que el escáner es ventajoso para escanear cavidades corporales tales como las superficies internas de la oreja, nariz, boca, dientes, estómago, pulmones, alveolos, garganta, recto, vagina, venas, vasos  
10 sanguíneos, tracto urinario. Se puede usar escaneo de dientes en conexión con corrección de dientes y fabricación de implantes dentales. El escaneo de vasos sanguíneos puede ser útil en conexión con cirugía. Se puede usar escaneo de la vagina en conexión con embarazo y entrega y también para medir y modelar un diafragma adaptado individualmente. La figura 13 muestra un escaneo de la superficie interior de una oreja y un canal auditivo 1301.

15 El escáner también se puede usar para propósitos industriales tales como para escanear superficies internas de motores, canales de combustible, agujero, rosca interna, tuberías, tubos y recipientes. De esta manera se pueden medir las dimensiones exactas, tales como volumen y/o sección transversal y/o ubicación de rasgos, de los dispositivos. Cuando se usa un escáner con un sensor de posición, esto se puede hacer con más precisión que con cualquiera de los escáneres conocidos. Además, los presentes escáneres no son sensibles a pequeñas desviaciones en la orientación del eje del escáner con respecto al eje del objeto que se está escaneando.

20 Otro uso es para propósitos arqueológicos tales como para escanear superficies internas de jarras, cráneos y otros elementos arqueológicos.

Además, los escáneres son muy útiles en diseño industrial especialmente en conexión con modelado 3D asistido por ordenador.

25 Una posibilidad según la descripción es escanear el canal auditivo directamente. Esto se puede hacer construyendo los componentes del escáner en un aparato, que puede ser insertado en la oreja del paciente. Realizaciones de este escáner se muestran en la figura 11. Preferiblemente, la fuente de luz, p. ej. la láser, y la cámara se ubican fuera de la oreja. La luz láser puede ser llevada al escáner por guías de luz 201, y de manera similar, las señales reflejadas pueden ser llevadas a una cámara por otra guía de luz 801. El escáner también  
30 consiste en un sensor de posición 203, que mide la posición relativa del escáner con respecto al objeto. Durante el escaneo, el escáner reposa preferiblemente en el canto del canal auditivo, lo más preferiblemente en los lugares donde los huesos están más cerca de la superficie de piel. Esto es a fin de obtener la estabilidad más alta y es muy importante, dado que el escáner por sí mismo trabaja con una precisión de menos de 0,05 mm. La longitud del canal auditivo puede ser escaneada moviendo el escáner adentro y afuera y grabar una serie de imágenes superpuestas del canal auditivo. El escáner puede comprender únicamente una fuente de láser y una  
35 cámara como la mostrada en la izquierda de la figura 11. En ese caso el escáner tiene para rotar mientras la cámara graba imágenes. El escáner puede comprender múltiples fuentes de láser tales como cuatro como se muestra en el escáner en la parte derecha de la figura 11. La presencia de múltiples fuentes de láser y cámaras elimina la necesidad de rotación del escáner en el canal auditivo. En el escáner de láser divulgado en la figura 40 11, la fuente o fuentes de láser proyectan un rayo de luz láser sobre la superficie del canal auditivo.

Otro tipo de escáner de láser de canal auditivo se muestra en la figura 12. Aquí la luz láser es proyectada como hojas de láser que producen un contorno de láser sobre la superficie del canal auditivo. De ese modo, se puede realizar un escaneo más rápido comparado con el escáner de láser anterior. En el escáner mostrado en la parte  
45 derecha de la figura 12, hay presentes cuatro hojas de láser y cuatro cámaras. De ese modo las hojas de láser cubren la circunferencia entera y no se requiere rotación del escáner.

Se pueden usar los mismos tipos de variación del canal auditivo escáner que en otros casos de escáneres tridimensionales según esta invención. Así, el escáner puede comprender al menos dos cámaras, tales como 4  
50 cámaras, tal como por ejemplo 6 cámaras. De manera semejante, puede haber varias fuentes de láser tal como por ejemplo 2 láseres que crean hojas de láser con un desplazamiento de 180 grados, tal como 3 hojas de láser con un desplazamiento de 120 grados, o 4 hojas de láser con un desplazamiento de 90 grados.

55 Actualmente los audífonos se crean en un molde de silicio, hecho con una impresión de oreja.

Es posible escanear y crear copias muy detalladas y precisas de impresiones de oreja con el sistema desarrollado como se describe en el documento de la técnica anterior de 3Shape "Method for modeling customized earpieces" con número de publicación WO02071794 publicado en 2002.

60 Aparte de audífonos, también se podrían insertar otros dispositivos en una carcasa hecha para encajar en el canal auditivo de un individuo. Tales dispositivos que podrían ser incorporados ventajosamente en una carcasa fabricada según el método divulgado incluyen teléfonos móviles, dispositivos de comunicación, altavoces, dispositivos de enmascaramiento de acúfeno, o dispositivos que graban vibraciones en el cráneo y transforman estos en una señal de audio. Dispositivos que se puede incorporar en una carcasa en la oreja también  
65 comprenden dispositivos relacionados con productos de Interfaz Hombre Máquina (MMI), tales como micrófono o receptores de oreja personalizados que permiten una comunicación fiable y clara incluso en los ambientes más

ruidosos, o productos relacionados con aplicaciones inalámbricas por internet.

5 El habla no únicamente crea ondas sonoras, también genera vibraciones dentro del cráneo de quien habla. Estas vibraciones pueden ser captadas por la oreja, pero pueden ser captadas también en otros lugares, pero de lejos el método más conveniente es hacerlo en la oreja. En una pieza, un dispositivo puede comprender así un micrófono para captar el habla de la persona que lo lleva, y un altavoz para transmitir el habla de la pareja de comunicación. Es importante que dichos dispositivos se hagan encajar en la oreja.

10 Se pueden usar dispositivos basados en detección de vibración en lugar de sonido en los ambientes más ruidosos, dado que únicamente captan el habla del portador y permiten una comunicación silenciosa, dado que el altavoz puede hablar en voz baja cuando es necesario. Los dispositivos permiten comunicación completamente sin manos.

15 Un dispositivo de este tipo también está desprovisto de manera natural de cualquiera clase de reacción acústica si se fabrica usando la presente invención.

20 La precisión de las fuentes de luz y cámaras es muy alta actualmente y así lo es el software desarrollado para detectar la intersección de la luz hoja con el objeto y para convertir los datos bidimensionales a coordenadas tridimensionales. Por lo tanto diferencias en precisión y por tanto mejora de la precisión principalmente residen en la calibración de los sistemas. Recuérdese que la precisión es de capital importancia en muchas aplicaciones.

25 Para obtener la más alta precisión se tiene que calibrar tanto el patrón de luz como la cámara. Preferiblemente la calibración se debe realizar usando un objeto de calibración con curvas de rasgo de objeto 3D simétrico y los correspondientes métodos que se describen más adelante y en el documento de la técnica anterior de 3Shape "Method for modeling customized earpieces" con número de publicación WO02071794 publicado en 2002. La principal ventaja de este tipo de objetos de calibración es que el patrón de luz puede ser calibrado independientemente de la calibración de la cámara. Una realización del objeto hueco de calibración usado para calibración del escáner se muestra en la figura 10. Obsérvese las curvas 1001 de rasgo de objeto simétrico 3D en el objeto de calibración, que son utilizados en la calibración.

30 Preferiblemente, se proyecta un patrón de luz sobre el objeto de calibración para producir curvas de rasgo de imagen 2D en las imágenes adquiridas.

35 Cuando se prefiere, las curvas de rasgo e imagen pueden ser determinadas usando la transformada de Hough, búsqueda de filtro, intensidad máx., umbral, centro de gravedad, derivados u otros procedimientos.

40 Las coordenadas de rasgo de imagen se encuentran como la intersección entre curvas de rasgo de imagen. Estas intersecciones se podrían ver en las imágenes como esquinas o cantos afilados de las curvas de rasgo de imagen. Las coordenadas de rasgo de imagen se pueden encontrar como la intersección entre las curvas de rasgo de imagen tales como la intersección entre dos curvas de orden enésimo, como la intersección entre dos curvas de primer orden, como la intersección entre dos curvas segundo orden, como la intersección entre dos curvas de tercer orden, como la intersección entre una curva de primer orden y una curva de segundo orden, como la intersección entre una curva de primer orden y una curva de tercer orden, o como la intersección entre una curva de segundo orden y una curva de tercer orden o como la intersección entre cualquier otra posible combinación de curvas.

50 Preferiblemente, el método de calibración comprende trazar de una combinación matemática de puntos de rasgo de imagen o rasgos derivados de estos puntos contra el ángulo de rotación o la traslación del objeto de calibración. Al trazar esta función y opcionalmente estimar una función matemática que describe la relación entre la función de una coordenada de imagen y el ángulo de rotación o la traslación, estimación de los parámetros de luz y ángulo o rotación y/o traslación se vuelve especialmente preciso. El método puede comprender la determinación del plano medio de simetría en el trazado.

55 El plano medio de simetría puede ser determinado calculando el ángulo medio de rotación/traslación media para parejas de puntos de rasgo de imagen que tienen el mismo valor en la combinación matemática. Hacer esto produce múltiples estimaciones para el desplazamiento de codificador y desplazamiento de patrón de luz que permite también la estimación del ángulo de hoja láser.

60 La calibración de patrón de luz también puede comprender seleccionar puntos simétricos, trazado del ángulo de rotación y/o la traslación para el primer punto contra la diferencia en el ángulo de rotación y/o la traslación entre los dos puntos simétricos, derivar una fórmula matemática para las líneas trazadas y estimar los parámetros de patrón de luz.

65 Como alternativa, se pueden derivar fórmulas matemáticas para las curvas que aparecen en alguno de los trazados de la combinación matemática como función del ángulo de rotación o la traslación. Dadas estas curvas y las correspondientes fórmulas, se puede estimar el desplazamiento de codificador, desplazamiento del patrón

de luz, y el ángulo de patrón de luz.

Preferiblemente, coordenadas de patrón de luz de las curvas de rasgo de objeto 3D se estiman correspondientes a un número discreto de valores de ángulo de rotación y/o traslaciones. Estos valores preferiblemente deben cubrir la circunferencia y/o la longitud enteras del objeto de calibración.

Las coordenadas 2D de las curvas de rasgo de objeto 3D correspondientes a un número discreto de valores de ángulo o rotación y/o traslación pueden ser calcular a partir de funciones matemáticas que determinan las curvas de rasgo de objeto 3D. A fin de determinar los parámetros de calibración tales como posición de cámara, orientación de cámara y parámetros de óptica de cámara, parejas de coordenadas 2D de patrón de luz se comparan con coordenadas 2D calculadas para un número discreto de valores de ángulo o rotación y/o traslación. Esta comparación preferiblemente comprende usar el algoritmo de Tsai o de Heikkilae. La ventaja de los algoritmos de Tsai y la Heikkilae en este contexto es que proporcionan estimación rápida y precisa de los parámetros de calibración tales como distorsión radial de lentes.

Métodos alternativos para calibración comprenden transformación lineal directa y transformación matricial no lineal directa opcionalmente en combinación con un procedimiento de optimización tal como mínimos cuadrados para minimizar el error. En estos casos se pueden estimar parámetros de calibración inicial para facilitar la convergencia de los parámetros durante la optimización.

Para mejorar la calibración, de la calibración se pueden excluir valores atípicos de precisión. Valores atípicos se pueden identificar, p. ej., en el trazado de la combinación matemática de las coordenadas de rasgo de imagen contra el ángulo de rotación / la traslación o por retroproyección de coordenadas tras una calibración inicial.

Dos por ciento de los puntos de rasgo que son los que más se desvían de las curvas de rasgo de imagen 2D retroproyectadas se pueden excluir de la calibración o se puede excluir al menos el 3 por ciento, tal como al menos el 5 por ciento, por ejemplo al menos el 10 por ciento, por ejemplo al menos el 12 por ciento, tal como al menos el 15 por ciento por ejemplo al menos el 20, preferiblemente al menos el 25 por ciento, por ejemplo al menos el 30 por ciento, más preferiblemente al menos el 33 por ciento para mejorar la precisión de calibración.

A fin de cubrir la circunferencia entera del objeto de calibración el número discreto de valores para ángulo de rotación/traslación puede ser al menos 100, preferiblemente al menos 240, por ejemplo al menos 500, tal como al menos 750, por ejemplo al menos 1000, tal como al menos 1200, por ejemplo al menos 1500, tal como al menos 1800, por ejemplo al menos 2000, tal como al menos 2400, por ejemplo al menos 3000, por ejemplo al menos 3600, tal como al menos 4200. Cuanto más alto el número discreto de valores de ángulo de rotación/traslación, más alta es la precisión de calibración.

La precisión más alta de calibración se obtiene cuando se usa una configuración rígida, que comprende montar el objeto de calibración sobre medios de montaje.

La figura 15 muestra un ejemplo de un escáner con una sonda en una oreja.

El escáner 1201 comprende una sonda 1202, donde la punta de la sonda 1202 se muestra parcialmente insertada en el canal auditivo de un paciente. Se emite luz 1203 desde la punta de sonda del escáner 1201 a fin de escanear la oreja y/o el canal auditivo.

La figura 16 muestra un ejemplo de escáner con una cámara extra montada. El escáner 1601 se dispone de manera que se pueda escanear la oreja 1604 y/o el canal auditivo de un paciente. El escáner 1601 comprende una sonda 1602, que comprende una punta de sonda 1605 desde donde se emite luz 1603 desde el escáner. El escáner 1601 se muestra con una sección cortada de manera que se pueden ver los componentes dentro del escáner 1601. El escáner comprende una fuente de luz 1606 que emite luz 1603, un patrón 1607 que produce luz estructurada desde la fuente de luz 1606, un divisor de haz (no se muestra), lentes ópticas 1608, y una cámara o sensor de imagen 1609 para capturar imágenes ópticas. En la parte externa del escáner 1601 se dispone una cámara 1610, que se adapta para grabar imágenes, por ejemplo como fotografías estáticas o vídeo. El campo de visión 1611 de la cámara 1610 se muestra que está en la dirección de la punta de sonda, de manera que la cámara 1610 graba imágenes de, por ejemplo, la parte externa de la oreja 1604. Estas grabaciones se pueden usar como imágenes de referencia para detectar la posición y/o la orientación del escáner por ejemplo para acoplar las imágenes 2D escaneadas a una posición 3D, y desde esto se adapta la posición del escáner 1601 respecto a la oreja 1604 que va a ser determinada.

La figura 17 muestra ejemplos de haces de láser para guiar la posición y orientación del escáner.

Tanto la figura 17a) como la figura 17b) muestran el escáner 1601 y la oreja 1604.

En la figura 17a) dos haces de láser 1613 desde dos fuentes de luz 1612 dispuestas en la parte externa del escáner 1601 guían al operador de escáner (no se muestra) para sostener el escáner 1601 a la distancia

correcta de la oreja 1604 para escaneo. Los haces de láser 1613 se cruzan entre sí en un punto 1614, y por ejemplo cuando este punto 1614 está en la superficie externa de la oreja, entonces el escáner 1601 está a la distancia correcta de la oreja 1604.

5 En la figura 17b) dos conjuntos de dos haces de láser 1613, 1616 de dos conjuntos de fuentes de luz 1612, 1615, respectivamente, guían al operador de escáner (no se muestra) para sostener el escáner 1601 a la distancia correcta de la oreja 1604 para escaneo. Los dos conjuntos de fuentes de luz 1612, 1615 se disponen en la parte externa del escáner 1601. Los dos haces de láser 1613 se cruzan entre sí en un primer punto 1614, y los otros dos haces de láser 1616 se cruzan entre sí en un segundo punto 1617. Cuando por ejemplo el primer punto 1614 está en la superficie externa de la oreja, entonces el escáner 1601 está a una primera distancia correcta de la oreja 1604, y cuando por ejemplo el segundo punto 1617 está en la superficie externa de la oreja, entonces el escáner 1601 está a una segunda distancia correcta de la oreja 1604. La primera distancia puede ser la distancia a la que se hace un primer conjunto de imágenes de escaneo, y después el escáner 1601 se puede mover a la oreja a la segunda distancia para capturar un segundo conjunto de imágenes de escaneo o viceversa de manera que el escáner 1601 se dispone primero a la segunda distancia para capturar imágenes y luego el escáner es movido afuera de la oreja a la primera distancia para capturar imágenes allí.

Aunque se han descrito y mostrado en detalle algunas realizaciones, la invención no está restringida a ellas, pero también se puede plasmar de otras maneras dentro del alcance del tema de asunto definido en las siguientes reivindicaciones. En particular, se tiene de entender que pueden utilizarse otras realizaciones y pueden hacerse modificaciones estructurales y funcionales sin salir del alcance de la presente invención.

En reivindicaciones de dispositivo que enumeran varios medios, varios de estos medios se pueden plasmar mediante uno y el mismo artículo de hardware. El mero hecho de que ciertas medidas se relatan en reivindicaciones mutuamente diferentes dependientes o descritas en diferentes realizaciones no indica que una combinación de estas medidas no se pueda usar con ventaja.

Cabe destacar que el término "comprende/comprendiendo", cuando se usa en esta memoria descriptiva, es para especificar la presencia de características indicadas, números enteros, etapas o componentes, pero no se opone a la presencia o adición de una o más características, enteros, etapas, componentes o grupos de los mismos.

Los rasgos del método descrito anteriormente y a continuación pueden ser implementados en software y realizado en un sistema de procesamiento de datos u otros medios de procesamiento provocados por la ejecución de instrucciones ejecutables por ordenador. Las instrucciones pueden ser medios de código de programa cargado en una memoria, tal como una RAM, desde un medio de almacenamiento o desde otro ordenador por medio de una red de ordenadores. Como alternativa, los rasgos descritos pueden ser implementados por circuitería cableada en lugar de software o en combinación con software.

## Referencias

40 [1]: TSai, R. Y., "A versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses", IEEE Journal of Robotics and Automation, páginas 323-344, Vol. RA-3, n.º 4, agosto de 1987.

45 [2]: Heikkilae, J, "Geometric Camera Calibration Using Circular Control Points", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 22, n.º 10, págs. 1066-1077, octubre de 2000.

[3]: Wang et al., "Filling holes on locally smooth surfaces reconstructed from point clouds". Image and Vision Computing Vol. 25, ejemplar 1 (enero de 2007) págs. 103-113.

50

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de escáner que comprende:

- 5 - un escáner de mano en forma de sonda configurado para escanear un objeto, comprendiendo el escáner en forma de sonda
- 10 al menos una fuente de luz adaptada para crear y proyectar luz estructurada produciendo un patrón en la superficie interior de un objeto, donde dicha fuente de luz emite luz desde un punto de emisión; y
- 15 al menos una cámara, adaptada para grabar imágenes 2D del patrón, donde la cámara acumula luz en un punto de acumulación;
- 15 - un dispositivo de conversión de datos adaptado para convertir imágenes 2D en coordenadas 3D del mundo real;
- 20 - un dispositivo de procesamiento de datos configurado para crear información de superficie para áreas de la superficie, donde el escaneo de imágenes no está completo; y
- 20 - un software para visualizar un escaneo adquirido,
- en el que el escáner de mano comprende un sensor de movimiento configurado para medir traslaciones y rotaciones para tres ejes de coordenadas principales, por lo que el escáner de mano está configurado para
- 25 proporcionar una entrada para un alineamiento basado en software de escaneos parciales entre sí para adquirir un escaneo completo del objeto, y
- 30 actuar como un control remoto para rotar y/o hacer una panorámica de una vista del escaneo adquirido visualizado del objeto moviendo el control remoto de la misma manera que debería moverse el objeto en una pantalla de ordenador.
2. El sistema de escáner según la reivindicación 1, en el que el escáner en forma de sonda está configurado para introducirse en una cavidad.
- 35 3. El sistema de escáner según la reivindicación 1, en el que el escáner en forma de sonda está configurado para introducirse en una cavidad, y el dispositivo de procesamiento de datos está configurado para alinear uno o más orificios en las coordenadas 3D del mundo real correspondientes a áreas de la superficie interior donde el acceso visual está bloqueado debido a la forma geométrica de la superficie interior, y proporcionar datos y procesar dichos datos para crear coordenadas 3D del mundo real para las áreas de la superficie interior donde dicho
- 40 acceso visual está bloqueado.
4. El sistema de escáner según cualquiera de las reivindicaciones 2-3, en el que el escáner en forma de sonda tiene un eje y la al menos una fuente de luz y la al menos una cámara están adaptadas para realizar un escaneo alrededor del eje.
- 45 5. El sistema de escáner según la reivindicación 2 ó 3, en el que dicho dispositivo de conversión de datos y dicho escáner en forma de sonda están integrados en un dispositivo.
- 50 6. El sistema de escáner según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 4, en el que dicho dispositivo de conversión de datos es parte de una unidad separada, tal como parte de un ordenador personal conectado a dicho escáner en forma de sonda.
- 55 7. El sistema de escáner según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 2 a 6, en el que dicho dispositivo de procesamiento de datos y dicho escáner en forma de sonda están integrados en un dispositivo.
- 60 8. El sistema de escáner según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el escáner está adaptado para escanear superficies internas de al menos uno de los dientes, la boca, el oído o el canal auditivo.
9. El sistema de escáner según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sensor de movimiento está configurado para proporcionar una transformación de movimiento rígido relativo entre coordenadas locales de los escaneos parciales.
10. El sistema de escáner según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el alineamiento basado en software de escaneos parciales se basa en la clase de algoritmos de punto más cercano iterativo.

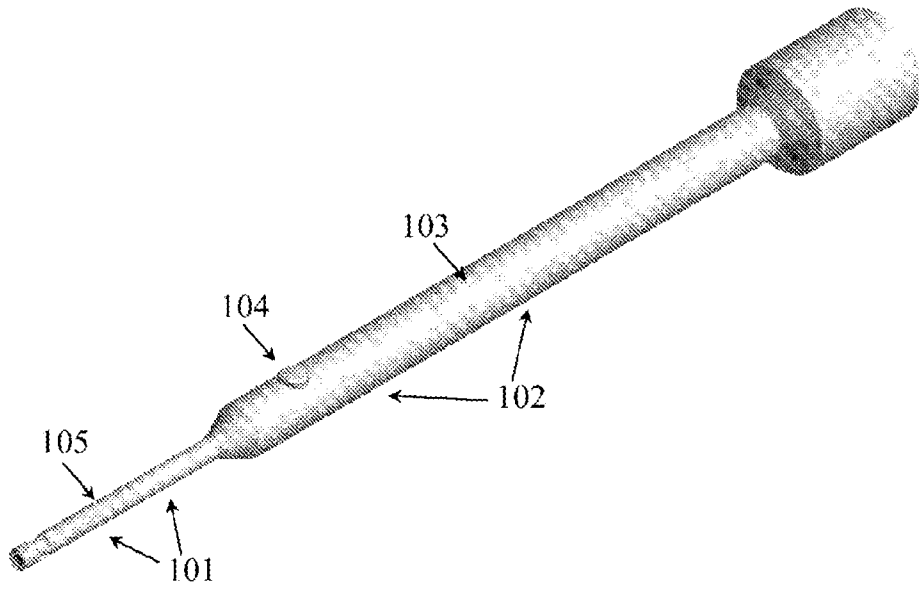


Figura 1

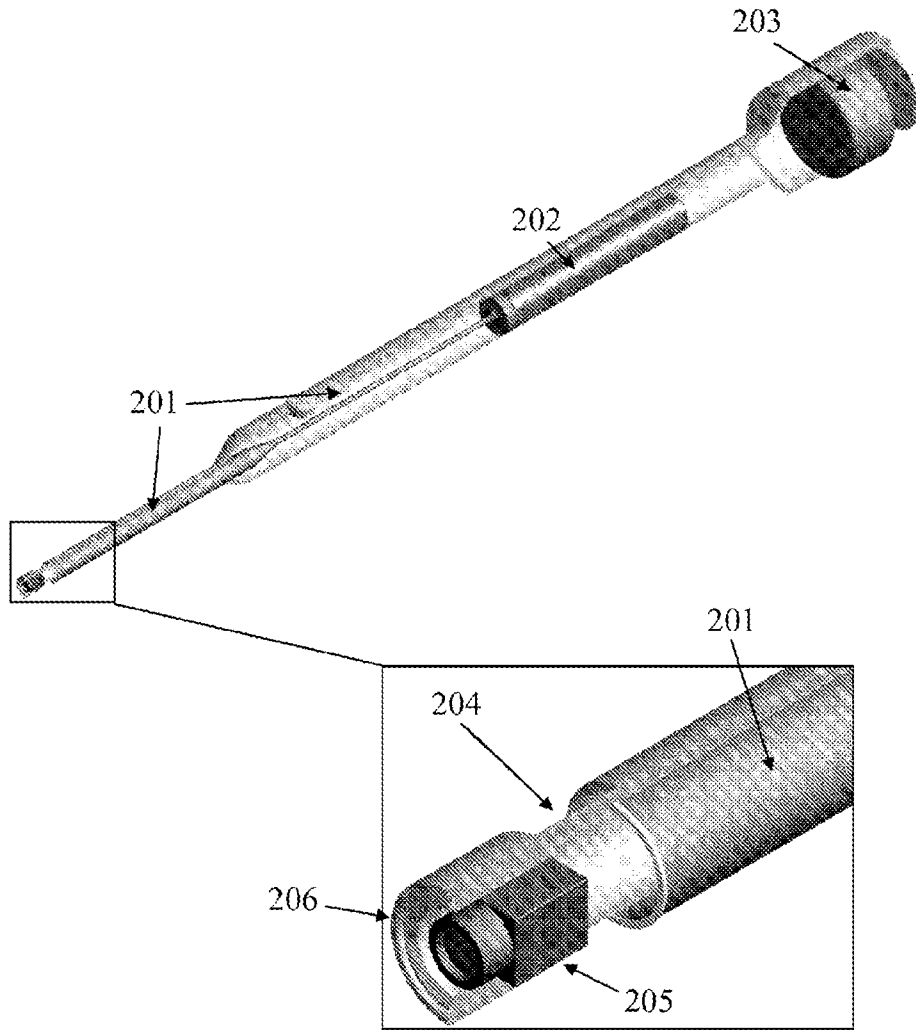


Figura 2

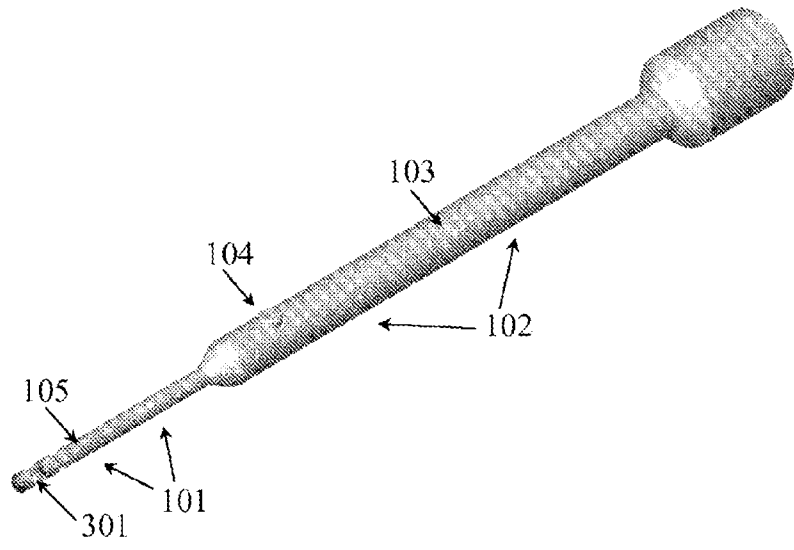


Figura 3

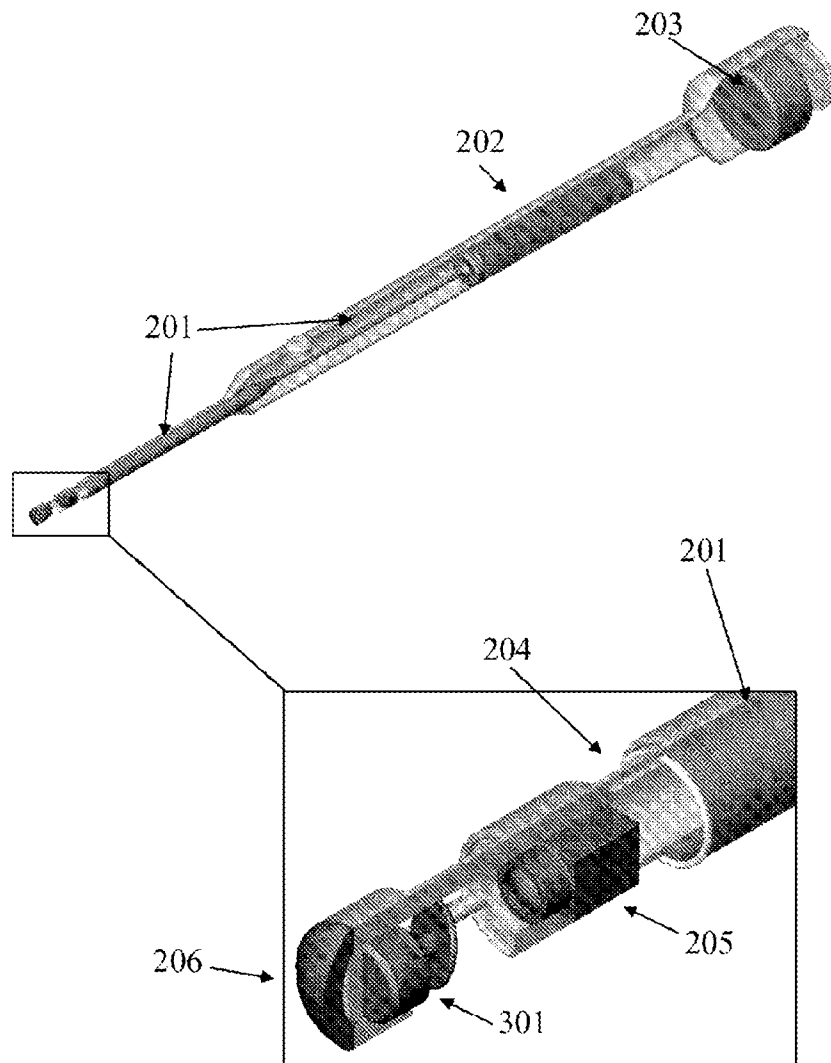


Figura 4

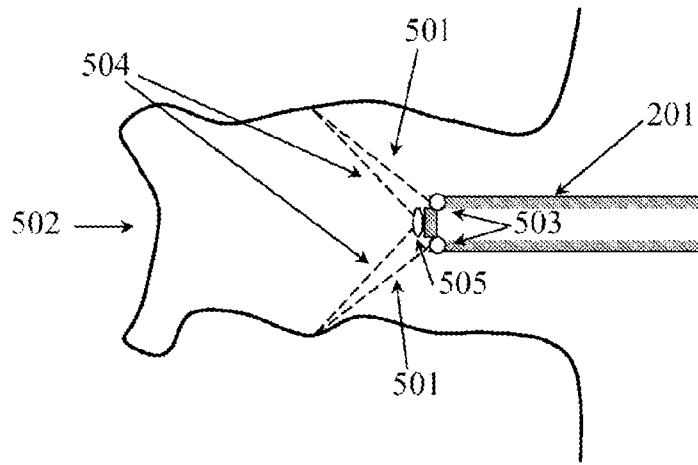


Figura 5

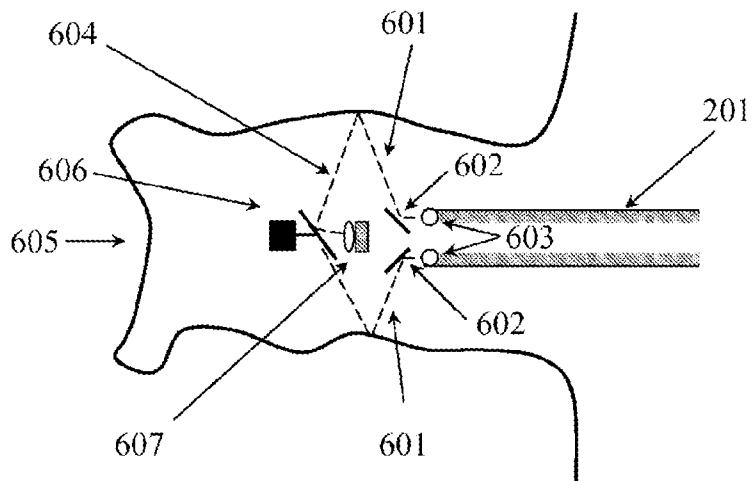


Figura 6

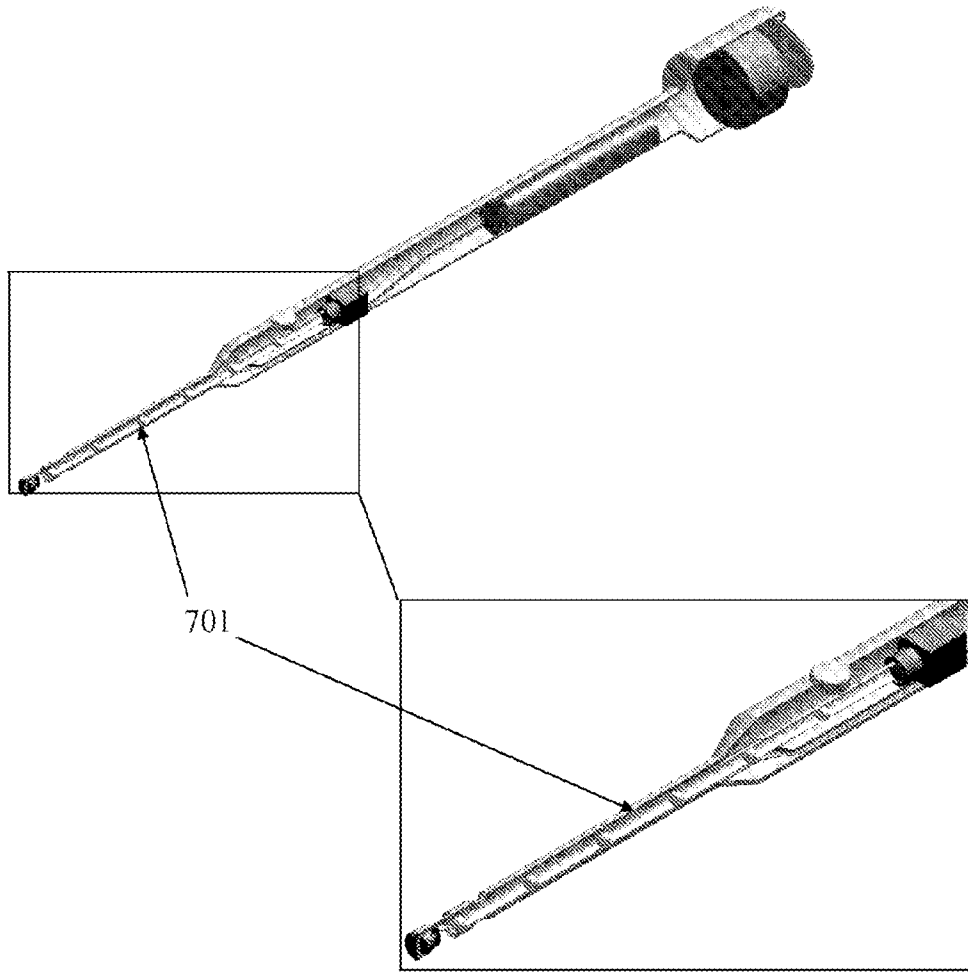


Figura 7

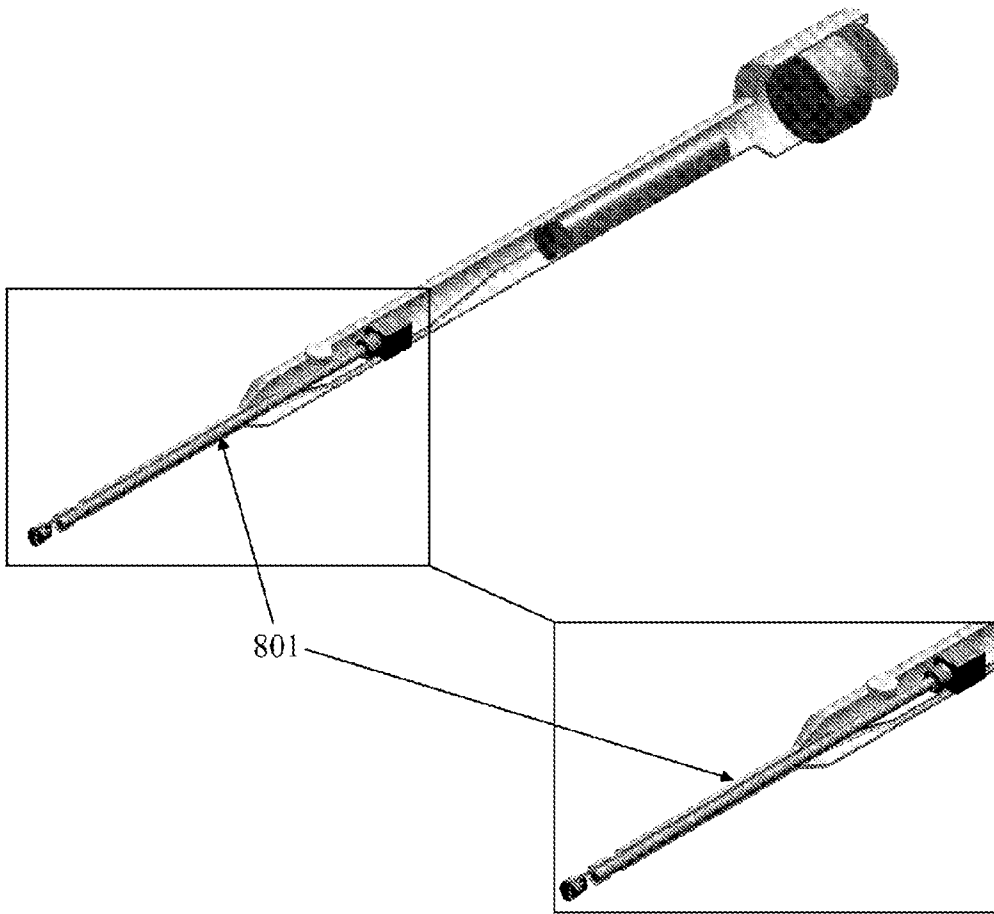


Figura 8

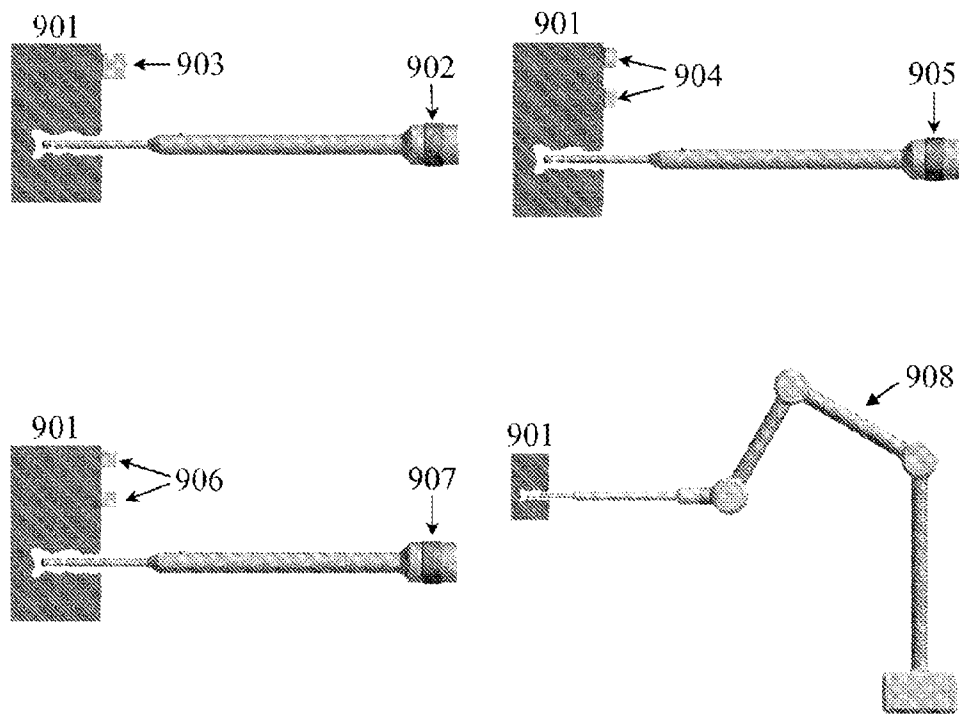


Figura 9

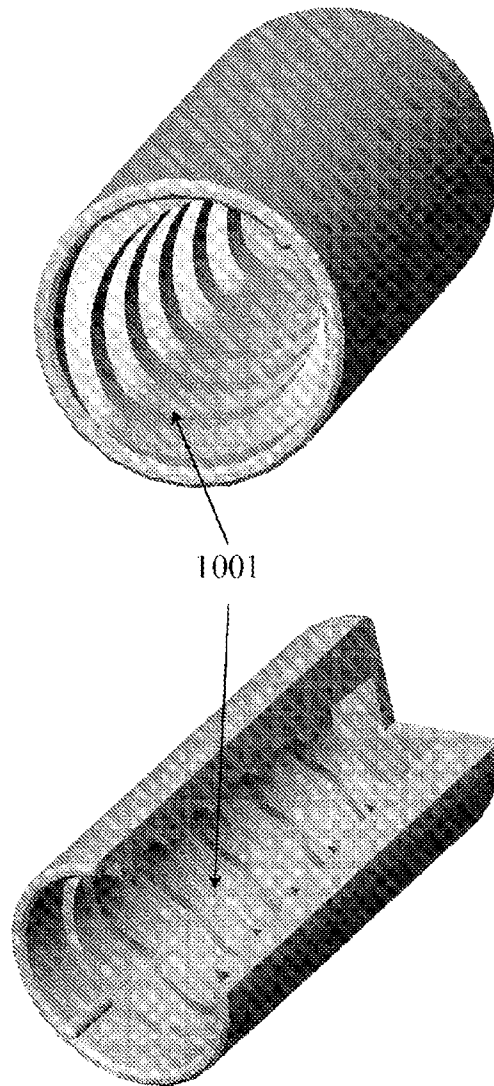


Figura 10

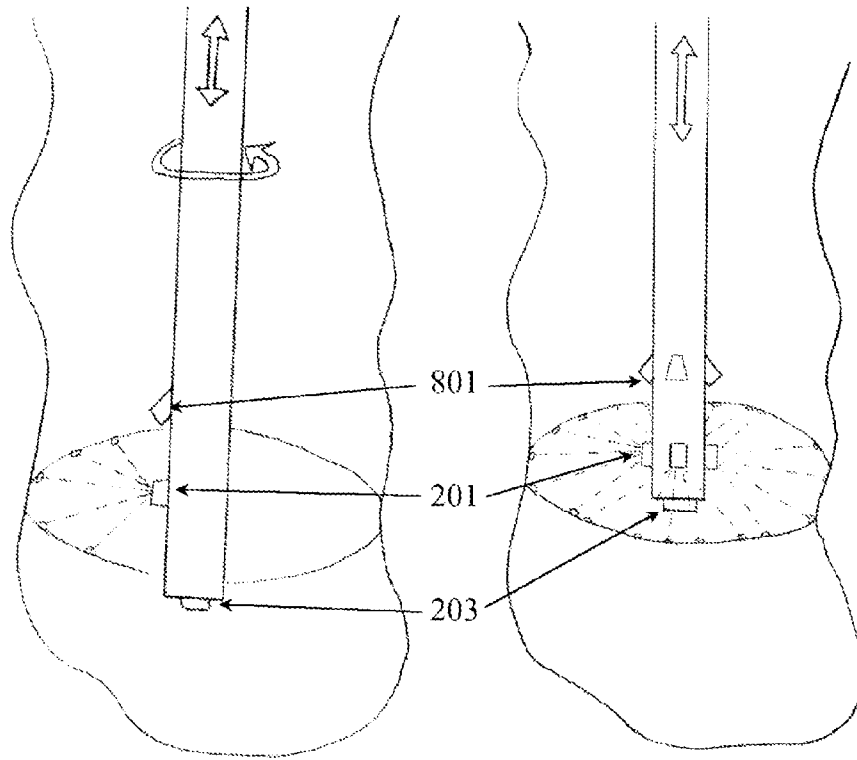


Figura 11

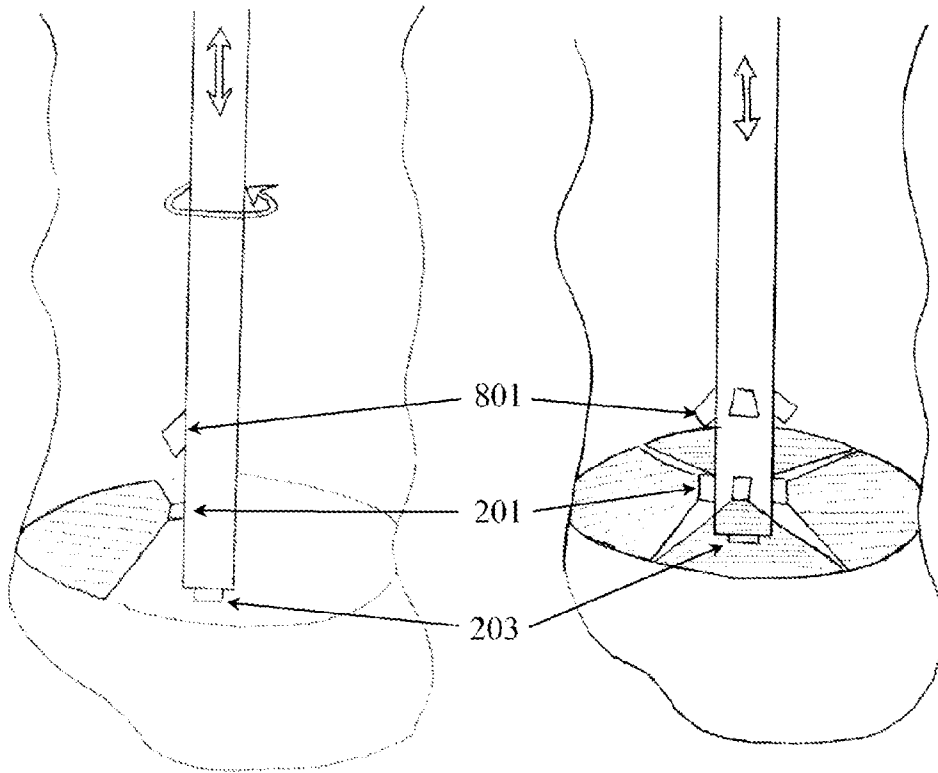
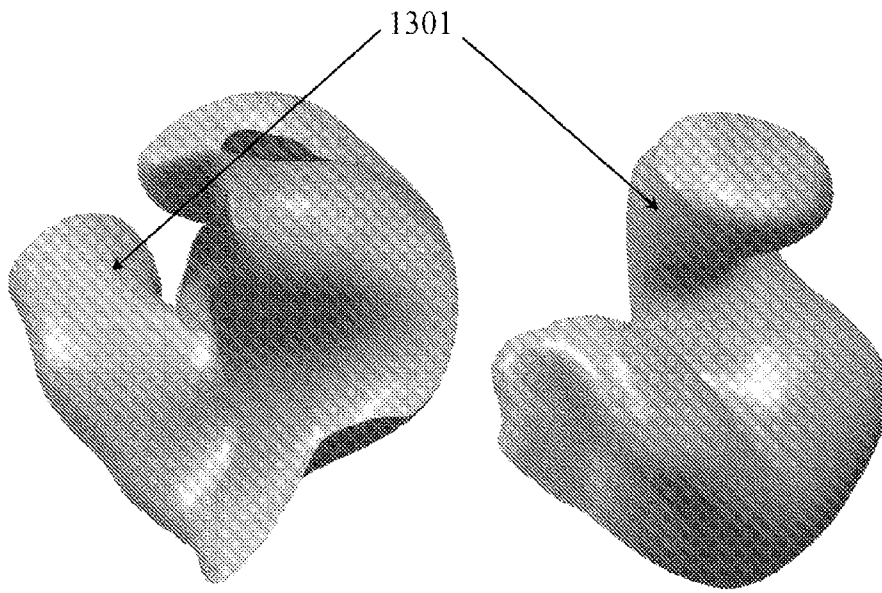


Figura 12



**Figura 13**

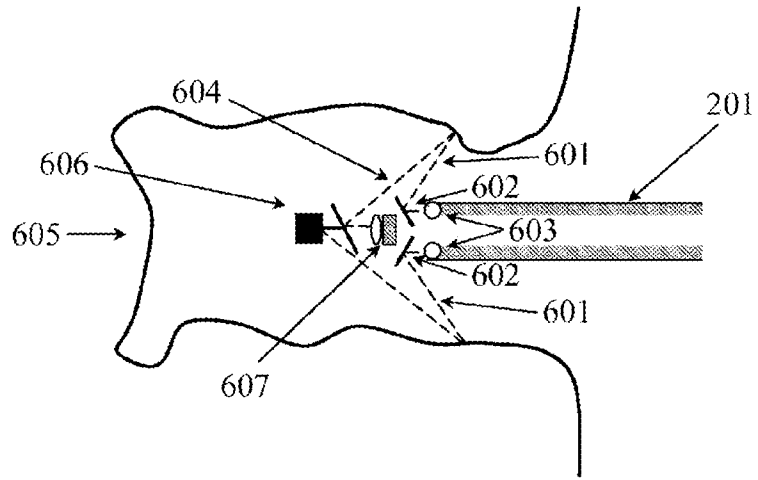


Figura 14

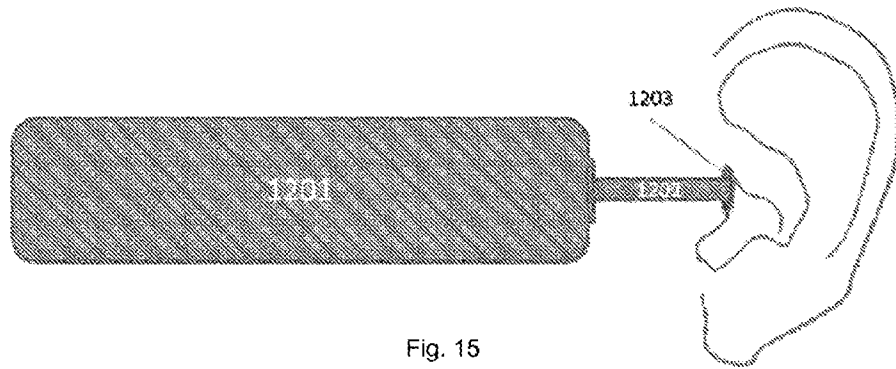


Fig. 15

Fig. 16

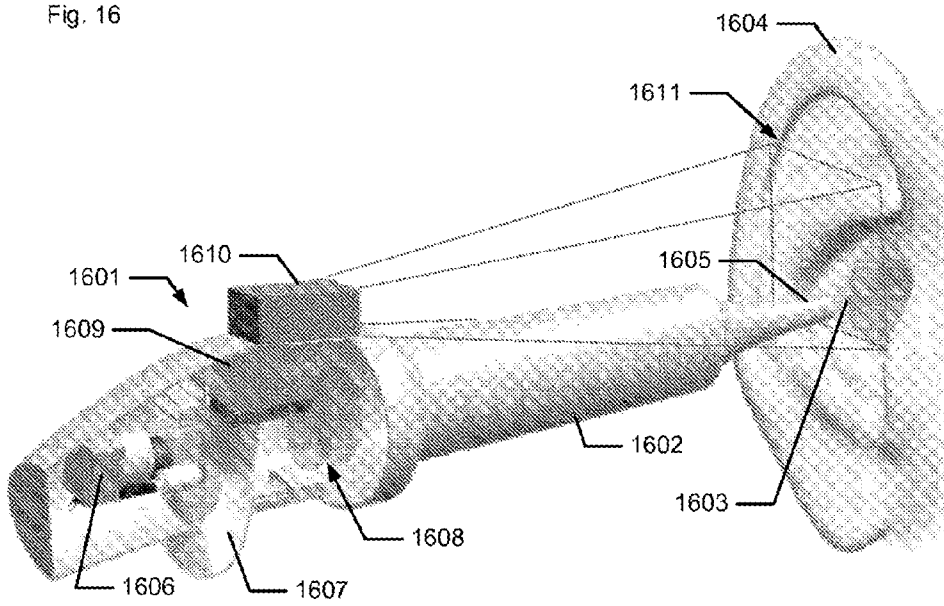


Fig. 17a)

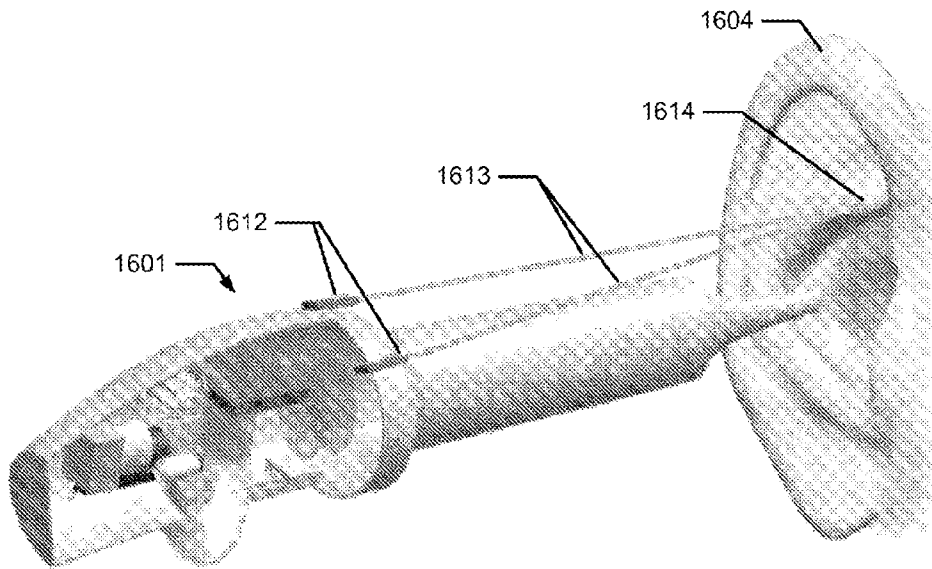


Fig. 17b)

