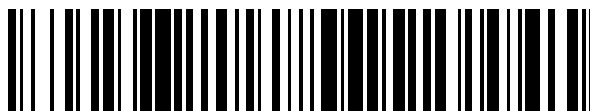


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 608 820**

51 Int. Cl.:

A61B 90/00 (2006.01)

A61B 34/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2009** **E 09010523 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016** **EP 2153794**

54 Título: **Sistema y método de visualización del interior de un cuerpo**

30 Prioridad:

15.08.2008 US 189300 P

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

17.04.2017

73 Titular/es:

STRYKER EUROPEAN HOLDINGS I, LLC (100.0%)
2825 Airview Boulevard
Kalamazoo, MI 49002, US

72 Inventor/es:

SARVESTANI, AMIR;
SCHOEPP, HANS y
WELTE, KLAUS

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 608 820 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

Sistema y método de visualización del interior de un cuerpo.

5 Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención

10 La presente invención se refiere a un método y/o un sistema de navegación en el interior de un espacio cerrado o en un espacio no fácilmente visible para un operador.

2. Descripción de los antecedentes de la invención

15 Se han desarrollado dispositivos de formación de imágenes en el estado de la técnica para capturar imágenes preoperatorias e intraoperatorias que se usan en la planificación y la ejecución de procedimientos médicos diagnósticos y terapéuticos. No obstante, algunos de estos dispositivos de formación de imágenes exponen a los pacientes y al personal del quirófano a una radiación o campos magnéticos intensos, y típicamente no permiten la correlación de imágenes con un paciente. También se han desarrollado sistemas de navegación quirúrgica que permiten la correlación de imágenes con un paciente, aunque los mismos incrementan los costes y la complejidad del procedimiento. Por otra parte, los sistemas de navegación quirúrgica conocidos no resuelven satisfactoriamente el problema de la coordinación ojo-mano, en la medida en la que la vista de las imágenes en un monitor de visualización no está en correlación con la posición espacial del paciente. Para superar el problema de la coordinación ojo-mano, hay disponibles módulos de visualización montados en la cabeza, aunque los mismos requieren que el operador, por ejemplo un cirujano, lleve un accesorio montado en la cabeza.

25 En uno de los ejemplos, hay disponibles monitores de visualización con seguimiento, conjuntamente con sistemas de navegación quirúrgica, para correlacionar imágenes con la posición espacial de un paciente. No obstante, para ubicar el monitor de visualización y correlacionar imágenes visualizadas con un paciente, es necesario un sistema de seguimiento para captar la posición del monitor de visualización y del paciente, por ejemplo, un sistema de seguimiento por infrarrojos o de seguimiento electromagnético. Dichos sistemas requieren un dispositivo de seguimiento independiente para el monitor de visualización, y pueden experimentar problemas de línea visual o problemas de distorsión de campo. Por otra parte, dichos sistemas incrementan la complejidad y los costes sobre el procedimiento global. A partir del documento EP 1 470 791 se conoce un sistema del tipo mencionado.

35 En otro de los ejemplos, un sistema que utiliza un monitor de visualización con seguimiento requiere en general un monitor de visualización, un módulo de seguimiento del monitor, una cámara de vídeo, un módulo de seguimiento de la cámara de vídeo, y una cámara de navegación, con el fin de correlacionar imágenes con la posición espacial de un paciente. Adicionalmente, se requieren esfuerzos especiales para mantener simultáneamente dentro de la vista de la cámara de navegación, el módulo de seguimiento de la cámara de vídeo, el módulo de seguimiento del monitor, el módulo de seguimiento del paciente, y finalmente un módulo de seguimiento de herramientas. Además, un sistema de navegación quirúrgica del tipo mencionado no está adaptado para alinear la dirección de visión de la cámara de vídeo con la dirección de visión de un cirujano.

45 A partir del documento US 5.848.967, se conoce un sistema para la determinación gráfica cuantitativa por ordenador, de posiciones sobre la anatomía de un paciente, y de posiciones sobre equipos quirúrgicos asociados situados cerca de la anatomía del paciente en relación con datos anatómicos, tales como un escaneado de CT o MR. El campo de visión quirúrgico se visualiza por medio de un aparato de cámara óptica, se digitaliza a través de medios de cálculo por ordenador y se registra con los datos anatómicos de los medios de escaneado de imágenes. Además, se hace que la posición del equipo quirúrgico sea visible con respecto a las imágenes registradas.

50 Sumario de la invención

La invención se da a conocer en las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se dan a conocer formas de realización preferidas.

55 Según un aspecto de la invención, un sistema para visualizar un interior de un cuerpo desde una posición exterior incluye un sistema de navegación que tiene un monitor y una cámara, en donde la cámara está fijada al monitor y sirve como sistema de referencia, y en donde el monitor es posicionable de manera móvil entre un operador y el cuerpo. El sistema incluye además una unidad de referencia óptica adaptada para fijarse al cuerpo con el fin de realizar un seguimiento de movimientos del cuerpo, un dispositivo de procesado electrónico en comunicación con el sistema de navegación, y un conjunto de datos de imagen que incluye características del interior del cuerpo, siendo accesible el conjunto de datos de imagen para el dispositivo de procesado. El dispositivo de procesado recibe una imagen óptica de una superficie exterior del cuerpo, obtenida con la cámara, registra el conjunto de datos de imagen con respecto al sistema de referencia correlacionando una posición de la unidad de referencia óptica del conjunto de datos de imagen con una posición de la unidad de referencia óptica de la imagen óptica, y provoca que el monitor

visualice el conjunto de datos de imagen superpuesto y registrado con la imagen óptica, en una posición y una orientación que representa un ángulo de visión y un ángulo de apertura de la cámara con respecto al cuerpo.

5 La unidad de referencia óptica puede incluir un sustrato, un patrón óptico en el sustrato, y un marcador soportado por el sustrato. El marcador es visible en una imagen preoperatoria, el patrón óptico es visible para una cámara de vídeo, y el marcador se encuentra en una posición identificable exclusiva en relación con el patrón óptico, con lo cual la ubicación del marcador se puede registrar de forma exclusiva con el patrón óptico en cada uno de una pluralidad de ángulos de visión.

10 De acuerdo con otro aspecto de la invención, un método de visualización de un interior de un cuerpo desde una posición de visión exterior incluye las etapas de obtener un conjunto de datos de imagen internos de una parte interna del cuerpo, en donde el conjunto de datos de imagen internos incluye una ubicación de referencia en una superficie exterior del cuerpo, y acceder al conjunto de datos de imagen internos con un sistema de navegación que comprende una pantalla de presentación visual, una cámara fijada a la pantalla de presentación visual en alineación con la pantalla de visualización, y una unidad de procesado electrónico digital en comunicación de datos con la cámara y la pantalla de visualización, en donde la cámara sirve como sistema de referencia y la pantalla de presentación visual es posicionable de manera móvil entre un operador y el cuerpo. El método incluye además las etapas de obtener una imagen visual de un exterior del cuerpo con la cámara, en donde la ubicación de referencia es visible en la imagen visual y está orientada con respecto al sistema de referencia, identificar la ubicación de referencia en la imagen visual, y registrar, con la unidad de procesado electrónico digital, el conjunto de datos de imagen internos con la imagen visual en relación con el sistema de referencia utilizando la ubicación de referencia. Además, el método incluye la etapa de visualizar el conjunto de datos de imagen internos superpuesto y registrado con la imagen visual en la pantalla de presentación visual, en una posición y una orientación que representa un ángulo de visión y un ángulo de apertura de la cámara, y la pantalla de presentación visual con respecto al cuerpo.

25 Según todavía otro aspecto de la invención, un método de registro de un conjunto de datos de imagen de un cuerpo con una imagen visual de una superficie exterior del cuerpo incluye las etapas de fijar por lo menos una unidad de referencia a la superficie exterior del cuerpo, en donde la unidad de referencia tiene una o más características que crean una señal de imagen única en el conjunto de datos de imagen y una representación única en la imagen visual, y adquirir un conjunto de datos de imagen que incluye la señal de imagen única de la unidad de referencia. El método incluye además las etapas de identificar la posición de la unidad de referencia con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen, adquirir una imagen visual de una superficie exterior del cuerpo que incluye la representación única de la unidad de referencia, identificar la posición de la unidad de referencia en la imagen visual, y hacer corresponder la posición espacial de la unidad de referencia en el conjunto de datos de imagen con la posición espacial de la unidad de referencia en la imagen visual, para registrar automáticamente el conjunto de datos de imagen con la imagen visual del cuerpo.

40 Según todavía otro aspecto de la invención, un soporte legible por ordenador, que es portador de un programa ejecutable por el dispositivo de procesado electrónico digital del anterior sistema para visualizar el interior de un cuerpo desde una posición exterior, incluye una primera rutina que recibe un conjunto de datos de imagen de un cuerpo, que incluye una señal de imagen única de una unidad de referencia fijada a un cuerpo, una segunda rutina que identifica una posición de la unidad de referencia con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen, una tercera rutina que recibe una imagen visual de un exterior del cuerpo, que incluye una representación visual de la unidad de referencia, una cuarta rutina que identifica la posición de la unidad de referencia en la imagen visual, una quinta rutina que compara la posición espacial de la unidad de referencia en el conjunto de datos de imagen con la posición espacial de la unidad de referencia en la imagen visual para registrar automáticamente el conjunto de datos de imagen con la imagen visual del cuerpo, y una sexta rutina que provoca que el conjunto de datos de imagen y la imagen visual del cuerpo se presenten visualmente en un dispositivo de visualización con el conjunto de datos de imagen superpuesto y registrado con la imagen visual del cuerpo.

50 Al considerar la siguiente descripción detallada se pondrán de manifiesto otros aspectos y ventajas de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

- 55 La FIG. 1 muestra una vista esquemática de un sistema de navegación con respecto al cuerpo de un paciente;
- la FIG. 2 muestra una vista esquemática de un monitor de visualización del sistema de navegación de la FIG. 1, posicionado entre el paciente y un operador;
- 60 la FIG. 3 es un diagrama de bloques de una CPU del sistema de navegación de la FIG. 1;
- la FIG. 4 es una vista en perspectiva de una unidad de referencia utilizable con el sistema de navegación de la FIG. 1;
- 65 la FIG. 5 muestra una serie de unidades de referencia según la FIG. 4, fijadas a un paciente;

- la FIG. 6 ilustra un conjunto de datos de imagen de un paciente, que incluye partes visibles de las unidades de referencia de la FIG. 5;
- 5 la FIG. 7 ilustra un conjunto de datos de imagen de un paciente, que incluye partes visibles de las unidades de referencia de la FIG. 5, una estructura interna del paciente, e información virtual adicional;
- la FIG. 8 es una vista esquemática de una imagen visible de un paciente, que incluye partes de las unidades de referencia de la FIG. 5;
- 10 la FIG. 9 es una vista esquemática de un procedimiento para registrar una posición de un paciente a partir de una imagen visible con un conjunto de datos de imagen del paciente;
- la FIG. 10 es una vista esquemática que muestra un paciente con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen;
- 15 la FIG. 11 muestra un monitor de visualización del sistema de navegación de la FIG. 1, posicionado entre el paciente y un operador, en donde el monitor de visualización presenta una imagen visual del paciente superpuesta con datos provenientes de un conjunto de datos de imagen;
- 20 la FIG. 12 es una vista en perspectiva de otra unidad de referencia utilizable con el sistema de navegación de la FIG. 1;
- la FIG. 13 es una vista esquemática de una pluralidad de unidades de referencia según la FIG. 12, fijadas a un paciente;
- 25 la FIG. 14 es una vista esquemática de un conjunto de datos de imagen de un paciente, que incluye una señal de imagen única basada en partes visibles de las unidades de referencia de la FIG. 13;
- 30 la FIG. 15 es una vista esquemática que muestra la orientación de las unidades de referencia de la FIG. 13 con respecto a un sistema de coordenadas de la imagen;
- la FIG. 16 es una vista esquemática que muestra una estructura interna superpuesta sobre el cuerpo de un paciente y la orientación de una unidad de referencia de la FIG. 15; y
- 35 la FIG. 17 es una vista en perspectiva todavía de otra unidad de referencia utilizable con el sistema de navegación de la FIG. 1.

Descripción detallada

40 En algunas formas de realización, un sistema de navegación de la presente exposición incluye un monitor de presentación visual, una unidad de procesamiento central ("CPU"), y una cámara. La cámara está montada rígidamente en un lado posterior del monitor de visualización para constituir una unidad de monitor. La unidad de monitor tiene una interfaz de datos para importar uno o más conjuntos de datos de imagen que contienen datos referentes a

45 estructuras internas o sub-superficiales, tales como conjuntos de datos de imagen preoperatorios obtenidos a través de diversas modalidades que incluyen imágenes por rayos X bidimensionales, escaneados de tomografía computarizada ("CT") tridimensional, imágenes de resonancia magnética ("MR"), imágenes de tomografía por emisión de positrones ("PET"), y similares. En uno de los ejemplos, por lo menos una (y, en algunas formas de realización, tres o más) unidad de referencia está colocada en un paciente y se identifica por medio de la unidad de

50 monitor para registrar una imagen visible del paciente con un conjunto de datos de imagen. Después de que se hayan registrado la posición del paciente y el conjunto de datos de imagen, el conjunto de datos de imagen se visualiza en el monitor de visualización, superpuesto sobre la imagen visible del paciente. En otro ejemplo, múltiples unidades de referencia o una sola unidad de referencia que incluye un patrón óptico único se pueden utilizar realizar un seguimiento de la posición del paciente en relación con la unidad de monitor, y correlacionar la imagen visible y el

55 conjunto de datos de imagen con la posición real del paciente. Todavía en otro ejemplo, se usan la misma o las mismas unidades de referencia para proporcionar funciones tanto de registrado como de seguimiento.

Preferentemente, las imágenes preoperatorias se procesan y visualizan con un ángulo de visión y una apertura en concordancia con la posición real de la unidad de monitor con respecto al paciente. Cuando la unidad de monitor se

60 posiciona entre un observador y el paciente, la unidad de monitor visualiza una vista de las estructuras internas del paciente a partir de los datos de imagen que se corresponden con la línea visual del observador. Además, cuando la unidad de monitor se mueve en torno al paciente (o viceversa), el observador puede ver la estructura interna del paciente desde diferentes direcciones y ángulos, como si el observador estuviese mirando directamente a través de la superficie exterior o piel del paciente por medio de la cámara. Todavía adicionalmente, la combinación rígida del

65 monitor y la cámara de monitor en la unidad de monitor proporciona un sistema de referencia global que funciona

como un sistema de navegación autónomo que no requiere dispositivos de seguimiento adicionales para la cámara y/o el monitor.

5 Según un aspecto de la exposición, un sistema para visualizar el interior de un cuerpo desde una posición exterior incluye un sistema de navegación que tiene un monitor y una cámara, una unidad de referencia adaptada para fijarse al cuerpo con el fin de realizar un seguimiento de movimientos del cuerpo, y un dispositivo de procesado. La cámara se fija rígidamente al monitor con el fin de actuar como sistema de referencia, y el monitor es posicionable de manera móvil entre un operador y el cuerpo. El dispositivo de procesado está configurado para recibir una imagen visual de por lo menos una parte de una superficie exterior del cuerpo, obtenida con la cámara, controlar el monitor para visualizar la imagen visual, registrar un conjunto de datos de imagen con respecto al sistema de referencia del sistema de navegación correlacionando puntos y/o una superficie del conjunto de datos de imagen con puntos correspondientes y/o una superficie correspondiente en la imagen visual, y provocar que el monitor visualice los datos de imagen superpuestos con la imagen visual en una posición y una orientación que representa un ángulo de visión y un ángulo de apertura de la cámara con respecto al cuerpo. La unidad de referencia puede incluir una o las dos de entre una funcionalidad de dispositivo de seguimiento y una funcionalidad de dispositivo de registro. En algunas formas de realización, la unidad de referencia puede permitir un registro manual, y en otras formas de realización, la unidad de referencia puede permitir un registro automático.

20 Según otro aspecto de la exposición, un soporte legible por ordenador, que almacena un programa ejecutable por uno o más dispositivos de procesado para visualizar el interior de un cuerpo, incluye una primera rutina que recibe un conjunto de datos de imagen que incluye una señal de imagen única de una unidad de referencia fijada a un cuerpo, una segunda rutina que identifica una posición de la unidad de referencia con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen, una tercera rutina que recibe una imagen visual de un exterior del cuerpo, que incluye una representación visual de la unidad de referencia, una cuarta rutina que identifica la posición de la unidad de referencia en la imagen visual, y una quinta rutina que hace corresponder la posición espacial de la unidad de referencia en el conjunto de datos de imagen con la posición espacial de la unidad de referencia en la imagen visual para registrar automáticamente el conjunto de datos de imagen con la imagen visual del cuerpo, y una sexta rutina que provoca que el conjunto de datos de imagen y la imagen visual del cuerpo se presenten visualmente en un dispositivo de visualización, con el conjunto de datos de imagen superpuesto y registrado con la imagen visual del cuerpo.

35 Según otro aspecto de la exposición, un método de visualización de un interior de un cuerpo desde una posición de visión exterior, incluye las etapas de proporcionar un sistema de navegación que incluye un monitor y una cámara, en donde la cámara está fijada rígidamente al monitor con el fin de actuar como sistema de referencia y el monitor es posicionable de manera móvil entre un operador y un cuerpo, realizar un seguimiento de movimientos del cuerpo, y obtener una imagen visual de por lo menos una parte del cuerpo con la cámara, en donde en la imagen visual se identifican puntos de referencia, y visualizar la imagen visual de por lo menos una parte del cuerpo en el monitor. El método incluye además las etapas de transferir un conjunto de datos de imagen de una parte interna del cuerpo al monitor, registrar el conjunto de datos de imagen con respecto al sistema de referencia del sistema de navegación, y visualizar el conjunto de datos de imagen en el monitor en una posición y una orientación que representa un ángulo de visión y un ángulo de apertura de la cámara con respecto al cuerpo. La etapa de identificación de un punto de referencia puede incluir la etapa de fijar una unidad de referencia al cuerpo. La etapa de registro puede incluir llevar a cabo una correlación punto por punto, de puntos de referencia entre el conjunto de datos de imagen y la imagen visual, y/o la etapa de registro puede incluir llevar a cabo una correlación de superficie a superficie entre el conjunto de datos de imagen y la imagen visual. El método puede incluir además la etapa de compensar movimientos del cuerpo con respecto a la cámara, que puede incluir además las etapas de realizar un seguimiento de movimientos de la unidad de referencia con respecto a la cámara y modificar la imagen visual presentada y el conjunto de datos de imagen para compensar dichos movimientos. El método puede incluir además la etapa de superponer la imagen visual presentada y el conjunto de datos de imagen en el monitor. El método también puede incluir las etapas de definir información virtual adicional con respecto al conjunto de datos de imagen y visualizar información adicional seleccionada junto con el conjunto de datos de imagen. La etapa de definir información virtual adicional, en algunos casos puede incluir las etapas de seleccionar una o más estructuras internas para visualizar y definir una trayectoria de un instrumento que se va a introducir en el cuerpo. La etapa de registro puede incluir además las etapas de digitalizar puntos en el cuerpo con un dispositivo señalador y correlacionar los puntos digitalizados con puntos de referencia correspondientes del conjunto de datos de imagen. La etapa de registro puede incluir además la etapa de seleccionar puntos y/o una superficie del conjunto de datos de imagen y puntos correspondientes y/o una superficie correspondiente en la imagen visual con un dispositivo de entrada, sin necesidad de un dispositivo señalador. El método puede comprender además las etapas de realizar un seguimiento de una herramienta quirúrgica con geometría conocida y que está equipada con por lo menos una unidad de referencia, y superponer una representación de la herramienta quirúrgica en el monitor.

65 Según aspectos adicionales de la exposición, un método de registro de un conjunto de datos de imagen de un cuerpo con una imagen visual de una superficie exterior del cuerpo incluye las etapas de fijar una unidad de referencia al cuerpo antes de la adquisición de un conjunto de datos de imagen del cuerpo, en donde la unidad de referencia está formada con un material que tiene una forma que crea una señal de imagen única en el conjunto de datos de imagen, adquirir un conjunto de datos de imagen que incluye la señal de imagen única de la unidad de

referencia, e identificar la posición de la unidad de referencia con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen. El método incluye además las etapas de adquirir una imagen visual de una superficie exterior del cuerpo e incluye una representación de la unidad de referencia, e identificar la posición de la unidad de referencia en la imagen visual. Además, el método incluye la etapa de comprar la posición espacial de la unidad de referencia en el conjunto de datos de imagen, con la posición espacial de la unidad de referencia en la imagen visual, para registrar automáticamente el conjunto de datos de imagen con la imagen visual del cuerpo. El método puede incluir además la etapa de fijar por lo menos tres unidades de referencia al cuerpo, la etapa de determinar la orientación y el tamaño de las unidades de referencia sobre la base de un patrón óptico único dispuesto en cada una de las unidades de referencia, y la etapa de registrar la posición y la orientación de las unidades de referencia con un sistema de coordenadas del cuerpo. En algunos casos, se usa una pluralidad de unidades de referencia para aumentar la precisión, el campo de visión y la robustez de un sistema de navegación, en donde el sistema de navegación puede incluir un monitor y una cámara fijada rígidamente al monitor. La etapa de identificar la posición de la unidad de referencia en la imagen visual puede incluir la etapa de identificar el centro de la unidad de referencia, y la etapa de correspondencia puede poner en correspondencia la posición espacial de la unidad de referencia en el conjunto de datos de imagen con el centro de la unidad de referencia en la imagen visual.

Volviendo a continuación a las FIGS. 1 a 4, un sistema de navegación 20 según un aspecto incluye un monitor de visualización 22, una cámara 24, y una CPU 26 (véase la FIG. 3). En la presente forma de realización, la cámara 24 es una cámara óptica que puede detectar el intervalo completo de longitudes de onda visibles y toma imágenes y/o vídeos de un área de visión 28. La cámara 24 está fijada rígidamente a un lado posterior 30 del monitor de visualización 22 para formar una unidad de monitor 32, de manera que la cámara 24 se puede dirigir al cuerpo de un paciente 34 ó a por lo menos una parte del cuerpo del paciente mientras un operador 36 puede ver imágenes visualizadas en un lado frontal 38 del monitor 22. El operador 36 puede ser un cirujano, un enfermero, o cualquier otro observador o personal operativo. En la presente forma de realización, la cámara 24 está centrada en el lado posterior 30 del monitor 22 y, preferentemente, el monitor de visualización 22 está alineado ortogonalmente con un eje focal de la cámara, de manera que, cuando la unidad de monitor 32 se posiciona entre el operador 36 y el paciente 34, en el monitor 22 se pueden visualizar conjuntos de datos de imagen e imágenes visibles del paciente 34 para darle al operador 36 la impresión de tener una vista directa sobre el paciente 34, que elimina todo problema de coordinación ojo-mano. En la FIG. 1, una unidad de referencia 40 está fijada al paciente 34 dentro del área de visión 28. La cámara 24 detecta la unidad de referencia 40 dentro de un ángulo de apertura 42 en torno al eje focal de la cámara (en general coincidente con la línea que indica distancia 44), en donde el ángulo de apertura 42 y una distancia 44 de la cámara 24 con respecto a un objeto, tal como el paciente 32, define el área de visión 28. La unidad de referencia 40 puede servir como dispositivo de seguimiento para compensar movimientos del paciente con respecto a la unidad de monitor 32 (según una forma de realización descrita con respecto a las FIGS. 12 a 16) y se puede utilizar para registrar el paciente en relación con la unidad de monitor 32, tal como se describirá de forma más detallada posteriormente en la presente. Además, la unidad de referencia 40 puede servir únicamente como dispositivo de registro (tal como se muestra en las FIGS. 4 a 11), y puede haber tres o más de estas unidades de referencia situadas en el paciente.

Tal como se observa en la FIG. 3, una forma de realización de la CPU 26 de acuerdo con un aspecto posible incluye un procesador 50, una memoria o algún otro soporte legible por ordenador 52, y una interfaz de entrada/salida 54. El procesador 50 es preferentemente un ordenador digital electrónico comúnmente conocido o usado en la técnica, que implementa software almacenado en la memoria 52 para controlar el funcionamiento del sistema de navegación 20, en donde el software incluye una o más rutinas que se implementan para llevar a cabo varias funciones dadas a conocer en la presente, tales como obtener y procesar conjuntos de datos de imagen e imágenes visuales, extraer automáticamente datos utilizables a partir de los conjuntos de datos de imagen e imágenes visuales, seguimiento, y registro. Adicionalmente, la memoria 52 se puede configurar para almacenar otros datos, tales como conjuntos de datos de imagen de un paciente e información de planes quirúrgicos. La interfaz de entrada/salida 54 permite que la CPU 26 interactúe con dispositivos de entrada y salida, tales como una unidad de memoria flash, una unidad de CD/DVD, un teclado, un ratón, una cámara, un módulo de presentación visual, y similares. En la presente forma de realización, la CPU 26 está incorporada en el monitor de visualización 22. No obstante, en otras formas de realización, pueden realizarse modificaciones en la CPU 26 sin desviarse con respecto al alcance de la presente exposición. Por ejemplo, la CPU 26 puede incluir otros diversos componentes y/o puede ser un dispositivo externo acoplado al monitor de visualización 22 y a la cámara 24 por medio de un enlace de comunicaciones por cable o inalámbrico, tal como se pondrá de manifiesto para alguien con conocimientos habituales en la técnica.

La FIG. 4 ilustra una forma de realización de la unidad de referencia 40 que es un marcador de referencia óptico 60 detectable por la cámara 24. El marcador de referencia óptico 60 se caracteriza por un cuerpo con forma rectangular, en general plano, 62 con un patrón óptico 64 de un contraste óptico elevado en la superficie del cuerpo 62. El patrón óptico 64 se caracteriza por alternar áreas de contraste angular iluminadas y oscuras. No obstante, en otras formas de realización, el patrón óptico 64 se puede modificar para incluir líneas curvadas, formas singulares, etcétera, tal como se pondrá de manifiesto para una persona versada en la materia. Además, el patrón óptico 64 se puede sustituir por características infrarrojas detectables por una cámara de infrarrojas. Las características infrarrojas pueden ser singulares o uniformes en función del uso deseado. En la presente forma de realización, la unidad de referencia 40 incluye también un marcador de referencia radioopaco 66 detectable en el conjunto de datos de imagen y dispuesto en el centro del patrón óptico 64. El marcador de referencia radioopaco 66 es un marcador

con forma de bola y está realizado con una sustancia, tal como metal, con el fin de que sea detectable en CT, MR, PET, rayos X, y conjuntos de datos de otra modalidad de formación de imágenes similar. No obstante, en función del sistema de formación de imágenes preoperatorias, el marcador de referencia 64 se puede realizar con cualquier otro material adecuado para que sea detectado por diversos sistemas de formación de imágenes. Además, el marcador de referencia radioopaco 66 puede tener cualquier forma que se ponga de manifiesto para alguien versado en la materia. En referencia nuevamente a la presente forma de realización, el marcador de referencia óptico 60 define una forma en general rectangular, cuyo centro se corresponde con el centro del marcador de referencia radioopaco 66. El marcador de referencia óptico 60 es reconocido por el sistema de navegación 20 utilizando, por ejemplo, software que implementa algoritmos de correspondencia de patrones convencionales, tales como "puntos más próximos iterativos, y sirve como patrón de registro para correlacionar la posición del paciente 34 con respecto a la cámara 24. En algunas formas de realización, el marcador de referencia óptico 60 se usa para el seguimiento del movimiento del paciente con respecto a la cámara 24. Se pueden usar una o más unidades de referencia 40 para correlacionar la posición del paciente 34 con respecto a la cámara 24, tal como se pondrá de manifiesto para alguien versado en la materia.

En referencia a la FIG. 2, la unidad de monitor 32 está posicionada entre el operador 36 y el paciente 34, con un mecanismo de fijación que permite que el monitor 22 se fije en una cierta posición con respecto al paciente 34 ó se aparte de la línea visual entre el operador 36 y el paciente 34, si así se desea. En una forma de realización, el mecanismo de fijación incluye un brazo móvil 70 conectado entre una mesa de operaciones 72 y el monitor 22. En el mecanismo de fijación se pueden realizar otras modificaciones, tal como se pondrá de manifiesto para alguien con conocimientos habituales, por ejemplo, el brazo móvil 70 se puede conectar a un carro o alguna otra estructura de soporte. En otra forma de realización, el mecanismo de fijación se puede omitir y la unidad de monitor 32 puede ser un dispositivo de mano que sea inalámbrico y alimentado por batería (véase, por ejemplo, la FIG. 11).

En la FIG. 2, la unidad de monitor 32 está posicionada con la cámara 24 dirigida al torso del paciente 34, y el lado frontal 38 del monitor 22 encarado en general al operador 36. La cámara 24 obtiene una imagen visible 80 de la superficie exterior del paciente 34, es decir, una vista real de la posición del paciente con respecto a la cámara 24, que se visualiza en el monitor de visualización 22. Adicionalmente, se adquiere un conjunto de datos de imagen 82 que se corresponde con datos virtuales del paciente, y el mismo se transfiere al monitor 22. Por ejemplo, el conjunto de datos de imagen 82 se puede adquirir durante una etapa de formación preoperatoria de imágenes y se puede cargar en la CPU 26 por medio de una interfaz apropiada de transferencia de datos. Dicho conjunto de datos de imagen 82 puede incluir datos de estructuras internas 84 que no son fácilmente visibles a través de la piel o la superficie exterior del paciente para la cámara 24, por ejemplo, una imagen de un órgano, una estructura ósea, un tumor, y similares, adquirida con una o más modalidades de formación de imágenes, tales como rayos X bidimensionales, CT, MR, y/o PET. En una forma de realización, el conjunto de datos de imagen 82 se visualiza en el monitor de visualización 22, superpuesto sobre la imagen visible 80 del paciente 34. En otra forma de realización, la imagen visible 80 y el conjunto de datos de imagen 82 se pueden visualizar una junto a otro o se pueden conmutar de forma alterna.

Para visualizar de forma precisa el conjunto de datos de imagen 82 superpuesto sobre la imagen visible 80 y, más preferentemente, para visualizar el conjunto de datos de imagen 82 en la misma posición y orientación que el cuerpo del paciente 34 según es visto por la cámara 24, se lleva a cabo un procedimiento de registro manual o automático. En la presente forma de realización, tres puntos predeterminados 86 del conjunto de datos de imagen 82 (véase la FIG. 2) se registran con puntos correspondientes 88 en el cuerpo del paciente 34 (véase la FIG. 1). El conjunto de datos de imagen 82 se puede registrar alternativamente con el paciente 34 correlacionando una superficie predeterminada del conjunto de datos de imagen 82 con una superficie correspondiente en el cuerpo del paciente 34.

En una forma de realización, el registro manual de la posición del paciente 34 con respecto al conjunto de datos de imagen 82 se lleva a cabo mediante un proceso de digitalización que usa un dispositivo señalador (no mostrado) que tiene una geometría conocida y está equipado con una o más unidades de referencia, tales como la unidad de referencia 40' (según las FIGS. 12 a 16), u otros tipos de unidades de referencia conocidas. En función de la precisión requerida, como puntos digitalizados en el paciente 34 se pueden usar puntos palpados en la piel o marcas/estructuras anatómicas rígidas. Los puntos digitalizados 88 en el paciente 34 se comparan con puntos predefinidos correspondientes 86 del conjunto de datos de imagen 82 para registrar la posición del paciente con el conjunto de datos de imagen 82 usando métodos y técnicas que resultarán evidentes para alguien con conocimientos habituales en la materia.

Cuando ha finalizado el procedimiento de registro, el sistema de navegación 20 conoce la transformación entre el paciente 34 y la posición real de la unidad de monitor 32. Dicha transformación conocida permite que la cámara 24 sirva como sistema de seguimiento integrado y, puesto que el monitor 22 está fijado rígidamente a la cámara 24, no es necesaria una localización espacial del monitor 22.

Después del registro, el conjunto de datos de imagen 82 se procesa y se visualiza con un ángulo de visión y apertura en concordancia con la posición real del paciente 34 con respecto a la unidad de monitor 32, y correspondiente a la misma. Cuando la unidad de monitor 32 se posiciona entre el operador 36 y el paciente 34, el

operador 36 tiene la impresión de estar mirando a través del monitor 22 y de ver estructuras internas virtuales 84 a partir del conjunto de datos de imagen 82. En una forma de realización, el conjunto de datos de imagen 82 puede ser revisado por el operador 36 para que incluya información adicional, por ejemplo, seleccionando diferentes estructuras internas 84, cambiando el color/contraste de estructuras interna 84, definiendo trayectorias de herramientas quirúrgicas para un procedimiento, posiciones de incisión, y similares, en donde el conjunto de datos de imagen revisado 82 se puede visualizar en el monitor 22.

Durante un procedimiento quirúrgico, por ejemplo, la cámara 24 puede realizar un seguimiento continuo de una o más unidades de referencia 40 fijadas al paciente 34. Si tiene lugar cualquier movimiento, por ejemplo, un movimiento del paciente 34 ó un movimiento de la unidad de monitor 32, el sistema de navegación 20 incluye software y/o hardware apropiado con capacidad de extraer automáticamente el movimiento a partir de las imágenes de vídeo, según una manera conocida para alguien versado en la materia, y de compensar dicho movimiento de manera que el conjunto de datos de imagen 82 se adapte continuamente a la posición y la orientación del paciente 34 con respecto al ángulo de visión y el ángulo de apertura 42 de la cámara 24. Ejemplos de dicha tecnología de extracción automática de datos de imagen incluyen software de ordenador que implementa "renderización de superficies" y "segmentación de volúmenes basada en umbrales", y puede usarse también, o de forma alternativa, otra tecnología automática de extracción de datos de imagen. Consecuentemente, cuando la unidad de monitor 32 se mueve en torno al paciente 22 o viceversa, el operador 36 puede ver las estructuras internas 84 a partir del conjunto de datos de imagen 82 y la información adicional, tales como posiciones de corte, recorridos de trayectorias de herramientas, y/u otra información, desde diferentes direcciones y ángulos correspondientes a la vista de la cámara 24.

Tal como se ha descrito anteriormente, las unidades de referencia 40 se pueden usar con fines de realizar un seguimiento. No obstante, en otras formas de realización, las unidades de referencia 40 también se pueden usar con la finalidad de llevar a cabo un registro. Más específicamente, puede llevarse a cabo un procedimiento automático de registro con las unidades de referencia 40, según se describe a continuación en la presente en referencia a las FIGS. 5 a 11.

La FIG. 5 muestra una parte de interés del cuerpo, tal como la cabeza del paciente 34, que está provista de cuatro unidades de referencia 40 antes de la adquisición del conjunto de datos de imagen 82. Las unidades de referencia 40 se encuentran dentro del área de visión 28 de la cámara 24. En general, son suficientes tres unidades de referencia 40 con el fin de llevar a cabo un registro, para revelar información sobre la posición y la orientación del conjunto de datos de imagen 82 con respecto a la cámara 24. No obstante, en otras formas de realización, se pueden usar unidades de referencia adicionales 40, lo cual dará como resultado un incremento de la precisión, del campo de visión, y de la robustez del sistema de navegación 20. La FIG. 6 ilustra un conjunto de datos de imagen 82 adquirido con CT, en donde son visibles únicamente los marcadores de referencia radioopacos 66 de las unidades de referencia 40. Los centros de las unidades de referencia 40 son encontrados automáticamente por un algoritmo de software que puede formar parte del software almacenado en la memoria 52 de la CPU 26. En el presente ejemplo, los centros de los marcadores de referencia radioopacos 66 forman los puntos predeterminados 86 en el conjunto de datos de imagen 82. Tal como puede observarse en la FIG. 7, a partir del conjunto de datos de imagen 82 se pueden seleccionar una o más estructuras internas 84, y el operador 36 también puede definir información adicional con respecto al conjunto de datos de imagen 82, tal como una trayectoria planeada 90 para un instrumento quirúrgico con un punto de entrada E y un punto de destino T, un plan de operación, y/u otra información similar sobre planes quirúrgicos virtuales. Los instrumentos quirúrgicos también pueden estar equipados con unidades de referencia apropiadas 40, cuyas representaciones se pueden superponer sobre el conjunto de datos de imagen 82 junto con la estructura interna 84 y la información adicional.

Después de que se tenga conocimiento de las coordenadas de los cuatro puntos predeterminados 86 del conjunto de datos de imagen 82, se determinan las posiciones espaciales de los puntos correspondientes 88 en el paciente 34. En una forma de realización, debido al patrón óptico 64 de los puntos de referencia 40, el sistema de navegación 20 puede detectar y determinar automáticamente los centros del mismo mostrados como puntos centrales de cruces 92 definidas por las esquinas de las unidades de referencia 40, tal como puede observarse en la FIG. 8. En otra etapa que se muestra en la FIG. 9, el registro se logra por medio de la correlación, por parte de la CPU 26, de cada punto predeterminado 86 del conjunto de datos de imagen 82 con el punto correspondiente 88 en la imagen visible 80 del paciente 34 mientras es observado por el sistema de navegación 20, tal como durante una operación quirúrgica. El proceso de registro se puede llevar a cabo en la CPU utilizando un algoritmo de software conocido o de fácil comprensión en la técnica, tal como el algoritmo de correspondencia iterativa de puntos más próximos, u otros métodos conocidos.

Después del registro, se establece un sistema de coordenadas de datos de imagen 94, en donde se conocen la posición y la orientación del conjunto de datos de imagen 82 con respecto al paciente 34 (véase la FIG. 10). Usando el sistema establecido de coordenadas de datos de imagen 94, en el monitor 22 pueden visualizarse la estructura interna 84 y la información adicional (véase la FIG. 11) superpuestas con o sobre la imagen visible 80 de la cámara 24 y alineadas con el área de visión 28 del paciente 32 a través de la cámara. En esta forma de realización, un instrumento quirúrgico 100 con una geometría conocida está equipado también con una o más unidades de referencia 40 (y/o 40' y/o 40") descritas posteriormente) y se realiza un seguimiento del mismo por medio del sistema

de navegación 20. El monitor 22 de la FIG. 11 visualiza características del instrumento quirúrgico 100. Tal como se observa en la FIG. 11, el instrumento quirúrgico 100 se puede alinear con la trayectoria 90 del conjunto de datos de imagen 82 para ayudar en la ejecución de un procedimiento quirúrgico. En una de las formas de realización, dicha alineación se puede lograr meramente mediante una alineación visible de la imagen visible del instrumento con la información de planificación virtual, tal como la trayectoria 90. En otra forma de realización, la alineación se puede potenciar o sustituir con una asistencia adicional de seguimiento y orientación a través de la CPU 26 u otro ordenador, para mostrar una imagen virtual o representación gráfica del instrumento, tal como, partes del instrumento que no son visibles para la cámara 24 por debajo de la superficie exterior del paciente.

En el procedimiento de registro automático de las FIGS. 4 a 11, no es necesario que los marcadores de referencia óptica 60 de las unidades de referencia 40 sean diferentes entre sí. No obstante, en algunas formas de realización, los marcadores de referencia óptica 60 de las unidades de referencia 40 pueden ser diferentes entre sí. Por ejemplo, en la FIG. 12, se muestra otra unidad de referencia 40' que difiere con respecto a la unidad de referencia 40 de la FIG. 4, por la adición de una característica distintiva única 96, tal como un número o similar, al cuerpo 62 de la unidad de referencia 40'. El patrón óptico 64 mostrado en la FIG. 12 incluye el signo "I" en una de sus esquinas. Por lo demás, las unidades de referencia 40 y 40' son sustancialmente similares.

En la forma de realización de las FIGS. 12 a 16, la adquisición de la imagen visible 80 y el conjunto de datos de imagen 82 y el procedimiento de registro se llevan a cabo de la misma manera que la descrita anteriormente. La primera etapa comprende fijar las unidades de referencia 40' al cuerpo del paciente 34 antes de la adquisición del conjunto de datos de imagen 82. Tal como se muestra en la FIG. 13, en la cabeza del paciente 34 se fijan cuatro unidades de referencia exclusivas 40'a, 40'b, 40'c y 40'd, por ejemplo con adhesivo. Los patrones ópticos 64 de las unidades de referencia 40'a-40'd comprenden características distintivas 96 en forma de diferentes números "I, II, III y IV" situados en las esquinas de las unidades de referencia 40'a-40'd, respectivamente. Después de materializar la adquisición del conjunto de datos de imagen 82, se determinan las coordenadas de los marcadores de referencia radioopacos 66 para establecer los puntos predeterminados 86 del conjunto de datos de imagen 82 (véase la FIG. 14). A continuación, la cámara 24 adquiere una imagen visual 80 del paciente 34 y se determinan los centros de los patrones ópticos 64 dentro de la imagen visual 80. Los centros de los marcadores de referencia radioopacos 66 del conjunto de datos de imagen 82 y los centros de los patrones ópticos 64 de la imagen visual 80 se correlacionan punto por punto con el fin de registrar la orientación del paciente 34 con respecto al conjunto de datos de imagen 82. Puesto que las cuatro medidas de referencia 40'a-40'd difieren entre sí, el sistema de navegación 20 puede registrar un sistema de coordenadas 102 de cada unidad de referencia 40'a-40'd con respecto a un sistema de coordenadas individual 94 del conjunto de datos de imagen 82 (véase la FIG. 15). La característica distintiva 96 proporciona una orientación conocida exclusiva del patrón óptico 64 con respecto a un sistema de coordenadas tridimensional x-y-z 102 de cada unidad de referencia individual 40'a, 40'b, 40'c y 40'd, que permite que la ubicación y la orientación del sistema de coordenadas 102 sean identificables desde cualquier punto de observación desde el cual sea visible el patrón óptico completo 64. Además, la posición y la orientación de cada unidad de referencia exclusiva 40'a-40'd se conocen con respecto a la orientación del paciente 34. Por lo tanto, el sistema de navegación 20 puede reconocer cada unidad de referencia 40'a-40'd por separado, por medio de un software apropiado de extracción de datos de imagen implementado mediante la CPU 50 y puede identificar de manera exclusiva la ubicación, la orientación, y la escala de cada unidad de referencia 40'a-40'd con respecto al sistema de coordenadas de la cámara 24. Como consecuencia, después del registro, una sola unidad de referencia (por ejemplo, la unidad de referencia 40'a) es suficiente para la finalidad de la navegación y para la potenciación de la imagen visual 80 con estructuras internas 84 e información del conjunto de datos de imagen 82 (véanse las FIGS. 15 y 16).

Después de que se haya completado el procedimiento de registro, el número de unidades de referencia 40' se puede reducir y se puede usar una única unidad de referencia 40' para realizar un seguimiento del paciente 34. Alternativamente, el número de unidades de referencia 40' se puede incrementar con el fin de ampliar el rango de visibilidad del sistema de navegación 20 y/o aumentar la estabilidad navegacional en caso de que una o más unidades de referencia 40' queden tapadas por el operador 36 y ya no sean detectables por la cámara 24. Las unidades de referencia añadidas 40' pueden omitir los marcadores de referencia 64. Además, en el caso del registro manual descrito anteriormente, no es necesario que la por lo menos una unidad de referencia 40 comprenda el marcador de referencia radioopaco 66.

En referencia a continuación a la FIG. 17, se muestra otra unidad de referencia 40'' que tiene una o más características que crean una señal de imagen exclusiva en el conjunto de datos de imagen y una representación exclusiva en la imagen óptica visual. Cada una de la señal de imagen exclusiva y la representación exclusiva incluye ubicaciones, puntos y/o superficies de referencia, lo cual permite que el sistema de navegación case un conjunto de datos de imagen preoperatorios con una imagen intraoperatoria del paciente y al mismo tiempo que realice un seguimiento continuo de la ubicación y la orientación del paciente usando una sola unidad de referencia 40''. La unidad de referencia 40'' es similar a la unidad de referencia 40' en que la unidad de referencia 40'' incluye también una característica distintiva exclusiva 96, por ejemplo, el número "1" dispuesto cerca de una esquina del patrón óptico rectangular 64, aunque la característica distintiva exclusiva 96 puede incluir otras combinaciones de números, caracteres, marcas, patrones, y similares, tal como se pondrá de manifiesto por alguien con conocimientos habituales en la materia. Además, la unidad de referencia 40'' incluye una pluralidad de marcadores de referencia radioopacos 66, tales como bolas metálicas. En un ejemplo, la unidad de referencia 40'' incluye cuatro marcadores

de referencia radioopacos 66, que incluyen preferentemente un marcador de referencia radioopaco central situado en el centro del patrón óptico 64 y tres marcadores de referencia radioopacos periféricos dispuestos en un patrón en general triangular en torno al marcador de referencia radioopaco central. Los marcadores de referencia radioopacos están alineados de forma no lineal, preferentemente en un patrón exclusivo en términos de orientación, que define un eje de coordenadas exclusivo individual. También pueden usarse tres marcadores de referencia radioopacos 66 ó más de cuatro marcadores de referencia radioopacos 66, y obtener la misma funcionalidad. Preferentemente, la combinación del patrón óptico 64 y la característica distintiva 96 produce un patrón visual exclusivamente identificable que crea una representación exclusiva desde todos y cada uno de los posibles ángulos de visión de la cámara 24, es decir, el patrón visual identifica o define un sistema de coordenadas tridimensional exclusivo individual que se puede determinar desde cualquier ángulo de visión, con lo cual la ubicación y la orientación de la unidad de referencia 40" se pueden identificar de manera segura y exclusiva desde cualquier ángulo de visión de la cámara 24 sin necesidad de un segundo y/o un tercer marcador 40" en el campo de visión de la cámara 24. Los marcadores de referencia radioopacos 66 están también dispuestos de tal manera que se crea un patrón visual exclusivo de los marcadores de referencia radioopacos 66 desde cada ángulo de visión factible, y los marcadores de referencia radioopacos 66 están situados en posiciones conocidas y exclusivamente identificables con respecto a patrón óptico 64, con lo cual el conjunto de datos de imagen 82 se puede registrar con la imagen visible 80 del paciente usando una sola unidad de referencia 40". Además, se puede realizar un seguimiento continuo del conjunto completo de datos de imagen 82 usando únicamente una sola unidad de referencia 40" gracias al patrón visual identificable de forma exclusiva y creado por el patrón óptico 64 con la característica distintiva 96. Pueden utilizarse unidades de referencia 40" para aumentar la robustez del sistema de navegación 20 con respecto a la precisión, el campo de visión y/u otros parámetros redundantes, aunque dichos marcadores adicionales 40" puede que no resulten necesarios para el funcionamiento correcto del sistema de navegación 20. Puede seguirse un procedimiento similar de registro y seguimiento como el descrito con respecto a la unidad de referencia 40' en las FIGS. 12 a 16, utilizando las unidades de referencia 40" de la FIG. 17, excepto que tanto la operación de registro como la operación de seguimiento se pueden materializar con una sola de las unidades de referencia 40". Cuando se ha finalizado el procedimiento de registro, el sistema de navegación 20 conoce la transformación de coordenadas, la rotación y la escala entre el paciente 34 y la posición real de la unidad de monitor 32. Dicha transformación conocida permite que la cámara 24 actúe como sistema de seguimiento integrado y, puesto que el monitor 22 está fijado rígidamente a la cámara 24, no es necesaria una localización espacial del monitor 22. En el lado posterior del cuerpo 62 del marcador de referencia 40" (y de manera similar con los marcadores de referencia 40 y 40') opuesto al lado portador del patrón óptico 64 se puede disponer adhesivo para facilitar la fijación del marcador de referencia a una superficie exterior del cuerpo, tal como la piel del paciente 34.

Aplicabilidad industrial

Formas de realización de la presente exposición pueden tener muchas aplicaciones útiles. Algunas aplicaciones anticipadas incluyen su uso en procedimientos médicos o quirúrgicos, tales como cirugía general, cirugía ortopédica, cirugía craneal, e intervenciones diagnósticas, tales como biopsias. Además, formas de realización en la presente exposición también pueden ser útiles para cualquier tipo de procedimiento mínimamente invasivo, tal como en la región abdominal, cualquier tipo de procedimiento endoscópico, planificación de incisiones, localización de la posición global aproximada de un endoscopio o cualquier otro instrumento quirúrgico, y otros procedimientos quirúrgicos donde la visualización del interior del cuerpo de un paciente durante el procedimiento es útil para el operador. Se anticipan también otras formas de realización y usos de la presente exposición fuera de un contexto médico, y los mismos se sitúan dentro del alcance de la presente exposición, por ejemplo, para el accionamiento remoto de equipos de mantenimiento dentro de un entorno cerrado, tal como un sistema de caldera o tuberías, únicamente a título de ejemplo.

En algunas formas de realización, el sistema y el método dados a conocer pueden proporcionar una orientación espacial y una selección mejoradas de estructuras anatómicas, y una exposición reducida a radiaciones para el paciente y/o para el(los) operador(es). Además, en algunas formas de realización el sistema puede simplificar el desafío de monitorizar y combinar entornos quirúrgicos virtuales y reales para el cirujano, resolver problemas de coordinación ojo-mano, proporcionar un registro automático de información preoperatoria del paciente con información intraoperatoria del mismo, y/o reducir la complejidad y los costes de equipos en el quirófano, en comparación con sistemas de navegación existentes.

Teniendo en cuenta la descripción anterior se pondrán de manifiesto numerosas modificaciones de la presente invención y usos de las mismas para aquellos versados en la materia. Por consiguiente, esta descripción debe considerarse únicamente como ilustrativa y se presenta con la finalidad de permitir que aquellos versados en la materia realicen y utilicen la invención y den a conocer el modo óptimo para llevar a cabo la misma. Se reservan los derechos exclusivos para todas las modificaciones que se sitúan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema para visualizar un interior de un cuerpo (34) desde una posición exterior, que comprende:

5 un sistema de navegación (20) que presenta un monitor (22) y una cámara (24), estando la cámara (24) fijada al monitor (22) y sirviendo como un sistema de referencia, y siendo el monitor (22) posicionable de manera móvil entre un operador (36) y el cuerpo (34);

10 una unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') adaptada para ser fijada al cuerpo (34) con el fin de realizar un seguimiento de unos movimientos del cuerpo (34);

un dispositivo de procesado electrónico (50) en comunicación con el sistema de navegación (20); y

15 un conjunto de datos de imagen (82) que comprende unas características del interior del cuerpo (34), siendo el conjunto de datos de imagen (82) accesible para el dispositivo de procesado (50);

20 en el que el dispositivo de procesado (50) recibe una imagen óptica (80) de una superficie exterior del cuerpo (34), obtenida con la cámara (24), registra el conjunto de datos de imagen (82) con respecto al sistema de referencia correlacionando una posición de la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') en el conjunto de datos de imagen (82) con una posición de la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') de la imagen óptica (80), y provoca que el monitor (22) visualice el conjunto de datos de imagen (82) superpuesto y en alineación con la imagen óptica (80), en una posición y una orientación que representa un ángulo de visión y un ángulo de apertura de la cámara (24) con respecto al cuerpo (34).

25 2. Sistema según la reivindicación 1, en el que el monitor (22) está alineado con un eje focal de la cámara (24), y/o en el que el monitor (22) está en un primer lado del sistema de navegación (20) y la cámara (24) está montada rígidamente en un segundo lado del sistema de navegación (20) opuesto al primer lado.

30 3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, que además comprende un brazo móvil (70), siendo el sistema de navegación (20) soportado por el brazo móvil (70), y estando el brazo móvil (70) conectado a una estructura de soporte.

35 4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende información de planes quirúrgicos, realizando el dispositivo de procesado (50) continuamente un seguimiento del movimiento del cuerpo (34) con respecto a la cámara (24), y provocando el dispositivo de procesado (50) que el monitor (22) visualice la información de planes quirúrgicos superpuesta con la imagen óptica (80) en una posición y una orientación en alienación con la imagen óptica (80), y, opcionalmente, incluyendo la información de planes quirúrgicos por lo menos uno de entre una ubicación de destino del interior del cuerpo (34) y un recorrido de trayectoria (90) para una herramienta y una ubicación de incisión en el cuerpo (34).

40 5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') incluye un patrón óptico (64) de áreas de contraste iluminadas y oscuras alternas que son detectables por el dispositivo de procesado (50) en la imagen óptica (80) y un marcador radioopaco (66) que es visible en el conjunto de datos de imagen (82), estando el marcador radioopaco (66) en una ubicación identificable y conocida con respecto al patrón óptico (64), y, opcionalmente, incluyendo el patrón óptico (64) una característica distintiva (96), provocando la característica distintiva (96) que el patrón óptico (64) sea exclusivo desde cada ángulo de visión posible.

45 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') comprende por lo menos tres marcadores radioopacos (66), y/o incluyendo la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') un patrón óptico (64) que proporciona funcionalidad como dispositivo de seguimiento y un número suficiente de marcadores (60) que son detectables en el conjunto de datos de imagen (82) para proporcionar funcionalidad como dispositivo de registro, permitiendo la unidad de referencia (40, 40', 40'') un registro automático del conjunto de datos de imagen (82) con la imagen óptica (80) por medio del dispositivo de procesado (50).

50 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') comprende:

60 un sustrato (62), un patrón óptico (64) en el sustrato (62), y un marcador radioopaco (66) soportado por el sustrato (62),

65 en el que el marcador radioopaco (66) es visible en una imagen preoperatoria correspondiente al conjunto de datos de imagen (82), el patrón óptico (64) es visible para la cámara (24), y el marcador radioopaco (66) está dispuesto en un punto central identificable de manera exclusiva del patrón óptico (64), pudiendo la ubicación del marcador radioopaco (66) ser registrada de manera exclusiva con el patrón óptico (64) en cada uno de entre una pluralidad de ángulos de visión.

8. Sistema según la reivindicación 7, en el que el patrón óptico (64) incluye una característica distintiva (96) en una posición identificable de manera exclusiva con respecto al patrón óptico (64), pudiendo la ubicación y orientación de la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') ser determinadas de forma exclusiva a partir del patrón óptico (64) en cada uno de entre una pluralidad de ángulos de visión, y, opcionalmente, permitiendo la característica distintiva (96) que la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') sea identificable de forma exclusiva desde otras unidades de referencia ópticas (40, 40', 40'').
9. Sistema según la reivindicación 7 u 8, en el que la unidad de referencia óptica (40, 40', 40'') incluye por lo menos un segundo, tercer y cuarto marcadores radioopacos (66) alineados de manera no lineal, pudiendo la orientación de los marcadores radioopacos (66) ser identificada de manera exclusiva a partir de cada uno de entre una pluralidad de ángulos de visión diferentes.
10. Soporte legible por ordenador, que es portador de un programa ejecutable por el dispositivo de procesado electrónico digital (50) del sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, para visualizar el interior de un cuerpo (34) desde una posición exterior, comprendiendo el soporte legible por ordenador:
- una primera rutina que recibe un conjunto de datos de imagen (82) de un cuerpo (34), que incluye una señal de imagen única de una unidad de referencia (40, 40', 40'') fijada al cuerpo (34);
 - una segunda rutina que identifica una posición de la unidad de referencia (40, 40', 40'') con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen (82);
 - una tercera rutina que recibe una imagen visual (80) de un exterior del cuerpo (34), que incluye una representación visual de la unidad de referencia (40, 40', 40'');
 - una cuarta rutina que identifica la posición de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en la imagen visual (80);
 - una quinta rutina que hace corresponder la posición espacial de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en el conjunto de datos de imagen (82) con la posición espacial de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en la imagen visual (80) para registrar automáticamente el conjunto de datos de imagen (82) con la imagen visual (80) del cuerpo (34); y
 - una sexta rutina que provoca que el conjunto de datos de imagen (82) y la imagen visual (80) del cuerpo (34) se presenten visualmente en un dispositivo de visualización (22) con el conjunto de datos de imagen (82) superpuesto y alineado con la imagen visual (80) del cuerpo (34).
11. Método de visualización de un interior de un cuerpo (34) desde una posición de visión exterior, comprendiendo el método las etapas siguientes:
- proporcionar un conjunto de datos de imagen internos de una parte interna del cuerpo (34), incluyendo el conjunto de datos de imagen internos una ubicación de referencia (86) sobre una superficie exterior del cuerpo (34);
 - acceder al conjunto de datos de imagen internos con un sistema de navegación (20) que comprende una pantalla de presentación visual (22), una cámara (24) fijada a la pantalla de presentación visual (22) en alineación con la pantalla de visualización (22), y una unidad de procesado electrónico digital (50) en comunicación de datos con la cámara (24) y la pantalla de visualización (22), sirviendo la cámara (24) como sistema de referencia y siendo la pantalla de presentación visual (22) posicionable de manera móvil entre un operador (36) y el cuerpo (34);
 - proporcionar una imagen visual (80) de un exterior del cuerpo (34) con la cámara (24), siendo la ubicación de referencia (86) visible en la imagen visual (80) y estando orientada con respecto al sistema de referencia;
 - identificar la ubicación de referencia (86) en la imagen visual (80);
 - registrar, con la unidad de procesado electrónico digital (50), el conjunto de datos de imagen internos con la imagen visual (80) con respecto al sistema de referencia utilizando la ubicación de referencia (86);
 - visualizar el conjunto de datos de imagen internos superpuesto y en alineación con la imagen visual (80) en la pantalla de presentación visual (22) en una posición y una orientación que representa un ángulo de visión y un ángulo de apertura de la cámara (24) y la pantalla de presentación visual (22) con respecto al cuerpo (34);
 - realizar un seguimiento de movimientos del cuerpo (34) con respecto a la cámara (24) usando la ubicación de referencia (86) en la imagen visual (80); y

actualizar la visualización del conjunto de datos de imagen internos con la unidad de procesado electrónico digital (50) de manera que se corresponda con la posición del cuerpo (34) con respecto a la cámara (24) basándose en los movimientos del cuerpo (34) de los cuales se realiza el seguimiento.

5 12. Método según la reivindicación 11, en el que la etapa de registro comprende por lo menos una de entre la etapa de llevar a cabo una correlación punto por punto de uno o más puntos de referencia (86, 88) entre el conjunto de datos de imagen internos y la imagen visual (80), la etapa de llevar a cabo una correlación de superficie con superficie entre el conjunto de datos de imagen internos y la imagen visual (80), y la etapa de digitalizar unos puntos (88) sobre el cuerpo (34) con un dispositivo señalador en la imagen visual (80) y correlacionar los puntos digitalizados (88) con una o más ubicaciones de referencia (86) correspondientes en el conjunto de datos de imagen internos.

15 13. Método según la reivindicación 11 o 12, en el que la etapa de obtención de un conjunto de datos de imagen (82) comprende la etapa que consiste en proporcionar una unidad de referencia (40, 40', 40'') que comprende la ubicación de referencia (86) al cuerpo (34), comprendiendo la unidad de referencia (40, 40', 40'') un patrón óptico (64) y por lo menos un marcador radioopaco (66), siendo el marcador radioopaco (66) visible en el conjunto de datos de imagen internos y siendo el patrón óptico (64) visible en la imagen visual (80), encontrándose el marcador radioopaco (66) en una relación exclusiva conocida con el patrón óptico (64), y comprendiendo la etapa de registro correlacionar posiciones del marcador radioopaco (66) en el conjunto de datos de imagen internos con el patrón óptico (64) en la imagen visual (80).

20 14. Método según la reivindicación 13, en el que la etapa de actualización comprende las etapas de realizar un seguimiento de movimientos de la unidad de referencia (40, 40', 40'') con respecto a la cámara (24) usando como máximo una unidad de referencia (40, 40', 40'').

25 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que además comprende la etapa de visualización de la información virtual pertinente para una ubicación planificada de interés en un procedimiento quirúrgico en el conjunto de datos de imagen internos junto con el conjunto de datos de imagen (82) en el módulo de presentación visual (22), y, opcionalmente, comprendiendo asimismo la etapa de visualización de la información virtual visualizar una trayectoria planificada (90) de un instrumento (100) que se va a introducir en el cuerpo (34), en alineación con el conjunto de datos de imagen internos y la imagen visual (80).

30 16. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 15, en el que el conjunto de datos de imagen internos comprende unos datos de imagen referentes a unas estructuras internas (84) en el interior del cuerpo (34), e incluyendo la etapa de visualización del conjunto de datos de imagen internos la etapa de selección de una o más de las estructuras internas (84) que se van a visualizar.

35 17. Método según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, que además comprende la etapa de realización de un seguimiento de un instrumento (100) en un campo de visión de la cámara (24) con geometría conocida, que está equipado con por lo menos una segunda unidad de referencia (40, 40', 40'') y/o que además comprende la etapa de superposición de una representación de una característica del instrumento (100) en el monitor (22) en alineación con los datos de imagen internos y la información virtual.

40 18. Método según la reivindicación 11, en el que la etapa de registro del conjunto de datos de imagen internos con la imagen visual (80) comprende además las etapas siguientes:

45 proporcionar por lo menos una unidad de referencia (40, 40', 40'') para la superficie exterior del cuerpo (34) en la ubicación de referencia, presentando la unidad de referencia (40, 40', 40'') una o más características que crean una señal de imagen exclusiva en el conjunto de datos de imagen (82) y una representación exclusiva en la imagen visual (80);

50 proporcionar el conjunto de datos de imagen (82) que incluye la señal de imagen exclusiva de la unidad de referencia (40, 40', 40'');

55 identificar la posición de la unidad de referencia (40, 40', 40'') con respecto a un sistema de coordenadas del conjunto de datos de imagen internos;

60 proporcionar la imagen visual (80) de la superficie exterior del cuerpo (34) que incluye la representación exclusiva de la unidad de referencia (40, 40', 40'');

identificar la posición de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en la imagen visual (80); y

65 hacer corresponder la posición espacial de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en el conjunto de datos de imagen internos con la posición espacial de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en la imagen visual (80) para registrar automáticamente el conjunto de datos de imagen internos con la imagen visual (80) del cuerpo (34).

19. Método según la reivindicación 18, que además comprende la etapa de fijación de por lo menos tres de las unidades de referencia (40, 40', 40'') al cuerpo (34), determinar la orientación y el tamaño de las unidades de referencia (40, 40', 40'') sobre la base de un patrón óptico exclusivo diferente (64) dispuesto en cada una de las unidades de referencia (40, 40', 40''), y registrar la orientación de las unidades de referencia (40, 40', 40'') con un sistema de coordenadas del cuerpo (34) y/o que además comprende la etapa de utilización de un sistema de navegación (20) que incluye un monitor (22), una cámara (24) fijada al monitor (22), y un procesador electrónico (50), llevando a cabo el sistema de navegación (20) la etapa de correspondencia de la posición espacial, y/o incluyendo la etapa de identificación de la posición de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en la imagen visual (80) la etapa de identificación del centro de la unidad de referencia (40, 40', 40'') con el procesador electrónico (50), e incluyendo la etapa de correspondencia la etapa de correspondencia de la posición espacial de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en el conjunto de datos de imagen internos con el centro de la unidad de referencia (40, 40', 40'') en la imagen visual (80) con el procesador electrónico (50).
20. Método según la reivindicación 18 o 19, en el que las características de la unidad de referencia (40, 40', 40'') incluyen uno o más marcadores de referencia (60) que son detectables en el conjunto de datos de imagen internos para crear la señal de imagen exclusiva en el conjunto de datos de imagen internos y un patrón óptico (64) de áreas de contraste iluminadas y oscuras alternas que son detectables en la imagen visual (80) para crear la representación exclusiva, y, opcionalmente, incluyendo la unidad de referencia (40, 40', 40'') tres o más marcadores de referencia radioopacos (66), y estando una única unidad de referencia (40, 40', 40'') fijada al cuerpo (34) para registrar el conjunto de datos de imagen internos con la imagen visual (80) y para realizar un seguimiento del movimiento del cuerpo (34).
21. Producto de programa de ordenador que comprende unas partes de código de programa para llevar a cabo las etapas según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 20, cuando el producto de programa de ordenador se ejecuta en un dispositivo informático.
22. Producto de programa de ordenador de la reivindicación 21, almacenado en un soporte legible por ordenador.

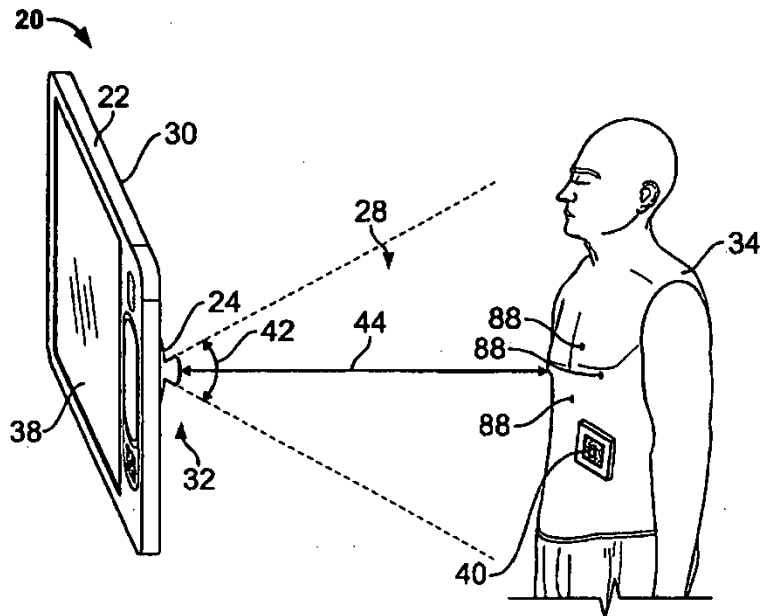


FIG. 1

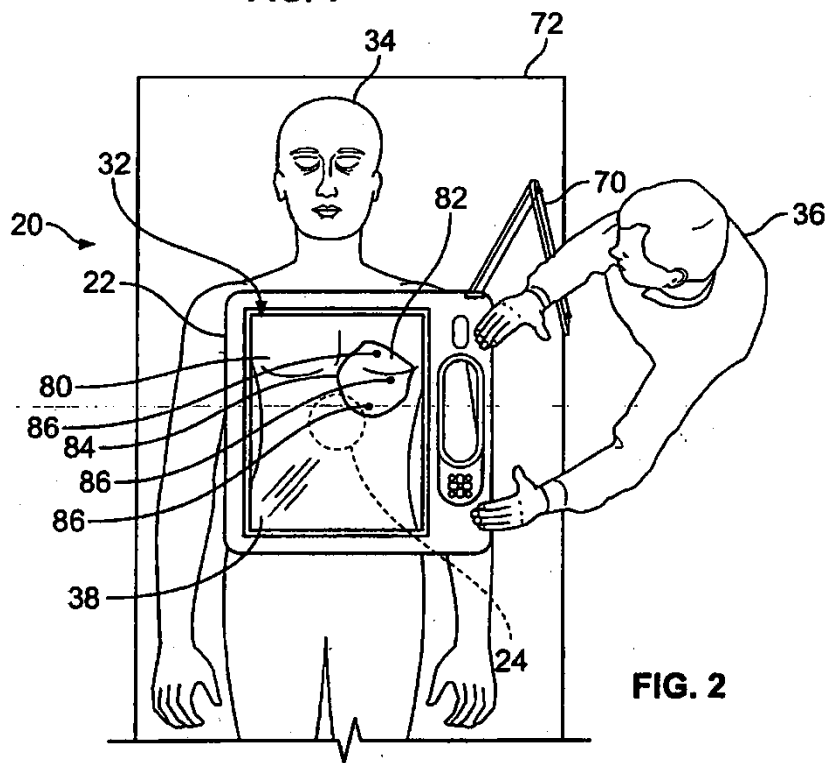


FIG. 2

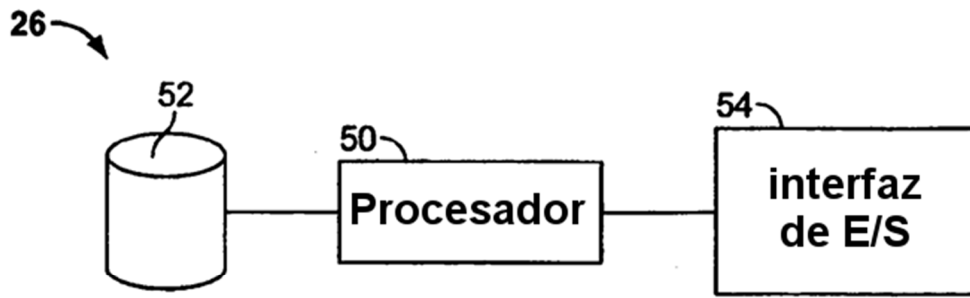


FIG. 3

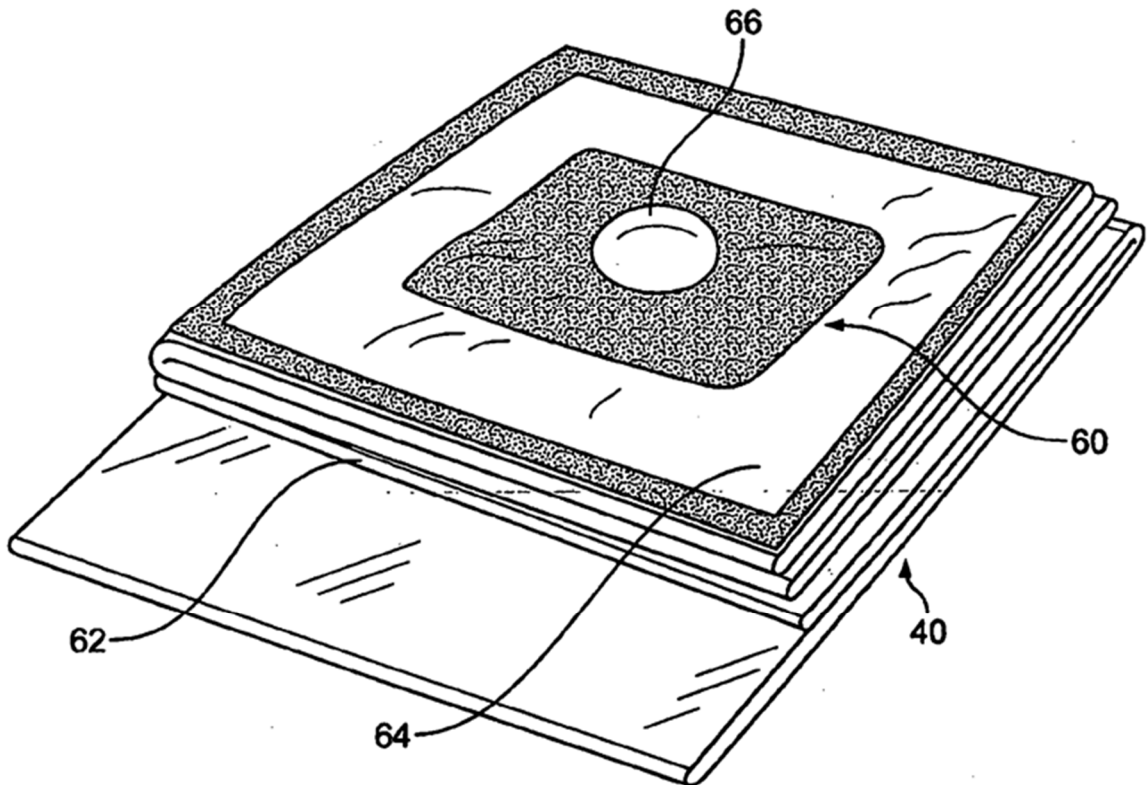


FIG. 4

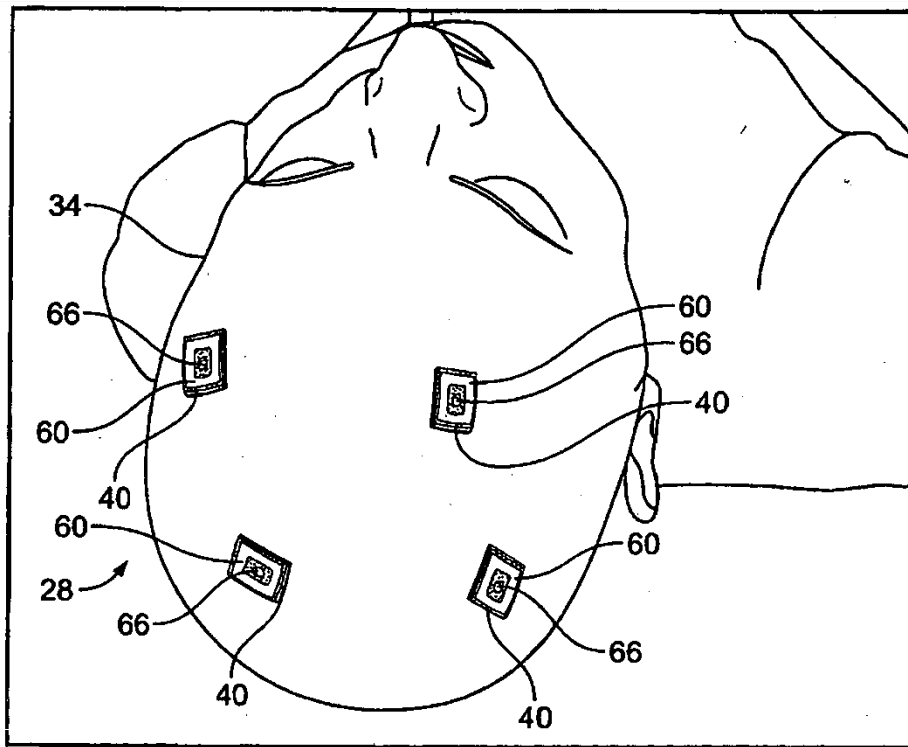


FIG. 5

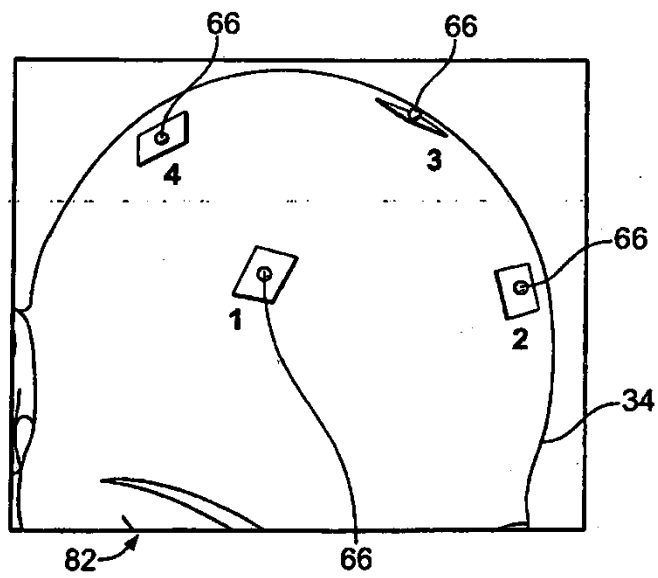


FIG. 6

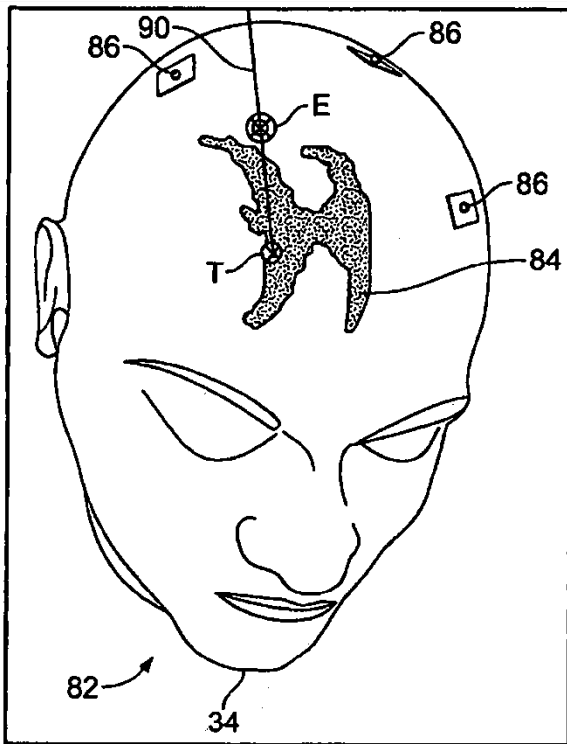


FIG. 7

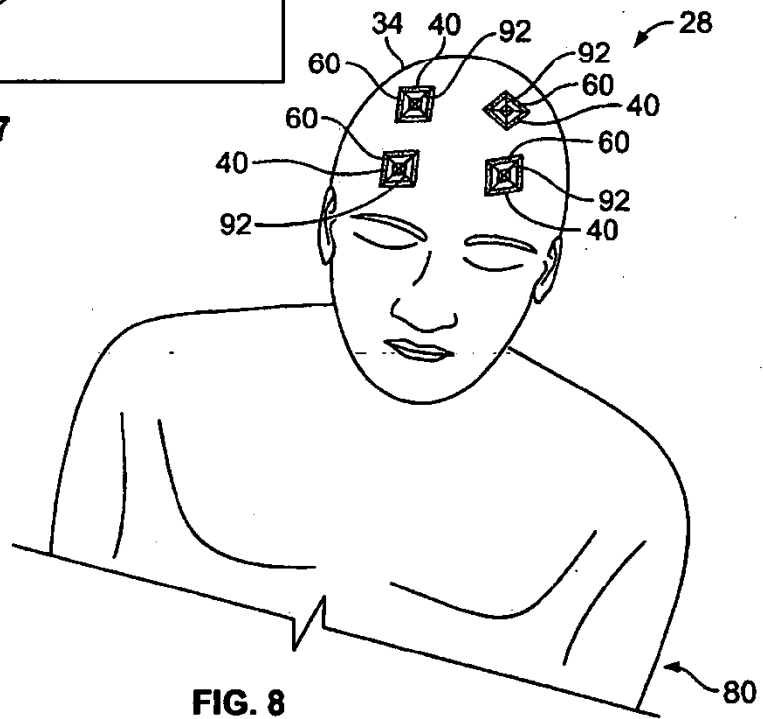


FIG. 8

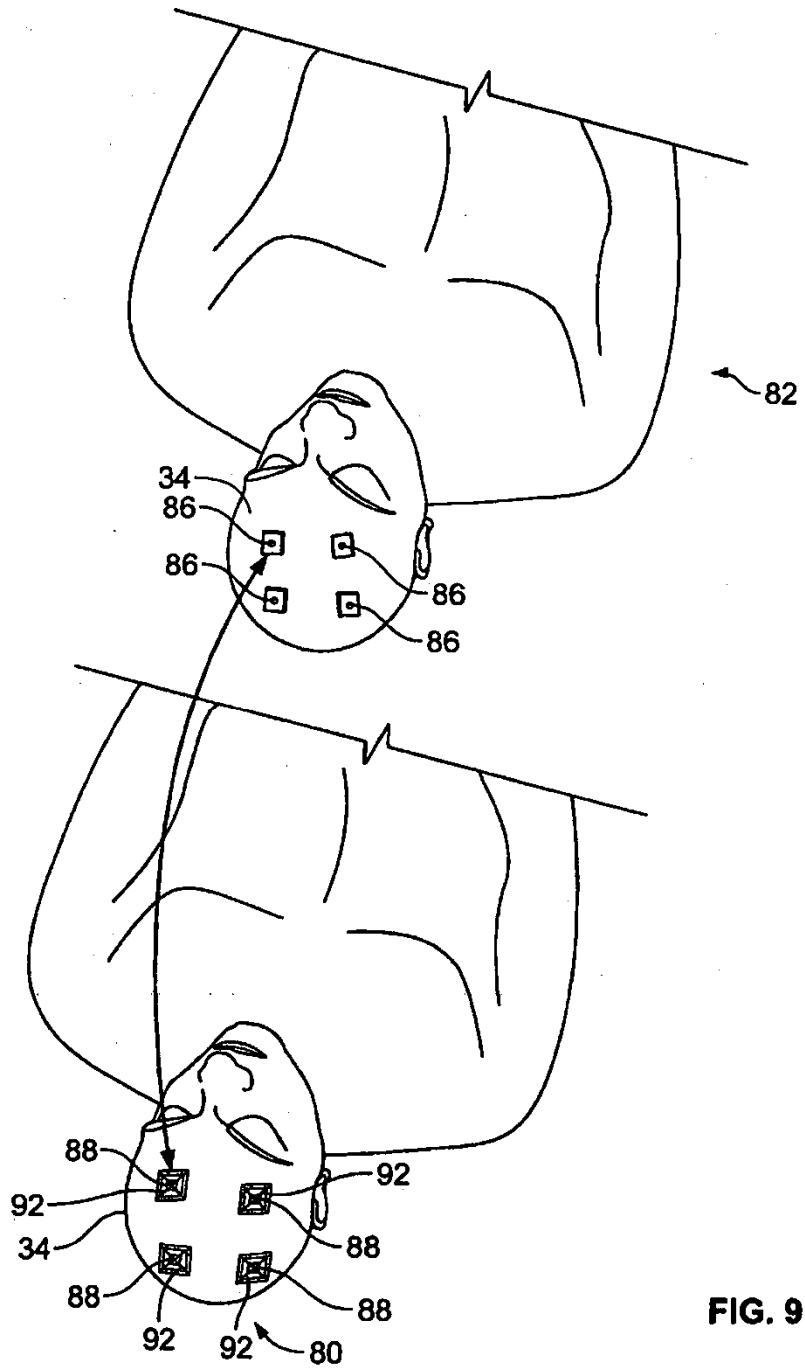
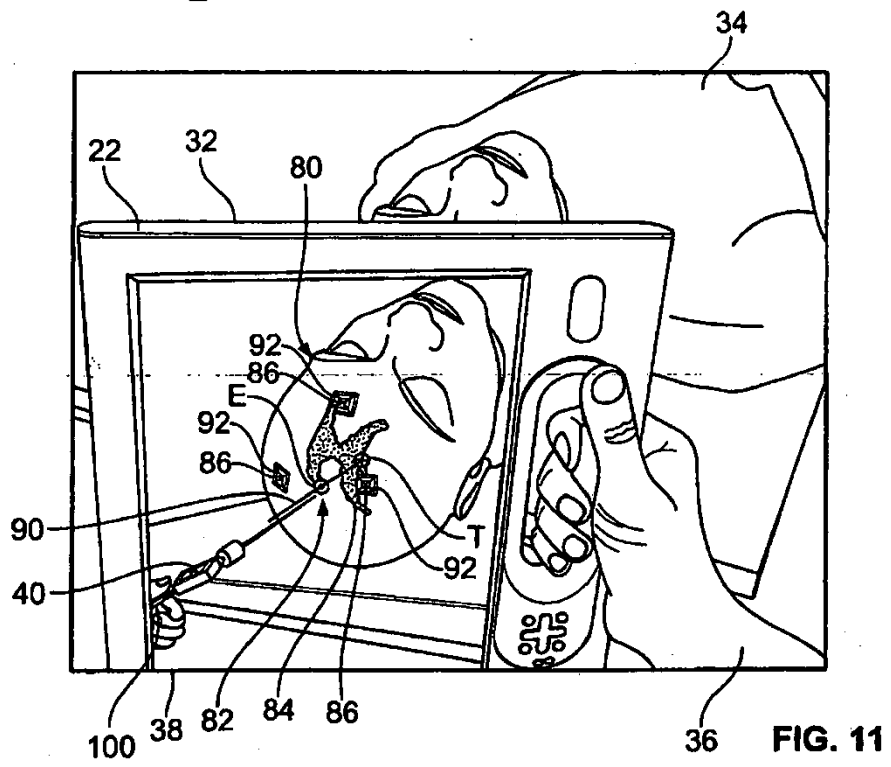
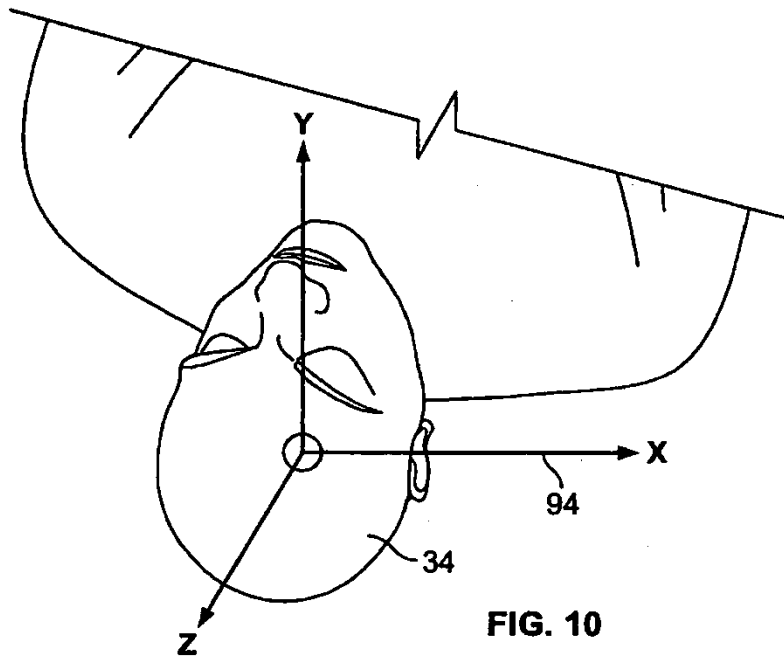


FIG. 9



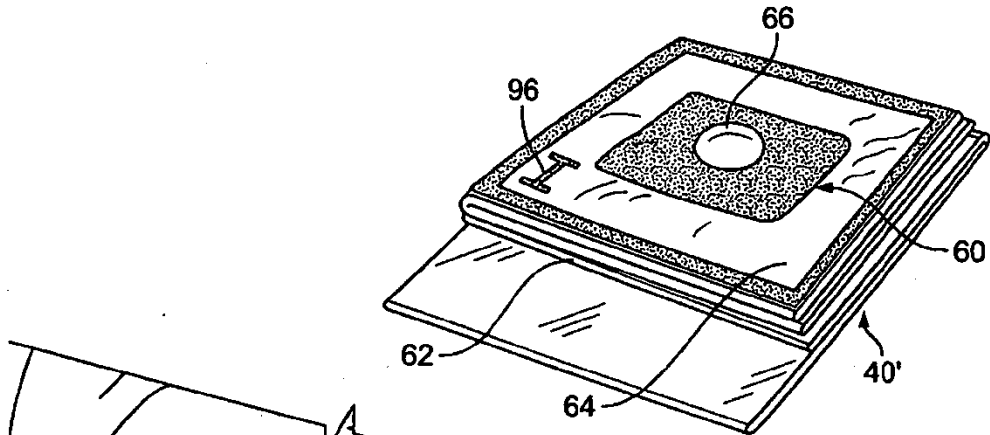


FIG. 12

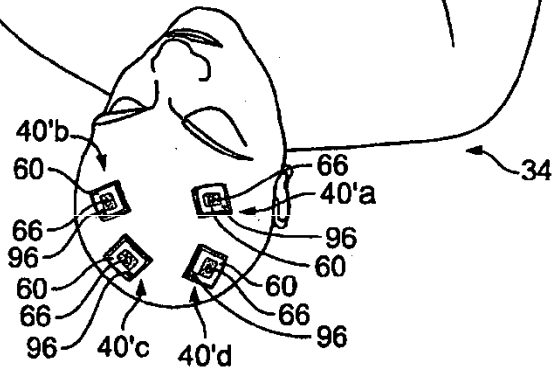


FIG. 13

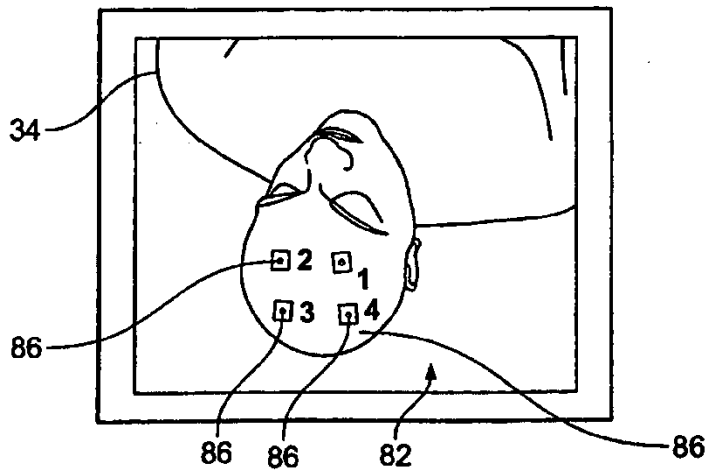


FIG. 14

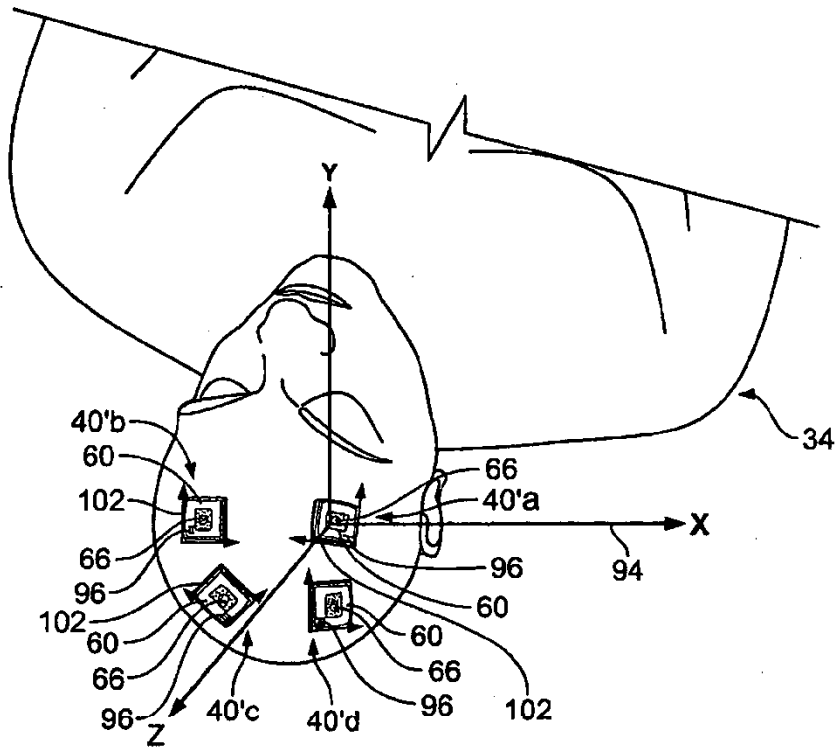


FIG. 15

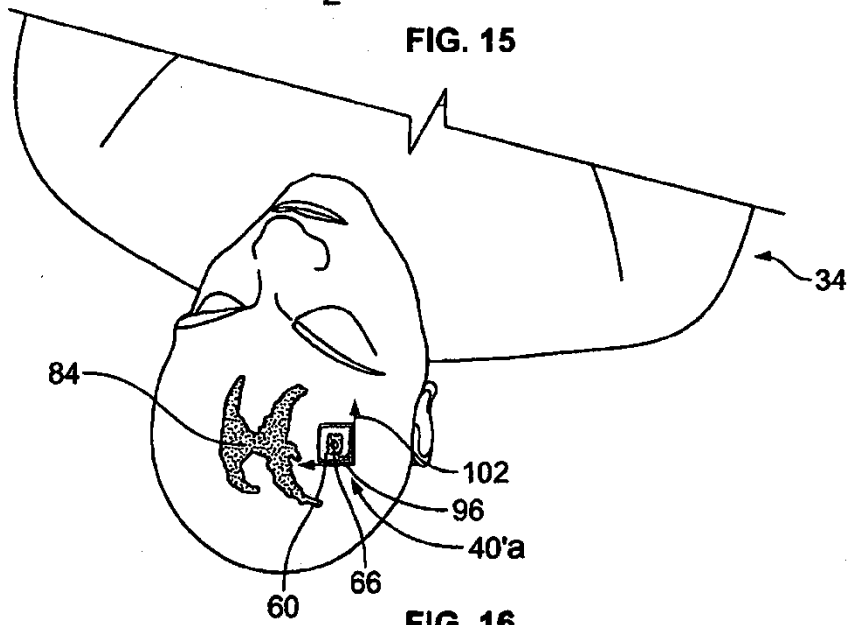


FIG. 16

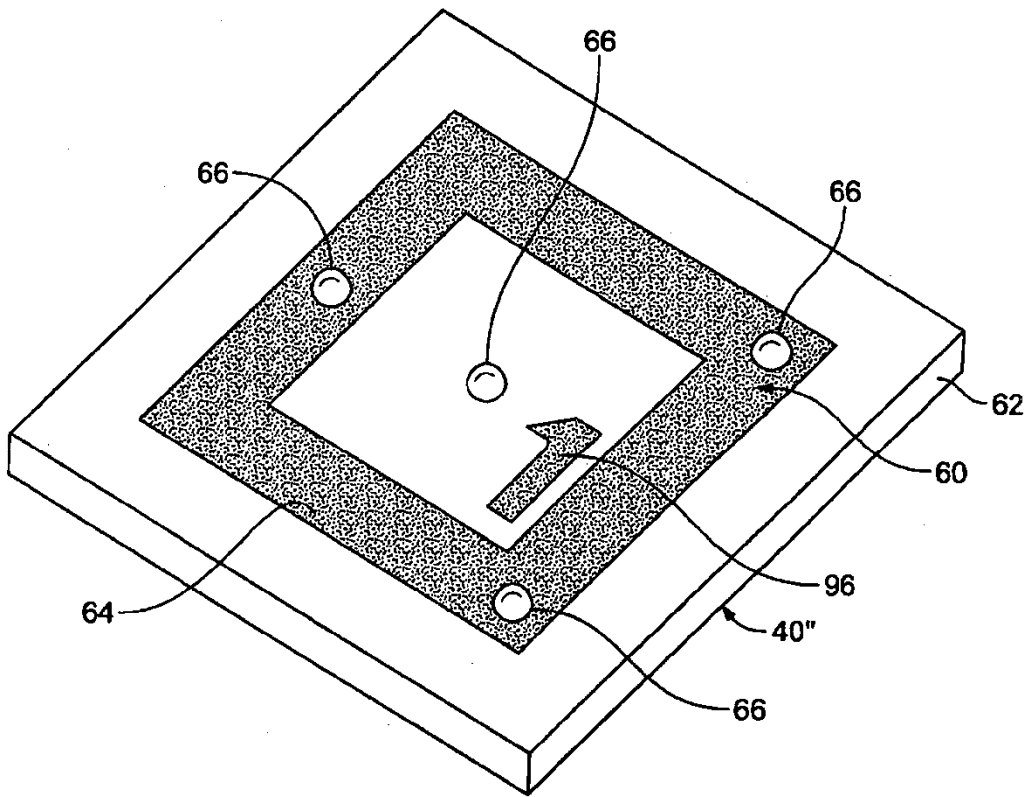


FIG. 17