

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 214**

51 Int. Cl.:  
**A61C 13/00** (2006.01)  
**A61C 8/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09001983 .7**  
96 Fecha de presentación: **12.02.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2218423**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54 Título: **Determinación de la posición y la orientación de un implante dental**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.07.2012**

73 Titular/es:  
**STRAUMANN HOLDING AG  
PETER MERIAN-WEG 12  
4002 BASEL, CH**

72 Inventor/es:  
**Lawitschka, Uwe;  
Homann, Frank y  
Straub, Benjamin**

74 Agente/Representante:  
**Miltenyi, Peter**

ES 2 385 214 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

Determinación de la posición y la orientación de un implante dental.

5 La invención se refiere a un procedimiento, que puede ser ejecutado por un dispositivo informático y/o puede ser almacenado en forma de instrucciones ejecutables por un ordenador en un soporte informático, para determinar una posición y una orientación de un implante dental. Además, la invención se refiere a un cuerpo de exploración para determinar una posición y una orientación de un implante dental.

10 En el campo de los implantes dentales artificiales en los cuales debe reemplazarse un diente o incluso varios dientes, la prótesis dental correspondiente generalmente se fija en la boca del paciente a través de un implante dental que se fija (por ejemplo, como un tornillo) en el hueso de la mandíbula del paciente. Mientras que entre dos dientes adyacentes normalmente hay mucho espacio para la colocación de un implante dental, la situación por ejemplo es más delicada para la prótesis dental correspondiente. Para lograr un resultado cualitativa y estéticamente bueno, por una parte la prótesis dental tiene que encajar casi perfectamente entre dientes adyacentes y por otra parte la conexión entre la prótesis dental y el implante tiene que ser muy firme, lo cual puede conseguirse si la conexión básicamente no tiene holgura. Además de la posición final de una prótesis dental dentro de un entorno oral también es beneficioso garantizar que realmente pueda insertarse una prótesis dental entre dos dientes adyacentes y, al mismo tiempo, pueda conectarse al implante.

20 Con el fin de lograr las tareas y los requisitos mencionados anteriormente, una posible solución es determinar la posición y la orientación de un implante dental respecto a los dientes y la encía adyacentes entre estos dientes adyacentes con una cierta precisión. Típicamente, esta determinación tiene que realizarse en una situación en la que el implante no sea visible directamente (por ejemplo, que el implante se encuentre por debajo del borde superior de la encía).

25 En la técnica anterior, la posición y la orientación de un implante dental se determina acoplado un cuerpo de exploración al implante, determinando la posición y la orientación del cuerpo de exploración (por ejemplo, con un proceso de exploración óptica), y determinando la posición y la orientación del implante respecto a la posición y la orientación del cuerpo de exploración. En algunos casos, el proceso de exploración se lleva a cabo con la ayuda de un modelo que representa la situación de la boca de un paciente o en otros casos el procedimiento se lleva a cabo directamente en la boca de un paciente. En el estado de la técnica se utilizan varios tipos de cuerpos de exploración con diferentes propiedades geométricas.

35 Una vez que se conocen las posiciones y las orientaciones de un cuerpo de exploración, esta información se utiliza para obtener la orientación y la posición de dicho implante. Mientras que los implantes dentales y los cuerpos de exploración pueden producirse con una elevada precisión, el proceso de exploración mencionado anteriormente puede ser menos preciso, particularmente en situaciones en las que partes características de un cuerpo de exploración, tales como esquinas o bordes, son visibles sólo parcialmente.

40 EP-A-1 920 730 describe un cuerpo de exploración para montarse en un implante dental para determinar la posición y la orientación del implante dental. El cuerpo de exploración presenta varias caras laterales orientadas paralelas a su eje longitudinal y una cara superior orientada ortogonalmente al eje longitudinal. Se utiliza información de la posición explorada de puntos de las caras para determinar las caras, que coinciden con las caras de un cuerpo de exploración virtual guardado en un ordenador.

45 Por lo tanto, un problema a resolver por la presente invención es determinar la posición y la orientación de un implante dental con una alta precisión. Al mismo tiempo, es deseable que el proceso de exploración sea relativamente simple, especialmente en caso de que la exploración se realice directamente en la boca de un paciente donde hay que evitar un proceso de exploración de larga duración.

50 El problema mencionado anteriormente se soluciona mediante el procedimiento de la reivindicación 1, el medio informático de la reivindicación 10, y el cuerpo de exploración de la reivindicación 11.

55 En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones preferidas de la presente invención.

60 El procedimiento para determinar una posición y una orientación de un implante dental en una realización es una combinación de un proceso de exploración y un proceso de reconstrucción. Durante el proceso de exploración, la superficie del cuerpo de exploración que está conectado a un implante es explorada mediante la determinación de una pluralidad de puntos de datos que corresponden a posiciones de puntos que se encuentran situados en la superficie del cuerpo de exploración. En otra realización se carga un conjunto de datos ya existentes, que tienen una pluralidad de puntos de datos que corresponden a posiciones de puntos que se encuentran situados en la superficie del cuerpo de exploración, para llevar a cabo la reconstrucción de una posición y una orientación del implante dental.

Dicho conjunto de datos puede obtenerse mediante un proceso de exploración tal como se ha mencionado anteriormente o a continuación. Durante la fase de reconstrucción, estos puntos de datos se utilizan para reconstruir por lo menos tres planos. A partir de los planos reconstruidos se determina la información de intersección. La información de intersección comprende líneas de intersección rectas donde se cortan por lo menos dos planos y/o  
 5 puntos de intersección donde se cortan por lo menos tres planos o donde una línea de intersección recta corta un plano o donde se cortan por lo menos dos líneas de intersección rectas. Utilizando la información de intersección reconstruida mencionada anteriormente puede determinarse la posición y la orientación del implante. Esta determinación puede basarse solamente en parte de la información de intersección reconstruida o puede basarse en toda la información de intersección reconstruida disponible lo que permite todavía una mayor precisión ya que la  
 10 posición y la orientación del implante está sobre restringida. En una realización preferida se reconstruye un punto de intersección directamente a partir de los por lo menos tres planos reconstruidos.

Cabe señalar que los puntos de exploración en la superficie del cuerpo de exploración no tienen que corresponder necesariamente a esquinas o bordes. Puede utilizarse cualquier punto dentro de una zona plana para el  
 15 procedimiento de reconstrucción mencionado anteriormente lo cual simplifica el proceso de exploración (por ejemplo basta con explorar un número de puntos relativamente moderado). Preferiblemente, para la reconstrucción de planos solamente se utilizan aquellos puntos que se encuentren completamente dentro de la zona correspondiente (es decir, los puntos, utilizados para la reconstrucción de planos, no se encuentran en las esquinas o los bordes del cuerpo de exploración). Para la determinación de la posición y la orientación de un implante dental solamente hay  
 20 que explorar un mínimo de nueve puntos. Típicamente, se exploran más de nueve puntos, por ejemplo, entre veinte y cien puntos, con el fin de asegurar que hay un número suficiente de puntos de buena calidad disponibles para la fase de reconstrucción. En principio no hay límite superior de puntos de exploración. Sin embargo el tiempo para realizar una exploración aumenta al aumentar el número de puntos. Por lo tanto, el número de puntos de exploración debe ser inferior a diez mil o incluso menos de mil.

25 En una realización preferida, la determinación de la posición y la orientación del implante comprende asociar elementos geométricos reconstruidos a elementos geométricos físicos del cuerpo de exploración. Por ejemplo, pueden asociarse líneas de intersección rectas reconstruidas a los bordes físicos del cuerpo de exploración y/o pueden asociarse puntos de intersección reconstruidos a las esquinas físicas del cuerpo de exploración. Hay que  
 30 indicar que las esquinas físicas (y también los bordes) no son esquinas perfectas en sentido matemático, sino que son esquinas (o bordes) redondeados con un radio de curvatura que es típicamente menor que 0,05 mm. Debe entenderse que los objetos geométricos reconstruidos corresponden a objetos físicos geométricos de una parte del cuerpo de exploración que realmente ha sido explorada.

35 Preferiblemente, la reconstrucción de planos a partir de puntos de datos se realiza en base a un subconjunto de puntos de datos. En caso de que solamente haya disponibles tres puntos de datos, simplemente se calcula un plano correspondiente. Sin embargo, en caso de que haya disponibles más de tres puntos para la reconstrucción de un plano, es posible ajustar un plano mediante los puntos de datos. Para este fin, puede utilizarse un procedimiento de ajuste estándar (por ejemplo, un procedimiento de ajuste basado en  $\chi^2$ ). Además, la determinación de la posición y  
 40 la orientación del implante se basa típicamente en información relativa a las dimensiones del cuerpo de exploración y/o el implante y/u otras partes que se encuentren entre el cuerpo de exploración y el implante, además de la información geométrica reconstruida. Dicha parte que se encuentra situada entre el cuerpo de exploración y el implante es, por ejemplo, un adaptador, lo que permite utilizar el mismo cuerpo de exploración con diferentes tipos de implantes. Además, puede utilizarse un adaptador para regular la altura del cuerpo de exploración (por ejemplo,  
 45 en caso de que la parte superior del cuerpo de exploración se encuentre demasiado lejos por debajo del plano de oclusión), o en algunos casos es útil un adaptador para adaptar el ángulo del cuerpo de exploración respecto al implante (por ejemplo, en caso de que la orientación del implante quede considerablemente fuera de la vertical).

En otra realización de la presente invención, el procedimiento para determinar una posición y una orientación de un  
 50 implante dental comprende, además, la generación de un modelo digital/virtual de por lo menos una parte del implante dentro de la boca del paciente. El modelo digital/virtual es preferiblemente tridimensional de modo que el modelo puede verse desde diferentes ángulos, lo cual resulta útil para estudiar la inserción de una prótesis dental, por ejemplo. El modelo digital/virtual puede reflejar, además, información sobre los dientes adyacentes y la encía, en los alrededores del implante si esta información está disponible (por ejemplo, también se determina durante el  
 55 proceso de exploración o se obtiene de algún tipo de base de datos).

Típicamente, el proceso de exploración se realiza sobre un modelo físico que ha sido realizado por un dentista y un técnico dental, respectivamente, y que refleja la situación de la boca de un paciente y comprende un análogo del  
 60 implante que corresponde a un implante en la boca de un paciente. Normalmente sólo se modela la parte relevante de la boca del paciente. El uso de un modelo físico permite probar el proceso de inserción de una prótesis dental, por ejemplo, o permite llevar a cabo la exploración en un laboratorio dental donde no se requiere que el paciente esté disponible. Alternativamente, el proceso de exploración puede realizarse directamente en la boca de un

paciente cuando el implante ya se encuentra fijado en el hueso de la mandíbula del paciente y el cuerpo de exploración está acoplado al implante.

La invención se refiere, además, a un dispositivo informático que es capaz de realizar las etapas del procedimiento mencionado anteriormente. Para este fin, típicamente se conecta un dispositivo de exploración al dispositivo informático y los datos de exploración (por ejemplo, puntos de datos) se transfieren directamente al dispositivo informático. Sin embargo, también es posible proporcionar la información de exploración de manera distinta, por ejemplo utilizando una transmisión por infrarrojos, un sistema de telecomunicaciones o transfiriendo los datos con la ayuda de un medio de almacenamiento de datos. Además, la invención se refiere a un soporte informático que tiene almacenado en el mismo instrucciones ejecutables por un ordenador para realizar las etapas del procedimiento mencionado anteriormente cuando se ejecutan dichas instrucciones. Además, existe la posibilidad de que el dispositivo informático y/o el soporte informático formen parte de un dispositivo de exploración.

Otro aspecto de la invención se refiere a un cuerpo de exploración para determinar la posición y la orientación de un implante dental. El cuerpo de exploración tiene un extremo inferior con medios para conectar el cuerpo de exploración al implante, en el que el cuerpo de exploración está conectado directamente al implante o en el que el cuerpo de exploración está conectado al implante a través de un adaptador. Además, el cuerpo de exploración comprende un extremo superior que presenta una geometría de exploración, en la que la superficie de la geometría de exploración comprende una pluralidad de zonas planas que comprenden por lo menos tres tipos de zonas planas que tienen diferentes ángulos de orientación respecto al eje longitudinal del cuerpo de exploración. Un ángulo de orientación respecto al eje longitudinal de por lo menos un tipo de zonas planas se encuentra en el intervalo entre 30° y 60° y un tipo de zona plana es paralela al eje longitudinal. El eje longitudinal del cuerpo de exploración conecta el extremo superior y el extremo inferior del cuerpo de exploración. Además, el número de esquinas de por lo menos dos tipos de zonas planas es distinto, en el que una zona plana particular de dichos tipos de zonas planas presenta una pluralidad de lados, en el que la longitud de todos los lados de dicha zona plana son iguales o en el que dicha zona plana comprende por lo menos dos o por lo menos tres lados de distinta longitud. De cada punto de vista posible existen por lo menos tres de dichas zonas planas por lo menos parcialmente visibles, en las que un posible punto de vista se encuentra situado por encima de dicha geometría de exploración en caso de que la orientación del cuerpo de exploración sea tal que el extremo superior apunte hacia arriba y el extremo inferior apunte hacia abajo y el punto de vista se encuentre situado en cualquier posición más elevada que el extremo más superior del cuerpo de exploración.

La idea de estos requisitos de visibilidad es asegurar que por lo menos tres zonas planas sean por lo menos parcialmente visibles desde cualquier punto por encima del nivel de la geometría de exploración o en el mismo nivel de la geometría de exploración ya que la información de exploración de estas por lo menos tres zonas planas se utiliza para reconstruir por lo menos tres planos que son necesarios en una realización para determinar la posición y la orientación de un implante dental correspondiente que está conectado al cuerpo de exploración. Requerir la posibilidad de que por lo menos tres planos de la geometría de exploración sean visibles desde el lado es útil en particular en casos en los que la ubicación del implante se determina respecto a los dientes adyacentes desde el lado opuesto de la mandíbula de un paciente (por ejemplo, cuando los dientes de la mandíbula superior y los dientes de la mandíbula inferior se tocan entre sí, para asegurar que el paciente pueda morder correctamente con una nueva prótesis dental).

Existen varios tipos de geometrías de exploración imaginables las cuales son típicamente poliédricas. La forma general de un cuerpo de exploración es aproximadamente cilíndrica en la que el eje longitudinal del cuerpo de exploración conecta el centro del extremo superior con el centro del extremo inferior del cuerpo de exploración. Además, preferiblemente existe un tipo de zona plana que es perpendicular al eje longitudinal del cuerpo de exploración. En otra realización preferida, la geometría de exploración comprende por menos cuatro esquinas visibles tales que tres de dichas cuatro esquinas visibles se encuentran en un plano y una de dichas cuatro esquinas se encuentre fuera de dicho plano. Los requisitos sobre el número de tipos de zonas planas con características diferentes y/o el número de esquinas visibles en una determinada constelación ayudan a asegurar que las por lo menos tres zonas planas requeridas sean fácilmente visibles desde todos los puntos de vista posibles. Además, los requisitos mencionados anteriormente dan lugar a geometrías de exploración con un número de planos que típicamente es superior a ocho o quince y/o un número de esquinas que típicamente es superior a cinco u once, respectivamente. En principio, no hay límite superior para el número de planos y esquinas, respectivamente. En caso de que el número de planos o esquinas sea grande, sin embargo, el tamaño de planos individuales, a su vez, se volverá pequeño, lo que puede dar lugar a un proceso de exploración más complejo. Por lo tanto, un límite máximo de veinte, treinta, cincuenta o cien zonas planas y/o treinta o cincuenta esquinas, respectivamente, es deseable. Además, la geometría de exploración comprende diferentes tipos de zonas planas con diferentes formas, tales como triángulos y/o cuadrados y/o pentágonos y/o formas más complejas.

El cuerpo de exploración puede comprender una codificación que asocie el cuerpo de exploración a un tipo particular de implante y/o a un tipo particular de adaptador. Para este fin, típicamente se colocan unos nervios y/o canales y/o

- anillos de colores justo debajo de la geometría de exploración. La codificación o la zona en la cual se esperaría una codificación tiene que ser visible desde todos los puntos de vista posibles durante el proceso de exploración, donde un posible punto de vista se define de manera correspondiente a un posible punto de vista respecto a la geometría de exploración con la diferencia de que la codificación no tiene que ser visible directamente desde arriba, sino sólo lateralmente por encima de la codificación o el cuerpo de exploración, respectivamente. En caso de que la codificación no sea visible durante el proceso de exploración, la información de codificación o la información de identificación correspondiente pueden obtenerse "manualmente" (por ejemplo, un usuario que mira la codificación y busca la información correspondiente que está representada por la codificación). Además, la codificación puede comprender letras y/o números y/u otros símbolos.
- La codificación también puede formar parte del adaptador y referirse a un implante en particular, lo que significa que explorando la codificación del adaptador puede determinarse por ejemplo el tipo o el tamaño del implante.
- La geometría de exploración del cuerpo de exploración puede ser tal que algunas partes de la geometría de exploración sean reflectoras de la luz y/o algunas partes de la geometría de exploración sean no reflectoras de la luz, por ejemplo, que solamente una parte de una zona plana sea reflectora de la luz y el resto de la zona plana sea no reflectora de la luz (por ejemplo, la parte interior de un plano es reflectora de la luz mientras que la zona del borde de una zona plana es no reflectora de la luz). De esta manera, es posible simplificar el reconocimiento de zonas planas durante el proceso de exploración/reconstrucción. Alternativamente, podría ser suficiente tener diferentes regiones con diferentes coeficientes de reflexión para permitir una fácil detección de las zonas planas.
- Puede disponerse un conjunto de adaptadores con los cuales el cuerpo de exploración pueda acoplarse a diferentes implantes mediante diferentes adaptadores. Preferiblemente, cada adaptador corresponde a un implante en particular y para diferentes implantes se disponen distintos adaptadores. Preferiblemente, cada adaptador está provisto de una codificación que puede explorarse ópticamente, en el que la codificación permite identificar el tipo de implante o el tamaño del implante que corresponde al adaptador. Un adaptador se fija típicamente en la parte superior de un implante con la ayuda de un tornillo o una garra. Si se desea una conexión permanente el adaptador también pueden pegarse al implante.
- A partir de las figuras 1, 2a a 2e y 3a a 3f serán claros otros aspectos de posibles realizaciones de la invención.
- La figura 1 muestra la situación general cuando se determina una posición y una orientación de un implante dental.
- Las figuras 2a a 2e muestran varias realizaciones de cuerpos de exploración.
- Las figuras 3a a 3f ilustran etapas relacionadas con la determinación de una posición y una orientación de un implante dental.
- En la figura 1 se ilustra una posible configuración para determinar una posición y una orientación de un implante dental 12. La configuración refleja la situación en la boca de un paciente o bien refleja la situación en un modelo de la boca de un paciente. Un implante 12 se fija en el hueso 18 de una mandíbula. Por encima del hueso 18 hay una capa de encía 17. En el implante 12 se conecta un cuerpo de exploración 11 a través de un adaptador 13 que se encuentra situado parcialmente por encima del nivel de la encía 17. A la izquierda y a la derecha del cuerpo de exploración 11 se ilustran dos dientes adyacentes 16. Sin embargo, en algunos casos solamente hay un diente adyacente 16 al lado del implante 12. Cabe señalar que el eje longitudinal 15 del cuerpo de exploración 11 y/o el implante 12 y/o el adaptador 13 no son necesariamente exactamente verticales o no son exactamente perpendiculares a la superficie del hueso 18, respectivamente. Además, al explorar la geometría de exploración 21 del cuerpo de exploración 11, el punto de vista 14 del dispositivo de exploración no se encuentra situado necesariamente exactamente por encima del cuerpo de exploración 11, sino que el punto de vista 14 pueden estar situado lateralmente y/o en el lado de la geometría de exploración 21 del cuerpo de exploración 11. Para poder conseguir buenos resultados de exploración, la parte más superior 23 del cuerpo de exploración 11 se encuentra en el nivel del plano de oclusión 19 que está definido por la altura de los dientes adyacentes 16 o justo debajo del mismo. Típicamente, la distancia entre la superficie del hueso 18 y el plano de oclusión 19 es aproximadamente de 9 mm a 11 mm, lo que significa que el cuerpo de exploración 11 debe tener una longitud inferior a estos valores. Sin embargo, si el cuerpo de exploración 11 es demasiado corto (menor respecto al plano de oclusión 19) es posible extender la longitud utilizando un adaptador adecuado 13. Por otra parte, si un cuerpo de exploración 11 fuera demasiado largo (por ejemplo, que se encontrara parcialmente por encima del plano de oclusión 19), entonces sería probable que quedara fuera del paso de exploración, que está adaptado para explorar los dientes o partes de dientes residuales. El tamaño típico de un paso de exploración es de 15 - 20 mm x 15 - 20 mm con una longitud entre 25 - 50 o 30 - 45 mm. El paso de exploración puede tener una sección transversal cuadrada o rectangular (en una sección perpendicular a su longitud).

El escenario, ilustrado en la figura 1 es sólo una posibilidad. Existen también muchos otros escenarios posibles. Por ejemplo, podrían faltar dos dientes, lo que resultaría en un espacio mayor entre los dos dientes adyacentes 16. El último escenario comprendería típicamente dos implantes dentales 12, de los cuales podría determinarse la posición y la orientación relativa de los implantes 12 entre sí utilizando dos cuerpos de exploración 11, donde cada uno se conectaría a uno de los dos implantes 12. Otros escenarios podrían comprender tres o incluso más implantes 12 y varios cuerpos de exploración 11, respectivamente.

Las figuras 2a a 2e muestran varias realizaciones de cuerpos de exploración 11, presentando cada cuerpo de exploración 11 un extremo inferior 22 que puede acoplarse a un implante 12 o un adaptador 13, y un extremo superior 23 que comprende una geometría de exploración 21. La geometría de exploración 21 comprende varias zonas planas 24 que tienen esquinas 25 y lados 26, en las que los lados 26 también pueden ser considerados como bordes 26 de la geometría de exploración 21. En el caso particular de la figura 2a, la geometría de exploración 21 está formada por seis cuadrados y seis triángulos como zonas planas 24. Sin embargo, existen otros tipos de geometrías de exploración 21 posibles, tal como se ilustra en las figuras 2d y 2e, por ejemplo. La geometría de exploración 21 de la figura 2d consiste en tres tipos de zonas planas 24, es decir, una zona cuadrada plana 24, cuatro zonas pentagonales 24 de un primer tipo y cuatro zonas pentagonales 24 de un segundo tipo. En el caso de la figura 2e, la geometría de exploración 21 comprende dos tipos de zonas planas 24, concretamente diez triángulos y seis pentágonos. En las figuras 2b y 2c, el cuerpo de exploración 11 de la figura 2a se muestra con codificaciones adicionales 27 justo por debajo de la geometría de exploración 21, pero también sería posible que la codificación 27 formara parte de la geometría de exploración 21. En la figura 2b, la codificación 27 es un único canal que rodea el cuerpo de exploración 11 y en el caso de la figura 2c, la codificación 27 consiste en dos nervios. En cuanto a la geometría de exploración 21, la codificación 27 o la zona donde podría esperarse una codificación 27 (por ejemplo, en caso de que haya una codificación vacía 27) ha de ser visible desde cualquier punto de vista posible 14, de manera que, durante el proceso de exploración, el cuerpo de exploración 11 pueda identificarse mediante el exploración/reconocimiento de la codificación 27.

En las figuras 3a a 3f, se muestran varias etapas del proceso de exploración y procesamiento de datos. La figura 3a muestra un ejemplo de zona plana 24 que es explorada tomando una matriz de puntos (de datos) 31. Los puntos 31 que se encuentran dentro de la zona plana 24 (posiblemente incluyendo también los bordes), se utilizan para reconstruir un plano 32. Típicamente, el plano 32 se reconstruye con la ayuda de un procedimiento de ajuste que puede incluir aceptar y rechazar puntos de datos 31 utilizando determinados criterios de selección (por ejemplo, se rechazan puntos 31 que se encuentren muy alejados de una primera estimación del plano 32). Si se han reconstruido dos planos que se cortan, puede determinarse una línea de intersección recta 33 tal como se muestra en la figura 3c. Además, en caso de que existan dos líneas de intersección rectas 33 que se corten puede reconstruirse un punto de intersección 34 tal como se ilustra en la figura 3d. Un punto de intersección 34 también puede determinarse a partir de la intersección de tres, cuatro o incluso cinco o más planos 32 correspondiendo esos planos 32 a las zonas planas 24 adyacentes de una esquina 25 a las cuales corresponde el punto de intersección 34. Este último caso no requiere la reconstrucción explícita de líneas rectas de intersección 33, y por lo tanto la etapa, ilustrada en la figura 3c, puede omitirse. Implícitamente, la reconstrucción de un punto de intersección 34, requiere por lo menos tres planos reconstruidos 32 o tres zonas planas 24, respectivamente. En la figura 3e se determina la correspondencia de los elementos geométricos físicos y los elementos geométricos reconstruidos. Por ejemplo, el punto de intersección 34 corresponde a la esquina 25 y parte de la línea de intersección recta 33 corresponde al lado/borde 26. Además, parte del plano 32 corresponde a la zona plana física 24. Utilizando esta información de correspondencia puede construirse un modelo digital/virtual de la zona plana 24. La zona plana virtual 24' consiste en varias esquinas virtuales 25' que corresponden a los puntos de intersección de reconstrucción 34 y varios lados virtuales 26' que corresponden a partes de las líneas de intersección rectas reconstruidas 33. De esta manera, es posible crear un modelo de toda la geometría de exploración 21 o incluso crear un modelo digital/virtual de todo el cuerpo de exploración 11, el implante dental 12, el adaptador 13 e incluso de parte de la boca del paciente, respectivamente. En este último caso, sin embargo, es necesaria información de exploración adicional y/o información almacenada adicional (por ejemplo procedente de una base de datos).

El procedimiento, descrito en el contexto de las figuras 3a a 3f, puede incluir adicionalmente una o más etapas opcionales que se describen a continuación. Después de obtener una serie de puntos 31 explorando la superficie de un cuerpo de exploración 11, la superficie del cuerpo de exploración puede describirse de manera aproximada utilizando elementos finitos, tales como triángulos, por ejemplo, (a continuación se utiliza el ejemplo de triángulos, pero en general pueden utilizarse igualmente otros elementos finitos distintos de triángulos tales como rectángulos, cuadrángulos u otros polígonos). Los elementos finitos pueden utilizarse para formar una malla (en base al conjunto de puntos 31) que describe la superficie del cuerpo de exploración. Cada triángulo tiene tres esquinas, y la orientación de cada triángulo se describe mediante un vector perpendicular del plano en el cual se encuentra el triángulo. En una etapa siguiente, un usuario/persona puede seleccionar explícitamente una zona plana 24 de la geometría de exploración 21 haciendo clic en un triángulo que se encuentre en dicha zona plana 24. Este tipo de selección del usuario ayuda a asociar una zona plana detectada a una zona plana real 24 de la geometría de exploración 21. En particular, dicha selección del usuario de una zona plana 24 es útil en caso de que dicha zona

plana 24 sea una única zona plana 24 en el extremo superior 23 de la geometría de exploración 21, tal como es el caso de los cuerpos de exploración 11 que se muestran en las figuras 2d y 2e. En este caso el vector perpendicular de dicha zona plana 24 es paralelo al eje longitudinal 15 del cuerpo de exploración 11. Dado que este tipo particular de zona plana 24 permite una determinación precisa de la posición del extremo superior 23 y la orientación del cuerpo de exploración 11, esta zona plana 24 ayuda a determinar la posición y la orientación de un implante dental 12 con una elevada precisión. Además, la selección del usuario de dicho tipo particular de zona plana 24 puede simplificar (y por lo tanto acelerar) la determinación de la posición y la orientación.

Tras la selección del usuario de un triángulo en el procesamiento posterior preferiblemente sólo se utilizan aquellos triángulos que se encuentren dentro de una esfera con un radio de entre 2 y 3 mm, ya que de esta manera, los triángulos adyacentes, que están situados dentro de la esfera, idealmente describen toda la superficie de la geometría de exploración 21, que puede tenerse en cuenta al determinar la posición y la orientación de la correspondiente zona plana 24, el cuerpo de exploración 11 y el implante, respectivamente. Más concretamente, las zonas planas (visibles) 24 de la geometría de exploración 21 pueden describirse considerando todos los triángulos dentro de la esfera mencionada anteriormente y agrupando los triángulos de acuerdo con su orientación (vectores normales). Esos triángulos que tienen vectores perpendiculares similares pueden considerarse para describir la misma zona plana 24 y por lo tanto pertenecen al mismo grupo.

Después, para cada grupo de triángulos puede reconstruirse un plano 32 (por ejemplo, llevando a cabo un proceso de ajuste de un plano a las esquinas de los triángulos, es decir, los puntos de la malla) que corresponde a una zona plana 24 de la geometría de exploración 21. Los planos reconstruidos 32 pueden utilizarse entonces para reconstruir puntos de intersección 34 correspondientes a las esquinas 25 de la geometría de exploración 21. Pueden utilizarse tres de dichos planos reconstruidos 32 para determinar un punto de intersección 34. Preferiblemente en el procedimiento de ajuste del plano 32 no se tienen en cuenta triángulos (o esquinas de triángulos) de la descripción de elementos finitos de la superficie de una geometría de exploración 21, que corresponden a partes de la superficie que se encuentran cerca (por ejemplo, a menos de 0,1 mm) de los bordes o esquinas de una zona plana 24, ya que estos triángulos podría estar inclinados o desplazados hacia arriba o hacia abajo respecto a la zona plana 24 correspondiente, lo que podría dar lugar a un resultado de ajuste menos preciso. Por ejemplo, pueden utilizarse sólo los triángulos o las esquinas de los triángulos que se encuentren dentro de un círculo alrededor de una posición media de triángulos o esquinas de triángulos de un grupo. El radio del círculo se selecciona lo suficientemente pequeño como para asegurar que se tengan en cuenta solamente triángulos o esquinas de triángulos que se encuentren en el mismo plano 24 para el proceso de ajuste del plano. Hay que señalar que aunque es suficiente un único triángulo para definir/determinar un plano 32 que corresponda a una zona plana 24 de un cuerpo de exploración 11, es preferible tomar la media de múltiples triángulos (por ejemplo, más de 100, 200, o 500 y/o menos de 1000 o 10000) para la definición de un plano 32 con el fin de aumentar la precisión de esta determinación.

Después de la reconstrucción de puntos de intersección 34 y la asociación de los puntos de intersección reconstruidos 34 con esquinas físicas 25, existe la posibilidad de comparar las posiciones espaciales de los puntos de intersección reconstruidos 34 con las posiciones espaciales de los puntos esperados que, por ejemplo, pueden formar parte de un modelo digital de un cuerpo de exploración. La última comparación puede realizarse como una verificación de consistencia, o puede utilizarse para aplicar correcciones a la posición y la orientación de un cuerpo de exploración 11 o un implante 12, respectivamente.

En el caso de que el eje longitudinal del cuerpo de exploración pueda determinarse de otra manera (por ejemplo, a partir de una correspondencia global que intente ajustar todo el cuerpo de exploración en un conjunto de datos explorados) este eje longitudinal puede utilizarse para verificar que el usuario ha seleccionado un triángulo en la zona plana superior del cuerpo de exploración comprobando la posición del triángulo respecto a su ubicación a lo largo del eje longitudinal. Si no se encuentran casi en la posición más hacia el exterior a lo largo del eje longitudinal, puede enviarse un mensaje de error que indique que el usuario no ha seleccionado un triángulo en la zona plana superior del cuerpo de exploración.

Para obtener una imagen más detallada del entorno dental o un modelo virtual más completo, respectivamente, el proceso de exploración puede implicar explorar un cuerpo de exploración 11 en un entorno dental desde diferentes puntos de vista 14 y distintas perspectivas (por ejemplo una vista superior y dos vistas laterales), respectivamente. La información de varias exploraciones pueden combinarse mediante la identificación de regiones superpuestas (por ejemplo, del cuerpo de exploración 11) y mediante información de fusión derivada de las exploraciones individuales. De esta manera puede crearse un modelo tridimensional básicamente completo, que puede girar y verse desde cualquier punto de vista concebible. La utilización de datos combinados de diferentes exploraciones típicamente da lugar a más líneas de intersección rectas reconstruidas 33 y posiblemente también a más puntos de intersección reconstruidos 34 correspondientes a esquinas físicas 25. Por lo tanto, el número de esquinas determinadas 25' puede ser más de uno, típicamente más de tres, cinco o siete. La pluralidad de esquinas determinadas 25' puede utilizarse entonces para instalarse en un modelo del cuerpo de exploración 11 o sus esquinas 25, respectivamente, con el fin de determinar la posición y la orientación de un implante dental 12 correspondiente.

Hay que indicar que para la reconstrucción de las líneas de intersección rectas 33 y puntos de intersección 34, no es necesario que las esquinas 25 o bordes 26 físicos sean visibles durante el proceso de exploración. Para la reconstrucción del plano 32, es suficiente que por lo menos puedan tomarse tres puntos de datos que se encuentren dentro de una zona plana particular 24. Por lo tanto, el proceso de exploración y reconstrucción también funciona bien si los puntos de datos 31 no se encuentran cerca de las esquinas 25 o bordes 26 físicos. Además, dado que no son necesarios puntos en las esquinas 25 o bordes 26 para la determinación de la posición y la orientación de un implante 12, es posible tomar menos puntos 31 durante el proceso de exploración, lo que permite que la exploración se realice más rápidamente. Además mediante la reconstrucción de los planos pueden tenerse en cuenta datos de puntos que se encuentren realmente en las correspondientes zonas planas del cuerpo de exploración. Tratar de encontrar esquinas o bordes del cuerpo de exploración es menos preciso ya que puede haber sólo pocos puntos de datos que se encuentren realmente en dichos bordes o esquinas. En resumen, la determinación de la posición y la orientación de un implante dental 12 de la presente invención es más fiable y, al mismo tiempo, permite un proceso de exploración más simple.

15 La posición y la orientación del implante determinadas pueden utilizarse para modelar un pilar para fijarlo al implante o cualquier otra parte que se fije en el pilar o el implante tal como un puente, corona o similar. También la dirección de inserción de la parte a fijar sobre el implante o pilar puede determinarse a partir de la información obtenida.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para determinar una posición y una orientación de un implante dental (12), comprendiendo el procedimiento:

5 explorar una superficie de un cuerpo de exploración (11) conectado al implante, en el que se determina una pluralidad de puntos de datos (31), correspondiendo los puntos de datos (31) a posiciones de puntos (31) que están situados en la superficie del cuerpo de exploración (11) o cargar, en un dispositivo informático, un conjunto de datos que tiene una pluralidad de puntos de datos (31) que corresponden a posiciones de puntos (31) que están situados  
10 en la superficie de un cuerpo de exploración (11) conectado al implante dental (12), comprendiendo el cuerpo de exploración (11) un extremo inferior (22) con medios para conectar el cuerpo de exploración (11) al implante (12) y un extremo superior (23) que tiene una geometría de exploración, en el que la superficie de la geometría de exploración (21) comprende una pluralidad de zonas planas (24) en el que desde cada punto de vista posible (14) existen por lo menos tres zonas planas (24) por lo menos parcialmente visibles;

15 reconstruir por lo menos tres planos (32) en base a dichos puntos de datos (31);

reconstruir información de intersección de los planos reconstruidos (32), comprendiendo la información de intersección líneas de intersección rectas (33) y/o puntos de intersección (34), y

20 determinar la posición y la orientación del implante (12) en base a la información intersección reconstruida.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la determinación de la posición y la orientación del implante (12) comprende:

25 asociar líneas de intersección rectas reconstruidas (33) a bordes físicos (26) del cuerpo de exploración (11); y/o

asociar puntos de intersección reconstruidos (34) a esquinas físicas (25) del cuerpo de exploración (11).

30 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por el hecho de que las posiciones de todos los puntos (31) que se utilizan para la reconstrucción de planos (32) se encuentran situadas dentro de las zonas planas (24) en la superficie del cuerpo de exploración (11).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que la reconstrucción de los  
35 planos comprende ajustar un plano (32) a través de un subconjunto de los puntos de datos (31).

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el cuerpo de exploración (11) está conectado directamente al implante (12) o en el que el cuerpo de exploración (11) está conectado al implante (12) a través de un adaptador (13).

40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por el hecho de que la determinación de la posición y la orientación del implante (12) se basa, además, en las dimensiones previamente conocidas del cuerpo de exploración (11) y/o el implante y/u otras partes o entre el cuerpo de exploración (11) y el implante (12), tal como un adaptador (13).

45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por el hecho de que el procedimiento comprende, además:

50 generar un modelo digital, en base a información determinada durante un proceso de exploración u obtenida a partir del conjunto de datos cargados en el dispositivo informático, en el que el modelo digital es tridimensional, y en el que el modelo digital modela por lo menos parcialmente el implante dentro de la boca de un paciente.

8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado por el hecho de que el modelo digital comprende el modelado de dientes adyacentes (16) junto al implante (12) y/o el modelado de la encía (17) junto al implante (12), si  
55 se ha determinado información sobre los dientes adyacentes (16) y la encía (17) durante el proceso de exploración o se ha obtenido a partir del conjunto de datos cargados en el dispositivo informático.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por el hecho de que la exploración de la superficie del cuerpo de exploración (11) se realiza mientras el cuerpo de exploración (11) está situado dentro de la  
60 boca de un paciente o en el que la exploración de la superficie del cuerpo de exploración (11) se realiza mientras el cuerpo de exploración (11) está acoplado a un modelo físico, en el que el modelo físico preferiblemente refleja la situación de parte de la boca de un paciente.

10. Soporte informático que tiene almacenado en el mismo instrucciones ejecutables por un ordenador para realizar los procedimientos de las reivindicaciones 1 a 9.

11. Cuerpo de exploración (11) para determinar una posición y una orientación de un implante dental (12), comprendiendo el cuerpo de exploración (11):

un extremo inferior (22) con medios para conectar el cuerpo de exploración (11) al implante (12), en el que el cuerpo de exploración (11) está conectado directamente al implante (12) o en el que el cuerpo de exploración (11) está conectado al implante (12) a través de un adaptador (13), y

10

un extremo superior (23) que tiene una geometría de exploración (21);

en el que la superficie de la geometría de exploración (21) comprende una pluralidad de zonas planas (24) que comprenden por lo menos tres tipos de zonas planas (24) que tienen diferentes ángulos de orientación respecto al eje longitudinal (15) del cuerpo de exploración (11) conectando el eje longitudinal (15) del cuerpo de exploración (11) el extremo superior (23) y el extremo inferior (22) del cuerpo de exploración (11), en el que un ángulo de orientación respecto al eje longitudinal (15) de por lo menos un tipo de zona plana (24) está en un intervalo entre 30° y 60°, en el que un tipo de zona plana (24) es paralela al eje longitudinal (15) y en el que el número de esquinas (25) de por lo menos dos tipos de zonas planas (24) es diferente, en el que una zona plana (24) particular de dichos tipos de zonas planas tiene una pluralidad de lados (26), en el que la longitud de todos los lados de dicha zona plana (24) son iguales o en el que dicha zona plana (24) comprende por lo menos dos o por lo menos tres lados (26) con longitudes diferentes, de manera que desde todos los puntos de vista (14) existen por lo menos tres de dichas zonas planas (24) por lo menos parcialmente visibles, en el que un posible punto de vista (14) se encuentra situado al mismo nivel o por encima de dicha geometría de exploración (21), en el que un punto de vista (14) se encuentra situado por encima de dicha geometría de exploración (21) en caso de que la orientación del cuerpo de exploración (11) sea tal que el extremo superior (23) apunte hacia arriba y el extremo inferior (22) apunte hacia abajo y el punto de vista (14) se encuentra situado en cualquier posición más elevada que el extremo más superior (23) del cuerpo de exploración (11).

12. Cuerpo de exploración (11) según la reivindicación 11, caracterizado por el hecho de que la geometría de exploración (21) es poliédrica y en el que la geometría de exploración (21) comprende una primera esquina (25) y por lo menos tres esquinas adicionales (25), en el que por lo menos tres de las esquinas adicionales definen un plano (32), y en el que la primera esquina (25) se encuentra fuera de dicho plano (32).

13. Cuerpo de exploración (11) según una de las reivindicaciones 11 ó 12, caracterizado por el hecho de que comprende, además, una codificación (27) que asocia el cuerpo de exploración (11) a un tipo de implante particular (12) y/o a un tipo de adaptador (13) particular.

14. Cuerpo de exploración (11) según la reivindicación 13, caracterizado por el hecho de que la codificación (27) está situada de manera que la codificación (27) es visible desde todos los puntos de vista posibles (14), donde un posible punto de vista (14) se encuentra situado en el mismo nivel o lateralmente por encima de dicha codificación (27), en el que un punto de vista (14) se encuentra situado lateralmente por encima de dicha codificación (27) en caso de que la orientación del cuerpo de exploración (11) sea tal que el extremo superior (23) apunte hacia arriba y el extremo inferior (22) apunte hacia abajo y el punto de vista (14) se encuentra situado en cualquier posición más elevada que el extremo más superior (23) del cuerpo de exploración (11).

15. Cuerpo de exploración (11) según una de las reivindicaciones 13 ó 14, caracterizado por el hecho de que la codificación (27) comprende uno o más nervios y/o canales y/o anillos de colores.

16. Cuerpo de exploración (11) según una de las reivindicaciones 11 a 15, caracterizado por el hecho de que partes de la geometría de exploración (21) son reflectoras de la luz y/o partes de la geometría de exploración (21) son no reflectoras de la luz.

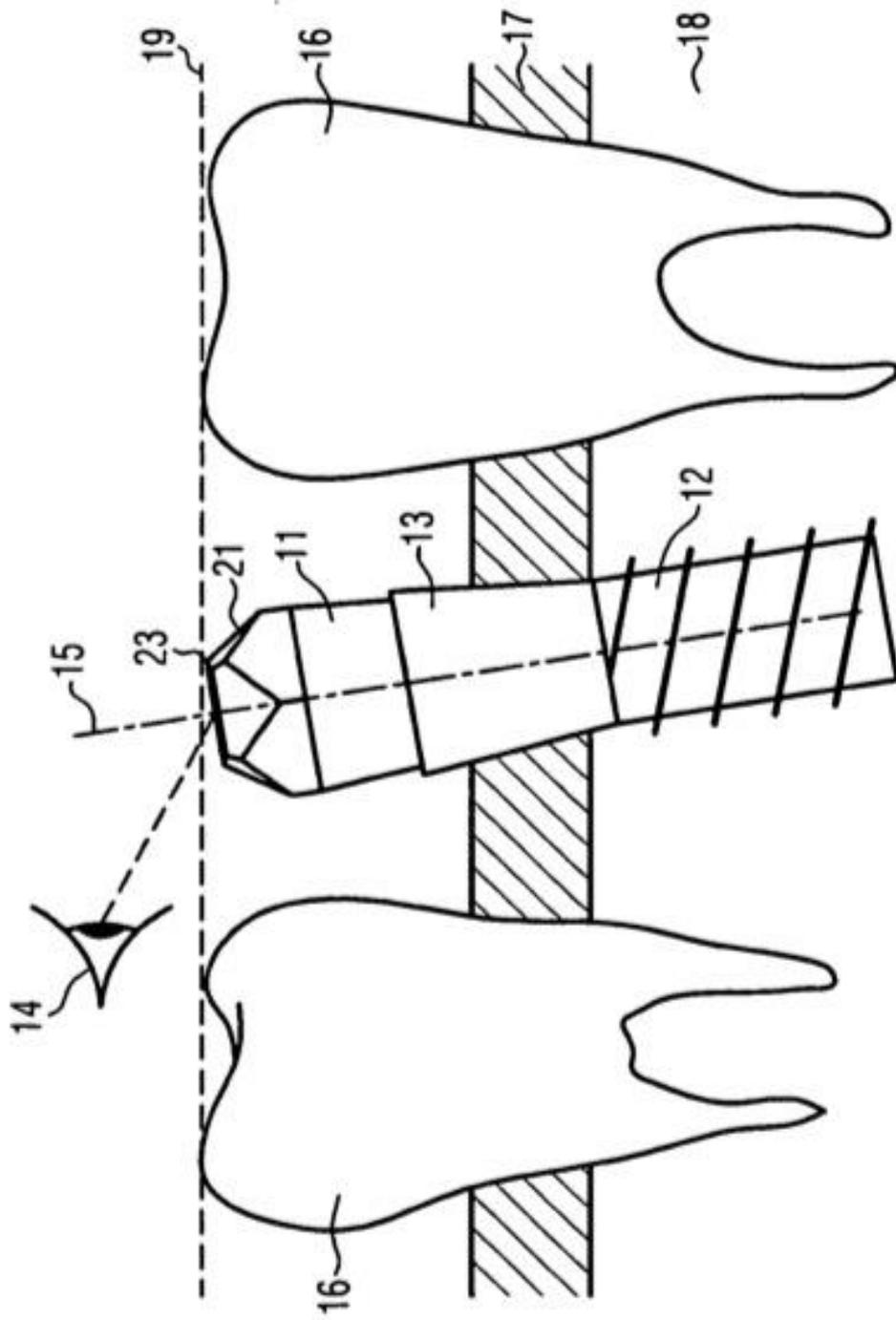


FIG. 1

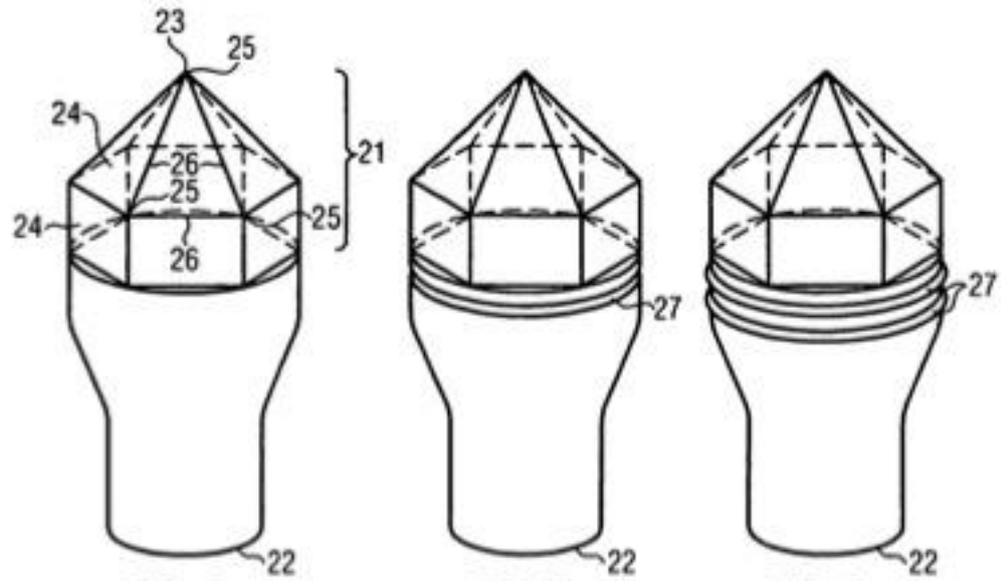


FIG. 2a

FIG. 2b

FIG. 2c

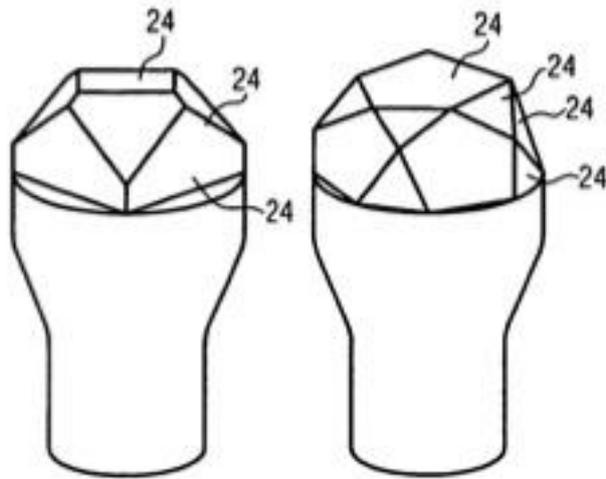


FIG. 2d

FIG. 2e

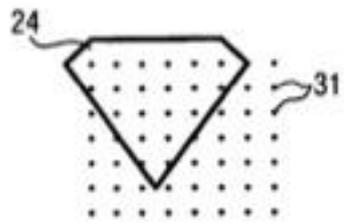


FIG. 3a

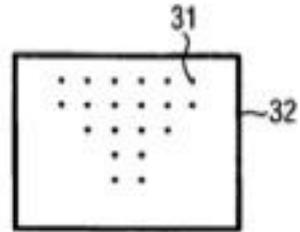


FIG. 3b

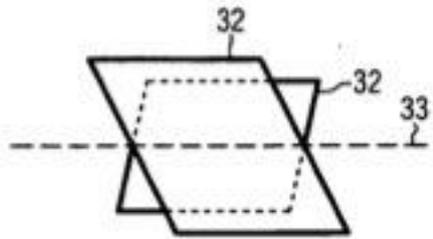


FIG. 3c

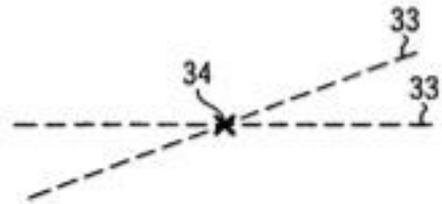


FIG. 3d

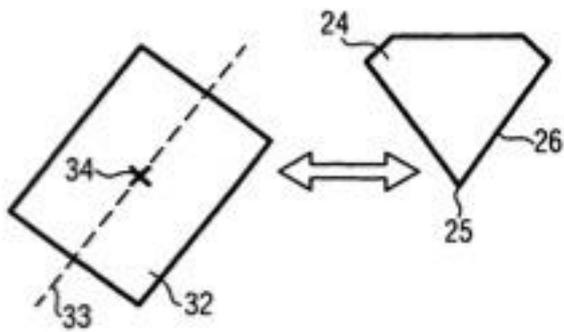


FIG. 3e

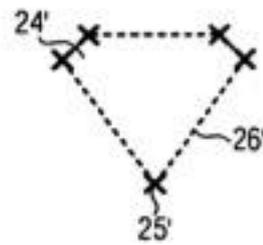


FIG. 3f