

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 960 484**

51 Int. Cl.:

**A61C 7/00** (2006.01)

**A61C 7/08** (2006.01)

**B33Y 10/00** (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.12.2018 PCT/US2018/065649**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.08.2019 WO19152104**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.12.2018 E 18903717 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.07.2023 EP 3745989**

54 Título: **Aparatos dentales que tienen disposiciones de tensión de material específicas para el paciente y procedimiento de fabricación asociado**

30 Prioridad:

**31.01.2018 US 201815884463**

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

**05.03.2024**

73 Titular/es:

**CLEARCORRECT OPERATING, LLC (100.0%)  
21 Cypress Blvd. Suite 1010  
Round Rock, TX 78665, US**

72 Inventor/es:

**MOORE, MARBERT**

74 Agente/Representante:

**GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo**

ES 2 960 484 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**

Aparatos dentales que tienen disposiciones de tensión de material específicas para el paciente y procedimiento de fabricación asociado

**ANTECEDENTES**

5 Los aparatos dentales para enderezar los dientes se construyen cada vez más con un poliuretano termoformado transparente en lugar de "aparatos" de base metálica. Dichos aparatos o "alineadores" tienen una elasticidad y dureza uniformes en todo su material termoformado. Al crear un conjunto de alineadores que tienen cambios incrementales en las dimensiones/porciones receptoras de los dientes, se puede impulsar a los dientes a seguir un plan de tratamiento de manera incremental, con el tiempo. En uso, un paciente introducirá periódicamente un nuevo aparato de forma seriada como una forma de desplazar los dientes de acuerdo con el plan de tratamiento.

10 La presente divulgación está dirigida a un aparato dental que tiene propiedades de tensión del material personalizadas a nivel de vóxel. Al utilizar tecnologías de formación basadas en vóxeles (por ejemplo, impresión tridimensional), las fuerzas de tensión estáticas y dinámicas se pueden personalizar según las necesidades específicas de un paciente para desplazar incrementalmente los dientes desde una disposición dental inicial hasta una disposición dental final de una manera más rentable y eficiente. La presente divulgación incluye además un procedimiento para determinar uno o más alineadores que tienen disposiciones de vóxeles volumétricos para acondicionar la disposición de dientes inicial a la disposición de dientes final de acuerdo con el plan de tratamiento. Los aparatos y procedimientos de la presente divulgación permiten proporcionar una elasticidad y dureza personalizadas en cada parte espacial y temporal de su plan de tratamiento.

15 El documento US 2014/315153 A1 describe un procedimiento en el que un dispositivo computacional genera un diseño de un molde negativo de dientes.

**SUMARIO**

La invención se define por las características de las reivindicaciones independientes.

25 La descripción general anterior de las implementaciones ilustrativas y la siguiente descripción detallada de las mismas son aspectos meramente ejemplares de las enseñanzas de esta divulgación, y no son restrictivas.

30 En una realización ilustrativa, se proporciona un aparato dental que incluye una matriz de vóxeles impresos que tienen una forma tridimensional de un arco dental para rodear un conjunto de dientes correspondiente a una primera alineación de los dientes de un paciente, la forma del diente arco que tiene un lado lingual, una superficie oclusal y un lado facial, donde cada vóxel incluye uno o más materiales depositados para adherirse a un vóxel adyacente, y donde la matriz de vóxeles impresos aplica una fuerza a uno o más dientes del conjunto de dientes que hacen que uno o más dientes se desplacen hacia una segunda alineación dental.

En una realización ilustrativa, la matriz de vóxeles impresos incluye una o más secciones de elasticidad variable, donde cada sección de elasticidad variable aplica una fuerza local a uno o más dientes del conjunto de dientes provocando que uno o más dientes se desplacen.

35 En una realización ilustrativa, la matriz de vóxeles impresos incluye una capa blanda hecha de un material más blando para interconectarse con un tejido del paciente (por ejemplo, encía).

En una realización ilustrativa, la matriz de vóxeles tiene uno o más vóxeles formados a partir de una primera resina con un primer durómetro y uno o más vóxeles formados a partir de una segunda resina con un segundo durómetro.

En una realización ilustrativa, el primer durómetro se considera duro y el segundo durómetro se considera blando.

40 En una realización ilustrativa, al menos una de la primera resina y la segunda resina tiene un color distintivo.

En una realización ilustrativa, al menos una porción de la primera resina y la segunda resina se mezclan antes del curado.

En una realización ilustrativa, la matriz de vóxeles impresos incluye uno o más conectores para inducir una tensión entre vóxeles disjuntos.

45 En una realización ilustrativa, al menos uno de uno o más conectores actúa sobre un lado lingual del arco dental para efectuar el movimiento de los dientes.

En una realización ilustrativa, al menos uno de uno o más conectores forma una tensión entre un lado lingual de un diente y un lado facial de al menos uno de los dientes y otro diente.

50 En una realización ilustrativa, al menos uno de uno o más conectores forma un miembro de compresión que empuja y/o gira los dientes para separarlos.

5 En una realización ilustrativa, un sistema para imprimir un aparato dental incluye una impresora que tiene circuitos de procesamiento para recibir instrucciones de impresión para imprimir una matriz de vóxeles individuales en una forma 3D de un arco dental basándose en una primera alineación de los dientes de un paciente. un posicionador para moverse en el espacio 3D de acuerdo con las instrucciones de impresión, un conjunto de cabezal de impresión, que se fija al posicionador, que incluye uno o más cabezales de impresión, cada cabezal de impresión para depositar un material en una ubicación de vóxel, un moldeador (por ejemplo, rodillo) para dar forma al material depositado, y un acondicionador (por ejemplo, calentador/enfriador, rociador, luz UV) para acondicionar el material depositado.

10 En una realización ilustrativa, el posicionador incluye un soporte para desplazarse a lo largo de un primer carril en un eje x y un segundo carril en un eje y, y el conjunto de cabezal de impresión está asegurado al soporte para moverse hacia adelante y hacia atrás a lo largo cada carril mediante correas posicionadas por motores.

En una realización ilustrativa, el posicionador incluye un brazo robótico para posicionar el conjunto del cabezal de impresión en el espacio 3D en cualquier orientación.

15 En una realización ilustrativa, el sistema incluye además un sistema de imágenes médicas para determinar la alineación de los primeros dientes de un paciente; y donde el sistema de imágenes médicas está en comunicación con la impresora.

20 En una realización ilustrativa, un procedimiento para formar uno o más dispositivos alineadores incluye recibir una primera alineación de dientes; identificar una disposición de alineación de los segundos dientes basándose en la alineación de los primeros dientes; determinar uno o más alineadores para condicionar la alineación de los primeros dientes a la alineación de los segundos dientes, teniendo cada alineador una disposición de vóxel volumétrica; y determinar instrucciones de impresión para imprimir cada alineador con una disposición de vóxel volumétrica respectiva.

En una realización ilustrativa, el procedimiento incluye además imprimir cada alineador basándose en las instrucciones de impresión.

25 En una realización ilustrativa, imprimir cada alineador incluye además depositar una o más gotitas del primer material en una primera posición (x, y, z) de una matriz de vóxeles; compactar todas las gotitas depositadas en una capa depositada; y proporcionar acondicionamiento (por ejemplo, luz ultravioleta) a todas las gotitas depositadas.

30 En una realización ilustrativa, determinar la disposición de vóxeles volumétricos de cada alineador incluye determinar, para cada alineador, un número de tensiones iterativas necesarias para provocar la disposición de alineación de los segundos dientes; determinar, para cada porción de alineador, un módulo elástico parcial para inducir una tensión respectiva de las tensiones iterativas; y determinar, para cada porción de alineador, una disposición de vóxel volumétrico que tiene el módulo elástico parcial.

En una realización ilustrativa, determinar la disposición volumétrica de vóxeles de cada alineador incluye además seleccionar una primera resina y una segunda resina, donde una mezcla de la primera resina y la segunda resina forma el módulo elástico parcial.

### 35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS VARIAS VISTAS DE LOS DIBUJOS

40 Los dibujos adjuntos, que se incorporan y constituyen parte de la memoria descriptiva, ilustran una o más realizaciones y, junto con la descripción, explican estas realizaciones. Los dibujos adjuntos no necesariamente se han realizado a escala. Los valores de dimensiones ilustrados en los gráficos y figuras adjuntos tienen fines ilustrativos únicamente y pueden representar o no valores o dimensiones reales o preferidos. Cuando corresponda, es posible que algunas o todas las características no se ilustren para ayudar en la descripción de las características subyacentes. En los dibujos:

La figura 1A es una vista en perspectiva de un dispositivo alineador de acuerdo con una realización ejemplar;

La figura 1B es una vista en perspectiva de un molar que muestra una porción del dispositivo alineador de la figura 1A;

45 La figura 1C es una vista ampliada de la porción del alineador de la figura 1B que incluye una matriz de volumen discreto impreso de materiales según una realización ejemplar;

La figura 1D muestra una vista en sección transversal del dispositivo alineador de la figura 1A que tiene una capa de interfaz que linda con una porción de la encía del paciente de acuerdo con una realización ejemplar;

La figura 2A es una vista en sección transversal de la porción del alineador de la figura 1B que muestra una matriz ejemplar de vóxeles;

50 La figura 2B es una vista en sección transversal de una porción del alineador de la figura 1B que muestra una segunda matriz de vóxeles a modo de ejemplo;

La figura 2C es una vista en sección transversal de una porción del alineador de la figura 1B que muestra una tercera matriz de vóxeles a modo de ejemplo;

55 La figura 3A es una vista en perspectiva de dos molares, una porción de una estructura de alineador que hace contacto con cada molar y una varilla/conector que forma una correa de fuerza entre los dos molares según la invención;

La figura 3B es una vista en perspectiva ampliada de la varilla/conector de la figura 3A aislado de la pared del

alineador según la invención;

La figura 4 es una vista en perspectiva ampliada de una varilla/conector aislado de la pared del alineador de la figura 3A, donde la varilla/conector incluye varias capas centrales según una realización ejemplar;

La figura 5 es una vista en planta de un alineador que tiene uno o más conectores según una realización ejemplar;

5 La figura 6A es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar para imprimir directamente un alineador según una realización ejemplar;

La figura 6B es un diagrama de bloques de hardware del circuito de control del sistema según una realización ejemplar;

10 La figura 6C es una vista en perspectiva de una impresora 3D que tiene un conjunto de cabezal de impresión configurado para imprimir un alineador según una realización ejemplar;

La figura 7A es una vista en perspectiva de una capa impresa de una porción de un dispositivo alineador ejemplar según una realización ejemplar;

La figura 7B es una vista superior de la porción de capa impresa de la figura 7A que ilustra gotitas de material depositadas en vóxeles predeterminados según una realización ejemplar;

15 La figura 7C es una vista lateral de la porción de capa impresa de la figura 7A que ilustra formas no uniformes de las gotitas de material depositadas según una realización ejemplar;

La figura 7D es una vista lateral de un dispositivo moldeador que comprime las formas no uniformes de las gotitas de la figura 7C en formas uniformes según una realización ejemplar;

20 La figura 8A es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para formar un dispositivo alineador que tiene una disposición de vóxel específica del paciente según una realización ejemplar;

La figura 8B es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para determinar una disposición de vóxeles volumétricos de cada alineador; y

25 La figura 8C es un diagrama de flujo de una realización ejemplar de un procedimiento para formar uno o más dispositivos alineadores que tienen una disposición de vóxeles específica del paciente de acuerdo con una realización ejemplar basada en las instrucciones de impresión.

La figura 9 representa un procedimiento de impresión de una realización ejemplar de producción de cuerpos y superficies curvilíneas con vóxeles escalonados con control de qué material se incluye en cada vóxel.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 La descripción que se establece a continuación en relación con los dibujos adjuntos pretende ser una descripción de diversas realizaciones ilustrativas de la materia patentable objeto divulgada. Las características y funcionalidades específicas se describen en relación con cada realización ejemplar.

35 Debe observarse que, tal como se utiliza en la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, las formas singulares "un", "una" y "el/la" incluyen referentes plurales a menos que el contexto indique expresamente lo contrario. Es decir, a menos que se especifique expresamente lo contrario, tal como se utilizan en el presente documento las palabras "un", "una", "el/la" y similares tienen el significado de "uno o más". Además, debe entenderse que términos tales como "izquierda", "derecha", "arriba", "abajo", "delantero", "trasero", "lateral", "alto", "largo", "ancho", "superior", "inferior", "interior", "exterior", "interno", "externo" y similares que pueden usarse en el presente documento simplemente describen puntos de referencia y no necesariamente limitan las realizaciones de la presente divulgación a cualquier orientación o configuración particular. Además, términos tales como "primero", "segundo", "tercero", etc., simplemente identifican una de una serie de partes, componentes, etapas, operaciones, funciones y/o puntos de referencia como se divulgan en el presente documento, y de la misma manera no limitan necesariamente las realizaciones de la presente divulgación a ninguna configuración u orientación particular.

40 Además, los términos "aproximadamente", "alrededor", "próximo", "variación menor" y términos similares generalmente se refieren a rangos que incluyen el valor identificado dentro de un margen del 20 %, 10 % o preferiblemente 5 % en ciertas realizaciones, y cualquier valor entre ellas.

45 Algunos aspectos de la presente divulgación están dirigidos a un aparato dental y a un procedimiento para formar un aparato dental en el que el aparato dental se representa generando un modelo tridimensional del aparato dental legible por ordenador basado en vóxeles. En algunas implementaciones, un vóxel es un elemento que representa un espacio tridimensional (píxel de volumen). Un artículo imprimible tridimensional se puede representar en un modelo tridimensional legible por ordenador mediante la definición de una matriz de vóxeles. La matriz de vóxeles puede incluir un único material, o los vóxeles vecinos pueden incluir diferentes materiales. Por ejemplo, un proceso para formar el aparato dental puede incluir la impresión tridimensional de una matriz de volúmenes impresos individualmente de diferentes materiales en un patrón para personalizar las propiedades estructurales del aparato dental para un uso específico. En algunos ejemplos, cada vóxel del modelo tridimensional legible por ordenador se puede imprimir como un volumen discreto de material que tiene un ancho, alto y largo. En algunas implementaciones, cada volumen discreto impreso de material se puede acondicionar después de la dispersión para ajustarse a un atributo de un vóxel respectivo. En un ejemplo, el acondicionamiento puede incluir tratamiento UV, calentamiento/enfriamiento o moldeo mecánico tal como aplanamiento.

60 En algunas implementaciones, se puede formar un aparato dental para que tenga rigidez variable en una variedad de maneras. El aparato dental puede configurarse para que tenga rigidez variable depositando diferentes patrones de dos o más materiales. En un ejemplo, los dos o más materiales pueden configurarse para interactuar antes del curado,

lo que da como resultado un módulo elástico variable. En otro ejemplo, el aparato dental puede configurarse para que tenga rigidez variable incluyendo una o más varillas/conectores, que forman una correa de fuerza entre dos áreas espacialmente separadas.

5 La figura 1A es un dibujo de una vista en perspectiva de un aparato mostrado como un alineador 100 según una realización preferida. En un aspecto, el alineador 100 está formado por una matriz de volúmenes discretos de material, donde cada volumen discreto de material impreso está asociado con un vóxel. En algunas implementaciones, un vóxel es una interpretación digital de un artículo impreso en 3D. Cuando se describen imágenes 2D (por ejemplo, fotocopiadoras/impresoras de oficina, pantallas de ordenador, televisores), un elemento discreto más pequeño de color se llama píxel. Con respecto a las impresoras 3D, un volumen discreto más pequeño de material puede considerarse un píxel o vóxel volumétrico. Cuando corresponda, se puede hacer referencia a cada volumen discreto impreso de material mediante su vóxel asociado.

15 En algunas implementaciones, el alineador 100 está formado a partir de una matriz de volúmenes discretos (o vóxeles) entremezclados de uno o más tipos diferentes de material. En un ejemplo, un alineador puede tener un espesor de 250 a 750 micras (0,010 a 0,030 pulgadas), lo que puede corresponder a aproximadamente 5 a 15 capas de espesor de vóxeles de 50 micras. En un ejemplo, se pueden imprimir o colocar al mismo tiempo dos tipos de resina transparente (por ejemplo, blanda/dura) que sean biocompatibles. En un ejemplo, uno o más materiales de alineador pueden incluir un mínimo de dos resinas biocompatibles, cada una de las cuales tiene un durómetro único. Un durómetro es un descriptor que proporciona una indicación de la dureza de materiales elastoméricos y plásticos, desde caucho blando hasta plásticos rígidos. En algunas implementaciones, los materiales que se utilizarán en la fabricación del alineador 20 100 pueden variar en dureza desde aproximadamente tan duros como el hueso hasta aproximadamente tan suaves como las bandas de goma. En un ejemplo, una primera resina puede tener un primer durómetro, que se considera duro, y una segunda resina puede tener un segundo durómetro, que se considera blando. Los materiales de ejemplo de una primera resina (dura) pueden ser de una familia de acrílicos. Los materiales de ejemplo de una segunda resina (blanda) pueden ser del grupo de materiales conocidos como polímeros elastoméricos, comúnmente denominados caucho. En un aspecto, la primera y segunda resina pueden tener diferentes consistencias, dependiendo del movimiento deseado para lograr el plan de tratamiento.

25 En un aspecto, se pueden imprimir múltiples materiales únicos en una matriz diseñada para lograr un rendimiento equivalente o superior a los alineadores de poliuretano termoformados para lograr un equilibrio de rigidez y flexibilidad. Debido a la naturaleza del servicio, un alineador puede requerir una combinación de dureza y elasticidad para proporcionar durabilidad mientras se aplica una fuerza motriz para impulsar los dientes del usuario a una posición corregida. Por ejemplo, la dureza de un alineador se puede caracterizar por tener una resistencia corporal y una rigidez (durómetro duro) para no dañarse por la compresión cuando el usuario muerde. Además, la elasticidad de un material alineador puede ser una base para aplicar una fuerza motriz para tirar o empujar los dientes del usuario a una posición corregida. En otro aspecto, las propiedades del material del alineador se pueden adaptar en función de cómo se mezcla y coloca cada material impreso dentro del alineador 100.

30 Cuando se fabrican alineadores a partir de un único material y se aplica un acondicionamiento uniforme al material impreso, el alineador puede exhibir características uniformes en todo el cuerpo del material. En otro ejemplo, se puede fabricar un alineador que tiene una matriz de vóxeles entremezclados que tienen características de material variadas, y las características del material del alineador en partes específicas del alineador se pueden modificar para lograr un comportamiento preferido. En algunos ejemplos, para proporcionar mayor dureza en las superficies oclusales, se puede fabricar un alineador que tenga una cantidad desproporcionada de material de mayor dureza ubicado en las superficies oclusales que puede estar sujeto a mayores cantidades de fuerza de compresión que otras superficies del alineador. En otro ejemplo, un borde de un alineador que se interconecta con la encía de un paciente puede necesitar mayor elasticidad y flexibilidad para no deformar la encía del paciente y causar molestias. Hay muchas otras necesidades que pueden satisfacerse u optimizarse en gran medida en virtud de la colocación selectiva y diseñada de un durómetro de material determinado para el propósito previsto respectivo.

35 La figura 1B es una vista en perspectiva de un diente 102 molar y una porción 100a del alineador 100 según una realización ejemplar. Para fines tautológicos, el molar 102 se representa como un cubo con aproximadamente 10 mm por lado. La porción 100a del alineador 100 se muestra con un número de vóxeles alineados en longitud 110, un número de vóxeles 112 alineados en anchura y un número de vóxeles 114 alineados en altura. Un dibujo de una vista ampliada de la porción 100a del alineador se muestra en la figura 1C que incluye una matriz de vóxeles según una realización ejemplar. (Véanse también las figuras 2A-2C). En una realización ejemplar, el alineador se puede imprimir usando una impresora disponible comercialmente, tal como una impresora Polyjet de Stratasys, Ltd. (Billerica, MA). En un aspecto, se muestra una escala relativa de resolución de impresión y conceptos de uso de una impresora Polyjet para imprimir aparatos con dos resinas diferentes: una primera resina con un durómetro suave para elasticidad y una segunda resina con un durómetro duro que proporciona dureza. En otro aspecto, con el control de vóxeles individual, la planificación del movimiento de los dientes se puede ampliar y ejecutar con una resolución más fina y una mayor previsibilidad de los movimientos.

40 En un ejemplo, la impresora puede tener capacidad de impresión de múltiples materiales para ajustar las propiedades estructurales y el rendimiento del material del alineador ajustando una distribución de diferentes tipos de vóxeles en todo el alineador. (Ver también la figura 6C). En un aspecto, las propiedades estructurales del alineador se pueden

configurar para adaptarse a las necesidades de tratamiento individuales del paciente. En algunos casos, los pacientes pueden requerir una fuerza relativamente mayor y una aplicación de fuerza más específica para lograr el movimiento deseado de un diente o grupo de dientes. Por ejemplo, rotar un diente sin trasladarlo a lo largo de la línea de la mandíbula es un ejemplo de cómo la aplicación de fuerzas específicas puede lograr una corrección dental que de otro modo sería casi imposible con los aparatos dentales actuales. Otros ejemplos incluyen hacer rodar un diente, levantar un diente u otros movimientos más complicados que se pueden lograr con abrazaderas/alambres o procedimientos de tratamiento de ortodoncia, pero no con alineadores tradicionales. En una realización ilustrativa, una o más porciones del alineador pueden incluir una porción de la matriz de vóxeles para retención/anclaje del alineador a los dientes del paciente. Por ejemplo, una porción de anclaje de la matriz de vóxeles puede rodear una cresta de potencia lingual/bucal para fijarla a uno o más dientes del paciente. Otra porción de la matriz de vóxeles puede moverse con respecto a la porción de anclaje de la matriz de vóxeles.

En una realización ilustrativa, una o más porciones del alineador pueden incluir porciones funcionales de la matriz de vóxeles para formar ayudas de ortodoncia tales como una rampa de mordida (no mostrada) y un ala para servir como punto de anclaje para una banda elástica.

## 15 Materiales

En una realización ilustrativa, el alineador 100 puede formarse a partir de uno o más materiales de alineador. En un ejemplo, los materiales de los alineadores son preferiblemente biocompatibles y pueden configurarse para colocarse al mismo tiempo. Ejemplos de materiales alineadores incluyen poliuretanos (por ejemplo, Isoplast), epoxis y metales. En un ejemplo, el material del alineador puede ser transparente o coloreado para permitir alineadores impresos con diseños en lugar de una parte uniformemente transparente como la patente de EE.UU. Publicación US20120270173A1 de Pumphrey et. al., titulada "Alineadores para dientes que se mueven progresivamente y procedimientos y aparatos para fabricar y utilizar dichos alineadores". En un ejemplo, el material del alineador se puede configurar para que tenga un color altamente visible para elementos como el marcado de piezas (por ejemplo, gráficos 2D, códigos de barras, logotipos/etiquetas) y la identificación visual de qué diente se está tratando (por ejemplo, un punto en el lado lingual). En un ejemplo, el material alineador se puede configurar para que tenga dos colores de resina claramente diferentes para verificar visualmente cada vóxel destinado a una impresión determinada.

En un ejemplo, cada vóxel puede estar hecho de sólo un tipo de material. En una realización ejemplar, se puede configurar una impresora para mezclar múltiples materiales dentro de un vóxel. En otra realización ejemplar, un vóxel estándar se puede subdividir en múltiples vóxeles de menor tamaño. Por ejemplo, un vóxel estándar se puede subdividir en dos, cuatro u ocho subvóxeles de menor tamaño.

## Capa de borde suave

La figura 1D muestra una vista en sección transversal de una porción de un alineador 100d que tiene una capa 120 de borde suave configurada para interactuar con una encía 106 del usuario. En un ejemplo, una porción interna del alineador 100 puede configurarse para interactuar con una encía y/o una interfaz 104 encía-diente (figura 1B). En un aspecto, la capa 120 de borde suave está configurada para proporcionar comodidad al usuario del alineador, que puede juzgarse en función de la interacción entre un borde del alineador y la encía. En un ejemplo, la capa 120 de borde suave puede fabricarse a partir de un material más suave y flexible que puede colocarse a lo largo de un borde de un alineador de modo que el alineador resulte reconfortante y se ajuste completamente a la forma de la encía del usuario a cualquier hora, día o semana de uso. Con control directo sobre la colocación del material, el borde del alineador se puede configurar para que se redondee con un radio completo, en términos de mecanizado. En un ejemplo, la capa 120 de borde suave puede proporcionar una cobertura gingival inferior de 1 a 2 mm, o diseñarse de cualquier manera que sea necesaria para proporcionar un ajuste cómodo y totalmente adaptable. En un ejemplo, la capa 120 de borde suave se coloca en los lados lingual y facial del alineador que cubre cada interfaz con la encía.

En algunas implementaciones, un alineador se puede fabricar a partir de una matriz de vóxeles, donde cada vóxel se puede fabricar a partir de uno o más materiales de alineador. La figura 2A es un dibujo de una sección transversal de una porción del alineador hecho a partir de una matriz de vóxeles 200a que incluye una serie de primeros vóxeles 210a y una serie de segundos vóxeles 220a según una realización ejemplar. En un ejemplo, cada vóxel puede ser una única gota impresa que está dispuesta en una posición predeterminada. En un aspecto, cada primer vóxel 210a y segundo vóxel 220a están formados a partir de un material singular que tiene una característica de flexión o módulo elástico de material singular. En conjunto, el primer vóxel 210a y el segundo vóxel 220a pueden tener un módulo elástico efectivo Ea.

En algunas implementaciones, se puede fabricar un alineador a partir de una matriz de vóxeles 200b que incluye un número de primeros vóxeles 212 y un número de segundos vóxeles conectados 230, donde un número de segundos vóxeles conectados separan cada primer vóxel según una realización ejemplar. (Ver figura 2B). En un aspecto, el número de segundos vóxeles 230 conectados puede determinar la rigidez del alineador en una o más direcciones espaciales. En un aspecto, cada número de segundos vóxeles conectados que separan cada primer vóxel puede formar una característica de flexión o módulo elástico de material singular o dinámico. En conjunto, los primeros vóxeles 212 y el número de segundos vóxeles 230 conectados pueden tener un módulo elástico efectivo Eb.

En algunas implementaciones, se puede fabricar un alineador a partir de una matriz de vóxeles 200c, donde cada vóxel adyacente puede interactuar antes del curado. La figura 2C es un dibujo de una sección transversal de una porción del alineador hecho a partir de una matriz de vóxeles 200c que incluye una cantidad de primeros vóxeles 210b y una cantidad de segundos vóxeles 220b, donde cada vóxel comparte un borde 240 mixto con al menos otro vóxel según una realización ejemplar. En algunas implementaciones, cada vóxel adyacente puede interactuar químicamente antes del curado. Por ejemplo, se puede depositar un primer material para formar un primer vóxel 210b del número de primeros vóxeles 210b y se puede depositar un segundo material adyacente al primer vóxel 210b para formar un segundo vóxel 220b del número de segundos vóxeles 220b. En un ejemplo, el borde 240 mixto puede formarse entre el primer y el segundo material depositados antes del curado. Según cada material y proceso de curado, el borde 240 mixto puede tener diferentes propiedades mecánicas. Tomados en conjunto, los primeros vóxeles 210b, los segundos vóxeles 220b y el borde 240 mixto pueden tener un módulo elástico efectivo  $E_c$ .

En algunas implementaciones, cada vóxel adyacente puede interactuar mecánicamente antes del curado. En un ejemplo, el moldeador y/o una plataforma de impresión pueden dar forma a cada vóxel adyacente para que interactúe mecánicamente antes del curado. En una realización ejemplar, al menos uno de entre el moldeador y la plataforma de impresora puede ejercer una vibración sobre los primeros y segundos materiales depositados antes del curado, de modo que los primeros y segundos materiales depositados formen una interfaz no plana en el borde 240 mixto. En un aspecto, el borde 240 mixto formado a partir de dos materiales puede tener una característica de flexión o módulo elástico de material singular que puede determinarse mediante pruebas y almacenarse en una tabla de consulta para diseño.

#### 20 Varilla/Conector

Según la presente invención reivindicada, un alineador incluye uno o más conectores configurados para introducir una tensión dinámica dentro del alineador para levantar, inclinar o girar un diente a una posición corregida. En un aspecto, la tensión dinámica puede mejorar el movimiento de uno o más dientes. Un conector es una agrupación funcional de vóxeles entremezclados que se extienden desde un diente de anclaje hasta el diente objetivo para su movimiento.

25 Volviendo a la figura 3A, se muestra un primer molar 302a con una primera porción 310a de una pared de alineador en contacto con el primer molar 302a, un segundo molar 302a con una segunda porción 310b de una pared de alineador en contacto con el segundo molar 302b, y una varilla/conector 320 dentro del alineador que forma una correa de fuerza entre los dos molares 302a-b según una realización ejemplar. En un ejemplo, la varilla/conector 320 puede configurarse para formar una correa de tensión para proporcionar tensión entre los dos molares 302a-b.

30 En un ejemplo, cada conector puede tener una disposición de vóxel volumétrico de un único material elástico con un único módulo elástico y/o durómetro. En otro ejemplo, cada conector puede tener una disposición de vóxeles volumétricos de dos o más materiales, donde cada material puede tener un módulo elástico y/o durómetro único. En un aspecto, la disposición de vóxeles volumétricos puede formar una matriz cristalina o estructura reticular según sea necesario para lograr propiedades macromateriales incluso cuando las características diseñadas específicamente son microestructuras de vóxeles organizados. En un ejemplo, la disposición volumétrica de vóxeles puede formar una matriz cristalina que está organizada estructuralmente como un cúbico centrado en las caras (FCC) y un cúbico centrado en el cuerpo (BCC), así como otras formas de describir cómo se compone la materia a nivel atómico.

40 Como se muestra en la figura 3B, en algunas implementaciones, el conector 320 incluye una disposición de vóxeles volumétricos que tiene un número de vóxeles 322 alineados en anchura, un número de vóxeles 324 alineados en altura y un número de vóxeles 326 alineados en longitud. En un ejemplo, cada varilla/conector 320 puede terminar con una característica de anclaje a los vóxeles circundantes (no mostrados).

45 En algunas implementaciones, un conector puede incluir varias capas centrales, según una realización ejemplar. La figura 4 muestra un primer molar 402a con una primera porción 410a de una pared de alineador en contacto con el primer molar 402a, un segundo molar 402b con una segunda porción 410b de una pared de alineador en contacto con el segundo molar 402b, un conector 420 y un conector 430 que incluye un número de capas 432-436 centrales dentro del alineador que forman una correa de fuerza entre los dos molares 402a-b según una realización ejemplar. En un ejemplo, cada capa central del número de capas 432-436 centrales puede tener un módulo elástico y/o durómetro único. En un ejemplo, cada varilla/conector 320 puede terminar con una característica de anclaje a los vóxeles circundantes. En un aspecto, la disposición de vóxeles volumétricos de cada conector 420/430 se puede configurar para tener un momento de inercia específico en una dirección particular. Por ejemplo, se puede diseñar una cantidad de flexión y/o torsión en una dirección particular basándose en una aplicación particular.

55 En algunas implementaciones, se pueden imprimir 3 o 4 materiales, donde las correas de fuerza pueden tener un núcleo más rígido con una, dos o más envolturas/revestimientos concéntricos de material progresivamente más suaves y elásticos, formando una estructura como un resorte de lámina o un miembro de fuerza variable multiaxial dependiendo del grado de deflexión. En un ejemplo, estas bandas de fuerza más rígidas pueden disponerse en cualquier orientación, en cualquier combinación para efectuar movimientos específicos de los dientes. En un ejemplo, la correa de fuerza se puede imprimir con control de vóxel individual con diferentes materiales (resinas) disponibles para ser dispensados para crear uno o más tipos de tensiones. Por ejemplo, se puede configurar una correa de fuerza para proporcionar una fuerza de tracción. En otro ejemplo, se puede configurar una correa de fuerza para proporcionar

una fuerza de compresión.

5 Cada conector o correa de fuerza se puede colocar en uno o más lados de un arco dental (por ejemplo, superficie facial, lingual, bucal, oclusal). En un ejemplo, se puede colocar una correa de fuerza dentro de un cuerpo del alineador desde un lado lingual de un diente, hacia arriba y sobre una superficie oclusal para alcanzar un lado facial de un diente adyacente para lograr un ajuste de actitud deseado. En un ejemplo, se puede lograr una disposición de tracción de correa de fuerza equilibrada con una o más correas de tracción que corren hacia arriba y sobre las superficies oclusales hasta una unión del lado vestibular de un diente medio en un grupo de tres dientes adyacentes.

10 En algunas implementaciones, uno o más vóxeles adyacentes que rodean un conector pueden estar ausentes o estar hechos de un material altamente flexible para no obstruir una fuerza y/o tensión de objetivos o áreas previstas en comunicación con el conector (por ejemplo, uno o más lados de un arco dental). En otro ejemplo, uno o más vóxeles adyacentes que rodean un conector pueden mejorar una fuerza y/o tensión sirviendo como punto de apoyo.

15 En algunas implementaciones, una porción de cada extremo de un conector puede quedar expuesta a una superficie del alineador para determinar la conductividad del conector. En un aspecto, la conductividad del conector se utiliza para determinar un rendimiento, un estado a lo largo del plan de tratamiento y un atributo mecánico de una porción del alineador.

#### Configuraciones de conectores

20 La figura 5 es un dibujo de una vista superior de un alineador 500 impreso que tiene uno o más conectores 530-536 según una realización ejemplar. El alineador 500 impreso se muestra colocado sobre un conjunto de dientes 501-516 correspondientes a una alineación dental. Cada conector 530-536 puede configurarse para aplicar un tipo único de tensión/deformación en uno o más dientes del conjunto de dientes 501-516 según una realización ejemplar. En un ejemplo, un conector 530 que puede aplicar una tensión/deformación en las paredes laterales de los dientes 503-504 adyacentes. Actualmente, los tratamientos de ortodoncia con abrazaderas/alambres solo se aplican en el lado facial de la arcada dental.

25 Con el control de los materiales utilizados para cada vóxel, se pueden incorporar varillas de tensión en el alineador que aplican fuerzas diseñadas específicamente para actuar en uno o más lados del arco dental para efectuar el movimiento de los dientes. En un ejemplo, una barra 530 de tracción está configurada para girar el diente 504 en el sentido de las agujas del reloj, mientras tira del diente 503 en el sentido contrario a las agujas del reloj y junta el diente 503 y el diente 504. En otro ejemplo, se muestra un conector 532 configurado para aplicar una tensión/esfuerzo sobre una superficie oclusal de los dientes 508-509 adyacentes. Las varillas construidas dentro del cuerpo de un alineador pueden ser de tracción o de compresión, dependiendo de cómo se les dé forma y deformen a medida que se instala el aparato dental. El conector 532, cuando está tensado, está configurado para tirar/rotar los lados linguales de los dientes 508 y 509 juntos. Durante la instalación del aparato dental, cuando el conector 532 se arquea/deforma, la varilla 532 de fuerza puede ser un miembro de compresión que empuja/gira los dientes 508 y 509 para separarlos.

35 En un ejemplo, se muestra un conector 534 que aplica una tensión/deformación en dos direcciones entre los dientes 509-510 adyacentes. En este caso, el conector 534 es un ejemplo de una disposición de varilla de fuerzas múltiples configurada para lograr una fuerza equilibrada; tal como inclinar el diente 509 hacia un extremo distal del arco dental sin rotarlo. En otra aplicación, dependiendo de cómo estén diseñadas y construidas las barras de fuerza, el conector 534 puede cooperar con el conector 532 para hundir el diente 509 hacia abajo mientras gira el diente 509 en el sentido de las agujas del reloj. Las aplicaciones de fuerza combinada del conector pueden aumentar drásticamente la velocidad y precisión de la corrección de la ubicación de los dientes. En un ejemplo, se muestra un conector 536 que aplica una tensión/deformación sobre esquinas opuestas de una superficie oclusal de un diente 516. En un ejemplo, el conector 536 puede considerarse como una correa de fuerza en la que se tira de un lado lingual del diente 516 hacia una base facial de 515. Se puede configurar un efecto conector combinado para hacer rodar un diente 516 desde un lado lingual hacia un lado facial mientras se inclina el diente 516 hacia adelante y se introduce el diente 516 dentro del diente 515, según un ejemplo.

En un aspecto, un conector puede actuar como un distalizador.

#### Sistema para imprimir directamente un alineador

50 La figura 6A ilustra un sistema 600 para imprimir directamente un alineador según una realización ejemplar. El sistema 600 para imprimir directamente un alineador incluye una impresora 602 en comunicación con un sistema 604 informático remoto (por ejemplo, ordenador de escritorio, servidor) que tiene circuitos de procesamiento. En un ejemplo, la impresora 602 se puede conectar directamente al sistema 604 informático remoto o a través de una red 606. En algunas implementaciones, el sistema 600 puede incluir un sistema 608 de imágenes médicas (por ejemplo, máquina de rayos X, escáner óptico) configurado para adquirir imágenes y/o orientaciones/alineaciones de los tejidos (por ejemplo, encías) y dientes de un paciente. En algunas implementaciones, el sistema 608 de imágenes médicas puede configurarse para adquirir una condición fisiológica de la encía del paciente, que puede afectar la maniobrabilidad de uno o más dientes. Por ejemplo, cuando se presenta un plan de tratamiento para su revisión, el profesional dental tiene la oportunidad de identificar aspectos particulares de cualquier dentición determinada, como

la condición del tejido de las encías, la fuerza de los dientes u otros aspectos de las limitaciones/sensibilidades del paciente (por ejemplo, dientes sensibles, coronas, implantes, encía sangrante). Estas desviaciones de la dentición estándar se pueden tener en cuenta configurando el alineador para modificar la velocidad de movimiento de los dientes y seleccionar una aplicación de fuerza segura en lugar de seleccionar ubicaciones de fuerza que representen un mayor riesgo de dañar los dientes existentes o el hueso circundante.

La impresora 602 se puede conectar directamente al sistema 608 de imágenes médicas o a través de la red 606. En un ejemplo, el sistema 600 puede incluir un módulo de diseño configurado para determinar la ubicación de cada conector dentro del alineador. En un ejemplo, el sistema 600 puede incluir un módulo de tipo impresora configurado para adaptar las instrucciones de la impresora a las capacidades de una impresora. Por ejemplo, una impresora que tenga una función adicional de exposición a los rayos UV puede requerir menos pasadas para curar un material depositado. En un ejemplo, el módulo de diseño y el módulo de tipo de impresora pueden ser parte del sistema 604 informático remoto.

El sistema 600 o la impresora 602 incluye circuitos de control configurados para cargar/controlar la dispersión de materiales de resina en el conjunto del cabezal de impresión. La resina se presenta a la impresora a través de cartuchos de suministro, donde cada cartucho es un tipo singular de resina. Los cartuchos se cargan en un gabinete que está conectado a la impresora 602, que puede configurarse manualmente o permitir que el circuito de control detecte qué resina se encuentra en qué ubicación dentro del gabinete. Dependiendo del tipo de alineador que se esté imprimiendo, el circuito de control puede gestionar qué resina se dirige a un cabezal de impresión respectivo para su dispensación durante la impresión.

La figura 6B proporciona un diagrama de bloques de hardware simplificado del circuito 650 de control del sistema 600. El circuito 650 de control puede ser parte de la impresora 602 o estar distribuido con el sistema 604 informático remoto. La descripción del circuito 650 de control no pretende ser limitante y puede incluir otros componentes además de los descritos en el presente documento. Las referencias a los circuitos 650 de control se refieren a los circuitos de uno o más circuitos de procesamiento, a los que también se puede hacer referencia indistintamente como circuitos de procesamiento. El circuito 650 de control puede incluir una unidad 652 central de procesamiento (CPU) que ejecuta uno o más procesos de software asociados con el sistema 600. Las instrucciones de software para los procesos se pueden almacenar en la memoria 654.

En algunos ejemplos, la memoria 654 puede incluir memoria volátil y no volátil y puede almacenar varios tipos de datos asociados con la ejecución de los procesos relacionados con el almacenamiento de tablas. Por ejemplo, la memoria 654 se puede usar para almacenar las tablas de búsqueda de características de flexión del material y módulos elásticos, representaciones digitales de los dientes del paciente, valores de propiedades del material de las resinas disponibles, ecuaciones de mecánica estructural para diferentes tipos de tensiones y cargas estructurales y reglas y parámetros que rigen para la disposición de los dientes.

El circuito 650 de control incluye una interfaz 656 de entrada para comunicarse con varios dispositivos que proporcionan entradas de configuración y ajustes al circuito 650 de control, tales como el sistema 604 informático remoto, la red 606 y el sistema 608 de imágenes médicas, así como cualquier otro dispositivo asociado con el sistema 600. El circuito 650 de control también incluye una interfaz 658 de salida para conectar y proporcionar información a los dispositivos 640 que se comunican con el circuito 650 de control, incluido el sistema 604 informático remoto, la red 606 y el sistema 608 de imágenes médicas, así como cualquier otro dispositivo que se comuniquen con el circuito 650 de control. El circuito 650 de control también incluye una fuente 660 de alimentación, tal como una conexión de batería o una conexión por cable a una fuente de energía eléctrica. Además, el circuito 650 de control incluye una o más interfaces 612 de comunicación, que pueden incluir interfaces de mensajería inalámbrica, que permiten que el circuito 650 de control recopile señales de sensor suministradas por sensores auxiliares. Por ejemplo, los sensores pueden proporcionar información de posicionamiento desde el soporte, el brazo móvil y el brazo robótico, así como detectar qué resina se encuentra en qué lugar dentro del gabinete.

La memoria 654 del circuito 650 de control incluye instrucciones para ejecutar uno o más motores o módulos que realizan procesos asociados con determinar instrucciones de impresión para imprimir un alineador, identificar una disposición de una segunda alineación de dientes basada en la primera alineación de dientes, y determinación de cada disposición de vóxeles volumétricos de cada alineador.

En algunas implementaciones, la comunicación inalámbrica de corto alcance se proporciona a través de tecnología de comunicación inalámbrica Bluetooth. En otras realizaciones, se pueden utilizar comunicaciones inalámbricas de banda ultra ancha (UWB) o ZigBee. El tipo de tecnología de comunicación inalámbrica que se utiliza para las implementaciones descritas en el presente documento puede basarse en varios factores que pueden incluir duración de la batería, uso de datos, seguridad y/o restricciones de línea de visión, y otras preocupaciones. En algunas realizaciones, las comunicaciones inalámbricas ZigBee o Bluetooth pueden usarse en aplicaciones donde se prioriza la seguridad del enlace. En otras realizaciones en las que la interferencia de frecuencia es una preocupación, se pueden usar comunicaciones Bluetooth o UWB ya que ambas tecnologías utilizan saltos de frecuencia adaptativos para evitar la colisión de canales. En realizaciones en las que se prioriza un total de canales de frecuencia, se pueden utilizar comunicaciones inalámbricas Bluetooth.

La figura 6C ilustra una impresora 602 que tiene un conjunto 610 de cabezal de impresión configurado para imprimir un alineador según una realización ejemplar. En algunas implementaciones, el conjunto del cabezal de impresión incluye uno o más cabezales de impresión, un moldeador (por ejemplo, un rodillo) y un acondicionador que determina la colocación y el curado de la resina. En una realización ejemplar, el acondicionador es al menos uno de una luz UV, un calentador, un enfriador y un agente activador (por ejemplo, gas/pulverización) que responde a una resina respectiva. En una realización ejemplar, el conjunto 610 de cabezal de impresión incluye múltiples cabezales de impresión donde cada cabezal de impresión es capaz de dispensar una resina diferente. En un ejemplo, uno o más de los múltiples cabezales de impresión pueden configurarse para dispensar o suministrar la misma resina. En otro ejemplo, cada cabezal de impresión se puede configurar para imprimir una resina única donde cada resina puede tener propiedades de material únicas, incluidos diferentes colores y durómetros. En una realización ejemplar, múltiples cabezales de impresión pueden estar en comunicación con un depósito compartido configurado para almacenar una primera resina.

En una realización ejemplar, el conjunto 610 de cabezal de impresión se mueve mediante cualquier número de actuadores y medios mecánicos controlados por ordenador (por ejemplo, husillo, correas, engranajes y brazos de palanca, etc.). La impresora 602 puede incluir un marco que incluye ejes redondeados, rieles perfilados, rieles deslizantes telescópicos con rodamientos de bolas y cualquier otra forma de guía controlada del conjunto 610 de cabezal de impresión. En una realización ejemplar, la impresora 602 puede incluir un soporte o carro (no mostrado) configurado para viajar a lo largo de un primer carril en un eje x (de izquierda a derecha) y un segundo carril en un eje y (de adelante hacia atrás). El conjunto 610 de cabezal de impresión puede configurarse para fijarse al soporte para moverse hacia adelante y hacia atrás a lo largo de cada carril y para ser posicionado mediante motores con respecto a una plataforma 640 de impresora. En otra realización ejemplar, la impresora 602 puede incluir un brazo robótico que tiene múltiples articulaciones, donde el conjunto 610 de cabezal de impresión puede fijarse al brazo robótico (no mostrado). En un aspecto, el brazo robótico puede posicionar el conjunto del cabezal de impresión en el espacio 3D en cualquier orientación de modo que un vóxel adyacente pueda imprimirse en cualquier dirección con respecto a un vóxel depositado (por ejemplo, superior, lateral, inferior).

En una realización ejemplar, el conjunto 610 de cabezal de impresión puede incluir varios cabezales 612a-h de impresión orientados de forma lineal a lo largo de una longitud del conjunto 610 de cabezal de impresión. En un ejemplo, los cabezales de impresión están dispuestos en una fila lineal con uno por cuatro u ocho cabezales de impresión, según el modelo de impresora. Los cabezales de impresión se pueden disponer en disposiciones alternativas para dispersar un tipo apropiado de resina con un volumen de gotitas para un vóxel en una ubicación apropiada o un vóxel en un espacio 3D. Por ejemplo, el cabezal de impresión puede tener varias filas, cada una de las cuales imprime en paralelo o en sincronía entre sí. Una primera fila de cabezales de impresión puede imprimir con una primera resina y otra fila de cabezales de impresión puede imprimir con otra resina. Un primer acondicionador 620a colocado en una posición delantera a lo largo del conjunto 610 de cabezal de impresión, un segundo acondicionador 620b colocado en una posición trasera a lo largo del conjunto 610 de cabezal de impresión y un moldeador 630 configurado para dar forma/aplanar una gota impresa. Por ejemplo, el moldeador 630 se puede ajustar en altura.

Como se muestra en la figura 6C, los cabezales 612a-h de impresión pueden estar activos tanto en serie como en paralelo. En un ejemplo, los cabezales 612a-b de impresión depositan la gota "A", el cabezal de impresión 612c deposita la gota "B" y los cabezales 612d-h de impresión depositan la gota "C", mientras que los cabezales 612a, 612d y 612f de impresión están inactivos.

En algunas implementaciones, cada gotita puede requerir múltiples exposiciones de acondicionamiento (por ejemplo, tratamiento UV). En un ejemplo, el primer acondicionador 620a puede proporcionar una primera exposición de acondicionamiento y el segundo acondicionador 620b puede proporcionar una segunda exposición de acondicionamiento. En un ejemplo, el primer/segundo acondicionador 620a-b puede suministrar acondicionamiento a múltiples filas de gotitas dispersas. En algunas implementaciones, cada gota se puede dispersar mientras el cabezal de impresión se está moviendo, donde la gota se puede formar como un volumen discreto único o una corriente alargada.

La figura 7A es un dibujo en perspectiva de una capa de una porción de un alineador impreso que tiene una disposición de vóxeles ilustrados como un patrón de cuadrícula con filas en una dirección x e y según una realización ejemplar. En un aspecto, cada vóxel 710a-b puede tener una resolución imprimible basada en las capacidades del conjunto del cabezal de impresión. En un ejemplo, cada vóxel 710a-b puede tener 42 micras de lado. Un dibujo de arriba hacia abajo de la porción del alineador impreso se muestra en la figura 7B que tiene gotitas de material depositadas en áreas de vóxel sustancialmente predeterminadas que se muestran como un patrón de cuadrícula. En la figura 7C que muestra formas sustancialmente no uniformes de las gotitas según una realización ejemplar. Se muestran varias gotas depositadas dentro de una primera capa, donde porciones de las gotas se extienden a una siguiente capa superior en una dirección z. La figura 7D es un dibujo en vista lateral de un moldeador que aplanar las formas no uniformes de las gotitas en formas uniformes según una realización ejemplar.

Método para imprimir directamente un alineador

La figura 8A es un diagrama de flujo que describe un procedimiento 800 para determinar instrucciones de impresión para una configuración de alineador para modificar una alineación de dientes según una realización ejemplar. En algunas implementaciones, el procedimiento 800 para imprimir un alineador puede incluir una serie de etapas que pueden realizarse mediante la impresora 602 (ver figura 8A). En una realización ejemplar, una o más de las etapas del procedimiento 800 pueden ser realizadas por el sistema 604 informático remoto y comunicados a la impresora 602. En otro ejemplo, el sistema 604 informático puede ser un componente integral de la impresora 602. En un ejemplo, el procedimiento 800 puede incluir recibir la alineación (810) de los primeros dientes (rayos X, CAD 3D, archivo). En una realización ejemplar, una representación digital de los dientes del paciente se almacena en un archivo de software almacenado electrónicamente en un espacio virtual como una forma curvilínea 3D, con dimensiones exactas, en la medida en que todas las superficies se conocen exacta y precisamente.

En algunas implementaciones, la primera alineación de los dientes puede ser recibida por el sistema 604 informático remoto y/o el sistema 608 de imágenes médicas. En una realización ejemplar, la representación digital de los dientes del paciente se puede almacenar como una tabla de coordenadas en un espacio 3D interpretada como una disposición de triángulos en la que cada triángulo con su cara normal define las dimensiones del vóxel. En otra realización ejemplar, la representación digital de los dientes del paciente se puede almacenar como una superficie 3D hecha de varios triángulos que definen un cuerpo en el espacio. En un ejemplo, la impresora 602 puede tener software nativo configurado para recibir los conjuntos de datos 3D (por ejemplo, la tabla de coordenadas y la superficie 3D) y reducir esos datos a píxeles volumétricos procesables, o vóxeles.

En un ejemplo, el procedimiento 800 puede incluir identificar una disposición de una segunda alineación de dientes basada en la primera alineación (820) de dientes. En una realización ejemplar, una dentición correctora de la alineación de los primeros dientes se basa en reglas que son una base de instrucciones y proporcionan una forma de evaluación y toma de decisiones por máquina/software. Algunas reglas definirán qué dientes es mejor desplazar primero, de cierta manera, y si se pueden desplazar varios dientes al mismo tiempo con un alineador determinado en una secuencia de alineadores. La máquina/software realizará evaluaciones del objetivo actual versus el objetivo final y realizará cálculos de qué movimiento(s) son lógicamente los siguientes en la secuencia de alineadores basándose en reglas y parámetros que sirven como guía para lograr dientes dispuestos de manera óptima. En algunas implementaciones, la identificación de una disposición de la segunda alineación de los dientes basada en la primera alineación de los dientes puede proporcionarse como una entrada realizada manualmente por un proveedor. En este caso, el número de tensiones iterativas necesarias para provocar la disposición de la segunda alineación de los dientes se puede determinar basándose en la disposición determinada manualmente de la segunda alineación de los dientes.

En un ejemplo, el procedimiento 800 puede determinar uno o más alineadores configurados para condicionar la primera alineación de los dientes a la segunda alineación de los dientes, teniendo cada alineador una disposición (830) de vóxel volumétrica. En un ejemplo, la disposición de vóxeles volumétricos puede tener un número de vóxeles 322 alineados en anchura, un número de vóxeles 324 alineados en altura y un número de vóxeles 326 alineados en longitud (figura 3B). La determinación de uno o más alineadores configurados para condicionar la alineación de los primeros dientes a la alineación de los segundos incluye un alineador que tiene una disposición de vóxel volumétrico con al menos un conector 320/420/430/530 de característica de alineación (figura 3B, 4 y 5). En una realización ejemplar, se puede determinar una prescripción de alineador que define cómo se debe construir un alineador basándose en procedimientos establecidos disponibles para afectar el movimiento de los dientes para la siguiente etapa en el plan de tratamiento. Dadas las opciones disponibles, se determina la forma y ubicación de un conector para lograr el efecto deseado. En un ejemplo, la determinación puede basarse en cálculos de qué fuerzas pueden ser necesarias para desplazar un diente de una posición a otra basándose en una tabla de valores de resistencia de las propiedades del material de las resinas disponibles.

En algunas implementaciones, la determinación de la disposición volumétrica de vóxeles de cada alineador se puede realizar automáticamente mediante aprendizaje automático y procedimientos recursivos para ajustarse a una plantilla o minimizar el espacio entre los dientes. La figura 8B es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para determinar la disposición volumétrica de vóxeles de cada alineador. En un ejemplo, determinar la disposición de vóxeles volumétricos de cada alineador puede incluir determinar, para cada alineador, un número de tensiones iterativas para provocar la disposición de la segunda alineación (832) de los dientes, determinar, para cada porción del alineador, un módulo de elasticidad parcial configurado para inducir una tensión respectiva de las tensiones (834) iterativas, y determinar, para cada porción del alineador, una disposición de vóxeles volumétricos para formar el módulo (836) elástico parcial. En un ejemplo, determinar una disposición de vóxeles volumétricos para formar el módulo elástico parcial puede incluir aplicar al menos un cálculo de mecánica estructural para calcular tensiones y cargas estructurales para lograr una tensión iterativa respectiva. En algunas implementaciones, determinar una disposición de vóxeles volumétricos para formar el módulo elástico parcial puede incluir además seleccionar una primera resina y una segunda resina, donde una mezcla de la primera resina y la segunda resina está configurada para formar el módulo elástico parcial. En un ejemplo, la mezcla puede tener propiedades químicas diferentes a las de la primera resina y la segunda resina.

En algunas implementaciones, cada tensión iterativa se puede determinar usando una ecuación de deflexión del haz y/o un modelo de análisis de elementos finitos. En un ejemplo, se puede hacer referencia a los cálculos de mecánica estructural en una tabla de consulta (por ejemplo, Machinery's Handbook, publicado por Industrial Press, Inc., South Norwalk, CT) de diferentes tipos de tensiones y cargas estructurales. En un ejemplo, la determinación del número de

tensiones iterativas se puede determinar basándose en reglas y parámetros rectores para disponer los dientes que pueden estar en la tabla de consulta. En otro ejemplo, la determinación del número de tensiones iterativas puede ser específica del paciente y derivarse del sistema de imágenes médicas y/u otras pruebas.

5 En algunas implementaciones, la impresora o un sistema informático remoto en comunicación con la impresora puede determinar dinámicamente el número de tensiones iterativas necesarias para provocar la disposición de la alineación de los segundos dientes. Por ejemplo, el número de tensiones iterativas se puede determinar utilizando el aprendizaje automático (es decir, inteligencia artificial) para determinar un ajuste preciso e incremental de la ubicación de cada diente en una serie de etapas para lograr una disposición óptima para cualquier dentición determinada en función de los parámetros acumulados.

10 En algunas implementaciones, la disposición de la alineación de los segundos dientes se puede determinar estableciendo un umbral de tensión para el número de tensiones iterativas. Por ejemplo, se puede establecer un umbral de tensión y se puede determinar una distancia y/o cantidad de torsión para un movimiento de diente respectivo para formar la disposición de la segunda alineación de dientes.

15 El procedimiento 800 incluye determinar instrucciones de impresión para imprimir cada alineador con una disposición (840) de vóxel volumétrica respectiva. En un ejemplo, las instrucciones de impresión pueden incluir un orden o secuencia y tiempo para eliminar cada gota usando un material particular dentro de la disposición de vóxel volumétrico. En un ejemplo, las instrucciones de impresión pueden incluir además un tratamiento previo y/o un tratamiento posterior antes y/o después de desechar cada gota dentro de la disposición de vóxel volumétrico. En una realización ejemplar, las instrucciones de impresión se pueden configurar para las capacidades de una impresora respectiva para imprimir con múltiples materiales, para resolver objetos 3D en vóxeles discretos. Además, las instrucciones de impresión pueden proporcionar el procedimiento de entrega y disposición de diferentes materiales (resinas) en la ubicación correcta de tal manera que la forma deseada pueda construirse con las características diseñadas que se calculan para que el alineador logre movimientos predeterminados de uno o más dientes. En un ejemplo, las instrucciones de impresión se pueden configurar para imprimir en una impresora de fabricación aditiva tal como una impresora Polyjet de Stratasys, Ltd. (Billerica, MA).

20 En un ejemplo, el procedimiento 800 incluye imprimir uno o más alineadores basándose en las instrucciones (850) de impresión. En una realización ejemplar, el proceso de impresión se logra construyendo una capa de vóxeles a la vez. Todos los cálculos e instrucciones sobre cómo y dónde se coloca cada gota de material durante el trabajo de impresión se pueden incluir en las instrucciones de impresión, que, en algunos ejemplos, se pueden determinar antes del inicio de la impresión. En un ejemplo, la impresora se puede configurar para discretizar el objeto 3D en vóxeles a medida que el objeto 3D se define en el espacio virtual 3D.

25 La figura 8C es un diagrama de flujo que describe un procedimiento para imprimir uno o más alineadores basándose en las instrucciones (850) de impresión según una realización ejemplar. En un ejemplo, imprimir uno o más alineadores basándose en las instrucciones de impresión puede incluir depositar una gotita de primer material en una primera posición (x, y, z) de una matriz de vóxeles según las instrucciones (852) de impresión, compactar, usando un moldeador en el cabezal de impresión, todas las gotitas depositadas en una capa (854) depositada, y proporcionando una dosis acondicionadora a todas las gotitas (856) depositadas. En un ejemplo, el etapa de proporcionar una dosis acondicionadora a todas las gotitas (856) depositadas se puede repetir varias veces en un vóxel impreso en una primera fila, durante el depósito de una gotita en otra fila. El alineador impreso, en algunas implementaciones, se puede fabricar curando capas delgadas de resinas dispensadas con luz ultravioleta, una capa a la vez. En un ejemplo, el alineador impreso puede someterse a etapas de posprocesamiento, como la limpieza, con uno de varios procedimientos aceptables.

30 Aunque se ilustra en una serie particular de eventos, en otras implementaciones, los etapas del procedimiento 800 para determinar instrucciones de impresión para una configuración de alineador para modificar una alineación de dientes se pueden realizar en un orden diferente. Por ejemplo, la determinación de uno o más de los alineadores para lograr la alineación del segundo diente (830) se puede realizar antes, después o simultáneamente con la determinación de al menos una de las instrucciones de impresión para imprimir los alineadores (840). Además, en otras realizaciones, el proceso puede incluir más o menos etapas mientras permanece dentro del alcance del proceso 200 de construcción y ejecución de consultas de la base de datos.

35 La figura 9 representa un procedimiento de impresión para producir cuerpos y superficies curvilíneos con vóxeles escalonados con control de qué material se incluye en cada vóxel. Una curva 902 que representa una porción de un cuerpo curvilíneo con un radio de curvatura de 4 mm se muestra desplazada de un borde 904 impreso de un aparato 900 impreso. En un ejemplo, cada vóxel del borde 904 impreso tiene una dimensión de aproximadamente 100 micrómetros por lado. El diseño escalonado proporciona una resolución tan fina que cuando se observa el borde 904 impreso en tamaño real, el borde 904 se ve y se siente suave, pero está construido de vóxeles, donde cada vóxel está hecho de uno o más materiales. En un aspecto, la resolución escalonada puede suavizar los bordes del aparato y producir bordes raspados para evitar molestias al usuario cuando interactúa con el tejido.

40 En un aspecto, esta divulgación proporciona un sistema y un procedimiento para construir matrices, formando fuerzas específicas para aplicar exactamente donde se necesitan, mediante impresión 3D a nivel de vóxel, de dos o más

materiales para obtener propiedades del material que no son posibles con cualquier material singular. Con este sistema, se pueden construir aparatos utilizando mecánica de origen, geometría personalizada y tablas de búsqueda para determinar una serie de tratamientos y cómo se pueden construir de manera óptima.

5 Si bien se han descrito ciertas realizaciones, estas realizaciones se han presentado a modo de ejemplo únicamente y no pretenden limitar el ámbito de las presentes divulgaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato dental que comprende:

5 una matriz de vóxeles impresos que tiene una forma tridimensional de un arco dental configurado para rodear un conjunto de dientes correspondiente a una primera alineación de los dientes de un paciente, teniendo la forma del arco dental un lado lingual, una superficie oclusal y un lado facial lado, en el que cada vóxel incluye un material depositado para adherirse a un vóxel adyacente; y  
 10 una porción de la matriz de vóxeles impresos define uno o más conectores (320), estando cada conector de uno o más conectores (320) configurado para extenderse entre un primer punto de contacto respectivo correspondiente a un diente de anclaje respectivo del conjunto de dientes y un segundo punto de contacto respectivo correspondiente a un diente objetivo respectivo del conjunto de dientes, aplicando así una fuerza al diente objetivo; en el que  
 la matriz de vóxeles impresos está configurada para aplicar una fuerza a uno o más dientes del conjunto de dientes provocando que uno o más dientes se desplacen hacia una segunda alineación de dientes.

15 2. El aparato dental de la reivindicación anterior, en el que la matriz de vóxeles impresos incluye una o más secciones de elasticidad variable, en el que cada sección de elasticidad variable está configurada para aplicar una fuerza local a uno o más dientes del conjunto de dientes que provocan el o más dientes a desplazar.

3. El aparato dental de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la matriz de vóxeles impresos incluye una capa blanda hecha de un material más blando configurado para interconectarse con la encía del paciente.

20 4. El aparato dental de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la matriz de vóxeles tiene uno o más vóxeles formados a partir de una primera resina con un primer durómetro y uno o más vóxeles formados a partir de una segunda resina con un segundo durómetro; opcionalmente en el que el primer durómetro se considera duro y el segundo durómetro se considera blando; y/o en el que al menos una porción de la primera resina y la segunda resina se mezclan antes del curado.

25 5. El aparato dental de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que una disposición de vóxel volumétrica de cada conector (320) está configurada en una o más de una forma, una o más propiedades de uno o más materiales de la disposición de vóxel volumétrica, o una disposición del uno o más materiales para aplicar la fuerza; opcionalmente en el que al menos uno de uno o más conectores (320) está configurado para actuar sobre un lado lingual del arco dental para efectuar el movimiento de los dientes.

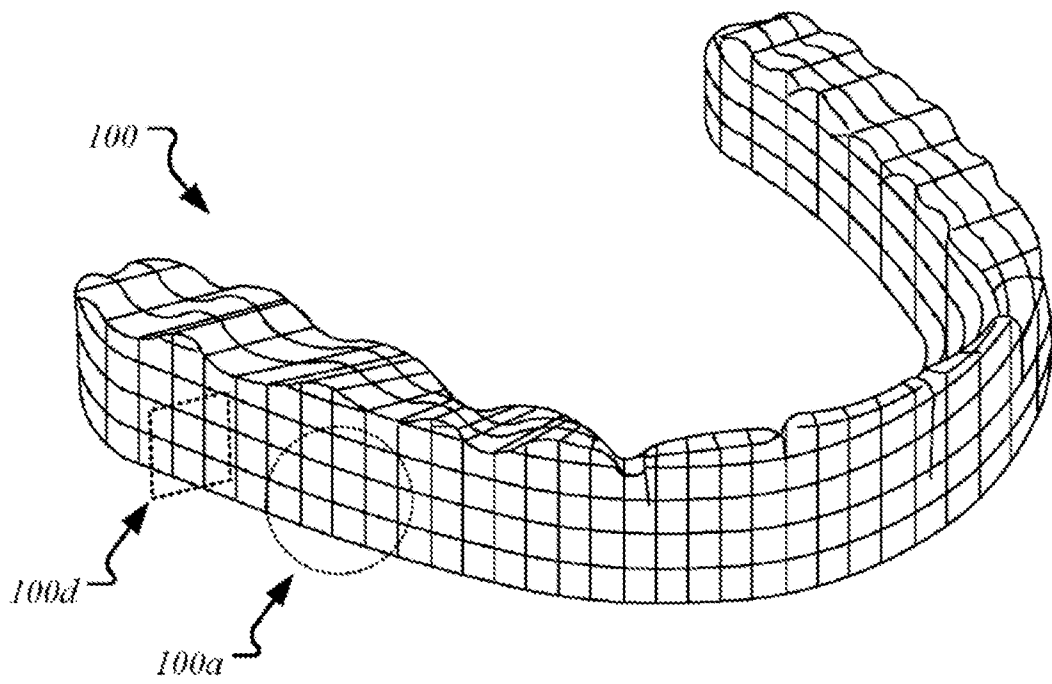
30 6. El aparato dental de la reivindicación anterior, en el que al menos uno de uno o más conectores (320) está configurado para formar una tensión entre un lado lingual de un diente y un lado facial de al menos uno del diente y otro diente; y/o en el que al menos uno de uno o más conectores (320) está configurado para formar un miembro de compresión que empuja y/o gira los dientes para separarlos.

7. Un sistema (600) para imprimir un aparato dental según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que comprende

35 una impresora (602) que tiene circuitos de procesamiento para recibir instrucciones de impresión, comprendiendo la impresora (602)  
 un posicionador para moverse en el espacio 3D según las instrucciones de impresión,  
 un conjunto (610) de cabezal de impresión, que fija al posicionador, incluyendo uno o más cabezales (612) de impresión, cada cabezal (612) de impresión para depositar un material de la pluralidad de materiales de impresión  
 40 en una ubicación de vóxel,  
 un moldeador (630) para dar forma al material depositado, y  
 un acondicionador (620a, 620b) para acondicionar el material depositado; y  
 una memoria no volátil que tiene una pluralidad de instrucciones almacenadas en ella, en el que las instrucciones, cuando se ejecutan mediante circuitos de procesamiento, hacen que los circuitos de procesamiento preparen las  
 45 instrucciones de impresión para imprimir una matriz de vóxeles individuales en una forma 3D de un arco dental basado en una primera alineación de los dientes de un paciente, en el que preparar las instrucciones de impresión comprende  
 determinar un número de tensiones iterativas necesarias para provocar que la primera alineación de los dientes del paciente se mueva a una segunda alineación de los dientes,  
 50 determinar, para cada porción del arco dental, un módulo elástico parcial respectivo para inducir una tensión respectiva de las tensiones iterativas,  
 determinar, para cada porción del arco dental, una disposición de vóxel volumétrica de uno o más materiales de una pluralidad de materiales de impresión que tienen el módulo elástico parcial respectivo, en el que una porción de la disposición de vóxel volumétrica define uno o más conectores (320), cada uno conector del uno o más  
 55 conectores (320) configurados para extenderse entre un primer punto de contacto respectivo correspondiente a un diente de anclaje respectivo del conjunto de dientes y un segundo punto de contacto respectivo correspondiente a un diente objetivo respectivo del conjunto de dientes, aplicando de ese modo una fuerza al diente objetivo, y

generar las instrucciones de impresión para imprimir el arco dental usando la impresora.

8. El sistema (600) de la reivindicación anterior del sistema, en el que:
- 5 el posicionador incluye una montura para desplazarse a lo largo de un primer carril en un eje x y a lo largo de un segundo carril en un eje y; y  
el conjunto (610) de cabezal de impresión está asegurado al soporte para moverse hacia adelante y hacia atrás a lo largo de cada riel y para ser posicionado mediante motores.
9. El sistema (600) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el posicionador incluye un brazo robótico para posicionar el conjunto (610) de cabezal de impresión en el espacio 3D en cualquier orientación.
- 10 10. El sistema (600) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores del sistema, que además comprende: un sistema (608) de imágenes médicas para determinar la alineación de los primeros dientes de un paciente; en el que el sistema (608) de imágenes médicas está en comunicación con la impresora (602).
11. El sistema (600) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el acondicionador (620a, 620b) es al menos uno de entre una luz UV, un calentador, un enfriador y un agente activador.
- 15 12. Un procedimiento para formar uno o más dispositivos alineadores según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, comprendiendo el procedimiento:
- recibir una primera alineación de los dientes;  
identificar, mediante circuitos de procesamiento, una disposición de alineación de los segundos dientes basada en la alineación de los primeros dientes;
- 20 identificar, mediante el circuito de procesamiento, una pluralidad de tensiones iterativas para desplazar un conjunto de dientes desde la primera alineación de los dientes hasta la segunda alineación de los dientes;  
determinar, mediante el circuito de procesamiento, una disposición de vóxel volumétrica respectiva para cada alineador de uno o más alineadores (100) para acondicionar la primera alineación de los dientes a la segunda alineación de los dientes, en el que determinar la disposición de vóxel volumétrica comprende
- 25 determinar, para porciones (100a) del alineador (100) respectivo, una configuración de una porción de la disposición de vóxel volumétrico que comprende una forma, una o más propiedades de dos o más materiales de la porción de la disposición de vóxel volumétrico, y una disposición de los dos o más materiales para aplicar una fuerza respectiva de la pluralidad de fuerzas iterativas; y  
determinar, mediante el circuito de procesamiento, imprimir instrucciones para imprimir la disposición de vóxel volumétrica respectiva de cada alineador (100) de uno o más alineadores (100), en el que una parte de la disposición de vóxel volumétrico define uno o más conectores (320), cada uno conector del uno o más conectores (320) configurados para extenderse entre un primer punto de contacto respectivo correspondiente a un diente de anclaje respectivo del conjunto de dientes y un segundo punto de contacto respectivo correspondiente a un diente objetivo respectivo del conjunto de dientes, aplicando de ese modo una fuerza al diente objetivo.
- 30 13. El procedimiento de la reivindicación anterior, que comprende además imprimir cada alineador (100) basándose en las instrucciones de impresión; opcionalmente, en el que imprimir cada alineador (100) comprende depositar una o más gotitas del primer material en una primera posición, x, y, z, de una matriz de vóxeles, y proporcionar un acondicionador (620a, 620b) a todas las gotitas depositadas.
- 40 14. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que determinar la disposición de vóxeles volumétricos de cada alineador (100) comprende:
- determinar, para cada alineador (100), un número de tensiones iterativas necesarias para provocar la disposición de la alineación de los segundos dientes;  
determinar, para cada porción (100a) del alineador (100), un módulo elástico parcial para inducir una tensión respectiva de las tensiones iterativas; y
- 45 determinar, para cada porción (100a) del alineador (100), una disposición de vóxel volumétrico que tiene el módulo elástico parcial.
15. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además seleccionar, mediante el circuito de procesamiento, una primera resina y una segunda resina, en el que una mezcla de la primera resina y la segunda resina forma el módulo elástico parcial.



*FIG. 1A*

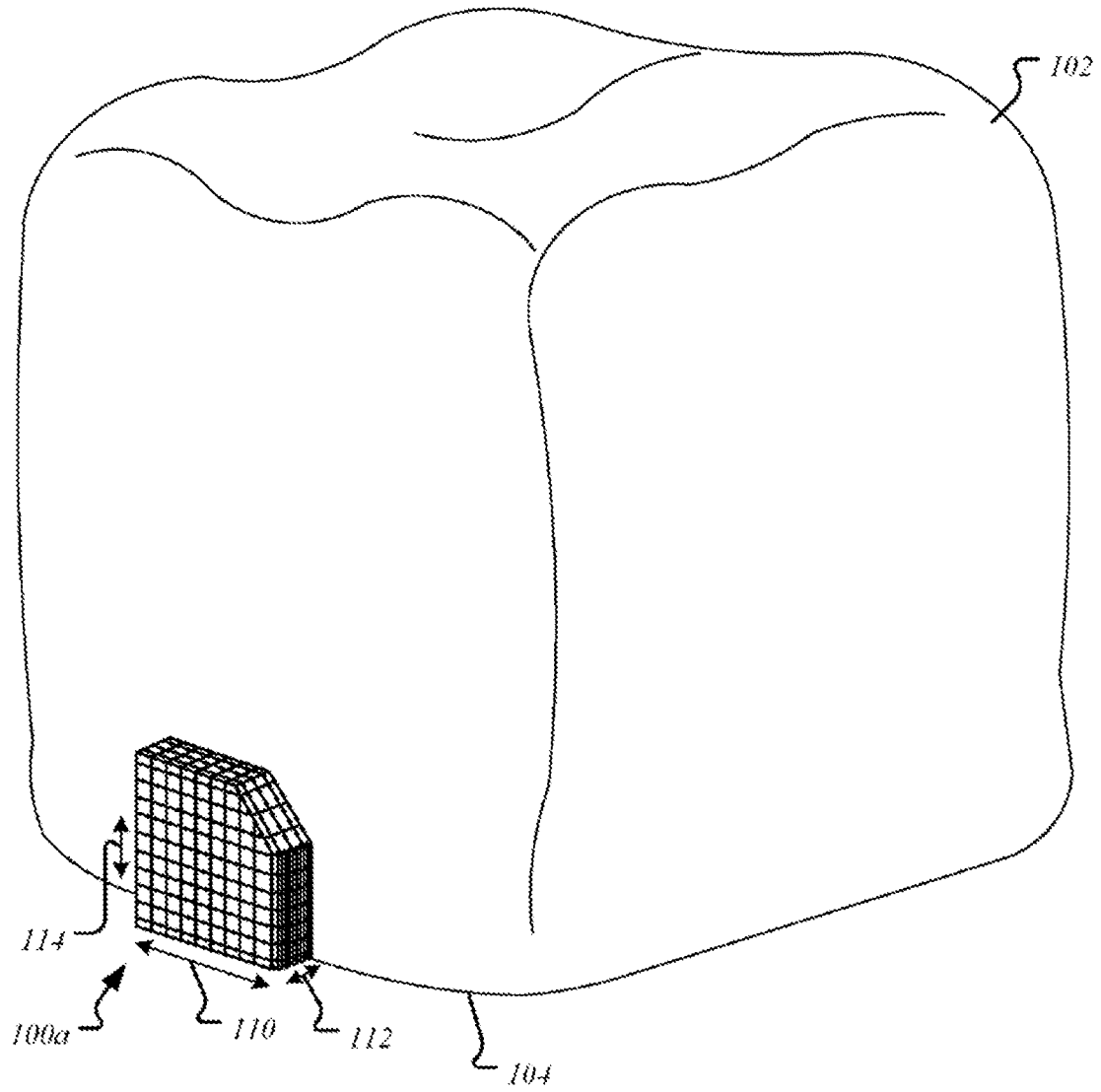


FIG. 1B

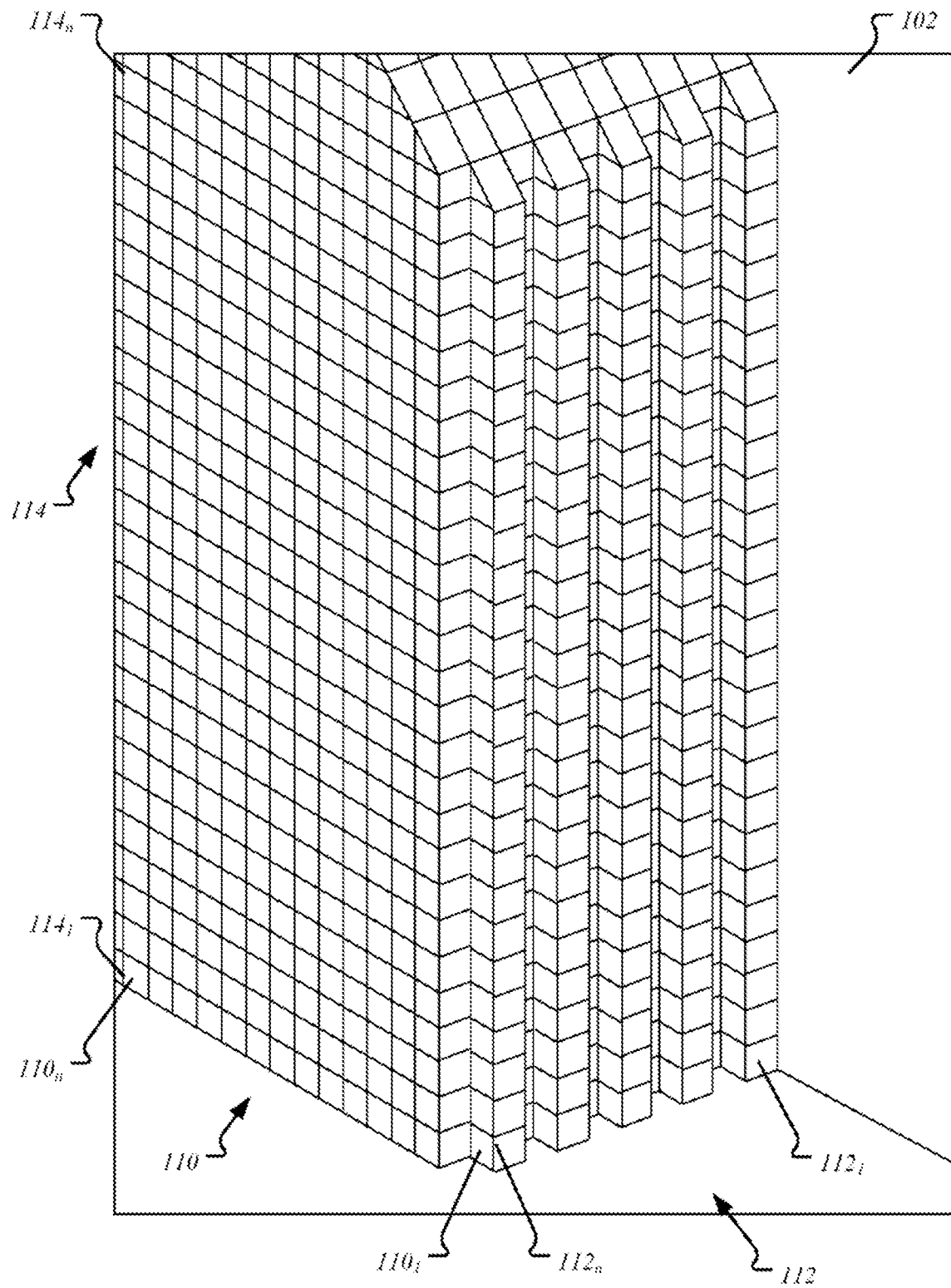
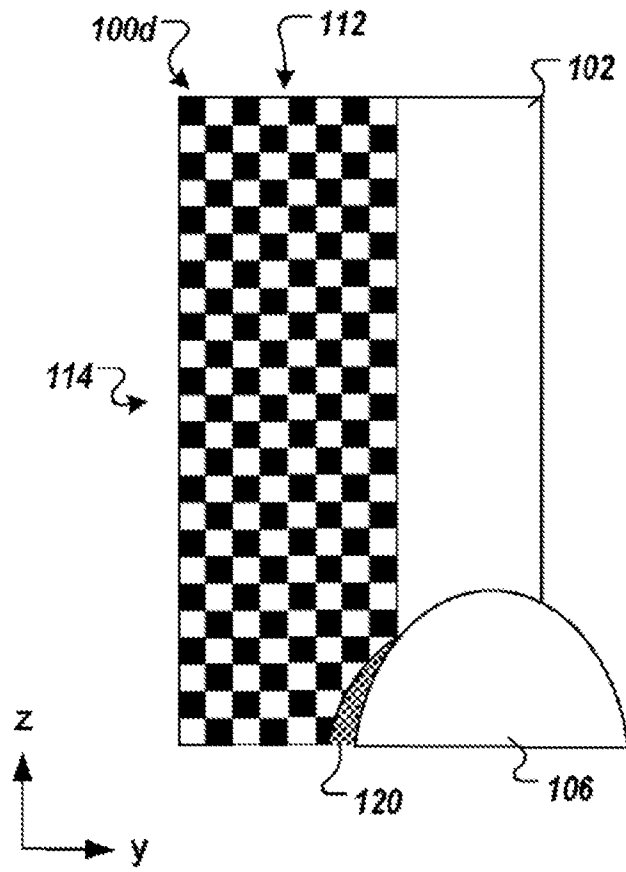


FIG. 1C



*FIG. 1D*

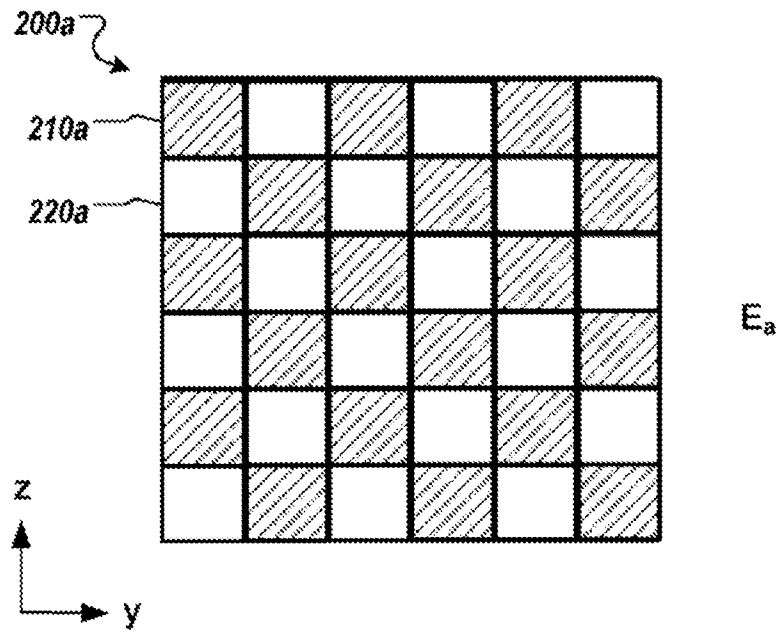


FIG. 2A

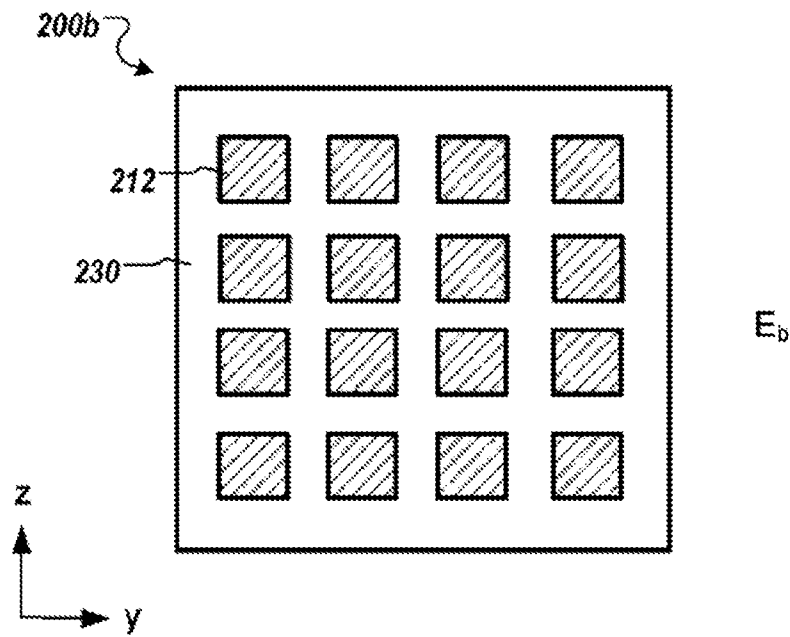


FIG. 2B

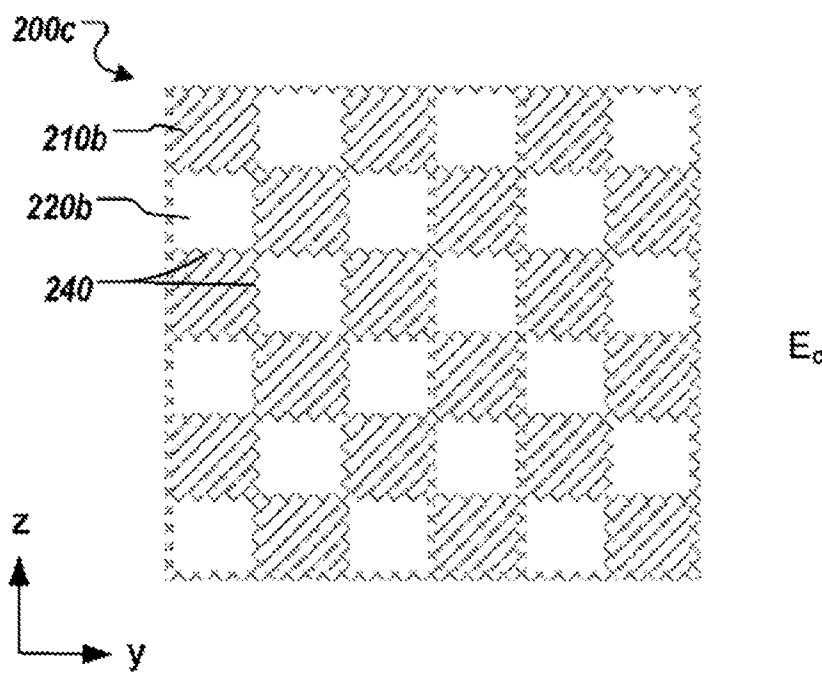


FIG. 2C

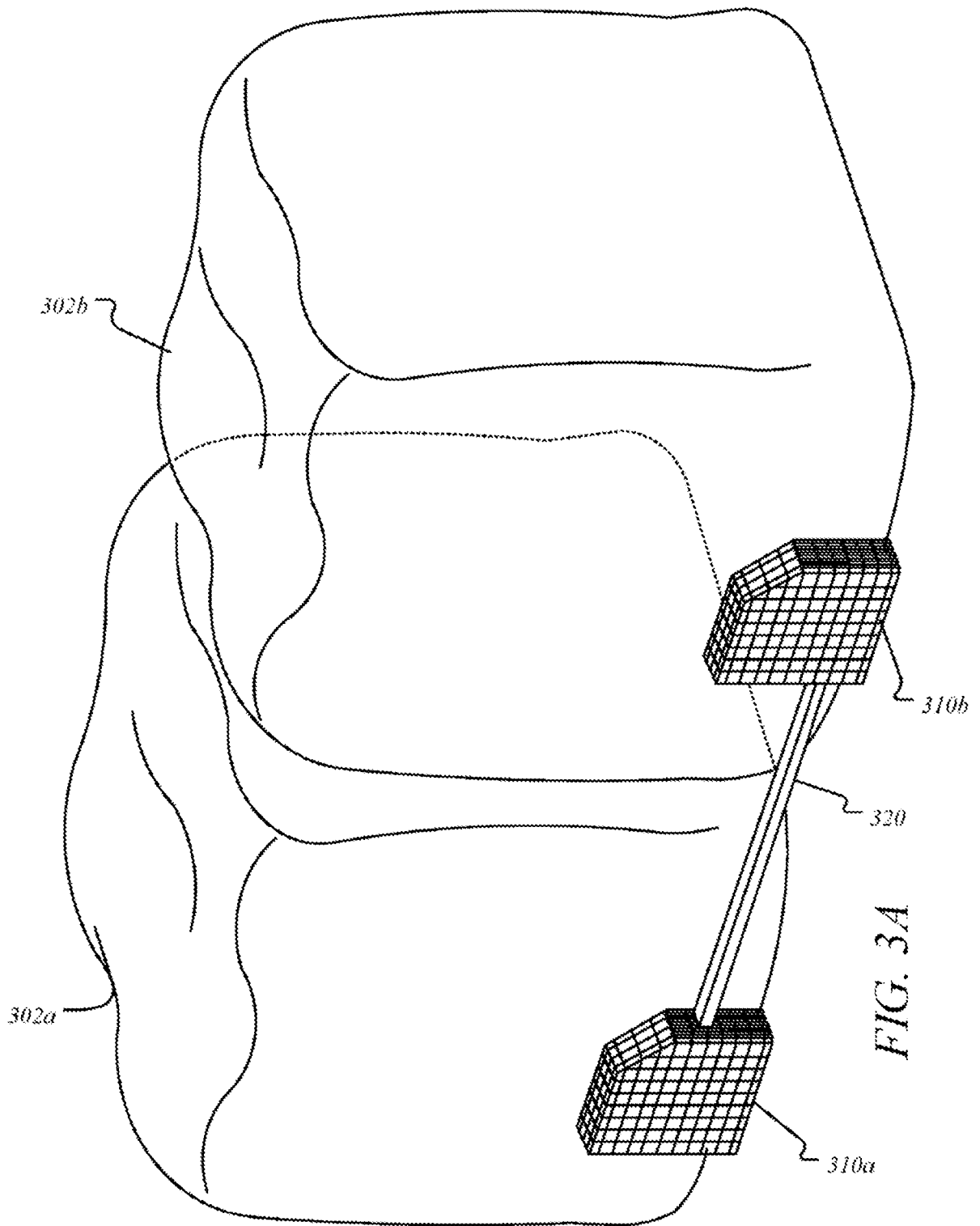


FIG. 3A

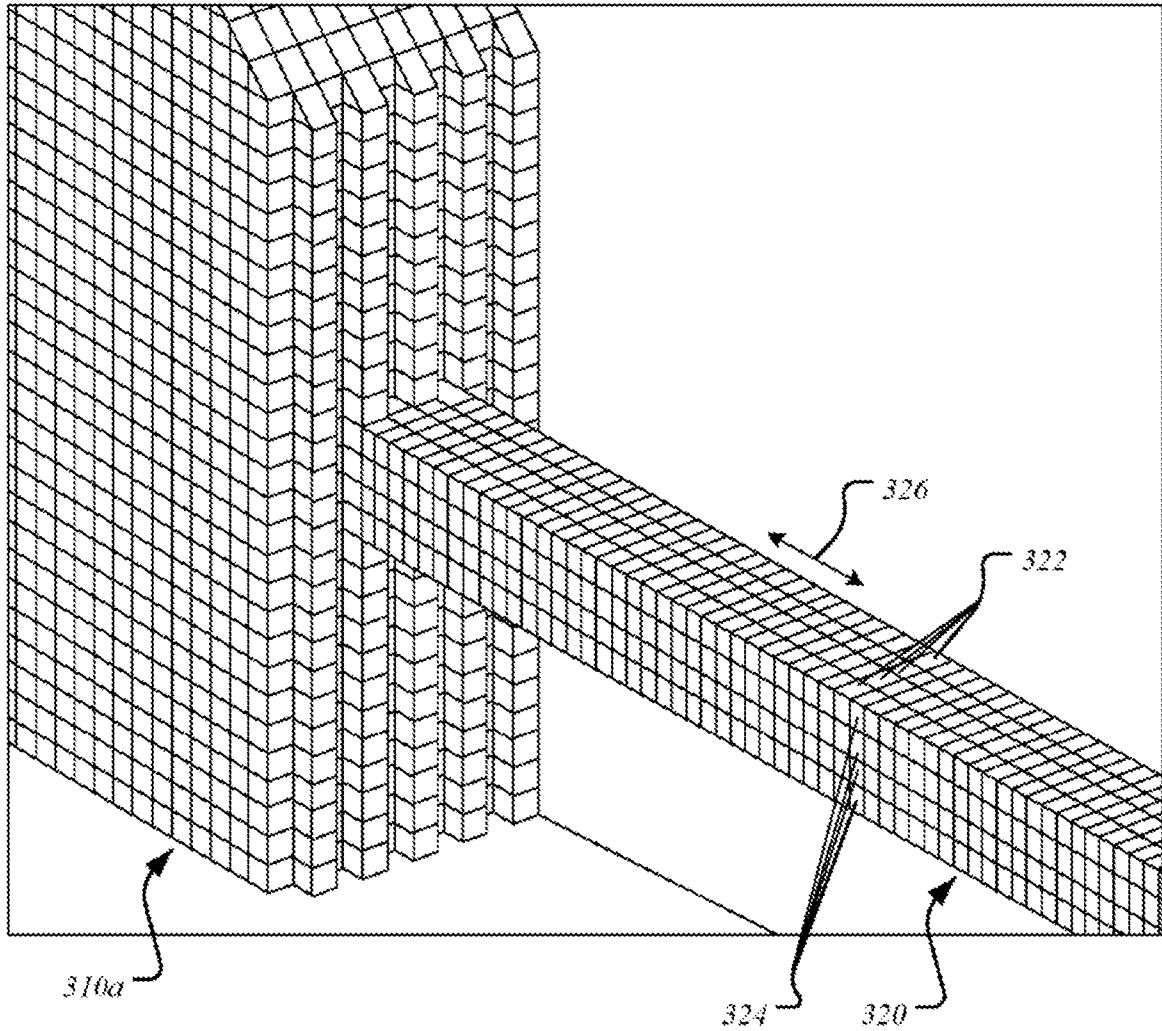


FIG. 3B

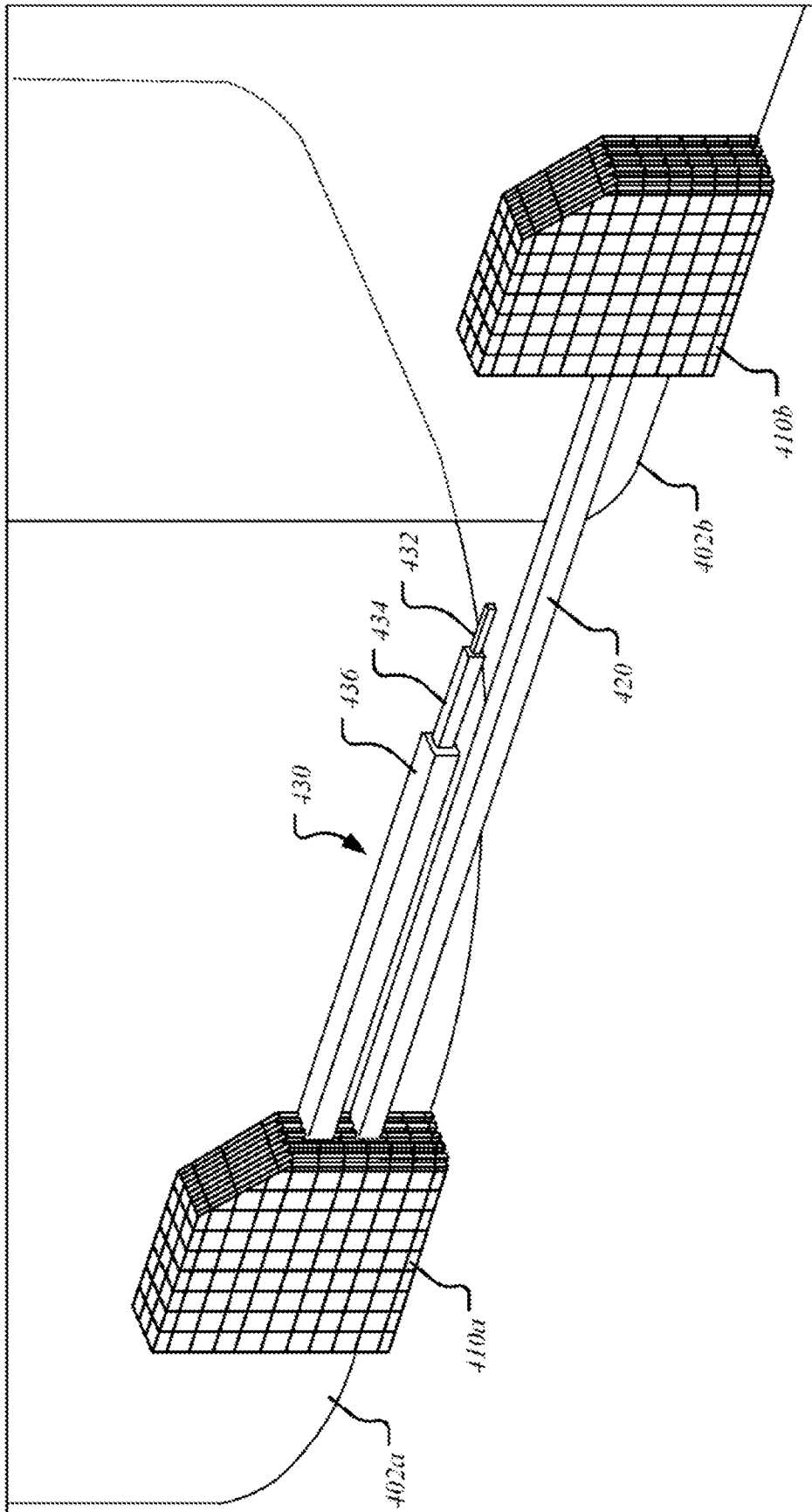


FIG. 4

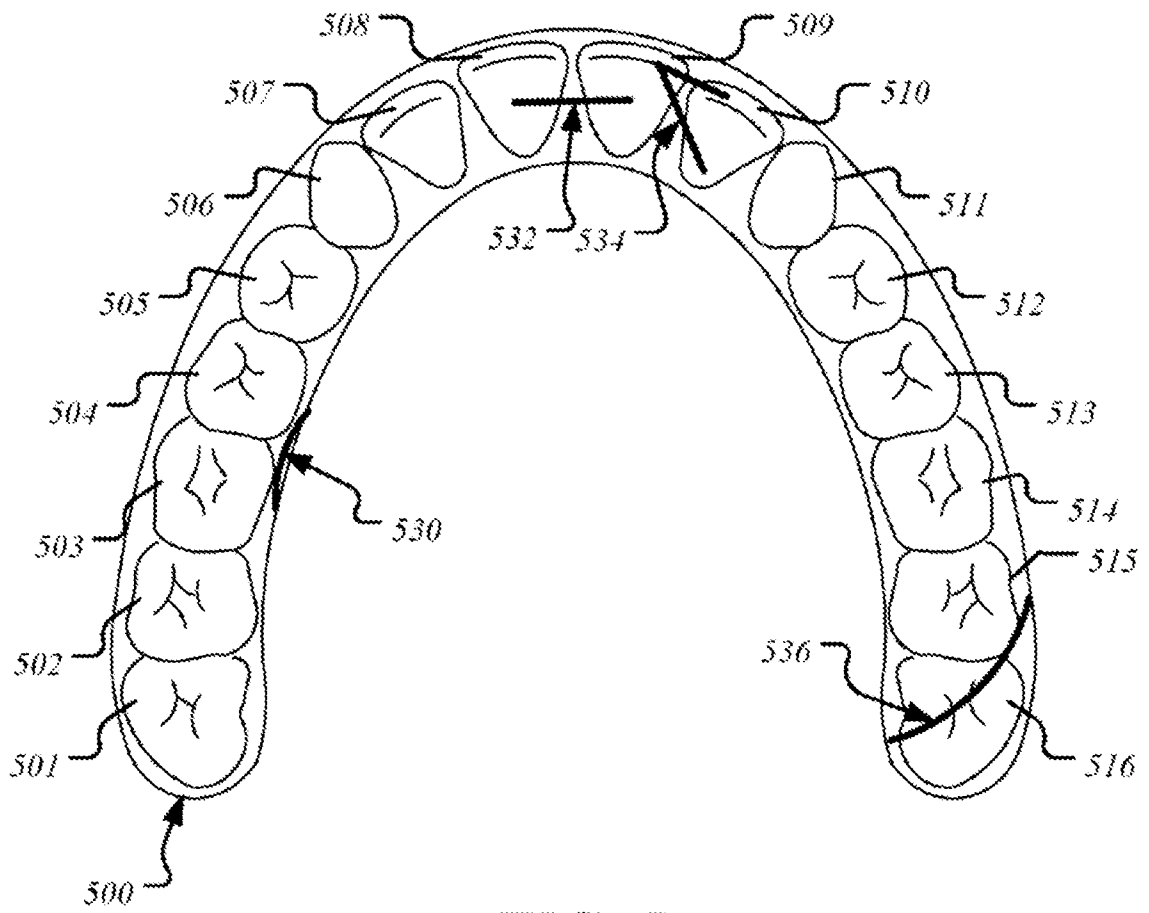


FIG. 5

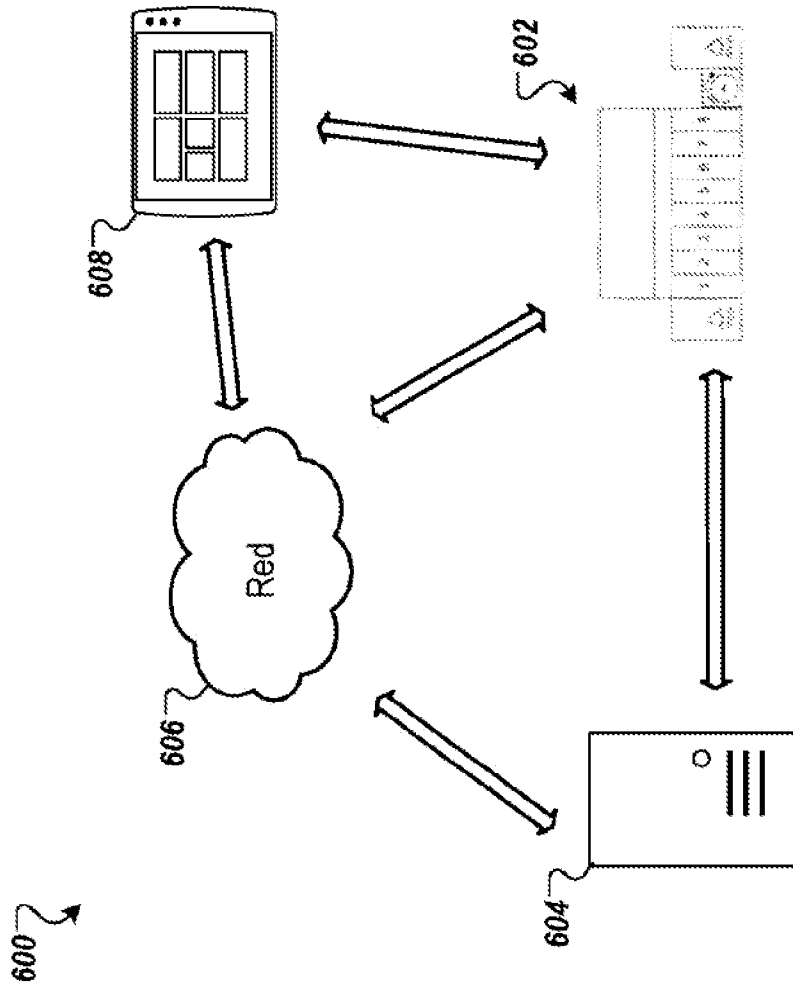
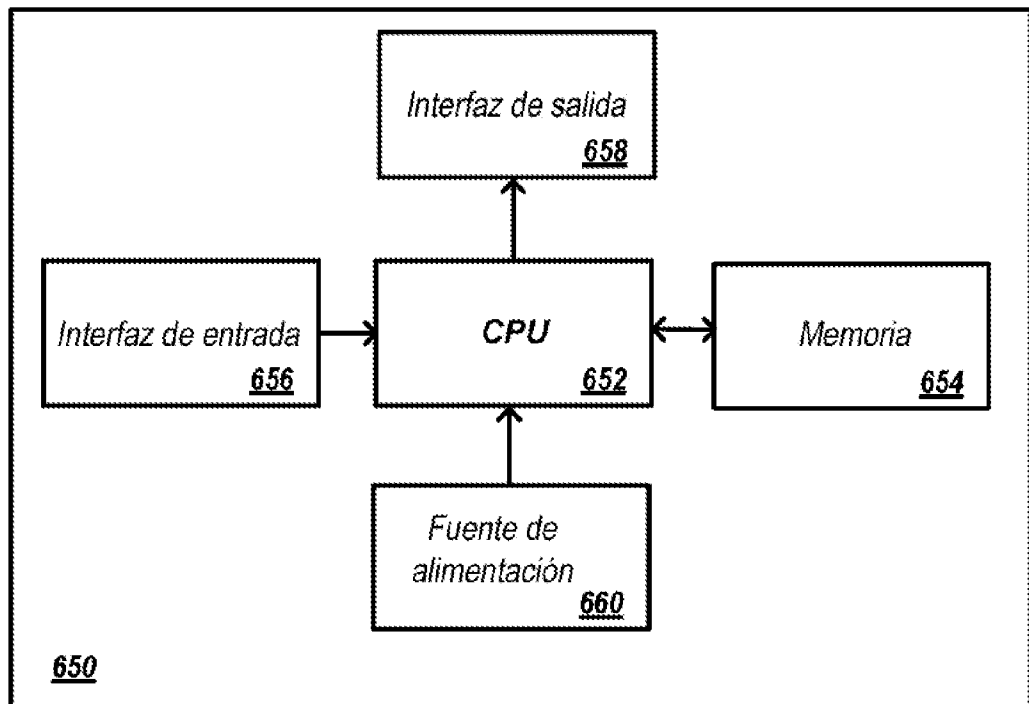


FIG. 6A



*FIG. 6B*

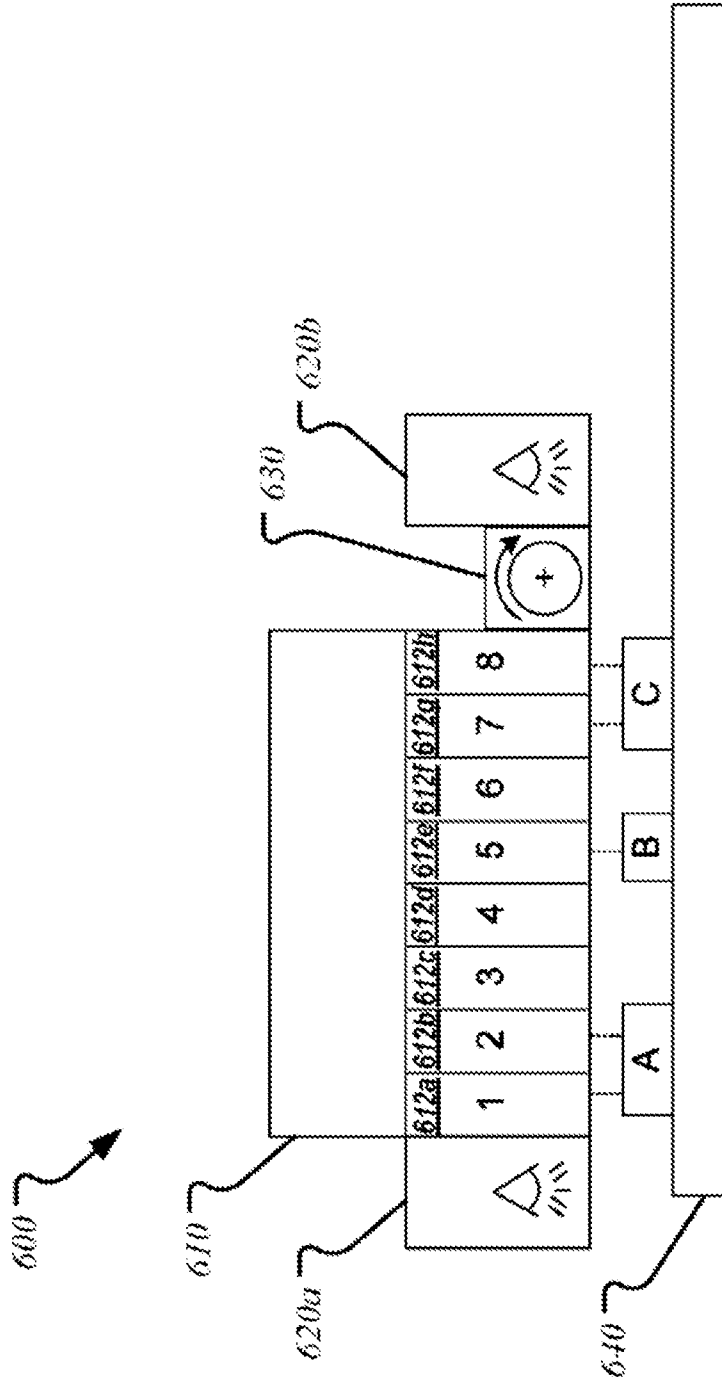


FIG. 6C

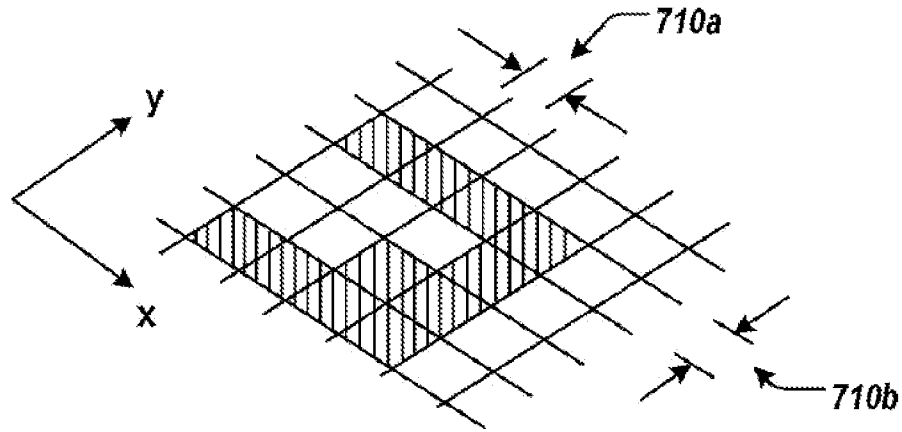


FIG. 7A

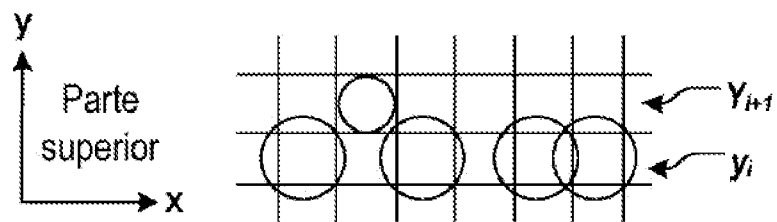


FIG. 7B

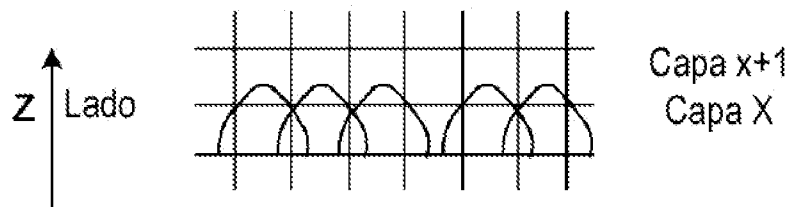


FIG. 7C

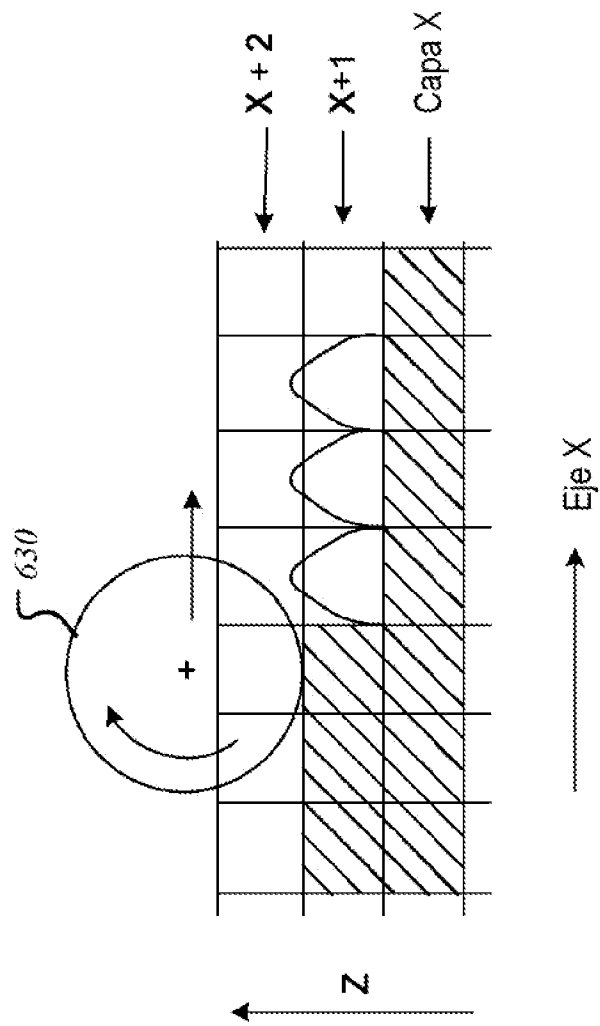
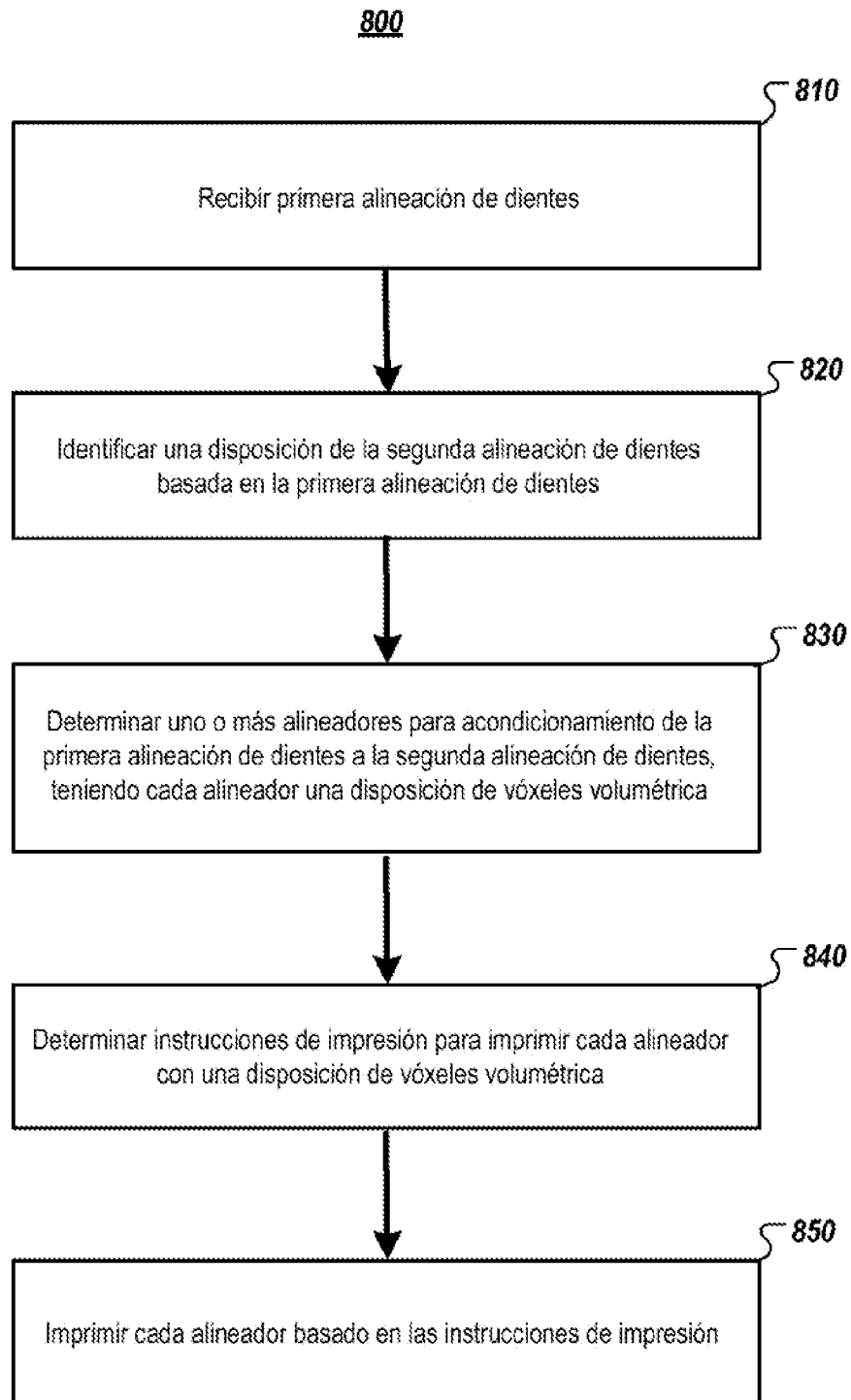
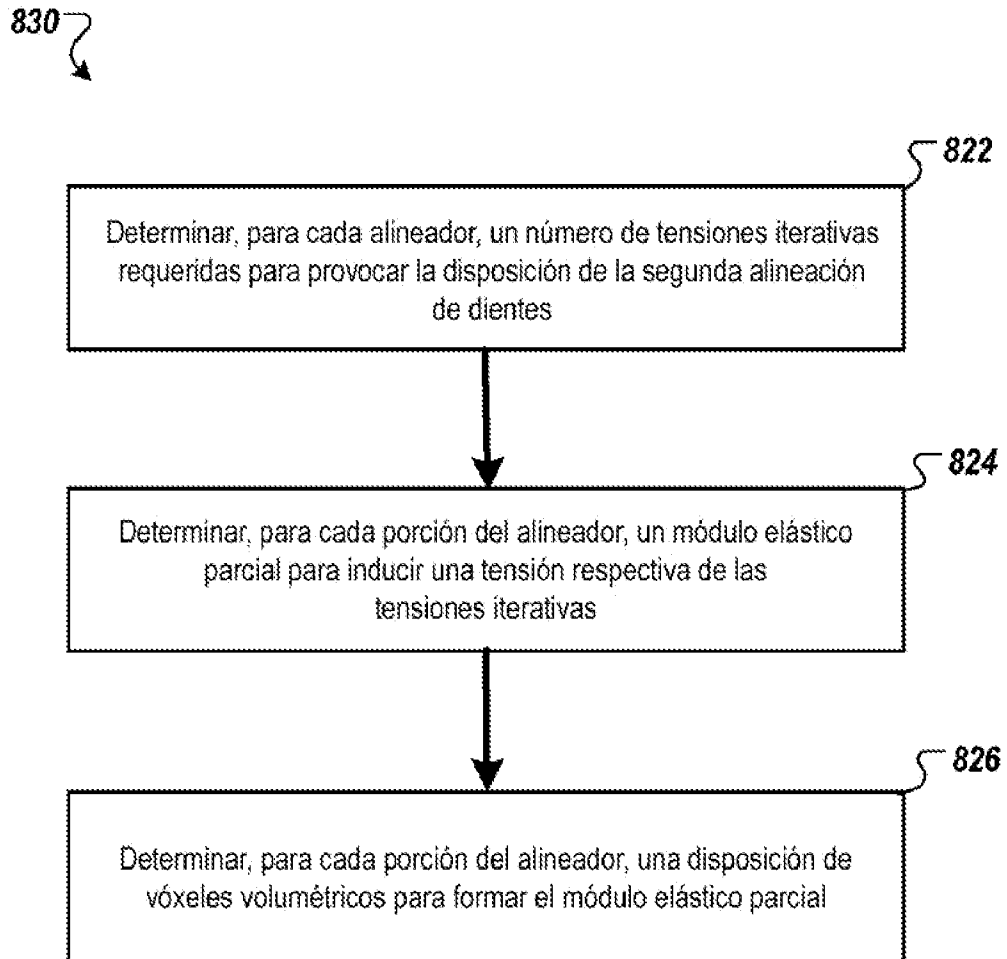


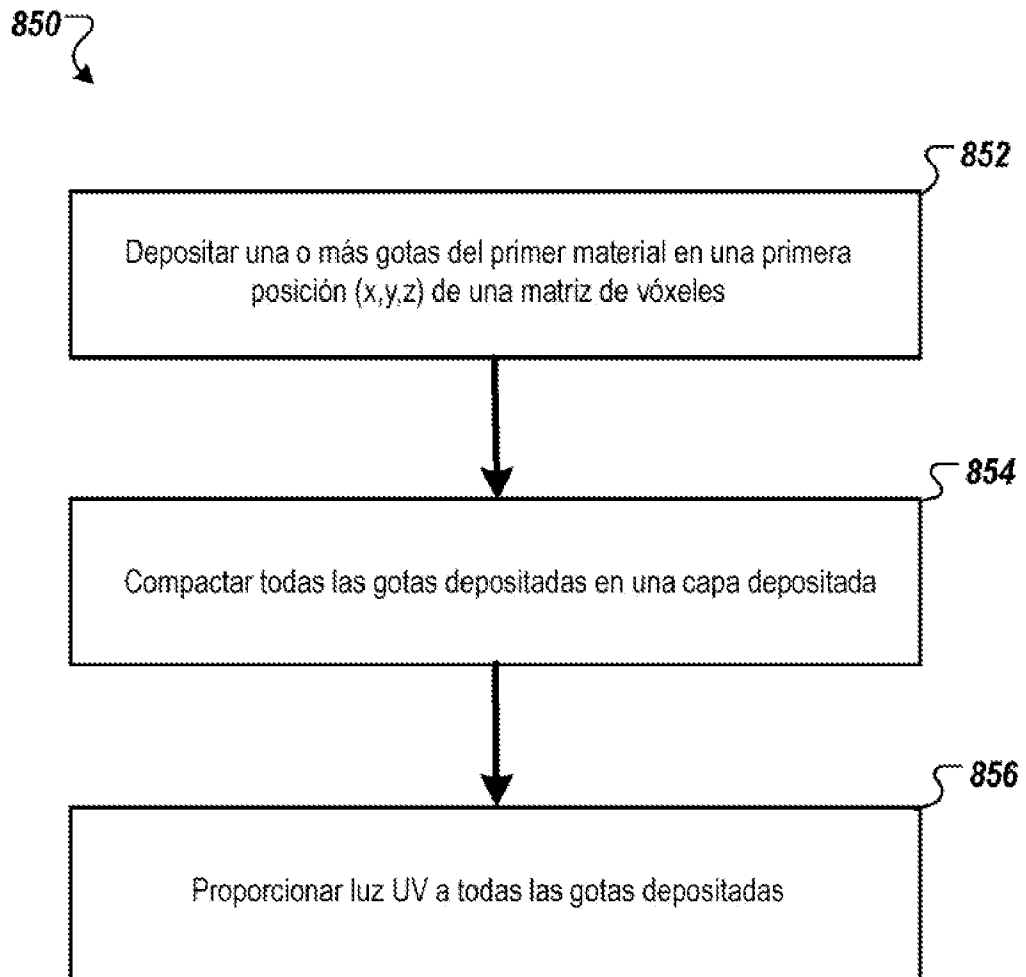
FIG. 7D



*FIG. 8A*



*FIG. 8B*



*FIG. 8C*

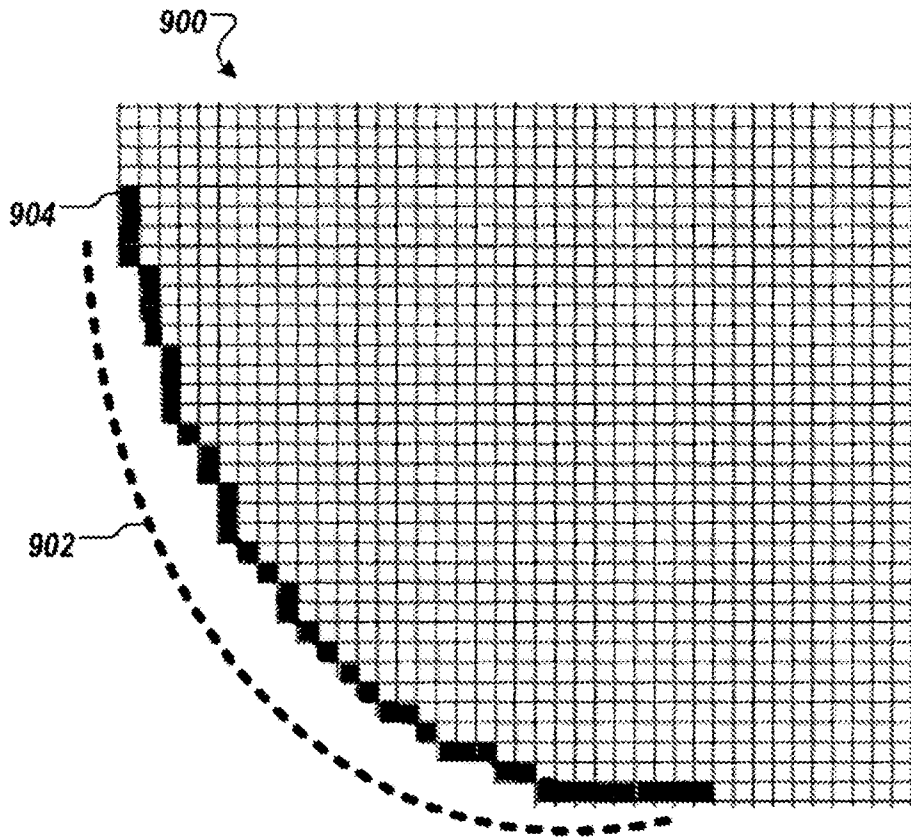


FIG. 9