

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 905**

51 Int. Cl.:
H04R 25/00 (2006.01)
A61F 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07797846 .8**
96 Fecha de presentación: **29.05.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2030477**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54 Título: **SISTEMA DE ACTUADOR PARA APARATOS BUCALES.**

30 Prioridad:
30.05.2006 US 809244 P
24.07.2006 US 820223 P
27.04.2007 US 741648

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.12.2011

73 Titular/es:
SONITUS MEDICAL, INC.
1825 S. GRANT STREET, SUITE 350
SAN MATEO, CA 94402, US

72 Inventor/es:
MENZEL, Christoph y
ABOLFATHI, Amir

74 Agente: **Ungría López, Javier**

ES 2 370 905 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

Sistemas de actuador para aparatos bucales

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a procedimientos y aparatos para la conducción de señales de audio como vibraciones a través de los dientes o de las estructuras óseas en y/o alrededor de la boca. Más particularmente, la presente invención se refiere a procedimientos y aparatos para la transmisión de señales de audio a través de la conducción de sonido a través de los dientes o de las estructuras óseas en y/o alrededor de la boca de tal forma que las señales transmitidas guardan una correlación con las señales auditivas que se reciben por un usuario.

Antecedentes de la invención

15 La pérdida de audición afecta a más de 31 millones personas en los Estados Unidos (alrededor de un 13 % de la población). Siendo un estado crónico, la incidencia de la discapacidad auditiva rivaliza con la de la cardiopatía y, de forma similar a la cardiopatía, la incidencia de la discapacidad auditiva aumenta abruptamente con la edad.

20 Mientras que la vasta mayoría de las personas con pérdida de audición puede recibir ayuda de un dispositivo de audición bien ajustado y de alta calidad, sólo un 22 % de la población total con discapacidades auditivas posee dispositivos de audición. Los procedimientos de distribución y, únicamente en los Estados Unidos, los productos actuales no son capaces de satisfacer o alcanzar a más de 20 millones personas con discapacidad auditiva.

25 La pérdida de audición afecta de forma adversa a la calidad de vida y al bienestar psicológico de las personas. Los individuos con discapacidad auditiva a menudo se retiran de las interacciones sociales para evitar las frustraciones que resultan de la incapacidad de entender las conversaciones. Estudios han mostrado que la discapacidad auditiva da lugar a un aumento en los niveles de estrés, una disminución de la confianza en uno mismo, una reducción en la sociabilidad y una reducción en la efectividad en el puesto de trabajo.

30 El oído humano comprende de forma general tres regiones: el oído externo, el oído medio, y el oído interno. El oído externo comprende de forma general el pabellón auricular externo y el canal auditivo, que es un pasaje tubular a través del cual el sonido alcanza el oído medio. El oído externo está separado con respecto al oído medio mediante la membrana timpánica (el tímpano). El oído medio comprende de forma general tres pequeños huesos, que se conocen como los huesecillos, que forman un conductor mecánico desde la membrana timpánica al oído interno. Por último, el oído interno incluye la cóclea, que es una estructura rellena de líquido que contiene un gran número de delicadas células ciliadas sensoriales que están conectadas al nervio auditivo.

35 La pérdida de audición puede también clasificarse en términos de ser conductora, neurosensorial, o una combinación de ambas. La discapacidad auditiva conductora normalmente es el resultado de enfermedades o trastornos que limitan la transmisión del sonido a través del oído medio. La mayor parte de las discapacidades conductoras puede tratarse médica o quirúrgicamente. La población con pérdida de audición conductora pura representa una parte relativamente pequeña de la población total con discapacidades auditivas (que se estima en menos de un 5 % de la población total con discapacidades auditivas).

45 Las pérdidas neurosensoriales de audición tienen lugar la mayor parte de las veces en el oído interno y son responsables de la vasta mayoría de la discapacidad auditiva (que se estima en un 90 a un 95 % de la población total con discapacidades auditivas). La discapacidad auditiva neurosensorial (que a veces se denomina "pérdida nerviosa") se debe en gran parte a un daño a las células ciliadas sensoriales en el interior de la cóclea. La discapacidad auditiva neurosensorial tiene lugar de forma natural como un resultado del envejecimiento o de una exposición prolongada a música o ruido a un volumen elevado. Este tipo de pérdida de audición no puede invertirse ni puede tratarse médica o quirúrgicamente; no obstante, el uso de dispositivos de audición ajustados de forma adecuada puede mejorar la calidad de vida del individuo.

55 Los dispositivos de audición convencionales son los dispositivos más comunes que se usan para tratar una discapacidad auditiva neurosensorial de grado leve a severo. Éstos son dispositivos acústicos que amplifican el sonido para la membrana timpánica. Estos dispositivos pueden personalizarse de forma individual a las características físicas y acústicas del paciente a lo largo de cuatro a seis visitas independientes a un audiólogo o especialista en instrumentos de audición. Tales dispositivos comprenden de forma general un micrófono, un amplificador, una batería, y un altavoz. Recientemente, los fabricantes de los dispositivos de audición han aumentado la sofisticación del procesamiento de sonido, usando a menudo tecnología digital, para proporcionar características tales como la capacidad de programación y la compresión multi-banda. A pesar de que estos dispositivos se han miniaturizado y ya no resultan tan evidentes, aún son visibles y tienen una importante limitación acústica.

65 La investigación del sector industrial ha mostrado que los obstáculos principales para no comprar un dispositivo de audición incluyen de forma general: a) la estigmatización que se asocia con el uso de un dispositivo de audición;

b) las actitudes enfrentadas por parte de la profesión médica, en particular por parte de médicos especialistas en otorrinolaringología; c) asuntos con respecto al valor del producto que se refieren a problemas de comportamiento percibidos; d) una falta de información y de educación general a nivel del consumidor y del médico; y e) los comentarios negativos por parte de usuarios poco satisfechos.

5 Otros dispositivos, tales como los implantes de cóclea, se han desarrollado para personas que tienen una pérdida de audición de grave a profunda y son esencialmente sordas (aproximadamente un 2 % de la población total con discapacidades auditivas). El electrodo de un implante coclear se inserta en el oído interno mediante una operación quirúrgica invasiva y no reversible. El electrodo estimula eléctricamente el nervio auditivo a través de una disposición
10 de electrodos que proporciona señales audibles para el usuario, que no se interpretan de la forma habitual por el cerebro como sonido normal. Los usuarios requieren, de forma general, un asesoramiento y un entrenamiento intensivos y prolongados a continuación de la cirugía para obtener el beneficio esperado.

15 Otros dispositivos, tales como los implantes electrónicos de oído medio, se ubican de forma general quirúrgicamente dentro del oído medio de la persona con discapacidades auditivas. Éstos son dispositivos que se implantan quirúrgicamente con un componente que se lleva externamente.

20 La manufactura, el ajuste y la prescripción de los dispositivos de audición sigue siendo un proceso oscuro e ineficiente. La mayor parte de los dispositivos de audición se manufacturan a medida, fabricada por el fabricante para ajustarse al oído de cada posible comprador. El encargado de la prescripción (o bien un audiólogo o un especialista con licencia en instrumentos de audición) toma una impresión del canal auditivo y la envía al fabricante para la interpretación y fabricación de la carcasa de plástico rígido a medida. Los componentes electrónicos cableados y los altavoces y transductores (micrófono y altavoz) se colocan a continuación en el interior de la carcasa, y el producto final vuelve a enviarse al profesional de dispensación después de un cierto período de tiempo,
25 normalmente de una a dos semanas.

30 El ciclo de tiempo para la prescripción del dispositivo de audición, desde la primera sesión de diagnóstico hasta la sesión de ajuste fino final, normalmente conlleva un período que se prolonga a lo largo de varias semanas, tal como de seis a ocho semanas, e implica múltiples visitas al encargado de la prescripción.

35 En consecuencia, existe una necesidad de procedimientos y aparatos para la recepción de señales de audio y para su procesamiento para la transmisión de estas señales eficientemente a través de la conducción de sonido a través de los dientes o de las estructuras óseas en y/o alrededor de la boca, para facilitar el tratamiento de la pérdida de audición en los pacientes.

40 El documento US 3.985.977 da a conocer un sistema de receptor que incluye unos medios para acoplar de forma electromagnética unas señales de información de un ancho de banda de audio a partir de un lazo de inducción a un receptor/transductor de inducción en miniatura. El lazo de inducción está conformado para llevarse puesto alrededor del cuello del portador. El receptor/transductor está conformado físicamente para su colocación en la boca del portador. En respuesta a la variación del campo de inducción magnética generado por el lazo de inducción, las señales de información de ancho de banda de audio se amplifican por el receptor y se convierten en un movimiento mecánico sustancialmente lineal por el transductor. La salida del transductor se propaga de forma mecánica, directamente al mecanismo del oído interno, a través de los dientes y las encías del portador mediante lo que el portador percibe el contenido del mensaje de las señales de información de ancho de banda de audio sin el uso del mecanismo del oído externo convencional.

45 El documento US 6.885.753 da a conocer un dispositivo de comunicación que comprende un micrófono, una interfaz de conducción y un transductor de fuerza electromecánica montados en la interfaz de conducción para controlar la interfaz para la conducción del sonido a un usuario por conducción ósea, caracterizado porque el transductor tiene un intervalo de frecuencias de funcionamiento previsto y comprende un elemento resonante que tiene una distribución de modos de frecuencia en el intervalo de frecuencias de funcionamiento y unos medios de acoplamiento para el montaje del transductor en la interfaz.

50 El documento GB 1.066.299 da a conocer un sistema de transducción electroacústica que comprende un receptor-transductor que tiene un diafragma con una extensión tubular acoplada al centro del diafragma, estando la extensión tubular conformada para sostenerse entre los dientes superiores y los inferiores y servir para transportar las señales acústicas desde el diafragma hasta los dientes.

55 **Sumario de la invención**

60 De acuerdo con la invención, se proporciona un aparato para la conducción de vibraciones a través de al menos un diente de acuerdo con la reivindicación adjunta 1.

65 Un dispositivo electrónico y de transductor puede acoplarse, adherirse, o incorporarse de otro modo en o sobre un aparato dental o bucal amovible para formar un ensamblaje que puede conducir señales de audio a un usuario a través de la conductancia vibratoria a través del hueso para su utilización, por ejemplo, como un ensamblaje de prótesis auditiva u otro dispositivo de transmisión de audio. Un aparato bucal amovible de este tipo puede ser un dispositivo hecho a medida que se fabrica a partir de un proceso de conformación térmica que utiliza un modelo duplicado de una estructura dental que se obtiene mediante procedimientos de impresión dental convencionales. El

ensamblaje electrónico y de transductor puede recibir sonidos entrantes o bien directamente o bien a través de un receptor para procesar y amplificar las señales y transmitir los sonidos procesados a través de un elemento de transductor de vibración acoplado a un diente o a otra estructura ósea, tal como la estructura ósea del maxilar, de la mandíbula, o del paladar.

5 El ensamblaje para la transmisión de las vibraciones a través de al menos un diente comprende una cubierta que tiene una forma que puede ajustarse a al menos una parte del al menos un diente, y un transductor que puede hacerse funcionar dispuesto en el interior de o sobre la cubierta y en una comunicación de vibración con una superficie del al menos un diente. Además, el transductor en sí mismo puede ser un ensamblaje separado de los componentes electrónicos y puede colocarse a lo largo de otra superficie del diente, tal como la superficie oclusal, o incluso acoplarse a un pasador o tornillo implantado incorporado en el hueso subyacente.

10 El transductor que se utiliza en el ensamblaje de actuador puede ser un transductor electromagnético o un transductor piezoeléctrico. Los transductores piezoeléctricos en particular pueden usarse en diversas configuraciones lo que se debe en parte a los diversos modos de vibración que pueden utilizarse para la transmisión de las señales acústicas como vibraciones a través de un diente o de unos dientes. Cualquier número de transductores pueden utilizarse para aplicaciones particulares. Por ejemplo, los transductores piezoeléctricos de múltiples capas de bajo voltaje manufacturados por la Morgan Electro Ceramics Ltd. (Wrexham, Inglaterra) pueden utilizarse para las aplicaciones que se describen en el presente documento.

15 Al transmitir la energía de vibración desde el transductor hasta el usuario, el ensamblaje de actuador puede colocarse contra el diente o los dientes con una capa de adaptación de impedancias que se coloca entre los mismos. La capa de adaptación de impedancias puede utilizarse para mejorar el acoplamiento y optimizar la transmisión de la energía de vibración a partir del actuador en el diente y para optimizar la transmisión en el diente de cualesquiera vibraciones reflejadas.

20 El ensamblaje de actuador utiliza una masa acoplada a un transductor piezoeléctrico. Tras la aplicación de un campo eléctrico, el dipolo inducido en el material piezoeléctrico puede alinearse para impartir un movimiento oscilatorio sobre la masa. El ensamblaje de actuador puede acoplarse al bastidor del ensamblaje a través de un único punto de anclaje o de una característica de anclaje simétrica. La masa puede acoplarse al transductor de material compuesto, de tal forma que cuando los uno o más transductores se activan para hacerse oscilar, puede impartirse un movimiento de vibración a la masa a través del punto de anclaje, de tal forma que la fuerza de reacción resultante se transmite de forma suficiente al diente o a los dientes subyacentes.

25 En aún otra variación, un ensamblaje de actuador puede utilizar un ensamblaje de transductor de combado simétrico (por ejemplo, de forma circular simétrica) que tiene uno o más transductores acoplados entre sí. Los uno o más transductores pueden ser del mismo diámetro o un segundo transductor puede tener un diámetro que es menor que el diámetro del primer transductor. Otra variación puede utilizar un diseño basado en cápsula piezoeléctrica. Una variación de este tipo puede utilizar un transductor piezoeléctrico que tiene un espesor y que se configura para hacerse oscilar en un modo de elongación de tal forma que puede forzarse que la cápsula se flexione en una dirección transversal a la dirección de la elongación, creando de esta forma la fuerza de reacción para la transmisión en el diente o en los dientes del usuario.

30 Otra variación de un ensamblaje de actuador que utiliza la fuerza entre un imán alojado en el interior de la cubierta del ensamblaje y una corriente aplicada para controlar el movimiento de una masa que puede tener un imán permanente suspendido a través de uno o más elementos de soporte flexibles o bridas, que se sujetan en las proximidades de una o más bobinas. Las bobinas pueden sujetarse junto al imán a través de uno o más elementos de soporte relativamente rígidos y pueden portar una corriente que guarda una correlación con las señales auditivas deseadas. Cuando se hace pasar una corriente a través de las bobinas en presencia de un campo magnético generado por un imán, el imán puede vibrar en consecuencia mientras que está suspendido por unos elementos de soporte para impartir la fuerza de reacción de vibración al diente.

35 El elemento de extensión del ensamblaje de cubierta es preferiblemente rígido para funcionar como una plataforma que permite que el ensamblaje de transductor genere una cantidad de fuerza suficiente para la transmisión en el diente o en los dientes. Además, para mantener un nivel constante de fuerza de salida generada por el ensamblaje de transductor, los valores de resonancia de los ensamblajes de cubierta y del transductor pueden diseñarse de tal forma que tienen lugar dentro de un intervalo de frecuencias de interés deseable, por ejemplo, desde 250 Hz hasta 10.000 Hz, optimizando los parámetros de la cubierta, tales como el espesor del elemento de extensión, para alterar una frecuencia resonante del sistema. De forma alternativa, puede ser deseable que la resonancia quede dentro de la región de interés para accionar más eficientemente el diente.

40 Volviendo a continuación a la colocación del ensamblaje de transductor en relación con el diente o con los dientes y también con respecto a la cubierta, cualquier número de configuraciones está disponible para su uso. En general, la cubierta puede estar compuesta por un único elemento mecánico continuo configurado para tener partes de sí mismo orientadas hacia lados opuestos del diente o de los dientes. El ensamblaje de actuador puede presionarse de forma efectiva contra el diente que utiliza la cubierta a modo de cimientos y la cubierta en sí misma puede ser

simétrica o no uniforme en su configuración. Con el transductor ubicado en el interior de la cubierta, un material de adaptación de impedancias de acoplamiento, tal como silicona, puede colocarse entre el transductor piezoeléctrico y la superficie del diente para optimizar la conductancia de las vibraciones al diente. En otras variaciones, uno o más transductores pueden colocarse a lo largo de una superficie externa de la cubierta y opcionalmente a lo largo de uno o más dientes.

Aparte de los ensamblajes de transductor y de cubierta que se ubican a lo largo de o contra uno o más dientes, los ensamblajes de transductor pueden montarse de forma alternativa a lo largo de una estructura a modo de retenedor bucal configurada para su colocación junto a o a lo largo del paladar del usuario. Un arco puede extenderse entre partes de acoplamiento que están configuradas para extenderse a partir del arco para su colocación contra las superficies linguales de los dientes en lados opuestos de la dentición del usuario. En lugar de utilizar los ensamblajes de transductor directamente sobre los dientes, el transductor puede estar integrado de manera amovible o permanente a lo largo del arco de tal forma que una vibración de elongación del transductor conduce las vibraciones a lo largo del arco para su transmisión a través de las partes de acoplamiento y en los dientes del usuario. De forma alternativa, uno o más transductores pueden colocarse a lo largo del arco y accionarse para conducir directamente las vibraciones a través del hueso palatal del usuario.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra la dentición de los dientes de un paciente y una variación de un dispositivo de prótesis auditiva que se coloca de manera amovible sobre o contra el diente o los dientes del paciente como un aparato bucal amovible.

La figura 2A ilustra una vista en perspectiva de los dientes inferiores que muestra una ubicación a modo de ejemplo para la colocación del dispositivo de prótesis auditiva de aparato bucal amovible.

La figura 2B ilustra otra variación del aparato bucal amovible en la forma de un aparato que se coloca a lo largo de toda una fila de dientes a modo de protector bucal.

La figura 2C ilustra otra variación del aparato bucal amovible que se soporta mediante un arco.

La figura 2D ilustra otra variación de un aparato bucal configurado como un protector bucal.

La figura 3 ilustra una vista en perspectiva en detalle del aparato bucal ubicado sobre los dientes de un paciente utilizable en combinación con un ensamblaje externo de transmisión a la boca y que puede llevarse puesto por el paciente en otra variación del dispositivo.

La figura 4 muestra una configuración a modo de ilustración de una variación de los componentes individuales del dispositivo de aparato bucal que tiene un ensamblaje de transmisión externo con un ensamblaje de recepción y de transductor en el interior de la boca.

La figura 5 muestra una configuración a modo de ilustración de otra variación del dispositivo en la que todo el ensamblaje se aloja mediante el aparato bucal en el interior de la boca del usuario.

La figura 6 ilustra un ejemplo de cómo múltiples transductores o ensamblajes de prótesis auditiva de aparato bucal pueden colocarse en múltiples dientes a lo largo de la boca del paciente.

La figura 7 ilustra otra variación de un aparato bucal amovible soportado mediante un arco y que tiene una unidad de micrófono integrada en el interior del arco.

La figura 8A ilustra otra variación del aparato bucal amovible soportado mediante un elemento de conexión que puede colocarse a lo largo de las superficies linguales o bucales de una fila de dientes de un paciente.

Las figuras 8B a 8E muestran ejemplos de diversas secciones transversales del elemento de soporte de conexión del aparato de la figura 8A.

La figura 9 muestra aún otra variación que ilustra al menos un micrófono y opcionalmente unas unidades de micrófono adicionales, ubicados alrededor de la boca del usuario y en una comunicación inalámbrica con los componentes electrónicos y/o con el ensamblaje de transductor.

Las figuras 10A a 10C ilustran alguno de los diversos enfoques para hacerse oscilar un diente o unos dientes del paciente (a partir de una única superficie, de ambas superficies, o contra la superficie oclusal, respectivamente) al conducir las señales de audio al usuario.

Las figuras 11A a 11C muestran ejemplos de estructuras piezoeléctricas y sus diversos modos de vibración utilizando, por ejemplo, un modo de espesor, un modo de elongación, y un modo de corte, respectivamente.

Las figuras 12A y 12B muestran ejemplos adicionales de unas estructuras piezoeléctricas de material compuesto que utilizan estructuras de tipo de viga en voladizo de capa única (*unimorph*) y/o de tipo de viga en voladizo de capa doble (*bimorph*) y estructuras de material compuesto simétricas, respectivamente.

5 La figura 13 ilustra un ejemplo de cómo puede colocarse un actuador para hacerse oscilar con el fin de entregar energía acústica a través de un diente o de los dientes del usuario.

La figura 14A ilustra esquemáticamente un ejemplo de un actuador que utiliza una masa para generar una fuerza de accionamiento suficiente.

10 La figura 14B muestra alguna de las diversas combinaciones para un ensamblaje de transductor electromagnético que se utiliza con la cubierta para su colocación a lo largo de o contra la dentición de un usuario.

15 La figura 15 ilustra esquemáticamente una variación de un actuador que utiliza un transductor piezoeléctrico que tiene una masa acoplada al mismo.

La figura 16 ilustra esquemáticamente otra variación de un actuador que tiene un transductor de tipo de viga en voladizo de capa única o de capa doble piezoeléctrico configurado en una viga anclada a la cubierta.

20 La figura 17 ilustra esquemáticamente aún otra variación que utiliza un actuador que tiene una configuración de combado piezoeléctrico simétrica (por ejemplo, de forma circular, de forma cilíndrica, de forma bilateral).

La figura 18 ilustra esquemáticamente otra variación de un actuador que utiliza una configuración basada en cápsula.

25 La figura 19 ilustra esquemáticamente otra variación de un actuador que utiliza un mecanismo de vibración electromagnético.

La figura 20 ilustra un modelo de un actuador montado en una cubierta.

30 La figura 21 ilustra un modelo ideal del actuador de la figura 20.

La figura 22 muestra un ejemplo de una gráfica que puede utilizarse para determinar una salida de actuador como una función del espesor de la pared de la cubierta y el espesor de un transductor piezoeléctrico.

35 Las figuras 23A y 23B muestran ejemplos adicionales de gráficas que pueden utilizarse para determinar la salida del actuador como una función del espesor de la pared de la cubierta y del espesor del transductor piezoeléctrico para una cubierta que puede colocarse a lo largo de una superficie proximal del diente de un usuario.

40 La figura 24 muestra una representación en sección transversal de un actuador ubicado a lo largo de una superficie bucal o lingual del diente en el interior de la cubierta para llevar a cabo un accionamiento de ambos lados del diente a través del uso de un único actuador.

45 La figura 25 muestra una representación en sección transversal de un actuador ubicado en el exterior de la cubierta para llevar a cabo un accionamiento de dos puntos.

La figura 26 muestra una representación en sección transversal de dos actuadores ubicados a lo largo de ambas superficies de un diente o de unos dientes en el interior de la cubierta para llevar a cabo un accionamiento de dos puntos.

50 La figura 27 muestra una representación en sección transversal de dos actuadores ubicados en el exterior de unas superficies opuestas de la cubierta para llevar a cabo un accionamiento de combado simétrico.

55 La figura 28 muestra una variación similar a la variación de la figura 27 pero con una cubierta que tiene una extensión que es más gruesa, en relación con la extensión de la figura 27.

La figura 29 muestra una representación en sección transversal de un actuador montado directamente a lo largo de una parte de extensión de la cubierta.

60 La figura 30 muestra una representación en sección transversal de un actuador montado junto a la parte de extensión de la cubierta.

La figura 31 muestra una representación en sección transversal de un actuador montado a lo largo de la parte de extensión en el interior de la cubierta directamente en contacto con una superficie oclusal del diente o de los dientes.

65 La figura 32 ilustra una vista desde arriba de un actuador montado a lo largo de las superficies bucales de múltiples

dientes.

La figura 33 ilustra una vista desde arriba de otra variación de un actuador que se configura para hacerse oscilar en la dirección de la elongación para dar lugar al combado a lo largo de una parte de brazo de la cubierta.

La figura 34A ilustra una vista desde arriba de otra variación de múltiples actuadores ubicados a lo largo de múltiples dientes.

Las figuras 34B y 34C muestran unas vistas lateral y de extremo, respectivamente, de otra variación para la configuración de la cubierta.

La figura 35 muestra una vista desde arriba de otra variación de un actuador ubicado a lo largo de múltiples dientes que utiliza una oscilación de corte.

La figura 36 muestra una vista desde arriba de otra variación de un actuador ubicado contra múltiples dientes.

La figura 37 muestra una vista desde arriba de otra variación de un actuador ubicado a lo largo de múltiples dientes en el interior de la cubierta.

La figura 38 muestra una vista desde arriba de otra variación de uno o más actuadores ubicados a lo largo de una cubierta que se configura para colocarse alrededor de una superficie posterior de un diente.

La figura 39 muestra una vista desde arriba de otra variación de uno o más actuadores que se ubican a lo largo de ambas superficies bucal y lingual y que están conectados entre sí a través de cables o elementos que se ubican por debajo de las superficies oclusales.

La figura 40A muestra una vista desde arriba de un actuador que tiene una masa acoplada a un brazo que se extiende a partir de la extensión de la cubierta.

La figura 40B muestra una vista en sección transversal del actuador y de la cubierta de la figura 40A.

La figura 41 muestra una vista desde arriba de un actuador que tiene unos elementos de masa adicionales acoplados a lo largo de la cubierta.

Las figuras 42A y 42B muestran unas vistas desde arriba y lateral en sección transversal de otra variación de un actuador que tiene una capa reflectante de baja impedancia junto al transductor.

Las figuras 43A y 43B muestran unas vistas desde arriba y lateral de otra variación del actuador configurada para mantenerse contra la superficie del paladar de un usuario a la vez que transmite unas vibraciones a través del diente o de los dientes.

La figura 43C muestra una vista lateral de otra variación de una configuración para el paladar en que el/los transductor(es) transmite(n) unas vibraciones a través de la superficie del paladar.

La figura 44 muestra una vista desde arriba de aún otra variación en la que uno o más actuadores pueden acoplarse a un retenedor bucal.

Descripción detallada de la invención

Un dispositivo electrónico y de transductor puede acoplarse, adherirse, o incorporarse de otro modo en o sobre un aparato bucal amovible u otro dispositivo bucal para formar un ensamblaje que puede conducir señales de audio a un usuario a través de conductancia vibratoria a través del hueso para su utilización, por ejemplo, como un ensamblaje de prótesis auditiva u otro dispositivo de transmisión de audio. A pesar de que se describen como un ensamblaje de prótesis auditiva, los dispositivos y procedimientos en el presente documento pueden utilizarse para otros tratamientos o aplicaciones auditivos y no están limitados a un uso a modo de ensamblaje de prótesis auditiva. Un aparato bucal de este tipo puede ser un dispositivo hecho a medida que se fabrica a partir de un proceso de conformación térmica que utiliza un modelo duplicado de una estructura dental que se obtiene mediante procedimientos de impresión dental convencionales. El ensamblaje electrónico y de transductor puede recibir sonidos entrantes, o bien directamente o bien a través de un receptor, para procesar y amplificar las señales y transmitir los sonidos procesados a través de un elemento de transductor de vibración acoplado a un diente o a otra estructura ósea, tal como la estructura ósea del maxilar, de la mandíbula, o del paladar.

Tal como se muestra en la figura 1, se ilustran la boca y la dentición de un paciente 10, que muestran una ubicación posible para acoplar de manera amovible el ensamblaje de prótesis auditiva 14 sobre o contra al menos un diente, tal como un molar 12. La lengua TG y el paladar PL del paciente se ilustran también con fines de referencia. Un ensamblaje electrónico y/o de transductor 16 puede acoplarse, adherirse, o incorporarse de otro modo en o sobre el

ensamblaje 14, tal como se describe en detalle adicional a continuación.

La figura 2A muestra una vista en perspectiva de la dentición inferior del paciente que ilustra el ensamblaje de la prótesis auditiva 14 que comprende un aparato bucal amovible 18 y los componentes electrónicos y/o el ensamblaje de transductor 16 ubicado a lo largo de una superficie lateral del ensamblaje 14. En la presente variación, el aparato bucal 18 puede ajustarse sobre dos molares 12 en el interior del canal de enganche de diente 20 definido por el aparato bucal 18 con fines de estabilidad sobre los dientes de un paciente, a pesar de que en otras variaciones, puede utilizarse un único molar o diente. De forma alternativa, pueden utilizarse más de dos molares para que el acoplamiento del aparato bucal 18 encima de o sobre los mismos. Además, el ensamblaje electrónico y/o de transductor 16 se muestra ubicado sobre una superficie lateral del aparato bucal 18 de tal forma que el ensamblaje 16 está alineado a lo largo de una superficie bucal del diente 12; no obstante, otras superficies tales como la superficie lingual del diente 12 y otras posiciones pueden también utilizarse. Las figuras son a modo de ilustración de variaciones y no se pretende que sean limitantes; en consecuencia, se pretende que otras configuraciones y formas para el aparato bucal 18 se incluyan en el presente documento.

La figura 2B muestra otra variación de un aparato bucal amovible en la forma de un aparato 15 que se coloca a lo largo de toda una fila de dientes a modo de protector bucal. En la presente variación, el aparato 15 puede estar configurado para cubrir toda una fila inferior de los dientes o de forma alternativa toda una fila superior de dientes. En variaciones adicionales, en lugar de cubrir todas las filas de dientes, la mayor parte de la fila de dientes puede cubrirse en su lugar por el aparato 15. El ensamblaje 16 puede colocarse a lo largo de una o más partes del aparato bucal 15.

La figura 2C muestra aún otra variación de un aparato bucal 17 que tiene una configuración en arco. En este aparato, una o más partes de retención de diente 21, 23, que en la presente variación pueden colocarse a lo largo de la fila superior de dientes, pueden estar soportadas mediante un arco 19 que puede encontrarse junto a o a lo largo del paladar del usuario. Tal como se muestra, el ensamblaje electrónico y/o de transductor 16 puede colocarse a lo largo de una o más partes de las partes de retención de diente 21, 23. Además, a pesar de que la variación que se muestra ilustra un arco 19 que puede cubrir sólo una parte del paladar del usuario, otras variaciones pueden estar configuradas para tener un arco que cubre todo el paladar del usuario.

La figura 2D ilustra aún otra variación de un aparato bucal en la forma de un retenedor o protector bucal 25 que puede insertarse y retirarse con facilidad de la boca del usuario. Un retenedor o protector bucal 25 puede usarse en deportes en los que se usan protectores bucales convencionales; no obstante, un retenedor o protector bucal 25 que tiene el ensamblaje 16 integrado en el mismo puede utilizarse por personas con discapacidades auditivas o de otro modo, que pueden simplemente contener el retenedor o protector bucal 25 a través de ranuras o canales 26 entre sus dientes para la recepción de instrucciones por vía remota y para comunicarse a través de una distancia.

En general, el volumen del ensamblaje electrónico y/o de transductor 16 puede minimizarse con el fin de ser discreto y también cómodo para el usuario cuando se coloca en la boca. A pesar de que el tamaño puede hacerse variar, el volumen del ensamblaje 16 puede ser menor que 800 milímetros cúbicos. Este volumen es, por supuesto, a modo de ilustración y no es limitante como tamaño y volumen del ensamblaje 16 y puede hacerse variar en consecuencia entre usuarios diferentes.

Además, el aparato bucal amovible 18 puede fabricarse a partir de diversos materiales poliméricos o una combinación de materiales poliméricos y metálicos usando cualquier número de procedimientos, tales como procesos de mecanizado asistidos por ordenador usando sistemas de control numérico por ordenador (CNC, *computer numerical control*) o procesos de impresión tridimensional, por ejemplo, un aparato de estereolitografía (SLA), sinterización por láser selectiva (SLS, *selective laser sintering*), y/u otros procesos similares utilizando geometría tridimensional de la dentición del paciente, que puede obtenerse a través de cualquier número de técnicas. Tales técnicas pueden incluir el uso de la dentición explorada usando dispositivos de exploración para el interior de la boca tales como láser, luz blanca, ultrasonidos, dispositivos de exploración táctiles tridimensionales mecánicos, obtención de imágenes por resonancia magnética (MRI, *magnetic resonance imaging*), tomografía por ordenador (CT, *computed tomography*), otros procedimientos ópticos, etc.

Al formar el aparato bucal amovible 18, el aparato 18 puede formarse opcionalmente de tal forma que se moldea para ajustarse a lo largo de la dentición y de al menos una parte del tejido junto a la encía para inhibir la entrada de comida, fluidos, y otros desechos en el aparato bucal 18 y entre el ensamblaje de transductor y la superficie del diente. Además, la más grande área superficial del aparato bucal 18 puede facilitar la colocación y la configuración del ensamblaje 16 sobre el aparato 18.

Adicionalmente, el aparato bucal amovible 18 puede fabricarse opcionalmente para tener un factor de contracción de tal forma que cuando se coloca sobre la dentición, el aparato bucal 18 puede estar configurado para sujetarse de forma fija sobre el diente o los dientes, puesto que el aparato 18 puede tener un tamaño resultante ligeramente más pequeño que el diente o los dientes explorados sobre los que se formó el aparato 18. El ajuste puede dar como resultado un ajuste por interferencia de manera fija entre el aparato 18 y la dentición subyacente.

En una variación, con el ensamblaje 14 ubicado sobre los dientes, tal como se muestra en la figura 3, un ensamblaje de transmisor externo a la boca 22 que se encuentra en el exterior de la boca del paciente puede utilizarse para recibir señales auditivas para el procesamiento y la transmisión a través de una señal inalámbrica 24 a los componentes electrónicos y/o al ensamblaje de transductor 16 ubicado en el interior de la boca del paciente, que puede a continuación procesar y transmitir las señales auditivas procesadas a través de conductancia vibratoria al diente subyacente y por consiguiente al oído interno del paciente.

El ensamblaje de transmisor 22, tal como se describe en detalle adicional a continuación, puede contener un ensamblaje de micrófono así como un ensamblaje de transmisor y puede estar configurado en cualquier número de formas y conformaciones que lleve puesto el usuario, tal como un dispositivo montado en un cinturón, un reloj de pulsera, un collar, una solapa, un teléfono, etc.

La figura 4 ilustra una representación esquemática de una variación de ensamblaje de prótesis auditiva 14 que utiliza un ensamblaje de transmisor externo a la boca 22, que puede comprender de forma general un micrófono o una disposición de micrófono 30 (al que se hace referencia como "micrófono 30" con fines de simplicidad) para la recepción de sonidos y que se conecta eléctricamente al procesador 32 para el procesamiento de las señales auditivas. El procesador 32 puede conectarse eléctricamente al transmisor 34 para la transmisión de las señales procesadas a los componentes electrónicos y/o al ensamblaje de transductor 16 dispuesto sobre o junto a los dientes del usuario. El micrófono 30 y el procesador 32 pueden estar configurados para detectar y procesar señales auditivas en cualquier intervalo practicable, si bien puede estar configurado en una variación para detectar señales auditivas que varían desde, por ejemplo, 50 hercios hasta 20.000 hercios.

Con respecto al micrófono 30, pueden utilizarse una variedad de sistemas de micrófono diversos. Por ejemplo, el micrófono 30 puede ser un micrófono de tipo digital, analógico, y/o direccional. Diversos tipos de micrófonos como los anteriores pueden estar configurados de forma intercambiable para utilizarse con el ensamblaje, si se desea tal cosa. Además, pueden también utilizarse configuraciones y procedimientos diversos para la utilización de múltiples micrófonos en el interior de la boca del usuario, tal como se describe adicionalmente a continuación.

La fuente de alimentación 36 puede conectarse a cada uno de los componentes en el ensamblaje de transmisor 22 para proporcionar potencia al mismo. Las señales de transmisor 24 pueden encontrarse en cualquier forma inalámbrica utilizando, por ejemplo, radiofrecuencia, ultrasonidos, microondas, Blue Tooth® (BLUETOOTH SIG, INC., Bellevue, WA), etc. para la transmisión al ensamblaje 16. El ensamblaje 22 puede incluir también opcionalmente uno o más controles de entrada 28 que un usuario puede ajustar para configurar diversos parámetros acústicos de los componentes electrónicos y/o el ensamblaje de transductor 16, tal como enfoque acústico, control de volumen, filtrado, silenciamiento, optimización de frecuencia, ajustes de sonido, y ajustes de tono, etc.

Las señales transmitidas 24 por el transmisor 34 pueden recibirse por el ensamblaje electrónico y/o de transductor 16 a través del receptor 38, que puede tener en cuenta un procesador interno para un procesamiento adicional de las señales recibidas. Las señales recibidas pueden comunicarse al transductor 40, que puede vibrar de forma correspondiente contra una superficie del diente para la conducción de las señales de vibración a través del diente y del hueso y posteriormente hasta el oído medio para facilitar la audición del usuario. El transductor 40 puede estar configurado como cualquier número de mecanismos de vibración diferentes. Por ejemplo, en una variación, el transductor 40 puede ser un transductor accionado de forma electromagnética. En otras variaciones, el transductor 40 puede encontrarse en la forma de un cristal piezoeléctrico que tiene un intervalo de frecuencias de vibración, por ejemplo, desde 250 hasta 15.000 Hz.

La fuente de alimentación 42 puede también incluirse con el ensamblaje 16 para proporcionar potencia al receptor, el transductor y/o el procesador, si están también incluidos. A pesar de que la fuente de alimentación 42 puede ser una simple batería, permanente o que puede sustituirse, otras variaciones pueden incluir una fuente de alimentación 42 que se carga mediante inductancia a través de un cargador externo. Adicionalmente, la fuente de alimentación 42 puede cargarse de forma alternativa a través de un acoplamiento directo a una fuente de corriente alterna (CA) o de corriente continua (CC). Otras variaciones pueden incluir una fuente de alimentación 42 que se carga a través de un mecanismo mecánico, tal como un péndulo interno o un cargador por inductancia eléctrica que puede hacerse deslizar tal como se conoce en la técnica, que se acciona a través de, por ejemplo, los movimientos de la mandíbula y/o un movimiento para convertir el movimiento mecánico en energía eléctrica almacenada con el fin de cargar la fuente de alimentación 42.

En otra variación de ensamblaje 16, en lugar de utilizar un ensamblaje externo a la boca, el ensamblaje de prótesis auditiva 50 puede estar configurado como un ensamblaje independiente alojado en su totalidad en el interior de la boca del usuario, tal como se muestra en la figura 5. En consecuencia, el ensamblaje 50 puede incluir al menos un micrófono interno 52 en comunicación con un procesador incorporado 54. El micrófono interno 52 puede comprender cualquier número de tipos diferentes de micrófonos, tal como se describe en detalle adicional a continuación. Al menos un procesador 54 puede usarse para procesar cualesquiera señales recibidas auditivas para filtrar y/o amplificar las señales y transmitir las al transductor 56, que se encuentra en contacto de vibración contra la superficie del diente. La fuente de alimentación 58, tal como se describe anteriormente, puede también incluirse en el interior de ensamblaje 50 para proporcionar potencia a cada uno de los componentes de ensamblaje 50 según sea

necesario.

5 Con el fin de transmitir las vibraciones que se corresponden con las señales recibidas auditivas eficientemente y con una pérdida mínima al diente o a los dientes, idealmente se mantiene un contacto mecánico fijado entre el transductor y el diente para garantizar una comunicación de vibración eficiente. En consecuencia, puede utilizarse cualquier número de mecanismos para mantener esta comunicación de vibración.

10 Para cualquiera de las variaciones que se describen anteriormente, las mismas pueden utilizarse como un único dispositivo o en combinación con cualquier otra variación en el presente documento, según pueda ponerse en práctica, para obtener el nivel de audición deseado en el usuario. Además, más de un dispositivo de aparato bucal y ensamblajes electrónicos y/o de transductor pueden utilizarse en cualquier momento dado. Por ejemplo, la figura 6 ilustra un ejemplo en el que pueden colocarse múltiples ensamblajes de transductor 60, 62, 64, 66 en múltiples dientes. A pesar de que se muestra en la fila inferior de los dientes, múltiples ensamblajes pueden colocarse y encontrarse dispuestos de forma alternativa también a lo largo de la fila superior de dientes o de ambas filas.

15 Además, cada uno de los ensamblajes puede estar configurado para la transmisión de vibraciones dentro de un intervalo de frecuencias uniforme. De forma alternativa, en otras variaciones, diferentes ensamblajes pueden estar configurados para vibrar dentro de intervalos de frecuencias que se solapan o que no se solapan entre cada ensamblaje. Tal como se menciona anteriormente, cada transductor 60, 62, 64, 66 puede programarse o predefinirse para una respuesta de frecuencia diferente de tal forma que cada transductor puede optimizarse para una transmisión y/o una respuesta de frecuencia diferente para entregar un sonido de relativamente alta fidelidad hasta el usuario.

20 Además, cada uno de los transductores diferentes 60, 62, 64, 66 puede también programarse para vibrar de una forma que indica la dirección del sonido que se recibe por el micrófono que lleva puesto el usuario. Por ejemplo, transductores diferentes ubicados en ubicaciones diferentes en el interior de la boca del usuario pueden vibrar de una forma especificada, lo que proporciona colas de sonido o de vibración para informar al usuario de la dirección en la que se detectó un sonido en relación con la orientación del usuario, tal como se describe en detalle adicional a continuación. Por ejemplo, un primer transductor que se encuentra, por ejemplo, en un diente del lado izquierdo del usuario, puede programarse para vibrar para un sonido que se detecta con un origen al lado izquierdo del usuario.

30 De forma similar, un segundo transductor que se encuentra, por ejemplo, en un diente del lado derecho del usuario, puede programarse para vibrar para un sonido que se detecta con un origen al lado derecho del usuario. Pueden utilizarse otras variaciones y colas, puesto que estos ejemplos tienen como objetivo ser ilustrativos de variaciones potenciales.

35 La figura 7 ilustra otra variación 70 que utiliza un arco 19 que conecta una o más partes de retención de diente 21, 23, tal como se describe anteriormente. No obstante, en la presente variación, la unidad de micrófono 74 puede estar integrada en el interior de o sobre el arco 19 por separado del ensamblaje de transductor 72. Uno o más cables 76 encaminados a través del arco 19 pueden conectar eléctricamente la unidad de micrófono 74 al ensamblaje 72. De forma alternativa, en lugar de utilizar un cable 76, la unidad de micrófono 74 y el ensamblaje 72 pueden estar acoplados de forma inalámbrica entre sí, tal como se describe anteriormente.

40 La figura 8A muestra otra variación 80 que utiliza un elemento de conexión 82 que puede colocarse a lo largo de las superficies linguales o bucales de una fila de dientes de un paciente para conectar una o más partes de retención de diente 21, 23. El elemento de conexión 82 puede fabricarse a partir de cualquier número de materiales no tóxicos, tales como acero inoxidable, níquel, platino, etc. y fijarse o sujetarse 84, 86 a cada una de las partes de retención respectivas 21, 23. Además, el elemento de conexión 82 puede conformarse para resultar tan poco evidente para el usuario como sea posible. En consecuencia, el elemento de conexión 82 puede estar configurado para destacar relativamente poco para su colocación directamente contra las superficies lingual o bucal de los dientes. El área en sección transversal del elemento de conexión 82 puede estar configurada en cualquier número de formas siempre que la geometría resultante sea poco evidente para el usuario. La figura 8B ilustra una variación del área en sección transversal que puede estar configurada como un cuadrado o rectángulo 90. La figura 8C ilustra otra geometría de elemento de conexión configurada como un semicírculo 92 en el que la parte plana puede colocarse contra los dientes superficies. Las figuras 8D y 8E ilustran otras formas alternativas tales como una forma elíptica 94 y una forma circular 96. Estas variaciones tienen como objetivo ser ilustrativas y no limitantes, puesto que se pretende que otras formas y geometrías, según puedan ponerse en práctica, estén incluidas en la presente divulgación.

55 En aún otra variación para separar el micrófono del ensamblaje de transductor, la figura 9 ilustra otra variación en la que al menos un micrófono 102 (u opcionalmente cualquier número de micrófonos adicionales 104, 106) puede colocarse en el interior de la boca del usuario mientras que está físicamente separado de los componentes electrónicos y/o del ensamblaje de transductor 100. De esta forma, el uno u opcionalmente más micrófonos 102, 104, 106 pueden estar acoplados de forma inalámbrica o por cable a los componentes electrónicos y/o al ensamblaje de transductor 100 de una forma que atenúa o elimina la realimentación desde el transductor, lo que también se describe en detalle adicional a continuación.

65 Al utilizar múltiples transductores y/o unidades de procesamiento, varias características pueden incorporarse con el/los aparato(s) bucal(es) para llevar a cabo cualquier número de mejoras en la calidad de las señales de vibración

que se conducen y/o para emular diversas características de percepción para que el usuario realice una correlación de las señales auditivas que se reciben por un usuario para la transmisión de estas señales a través de la conducción de sonido a través de los dientes o de las estructuras óseas en y/o alrededor de la boca. Ejemplos de diversos procedimientos y sistemas de procesamiento para simular la dirección así como para los algoritmos de procesamiento para eliminar por filtrado señales poco deseables, entre otras características, se muestran y se describen en detalle adicional en la solicitud de patente de los Estados Unidos con n.º 11/672.239 presentada el 7 de febrero de 2007. Las características que se muestran y describen pueden utilizarse con cualquiera de las variaciones que se describen en el presente documento y en cualquier número de combinaciones según puedan ponerse en práctica.

Al transmitir las vibraciones que se generan a partir de las señales auditivas que recibe el usuario, los uno o más transductores pueden colocarse en relación con el diente o con los dientes, así como en relación con la cubierta en sí misma, conteniendo los uno o más transductores. En general, una fuerza de oscilación 110 puede estar presente a lo largo de una única superficie de un diente o de los dientes del usuario TH de tal forma que el diente vibra 112, tal como se muestra a modo de ilustración en la figura 10A, y conduce las vibraciones a través del cráneo. En otra variación, la figura 10B muestra cómo una fuerza de oscilación adicional 114 puede impartirse contra el diente TH sobre una superficie opuesta con respecto a aquella en la que se imparte la fuerza 110. En este modo, la impedancia presente para el actuador es relativamente más grande que la impedancia presente en la figura 10A, por lo que potencialmente se requiere de este modo un menor desplazamiento por el actuador, por ejemplo, de alrededor de relativamente 40 dB menos. En aún otra variación, la figura 10C muestra cómo una fuerza de oscilación 116 puede estar presente contra una superficie oclusal del diente TH. En la presente variación, la trayectoria de transmisión de la vibración es relativamente limpia y directa a través del diente TH y hasta el cráneo del usuario.

Tal como se menciona anteriormente, el transductor que se utiliza en el ensamblaje de actuador puede ser un transductor electromagnético o un transductor piezoeléctrico. Los transductores piezoeléctricos en particular pueden usarse en diversas configuraciones lo que se debe en parte a los diversos modos de vibración que pueden utilizarse para la transmisión de las señales acústicas como vibraciones a través de un diente o de unos dientes. Alguno de los modos de vibración propios de un transductor piezoeléctrico que pueden utilizarse en un ensamblaje de actuador que se describen en el presente documento se ilustran en las figuras 11A a 11C.

La figura 11A muestra un transductor piezoeléctrico representativo que tiene unos dipolos inducidos en el interior de la estructura molecular o de cristal del material que se alinean con un campo eléctrico aplicado a través del transductor 120. Este alineamiento de moléculas hace que el transductor 120 cambie con respecto a sus dimensiones y vibre en consecuencia en la dirección 122. De forma alternativa, el transductor 124 puede estar configurado para utilizar los cambios con respecto a sus dimensiones en la dirección de la elongación 126 a lo largo de una longitud de transductor 124, tal como se indica en la figura 11B. En otra alternativa más, el transductor 128 puede tener una orientación de dipolo y de campo eléctrico que da como resultado que el transductor 128 exhiba un modo de corte en la que las superficies opuestas del transductor 128 pueden vibrar en direcciones opuestas 130. El transductor 128 puede por lo tanto oscilar entre su configuración no deformada y una configuración de corte 132, tal como se indica en la figura 11C.

En otras configuraciones, el transductor piezoeléctrico puede utilizarse en el interior de los ensamblajes de actuador. Estos ensamblajes cambian la impedancia del actuador y generan normalmente unos desplazamientos más grandes si bien tienen una rigidez y unos valores de resonancia relativamente más pequeños. Por ejemplo, la figura 12A ilustra un ejemplo de un transductor piezoeléctrico 140 que puede acoplarse a o bien un segundo transductor o bien a un material elástico 142 para formar una configuración de combado, por ejemplo, con configuración de tipo de viga en voladizo de capa única o de capa doble. Tras la aplicación de un campo eléctrico, el transductor de material compuesto puede oscilar en un modo de combado o de flexión 144. En otra configuración más de modo de material compuesto, la figura 12B ilustra un ejemplo de un transductor de tipo platillo o de Moonie, que tiene normalmente una forma simétrica y que puede utilizarse en un ensamblaje de actuador que se describe en el presente documento. En general, tales transductores de material compuesto utilizan un transductor piezoeléctrico en forma de capa única o de capas múltiples 146 que está intercalado entre unas cubiertas de extremo opuestas 148, 150. Cada cubierta de extremo 148, 150 puede formar una cavidad, tal como la cavidad en forma de media luna 152, a lo largo de una superficie interna y sirve como un transformador mecánico para convertir y amplificar los desplazamientos laterales 156 del transductor 146 en un movimiento axial 154 de las cubiertas de extremo 148, 150.

Cualquier número de transductores puede utilizarse para tales aplicaciones particulares. Por ejemplo, los transductores piezoeléctricos de múltiples capas de bajo voltaje manufacturados por la Morgan Electro Ceramics Ltd. (Wrexham, Inglaterra) pueden utilizarse para las aplicaciones que se describen en el presente documento.

Al transmitir la energía de vibración desde el transductor hasta el usuario, el ensamblaje de actuador 160 puede colocarse contra el diente o los dientes TH con una capa de adaptación de impedancias 162 que se coloca entre los mismos, tal como se muestra en la figura 13. La capa de adaptación de impedancias 162 puede utilizarse para mejorar el acoplamiento y optimizar la transmisión de la energía de vibración 166 a partir del actuador 160 en el diente TH y para optimizar la transmisión en el diente TH de cualesquiera vibraciones reflejadas. Además, la capa de

acoplamiento ayudará en el ajuste y a que la inserción sea sencilla.

Una variación de un ensamblaje de actuador que puede utilizarse en la cubierta se muestra a modo de ilustración en la figura 14, que muestra un ensamblaje de actuador 170 que incluye un actuador representativo 176 que tiene una masa 172 acoplada al mismo. El actuador 176 puede ser o bien un transductor piezoeléctrico o bien uno electromagnético, dependiendo de los resultados deseados. La masa 176 puede ser de un tamaño y de un peso suficiente para generar unas fuerzas tales que un movimiento oscilatorio 174 de la masa 172 impartido por el actuador 176 conduce a una fuerza de reacción 178 impartida al diente TH. El uso de una masa separada 172 puede también ser útil en la generación de una fuerza de reacción suficiente 178 incluso si una resonancia del ensamblaje en sí mismo se encuentra en un intervalo de frecuencias de interés. La masa puede estar compuesta por un componente fabricado para ser el elemento de masa o la masa puede estar compuesta por otros componentes del sistema tales como, por ejemplo, la batería, el sistema de carga, los componentes electrónicos asociados, etc.

En las configuraciones que utilizan un ensamblaje de actuador electromagnético, puede utilizarse un número de arquitecturas diversas. Por ejemplo, la figura 14B muestra alguna de las diversas combinaciones para un ensamblaje de transductor electromagnético que se utilizan con la cubierta para su colocación a lo largo de o contra la dentición de un usuario. La masa 172 utilizada puede ser o bien una masa libre que puede ser un componente desmontable alineado en el interior del ensamblaje o una masa sujeta que se acopla a la cubierta a través de un mecanismo o de un elemento mecánico. Aparte de la masa, el campo magnético puede estar configurado como o bien un campo natural que sigue una trayectoria natural o bien como un campo dirigido que se guía a través de, por ejemplo, un circuito magnético. Adicionalmente, el elemento de masa en movimiento puede estar configurado como o bien un imán permanente en movimiento o bien como una bobina en movimiento por la que circula una corriente. Por último, la orientación del campo magnético puede hacerse variar dependiendo de la configuración del imán y de la masa. Cualquier combinación de estos elementos puede utilizarse para configurar un transductor electromagnético para obtener un resultado deseado, por ejemplo, puede utilizarse la combinación de un elemento de la masa libre 172 configurado como un imán en movimiento y alojado en el interior de un campo dirigido.

La figura 15 ilustra una variación del ensamblaje de actuador que utiliza una masa 172 acoplada a un transductor piezoeléctrico 180. Tras la aplicación de un campo eléctrico 182, el dipolo inducido 184 en el material piezoeléctrico puede alinearse para impartir un movimiento oscilatorio 174 sobre masa 172. La figura 16 muestra aún otra variación en la que el ensamblaje de actuador 170 puede incluir un transductor de material compuesto, tal como un transductor de tipo de combado de viga en voladizo de capa única o de capa doble que tiene uno o más elementos de transductor 190, 192 acoplados entre sí. El ensamblaje de actuador puede acoplarse al bastidor del ensamblaje 170 a través de un único punto de anclaje 196 cerca de o en un primer extremo del ensamblaje de la viga de transductor. De forma alternativa, el ensamblaje de actuador puede omitir el punto de anclaje 196 en su totalidad y un borde o extremo de los elementos de transductor 190, 192 puede anclarse directamente a la cubierta en sí misma. La masa 172 puede acoplarse al transductor de material compuesto en un segundo extremo del ensamblaje de la viga de transductor también a través de un único punto de anclaje 194 de tal forma que cuando los uno o más transductores 190, 192 se activan para hacerse oscilar, un movimiento de vibración 174 puede impartirse a la masa 172 a través del punto de anclaje 194 de tal forma que la fuerza de reacción resultante 178 se transmite de forma suficiente al diente o a los dientes subyacentes. La masa 172 que se fija al punto de anclaje 194 puede extenderse hacia fuera o hacia el punto de anclaje 196. Puede ser ventajoso tener la masa 172 por encima o por debajo de la viga (por ejemplo, los transductores 190, 192) puesto que el momento resultante aplicado a la viga por la masa 172 durante el accionamiento puede desarrollar unos momentos ventajosos para diversas aplicaciones. El punto de anclaje 194 puede también estar en el extremo de la viga (un punto más allá en la dirección longitudinal de la viga a partir de 190).

En aún otra variación, la figura 17 muestra un ensamblaje de actuador 170 que utiliza un ensamblaje de transductor de combado simétrico (por ejemplo, de forma circular o de forma bilateral simétrica) que tiene uno o más transductores 200, 202 acoplados entre sí. Los uno o más transductores 200, 202 pueden ser del mismo diámetro o un segundo transductor 202 puede tener un diámetro que es menor que el diámetro del primer transductor 200. La masa 172 puede acoplarse a un segundo transductor 202 a través de un punto de anclaje 204 a lo largo de su eje central, caso en el que el primer transductor 200 puede acoplarse a un bastidor del ensamblaje 170 a través de múltiples anclajes 206, 208 o a través de un elemento de anclaje circular alrededor de una circunferencia del transductor 200.

Otra variación se ilustra en el ensamblaje de actuador de la figura 18, que muestra un diseño basado en cápsula piezoeléctrica. Una variación de este tipo puede utilizar un transductor piezoeléctrico 210 que tiene un espesor 228 y que se configura para hacerse oscilar en un modo de elongación 220. La masa 212 que tiene un espesor y una anchura 226 puede colocarse a una distancia 224 alejándose de la superficie del transductor a través de un elemento de cápsula 214 o de unos elementos de soporte que tienen una longitud 222 y que forman un ángulo, θ , en relación con el transductor 210. La cápsula 214 puede fabricarse a partir de un metal para ser simétrica, por ejemplo, de forma circular o de forma bilateral simétrica, y puede definir una cavidad 216 entre el transductor 210 y la cápsula 214. A medida que el transductor piezoeléctrico 210 se acciona para hacerse oscilar en su dirección de la elongación 220, puede forzarse la flexión de la cápsula 214 mientras que se hace vibrar la masa 212 en una

dirección transversal a la dirección de la elongación 220, creando de este modo la fuerza de reacción para la transmisión en el diente o en los dientes del usuario. Debido a la flexión de la masa 212 en relación con el transductor 210 y con la cápsula 214, el acoplamiento 218 entre la masa 212 y la cápsula 214 puede estar configurado a modo de articulación para permitir el movimiento relativo. Puede utilizarse cualquier número de mecanismos de pivote o de combado, por ejemplo, bisagras integrales de lámina, articulación de pegamento de silicona, etc. De forma alternativa, el dispositivo puede estar configurado de tal forma que la masa 212 se conecta al transductor piezoeléctrico 210 y la fuerza de reacción se transmite a la carga a través de la cápsula 214 en sí misma. Adicionalmente, el dispositivo puede tener una cápsula superior y una inferior, que se colocan en lados opuestos del transductor 210. En la presente variación, la masa 212 puede acoplarse a o bien la cápsula superior o bien a la inferior, mientras que la fuerza se transmite a la carga a través de la cápsula restante.

La figura 19 muestra otra variación de un ensamblaje de actuador que utiliza la fuerza entre un imán alojado en el interior de la cubierta del ensamblaje 170 y una corriente aplicada para controlar el movimiento de una masa. El imán 230 puede ser un imán permanente suspendido a través de uno o más elementos de soporte flexibles 232 sujetos en las proximidades de una o más bobinas 238. Pueden colocarse unas bobinas separadas a cada lado del imán 230 de tal forma que el dispositivo es simétrico con respecto al imán 230. Tales bobinas adicionales pueden mejorar la linealidad del rendimiento de fuerza del dispositivo. Además, el imán 230 puede funcionar adicionalmente como la masa o puede acoplarse un elemento de masa separado a un imán 230. Las bobinas 238 pueden sujetarse junto a imán 230 a través de uno o más elementos de soporte relativamente rígidos 236 y pueden portar una corriente 240, 242 que guarda una correlación con las señales auditivas recibidas y procesadas. Cuando se hace pasar una corriente a través de las bobinas 238 en presencia de un campo magnético 234 generado por un imán 230, el imán 230 puede vibrar en consecuencia mientras que está suspendido por unos elementos de soporte 232 para impartir la fuerza de reacción de vibración al diente TH.

Con independencia del diseño específico del transductor, el nivel del rendimiento de salida transmitido de funcionamiento resultante es preferiblemente constante a lo largo de un intervalo de frecuencias especificado que se encuentra por debajo de unos niveles de vibración y de volumen molestos a lo largo de todo el intervalo de frecuencias.

Al determinar los parámetros para la cantidad de flexión deseada que se genera por el ensamblaje de transductor así como para los parámetros de diseño para el ensamblaje de cubierta, todo el sistema 260 puede modelarse como unos elementos de resorte acoplado en serie. Tal como se ilustra en la figura 20, de acuerdo con la presente invención, la mitad del sistema 260 dividido a lo largo de la línea simétrica 262 puede modelarse como un elemento de brazo 264 y un elemento inferior o de extensión 266. El ensamblaje de transductor 268 y su fuerza de vibración generada 270 pueden acoplarse a lo largo del elemento de brazo 264, en el presente ejemplo particular. A pesar de que cada elemento 264, 266 puede tener su propio valor de flexibilidad, la flexibilidad de todo el sistema puede determinarse mediante la suma de los valores de flexibilidad individuales.

La figura 21 ilustra una representación esquemática 272 de un transductor y del ensamblaje de cubierta en la que el circuito bobina-condensador 274 representa el valor equivalente con respecto al diente TH, el circuito 276 representa el valor equivalente con respecto al elemento de brazo 264, el circuito 278 representa el valor equivalente con respecto al elemento de extensión 266, y el esquemático 280 representa el área acoplada entre el elemento de brazo 264 y el diente TH y la cantidad de flexión de transductor o carrera 282. La carrera total 282 del transductor 268 puede dividirse entre el diente TH y la cubierta, donde el más blando de los dos será el que más se flexiona. La cantidad de fuerza 270 transmitida por el transductor 268 puede determinarse por la rigidez del diente y la cantidad de desplazamiento en el diente TH. Por lo tanto, cuanto más blanda sea el material de la cubierta en relación con el diente TH, menor será el desplazamiento que puede transmitirse, de tal forma que en ese sentido la cantidad de carrera 282 debería aumentarse.

El elemento de extensión 266 del ensamblaje de cubierta es preferiblemente rígido para funcionar como una plataforma que permite que el ensamblaje de transductor 268 genere una cantidad de fuerza suficiente para la transmisión en el diente o en los dientes TH. Además, a pesar de que puede utilizarse cualquier número de diseños de transductor, tal como se muestra en el presente documento, los transductores piezoeléctricos de múltiples capas pueden ser en particular efectivos al multiplicar la salida de voltaje. Además, para mantener un nivel constante de fuerza de salida generada por el ensamblaje de transductor, los valores de resonancia de los ensamblajes de cubierta y del transductor pueden diseñarse de tal forma que tienen lugar dentro de un intervalo de frecuencias de interés deseable, por ejemplo, desde 250 Hz hasta 10.000 Hz, optimizando los parámetros de la cubierta, tales como el espesor del elemento de extensión 266, para alterar una frecuencia resonante del sistema.

La gráfica 290 de la figura 22 ilustra en un ejemplo la relación de la salida en dB como una función del espesor de la cubierta y el espesor del transductor material piezoeléctrico. Las líneas de contorno indican unos valores de salida en dB iguales, en los que la línea 292 representa unos valores de salida óptimos para un tamaño de dispositivo dado. En consecuencia, para un espesor dado de un material piezoeléctrico de transductor, por ejemplo, de un espesor de 2 mm, unos aumentos en el espesor del material de la cubierta conducen a unos aumentos nominales en los niveles de salida mientras que los aumentos en la rigidez del elemento de extensión pueden conducir a unos valores de salida relativamente más grandes.

Las figuras 23A y 23B muestran unas gráficas 300 y 304, respectivamente, que también ilustran la relación de los salidas de dB como una función del espesor de la cubierta y del espesor del material de transductor piezoeléctrico para una variación particular de la cubierta que tiene un elemento de extensión configurado para su colocación a lo largo de una superficie posterior de un diente, tal como se muestra en la figura 38. Para estos ejemplos particulares, ambas de la línea 302 en la gráfica 300 y la línea 306 en la gráfica 304 representan unos valores de salida óptimos para un tamaño de dispositivo dado, en los que el espesor de la extensión en la figura 23A es de 2,25 mm y el espesor de la extensión en la figura 23B es de 7,5 mm. Estas ilustraciones se han previsto meramente como ejemplos de la correlación relacional entre los diversos parámetros y las salidas diversas relativas para unos espesores de extensión. Además, no se pretende que estos valores sean limitantes de ninguna forma y son meramente a modo de ejemplo.

Volviendo a continuación a la colocación del ensamblaje de transductor en relación con el diente o con los dientes TH y también con respecto a la cubierta, cualquier número de configuraciones está disponible para su uso. Por ejemplo, la figura 24 muestra un ejemplo de un transductor piezoeléctrico 312 ubicado en el interior de una cubierta 310 para una colocación directa contra el diente o los dientes TH. La cubierta 310 puede tener un espesor de, por ejemplo, 0,4 mm con un elemento de extensión que tiene una longitud de, por ejemplo, de 10 mm. La cubierta 310 puede tener una longitud de 7 mm para su colocación a lo largo de uno o más dientes TH. Además, el transductor piezoeléctrico 312 puede tener una altura de 7 a 9 mm. Por supuesto, estos valores se dan como ejemplos y están sujetos a cambios, dependiendo de variables tales como la conductancia de vibración deseada así como de variables en la dentición particular de un usuario, entre otros factores.

En general, la cubierta 310 puede estar compuesta por un único elemento mecánico continuo configurado para tener partes de sí mismo orientadas hacia lados opuestos del diente o de los dientes TH. El ensamblaje de actuador puede presionarse de forma efectiva contra el diente TH que utiliza la cubierta a modo de cimientos y la cubierta 310 en sí misma puede ser simétrica o no uniforme en su configuración. En un ejemplo, las partes de brazo de la cubierta pueden colocarse a lo largo de unas superficies opuestas de al menos un diente, por ejemplo, a lo largo de las superficies lingual y bucal respectivas del diente o de los dientes. Las partes de brazo pueden acoplarse entre sí a través del elemento de extensión de tal forma que los brazos se empujan o se presionan de otro modo unos contra otros de tal forma que hacen presión contra sus superficies dentales respectivas. Una cubierta con un material relativamente blando puede utilizar una configuración y una rigidez en la que un primer modo de frecuencia resonante de la parte de extensión se encuentra por debajo de una región de interés mientras que un primer modo de frecuencia resonante de la parte de brazo se encuentra dentro, cerca del intervalo superior, o por encima del extremo superior del intervalo de frecuencias de interés, tal como se describe anteriormente. A medida que el transductor se acciona hasta rebasar el primer modo de la parte de extensión, puede parecer que la extensión se hace relativamente más rígida, lo que de este modo aumenta la fuerza salida del sistema. De forma alternativa, puede añadirse una masa adicional con la condición de que la masa se añada de una forma tal que garantice que la resonancia del elemento de brazo permanece en el extremo superior del intervalo de frecuencias de interés.

Con el transductor 312 ubicado en el interior de la cubierta 310, un material de adaptación de impedancias de acoplamiento 314, tal como silicona, puede colocarse entre el transductor piezoeléctrico 312 y la superficie del diente TH para optimizar la conductancia de las vibraciones 316 al diente TH. En este diseño particular, ambos de los elementos de brazo de la cubierta 310 pueden accionarse 318 para su flexión en relación con el diente TH y pueden facilitar la transmisión de las vibraciones. La figura 25 muestra otra variación que también utiliza un único transductor piezoeléctrico 312 ubicado a lo largo de una superficie externa de la cubierta 310. En el presente ejemplo, el elemento piezoeléctrico 312 acciona la cubierta 310 a modo de tipo de viga en voladizo de capa única, presionando contra la cubierta 310 y apretando el diente TH desde ambos lados. El movimiento de vibración del transductor 312 puede transmitirse 316, 320 por ambos elementos de brazo en unas superficies opuestas del diente TH en lugar de directamente contra una única superficie del diente TH.

La figura 26 muestra otra variación que utiliza un accionamiento de dos puntos en el que ambos de al menos dos transductores 312, 322 pueden colocarse en el interior de la cubierta 310 directamente contra unas superficies opuestas del diente TH. En la presente variación, el primer transductor 312 puede vibrar 316 a lo largo de una primera superficie del diente TH y el segundo transductor 322 puede vibrar 320 a lo largo de una segunda superficie del diente TH. Además, ambos transductores 312, 322 pueden estar configurados para vibrar de forma simultánea o con fases diferentes, dependiendo de los resultados deseados.

La figura 27 muestra otra variación que utiliza un accionamiento de dos puntos en el que al menos dos transductores 312, 322 se ubican a lo largo de unas superficies externas del ensamblaje de la cubierta 310. En el presente ejemplo, las vibraciones respectivas 316, 320 pueden transmitirse a través de la cubierta 310, a través del material de acoplamiento 314, y en el diente TH. La figura 28 muestra un ejemplo similar a la variación en la figura 27 en la que los transductores 312, 322 pueden montarse a lo largo de una superficie externa de la cubierta 330 en lados opuestos del diente TH, si bien el elemento de extensión 332 que conecta ambos elementos de brazo de la cubierta 330 es más grueso, por ejemplo, el doble de grueso que el elemento de extensión de la cubierta 310 de la figura 27. El espesor aumentado del elemento de extensión 332 puede dar como resultado un elemento de extensión relativamente más rígido 332 que aumenta la amplitud de las vibraciones transmitidas 316, 320.

Otras configuraciones de accionamiento de combado simétrico se ilustran, por ejemplo, en la figura 29 que muestra el transductor 340 ubicado a lo largo de una superficie externa de la parte de extensión de la cubierta 310. El accionamiento del transductor 340 puede no sólo hacer oscilar los elementos de brazo de la cubierta 310, sino que puede transmitir las vibraciones a través de una superficie oclusal del diente TH. La figura 30 ilustra una variación similar en la que el transductor 340 está ubicado a lo largo de la parte de extensión de la cubierta 344 separado por un espacio 342 entre el transductor 340 y el resto de la cubierta 344. Y la figura 31 ilustra aún otra variación en la que el transductor 340 está ubicado en el interior de la cubierta 310 para su colocación directamente contra la superficie oclusal del diente TH de tal forma que las vibraciones 346 a partir del transductor 340 se transmiten directamente al diente TH.

Se ha ilustrado alguna de las diversas configuraciones para la colocación del actuador en relación con el diente y/o con la cubierta. Variaciones adicionales para el posicionamiento de la cubierta y de los mecanismos de vibración a lo largo de múltiples dientes se ilustran a continuación. Volviendo a continuación a la figura 32, se muestra una vista desde arriba del actuador 350 montado a lo largo de las superficies bucales de múltiples dientes TH. El transductor 350 puede montarse entre un elemento de brazo de la cubierta 310 y la superficie de los dientes TH con el material de acoplamiento 314 colocado entre los mismos. A pesar de que la cubierta 310 puede extenderse a lo largo de la longitud de un único diente, el transductor 350 puede extenderse a lo largo de varios dientes.

La figura 33 muestra otra variación en la que el transductor 354 puede colocarse a lo largo de una superficie externa de un elemento de brazo 352 de la cubierta 310 y que tiene un elemento de brazo que se extiende a lo largo de varios dientes. El transductor 354 puede estar configurado para vibrar a lo largo de una dirección longitudinal 345 de tal forma que el transductor empuja y tira dando lugar a un combado 316 en el elemento de brazo alargado 352 y empujando los dientes TH.

La figura 34A muestra otro ejemplo más en el que pueden utilizarse al menos dos ensamblajes de cubierta a ambos lados de la dentición de un paciente 10. La primera cubierta puede utilizar un transductor 360 ubicado a lo largo de la cubierta y que vibra 362 contra los dientes y la segunda cubierta puede utilizar de forma similar un transductor 364 que también vibra 366 contra los dientes. La figura 34B muestra una vista lateral de un ejemplo de la cubierta 310 a lo largo de una superficie lingual de los dientes TH en el que se utiliza una parte de los dientes para fijar la cubierta. La figura 34C muestra una vista lateral en sección transversal parcial que ilustra el transductor 364 fijado en el interior de la cubierta 310 para una colocación directa contra los dientes TH. Cualquiera de las diversas configuraciones de transductor y de cubierta que se muestran en el presente documento puede utilizarse o bien en la primera y/o bien en la segunda configuración de cubierta.

La figura 35 muestra aún otra variación de un ensamblaje que utiliza un transductor 370 configurado para vibrar en un modo de corte en la que unas superficies opuestas del transductor 370 vibran en direcciones opuestas 372. El movimiento de corte 372 se aplica a los dientes a través de la capa de adaptación de impedancias 314 y genera directamente fuerzas en el diente. La figura 36 muestra otra variación en la que el transductor 374 se configura para vibrar en una dirección transversal 376 mientras que está alojado en el interior de una cubierta 310 que se hace más rígida. Debido a que la cubierta 310 es relativamente más rígida que otras configuraciones, la cubierta 310 tiene una tendencia menor a producir combado y flexión de tal forma que las vibraciones 376 pueden transferirse a cada diente subyacente en contacto con el material de acoplamiento 314 y con el transductor 374. La figura 37 también muestra otra configuración que utiliza el transductor 374 que tiene una masa adicional 378 que puede acelerarse mediante el transductor 374 para generar una fuerza suficiente para la conducción a los dientes subyacentes.

Otra configuración alternativa se muestra en la figura 38, que ilustra una cubierta 380 que tiene un elemento de extensión 388 que está ubicado alrededor de y en contacto con una superficie posterior de un diente. Uno o más ensamblajes de transductor 382, 384 pueden colocarse a lo largo de los elementos de brazo de la cubierta 380 o bien para hacerse oscilar contra una superficie externa de la cubierta 380, tal como se muestra, o bien para una colocación directa contra las superficies lingual y bucal del diente. El material de acoplamiento 386 puede colocarse entre la cubierta 380 y el diente subyacente para facilitar la transmisión de las vibraciones y la sencillez de inserción del aparato bucal. Ejemplos de parámetros de diseño para esta configuración particular de la cubierta 380 se muestran en las figuras 23A y 23B, tal como se describe anteriormente.

La figura 39 muestra aún otra variación en la que las partes de brazo de la cubierta 390 pueden colocarse a lo largo de ambas superficies lingual y bucal de un diente mientras que se conectan entre sí a través de los elementos de extensión que están configurados como cables 394. Los cables 394 pueden encaminarse de tal forma que se ubican por debajo de las superficies oclusales de los dientes o entre los dientes con el fin de ser mínimamente evidentes. Además, los ensamblajes de transductor 382, 384 pueden colocarse a lo largo de las superficies externas de la cubierta 390, tal como se muestra, o pueden colocarse directamente contra las superficies dentales. En ambos casos, un material de acoplamiento 392 puede colocarse contra el diente para facilitar la transmisión de las vibraciones a través del mismo.

Las figuras 40A y 40B muestran unas vistas desde arriba y en sección transversal, respectivamente, de un ensamblaje de la cubierta 400 que tiene una masa 404 acoplada a un elemento de brazo 408 que se extiende a partir de la extensión 406 de la cubierta 400. El transductor piezoeléctrico 402, que se acopla a un elemento 403

convirtiéndose de este modo en un actuador, actúa, en concierto con el elemento 403 como un transductor de tipo de viga en voladizo de capa única para empujar directamente el diente o los dientes subyacentes TH. El actuador se acopla a la cubierta 400 en sus dos puntos de extremo. Esta disposición de acoplamiento permite que el actuador se accione necesitando un movimiento de la cubierta 400 y de la masa 404. El sistema es tal que la resonancia de la masa 404 y de la cubierta 400 es relativamente baja. En consecuencia, a pesar de que es muy flexible y blando para los patrones humanos, puede proporcionar unos movimientos lo suficientemente sólidos en el intervalo de frecuencias de interés para permitir que el transductor de tipo de viga en voladizo de capa única genere fuerzas grandes sobre el diente TH durante el accionamiento. Aunque se representa un transductor de tipo de viga en voladizo de capa única, puede usarse un dispositivo de cápsula o cualquiera de las otras arquitecturas de transductor que se describen en el presente documento en lugar del transductor de tipo de viga en voladizo de capa única. La figura 41 muestra otra variación que también utiliza unos elementos de masa adicionales 410, 412 que se acoplan a una superficie externa de la cubierta 400 junto a transductor 402 en lugar de estar a lo largo de un elemento de brazo que puede moverse por separado 408. A pesar de que se muestran con dos elementos de masa 410, 412, las masas adicionales pueden utilizarse dependiendo de los resultados de transmisión deseados.

Las figuras 42A y 42B muestran unas vistas desde arriba y en sección transversal, respectivamente, de aún otra variación que utiliza una cubierta 400 y un transductor piezoeléctrico 402 acoplados directamente a una superficie del diente. En la presente variación, el elemento de brazo 408 se extiende de forma separada a partir del elemento de extensión 406, como anteriormente, pero también incluye una capa reflectante de baja impedancia 420 que rodea al transductor 402 y también entre el transductor 402 y el elemento de brazo 408. La capa reflectante 420 puede estar compuesta por un material, tal como silicona, que actúa para reflejar la energía de vibración transmitida a partir del transductor 402 y para retransmitir la energía de vuelta al diente TH.

Aparte de los ensamblajes de transductor y de cubierta que se ubican a lo largo de o contra uno o más dientes, los ensamblajes de transductor pueden montarse de forma alternativa a lo largo de una estructura de tipo de retenedor bucal configurada para su colocación junto a o a lo largo del paladar del usuario. De forma similar a otras variaciones que se describen anteriormente, el arco 430 puede extenderse entre unas partes de acoplamiento 436 que están configuradas para extenderse a partir del arco 430 para su colocación contra las superficies linguales de los dientes TH en lados opuestos de la dentición del usuario, tal como se ilustra en la figura 43A. En lugar de utilizar los ensamblajes de transductor directamente sobre los dientes, el transductor 432 puede estar integrado de manera amovible o permanente a lo largo del arco 430 de tal forma que una vibración de elongación 434 del transductor 432 conduce las vibraciones a lo largo del arco 430 para la transmisión 438 a través de partes de acoplamiento 436 y en los dientes del usuario TH, tal como se muestra en la vista lateral en sección transversal parcial de la figura 43B. De forma alternativa, uno o más transductores 440 pueden colocarse a lo largo del arco 430 y accionarse para la conducción de forma directa de las vibraciones 442 a través del hueso palatal del usuario, tal como se muestra en la figura 43C. Una capa de fluoruro de polivinilideno (PVDF), por ejemplo, puede generar las vibraciones deseadas.

La figura 44 muestra aún otra variación similar a la configuración que se muestra anteriormente en la figura 8A que utiliza un elemento de conexión 82 que puede colocarse a lo largo de las superficies linguales o bucales de una fila de dientes de un paciente para conectar una primera parte de retención de diente 450 y una segunda parte de retención de diente 452. Uno o más ensamblajes de transductor 454, 456 pueden estar integrados en el interior de la primera parte de retención 450 para alinearse a lo largo de las superficies bucal y lingual de uno o más dientes. De forma similar, uno o más ensamblajes de transductor 458, 460 pueden también estar integrados en el interior de la segunda parte de retención 452 para alinearse a lo largo de las superficies lingual y bucal de uno o más dientes. Una configuración de este tipo puede ser útil en particular para la incorporación de un número de transductores colocados en diversas ubicaciones a lo largo de la dentición, tal como se describe en detalle adicional en la solicitud de patente de los Estados Unidos n.º 11/672.239.

Las aplicaciones de los dispositivos y procedimientos que se han descrito anteriormente no están limitadas al tratamiento de la pérdida de audición sino que pueden incluir cualquier número de aplicaciones de tratamiento adicionales. Además, tales dispositivos y procedimientos pueden aplicarse a otros sitios de tratamiento dentro del cuerpo. Se pretende que la modificación de los ensamblajes y procedimientos que se describen anteriormente para llevar a cabo la invención, de las combinaciones entre las diferentes variaciones según puedan ponerse en práctica, y de las variaciones de los aspectos de la invención que son evidentes para los expertos en la técnica estén dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la conducción de vibraciones a través de al menos un diente, que comprende:

5 una cubierta (310) que tiene una forma que puede ajustarse a al menos una parte del al menos un diente (TH); y:
un transductor (40) dispuesto en el interior de o sobre la cubierta y en una comunicación de vibración con una superficie del al menos un diente;
caracterizado porque:
10 el aparato comprende además un elemento de masa (172) acoplado al transductor y que puede moverse en relación con la cubierta mediante lo que el movimiento del elemento de masa genera una fuerza que puede transmitirse a través de la superficie del al menos un diente; y
la cubierta comprende al menos dos elementos de brazo (264) configurados para colocarse contra lados opuestos del al menos un diente de forma fija y un elemento de extensión (266) que une los dos elementos
15 de brazo.

2. El aparato de la reivindicación 1, en el que la cubierta puede fijarse a dicho al menos un diente de manera amovible.

20 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que el elemento de extensión se configura para colocarse contra una superficie posterior del al menos un diente.

4. El aparato de la reivindicación 1, en el que al menos un primer elemento de brazo se configura para colocarse contra un primer lado del al menos un diente y al menos un segundo elemento de brazo se extiende a partir del
25 elemento de extensión que une los elementos de brazo primero y segundo, mediante lo que el accionamiento del transductor desplaza el segundo elemento de brazo con el elemento de masa acoplado al mismo.

5. El aparato de la reivindicación 1, en el que la cubierta comprende un aparato bucal (18) que tiene una forma que se ajusta a dicho al menos un diente.
30

6. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además un ensamblaje electrónico (16) dispuesto en el interior de o sobre la cubierta y que se encuentra en comunicación con el transductor.

7. El aparato de la reivindicación 6, en el que el ensamblaje electrónico comprende además al menos uno de: una fuente de alimentación (36) en una comunicación eléctrica con el transductor; un procesador (52) en una comunicación eléctrica con el transductor; y un receptor (38) en una comunicación inalámbrica con un ensamblaje de transmisor ubicado externamente.
35

8. El aparato de la reivindicación 7, en el que el ensamblaje electrónico comprende además un procesador en una comunicación eléctrica con el transductor, y un micrófono (130) para la recepción de señales auditivas, estando el micrófono en una comunicación eléctrica con el procesador.
40

9. El aparato de la reivindicación 1, que comprende además al menos un transductor adicional dispuesto en el interior de o sobre la cubierta y en una comunicación de vibración con una segunda superficie del al menos un diente.
45

10. El aparato de la reivindicación 1, en el que el transductor se encuentra en una comunicación de vibración con:

50 una superficie lingual del al menos un diente; o
una superficie bucal del al menos un diente; o
una superficie oclusal del al menos un diente.

11. El aparato de la reivindicación 1, en el que el transductor comprende un transductor piezoeléctrico configurado para vibrar en una dirección que discurre o bien de forma transversal a o bien a lo largo de una longitud del transductor.
55

12. El aparato de la reivindicación 1, en el que el transductor comprende un transductor piezoeléctrico configurado para vibrar en un modo de corte de tal forma que las superficies opuestas del transductor vibran en direcciones opuestas.
60

13. El aparato de la reivindicación 1, en el que el transductor se acopla a la masa en un primer extremo del transductor y en el que el transductor se acopla además a la cubierta en un segundo extremo del transductor.

14. El aparato de la reivindicación 1, en el que la fuerza transmitida a través de la superficie del al menos un diente es constante a lo largo de un intervalo de frecuencias de interés.
65

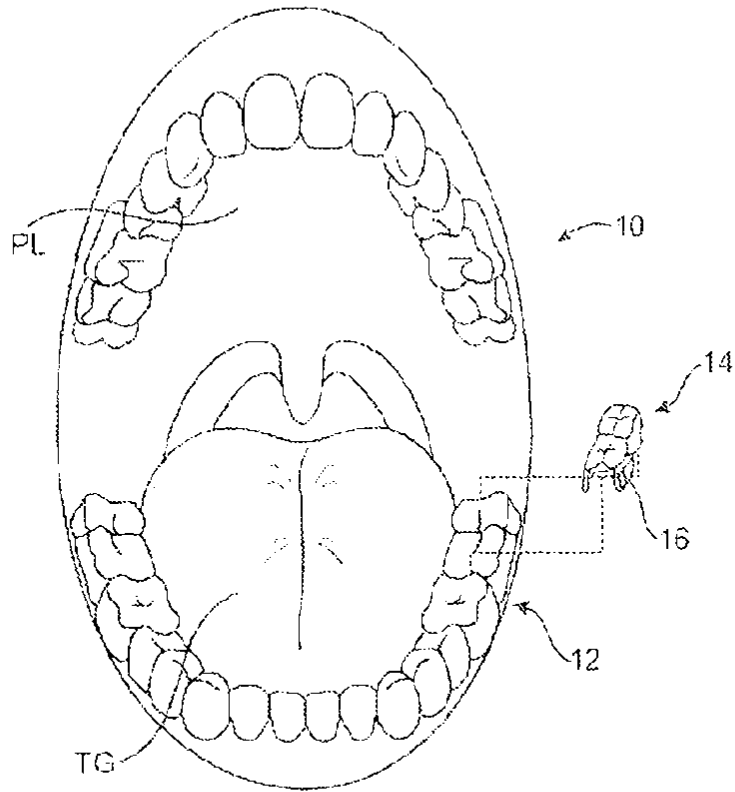


FIG. 1

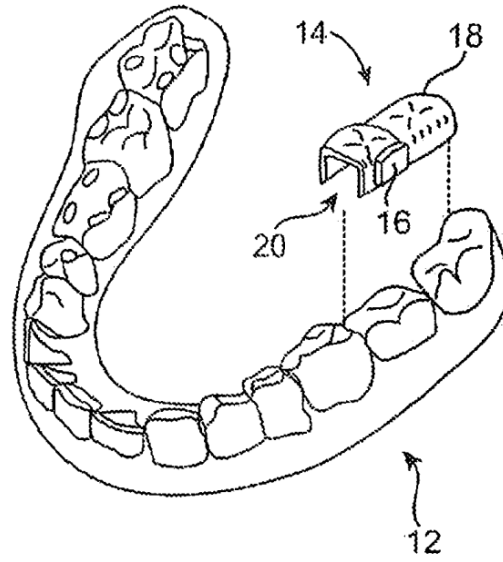


FIG. 2A

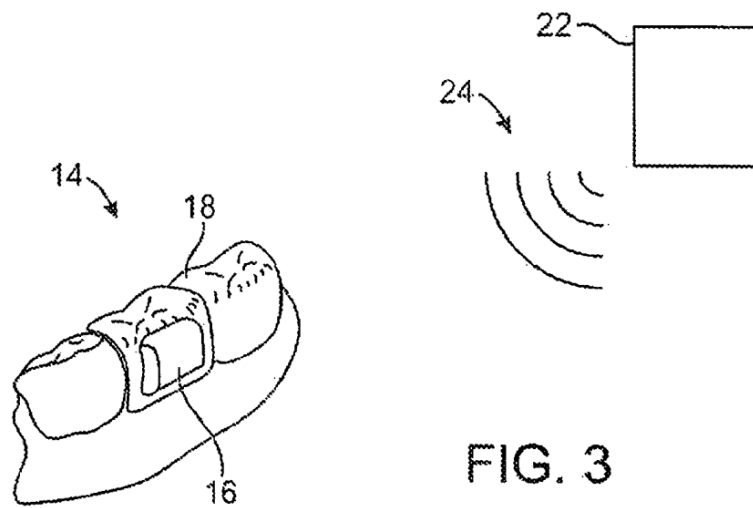


FIG. 3

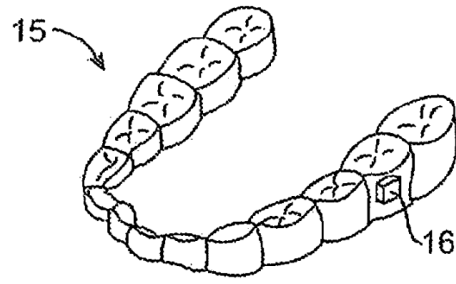


FIG. 2B

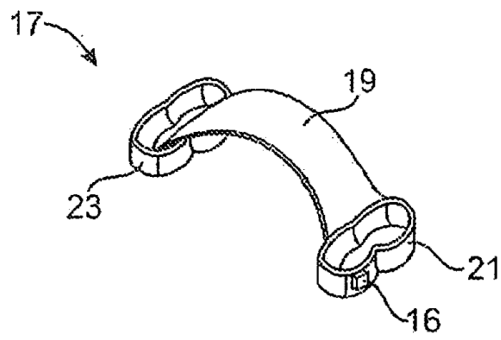


FIG. 2C

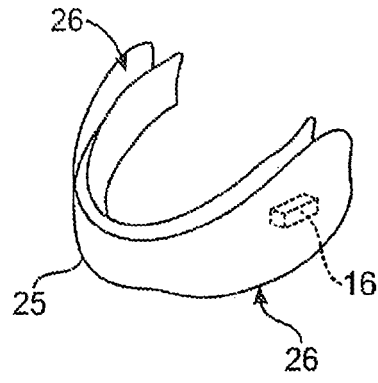


FIG. 2D

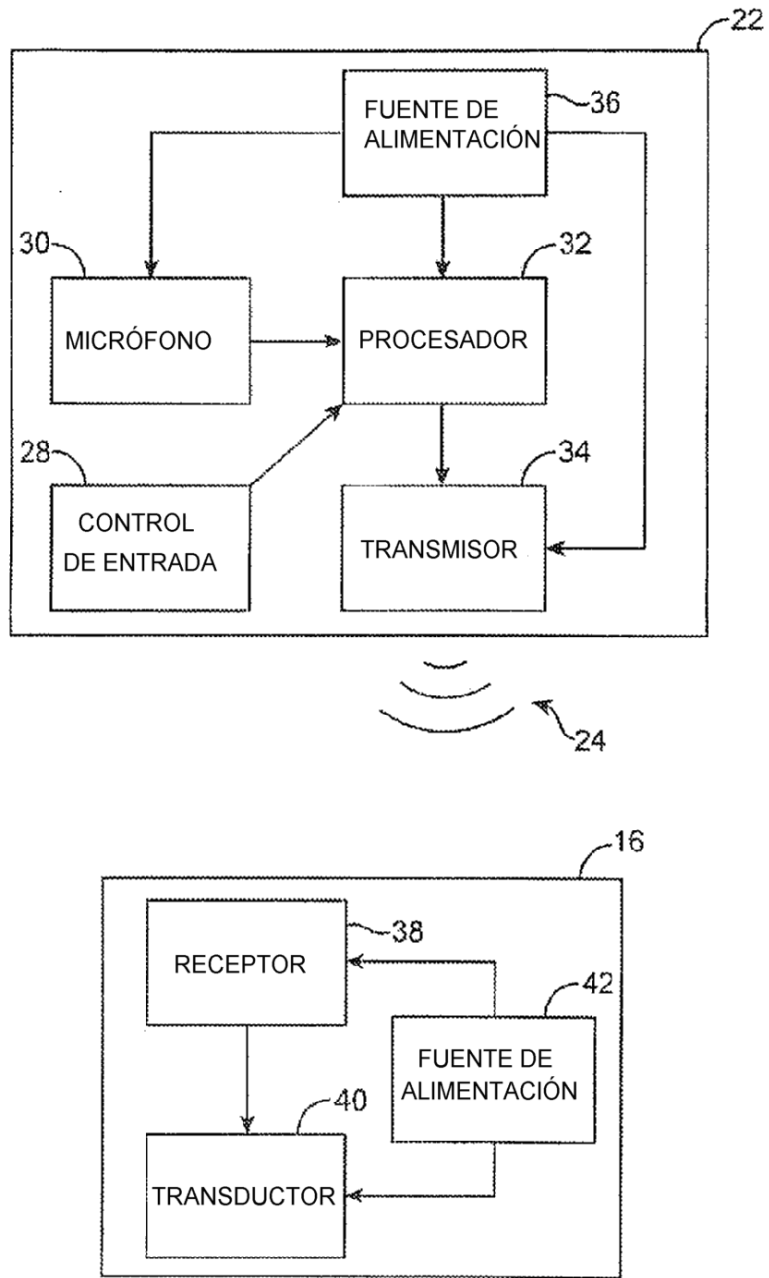


FIG. 4

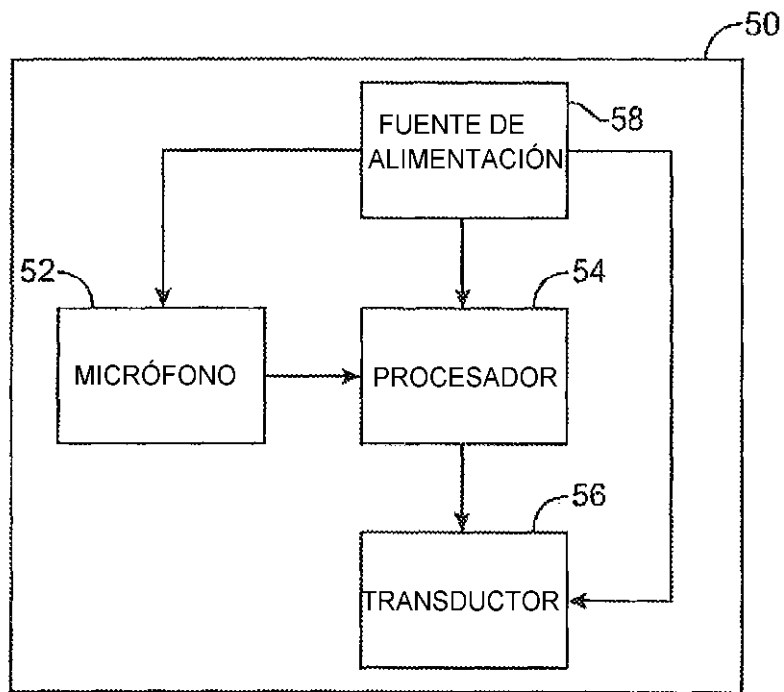


FIG. 5

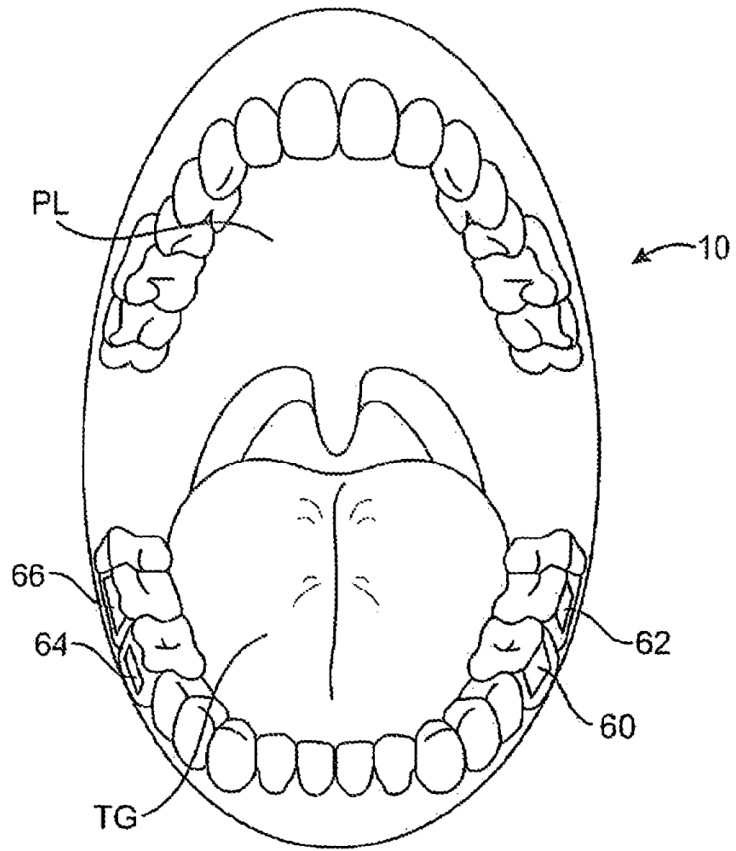


FIG. 6

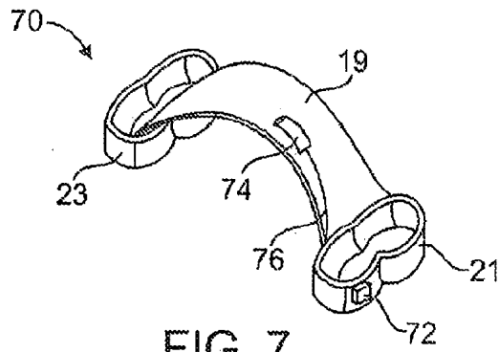


FIG. 7

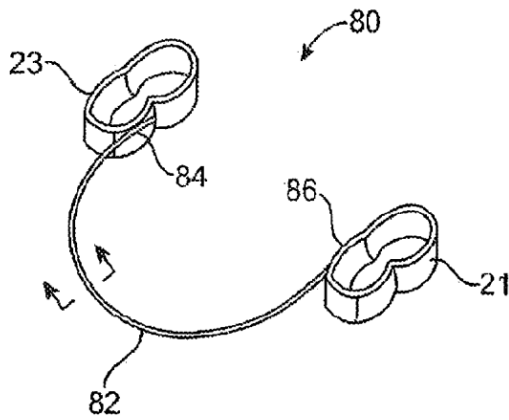


FIG. 8A

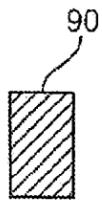


FIG. 8B



FIG. 8C



FIG. 8D

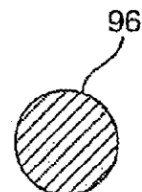


FIG. 8E

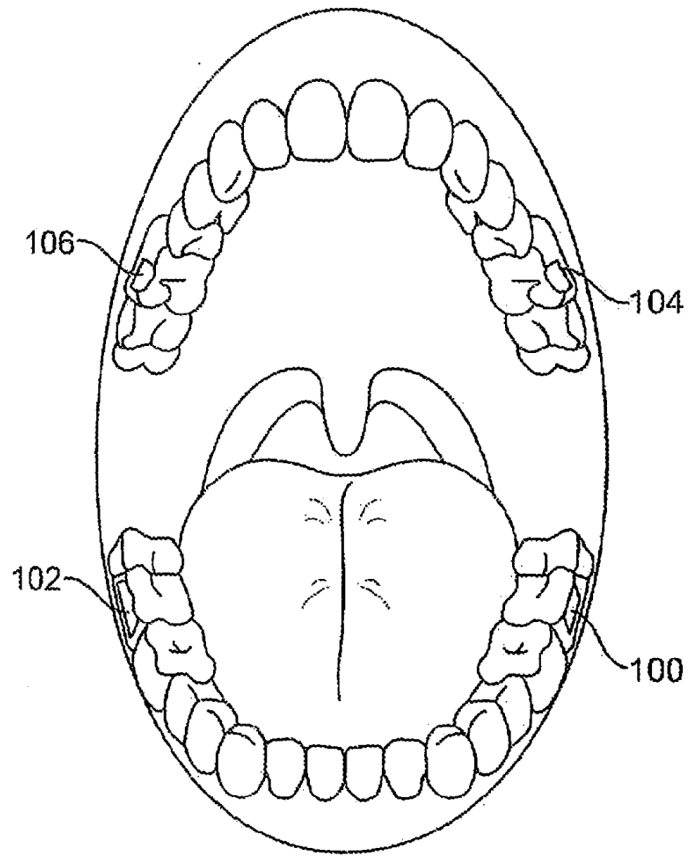
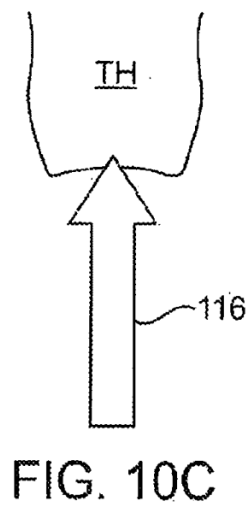
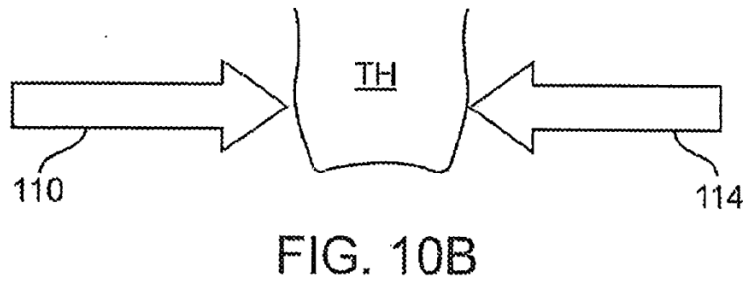
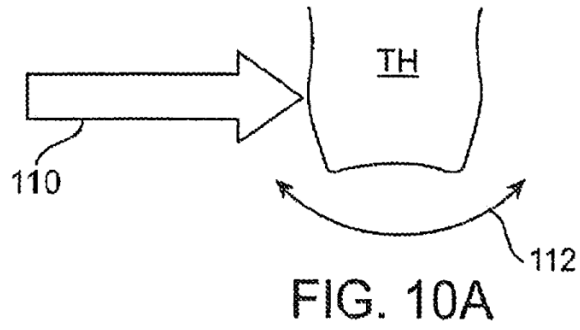


FIG. 9



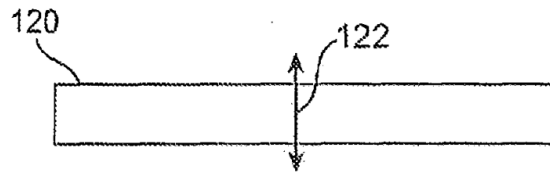


FIG. 11A

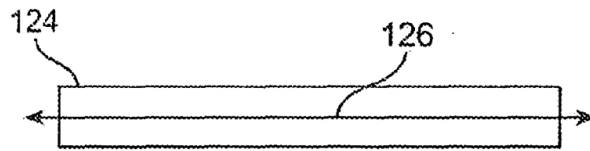


FIG. 11B

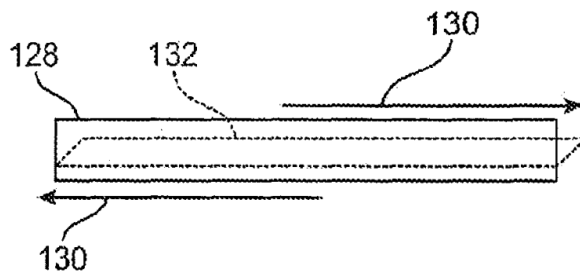


FIG. 11C

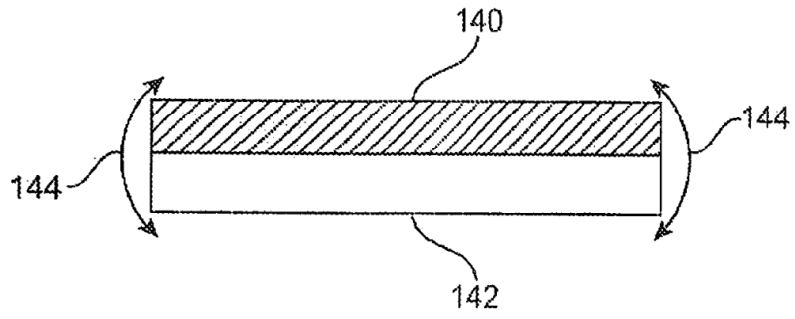


FIG. 12A

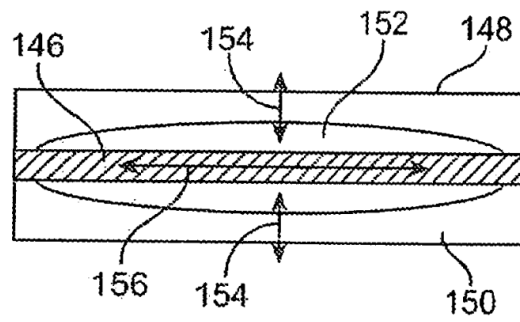


FIG. 12B

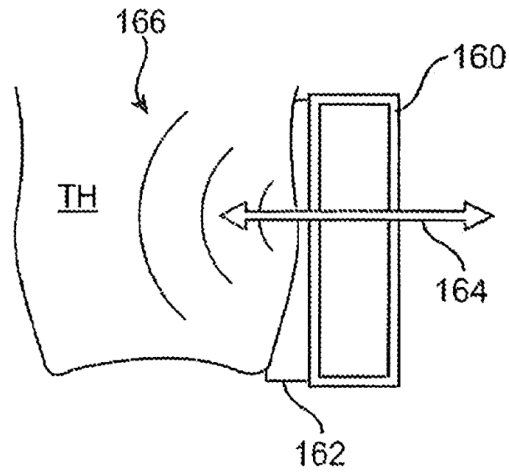


FIG. 13

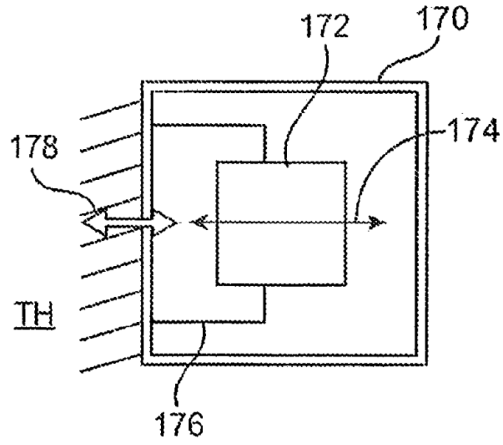


FIG. 14A

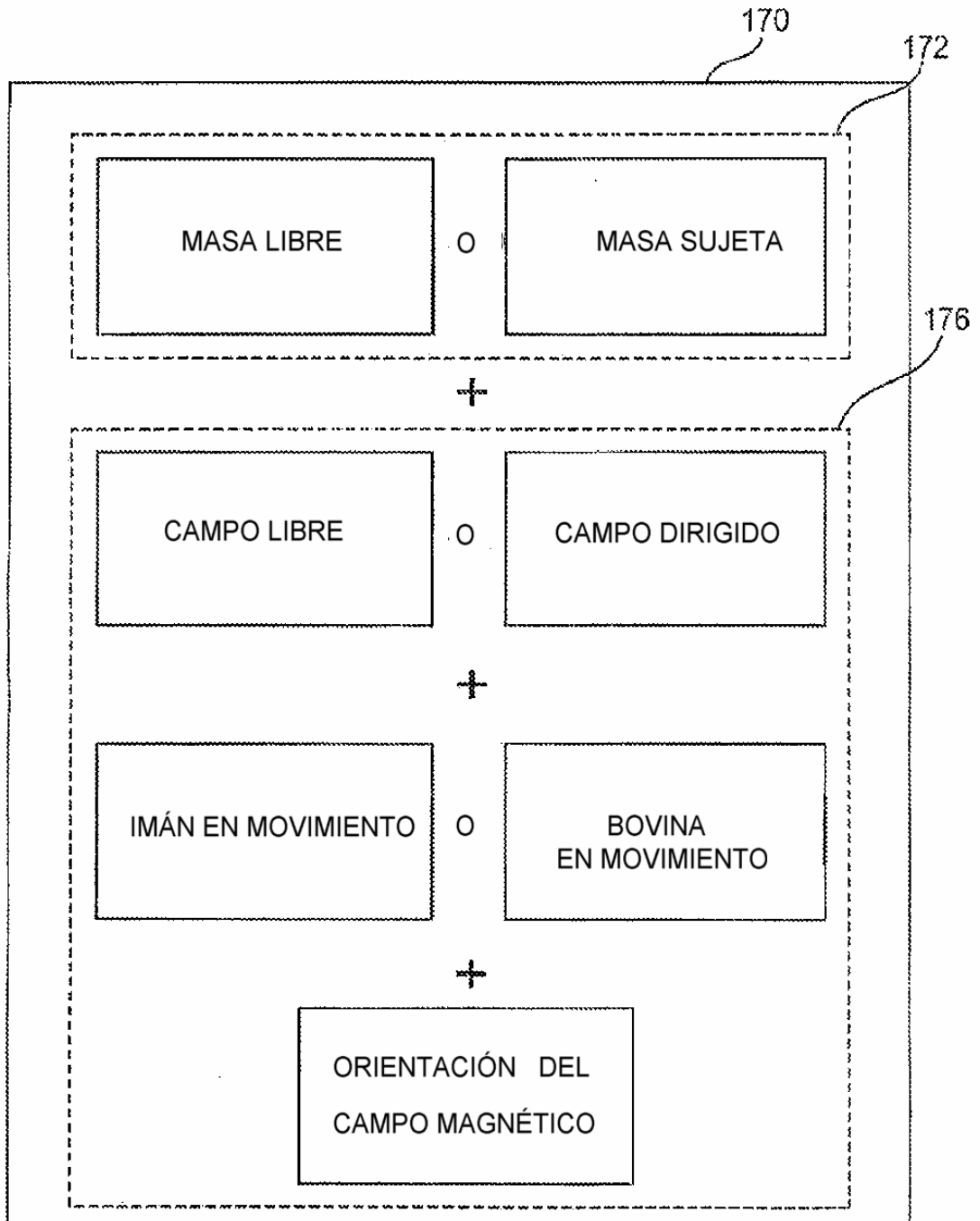


FIG. 14B

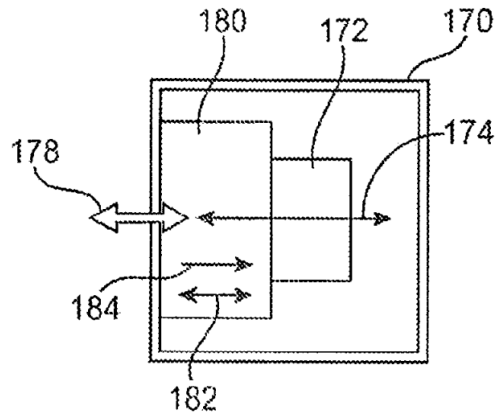


FIG. 15

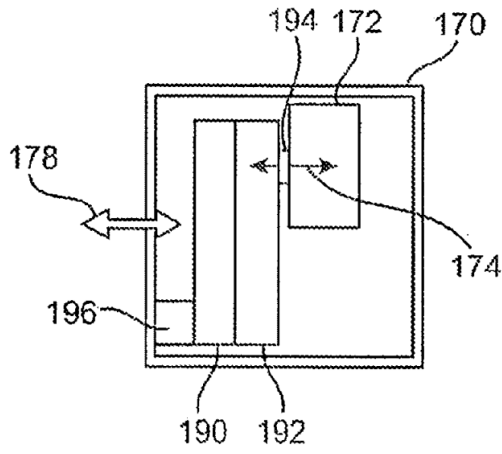


FIG. 16

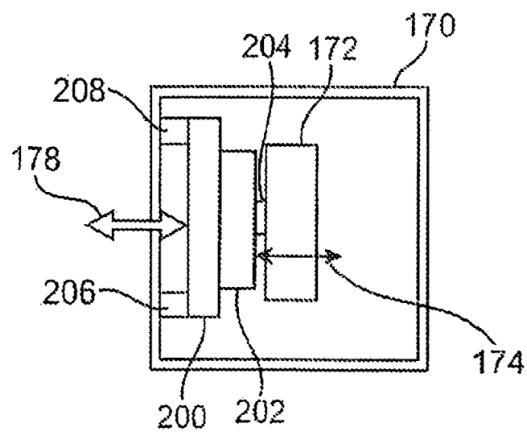


FIG. 17

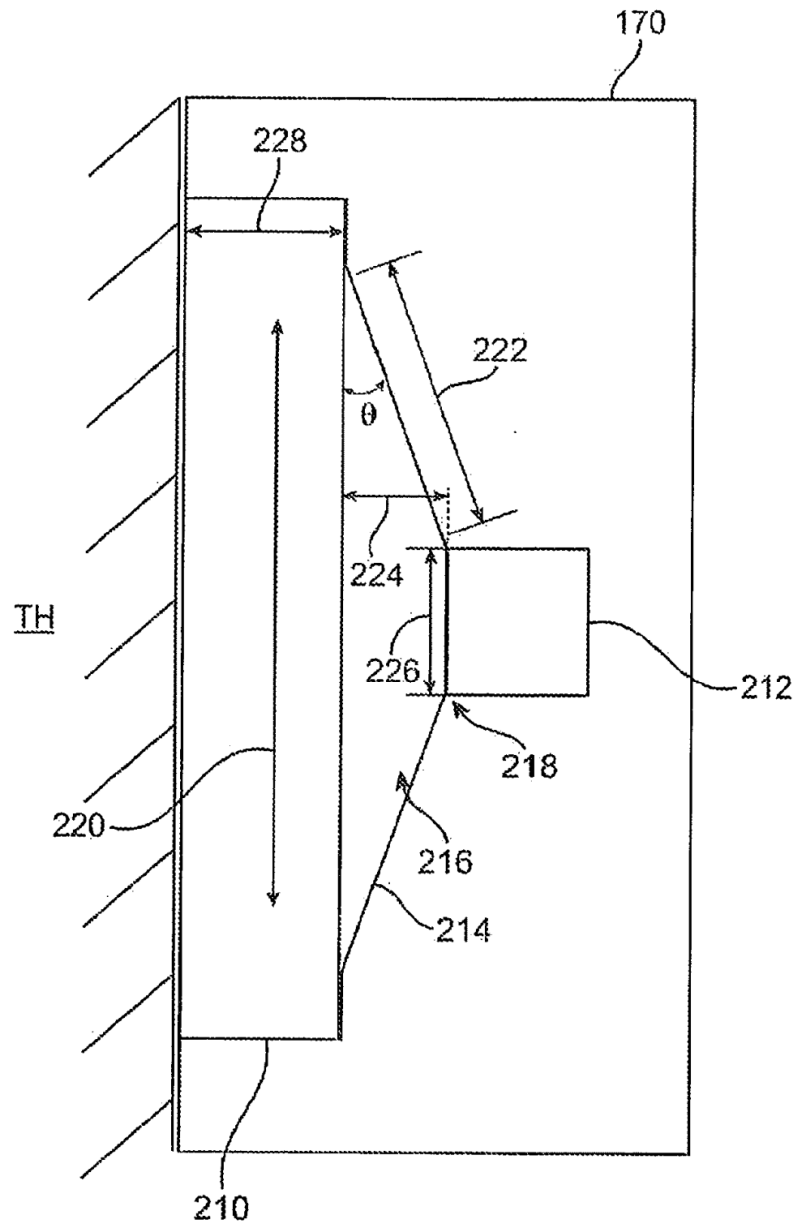


FIG. 18

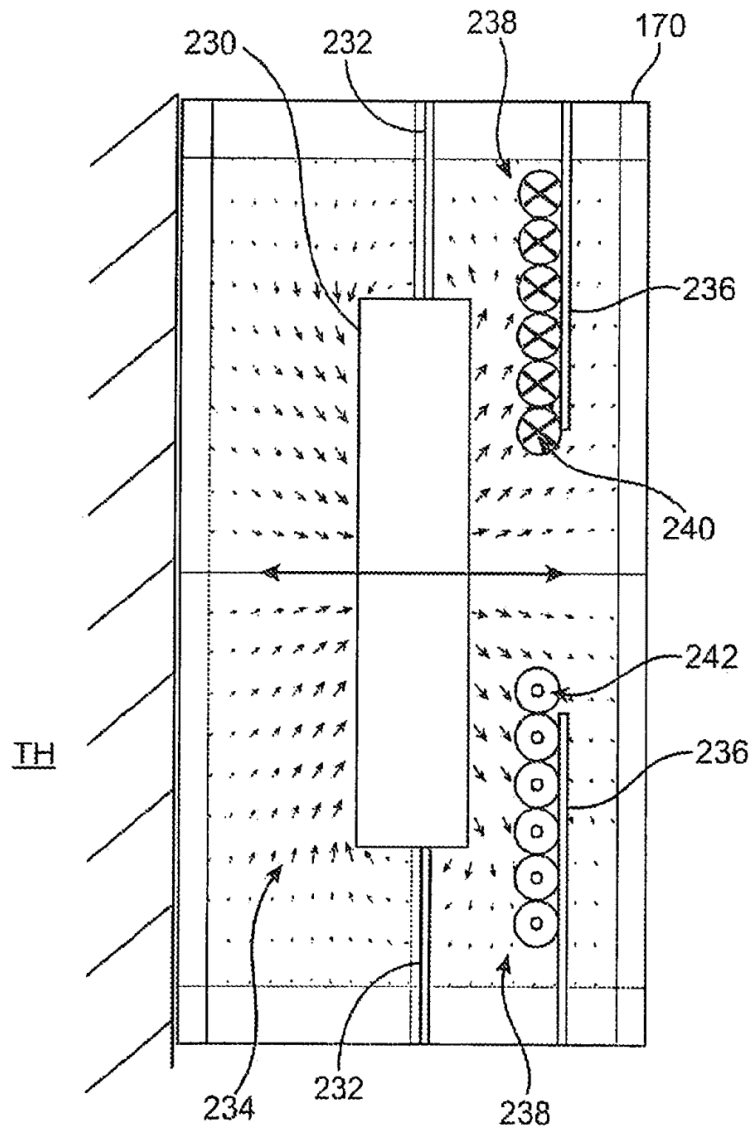


FIG. 19

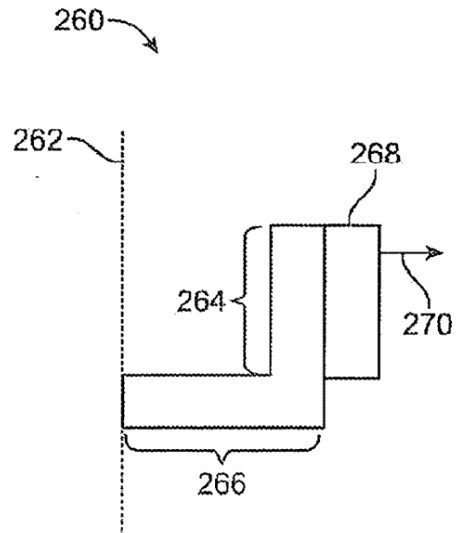


FIG. 20

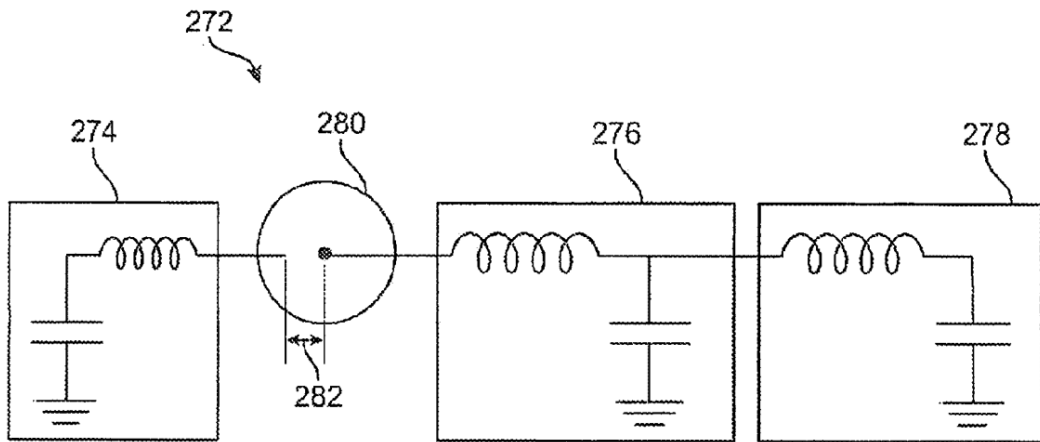


FIG. 21

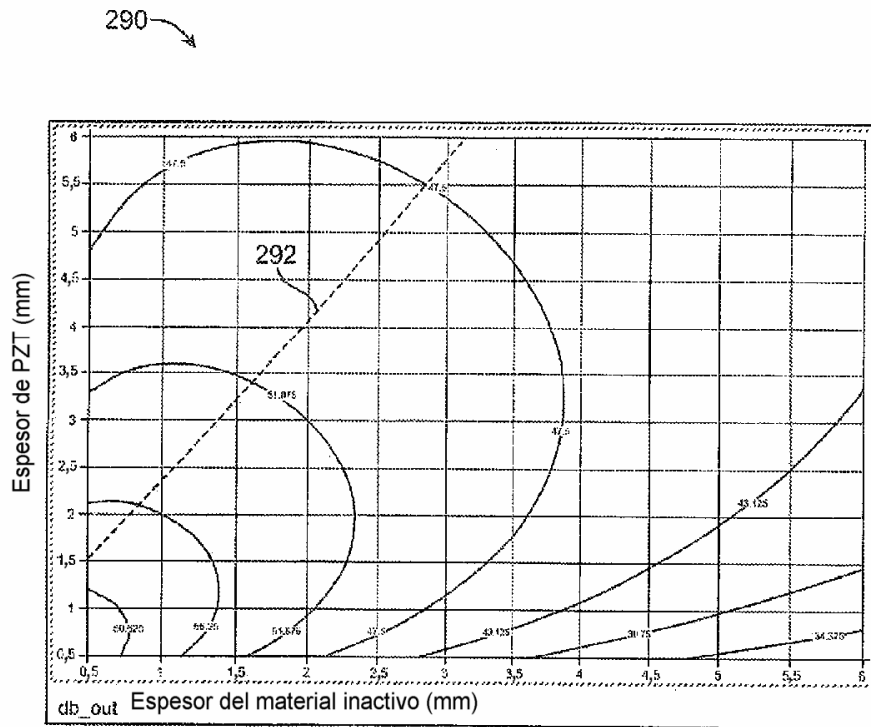


FIG. 22

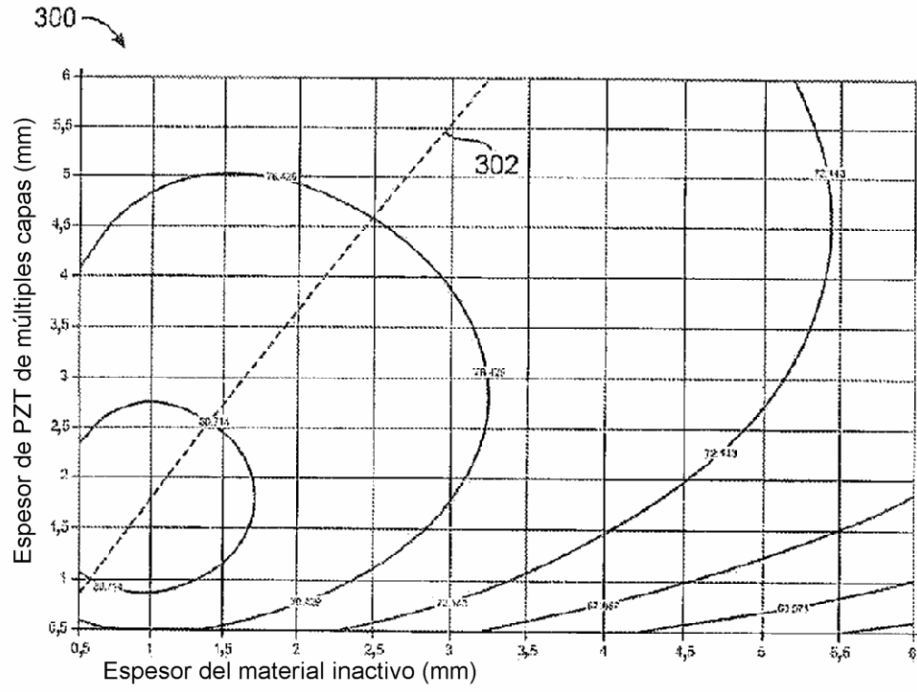


FIG. 23A

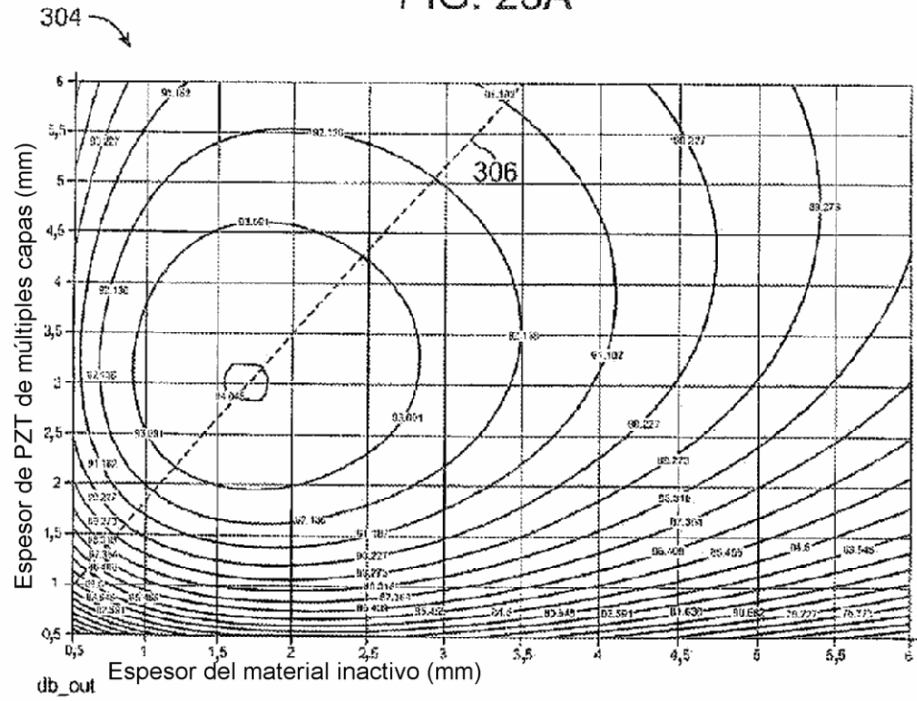


FIG. 23B

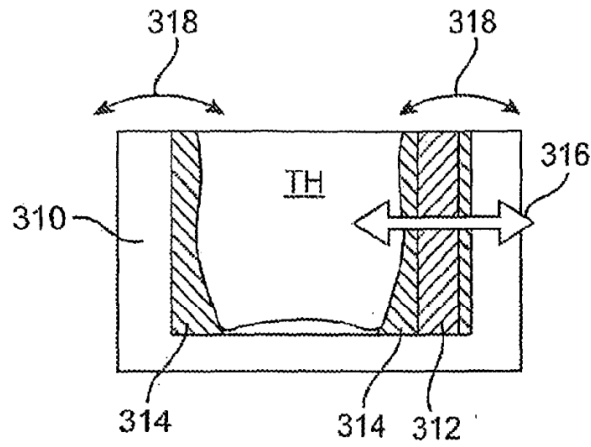


FIG. 24

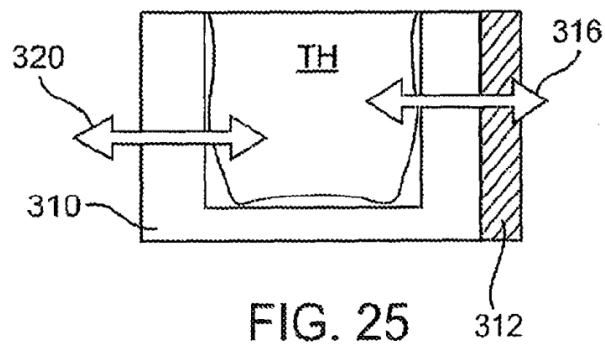


FIG. 25

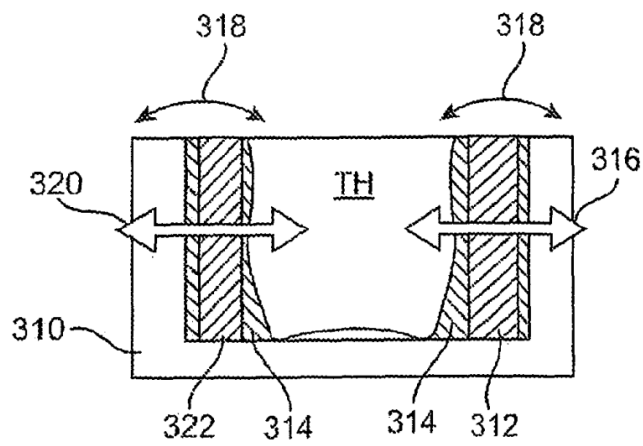


FIG. 26

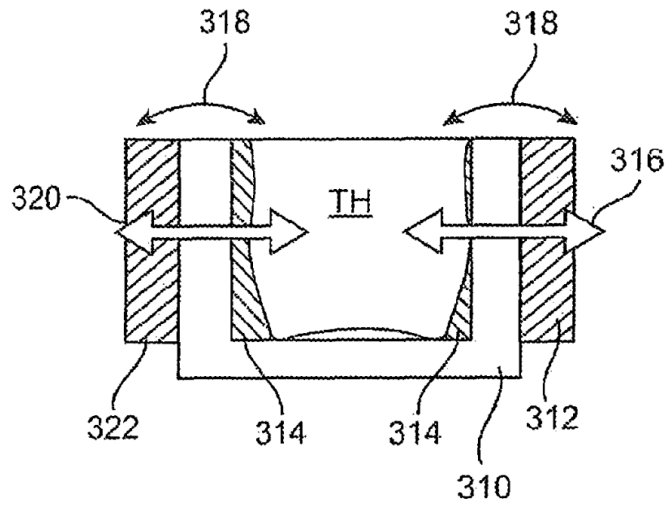


FIG. 27

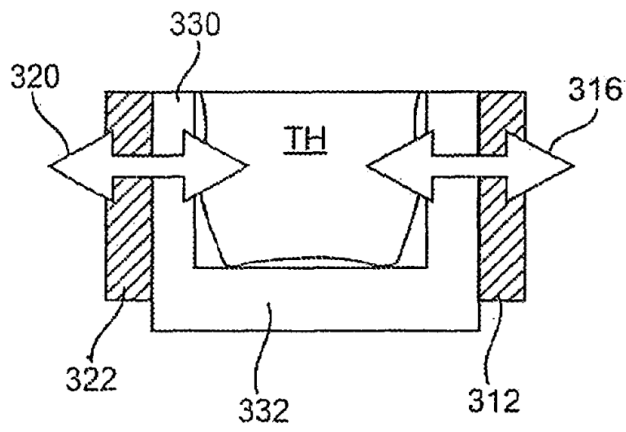


FIG. 28

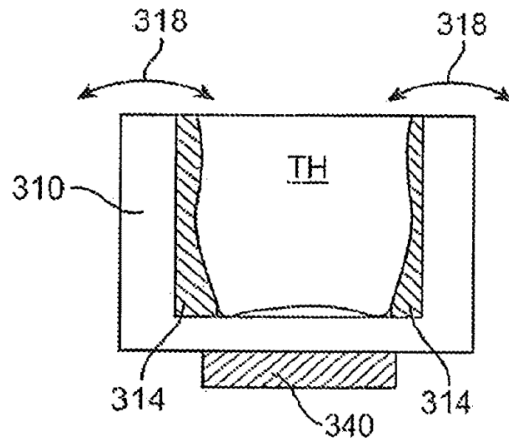


FIG. 29

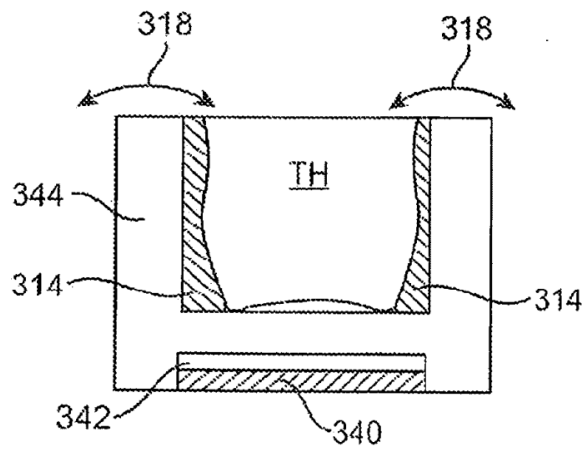


FIG. 30

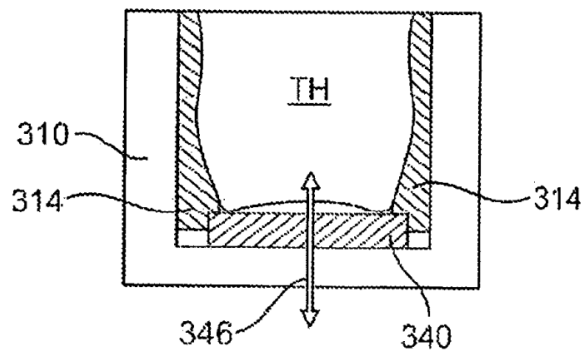
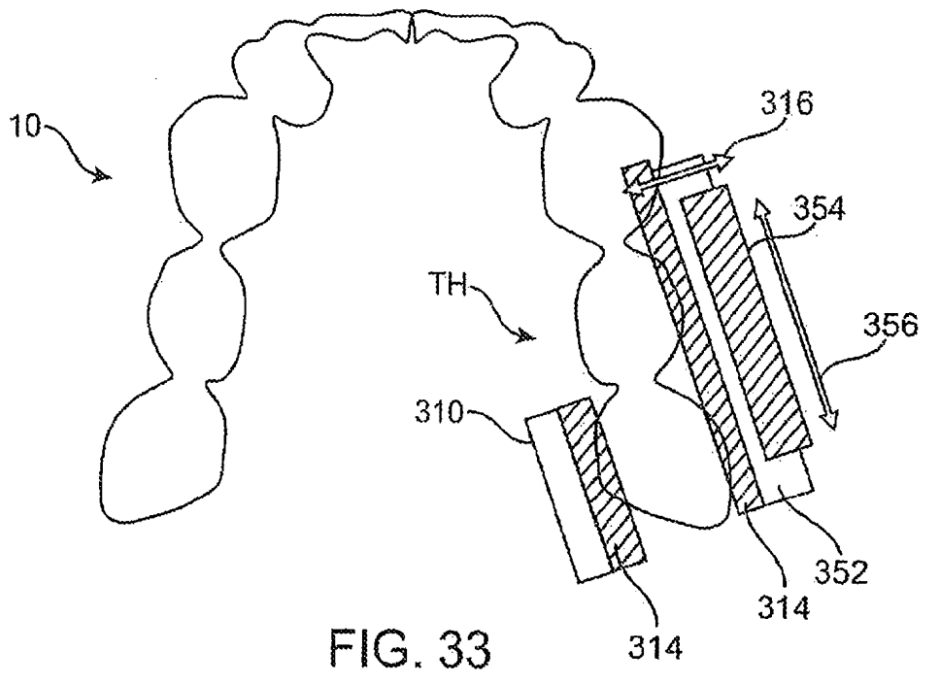
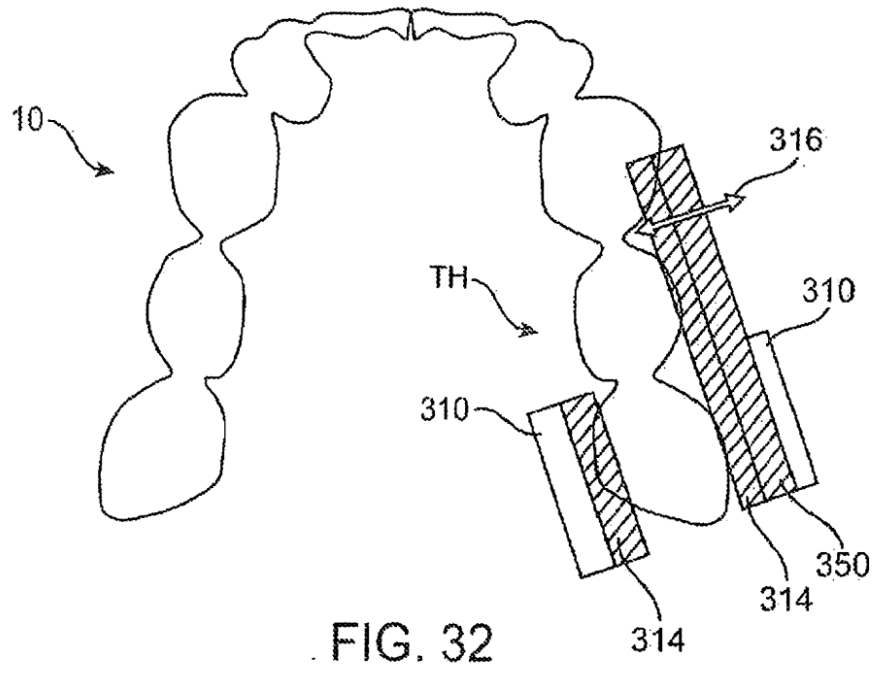


FIG. 31



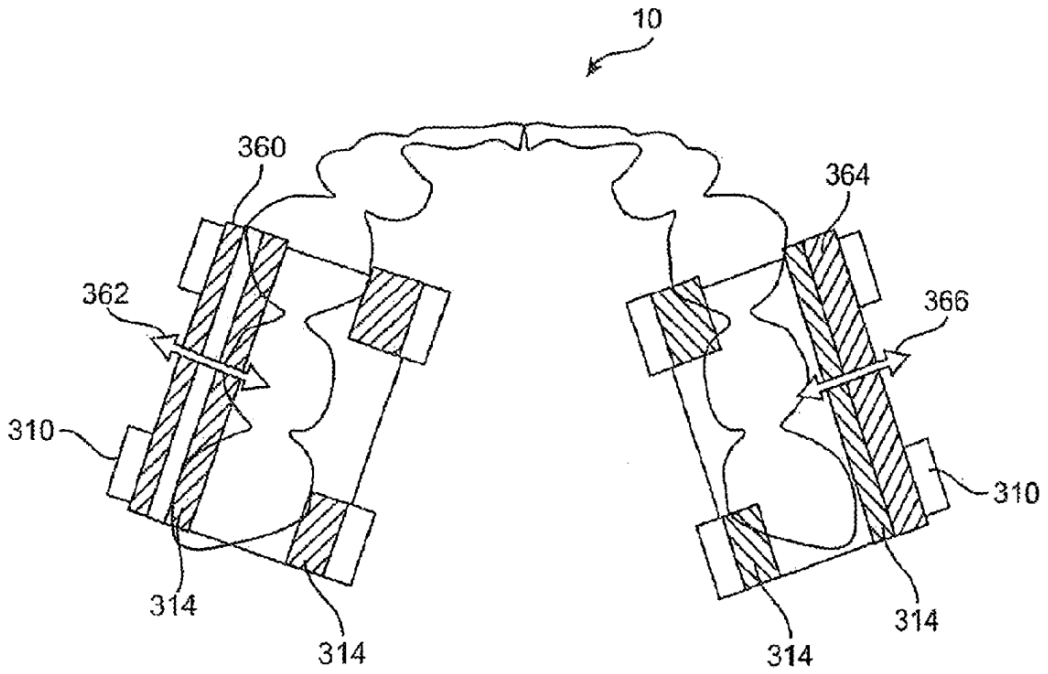


FIG. 34A

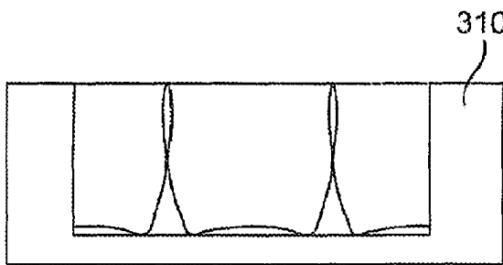


FIG. 34B

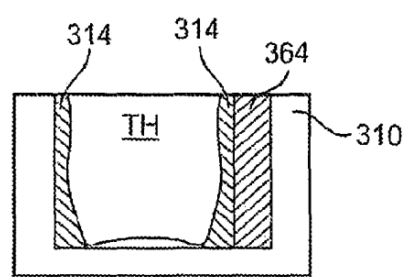
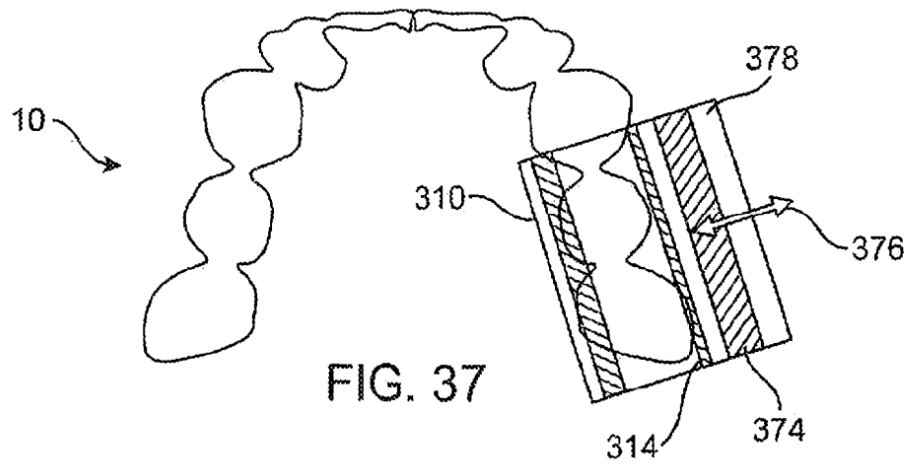
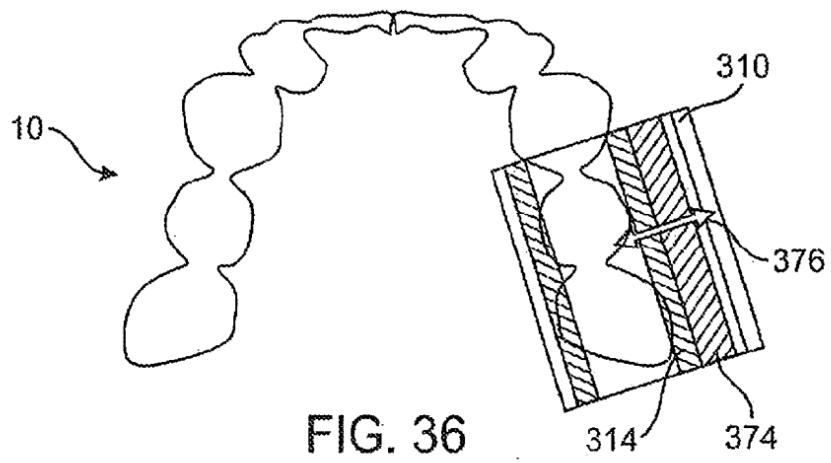
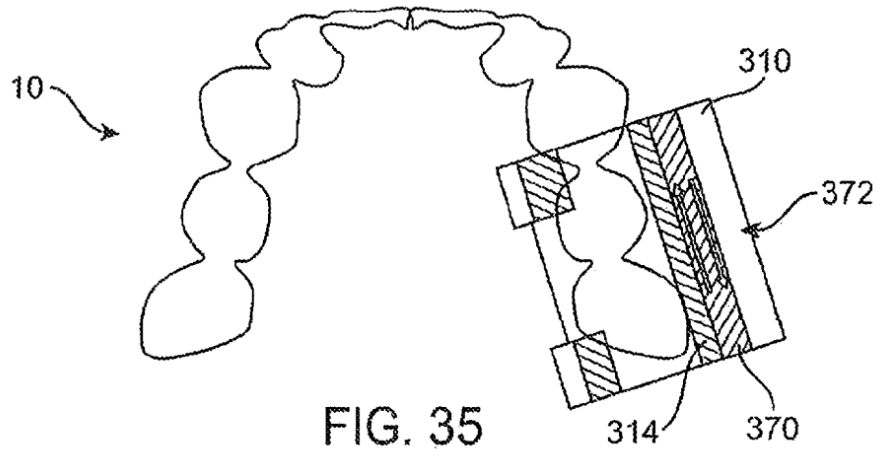
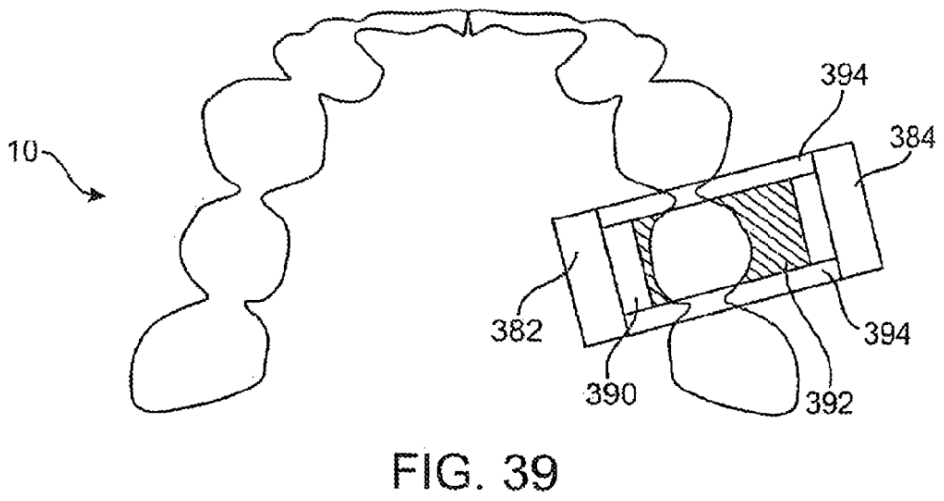
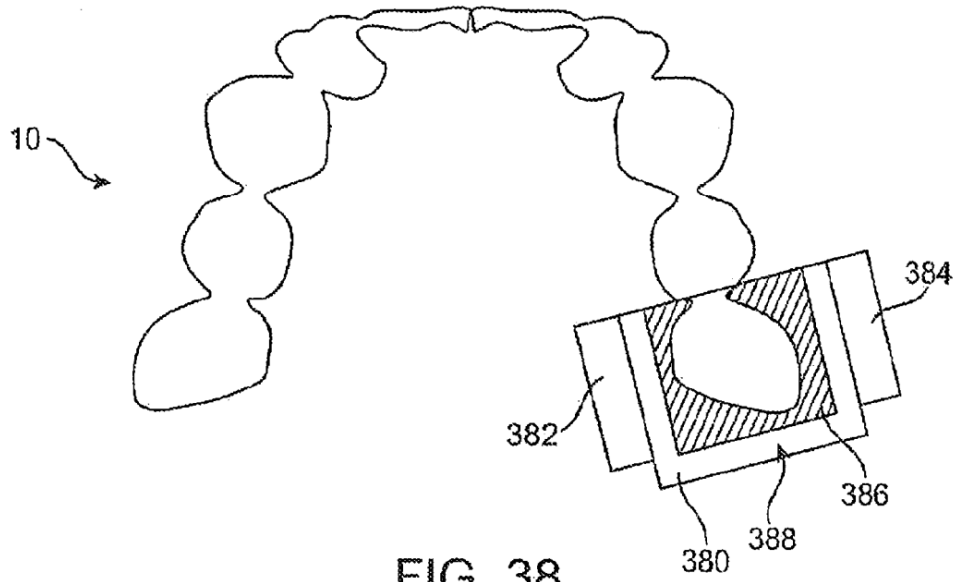


FIG. 34C





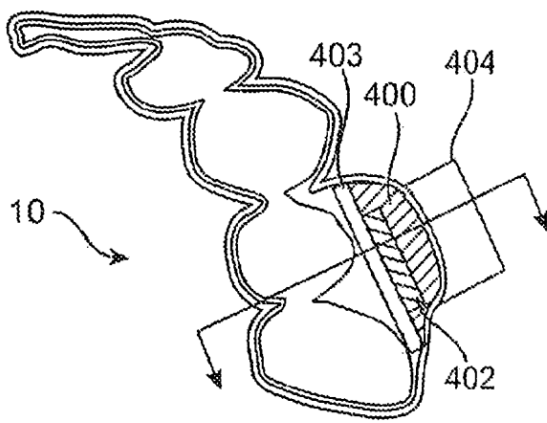


FIG. 40A

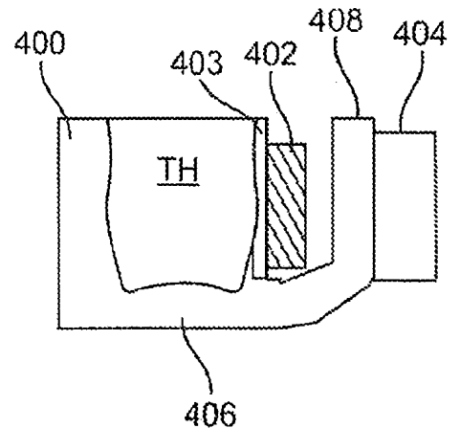


FIG. 40B

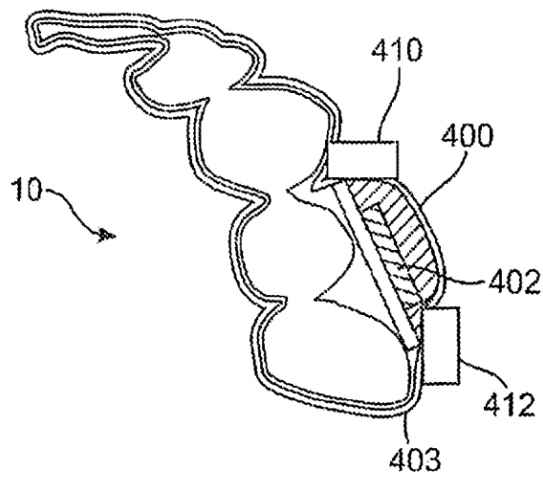


FIG. 41

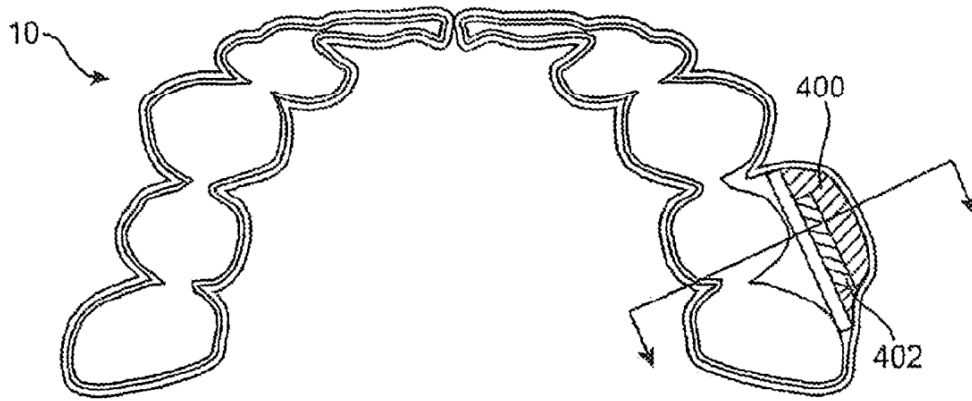


FIG. 42A

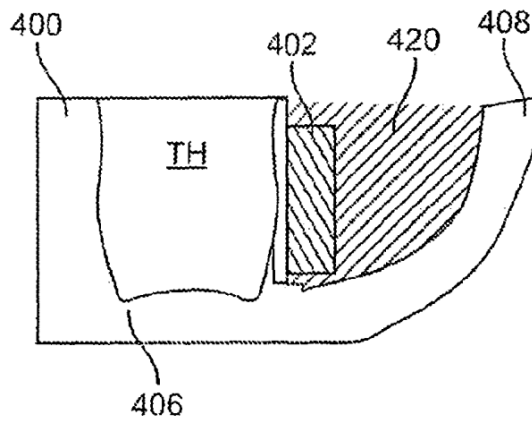


FIG. 42B

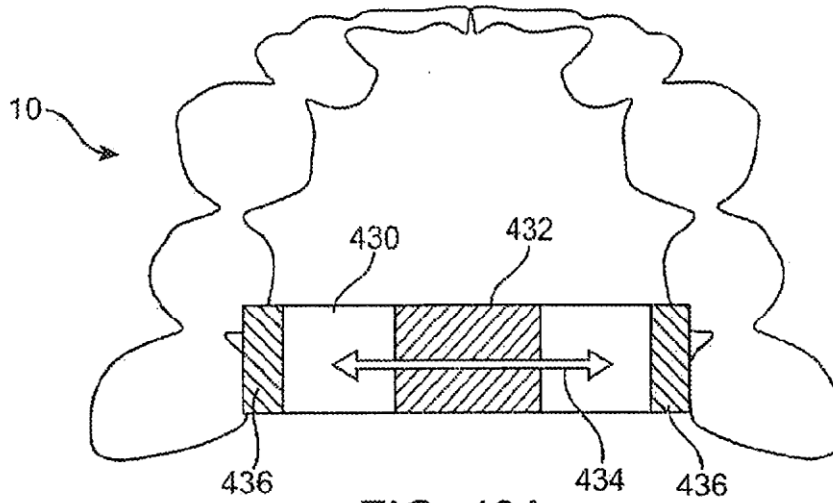


FIG. 43A

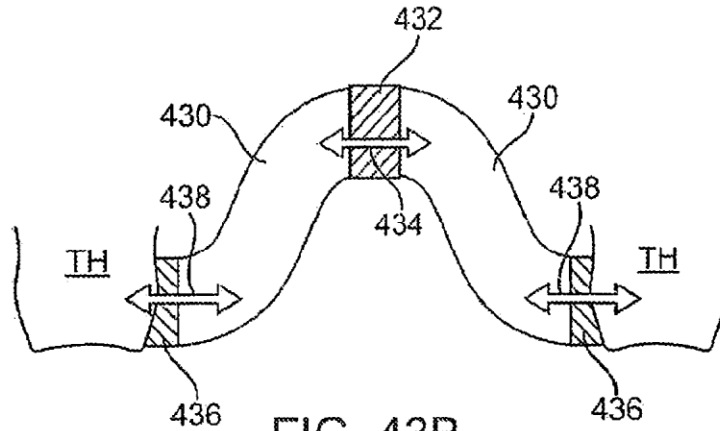


FIG. 43B

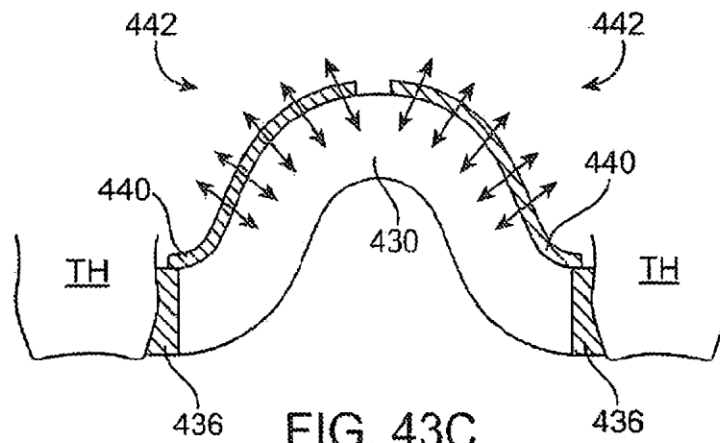


FIG. 43C

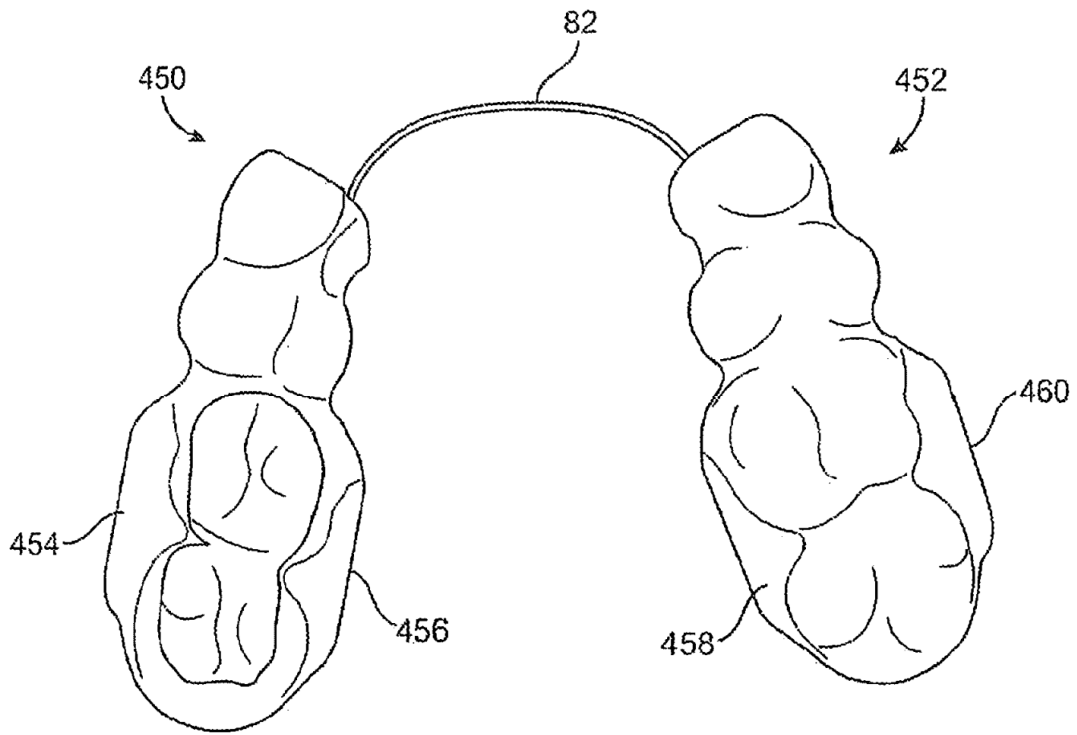


FIG. 44