

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 746 538**

51 Int. Cl.:

**A61C 13/00** (2006.01)

**A61C 5/00** (2007.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.09.2015** **PCT/EP2015/071958**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.03.2016** **WO16046308**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2015** **E 15770505 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019** **EP 3197389**

54 Título: **Creación de un diseño de restauración digital**

30 Prioridad:

**24.09.2014 DK 201470592**

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

**06.03.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FISKER, RUNE y**  
**NONBOE, SVEN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 746 538 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

Creación de un diseño de restauración digital

**Campo técnico**

- 5 Esta invención en general se refiere a diseños de restauración digital para la fabricación de restauraciones dentales. Más particularmente, la invención se refiere a diseños de restauración digital creados con una mínima interacción del usuario al establecer una línea de margen de restauración para la restauración dental.

**Antecedentes**

- 10 Un paciente puede, por diversas razones, desear que se aumente el tamaño de los dientes o que se cambie la forma y/o el color de los dientes. Este puede ser el caso cuando la longitud de los dientes se ha reducido debido, p. ej. al rectificado de los dientes en el sueño (Bruxismo del sueño), o cuando el paciente desea mejorar el aspecto estético de sus dientes.

- 15 Cuando un paciente ha desgastado los dientes hasta el punto de causar la interrupción de la oclusión del paciente, el resultado puede ser que el paciente empiece a experimentar problemas en su articulación temporomandibular (ATM). Dichos problemas pueden resolverse levantando la mordida de manera que se recupere la altura correcta de su tabla oclusal y, por lo tanto, un movimiento correcto de la ATM. La mordida puede levantarse utilizando un conjunto de dientes superiores dispuestos en la superficie oclusal o el borde incisal de los dientes del paciente para sustituir la tabla oclusal defectuosa de los dientes desgastados del paciente. La frase "levantar la superficie oclusal/borde incisal de un diente" se refiere a la situación en la que la superficie oclusal/borde incisal del diente se aleja más de la parte cervical/apical del diente. Es decir, cuando se levanta la mordida del paciente, la distancia entre los huesos mandibulares y maxilares de la mandíbula en oclusión aumenta.

La restauración superior tiene preferiblemente una pluralidad de dientes que cubren al menos la tabla oclusal de los dientes desgastados, pero la restauración superior no cubre necesariamente toda la superficie labial/bucal y lingual de los dientes del paciente.

- 25 La restauración de los dientes superiores no requiere necesariamente que los dientes del paciente estén preparados para permitir que la restauración superior se asiente en los dientes. Especialmente para una restauración temporal superior, puede ser ventajoso evitar una preparación extensa de los dientes del paciente hasta que la mordida se haya levantado, es decir, hasta que el paciente se haya acostumbrado al movimiento de mordida corregido.

- 30 En el software CAD de la técnica anterior para diseñar restauraciones dentales, el usuario debe establecer manualmente la línea de margen de restauración. La línea de margen de restauración se puede establecer usando, p. ej. un ratón de ordenador para marcar puntos pertinentes en una representación digital en 3D de los dientes del paciente visualizados en, p. ej. una pantalla de ordenador.

- 35 El diseño digital de restauraciones dentales, como coronas o puentes dentales, a menudo se basa en una representación digital en 3D de los dientes del paciente obtenidos después de que los dientes se hayan preparado para aceptar la restauración dental. La preparación a menudo se produce cuando el dentista rectifica el material del diente para realizar un muñón dental, como la llamada preparación, sobre la cual se puede asentar la restauración dental. Se establece una línea de margen de restauración, p. ej. desde la línea de preparación de diente del diente preparado en la representación digital en 3D. A continuación, el operador crea el diseño de restauración digital a partir de la línea de margen de restauración, p. ej. modificando un diente de la biblioteca para que tenga la línea de margen de restauración establecida.

- 40 La publicación internacional W02013079437 describe un procedimiento para generar una guía de preparación dental configurada para validar la preparación de al menos un diente para una restauración dental. El procedimiento incluye: a: obtener una representación digital en 3D de un conjunto de dientes preparado previamente; b: eliminar virtualmente dicho al menos un diente de la representación digital en 3D del conjunto de dientes preparado previamente, de manera que se forme una representación digital en 3D de un conjunto de dientes restante; c: proporcionar una restauración dental virtual objetivo que expresa una forma objetivo de la restauración dental; d: crear una superficie de validación virtual para la guía de preparación dental basada en la restauración dental virtual objetivo, donde la superficie de validación es de manera que la preparación del diente puede ser validada por la guía de preparación dental; y e: crear una superficie de guía de preparación virtual combinando la superficie de validación virtual y al menos parte de la superficie de la representación digital en 3D del conjunto de dientes restante.

- 50 Sigue siendo un problema proporcionar un procedimiento, una interfaz de usuario y un sistema para crear diseños de restauración digital en los que el operador no necesite establecer la línea de margen de restauración manualmente.

**Compendio**

La presente invención se describe en las reivindicaciones 1 a 11 adjuntas y se describe a continuación.

Se describe un procedimiento para crear un diseño de restauración digital mediante el uso de un ordenador para la fabricación de una restauración dental para uno o más de los dientes de un paciente, en los que la restauración dental es una restauración superior para levantar la tabla oclusal de los dientes del paciente,

donde el procedimiento comprende:

- 5     - obtener una representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente;
- obtener un conjunto de una o más anatomías digitales de los dientes que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente;
- disponer las anatomías digitales de los dientes que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente y la 3D digital de los dientes no preparados del paciente según una disposición relativa;
- 10    - obtener una línea de margen de restauración del diseño de restauración digital, al menos parcialmente, a partir de una intersección de la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente levantan la mordida del paciente; y
- crear el diseño de restauración digital que comprende una línea de margen de restauración donde la línea de margen de restauración se obtiene, al menos parcialmente, a partir de una intersección de la representación digital
- 15    en 3D de los dientes no preparados del paciente y de las anatomías digitales de los dientes que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente.

El procedimiento, el sistema y la interfaz de usuario descritos proporcionan la ventaja sobre la técnica anterior de que los diseños de restauración digital se pueden crear sin que el operador necesite establecer la línea de margen de restauración manualmente o al menos con una interacción manual mínima.

- 20    Por lo tanto, se puede crear un diseño de restauración digital para la fabricación de una restauración o una carilla superior sin que el operador necesite establecer manualmente la línea de margen de restauración de la restauración o carilla superior.

- 25    Se puede fabricar una restauración dental física basada en el diseño de restauración digital y la restauración dental se puede disponer en los dientes del paciente. En el contexto de la presente invención, las frases "la restauración dental" y "la restauración dental fabricada" se refieren a una restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital creado.

- 30    El propósito de la restauración dental influye en su forma objetivo y, por lo tanto, en el diseño digital de la restauración. El propósito es levantar la mordida del paciente de manera que la forma objetivo se dirija hacia aumentar la longitud de los dientes para restaurar la tabla oclusal original del paciente. Preferiblemente, se mantiene una forma razonablemente atractiva de los dientes cuando la restauración superior se asienta en la boca.

En el contexto de la presente invención, la frase "levantar la mordida del paciente" se refiere a la situación en la que la tabla oclusal de los dientes se desplaza coronalmente, es decir, más lejos de las raíces de las encías/dientes, cuando la restauración dental se asienta en los dientes.

- 35    El propósito de la restauración dental también puede ser mejorar el aspecto estético del conjunto de dientes del paciente, de manera que la forma objetivo se dirija hacia una forma y disposición estéticamente atractiva de las restauraciones dentales. Una carilla es un ejemplo de una restauración dental de este tipo.

En la disposición relativa preferida, las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D están dispuestas entre sí según una disposición anatómica correcta.

- 40    Esto proporciona la ventaja de que diversas operaciones digitales, como la sustracción booleana de la representación digital en 3D de las anatomías digitales de los dientes al crear el diseño de restauración digital. Además, proporciona que las anatomías digitales de los dientes se pueden visualizar junto con la representación digital de los dientes correspondientes, es decir, los dientes en los que se asentarán la(s) restauración(ones) dentales fabricadas.

- 45    Obtener la línea de margen de restauración de las anatomías digitales de los dientes con las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D dispuesta según la disposición relativa preferida proporciona que la creación del diseño de la restauración dental se pueda hacer altamente automática. La línea de margen de restauración se puede determinar automáticamente sin la necesidad de que el operador utilice el tiempo para definir manualmente la línea de margen de restauración.

- 50    El diente de un paciente puede prepararse para una restauración de la corona al rectificar el material del diente haciendo espacio para la restauración de la corona. El diente preparado a menudo se conoce como muñón dental puesto que su tamaño es significativamente menor que el del diente no preparado.

Las restauraciones superiores se usan con frecuencia cuando la tabla oclusal de los dientes del paciente está seriamente desgastada. La restauración superior está conformada para asentarse en la parte superior de los dientes donde levanta la mordida del paciente. Por lo tanto, a menudo no hay necesidad de preparar el diente rectificando cantidades sustanciales del material del diente. Lo mismo es cierto para las llamadas carillas de preparación mínima que comprenden una capa relativamente delgada de material de restauración conformado para cubrir las superficies labiales y bucales de los dientes con el fin de mejorar la estética de los dientes.

Para las restauraciones superiores, puede ser ventajoso rectificar una pequeña porción de material del diente, p. ej. para eliminar el material de un diente muerto o para proporcionar una buena adherencia de la restauración superior en los dientes. Dichos dientes mínimamente preparados todavía se denominan dientes no preparados en esta aplicación.

En el caso de una carilla de preparación mínima, se puede quitar una capa delgada de material del diente de la superficie bucal/labial del diente para mejorar la adherencia de la carilla cuando se asienta en los dientes. Esto es sin embargo preferiblemente una capa muy delgada tal como una capa con un espesor de menos de aproximadamente 1 mm. Dichos dientes mínimamente preparados también se denominan dientes no preparados en esta aplicación.

Es decir, en el contexto de la presente invención, las frases "dientes no preparados" y "dientes en su estado no preparado" se refieren a dientes que se han sometido a una preparación nula o mínima.

Cuando la restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital está dispuesta en los dientes del paciente, la forma eficaz de los dientes está determinada, al menos parcialmente, por la forma de la restauración dental. En el contexto de la presente invención, la frase "forma eficaz" se usa para describir la superficie exterior del conjunto de dientes/restauración obtenida cuando la restauración dental se asienta en los dientes del paciente.

Para una restauración superior, la tabla oclusal del conjunto de dientes/restauración está definida, al menos parcialmente, por la forma exterior de la restauración dental, mientras que para una carilla de preparación mínima, la forma exterior de la restauración dental define, al menos parcialmente, la superficie labial/bucal del conjunto de dientes/restauración.

La forma eficaz de los dientes con la restauración dental montada se determina en parte por la forma de las anatomías digitales de los dientes y en parte por la disposición relativa preferida de las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D. Las anatomías digitales de los dientes expresan así una forma objetivo deseada de la parte de los dientes del paciente cubierta por la restauración dental fabricada.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende detectar una línea de colisión desde la intersección de la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes.

En algunas realizaciones, la línea de margen de restauración del diseño de restauración digital se obtiene a partir de la línea de colisión detectada.

La detección de la intersección o de una línea de colisión y la obtención de la línea de margen de restauración a partir de la intersección o línea de colisión detectada se realizan preferiblemente mediante algoritmos implementados por ordenador ejecutados, p. ej. en un microprocesador. Esto proporciona la ventaja de que el operador no necesita definir manualmente la línea de margen de restauración de la restauración dental o al menos una suposición inicial de la línea de margen de restauración de manera que el diseño del proceso puede ser acelerado. Esta ventaja se obtiene, p. ej. en los casos en que no hay una línea de preparación del diente a la que la línea de margen de restauración deba adaptarse con precisión. Este es, por ejemplo, el caso cuando la restauración dental fabricada se va a disponer en los dientes no preparados de un paciente. Por el contrario, cuando la restauración dental es una corona o un puente para un conjunto de dientes preparado, la línea de margen de restauración debe coincidir exactamente preferiblemente con la línea de preparación del diente para evitar, p. ej. una arboleda en la transición entre la restauración dental y el diente preparado que cause molestias y el riesgo de que queden atrapadas bacterias.

En algunos casos, el operador puede optar por realizar ligeras modificaciones en la línea de margen de restauración obtenida, pero esto a menudo no es necesario. Un ejemplo de dicha modificación es el suavizado de la línea de margen de restauración para proporcionar una línea de margen de restauración suave que sea más fácil de fabricar.

En algunas realizaciones, el margen de restauración se obtiene, al menos parcialmente, a partir de una curva definida en la representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente, donde la curva definida es más suave que la intersección, es decir, la curva definida tiene una variación menor que la intersección a lo largo del eje longitudinal de los dientes en la representación en 3D de los dientes no preparados.

El uso de una curva suave para definir la línea de margen de restauración proporciona la ventaja de que la restauración dental se puede fabricar más fácilmente a partir del diseño de restauración digital. Será más difícil realizar una restauración dental con una línea de margen muy irregular usando un equipo de CAM que una restauración con una línea de margen suave.

La curva puede ser definida por un operador usando una herramienta en punta para dibujar la curva en una visualización de la representación digital en 3D de los dientes no preparados en una interfaz de usuario. Si la intersección se ilustra en la interfaz de usuario, el operador puede usar la intersección como una guía y dibujar la curva, p. ej. como un promedio de la intersección,

- 5 La curva suave también se puede definir aplicando un algoritmo de suavizado implementado por ordenador a la intersección.

Esto proporciona la ventaja de que se requiere aún menos interacción del usuario para establecer la línea de margen de restauración.

- 10 El suavizado también se puede aplicar a la línea de margen de restauración obtenida haciendo que la línea de margen de restauración sea suave en las anatomías digitales de la superficie de los dientes.

Esto tiene la misma ventaja que obtener la línea de margen de restauración a partir de una curva suave, es decir, que la restauración dental puede fabricarse más fácilmente a partir del diseño de restauración digital.

- 15 En algunas realizaciones, la porción de las anatomías digitales de los dientes en base a la cual la superficie exterior del diseño de restauración digital está formada por la curva definida, tal como proyectando la curva sobre las anatomías digitales de los dientes.

Cuando la curva suave se define en la representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente, algunas partes de la curva pueden desplazarse de las anatomías digitales de los dientes. En dichos casos, la línea de margen de restauración puede obtenerse mediante la proyección de la curva sobre las anatomías digitales de los dientes.

- 20 La línea de margen de restauración obtenida divide las anatomías digitales de los dientes en una parte coronal y una parte cervical/apical, donde la parte coronal se usa para formar el diseño de restauración digital.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende eliminar digitalmente porciones de las anatomías digitales cervicales/apicales de los dientes a la línea de margen de restauración y usar así las anatomías digitales truncadas de los dientes para crear el diseño dental digital.

- 25 En el contexto de la presente invención, la frase "elemento 1 que es coronal al elemento 2" se refiere a la situación en la que el elemento 1 está más cerca de la superficie oclusal/borde incisal de un diente que el elemento 2. En el contexto de la presente invención, la frase "elemento 1 que es cervical/apical al elemento 2" se refiere a la situación en la que el elemento 1 está más cerca de la parte de raíz del diente, es decir, donde el elemento 2 está más cerca de la superficie oclusal/borde incisal de un diente que el elemento 1.

- 30 El uso de la parte de las anatomías digitales de los dientes coronal a la línea de margen de restauración al crear el diseño de restauración digital significa que es la parte de las anatomías digitales de los dientes que se extiende desde la línea de margen de restauración y sobre la superficie oclusal/borde incisal que se utilizan en la creación del diseño de restauración digital. La línea de margen de restauración separa así las partes coronal y cervical de las primeras anatomías digitales de los dientes.

- 35 La línea de margen de restauración también puede separar las porciones coronal y cervical de la parte de los dientes de la representación digital en 3D y, en algunas realizaciones, la porción coronal de la representación digital en 3D está limitada por la línea de margen de restauración. En algunas realizaciones, el procedimiento comprende eliminar digitalmente porciones de la representación cervical en 3D digital a la línea de margen de restauración y usar así la representación digital en 3D truncada al crear el diseño dental digital.

- 40 En algunas realizaciones, la creación del diseño de restauración digital comprende formar una superficie interior y una superficie exterior del diseño de restauración digital, donde las superficies interior y exterior se basan en porciones coroneles de la representación digital en 3D y de las anatomías digitales de los dientes, respectivamente.

En algunas realizaciones, la porción coronal de las anatomías digitales de los dientes está limitada por la línea de margen de restauración.

- 45 En algunas realizaciones, una superficie exterior del diseño de restauración digital se forma, al menos parcialmente, en base a porciones de las anatomías digitales de los dientes coroneles a la línea de margen de restauración.

La superficie exterior del diseño de restauración digital da forma a la superficie exterior de la restauración dental fabricada y, por lo tanto, determina la forma eficaz del conjunto de dientes/restauración obtenido cuando la restauración dental fabricada se asienta en los dientes.

- 50 En algunas realizaciones, se crea una superficie interior del diseño de restauración digital, al menos parcialmente, a partir de porciones de la representación digital en 3D de los dientes no preparados coronal a la línea de margen de restauración.

La superficie interior del diseño de restauración digital está configurada para mirar los dientes existentes cuando la restauración dental fabricada se asienta en los dientes del paciente.

Las superficies interior y exterior se pueden crear a partir de las porciones coronales simplemente copiándolas o, copiándolas y modificándolas según la experiencia y preferencias del operador, p. ej. desplazando la superficie copiada.

En algunas realizaciones, la superficie interior del diseño dental digital se crea, al menos parcialmente, copiando la porción de la representación digital en 3D coronal a la línea de margen de restauración. En algunos casos, se aplica un desplazamiento a la superficie copiada para, p. ej. hacer espacio para el cemento utilizado para unir la restauración dental al diente/los dientes,

En algunas realizaciones, la superficie exterior del diseño dental digital se crea, al menos parcialmente, copiando la porción de las anatomías digitales de los dientes coronal a la línea de margen de restauración

En algunas realizaciones, la creación del diseño de restauración digital comprende una sustracción booleana de la representación digital en 3D de las anatomías digitales de los dientes.

La sustracción booleana se puede realizar después de que la línea de margen de restauración se haya determinado y, opcionalmente, se haya suavizado.

La intersección de la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes se pueden definir automáticamente en la sustracción booleana. La creación del diseño de restauración digital mediante dicha sustracción booleana tiene la ventaja de que la línea de margen de restauración (obtenida a partir de la intersección) se puede determinar automáticamente.

La forma y posición de la línea de margen de restauración depende de las anatomías digitales de los dientes, la representación digital en 3D y la disposición relativa preferida.

Obtener la línea de margen de restauración puede comprender una etapa de suavizar la intersección y/o suavizar la línea de margen de restauración, p. ej. en el caso de que la sustracción booleana dé como resultado una línea de margen de restauración irregular que pueda dificultar la fabricación de la restauración dental.

En algunas realizaciones, al menos parte de la superficie interior del diseño de restauración digital se crea, al menos parcialmente, mediante una sustracción booleana de la representación digital en 3D de las anatomías digitales de los dientes.

Una sustracción booleana de una primera estructura digital sólida a partir de una segunda estructura digital sólida proporciona que se genere una tercera estructura digital sólida donde la tercera estructura digital sólida está conformada según la segunda estructura digital sólida donde las partes compartidas con la primera estructura digital sólida se eliminan.

Cuando la representación digital en 3D se resta de las anatomías digitales de los dientes, ambas se expresan preferiblemente como estructuras digitales sólidas. Es decir, si la representación digital en 3D obtenida aún no tiene la forma de una estructura digital sólida, el procedimiento puede comprender adaptar la representación digital en 3D para que se convierta en una estructura digital sólida que exprese la forma de los dientes del paciente. Cuando la representación digital en 3D inicialmente es una superficie abierta, se puede generar una superficie de cierre, p. ej. utilizando un procedimiento de trazado, donde la adición de la superficie de cierre a la superficie abierta de la representación digital en 3D proporciona que se convierta en una estructura digital sólida. Lo mismo es cierto para las anatomías digitales de los dientes, donde si las anatomías digitales de los dientes aún no tienen la forma de una estructura digital sólida, el procedimiento puede comprender adaptarlas para convertirlas en estructuras digitales sólidas.

La sustracción booleana de las estructuras digitales sólidas puede corresponder a la determinación de su complemento relativo, de manera que el diseño de restauración digital resultante de la sustracción booleana es la parte de las anatomías digitales de los dientes que no se comparte con la representación digital en 3D. De este modo, la superficie interior creada del diseño de restauración digital está conformada según la forma de la parte correspondiente de la representación digital en 3D, mientras que la superficie exterior del diseño de restauración digital está conformada según la forma de las anatomías digitales de los dientes. Por lo tanto, la superficie interior del diseño de restauración digital se crea, al menos en parte, determinando el complemento relativo de la representación digital en 3D en las anatomías digitales de los dientes.

Con el planteamiento de sustracción booleana, la línea de margen de restauración se define automáticamente al mismo tiempo que se forman las superficies interior y exterior del diseño de restauración digital.

Se puede proporcionar un desplazamiento a la superficie interior creada del diseño de restauración digital para asegurar espacio para el cemento entre los dientes del paciente y la restauración dental fabricada.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende establecer o determinar una dirección de inserción de la restauración dental.

5 Esto proporciona la ventaja de que el diseño de restauración digital se puede optimizar para una dirección de inserción específica y/o que se puede asegurar que la restauración dental fabricada se pueda insertar realmente en los dientes del paciente.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende ajustar las anatomías digitales de los dientes, tal como ajustar las anatomías digitales de los dientes para proporcionar un mejor ajuste de la restauración dental en los dientes del paciente.

10 Esto a menudo se requiere para proporcionar que el diseño de restauración digital no solo tenga la forma deseada sino también el tamaño adecuado para el paciente. También las colisiones con los dientes antagonistas se pueden optimizar mediante el ajuste de las anatomías digitales de los dientes.

15 En algunas realizaciones, la colocación de las anatomías digitales de los dientes en la representación digital en 3D de los dientes no preparados, el ajuste de la dirección de inserción y el ajuste de las anatomías digitales de los dientes es un proceso iterativo hacia la colocación, el tamaño y la forma óptimos de las anatomías digitales de los dientes en relación con la representación digital en 3D de los dientes no preparados.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende examinar el diseño de restauración digital con respecto a uno o más criterios de espesor mínimo para identificar cualquier región problemática.

20 Una región problemática puede ser una región del diseño de restauración digital donde el espesor es inferior al especificado por los criterios de espesor mínimo. En la restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital, la región correspondiente será tan delgada que la restauración dental será frágil y/o difícil de fabricar.

Examinar el diseño de restauración digital con respecto a uno o más criterios de espesor mínimo proporciona la ventaja de que se puede advertir al operador que el diseño de restauración digital actual proporcionará una restauración dental frágil.

25 En algunas realizaciones, el procedimiento comprende ajustar el diseño de restauración digital en las regiones problemáticas para proporcionar que se cumplan los criterios de espesor mínimo en estas regiones.

Esto tiene la ventaja de que la restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital será robusta y no tendrá regiones frágiles y/o que la restauración puede fabricarse más fácilmente utilizando equipos de fabricación asistida por ordenador (CAM).

30 En algunas realizaciones, el ajuste comprende:

- aumentar el espesor del diseño de restauración digital en la región problemática de manera que se cumplan los criterios de espesor mínimo, y/o
- eliminar digitalmente la región problemática del diseño de restauración digital.

35 Tanto el aumento del espesor del diseño de restauración digital como la eliminación digital de la región problemática proporcionan la ventaja de que la restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital puede estar libre de regiones frágiles donde de lo contrario podría romperse y/o que la restauración puede ser fabricada más fácilmente con equipos de fabricación asistida por ordenador (CAM).

40 En algunas realizaciones, el procedimiento comprende definir una superficie de desplazamiento desplazando al menos una parte de la representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente a una distancia según los criterios de espesor mínimo. El desplazamiento se dirige hacia afuera en relación con las superficies de la representación digital en 3D. Por ejemplo, si un criterio de espesor mínimo impone un espesor mínimo de 0,2 mm, la superficie de desplazamiento puede formarse desplazando la representación digital en 3D en 0,2 mm.

45 La superficie de desplazamiento se puede usar al examinar el diseño de restauración digital para identificar regiones problemáticas donde no se cumplen los criterios de espesor mínimo. Esto puede realizarse identificando las porciones de las anatomías digitales de los dientes o las porciones del diseño de restauración digital creado que se encuentran entre la representación digital en 3D y la superficie de desplazamiento. Dichas porciones no cumplirán los criterios de espesor mínimo.

50 La superficie de desplazamiento también se puede usar en el ajuste del diseño de restauración digital para proporcionar que se cumplan los criterios de espesor mínimo en todas las regiones. Las regiones problemáticas del diseño de restauración digital pueden, p. ej. encajar a presión en la superficie de desplazamiento, es decir, estar conformadas para seguir la superficie de desplazamiento, por lo que se proporciona que el espesor del diseño de restauración digital se aumenta a un nivel en el que también se cumplen los criterios de espesor mínimo en esas regiones. Es decir, en algunas realizaciones, aumentar el espesor del diseño de restauración digital en la región

problemática comprende formar una superficie de desplazamiento a partir de la representación digital en 3D, donde el desplazamiento se determina a partir de los criterios de espesor mínimo.

5 La superficie de desplazamiento se puede usar inicialmente para evaluar si hay regiones problemáticas. Si se encuentran regiones problemáticas, la superficie de desplazamiento puede usarse para el ajuste del diseño de restauración digital, por ejemplo, modificando el diseño de restauración digital para que siga la superficie de desplazamiento, al menos en parte, de las regiones problemáticas.

En algunas realizaciones, el ajuste comprende dar forma al diseño de restauración digital según la superficie de desplazamiento en al menos parte de las regiones problemáticas.

10 En algunas realizaciones, el examen comprende identificar las regiones problemáticas como las regiones del diseño de restauración digital donde el diseño de restauración digital se encuentra entre la superficie de desplazamiento y la representación digital en 3D.

En algunas realizaciones, el diseño de restauración digital es para la fabricación de la restauración dental mediante fresado y el procedimiento comprende ajustar el diseño de restauración digital para proporcionar una compensación de la fresa.

15 En el contexto de la presente invención, la frase "proporcionar compensación de la fresa" se refiere al caso en el que el diseño de restauración digital se ajusta de manera que tenga en cuenta la forma de la fresa que se utilizará en la fabricación de la restauración dental.

20 Cuando la punta de la fresa tiene una curvatura, no puede formar, p. ej. una flexión de 90 grados. Al intentar formar flexiones cerradas, quedará algo de material. Para una restauración dental con una superficie interior conformada para que coincida con la superficie oclusal de los dientes (no preparados), este material restante puede colisionar con el diente e impedir que la restauración dental se asiente en el diente.

En algunas realizaciones, la compensación de la fresa se proporciona mediante la introducción de una o más indentaciones en el diseño de restauración digital.

25 Esto es ventajoso puesto que la indentación se puede disponer de manera que cualquier material restante después del fresado no impide que la restauración dental se asiente en el diente.

En algunas realizaciones, el tamaño de la sección transversal de la indentación se elige para que sea mayor o igual al diámetro de la fresa que se utilizará en la fabricación de la restauración dental. Para una indentación con una sección transversal circular, el tamaño de la sección transversal es el diámetro de la indentación.

30 En algunas realizaciones, el diseño de restauración digital se ajusta digitalmente al menos en la superficie interior del diseño de restauración digital. Es decir, la compensación de la fresa se proporciona en la superficie interior del diseño de restauración digital.

Esto proporciona la ventaja de que la restauración dental fabricada puede asentarse en los dientes no preparados.

35 La compensación de la fresa puede en algunos casos hacer que la restauración dental fabricada sea frágil en la indentación. Por consiguiente, en algunas realizaciones, la posición de la indentación se determina en base al espesor del diseño de restauración digital, es decir, la distancia desde la superficie interior a la superficie exterior del diseño de restauración digital. Esto puede realizarse determinando el espesor esperado del diseño de restauración digital y/o de la restauración dental fabricada. Este espesor esperado del diseño de restauración digital y la restauración fabricada pueden ser diferentes debido a una punta curva de la fresa. Si el espesor esperado con la indentación formada en una posición está por debajo de un límite inferior, el espesor esperado puede determinarse para una o más otras posiciones de la indentación y la posición de la indentación puede decidirse a partir de ella. La distribución esperada de espesor para las partes pertinentes del diseño de restauración digital también se puede calcular y visualizar utilizando, p. ej. un mapa de colores que indique dónde se puede colocar la indentación para compensar el tamaño finito de la fresa sin hacer que la restauración dental sea frágil.

45 Dicha compensación de la fresa se puede realizar independientemente de cómo se cree el diseño de restauración digital, es decir, también sin que la línea de margen de restauración se determine a partir de una intersección de las anatomías digitales de los dientes y una representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente.

En algunas realizaciones, el procedimiento comprende ajustar la curvatura del diseño de restauración digital en la línea de margen de restauración para que coincida con la curvatura de la representación digital en 3D de los dientes del paciente.

50 Hacer coincidir las curvaturas del diseño de restauración digital y la representación digital en 3D en la línea de margen de restauración puede mejorar el aspecto del conjunto de dientes/restauración. Un gran desajuste en la curvatura puede hacer que la interfaz entre la restauración dental y los dientes sea claramente visible. El ajuste de la curvatura proporciona una transición más suave y menos visible de los dientes a la restauración dental en la línea de margen de restauración.

El diseño de restauración digital es para la fabricación de un conjunto de dientes superiores para levantar la tabla oclusal de los dientes del paciente.

5 La forma objetivo corresponde a un levantamiento de la superficie oclusal/borde incisal de los dientes. El tamaño eficaz de los dientes aumenta a lo largo del eje longitudinal de los dientes cuando la restauración dental fabricada se asienta en los dientes. La forma objetivo deseada de los dientes del paciente expresada por las anatomías digitales obtenidas de los dientes es de manera que el tamaño eficaz de al menos un diente aumente cuando la restauración fabricada se asienta en los dientes.

10 Los dientes superiores pueden ser una restauración temporal usada por el paciente durante un período de tiempo en el cual los músculos del paciente están entrenados para la mordida levantada. Esto puede ser aplicable a pacientes que tienen problemas con la articulación temporomandibular (ATM) y donde la superficie oclusal de, p. ej. los dientes de la mandíbula mandibular deben estar levantados para tratar el problema. Después de un período de tiempo, p. ej. algunos meses, el dentista evalúa si la mordida levantada es adecuada y resuelve los problemas de ATM. Si la restauración temporal ha demostrado tener la forma adecuada para proporcionar la elevación necesaria de la mordida del paciente, se puede fabricar una restauración permanente en base al mismo diseño de restauración digital utilizado para la restauración temporal.

En algunas realizaciones, obtener las anatomías digitales de los dientes comprende seleccionar un conjunto de dientes de la biblioteca.

Esto tiene la ventaja de que las anatomías digitales de los dientes se pueden obtener más rápido que cuando el propio operador diseña las superficies de las anatomías digitales de los dientes.

20 En algunas realizaciones, la obtención de las anatomías digitales de los dientes comprende copiar una superficie oclusal de la representación digital en 3D y formar las anatomías digitales de los dientes en base a la superficie oclusal copiada.

25 Esto puede realizarse, p. ej. desplazando una o más superficies oclusales y/o incisales de la representación digital en 3D y formando digitalmente una superficie de conexión configurada para conectar las superficies de desplazamiento y la parte restante de la representación digital en 3D.

Copiar la superficie oclusal de los dientes existentes a las anatomías digitales de los dientes puede ser ventajoso cuando los dientes existentes tienen una forma aceptable pero los dientes son cortos, de manera que la mordida del paciente debe levantarse.

30 Se describe un procedimiento para crear un diseño de restauración digital para la fabricación de una restauración dental para uno o más de los dientes de un paciente, donde se requiere una interacción manual mínima al establecer la línea de margen de restauración, donde el procedimiento comprende:

- obtener una representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente;
- obtener un conjunto de una o más anatomías digitales de los dientes;
- disponer las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D según una disposición relativa preferida; y
- crear una superficie interior y una superficie exterior del diseño de restauración digital, donde las superficies interior y exterior se basan en porciones coroneales de la representación digital en 3D y de las anatomías digitales de los dientes, respectivamente.

40 En algunas realizaciones, la interfaz de usuario comprende un botón pulsador virtual configurado para crear el diseño de restauración digital cuando se activa.

El diseño de restauración digital se puede crear utilizando un procedimiento según cualquiera de las realizaciones. Por ejemplo, el diseño de restauración digital se puede crear en base a una sustracción booleana que ofrece la oportunidad de crear el diseño de restauración digital con una mínima interacción manual al establecer la línea de margen de restauración del diseño de restauración digital.

45 En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para ser visualizada a un operador usando una unidad de visualización y para permitir que un operador introduzca datos y haga elecciones presentadas en la interfaz de usuario mediante un teclado de ordenador o un ratón de ordenador.

En algunas realizaciones, la interfaz de usuario comprende una sección de entrada de datos para introducir datos relacionados con, p. ej. si el diseño de restauración digital se va a crear usando sustracción booleana.

50 En algunas realizaciones, la interfaz de usuario está configurada para visualizar la intersección entre la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes.

En algunos casos, la restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital es una restauración dental temporal para los dientes no preparados del paciente, tal como una restauración temporal superior, que el paciente lleva durante un período de tiempo, p. ej. para levantar su mordida y entrenar sus músculos hacia la mordida levantada. Después de este período, el dentista puede elegir preparar los dientes del paciente para una restauración permanente, p. ej. rectificando material de los dientes.

A continuación, el diseño de restauración digital para las restauraciones temporales y permanentes se denomina primer y segundo diseño de restauración digital, respectivamente.

El primer diseño de restauración digital creado para la restauración dental temporal también se puede usar más adelante en los procesos para crear un segundo diseño de restauración digital para la restauración dental permanente. Para una restauración superior, la segunda restauración dental está conformada preferiblemente de manera que pueda asentarse en el diente preparado y su tabla oclusal está ubicada según la tabla oclusal de la restauración temporal superior.

Se describe un procedimiento, que no forma parte de la invención reivindicada, para crear un primer diseño de restauración digital para los dientes no preparados de un paciente y un segundo diseño de restauración digital para los dientes después de que estos se hayan preparado, donde el procedimiento comprende:

- obtener una primera representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente;
- obtener un conjunto de una o más anatomías digitales de los dientes;
- disponer las anatomías digitales de los dientes y la primera representación digital en 3D según una disposición relativa preferida;
- crear un diseño de restauración digital que comprende una línea de margen de restauración, donde la línea de margen de restauración se obtiene, al menos parcialmente, a partir de una intersección de la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes;
- obtener una segunda representación digital en 3D de los dientes preparados del paciente;
- identificar una línea de preparación del diente en la segunda representación digital en 3D; y
- crear un segundo diseño de restauración digital basado en el primer diseño de restauración digital y/o en las anatomías digitales de los dientes, donde la creación comprende generar una superficie de conexión configurada para conectar la línea de preparación del diente y el primer diseño de restauración digital y/o las anatomías digitales de los dientes.

La segunda representación digital en 3D está relacionada con la forma de los dientes del paciente después de que el material del diente se ha retirado para preparar los dientes para la restauración dental permanente. Cuando la restauración dental es un conjunto de dientes superiores, la restauración dental temporal se usa para entrenar los músculos de la mandíbula del paciente y probar si la tabla oclusal de la restauración temporal es adecuada para la oclusión del paciente. Al crear el segundo diseño de restauración digital para la restauración dental permanente, preferiblemente tiene en cuenta el primer diseño de restauración digital, ya sea copiándolo directamente o tomándolo como un punto de partida que se ajusta en base a la experiencia del paciente utilizando los dientes temporales superiores.

La superficie de conexión y parte del primer diseño de restauración digital y/o en las anatomías digitales de los dientes forman al menos parte de la superficie exterior del segundo diseño de restauración digital. La superficie exterior del segundo diseño de restauración digital termina así en la línea de preparación del diente que se convierte en la línea de margen de restauración de la restauración dental permanente.

En algunas realizaciones, la superficie interior del segundo diseño de restauración digital se crea, al menos parcialmente, a partir de la parte de la segunda representación digital en 3D correspondiente a los dientes preparados que la restauración permanente aplicará en la boca del paciente. Esto puede implicar copiar la parte pertinente de la segunda representación digital en 3D y, opcionalmente, aplicar un desplazamiento para hacer espacio para el cemento utilizado para unir la restauración dental permanente a los dientes preparados. Esto proporciona que la segunda restauración dental fabricada a partir del segundo diseño de restauración digital se pueda disponer en los dientes preparados.

El primer diseño de restauración digital se puede crear en base a la primera representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes utilizando cualquiera de las realizaciones descritas para hacerlo.

Se describe un procedimiento, que no forma parte de la invención reivindicada, para crear un segundo diseño de restauración digital para la fabricación de una restauración dental para uno o más de los dientes preparados de un paciente en base a un primer diseño de restauración digital creado para los dientes no preparados del paciente, donde el procedimiento comprende:

- obtener un primer diseño de restauración digital;
- obtener una segunda representación digital en 3D de los dientes preparados del paciente;
- identificar una línea de preparación del diente en la segunda representación digital en 3D; y
- crear el segundo diseño de restauración digital, donde la creación comprende generar una superficie de conexión configurada para conectar la línea de preparación del diente y el primer diseño de restauración digital.

5 En algunas realizaciones, el primer diseño de restauración digital es para la fabricación de una restauración dental configurada para aumentar el tamaño de al menos uno de los dientes no preparados del paciente, tal como para la fabricación de un conjunto de dientes superiores.

10 En algunas realizaciones, la superficie de conexión entra en contacto con el primer diseño de restauración digital en una línea de contacto que está dispuesta en forma coronal a la línea de margen de restauración del primer diseño de restauración digital. La parte del primer diseño de restauración digital coronal a la línea de contacto forma preferiblemente parte de la superficie exterior del segundo diseño de restauración digital, mientras que la porción de la superficie de conexión entre la línea de contacto y la línea de preparación del diente forma otra porción de la superficie exterior.

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

Los objetivos, características y ventajas anteriores y/o adicionales de la presente invención, se van a dilucidar a continuación a través de la siguiente descripción detallada ilustrativa y no limitante de las realizaciones de la presente invención, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig. 1 muestra flujos de trabajo ejemplares para el procedimiento según la invención.

20 La Fig. 2 muestra un esquema de los dientes en una de las mandíbulas del paciente.

La Fig. 3 muestra un esquema de una sección transversal de los dientes del paciente.

La Fig. 4 muestra un esquema de una restauración superior fabricada.

La Fig. 5 ilustra la detección de la intersección para crear el diseño de restauración digital.

La Fig. 6 ilustra la creación de un diseño de restauración digital mediante una sustracción booleana.

25 La Fig. 7 ilustra el ajuste del diseño de restauración digital para cumplir con un criterio de espesor mínimo.

Las Fig. 8 y 9 ilustran el ajuste del diseño de restauración digital para proporcionar una compensación de la fresa.

La Fig. 10 ilustra la coincidencia de curvatura del diseño de restauración digital en su línea de margen de restauración.

30 La Fig. 11 muestra las etapas de un flujo de trabajo para crear un segundo diseño de restauración digital para una restauración superior permanente, que no es parte de la invención reivindicada.

La Fig. 12 muestra esquemas de un segundo diseño de restauración digital para una restauración dental permanente, que no es parte de la invención reivindicada.

La Fig. 13 muestra un esquema de un sistema.

La Fig. 14 muestra un esquema de una interfaz de usuario.

35 La Fig. 15 muestra parte de una captura de pantalla de una interfaz de usuario.

La Fig. 16 muestra una curva suave formada en base a la intersección.

### **Descripción detallada**

En la siguiente descripción, se hace referencia a las figuras adjuntas, que muestran a modo de ilustración cómo puede ponerse en práctica la invención.

40 La Fig. 1 muestra ejemplos de flujos de trabajo según realizaciones del procedimiento según la invención.

La Fig. 1A ilustra un flujo de trabajo 100 según una realización de la invención.

En la etapa 101 se obtiene una representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente. La representación digital en 3D se puede obtener, p. ej. utilizando un escáner 3D intraoral, tal como el escáner intraoral TRIOS proporcionado por 3shape A/S, donde los dientes se escanean directamente en la boca del paciente. La

representación digital en 3D también se puede obtener escaneando una impresión de los dientes o escaneando un modelo físico de los dientes obtenidos usando dicha impresión.

5 La representación digital en 3D puede ser del conjunto completo de dientes del paciente o una parte del conjunto de dientes, tal como una parte de los dientes en la mandíbula superior y/o inferior. La representación digital en 3D proporciona información relacionada al menos con la geometría de los dientes.

10 En la etapa 102 se obtiene un conjunto de una o más anatomías digitales de los dientes. Las anatomías digitales de los dientes son un conjunto de dientes de biblioteca seleccionados de una biblioteca de plantillas de dientes digitales y expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente cuando la restauración dental se asienta en ellos. La forma objetivo es de manera que el tamaño de al menos un diente aumente cuando la restauración dental fabricada está dispuesta en los dientes.

Cuando el paciente ha usado los dientes en exceso de manera que la longitud de los dientes se reduce significativamente, el dentista puede optar por diseñar y fabricar una restauración superior para el paciente. La restauración superior está diseñada para restaurar la longitud original de los dientes y, por lo tanto, la tabla oclusal original de los dientes. Esto se denomina levantar la mordida del paciente.

15 Si la tabla oclusal de los dientes del paciente tiene una forma adecuada (p. ej. tiene una oclusión anatómicamente aceptable con los dientes antagonistas) pero los dientes son demasiado cortos, el dentista puede copiar la tabla oclusal de los dientes existentes en las anatomías digitales de los dientes. Esto se puede proporcionar de diversas maneras, tal como desplazando las una o más superficies oclusales y/o incisales de la representación digital en 3D y formando digitalmente una superficie de conexión configurada para conectar las superficies de desplazamiento y la parte restante de la representación digital en 3D.

20 Cuando el paciente no está satisfecho con el aspecto de sus dientes, es posible que desee tener una carilla diseñada y fabricada para sus dientes. El paciente aún puede tener todos sus dientes en su forma original y sin preparación, pero desea una sonrisa más atractiva. El diseño de restauración digital se puede crear de manera que la carilla fabricada a partir de la misma se pueda asentar en los dientes no preparados que cubren partes de las superficies bucales/labiales de los dientes donde proporciona una estética mejorada de la sonrisa.

Los dientes antagonistas pueden tenerse en cuenta al diseñar anatomías digitales de los dientes. Esto puede incluir el análisis de la oclusión de las anatomías digitales de los dientes con una representación digital en 3D de los dientes antagonistas utilizando, p. ej. un articulador virtual para imitar el movimiento relativo de las mandíbulas del paciente en una mordida.

30 En la etapa 103, las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D están dispuestas entre sí según una disposición relativa preferida.

35 La representación digital en 3D se puede disponer/expressar en un sistema de coordenadas, tal como el sistema de coordenadas de un articulador virtual utilizado para analizar digitalmente el movimiento relativo de las mandíbulas y los dientes del paciente durante una mordida. Organizar las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D entre sí puede comprender expresarlas en el mismo sistema de coordenadas.

40 Una forma de disponer las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D entre sí es determinar una matriz de transformación para representar los dos en el mismo sistema de coordenadas. Esto puede ser, p. ej. una matriz de transformación para representar las anatomías digitales de los dientes en el sistema de coordenadas de la representación digital en 3D, o viceversa. También pueden ser matrices de transformación para representar las dos en otro sistema de coordenadas, como el sistema de coordenadas de un articulador virtual utilizado para analizar digitalmente el movimiento relativo de los dientes mandibulares y maxilares del paciente durante el movimiento de la mandíbula.

Cuando las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D se expresan en el mismo sistema de coordenadas, también se pueden visualizar a un operador utilizando, p. ej. una pantalla de ordenador.

45 Las anatomías digitales de los dientes están dispuestas en relación con la representación digital en 3D según la forma en que la restauración dental fabricada va a colocarse en relación con los dientes no preparados del paciente.

Para un conjunto de dientes superiores, la disposición relativa preferida de las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D es de manera que la tabla oclusal de las anatomías digitales de los dientes está ubicada según la ubicación deseada de la tabla oclusal de la restauración dental en relación con los dientes del paciente.

50 También se establece o determina una dirección de inserción para la inserción de la restauración dental en los dientes no preparados del paciente. Con el conocimiento de la dirección de inserción, se puede verificar que el diseño de restauración digital es de manera que la restauración dental fabricada en realidad se puede colocar en los dientes no preparados del paciente.

- En la etapa 104 se crea el diseño de restauración digital. El diseño de restauración digital comprende una línea de margen de restauración y el procedimiento comprende obtener la línea de margen de restauración a partir de una intersección de la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes. El diseño de restauración digital se crea con una interacción mínima del usuario para establecer la línea de margen de restauración de la restauración dental, es decir, un dentista o técnico dental que realiza el procedimiento necesita pasar menos o ningún tiempo en establecer la línea de margen de restauración.
- A continuación, las anatomías digitales de los dientes se han cargado de una biblioteca de plantillas de anatomías, a menudo se requiere un ajuste de las anatomías digitales de los dientes, p. ej. para proporcionar un mejor ajuste de la restauración dental en los dientes del paciente.
- La dirección de inserción, la disposición y el ajuste de las anatomías digitales de los dientes se pueden realizar en un proceso iterativo para obtener el resultado más satisfactorio.
- La Fig. 1B ilustra las etapas de un flujo de trabajo 105 para crear el diseño de restauración digital en base a la intersección.
- En la etapa 106, la intersección entre la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes se determina usando algoritmos de intersección superficie-superficie implementados por ordenador que, p. ej. devuelven una spline en 3D que expresa la forma y posición de la intersección en relación con la representación digital en 3D y/o en relación con las anatomías digitales de los dientes.
- En la etapa 107, una línea de margen de restauración del diseño de restauración digital se obtiene a partir de la intersección.
- Esto se puede hacer simplemente copiando la intersección, de manera que la línea de margen de restauración se obtiene automáticamente sin la necesidad de que un operador la configure manualmente. En algunos casos, el operador puede optar por realizar ligeras modificaciones en la intersección antes de obtener la línea de margen de restauración.
- Si la intersección es muy irregular, el operador puede decidir definir una curva suave en la representación digital en 3D de los dientes no preparados siguiendo la forma global de la intersección, pero evitando los picos y valles en la intersección irregular. La línea de margen de restauración se obtiene posteriormente de la curva suave y el diseño de restauración digital creado tendrá una línea de margen que se puede fabricar más fácilmente utilizando equipos de CAM.
- En la representación digital en 3D de los dientes no preparados, la línea de margen de restauración separa una porción coronal y una porción cervical de la representación digital en 3D, de manera que la porción coronal de la representación digital en 3D está limitada por la línea de margen de restauración. En la etapa 108, se forma una superficie interior del diseño de restauración digital en base a la porción coronal de la representación digital en 3D.
- En las anatomías digitales de los dientes, la línea de margen de restauración separa una porción coronal y una porción cervical de las anatomías digitales de los dientes, de manera que la porción coronal de las anatomías digitales de los dientes está limitada por la línea de margen de restauración. En la etapa 109, se forma una superficie exterior del diseño de restauración digital en base a la porción coronal de las anatomías digitales de los dientes.
- Con la superficie exterior e interior del diseño de restauración digital formada, se puede formar una estructura digital sólida para el diseño de restauración digital cerrando cualquier espacio entre la superficie interior y exterior en la línea de margen de restauración, p. ej. formando una superficie de conexión usando un algoritmo de trazado implementado por ordenador.
- La Fig. 1C ilustra las etapas de un flujo de trabajo 111 para crear el diseño de restauración digital mediante una sustracción booleana.
- En la etapa 112, la representación digital en 3D se adapta para convertirse en una estructura digital sólida. La representación digital en 3D puede ser, p. ej. una malla poligonal proporcionada por un escáner 3D y proporciona información relacionada con la geometría/forma de los dientes del paciente y posiblemente la encía circundante.
- A partir de esta malla poligonal se puede formar una estructura sólida digital para la representación digital en 3D. La estructura digital sólida formada se puede utilizar en geometría sólida constructiva (CSG) para crear el diseño de restauración digital utilizando, p. ej. un algoritmo de sustracción booleana implementado por ordenador.
- En algunos casos, la representación digital en 3D obtenida a partir del escáner 3D ya es una estructura digital sólida, de manera que no se requiere la etapa 112.
- En la etapa 113, las anatomías digitales de los dientes se adaptan para convertirse en una o más estructuras digitales sólidas. A menudo, las anatomías digitales de los dientes seleccionadas entre una biblioteca de dientes ya tienen la forma de una o más estructuras digitales sólidas, de manera que no se requiere la etapa 113.

En la etapa 103, las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D están dispuestas según una disposición relativa preferida como se describe anteriormente en relación con la Fig. 1A.

5 En la etapa 114 se ajusta la inserción de la restauración dental y en la etapa 115 se ajustan las anatomías digitales de los dientes. Estos ajustes se realizan para obtener el mejor diseño de la restauración dental con respecto a la forma y función de la restauración dental y para asegurar que la restauración fabricada se pueda insertar en los dientes.

En la etapa 106, se detecta la intersección de las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D como también se describe anteriormente en relación con la Fig. 1A.

10 El operador puede optar por ajustar de forma iterativa la disposición relativa, la dirección de inserción y las anatomías digitales de los dientes hasta obtener un resultado satisfactorio. La detección de la intersección puede ser parte de dicho bucle iterativo o la intersección se puede detectar después del bucle.

En la etapa 116, el diseño de restauración digital se crea mediante una sustracción booleana de la representación digital en 3D de las anatomías digitales de los dientes.

15 La superficie interior del diseño de restauración digital, es decir, la superficie que para la restauración dental fabricada mirará los dientes del paciente, está conformada según la superficie de esos dientes. Se puede introducir un espacio para dejar un poco de espacio para un agente adhesivo, tal como el cemento, que se utiliza para asegurar la restauración dental en los dientes.

20 La sustracción booleana corresponde a determinar el complemento relativo de la representación digital en 3D en las anatomías digitales de los dientes. El diseño de restauración digital resultante es, por lo tanto, la parte de las anatomías digitales de los dientes que no se comparte con la representación digital en 3D.

La superficie exterior del diseño de restauración digital se define por la superficie exterior de las anatomías digitales de los dientes.

La Fig. 1D ilustra las etapas de un flujo de trabajo 117 donde la línea de margen de restauración se obtiene a partir de una curva suave.

25 En las etapas 103 y 106, las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D están dispuestas según una disposición relativa preferida y la intersección se detecta como también se describe anteriormente en relación con la Fig. 1A.

30 A menudo, en situaciones donde la intersección es muy irregular, el operador decidirá que será difícil fabricar una restauración dental a partir de un diseño de restauración digital con dicha línea de margen de restauración. En dichos casos, el operador puede elegir formar una curva suave en la representación digital en 3D de los dientes no preparados en base a la intersección detectada en la etapa 118 y luego obtener la línea de margen de restauración a partir de la curva suave en la etapa 119. La línea de margen de restauración puede definirse, p. ej. proyectando la curva suave en las anatomías digitales de los dientes.

35 En la etapa 116, el diseño de restauración digital se crea mediante una sustracción booleana de la representación digital en 3D a partir de las anatomías digitales de los dientes como se describe en relación con la Fig. 1C.

La Fig. 2 muestra un esquema de los dientes en una de las mandíbulas del paciente.

40 El esquema muestra los dientes 220 no preparados con los dientes anteriores en la parte superior de la figura y los molares en la parte inferior. Un plano de sección transversal se define por la línea A-A' que cruza un diente 221 y la normal al plano oclusal del conjunto de dientes, es decir, el plano de la sección transversal es perpendicular al plano oclusal del paciente.

Las Figuras 3 a 10 muestran esquemas de representaciones digitales en 3D de los dientes no preparados, diseños de restauración digital y diferentes superficies representadas como secciones transversales en un plano tal como el que se define en la Figura 2.

45 La Fig. 3 muestra un esquema de una sección transversal 325 de los dientes del paciente en el plano A-A' visto en la Fig. 2. La línea completa muestra la forma de los dientes no preparados en su estado actual 327, mientras que la línea de puntos muestra la forma original 329 de los dientes. Los dientes están seriamente desgastados, de manera que la tabla oclusal actual 328 es mucho más baja que la tabla oclusal original 330. Esto causa molestias al paciente y una tensión no natural en los músculos activos durante, p. ej. la masticación.

50 La Fig. 4 muestra un esquema de un conjunto de dientes/restauración 432 con una restauración superior fabricada dispuesta sobre el diente desgastado que se ilustra en la Fig. 3.

La restauración superior 433 está diseñada para levantar la tabla oclusal del diente no preparado 427. Tiene una superficie interior 435 conformada para aplicar la superficie del diente no preparado 427 y una superficie exterior 436

conformada para aplicar los dientes antagonistas cuando el paciente muerde. La restauración superior 433 aumenta la longitud de los dientes del paciente y cuando el paciente usa la restauración, los músculos se acostumbran a la mordida levantada definida por el conjunto de dientes superiores.

5 En una restauración dental fabricada a partir del diseño de restauración digital utilizando técnicas de fabricación digital directa tal como la perforación CAM, la línea de margen de restauración de la restauración dental se define por la línea de margen de restauración del diseño de restauración digital. Sin embargo, en algunos casos, el dentista también puede optar por realizar una etapa adicional de pulido o rectificado del material de restauración de manera que la línea de margen de restauración se desplace de la definida en el diseño de restauración digital.

10 La Fig. 5 ilustra la creación de un diseño de restauración digital para una restauración superior utilizando la intersección detectada.

Las anatomías digitales de los dientes 539 están dispuestas en relación con la representación digital en 3D 540 según la disposición relativa preferida en la que la superficie de las anatomías digitales de los dientes está ubicada de manera que la restauración superior levante la mordida del paciente. Las anatomías digitales de los dientes y la representación digital en 3D se pueden disponer entre sí expresando las anatomías digitales de los dientes en el mismo sistema de coordenadas que la representación digital en 3D.

Las anatomías digitales de los dientes se pueden obtener de una biblioteca de plantillas de dientes en base a las preferencias del dentista.

20 La intersección 542 se determina utilizando un algoritmo implementado por ordenador configurado para detectar intersecciones superficie-superficie aplicadas a la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes. La intersección se puede expresar como una spline en 3D que tiene la forma y la posición de la intersección en relación con las anatomías digitales de los dientes y/o la representación digital en 3D de los dientes.

La línea de margen de restauración 546 del diseño de restauración digital puede obtenerse copiando la intersección determinada. Las anatomías digitales de los dientes 539, la representación digital en 3D 540 y la intersección 542 y/o la línea de margen de restauración 546 se pueden visualizar para el operador en una interfaz de usuario visualizada, p. ej. en una pantalla de ordenador.

La línea de margen de restauración obtenida al copiar la intersección puede ajustarse usando algoritmos implementados por ordenador adecuados, tales como un algoritmo configurado para suavizar la línea de margen de restauración. Si el operador prefiere ajustar la línea de margen de restauración manualmente, puede hacerlo utilizando, p. ej. un ratón de ordenador para arrastrar secciones de la línea de margen de restauración según sus preferencias. Pero esta etapa manual es completamente voluntaria y el diseño de restauración digital se puede crear sin que el operador configure la línea de margen de restauración él mismo.

35 La Fig. 5B muestra un esquema del diseño de restauración digital creado 544. Cuando se ha definido la línea de margen de restauración 546, la superficie exterior 548 y la superficie interior 549 del diseño de restauración digital 544 se obtienen a partir de las partes de las anatomías digitales de los dientes 539 y la representación digital en 3D 540 coronal a la línea de margen de restauración 546.

La Fig. 6 ilustra el uso de la sustracción booleana de las estructuras digitales sólidas en la creación de un diseño de restauración digital para una restauración superior.

40 En la Fig. 6A, las anatomías de dientes digitales obtenidas 639 y la representación digital en 3D 640 tienen la forma de estructuras sólidas digitales. Las dos estructuras digitales sólidas están dispuestas en un sistema de coordenadas común según su disposición relativa preferida en la cual su intersección 642 es como se indica en la Figura.

El sistema de coordenadas común puede ser, p. ej. aquel en el que ya se expresa la representación digital en 3D. El diseño de restauración digital se crea mediante una sustracción booleana de la representación digital en 3D a partir de las anatomías digitales de los dientes como se describe en relación con la Fig. 1C.

45 En la Fig. 6B, el diseño de restauración digital 644 creado mediante la sustracción booleana se ilustra junto con la representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente. La superficie exterior 648 del diseño de la restauración digital 644 está conformada según la forma de las anatomías digitales de los dientes 639. La forma de las anatomías digitales de los dientes y su disposición relativa preferida con respecto a la representación digital en 3D determina la forma de la tabla oclusal de la restauración dental fabricada. La superficie interior 649 está conformada según la forma de la representación digital en 3D 640 de manera que la restauración dental fabricada pueda asentarse en los dientes no preparados. Si se forman regiones socavadas en el diseño de restauración digital, estas pueden bloquearse virtualmente para asegurar que la restauración pueda asentarse en los dientes no preparados.

55 La Fig. 7 ilustra cómo se puede ajustar el diseño de restauración digital para cumplir con un criterio de espesor mínimo.

La Fig. 7A muestra un esquema del diseño de restauración digital 744 junto con la representación digital en 3D 740 del diente no preparado para el que se ha creado. El diseño de restauración digital 744 tiene la superficie exterior 748 y la superficie interior 749 creadas usando, p. ej. la sustracción booleana descrita en relación con la Fig. 6. En la Fig. 7A, se indica un marco 753 en la parte de la línea de margen de restauración 746 vista en el lado izquierdo de la figura.

Las Fig. 7B-7D muestran un primer plano del marco 753 y cómo se puede ajustar el diseño de restauración digital para cumplir con un criterio de espesor mínimo.

En la Fig. 7B se ve que el espesor del diseño de restauración digital, es decir, la distancia entre la superficie exterior 748 y la superficie interior 749 es muy pequeña en la línea de margen de restauración 746. De hecho, el diseño de restauración digital se estrecha cerca de la línea de margen de restauración, lo cual es muy difícil de realizar con, p. ej. la tecnología de perforación y hace que el diseño de restauración digital sea muy frágil en esta región.

La región problemática 755 del diseño de restauración digital que se ilustra en la Fig. 7C se identifica examinando el diseño de restauración digital con respecto a uno o más criterios de espesor mínimo, p. ej. que el espesor no debe ser inferior a un valor mínimo. El espesor mínimo puede ser, p. ej. de 0,2 mm. La región problemática puede identificarse, p. ej. definiendo una superficie de desplazamiento 756 a partir de la representación digital en 3D a una distancia según los criterios de espesor mínimo y determinando qué regiones del diseño de restauración digital están ubicados entre la representación digital en 3D 740 y la superficie de desplazamiento 756.

En la Fig. 7D se ilustra una forma de ajustar el diseño de restauración digital en la región problemática para proporcionar que se cumpla el criterio de espesor mínimo. En la región problemática, la superficie exterior del diseño de restauración digital se elimina digitalmente y se sustituye por una nueva superficie. La nueva superficie se genera a partir de una parte horizontal 7571 en la línea de margen de restauración, una parte vertical 7572 paralela a la superficie interior 749 y una torcedura 7573 que conecta los dos. La nueva superficie se combina con la parte 758 de la superficie exterior que ya cumple el criterio de espesor mínimo.

En una interfaz de usuario configurada para realizar las etapas del procedimiento descrito, se puede proporcionar al usuario opciones para, p. ej. definir la longitud de la parte horizontal 7571, la longitud de la torcedura 7573 y el ángulo de la torcedura en relación con la parte horizontal. Si se usan estos tres parámetros para ajustar el diseño de restauración digital, se puede generar una superficie de conexión que conecta el extremo de la torcedura con un punto en la anatomía digital de los dientes para completar la superficie exterior del diseño de restauración digital. La superficie de conexión proporciona preferiblemente una transición suave desde la torcedura hasta la superficie exterior de la anatomía digital de los dientes.

Cuando la región problemática se encuentra en la línea de margen de restauración del diseño de restauración digital, la región problemática se puede eliminar digitalmente del diseño de restauración digital. Este ajuste del diseño de restauración digital típicamente hace que la línea de margen de restauración se mueva hacia arriba, es decir, hacia la tabla oclusal del diseño de restauración digital. Para una restauración donde la restauración dental temporal configurada para ser dispuesta en los dientes no preparados del paciente este movimiento de la línea de margen de restauración no es un problema, puesto que no hay una línea de preparación del diente con la que deba alinearse para asegurar una forma adecuada del diseño de restauración digital y la restauración dental fabricada a partir de ella. También cuando la

Cuando la restauración dental se ha fabricado a partir de este diseño de restauración digital ajustado, tiene un espesor finito en la línea de margen de restauración de manera que se forma un borde. Esto puede causar irritación cuando la restauración dental está dispuesta en los dientes del paciente. Sin embargo, el borde y, por lo tanto, la irritación pueden reducirse significativamente puliendo la restauración fabricada.

La Fig. 8 ilustra cómo se puede ajustar el diseño de restauración digital para proporcionar una compensación de la fresa.

Puede ser ventajoso aplicar una compensación de la fresa cuando el diseño de restauración digital es para la fabricación de una restauración dental por fresado y el diseño de restauración digital tiene esquinas afiladas a las que no se puede acceder con una fresa de tamaño finito. El diseño de restauración digital se ajusta para proporcionar la compensación de la fresa. Las Fig. 8A y 8B ilustran el problema. En la Fig. 8A, la superficie interior 849 del diseño de restauración digital 844 tiene una esquina afilada. Cuando la restauración dental se define perforando material, p. ej. desde una pieza bruta de circonio, hay una región a la que no se puede acceder mediante la fresa 860 debido a su tamaño finito. En la restauración dental fabricada 833 vista en la Fig. 8B hay, por lo tanto, una región de material restante 861 en la superficie interior 835 de la restauración dental 833 causada por la punta redondeada de la fresa 860. La región del material restante 861 colisionará con el diente 827 y, por lo tanto, impedirá que la restauración dental esté dispuesta correctamente en el diente 827.

La Fig. 8C ilustra la compensación de la fresa introduciendo una indentación 862 en la superficie interior 849 del diseño de restauración digital 844. Aquí se elige el diámetro de la indentación 862 para que sea igual al diámetro de la fresa 860 planeada para usarse en la fabricación de la restauración dental. Sin embargo, también se puede elegir que sea, p. ej. mayor que el diámetro de la fresa. En la Fig. 8C, la indentación 862 está conformada como un

semicírculo con un borde ubicado en la esquina de la superficie interior 849 y está orientada de manera que la indentación se puede perforar en la restauración dental fabricada con la fresa paralela al eje longitudinal de la restauración dental. También se pueden usar otras formas de la indentación, tal como una indentación rectangular. Como se ve en la Fig. 8D, la indentación correspondiente 862 en la superficie interior de la restauración dental fabricada 833 proporciona que no haya región del material restante en la superficie interior 835 de manera que la restauración dental 833 se pueda disponer correctamente en el diente 827.

La Fig. 9 ilustra cómo se puede ajustar el diseño de restauración digital para proporcionar una compensación de la fresa.

En la Fig. 9A, se define una indentación cuadrada en el diseño de restauración digital de manera que el borde de la indentación 9621 esté alineado con la esquina de la superficie interior 949 del diseño de restauración digital 944. El eje central 9641 de la indentación se indica como paralelo al eje longitudinal de la restauración dental, que en muchos casos es ventajoso durante el procedimiento de perforación.

El ajuste de compensación de la fresa del diseño de restauración dental 944 proporciona que la superficie interior de la restauración dental fabricada no tiene una región de material restante que impida que la restauración dental. esté dispuesta en el diente/los dientes correspondiente(s). Sin embargo, cuando se define la indentación, el espesor del diseño de restauración digital 944 y, por lo tanto, de la restauración dental fabricada se reduce en la indentación lo cual en algunos casos haría que la restauración dental fabricada sea frágil.

Un planteamiento para resolver este problema se ilustra en la Fig. 9B. Aquí, la indentación 9622 está desplazada del centro del diseño de restauración dental en comparación con la indentación 9621 vista en la Fig. 9A. El eje central 9642 de la indentación 9622 se desplaza así en relación con el eje central 9641 de 9621. Esto puede ser aplicable, p. ej. cuando la restauración dental tiene una superficie oclusal con una depresión en el centro. La indentación 9622 luego se mueve hacia la parte más gruesa del diseño de restauración dental 944. En esta Figura, el eje central 9642 de la indentación 9622 está alineado con la esquina de la superficie interior 949 del diseño de restauración digital 944, pero evidentemente otros desplazamientos también pueden proporcionar el mismo efecto.

Como se ilustra en la Fig. 9C, el desplazamiento de la indentación 9622 como se describe en relación con la Fig. 9B en comparación con la posición de la indentación 9621 descrita en relación con la Fig. 9A proporciona que la restauración dental fabricada es más gruesa en la indentación como se indica en las flechas 9631 y 9632.

La Fig. 10 ilustra la coincidencia de curvatura en la línea de margen de restauración de la restauración dental para proporcionar una transición suave de los dientes a una restauración dental en la línea de margen de restauración. El diseño de restauración digital 1044 se ve junto con la representación digital en 3D 1040 del diente correspondiente.

En la Fig. 10A, se indica una zona de ajuste de la curvatura 1067 en la línea de margen de restauración 1046. Dentro de esta zona, se determina una medida de las curvaturas del diseño de restauración digital y de la representación digital en 3D en la línea de margen de restauración (p. ej. la curvatura se puede expresar como su pendiente en la línea de margen de restauración) y se compara. Si las curvaturas (es decir, las medidas de las curvaturas) difieren más que un valor predeterminado, el diseño de restauración digital se adapta para que tenga una curvatura similar a la representación digital en 3D en la línea de margen de restauración. La adaptación de la curvatura se realiza suavemente, de manera que la porción adaptada a la curvatura 1069 de la superficie exterior 1048 del diseño de restauración digital 1044 se adapta gradualmente para que coincida con la curvatura de la representación digital en 3D de los dientes del paciente en la línea de margen de restauración 1046.

Fuera del límite 1068 de la zona de ajuste de la curvatura 1067, el diseño de restauración digital 1044 preferiblemente no se modifica, pero mantiene su forma. El límite 1068 de la zona de ajuste de la curvatura se identifica manualmente marcando una spline en 3D en el diseño de restauración digital 1044 o automáticamente mediante algoritmos implementados por ordenador configurados para definir el límite de la zona de transición, p. ej. en base a una distancia predefinida desde la línea de margen de restauración o en el punto de contacto entre el diseño de restauración digital y el diente vecino (natural o de restauración).

La coincidencia de curvatura proporciona que la transición de la restauración dental en el diente/dientes sea suave a gran escala y, por lo tanto, la restauración dental se sienta y se vea como una parte natural del diente/dientes.

La Fig. 10B muestra un primer plano de la zona de ajuste de la curvatura, en el que el resultado de la coincidencia de curvatura se ve claramente. Inicialmente, la superficie exterior 1048 del diseño de restauración digital tiene un ángulo de aproximadamente 45 grados con respecto a la representación digital en 3D 1040. La porción coincidente de curvatura 1069 de la superficie exterior es sustancialmente paralela a la representación digital en 3D 1040 en la línea de margen de restauración 1046. Entre la línea de margen de restauración 1046 y el límite 1068 de la zona de ajuste de la curvatura, la superficie ajustada cambia suavemente desde la curvatura de la representación digital en 3D 1040 en la línea de margen de restauración 1046 a la curvatura del diseño de restauración digital en el límite 1068 de manera que se proporciona una superficie exterior del diseño de restauración digital sin bordes afilados. La superficie ajustada a la curvatura se puede generar utilizando algoritmos implementados por ordenador para generar una nueva superficie a partir de estas condiciones de límite de curvatura o modificando la porción de la superficie exterior del diseño de restauración digital en la zona mientras se obedecen las condiciones de límite de curvatura.

Además de que la curvatura coincida, se puede aplicar un control de espesor mínimo como se describe anteriormente en relación con la Fig. 7 para asegurar que la porción coincidente de la curvatura del diseño de restauración digital no sea demasiado delgada. Esto se ilustra en la Fig. 10C. Donde la porción 1070 de la superficie exterior tiene una curvatura que coincide con el diseño de restauración digital en la línea de margen de restauración y tiene un espesor aumentado para proporcionar que también se cumpla el criterio de espesor mínimo.

La Fig. 11 muestra las etapas de un flujo de trabajo para crear un segundo diseño de restauración digital para una restauración permanente de los dientes del paciente cuando estos se hayan preparado.

Cuando el primer diseño de restauración digital creado para los dientes no preparados es para la fabricación de una restauración dental temporal (p. ej. un conjunto de dientes superiores usado para levantar la mordida del paciente), el primer diseño de restauración digital se puede usar en la creación de un segundo diseño de restauración digital para una restauración permanente posterior.

Cuando la restauración dental es una carilla temporal de preparación mínima, permite al paciente evaluar el aspecto de su sonrisa/dientes según lo determine la carilla. Cuando la restauración dental es un conjunto temporal de dientes superiores, ayuda a levantar la mordida del paciente y acostumar sus músculos a la mordida levantada. Común para dichas restauraciones dentales temporales fabricadas a partir de un primer diseño de restauración digital creado utilizando un procedimiento descrito en la presente memoria es que no se requiere la extracción de material del diente para hacer espacio para la restauración temporal. En algunos casos, se realiza una preparación mínima de los dientes para, p. ej. mejorar la adherencia de la restauración dental fabricada en los dientes no preparados. Esto puede corresponder, p. ej. a eliminar menos de un milímetro del material de los dientes. Con una preparación tan mínima de los dientes, estos aún pueden considerarse como dientes no preparados. Por lo tanto, la preparación sustantiva de los dientes puede posponerse, p. ej. después de que el paciente haya tenido la oportunidad de evaluar la sonrisa o el efecto sobre el aumento de la mordida. Luego se puede crear un segundo diseño de restauración digital para la fabricación de la restauración permanente en base a una segunda representación digital en 3D de los dientes obtenida después de que estos hayan sido preparados para aceptar la restauración permanente.

En la etapa 1173, se obtiene el primer diseño de restauración digital utilizado para la fabricación de la restauración temporal. El primer diseño de restauración digital puede obtenerse usando cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria, una realización que comprende las etapas de obtener una primera representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente, obtener un conjunto de una o más anatomías digitales de los dientes y crear el primer diseño de restauración digital, p. ej. en base a porciones coronales de la primera representación digital en 3D y de las anatomías digitales de los dientes. El primer diseño de restauración digital se puede crear, p. ej. usando una sustracción booleana como se describe anteriormente en relación con la Fig. 6 o cualquier otra técnica adecuada para crear el primer diseño de restauración digital.

En la etapa 1174 se obtiene una segunda representación digital en 3D de los dientes preparados del paciente. Antes de obtener la segunda representación digital en 3D, un dentista ha preparado los dientes quitando material del diente para hacer espacio para la restauración dental permanente.

Tanto la primera como la segunda representación digital en 3D se pueden obtener mediante escaneo intraoral utilizando, p. ej. un escáner intraoral TRIOS o cualquiera de las otras técnicas conocidas por el experto en la técnica, tal como escanear una impresión de los dientes del paciente o un modelo físico fabricado a partir de dicha impresión.

El flujo de trabajo de la Fig. 11 puede iniciarse cuando se obtienen la primera y la segunda representación digital en 3D. Todos los trabajos dentales en los dientes del paciente se han completado cuando se inicia el flujo de trabajo.

En la etapa 1175 se identifica una línea de preparación del diente en la segunda representación digital en 3D. La línea de preparación del diente marca la parte de un diente preparado que se alineará con la línea de margen de restauración de la restauración dental permanente cuando se asiente en el diente preparado. La línea de preparación del diente puede, p. ej. identificarse automáticamente mediante algoritmos implementados por ordenador configurados para analizar la segunda representación digital en 3D de los dientes preparados. La identificación puede basarse en un análisis de geometría y/o textura de la segunda representación digital en 3D, dependiendo del carácter de la segunda representación digital en 3D.

En la etapa 1176, el segundo diseño de restauración digital se crea en base al primer diseño de restauración digital y la segunda representación digital en 3D. La creación comprende ejecutar algoritmos implementados por ordenador configurados para generar una superficie de conexión que conecta la línea de preparación del diente y la superficie exterior del primer diseño de restauración digital. La línea donde la superficie de conexión conecta con el primer diseño de restauración digital puede ser determinada por el operador o automáticamente. La superficie de conexión puede conectarse al primer diseño de restauración digital en su línea de margen de restauración o coronalmente a esta, lo cual en muchos casos proporciona una superficie exterior más suave para el segundo diseño de restauración digital. La superficie interior del segundo diseño de restauración digital se crea en base a la parte de la segunda representación digital en 3D correspondiente al diente preparado, es decir, la parte sobre la cual se asentará la restauración permanente fabricada. De este modo, la restauración dental permanente puede asentarse

en los dientes preparados y tiene una superficie exterior con, p. ej. una tabla oclusal según la de los dientes superiores temporales. Preferiblemente, la superficie interior está desplazada de la superficie de la segunda representación digital en 3D para proporcionar espacio para el cemento utilizado para unir la restauración dental fabricada con el diente preparado.

- 5 Además de, o en lugar de, usar el primer diseño de restauración digital, las anatomías digitales de los dientes se pueden usar al crear el segundo diseño de restauración digital. Las anatomías digitales de los dientes se disponen en relación con la segunda representación digital en 3D y la superficie de conexión conecta la línea de preparación del diente y la superficie exterior de las anatomías digitales de los dientes.

10 La Fig. 12 muestra un esquema de cómo se puede crear el segundo diseño de restauración digital para la fabricación de una restauración dental permanente para los dientes preparados del paciente. En este ejemplo, la restauración dental es una restauración superior, pero el procedimiento es igualmente aplicable a otras restauraciones dentales, tales como las carillas de preparación mínima.

15 En la Fig. 12A, el diseño de restauración digital para la restauración dental temporal 1244 (también denominado primer diseño de restauración digital) y la segunda representación digital en 3D 1277 de los dientes preparados están dispuestos entre sí según la disposición del primer diseño de restauración digital en relación con los dientes no preparados del paciente.

20 Si algunos de los dientes vecinos no están preparados de manera que sus superficies sean idénticas en la primera y segunda representación digital en 3D, estas superficies se pueden usar para disponer la segunda representación digital en 3D en relación con la primera representación digital en 3D. En base al conocimiento de la disposición relativa del primer diseño de restauración digital y la primera representación digital en 3D, se puede deducir la disposición relativa correcta del primer diseño de restauración digital y la segunda representación digital en 3D. La disposición también puede basarse en tejidos blandos, tales como la estructura de la paleta en la mandíbula superior. También se puede usar un articulador para determinar la disposición relativa correcta del primer diseño de restauración digital y la segunda representación digital en 3D. La disposición puede tomar la forma de determinar matrices de transformación para representar las diferentes unidades en un sistema de coordenadas común, tales como las matrices de transformación para representar la segunda representación digital en 3D y el primer diseño de restauración digital en el sistema de coordenadas de la primera representación digital en 3D.

25 La línea de preparación del diente 1278 de la segunda representación digital en 3D 1277 se identifica, p. ej. mediante detección de características y/o mediante un operador que indica la posición de la línea de preparación del diente en una visualización de la segunda representación digital en 3D 1277 proporcionada, p. ej. en una pantalla de ordenador.

30 La superficie de conexión generada 1279 se extiende entre la línea de preparación del diente 1278 y la superficie exterior 1248 del primer diseño de restauración digital 1244. La parte de la superficie exterior 1248 encima del punto donde la superficie de conexión entra en contacto con el primer diseño de restauración digital forma la parte coronal de la superficie exterior del segundo diseño de restauración digital, mientras que la superficie de conexión 1279 forma una parte cervical de la superficie exterior del segundo diseño de restauración digital.

35 La Fig. 12B muestra una sección transversal esquemática de la restauración dental 1280 fabricada a partir del segundo diseño de restauración digital de la Fig. 12A. La superficie interior 1235 está conformada para permitir que la restauración dental permanente se asiente en el diente preparado 1281 y la superficie exterior 1236 es de manera que la tabla oclusal 1230 con la restauración se levanta en comparación con la tabla oclusal 1228 de los dientes en su forma (sin preparar) 1229 antes del aumento de la mordida.

40 La Fig. 13 muestra un esquema de un sistema según una realización de la invención. El sistema 1382 comprende un dispositivo informático 1383 que comprende un medio legible por ordenador 1384 y un procesador de datos en forma de un microprocesador 1385. El sistema comprende además una unidad de visualización visual 1388, un teclado de ordenador 1386 y un ratón de ordenador 1387 para introducir datos y activar botones virtuales de una interfaz de usuario visualizada en la unidad de visualización visual 1388. La unidad de visualización visual 1388 puede ser, p. ej. una pantalla de ordenador.

45 El dispositivo informático 1383 es capaz de obtener al menos una representación digital en 3D de una parte de los dientes del paciente para la que se diseñará y fabricará una restauración dental, y al menos una anatomía digital de los dientes que se utilizará para determinar la forma de la superficie exterior de la restauración dental. La representación digital en 3D obtenida y las anatomías digitales de los dientes pueden almacenarse en el medio legible por ordenador 1384 y proporcionarse al procesador 1385. El sistema 1382 está configurado para permitir que un operador disponga la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes entre sí de modo que refleje la disposición preferida de la superficie exterior de la restauración dental fabricada en relación con los dientes del paciente. Para una restauración superior, la disposición preferida es aquella que proporciona el aumento deseado de la mordida del paciente, es decir, donde la restauración dental eleva la tabla oclusal de los dientes. Esto puede realizarse visualizando la representación digital en 3D y las anatomías digitales de los dientes en una interfaz de usuario representada en la unidad de visualización visual 1388 y el operador puede ajustar su disposición relativa

utilizando, p. ej. el ratón del ordenador 1387 o el teclado del ordenador 1386. El dispositivo informático 1383 puede ser configurado para ejecutar algoritmos para crear el diseño de restauración digital, p. ej. en base a porciones corales de la representación digital en 3D y de las anatomías digitales de los dientes. Los algoritmos pueden basarse, p. ej. en una sustracción booleana de las estructuras digitales sólidas como se describe anteriormente en relación con las Fig. 1 y 6.

El dispositivo informático 1383 es capaz además de recibir una representación digital en 3D de los dientes del paciente desde un dispositivo de escaneo en 3D 1389, tal como el escáner intraoral TRIOS fabricado por 3shape TRIOS A/S, o capaz de recibir datos de escaneo desde dicho dispositivo de escaneo en 3D y formar una representación digital en 3D de los dientes del paciente en base a dichos datos de escaneo. La representación digital en 3D recibida o formada puede almacenarse en el medio legible por ordenador 1384 y proporcionarse al microprocesador 1385.

Cuando se realizan diferentes etapas de un procedimiento según la invención, tal como al disponer la representación digital en 3D de los dientes y las anatomías digitales de los dientes entre sí, se pueden presentar una o más opciones al operador, por ejemplo, qué anatomías digitales de los dientes para seleccionar o si desea crear el diseño de restauración digital mediante una sustracción booleana. Las opciones se pueden presentar en una interfaz de usuario visualizada en la unidad de visualización 1388.

El sistema puede tener una unidad 1390 para la transmisión del diseño de restauración digital creado, p. ej. a un dispositivo de fabricación asistida por ordenador (CAM) 1391 para fabricar la restauración dental u otro sistema informático, p. ej. ubicado en un centro de fresado donde se fabrican las restauraciones dentales. La unidad para la transmisión puede ser una conexión por cable o inalámbrica.

El escaneo en 3D de los dientes del paciente utilizando el dispositivo de escaneo en 3D 1389 se puede realizar en el consultorio de un dentista, mientras que la creación del diseño de restauración digital se realiza en un laboratorio dental. En dichos casos, la representación digital en 3D de los dientes del paciente se puede proporcionar al laboratorio dental, p. ej. a través de una conexión a Internet.

La Fig. 14 muestra un esquema de una interfaz de usuario según una realización de la invención.

En la Fig. 14 se ve una primera parte 1493 de la interfaz de usuario 1492 en la que se ilustra una parte de la representación digital en 3D 1440 y una anatomía digital del diente 1439. La disposición relativa de la representación digital en 3D y la anatomía digital del diente se pueden ajustar con una herramienta de movimiento digital 1497. La herramienta de movimiento virtual se puede configurar para agarrar, p. ej. la anatomía digital del diente 1439 y moverla en la interfaz de usuario utilizando, p. ej. un ratón de ordenador. Los algoritmos implementados por ordenador pueden traducir el cambio en la disposición relativa en un cambio en la intersección 1442 de las dos superficies digitales 1439, 1440.

La segunda parte 1494 de la interfaz de usuario comprende una sección de entrada de datos 1495 para introducir datos relacionados con, p. ej. si el diseño de restauración digital se creará mediante sustracción booleana y/o si se aplicará una corrección de espesor mínimo al diseño de restauración digital creado. Un botón pulsador virtual 1496 está configurado para crear el diseño de restauración digital teniendo en cuenta los datos introducidos en la sección de entrada de datos 1495.

La interfaz de usuario se puede visualizar en una unidad de visualización, tal como una pantalla de ordenador que es parte de un sistema configurado para implementar el procedimiento según la presente invención.

La Fig. 15 muestra parte de una captura de pantalla 1598 desde una interfaz de usuario que visualiza un diseño de restauración digital creado para una restauración superior. La restauración superior está configurada para colocarse encima de los dientes existentes del paciente, donde proporciona que la tabla oclusal de los dientes esté levantada, es decir, el conjunto de dientes/restauración tiene una tabla oclusal que está levantada en comparación con la tabla oclusal de los dientes.

El diseño de restauración digital 1544 de la restauración superior se visualiza encima de la representación digital en 3D 1540 de los dientes en la mandíbula superior del paciente para la cual se ha diseñado. En esta figura, la línea de margen de restauración 1546 se resalta en el diente anterior izquierdo central para resaltar su ubicación.

La Fig. 16 muestra una curva suave definida a partir de una intersección irregular

La intersección entre la anatomía digital de los dientes 1639 para una restauración superior está dispuesta en relación con la representación digital en 3D del diente no preparado del paciente 1640. La intersección 1642 es muy irregular, de manera que será difícil fabricar la restauración dental a partir de un diseño de restauración digital con un margen de restauración definido copiando directamente la intersección.

En lugar de ello, se define una curva suave 1699 en la representación digital en 3D. La curva se puede definir mediante el uso de un algoritmo informático que calcula una curva con fluctuaciones suprimidas o mediante un

operador que utiliza, p. ej. un ratón de ordenador para dibujar la curva en una visualización de la representación digital en 3D y la anatomía digital de los dientes.

- 5 Las características del procedimiento descrito anteriormente y en los párrafos siguientes pueden implementarse en un software y llevarse a cabo en un sistema de procesamiento de datos u otros medios de procesamiento originados por la ejecución de instrucciones ejecutables por ordenador. Las instrucciones pueden ser medios de código de programa cargados en una memoria, tal como una memoria RAM, desde un medio de almacenamiento o desde otro ordenador a través de una red informática. De forma alternativa, las características descritas pueden implementarse mediante circuitería cableada en lugar de software o en combinación con software.

#### **Números de referencia de las figuras seleccionadas**

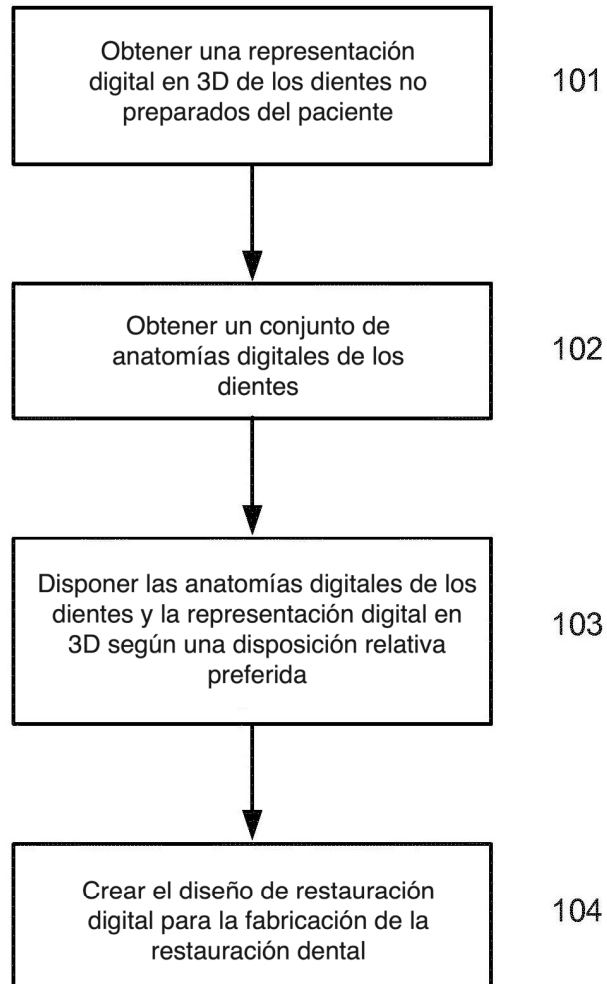
- 10 En las Figuras, los números de referencia se proporcionan en el formato según XYZ donde "X" es un indicador del número de Figura que muestra en qué Figura se usa la referencia e YY es el indicador del número de elemento según la lista siguiente.
- Dientes del paciente 20
- Diente intersecado por la línea transversal 21
- 15 Sección transversal del diente 25
- Dientes no preparados 27
- Tabla oclusal de dientes no preparados 28
- Forma original de los dientes 29
- Tabla oclusal original de los dientes 30
- 20 Conjunto de dientes/restauración 32
- Restauración superior 33
- Superficie interior de restauración 35
- Superficie exterior de restauración 36
- Anatomía digital de un diente/anatomía digital de los dientes 39
- 25 Representación digital en 3D 40
- Intersección 42
- Diseño de restauración digital 44
- Línea de margen de restauración 46
- Superficie exterior del diseño de restauración digital 48
- 30 Superficie interior del diseño de restauración digital 49
- Marco 53
- Región problemática 55
- Nueva superficie en la región problemática 57
- Parte horizontal de la nueva superficie 571
- 35 Parte vertical de la nueva superficie 572
- Torcedura en una nueva superficie 573
- Parte de la superficie exterior que cumple el criterio de espesor mínimo 58
- Fresa 60
- Material restante que bloquea la restauración de insertarse correctamente 61
- 40 Indentación 62

- Una primera indentación 621
- Una indentación desplazada 622
- Espesor de restauración en la indentación 63
- Eje central de la primera indentación 641
- 5 Eje central de indentación desplazada 642
- Zona de ajuste de la curvatura 67
- Límite para la porción ajustada de la curvatura 68
- Porción ajustada de la curvatura 69
- Curvatura y porción ajustada de espesor mínimo 70
- 10 Flujo de trabajo en la creación de diseño de restauración digital para restauración permanente 72
- Segunda representación digital en 3D 77
- Línea de preparación de diente 78
- Superficie de conexión 79
- Segundo diseño de restauración digital 80
- 15 Diente preparado 81
- Sistema 82
- Dispositivo informático 83
- Medio legible por ordenador 84
- Procesador de datos de hardware/Microprocesador 85
- 20 Teclado de ordenador 86
- Ratón de ordenador 87
- Unidad de visualización visual 88
- Dispositivo de escaneo en 3D 89
- Unidad de transmisión 90
- 25 Dispositivo de fabricación asistida por ordenador (CAM) 91
- Interfaz de usuario 92
- Primera parte de la interfaz de usuario 93
- Segunda parte de la interfaz de usuario 94
- Sección de entrada de datos 95
- 30 Botón pulsador virtual 96
- Herramienta de movimiento digital 97
- Captura de pantalla 98
- Curva suave 99

## REIVINDICACIONES

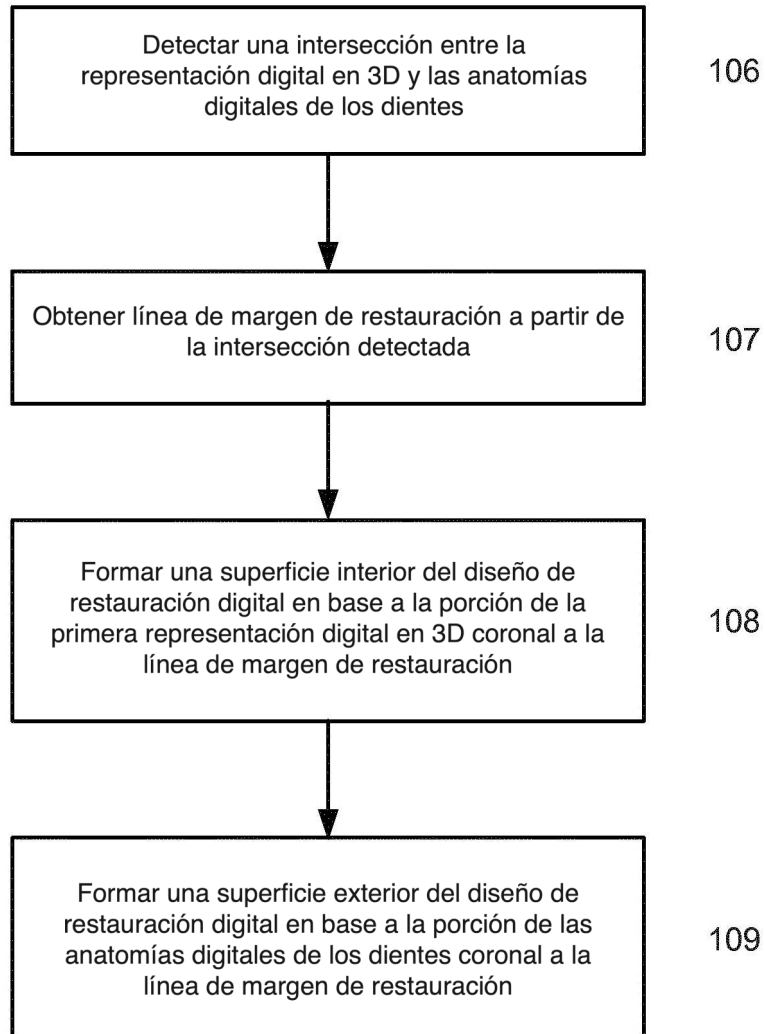
1. Un procedimiento para crear un diseño de restauración digital (544, 644) mediante el uso de un ordenador para la fabricación de una restauración dental (433) para uno o más de los dientes de un paciente, donde la restauración dental es una restauración superior (433) para levantar la tabla oclusal (328) de los dientes del paciente, en el que el procedimiento comprende:
  - obtener una representación digital en 3D (40, 540) de los dientes no preparados del paciente (220, 327, 427);
  - obtener un conjunto de una o más anatomías digitales de los dientes (539, 639) que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente;
- 10 - disponer las anatomías digitales de los dientes (539, 639) que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente y la representación digital en 3D de los dientes no preparados del paciente (220, 327, 427) según una disposición relativa en la que las anatomías digitales de los dientes (539, 639) que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente levanta la mordida del paciente; y
- 15 - crear un diseño de restauración digital (544, 644) que comprende una línea de margen de restauración (546, 746) donde la línea de margen de restauración se obtiene, al menos parcialmente, a partir de una intersección (542) de la representación digital en 3D (40, 540) de los dientes no preparados del paciente (220, 327, 427) y las anatomías digitales de los dientes (539, 639) que expresan la forma objetivo deseada de los dientes del paciente.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, donde una superficie exterior (436, 548, 648) del diseño de restauración digital (544, 644) se forma, al menos parcialmente, copiando la porción de las anatomías digitales de los dientes (539, 639) ubicadas coronalmente a la línea de margen de restauración obtenida.
- 20 3. El procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que el procedimiento comprende definir una curva (1699) en la representación digital en 3D (40, 540) de los dientes no preparados del paciente (220, 327, 427) suavizando la intersección para suprimir las fluctuaciones en la intersección a lo largo del eje longitudinal de los dientes, y donde el margen de restauración se obtiene, al menos parcialmente, a partir de la curva definida.
- 25 4. El procedimiento según la reivindicación 3, en el que la porción de las anatomías digitales de los dientes (539, 639) en base a la cual la superficie exterior del diseño de restauración digital (544, 644) está formada por la curva definida, tal como proyectando la curva sobre las anatomías digitales de los dientes (539, 639).
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la creación del diseño de restauración digital (544, 644) comprende una sustracción booleana de la representación digital en 3D (40, 540) de las anatomías digitales de los dientes (539, 639).
- 30 6. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que se crea una superficie interior (549) del diseño de restauración digital (544, 644), al menos parcialmente, copiando la porción de la representación digital en 3D (40, 540) de los dientes no preparados (220, 327, 427) ubicados coronalmente a la línea de margen de restauración obtenida (546).
- 35 7. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el procedimiento comprende examinar el diseño de restauración digital (744) con respecto a uno o más criterios de espesor mínimo para identificar cualquier región problemática (755).
8. El procedimiento según la reivindicación anterior, en el que el procedimiento comprende ajustar el diseño de restauración digital (744) en las regiones problemáticas (755) para proporcionar que se cumplan los criterios de espesor mínimo en estas regiones,
- 40 9. El procedimiento según la reivindicación anterior, en el que el ajuste comprende:
  - aumentar el espesor del diseño de restauración digital (744) en la región problemática (755) de manera que se cumplan los criterios de espesor mínimo, y/o
  - eliminar digitalmente la región problemática (755) del diseño de restauración digital.
- 45 10. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el diseño de restauración digital (544, 644) es para la fabricación de la restauración dental (833) mediante fresado y el procedimiento comprende ajustar el diseño de restauración digital para proporcionar una compensación de la fresa, en el que la compensación de la fresa se proporciona mediante la introducción de una o más indentaciones (862) en la superficie interior (849) del diseño de restauración digital.
- 50 11. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento comprende ajustar la curvatura del diseño de restauración digital (544, 644) en la línea de margen de restauración (546, 1046, 1546) para que coincida con la curvatura de la representación digital en 3D de los dientes del paciente.

100



*Fig. 1A*

105



*Fig. 1B*

111

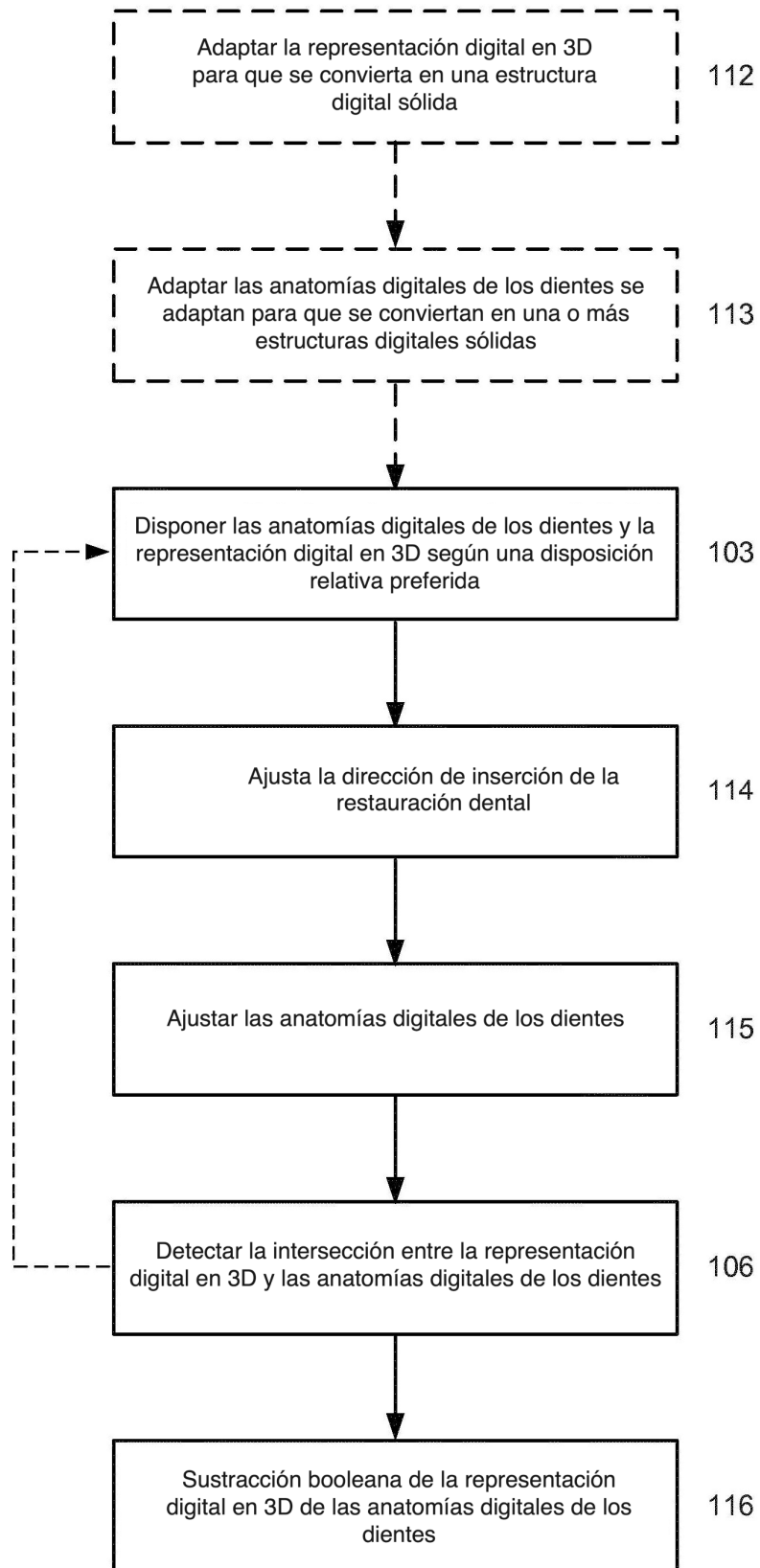


Fig. 1C

117

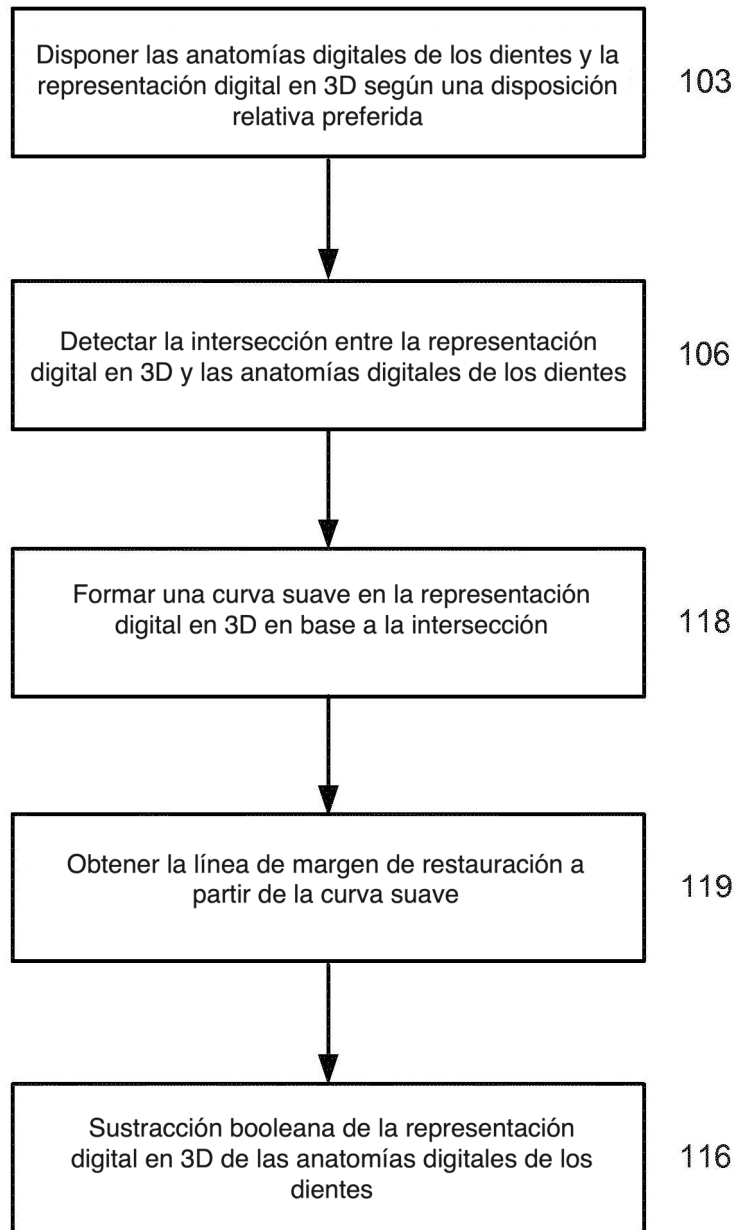


Fig. 1D

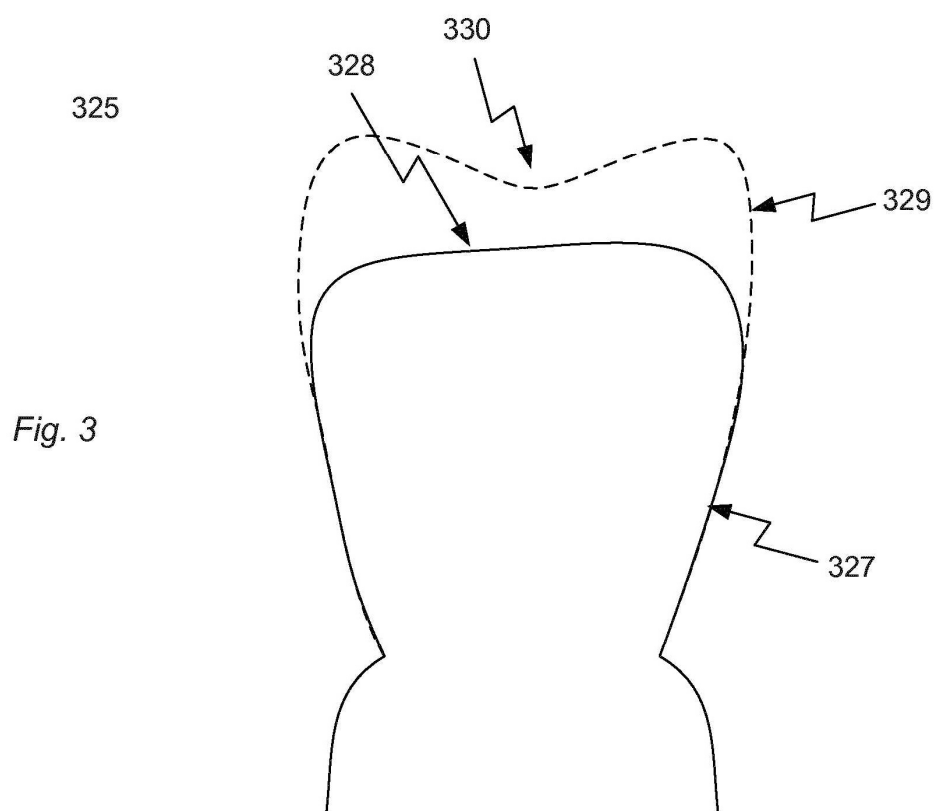
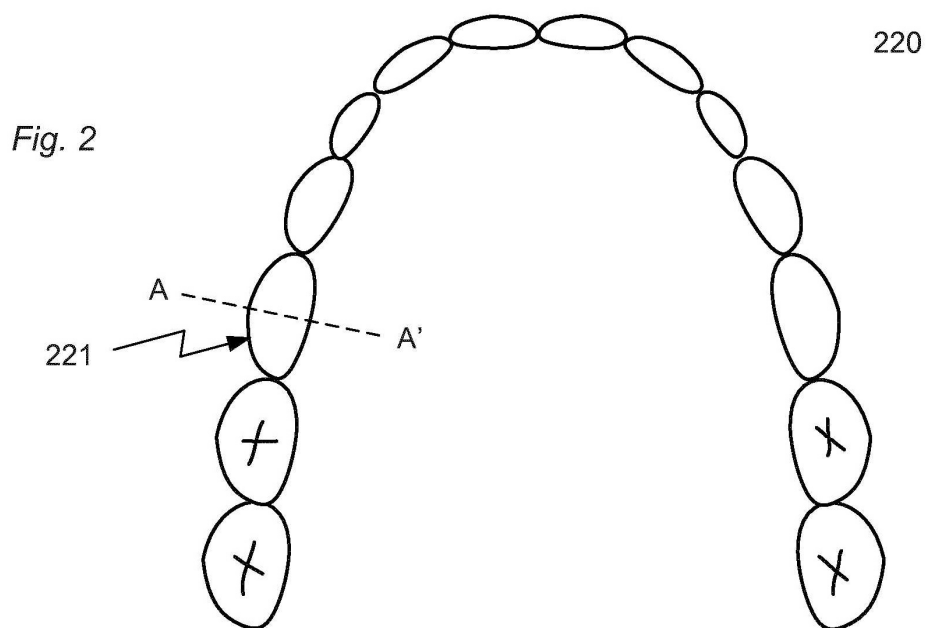


Fig. 4

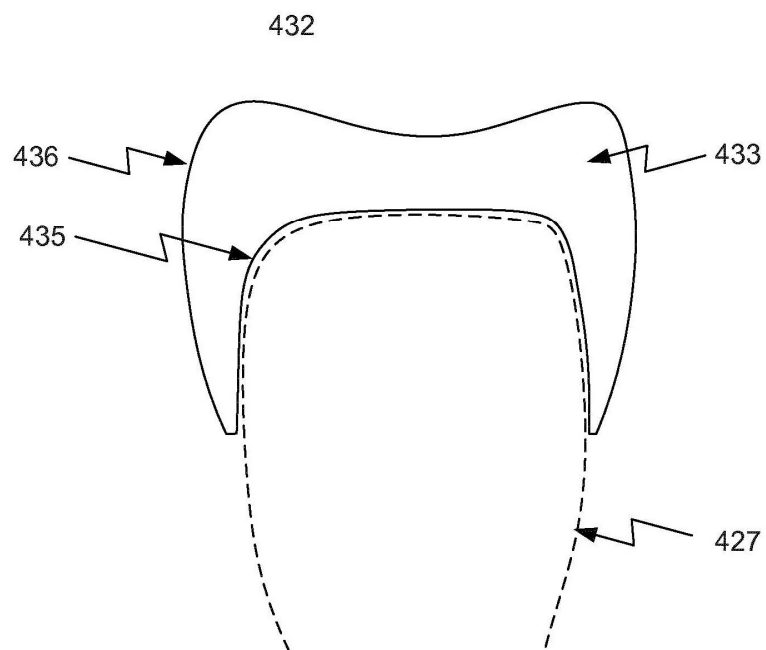


Fig. 5A

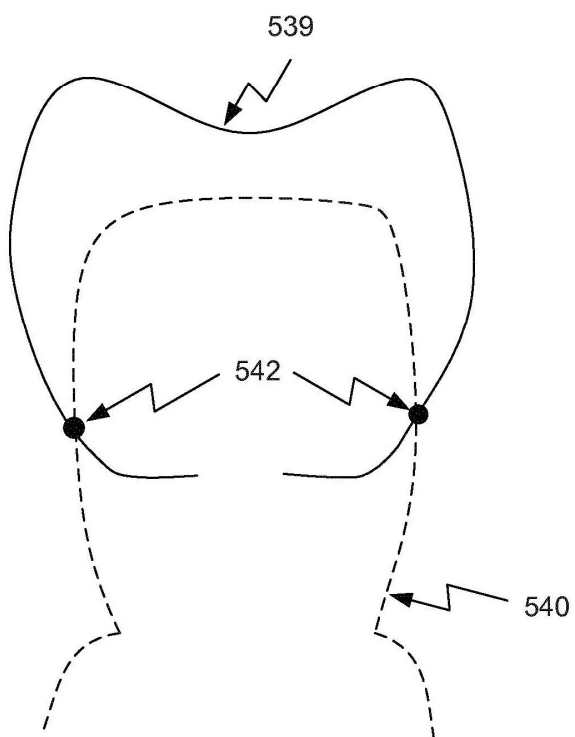
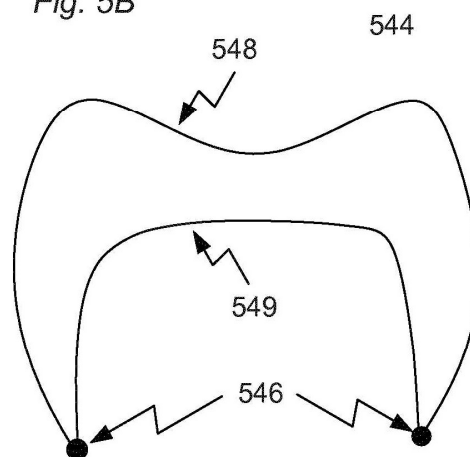


Fig. 5B



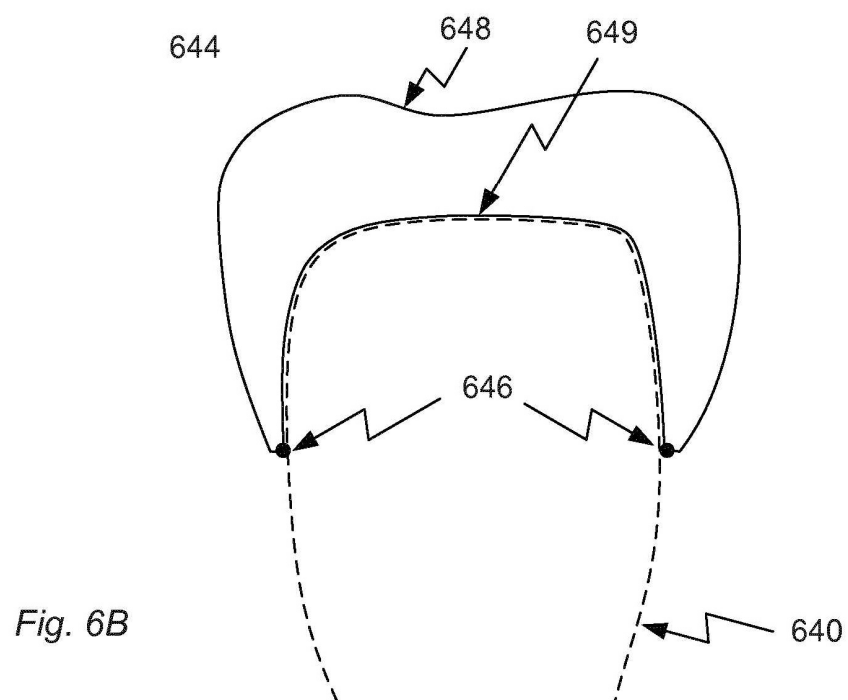
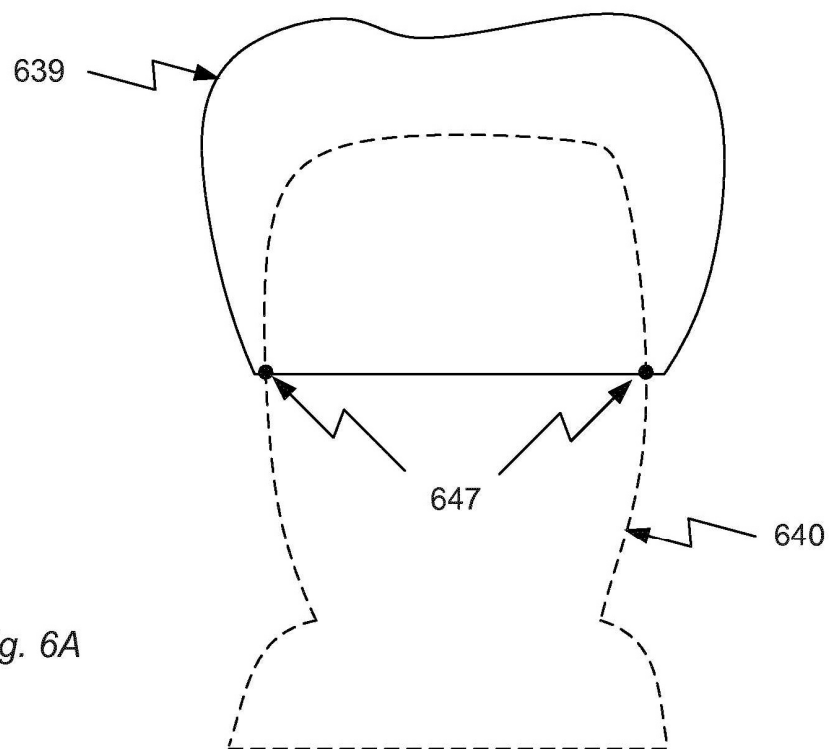


Fig. 7A

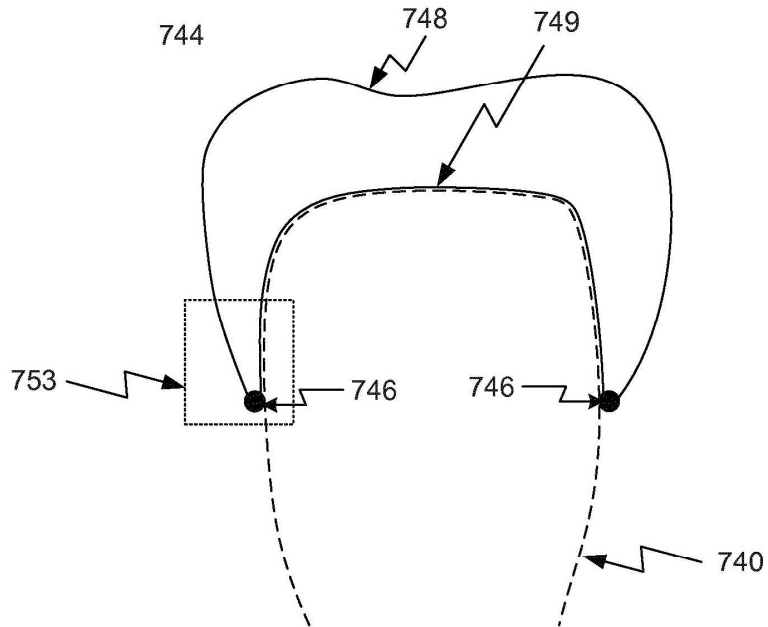


Fig. 7B

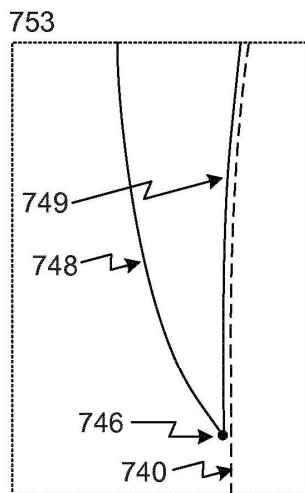


Fig. 7C

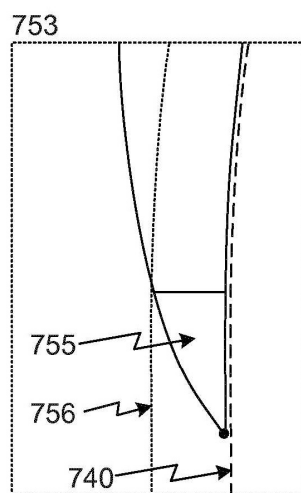


Fig. 7D

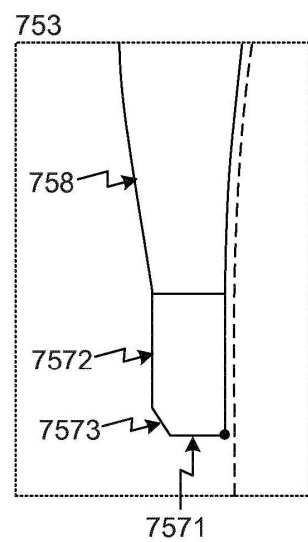


Fig. 8A

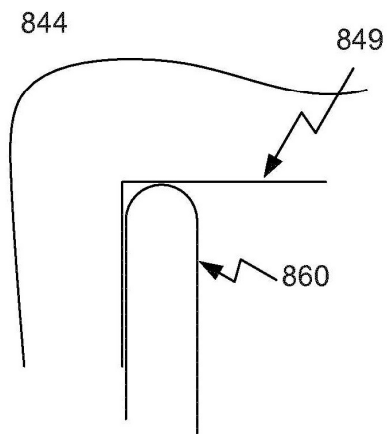


Fig. 8B

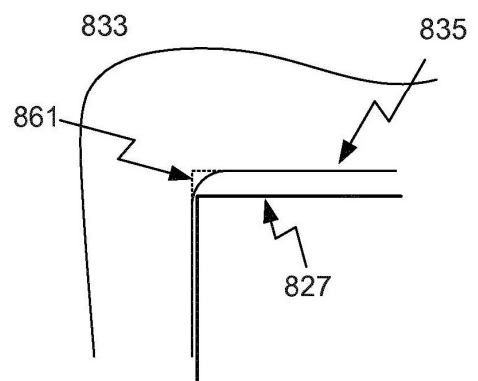


Fig. 8C

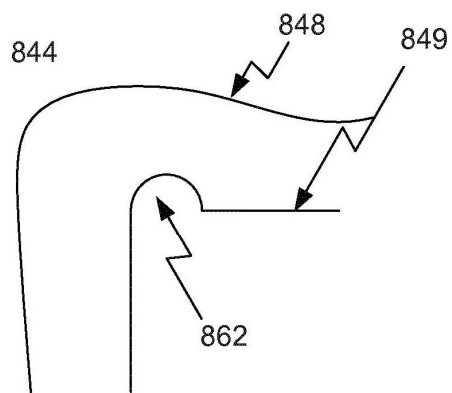
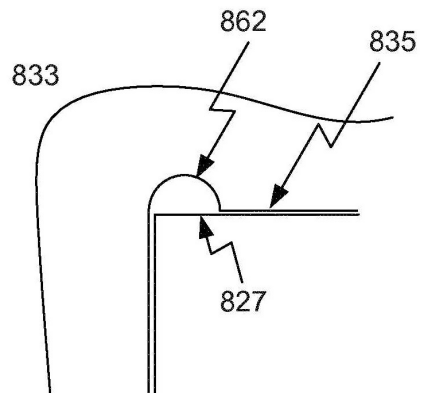


Fig. 8D



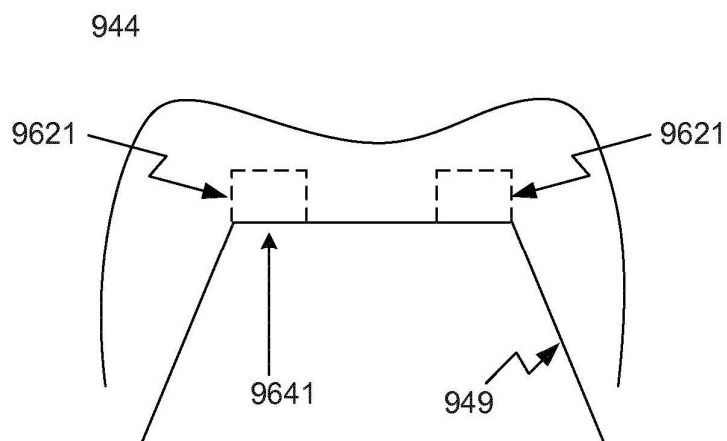


Fig. 9A

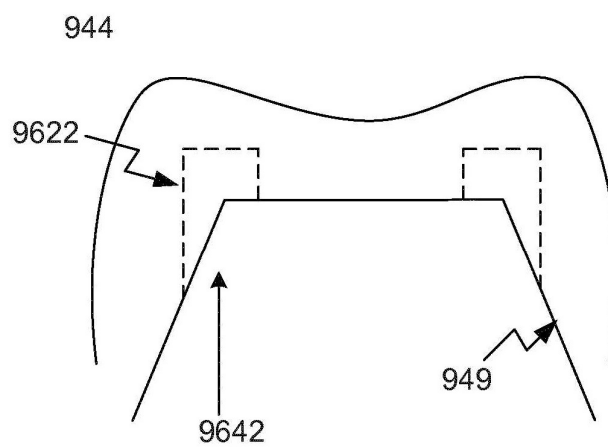


Fig. 9B

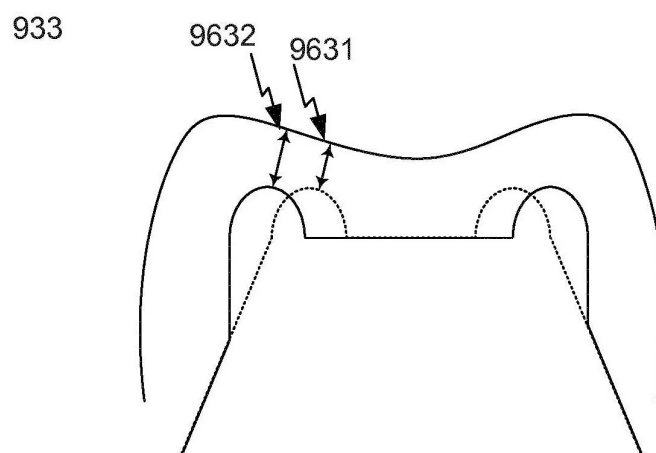


Fig. 9C

Fig. 10A

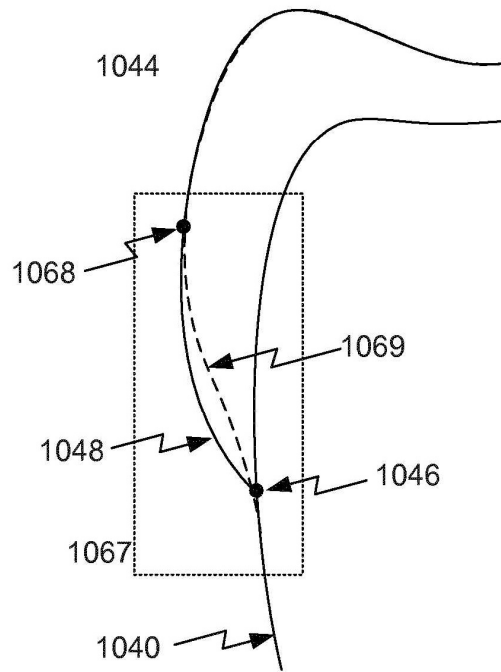


Fig. 10B

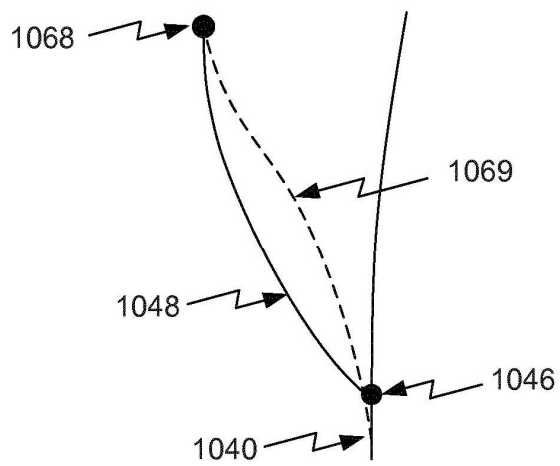
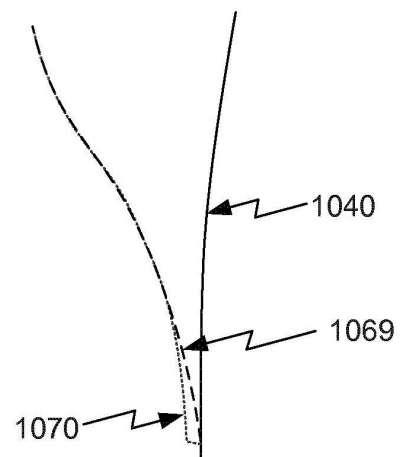
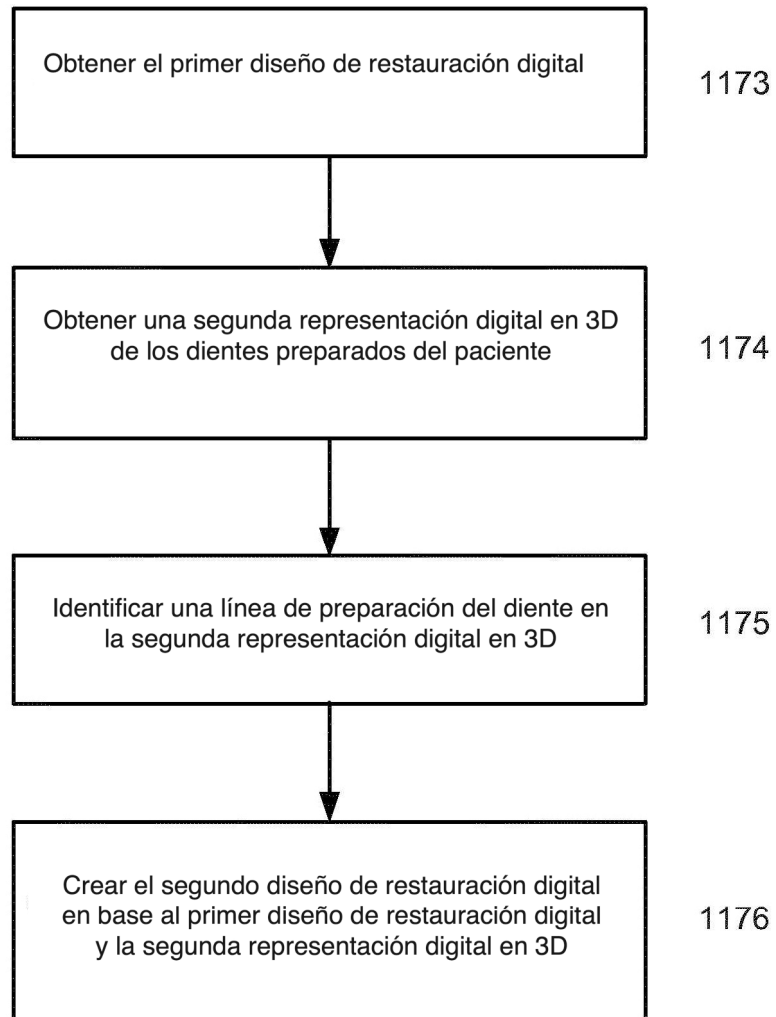


Fig. 10C



1172



*Fig. 11*

Fig. 12A

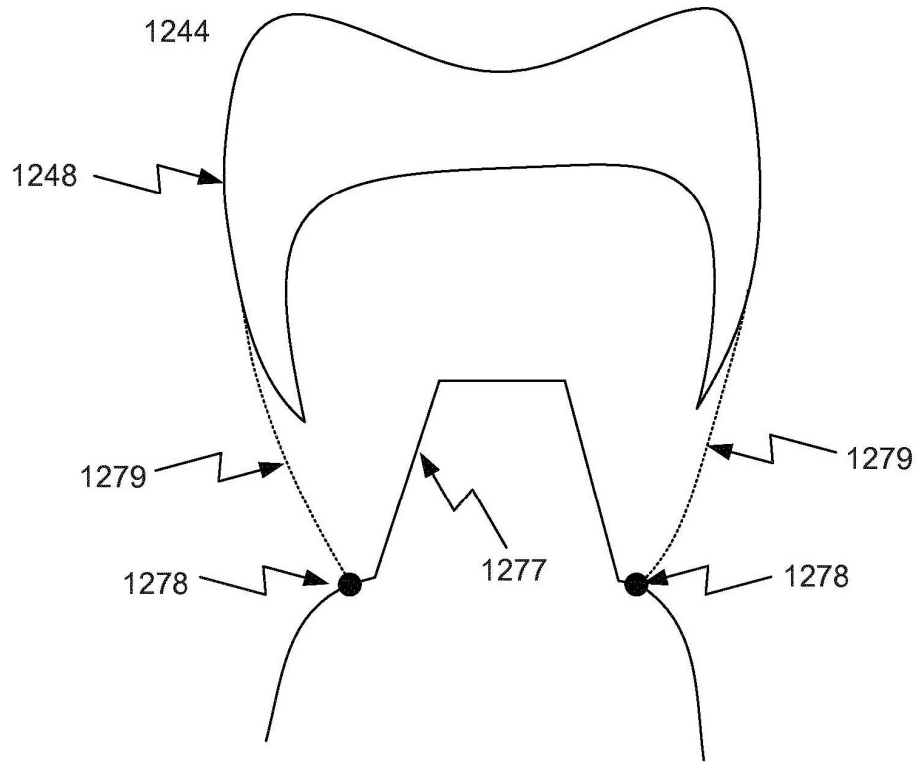


Fig. 12B

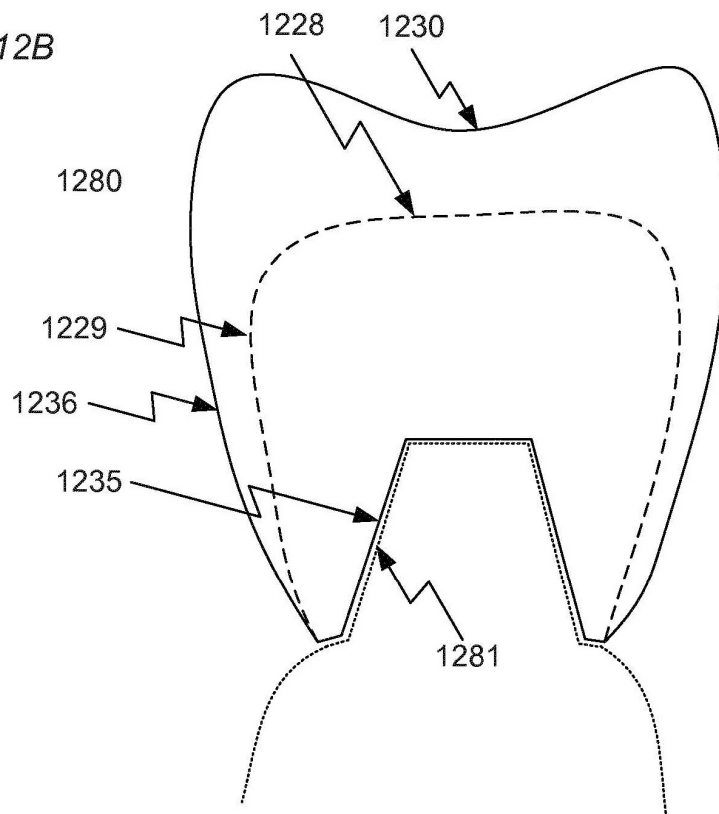


Fig. 13

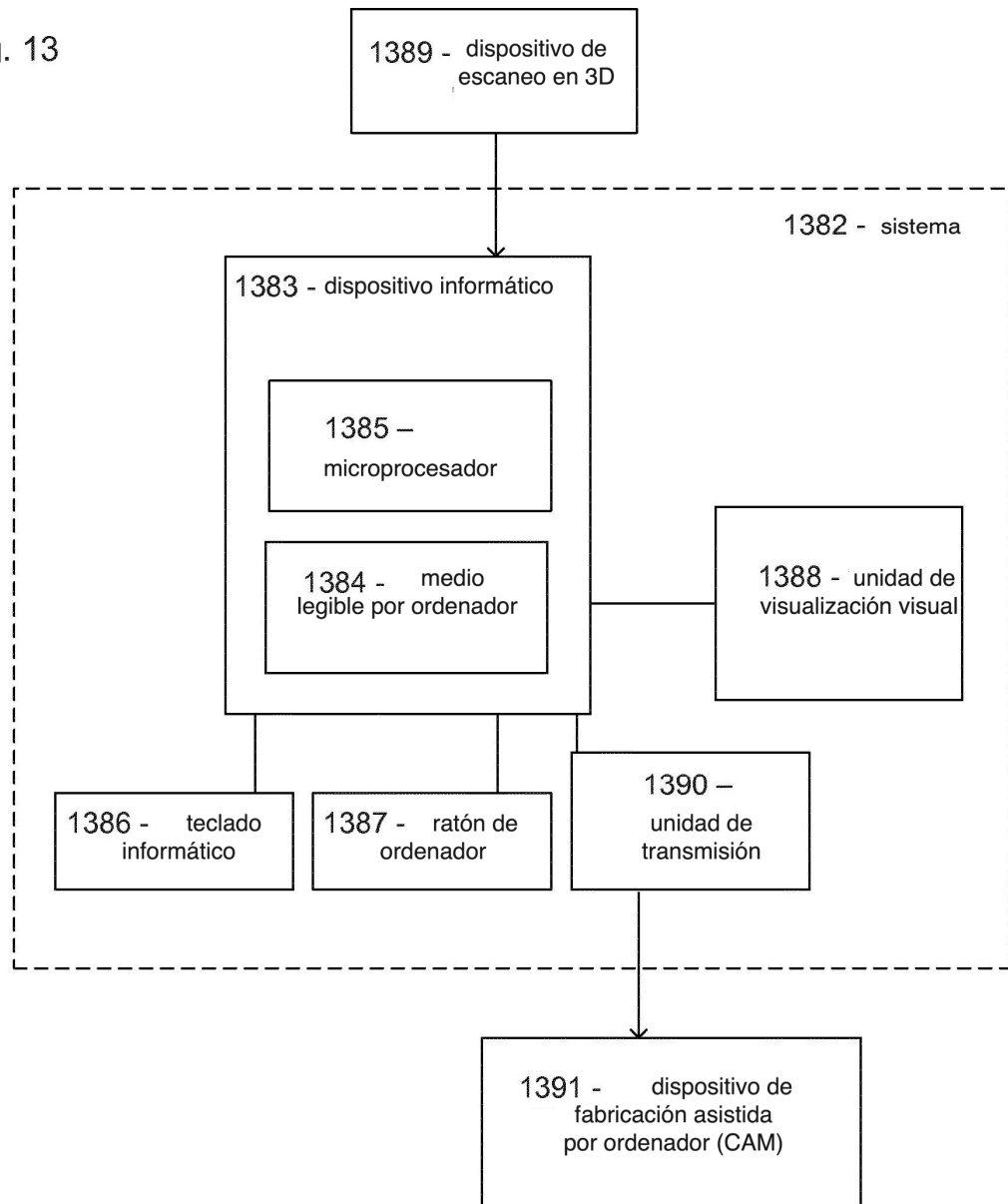
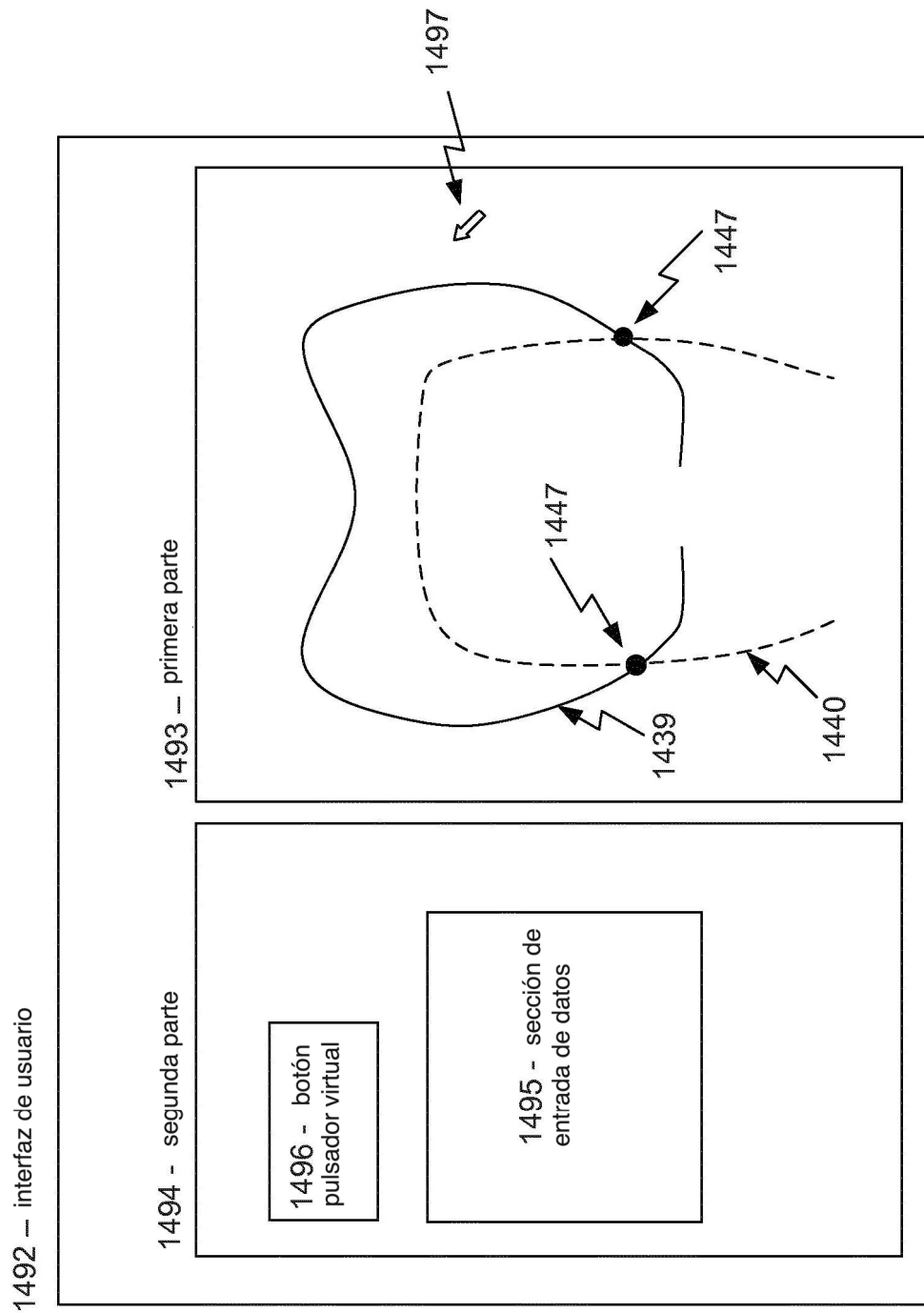


Fig.14



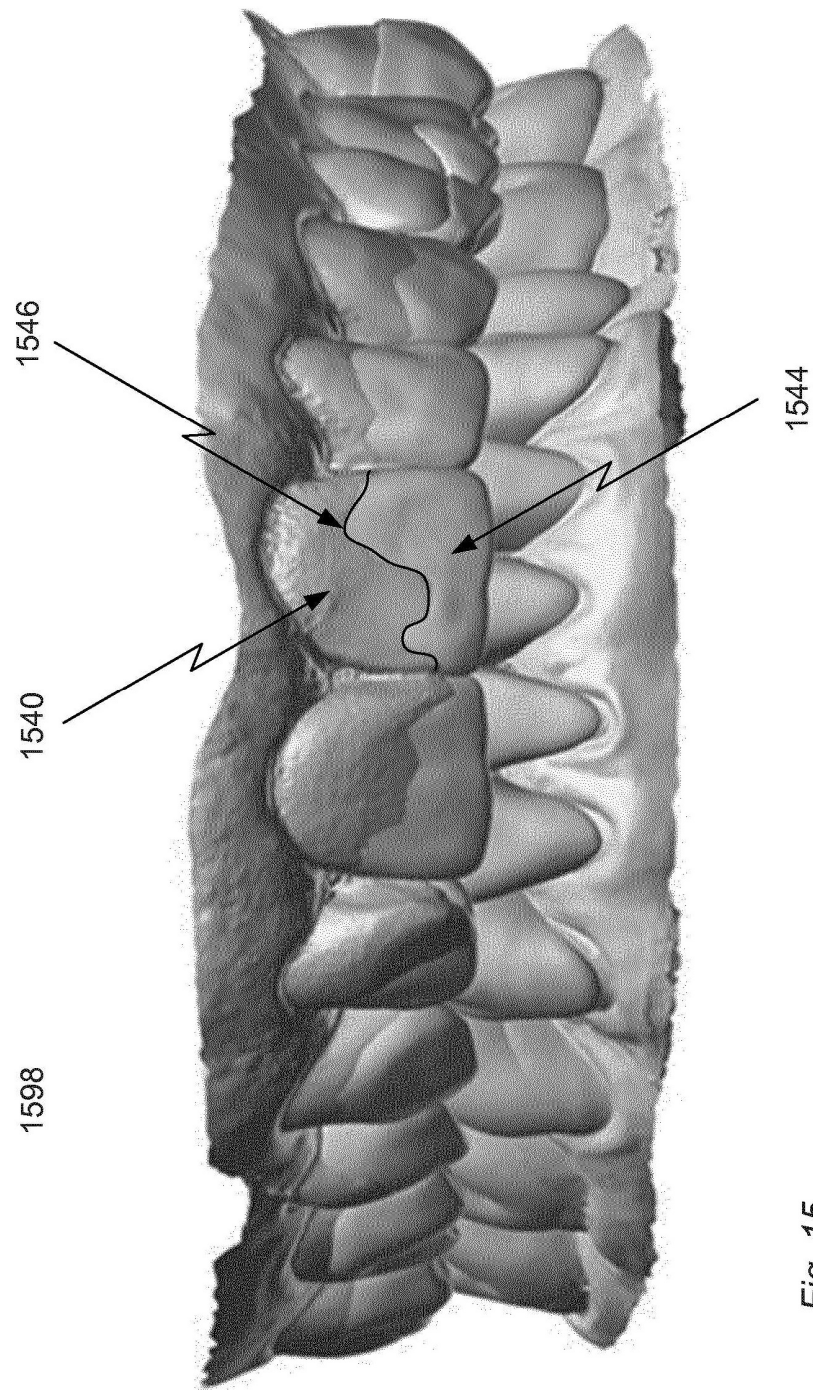
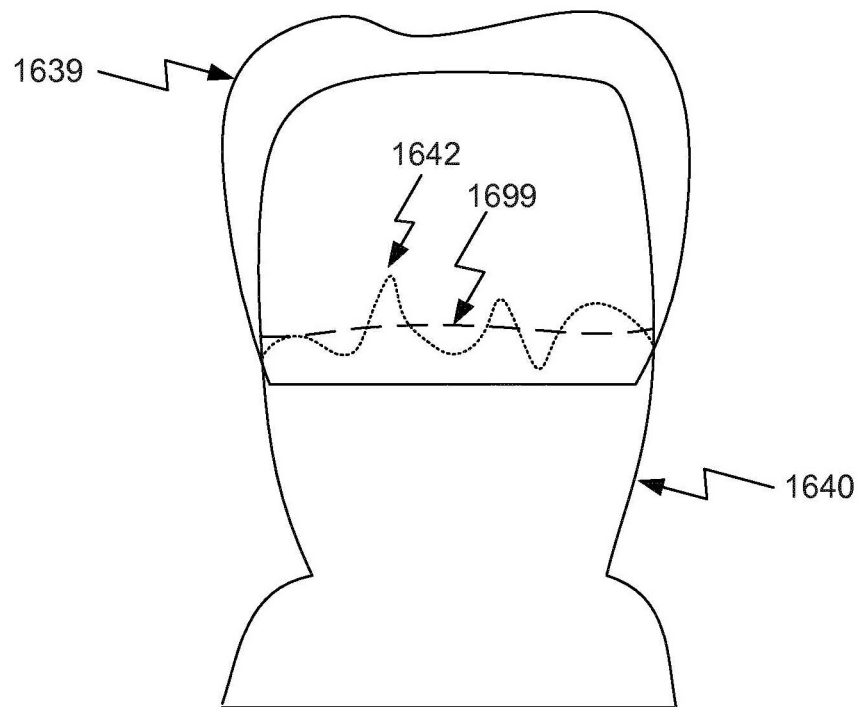


Fig. 15



*Fig. 16*