

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 826**

51 Int. Cl.:

A61C 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2004 E 04784624 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.09.2015 EP 1799141**

54 Título: **Sistema para utilizar energía ultrasónica para activar sustancias blanqueadoras dentales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.11.2015

73 Titular/es:

**CAO GROUP, INC. (100.0%)
4628 West Skyhawk Drive
West Jordan, UT 84084, US**

72 Inventor/es:

**OSTLER, CALVIN, D.;
CAO, DENSEN y
JOLLEY, LINCOLN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 550 826 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema para utilizar energía ultrasónica para activar sustancias blanqueadoras dentales

Antecedentes

5 La presente divulgación versa sobre el uso de energía ultrasónica o sónica para causar la liberación de iones de oxígeno que luego pueden ser usados con un fin deseado, tal como el blanqueamiento dental.

10 El documento EP 0 286 766 da a conocer un método y un dispositivo para producir el blanqueamiento de dientes naturales con coloraciones patológicas y normales. El blanqueamiento de los dientes se efectúa aplicando diferentes productos químicos al esmalte dental, cubriendo los dientes que han de tratarse con una placa metálica que contiene un producto químico blanqueador que actúa en presencia de calor y provoca la reacción del producto, produciendo el blanqueamiento de los dientes. El calentamiento puede llevarse a cabo usando ultrasonido.

El documento FR 2 844 719 da a conocer una técnica electroquímica para el blanqueamiento dental.

15 El documento WO 2005/107638 da a conocer un dispositivo autónomo que comprende un canal conformado para la inmersión de dientes y/o encías de un arco dental o una ortodoncia y uno o más componentes eléctricos que proporcionan la funcionalidad. Se consigue la estimulación física usando un transductor ultrasónico o motores ultrasónicos.

Compendio

Según la invención, se proporciona un aparato reivindicado en la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 100 representa una reacción ejemplar de aclarado o blanqueamiento.

20 La Figura 200 representa un experimento en el uso de energía ultrasónica para acelerar el blanqueamiento de dientes de una vaca.

La Figura 300 representa un control para el experimento de la Figura 300.

La Figura 400 es una reacción ejemplar de oxidación para eliminar manchas de los dientes.

25 La Figura 500 representa la liberación química de oxígeno radical libre del peróxido de hidrógeno en un medio básico.

La Figura 600 representa el uso de energía ultrasónica para acelerar la liberación de iones de oxígeno.

Las Figuras 700 y 800 representan dispositivos ejemplares ultrasónicos o sónicos de blanqueamiento de los dientes.

Las Figuras 900a, 900b, 1000a y 1000b representan bandejas ejemplares de blanqueamientos dental por ultrasonidos.

30 **Descripción detallada**

La descripción de la presente memoria debería ser leída junto con los dibujos adjuntos, y los números de referencia usados se refieren a los dibujos. Se pretende que la totalidad de la divulgación de la presente memoria, incluyendo los detalles de la misma, sea ejemplar y no limitante.

35 Con referencia a la Figura 1, pueden liberarse átomos 140 de oxígeno radical libre de peróxidos tales como peróxido 110 de hidrógeno, peróxido de carbamida, perboratos, peróxido de boro y sales de peróxidos formadas de álcalis y de metales alcalino-térreos, mediante el uso de un catalizador tal como el calor, la luz o los productos químicos 120, con un derivado 130 de agua. Según se muestra en la reacción química, esos iones 140 de oxígeno atacan y oxidan fácilmente las moléculas orgánicas 150 que comprenden las manchas en dientes descoloridos. La liberación de átomos de oxígeno radical libre de peróxidos puede acelerarse añadiendo calor, luz y/o productos químicos; 40 específicamente, productos químicos que eleven el pH del entorno peroxídico. Se presenta una extensa disertación del mecanismo exacto en la técnica anterior, que se encuentra en la patente estadounidense número 6.116.900, "Binary energizer and peroxide delivery system for dental bleaching".

45 Tres formas adicionales de energía que pueden ser usadas en la aceleración de la liberación de iones de oxígeno de un peróxido incluyen la emisión de rayos ultravioleta, la emisión de ultrasonidos y la emisión de rayos láser. Sin embargo, los presentes inventores han descubierto que la adición de luz visible, con independencia de la longitud de onda, o con independencia de la fuente —ya se trate de una fuente coherente como un láser o de una fuente no coherente, como un "emisor de rayos ultravioleta"— no llega a activar directamente el peróxido. El peróxido de hidrógeno y los derivados del mismo tienen niveles de energía vibratoria y rotacional en la porción infrarroja cercana

y lejana del espectro electromagnético. Por lo tanto, los peróxidos no son capaces de absorber ni de utilizar directamente longitudes de onda largas como las encontradas en el sonido o los ultrasonidos o las longitudes de onda más cortas que comprenden la luz visible. Cuando se usan fuentes de luz visible para “catalizar” o “acelerar”, los elementos de los productos blanqueadores absorben la luz y luego irradian energía infrarroja (calor) al peróxido; por lo tanto, proporcionan energía infrarroja solo indirectamente.

En su laboratorio, los presentes inventores intentaron activar los peróxidos e intentaron usar ultrasonidos para facilitar la penetración del peróxido en el esmalte dental con resultados desalentadores. Han demostrado experimentalmente que los ultrasonidos no pueden activar ni acelerar directamente el peróxido de hidrógeno. También hallaron que es casi imposible convertir ondas ultrasónicas en calor en los productos de blanqueamiento dental que son utilizables. Además, fueron incapaces de facilitar la penetración del peróxido en el esmalte con ningún grado de éxito. Su experiencia previa y la técnica anterior resultaron inútiles en la obtención de ningún beneficio de la energía ultrasónica en los métodos y los sistemas de blanqueamiento dental actuales y anteriores.

Comenzaron su experimentación (remitirse a la Figura 200) adquiriendo varias tazas 210 de medición doméstica de acero inoxidable. Estas tazas se venden en tiendas de cadenas de tipo “supermercado” y son de la marca EKCO. La capacidad de las tazas (210) era de “1/8 de taza”. Los inventores cortaron las asas de las tazas y se fijaron transductores (220) Edo 65 de 7,5 cm de 18 kilohercios (kHz) en varias de las tazas. También se fijaron en algunas tazas transductores Edo 70 de 4,3 cm, y en otras se fijaron transductores (220) Edo de 35 kHz. También se fijaron algunos transductores Edo 64 de 5,1 cm de diámetro exterior de 45 kHz a las tazas. Se conectaron hilos 230 a los transductores. Las frecuencias fueron la frecuencia a la que el transductor era más eficiente. Los transductores convierten la energía eléctrica de los hilos en energía ultrasónica. Las frecuencias reales de resonancia del transductor varían a medida que cambia la carga. Es decir, la frecuencia real de resonancia cambia si, por ejemplo, se pone en la taza un gel en lugar de agua.

Para excitar y monitorizar los transductores ultrasónicos, los inventores usaron un generador de funciones de la marca Metex, modelo 9802A, un osciloscopio digital Tektronix, modelo TDS-220, y un amplificador Krohn-Hite, Modelo 7500 (260). Con este equipo fueron capaces de afinar la señal para alcanzar la frecuencia resonante y excitar el transductor entre 1 voltio y cientos de voltios. El generador de funciones Metex fue configurado para que administrara una onda cuadrada para todos los experimentos.

En su primer experimento (remitirse a la Figura 300), los inventores pusieron una solución (330) de peróxido de hidrógeno al 50% en la taza (310). A continuación, colocaron dientes (340) de vaca tincionados artificialmente en el peróxido (330) de hidrógeno. Acto seguido, generaron las ondas ultrasónicas durante 15 minutos. La solución fue sustituida entonces con una solución nueva (330) y se repitió el procedimiento. Se repitió el experimento con nuevos dientes (340) a tres frecuencias diferentes. La tensión fue configurada al nivel máximo posible, lo que también les permitió impedir que el peróxido saltase de la taza (310). Se colocó un dentro de control en una solución de peróxido de hidrógeno al 50% que no fue expuesta a ultrasonidos. Tras comparar los dientes expuestos a ultrasonidos con el diente de control, no existía ninguna diferencia real; la adición de ondas ultrasónicas potentes a tres frecuencias diferentes no hizo nada que mejorara el blanqueamiento. Las ondas ultrasónicas no activaron el peróxido, ni facilitaron la penetración del peróxido en el diente ni aceleraron el procedimiento de blanqueamiento.

Los experimentos iniciales de los inventores también utilizaron un producto blanqueador que se usa actualmente en consultorios de dentistas en el mundo entero. El producto blanqueador comprendía múltiples partes. La primera parte es un espesante, en este caso sílice ahumada. La segunda parte es un agente químico usado para aumentar el pH, en este caso hidróxido sódico. La parte final es el peróxido, en este caso peróxido de hidrógeno al 35%. Todos estos productos químicos pueden obtenerse en casi cualquier almacén de suministro de productos químicos. Los inventores compraron los productos químicos en la Hi-Valley Chemical Company de Centerville, Utah, EE. UU. La concentración del grupo hidroxilo con respecto a la concentración de peróxido y el pH resultante se volvieron muy importantes para su fracaso y para su éxito. En este gel blanqueador actualmente disponible la concentración mezclada era de aproximadamente 0,0085 moles de hidróxido por mol de peróxido de hidrógeno, dando un pH entre 7 y 8. Se repitió con este gel el procedimiento expuesto in extenso en el párrafo anterior. Sin embargo, el procedimiento fue repetido tres veces en lugar de dos. A pesar de todo, los resultados fueron los mismos: hubo muy poca diferencia entre los dientes tratados con ultrasonidos y el diente de control. La adición de ultrasonidos a los sistemas actualmente disponibles no activaba el sistema, ni facilitaba la penetración del peróxido en el diente ni aceleraba el procedimiento de blanqueamiento.

En los siguientes experimentos de los inventores, estos aumentaron la concentración de hidróxido y forzaron el pH desde el valor 7-8 actualmente aceptable y encontrado en los productos blanqueadores disponibles hasta un pH de 8-9. Luego repitieron el experimento descrito más arriba. Esta vez, la diferencia entre los dientes expuestos a ultrasonidos y el diente de control fue tanto grande como profunda. Cuando los peróxidos oxidan las manchas, las reacciones proceden según la Figura 400. La molécula culpable (410) es atacada por un átomo (420) de oxígeno radical libre, formando un producto intermedio (430) y acabando dividiendo la molécula culpable en varios fragmentos posibles (440) que son arrastrados por el disolvente que forma el gel, la pasta o el enjuague. Aunque la adición de energía ultrasónica puede contribuir a la reacción representada en la Figura 400, o acelerarla, y probablemente lo haga, el átomo (420) de oxígeno radical libre es sumamente reactivo y requiere poca ayuda, o

ninguna, para oxidar rápidamente las moléculas orgánicas que componen las “manchas”. Sin embargo, generar el oxígeno radical libre es, en un sentido relativo, difícil. En la Figura 500 se ilustra la liberación química de oxígeno radical libre a partir de peróxido de hidrógeno en un medio básico. El peróxido (510) de hidrógeno en un medio básico (520) está en equilibrio (525) con el agua (630) y un anión (640) de oxihidronio. En este estado, el anión (640) de oxihidronio es relativamente estable, pero, dado suficiente tiempo (645), generará un átomo (560) de oxígeno radical libre que también genera un ion hidróxido (550) que vuelve a usarse en el procedimiento reemplazando al ion hidróxido consumido (520) proporcionado por el medio básico. Se ha demostrado que la adición de calor o de luz (645) aumenta la liberación de átomos (560) de oxígeno radical libre, según se ha expuesto anteriormente.

Ahora, los resultados de los experimentos de los inventores proporcionan la prueba de que ciertas longitudes de onda de ultrasonido pueden acelerar o mejorar, y lo hacen, la liberación de oxígeno radical libre de los peróxidos. Remitirse a la Figura 600. El peróxido (610) de hidrógeno en un medio básico (620) reacciona (625) formando agua (630) y el anión (640) de oxihidronio. Esta reacción, como antes, es realmente un estado de equilibrio (625) en el que los productos (630, 640) vuelven a ser reactantes (610, 620). Sin embargo, a medida que aumenta la concentración del ion hidróxido (620), siendo el ion hidróxido (620) el reactante limitante y estando el peróxido (610) en exceso, el equilibrio (625) se desplaza a favor de los productos (630, 640). En sistemas en los que se añaden tiempo, calor y/o luz para generar el átomo de oxígeno radical libre se nota poca diferencia en la generación de átomos de oxígeno radical libre cuando el pH aumenta en un gran margen; un pH de 7-8 es igual de bueno que un pH de 11-12. Sin embargo (remitirse a la Figura 600), cuando se añade energía ultrasónica (650) al ion de oxihidronio (640) producido por niveles mayores de hidróxido (620), la liberación de átomos (670) de oxígeno radical libre aumenta muchísimo, en algunos casos en un factor de cuatro o más, pero generalmente puede ser el doble o el triple. La adición de ultrasonidos al equilibrio (625) empuja ese equilibrio más allá a favor de los productos (630, 640), no de los reactantes (610, 620). La generación adicional de átomos de oxígeno radical libre usando energía ultrasónica mejoró y aceleró muchísimo el rendimiento de blanqueamiento u oxidación del agente blanqueador, produciendo entonces un diente de 2-3 tonalidades más blancas que los dientes de control que fueron expuestos al agente blanqueador pero no a energía ultrasónica. De las tres frecuencias ultrasónicas diferentes sometidas a ensayo, 18, 35 y 45 kHz, la frecuencia de 35 kHz produjo los mejores resultados en la eliminación de manchas artificiales de dientes de vaca. Los 35 kHz tuvieron un rendimiento mucho mejor que los 18 kHz, produciendo al menos una tonalidad de dientes más clara que los 18 kHz. Los 35 kHz tuvieron un rendimiento solo marginalmente mejor que los 45 kHz.

Tras la revisión de sus datos y sus métodos, los inventores llegaron a la conclusión de que existen demasiadas variables para juzgar el rendimiento de los productos blanqueadores de dientes en dientes tincionados. Aunque todos los dientes sean tincionados en la misma solución durante la misma cantidad de tiempo, las diferencias individuales en los dientes los hacen más o menos susceptibles a la tinción. Además, la comparación de los dientes con una guía de tonalidades demanda una conclusión subjetiva más que una medición objetiva. Lo que se necesitaba era una manera objetiva de medir el poder o la potencia de eliminación de manchas de un producto blanqueador. Muchos individuos y muchas organizaciones han buscado un método así. Clinical Research Associates, laboratorio independiente de investigación dental sumamente respetado que cuenta con una amplia clientela, ha inventado un método en el que se usa un calorímetro sellado para medir el cambio térmico y, con ello, la potencia de los productos blanqueadores. El procedimiento funciona muy bien y es objetivo. Sin embargo, solo funciona con agentes moderadamente activos, porque está sellado. A medida que se producen átomos de oxígeno radical libre, varios de ellos chocan entre sí, produciendo oxígeno biatómico, que es un gas a temperaturas llevaderas. Cuanto mayor sea el volumen de átomos de oxígeno radical libre producido, mayor será el volumen de gas oxígeno producido. En un sistema muy activo, tal como el sistema ultrasónico aquí implicado, se producen grandes volúmenes de gas, y un calorímetro sellado no solo sería inviable, sino que sería peligroso.

Los inventores llegaron a la conclusión de que la introducción de una molécula de tinción cromática con una concentración conocida en un agente blanqueador proporcionaría un método objetivo de medición de la potencia de agentes o sistemas blanqueadores activos. Por ejemplo, la adición de cantidades conocidas de extracto de tabaco, té concentrado, café concentrado y/o beta-caroteno. Los inventores se percataron pronto de que las concentraciones de extractos en todos los casos, salvo el beta-caroteno, serían casi imposibles de obtener. Desgraciadamente, el beta-caroteno únicamente es ligeramente hidrosoluble y, por lo tanto, era un mal candidato. Los inventores pasaron a considerar otras posibilidades y encontraron dos tinciones que son hidrosolubles y fácilmente obtenibles en centros de suministro químico como los ya mencionados. Las dos tinciones que seleccionaron fueron el FD&C nº 1 azul y amaranto (rojo). El FD&C nº 1 azul es aclarado rápidamente por los sistemas activos. Por otro lado, el amaranto es aclarado mucho más despacio. La tasa de aclarado es controlada por la concentración. En términos del calibrado de la potencia de los productos blanqueadores activados es importante observar que ambas tinciones, cuando se ponen en soluciones comerciales de peróxido de hidrógeno al 20%, sobreviven meses, incluso cuando las cantidades de tinción son muy pequeñas, o del orden del 0,001%. Trabajando con distintas concentraciones de las tinciones y los sistemas ultrasónicos activados, los inventores determinaron que la mejor concentración de las tinciones era un 1.5% de FD&C azul y un 4% de amaranto. Prepararon una solución de tinción madre con esas concentraciones para su estudio.

Los inventores continuaron con el estudio de los aparatos descritos más arriba e ilustrados en la Figura 200. Prosiguieron con los estudios descritos más arriba e ilustrados en la Figura 300. Sin embargo, no pusieron un diente

en la solución. La solución comprendía 50 gramos de peróxido de hidrógeno al 10% con un pH de 8,0-8,2 y una gota de solución de tinción estándar. Se transfirieron 15 gramos de la solución al aparato y se aplicó energía ultrasónica. Se apartó el resto de la solución como control para que pudiera observarse la diferencia entre las dos. El experimento fue realizado a las tres frecuencias descritas más arriba: 15, 35 y 45 kHz. La siguiente tabla enumera los resultados del estudio:

5

Frecuencia	Tiempo de aclarado		Aclarado de control
	Azul	Rojo	Todos
18 kHz	5 minutos	30 minutos	113 minutos
35 kHz	5 minutos	25 minutos	106 minutos
45 kHz	5 minutos	25 minutos	117 minutos

Los resultados de este estudio confirmaron parcialmente los resultados del estudio realizado con los dientes de vaca tincionados artificialmente: los 35 kHz eran superiores a los kHz. Sin embargo, los resultados de este estudio objetivo demostraron que los 35 kHz y los 45 kHz eran idénticos, lo que estaba moderadamente refutado con el estudio de los dientes de vaca tincionados artificialmente que mostró que los 35 kHz eran marginalmente mejores que los 45 kHz. Basándose en los datos combinados, los inventores decidieron buscar la finalización del proyecto usando transductores que generaban energía en las inmediaciones de los 35 kHz.

10

La siguiente etapa del procedimiento era configurar un transductor de modo que pudiera aplicarse energía ultrasónica a sistemas blanqueadores en la boca de un paciente. Se desarrollaron varios conceptos viables. Un concepto (remitirse a la Figura 700) era que el dentista aplicara el blanqueador (720) a los dientes (710) del paciente; a continuación, se pondría en contacto con el blanqueador (720) un sistema transductor ultrasónico (730) que está soportado por un mecanismo tal como un brazo articulado (740). La fuente de alimentación y los controles (750) del sistema están fijados al mecanismo en el extremo opuesto del brazo articulado (740), y hay un interruptor/interfaz (770) de paciente facilitado y conectado al módulo de control con un cable o hilos (760). Todo el mecanismo puede entonces estar soportado por un pie (780) que puede tener ruedas o no para mejorar su portabilidad. El concepto es funcional y viable.

15

20

Otro concepto (remitirse a las Figuras 900a y 900b) prevé que el transductor (920) esté situado en la parte inferior de una bandeja flexible (910). El blanqueador sería puesto en la bandeja (910) en contacto con el transductor (920) y luego el conjunto sería puesto sobre los dientes del paciente. El transductor (920) sería alimentado por medio de hilos eléctricos (930) que, subsiguientemente, se conectarían a la circuitería de control, tal como la circuitería de control descrita en la Figura 700. Por supuesto, tal sistema podría ser configurado para proporcionar simultáneamente blanqueamiento a los arcos dentales tanto superior como inferior del paciente. Para facilitar el blanqueamiento de ambos arcos simultáneamente, solo es preciso añadir una segunda bandeja flexible (940) o extender la existente. Este concepto resultó ser funcional y viable. Esta o estas bandejas son colocadas de tal modo que sean imágenes especulares la una de la otra, permitiendo que el dentista ponga blanqueador en la bandeja superior (910) y en la bandeja inferior (940) y que coloque ambas bandejas como una sola unidad en la boca del paciente, de modo que tanto el arco dental superior como el arco dental inferior sean tratados simultáneamente con el o los mismos transductores (920). El o los transductores están alimentados por medio de cables eléctricos (940) que, subsiguientemente, se conectarían a la circuitería de control, tal como la circuitería de control descrita en la Figura 700. Estos conceptos resultaron ser funcionales y viables. Otros conceptos que gravitan en torno a los mismos principios expuestos más arriba e ilustrados en las Figuras 900a y 900b situarían el o los transductores en las paredes laterales de la bandeja (910, 940).

25

30

35

Una extensión de estos conceptos desplaza el transductor fuera de la propia bandeja, pero mantiene comunicación acústica con el blanqueador que hay dentro de la bandeja. Con referencia a las Figuras 1000a y 1000b, en este concepto el o los transductores (1060, 1070) están montados en la espiga (1050) de una horquilla. En un punto (1040), la espiga se convierte en los dos brazos de la horquilla (1020, 1030). La horquilla se fabrica de un material, tal como el acero inoxidable, que transmita la energía ultrasónica o sónica muy eficientemente y que también sea resistente a la oxidación producida por los peróxidos y otros productos químicos asociados con el blanqueador. Se construye una bandeja flexible (1010) de modo que pueda fijarse a la horquilla (1030) durante el curso del tratamiento y que luego pueda retirarse y desecharse. Cuando la bandeja (1010) esté en su sitio sobre la horquilla (1020, 1030), el dentista aplicará el blanqueador dentro de la bandeja (1010), de modo que esté en contacto con los brazos de la horquilla (1020, 1030). El conjunto es colocado entonces en la boca del paciente y se lleva a cabo el tratamiento según las pautas. El o los transductores (1060, 1070) están alimentados por medio de cables eléctricos (1080) que, subsiguientemente, se conectarían a la circuitería de control, tal como la circuitería de control descrita en la Figura 700. El uso de una horquilla da la capacidad de configurar la colocación de la transmisión de energía ultrasónica o sónica en varias ubicaciones. Por ejemplo, la horquilla podría diseñarse para ser colocada en las paredes verticales de la bandeja, o en el suelo de la bandeja, o colocarse entre dos bandejas, según se ilustra en las

40

45

50

Figuras 900a y 900b, o que salieran dos conjuntos de brazos de horquilla del punto (1040) de transición para facilitar una segunda bandeja o una extensión de la bandeja flexible existente (1010), según se ilustra en la Figura 1000b (1090) pero que tendría los brazos situados contra las paredes verticales de ambas bandejas, es decir, cuatro brazos distribuidos en las dos bandejas. El concepto era viable y funcional.

5 En otra bandeja ejemplar de blanqueamiento dental ultrasónico o sónico o de limpieza dental, la bandeja incluye una porción de inserción y una porción saliente. La porción de inserción está pensada para ser insertada en la boca de un paciente y la porción saliente está pensada para que sobresalga de la boca del paciente. La porción de inserción tiene una sección de bandeja y una sección de prolongación. La sección de bandeja puede incluir un depósito u otra geometría o característica para retener una cantidad de blanqueador dental adyacente a los dientes de un paciente.
 10 La sección de prolongación se prolongaría desde la boca de un paciente cuando la sección de bandeja se inserta en la boca del paciente. La sección de prolongación puede incluir una fijación para la fijación a la misma de una porción saliente mediante el uso de una abrazadera, un cierre u otro mecanismo. La porción saliente tiene un cuerpo alargado en el que se colocan uno o más transductores ultrasónicos, tales como el Edo EC-70 (43,2 × 10,2 × 0,8 mm; $f_l = \pm 31$ kHz). Puede proporcionarse una conexión eléctrica para alimentar el transductor. Cuando el
 15 transductor es alimentado, se transmiten ondas ultrasónicas al blanqueador dental de la bandeja a través de las estructuras mencionadas más arriba. Si se desea, las estructuras pueden ser diseñadas para una transmisión de la energía ultrasónica superior al 50%, superior al 60%, superior al 70% superior al 80% o superior al 90%.

Puede usarse energía ultrasónica con una longitud de onda superior a 10 kHz, superior a 15kHz, superior a 20 kHz, superior a 30 kHz, superior a 40 kHz, superior a 50 kHz, superior a 70 kHz o más. Pueden usarse transductores
 20 ultrasónicos alimentados con más de 10 VCC, con más de 20 VCC, con más de 30 VCC, con más de 40 VCC, con más de 50 VCC, con más de 60 VCC, con más de 70 VCC, con más de 80 VCC, con más de 90 VCC, con más de 100 VCC u otros valores. Durante el blanqueamiento, la sustancia blanqueadora puede ser expuesta a energía ultrasónica durante más de 10 segundos, más de 20 segundos, más de 30 segundos, más de 45 segundos, más de
 25 1 minuto, más de 2 minutos, más de 3 minutos, más de 5 minutos, más de 10 minutos, más de 15 minutos, más de 30 minutos u otros valores. De forma alternativa, la sustancia blanqueadora puede ser expuesta a energía ultrasónica durante menos de 10 segundos, menos de 20 segundos, menos de 30 segundos, menos de 45 segundos, menos de 1 minuto, menos de 2 minutos, menos de 3 minutos, menos de 5 minutos, menos de 10 minutos, menos de 15 minutos, menos de 30 minutos u otros valores.

Los inventores prepararon tres blanqueadores: el primero (gel) comprende una mezcla de 3,0 gramos de sílice ahumada, peróxido de hidrógeno al 10% y 0,100 gramos de hidróxido potásico y una gota de la solución de tinción estándar descrita más arriba. Colocaron una porción del blanqueador en el dispositivo ilustrado en las Figuras 1000a y 1000b, apartándose la porción restante y siendo observada como control. El dispositivo fue construido utilizando un transductor ultrasónico EC-70×4,3 cm de EDO que produce energía ultrasónica en el intervalo de 35 kHz. El efecto de tres niveles diferentes de energía ultrasónica fue sometido a ensayo en el blanqueador (gel). Los
 30 inventores variaron la energía ultrasónica variando la tensión aplicada al transductor. El segundo blanqueador comprendía 100 gramos de peróxido de hidrógeno al 10% con el pH ajustado a 8,0-8,2 y dos gotas de la solución de tinción estándar. Con este blanqueador, la bandeja fue separada de la horquilla y los brazos de la horquilla fueron sumergidos en el blanqueador. Se apartó una porción del blanqueador y fue observada como control. Con el segundo blanqueador se evaluó el efecto del grosor del material; para la evaluación se construyeron horquillas de acero inoxidable de 0,254, 0,381 y 0,508 mm. Todos los demás parámetros —la anchura y la longitud de los brazos y la anchura y la longitud de la espiga— fueron idénticos, siendo el grosor la única variable. El tercer blanqueador (catalizador) consistió en 50 gramos de peróxido de hidrógeno al 10%, 0,060 gramos de hidróxidos potásico y 0,027 gramos de yoduro potásico. El yoduro potásico es un catalizador blanqueador. Se apartó una porción del tercer
 40 blanqueador y fue observada como control. El tercer blanqueador está pensado para evaluar el efecto de la energía ultrasónica en blanqueadores catalizados químicamente. Los resultados se enumeran en la siguiente tabla:

Espesor	Tensión	Tiempo de aclarado	Aclarado de control
0,254	100 VCC	90 minutos (acuoso)	96 minutos
0,381	100 VCC	45 minutos (acuoso)	91 minutos
0,508	100 VCC	47 minutos (acuoso)	97 minutos
0,381	50 VCC	90 minutos (gel)	123 minutos
0,381	100 VCC	70 minutos (gel)	126 minutos
0,381	150 VCC	30 minutos (gel)	121 minutos
0,381	100 VCC	13 minutos (catalizador)	23 minutos

Estos resultados proporcionan una imagen más clara. Cuanto mayor es la cantidad de energía ultrasónica, más efectiva se vuelve la adición de energía. Los metales más delgados tienen un rendimiento más pobre. La energía ultrasónica mejora los blanqueadores catalizados. Los resultados de estos estudios sugieren algunos umbrales para la configuración ilustrada en las Figuras 1000a y 1000b: energía ultrasónica por encima de 25 kHz, grosores de la horquilla superiores a 0,254 mm y energía ultrasónica mayor que la obtenida con transductores EC-70×4,3 cm de EDO excitados con más de 50 VCC.

En la Figura 800 se ilustra un dispositivo que es capaz de administrar al paciente un blanqueamiento dental ultrasónico. Una bandeja desechable que contiene un sistema (820, descrito en detalle en la exposición de las Figuras 1000a y 1000b) de horquilla se llena de gel/material blanqueador y se coloca sobre los dientes (302) del paciente. El o los transductores se montan en la espiga (según se ha descrito anteriormente en la exposición de las Figuras 1000a y 1000b). El o los transductores, la espiga y las conexiones eléctricas están protegidos por una cubierta (830) fabricada de un material tal como la silicona. El o los transductores se conectan al módulo (860) de control por medio de hilos (850). Los hilos tienen una posición del conector (840) para su esterilización en autoclave, de modo que el dentista pueda desconectar fácilmente el conjunto de horquilla y colocarlo en un autoclave. El módulo (860) de control proporciona energía ultrasónica al o a los transductores. Idealmente, el módulo (860) de control barre constantemente la banda de frecuencias buscando y encontrando la frecuencia de resonancia del o de los transductores. El módulo (860) de control tendría un interruptor de encendido-apagado/arranque, conmutadores para cambiar el tiempo, la intensidad y/o implementar y ejecutar programas establecidos. Además, el módulo (860) de control tendría una pantalla, tal como un dispositivo LED o LCD de visualización, que permitiría al usuario ver información de configuración o de otro tipo. También se dotaría al paciente de un interruptor (870) que, cuando se accionara, terminase la aplicación de energía ultrasónica a sus dientes.

El trabajo de los inventores ha demostrado claramente que, aunque la energía ultrasónica no facilita la penetración del producto químico blanqueador en los dientes, la energía ultrasónica contribuirá en esas reacciones si hay disponibles otros constituyentes y sistemas químicos para que los peróxidos reaccionen con los mismos, y que cuando todos estos factores estén diseñados o calculados con exactitud y sean aplicados de forma precisa, la introducción de energía ultrasónica producirá átomos de oxígeno radical libre que, a su vez, pueden eliminar entonces manchas de los dientes. Por ejemplo, en ciertos medios básicos (expuestos in extenso más arriba), la energía ultrasónica (remitirse a la Figura 600) mejorará la captura de un protón proveniente de los peróxidos (610) por parte de grupos hidroxilo (620) y proporcionará la energía necesaria para la rápida degradación del anión (640) de oxihidronio en el oxígeno radical libre (670) que, a su vez, puede ser utilizado para oxidar una molécula en una mancha (remitirse a la Figura 400).

Los transductores ultrasónicos producen la máxima cantidad de energía ultrasónica por energía aplicada cuando están en un estado de resonancia. Dicho de otro modo, los transductores ultrasónicos tienen una eficiencia máxima cuando son excitados a una frecuencia resonante. El problema es que, en primer lugar, la frecuencia resonante exacta del transductor es diferente para transductores diferentes; en segundo lugar, cambia cuando se aplica a un material (tal como las copas o las horquillas de acero inoxidable presentadas más arriba); y, en tercer lugar, cambia cuando cambia la carga en la sustancia (es decir, la adición de blanqueador y la cantidad blanqueador añadida). En el laboratorio, con un generador de frecuencias, se puede ajustar continuamente la frecuencia aplicada cuando cambian las variables. En la consulta de un dentista y en la boca del paciente, el ajuste manual de la frecuencia para lograr la resonancia sería insostenible. Así, según la invención, los inventores han dado con una solución a este problema. Cuando un transductor logra la resonancia con la electricidad aplicada, el consumo de corriente del transductor se maximiza. Midiendo la corriente mientras se varía la frecuencia de la tensión aplicada, la resonancia puede encontrarse cuando el consumo de corriente se maximiza. Construyendo un circuito que monitorice la corriente y "barra" la frecuencia para obtener la resonancia se consigue una eficiencia máxima. Si la monitorización está en curso, el circuito se ajusta a medida que cambian las variables, y se obtiene una eficiencia máxima en todo el curso del tratamiento blanqueador.

Por lo tanto, los inventores concluyen que el blanqueamiento dental puede ser acelerado e intensificado mediante el uso de energía ultrasónica. Aunque la energía ultrasónica no hace nada para mejorar directamente el blanqueamiento (es decir, no tiene ningún efecto directo en las manchas, ni en el esmalte dental ni en los peróxidos), puede utilizarse la energía ultrasónica para acelerar e intensificar las reacciones químicas entre un peróxido y otro constituyendo de un blanqueador dental, acelerando en consecuencia y mejorando la liberación de iones de oxígeno del peróxido, lo cual, a su vez, acelera y mejora el blanqueamiento dental.

Los dispositivos y las técnicas descritos en la presente memoria pueden ser utilizados para facilitar el blanqueamiento dental, la limpieza dental, el tratamiento del tejido bucal y la desinfección bucal. Los principios generales de la presente memoria pueden ser utilizados en diversas aplicaciones, incluyendo el aclarado, el blanqueamiento, la desinfección o la esterilización de cualquiera de diversos medios, incluyendo tela, ropa o tejidos, superficies domésticas, superficies industriales, equipos y superficies de atención médica y en cualquier otra aplicación en la que se deseen los beneficios del uso de la energía ultrasónica.

Debería hacerse notar, aparte del material novedoso que se aborda en lo que antecede, que el enfoque de la medición objetiva de la potencia del blanqueador mediante la utilización de una tinción estándar es nuevo en la

odontología, sin ninguna técnica anterior conocida. Además, la solución para obtener la resonancia en un transductor ultrasónico expuesta más arriba también es desconocida en la odontología.

5 Debería hacerse notar también que no debería usarse la anterior disertación para limitar el uso de la energía ultrasónica únicamente al blanqueamiento. Los resultados del estudio también implican que podría usarse la energía ultrasónica para combatir la placa e incluso el mal aliento.

10 Aunque en la presente memoria se han descrito e ilustrado diversas estructuras, diversos compuestos y diversos métodos junto con varios ingredientes, materiales y configuraciones específicos, los expertos en la técnica apreciarán que pueden realizarse variaciones y modificaciones sin apartarse de los principios ilustrados, descritos y reivindicados en el presente documento. La presente invención, definida por las reivindicaciones adjuntas, puede ser implementada de otras formas específicas sin apartarse de su espíritu ni de sus características esenciales. Ha de considerarse que las configuraciones de los detalles descritos en la presente memoria son, en todos los sentidos, únicamente ilustrativas y no restrictivas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para blanquear los dientes que comprende:

5 una bandeja dental ultrasónica (910), teniendo dicha bandeja dental ultrasónica al menos un transductor ultrasónico (920) que produce ondas ultrasónicas cuando tiene alimentación eléctrica,
una cantidad de composición blanqueadora dental colocable en dicha bandeja dental ultrasónica, siendo colocable dicha bandeja dental ultrasónica (910) en una boca humana que tenga situados dientes en la misma,
10 siendo alimentable dicho transductor ultrasónico por un generador de frecuencias para crear ondas ultrasónicas para liberar iones de oxígeno de dicha composición blanqueadora dental para acelerar e intensificar el blanqueamiento de los dientes, siendo operables dichos iones de oxígeno para eliminar manchas de dichos dientes; y
un circuito (860) operable para monitorizar una corriente consumida por dicho transductor ultrasónico cuando dicho generador de frecuencias ajusta su frecuencia y para determinar una frecuencia resonante que ha de ser usada por dicho generador de frecuencias, por ser la frecuencia que maximiza dicha corriente consumida.
2. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicha composición blanqueadora dental incluye un peróxido y un medio básico.
3. El aparato citado en la reivindicación 2 en el que dicho medio básico y dicho peróxido reaccionan formando una sustancia intermedia.
- 20 4. El aparato citado en la reivindicación 3 en el que dicha sustancia intermedia es un ion de oxihidronio.
5. El aparato citado en la reivindicación 3 en el que dichas ondas ultrasónicas liberan dicha sustancia intermedia a niveles de hidróxido más elevados de lo que ocurriría en ausencia de dichas ondas ultrasónicas.
6. El aparato citado en la reivindicación 4 en el que dichas ondas ultrasónicas liberan dicho ion de oxihidronio a niveles de hidróxido más elevados de lo que ocurriría en ausencia de dichas ondas ultrasónicas.
- 25 7. El aparato citado en una de las reivindicaciones 1, 5 o 6 en el que dichas ondas ultrasónicas liberan iones de oxígeno a una tasa más rápida de lo que ocurriría en ausencia de dichas ondas ultrasónicas.
8. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico opera al nivel de al menos 20 kHz.
- 30 9. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico opera al nivel de al menos 30 kHz.
10. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico opera al nivel de al menos 35 kHz.
11. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico opera al nivel de al menos 40 kHz.
- 35 12. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico opera al nivel de no más de 50 kHz.
13. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico está en una ubicación en dicha bandeja que está en una boca humana cuando dicha bandeja está en uso.
- 40 14. El aparato citado en la reivindicación 1 en el que dicho transductor ultrasónico está en una ubicación en dicha bandeja que no está en una boca humana cuando dicha bandeja está en uso.

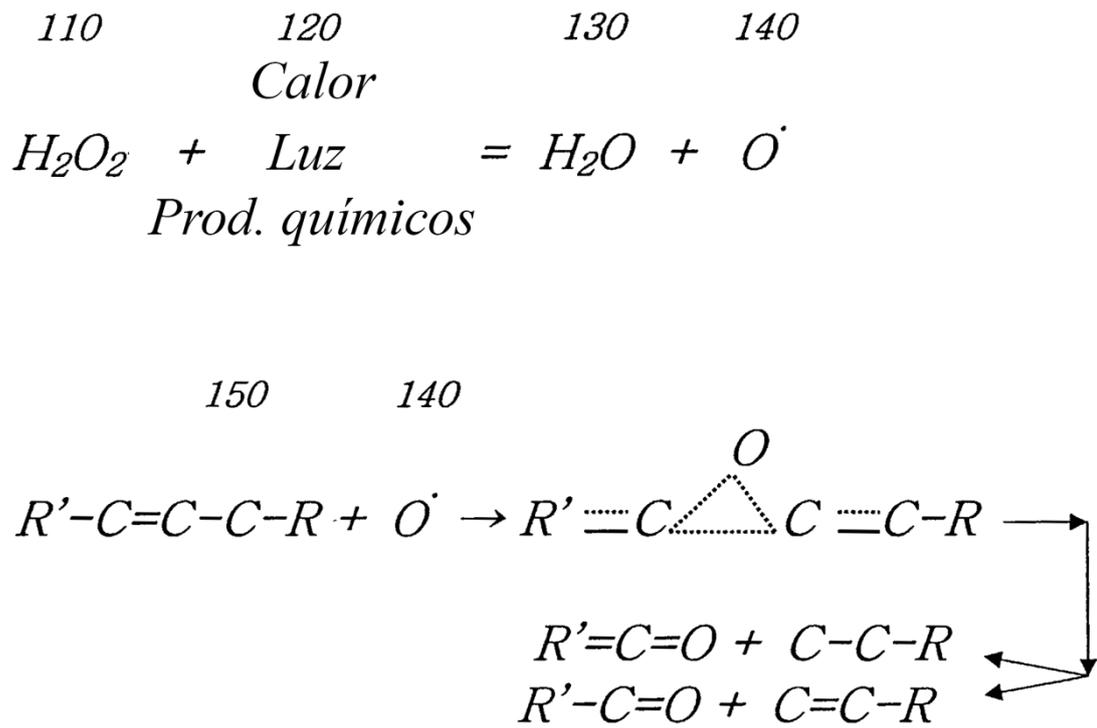


Figura 100

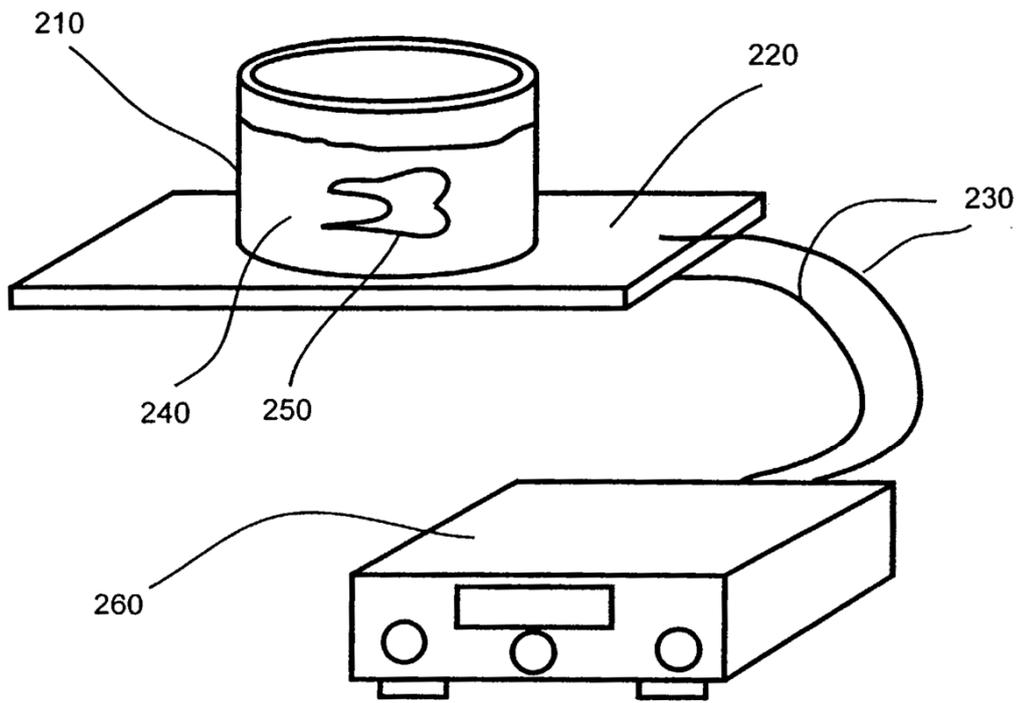


Figura 200

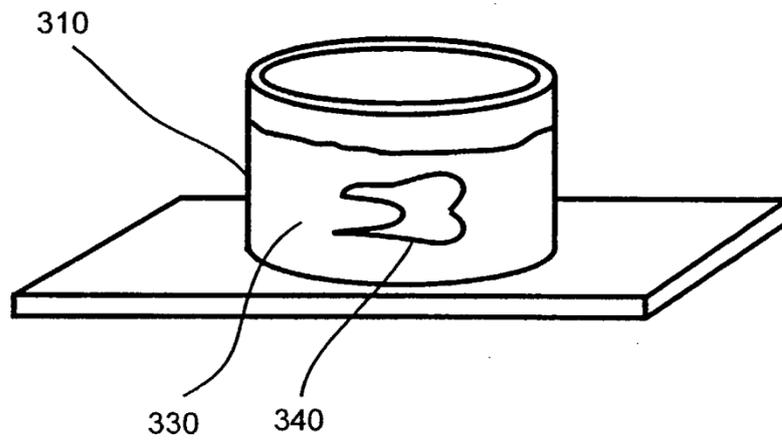


Figura 300

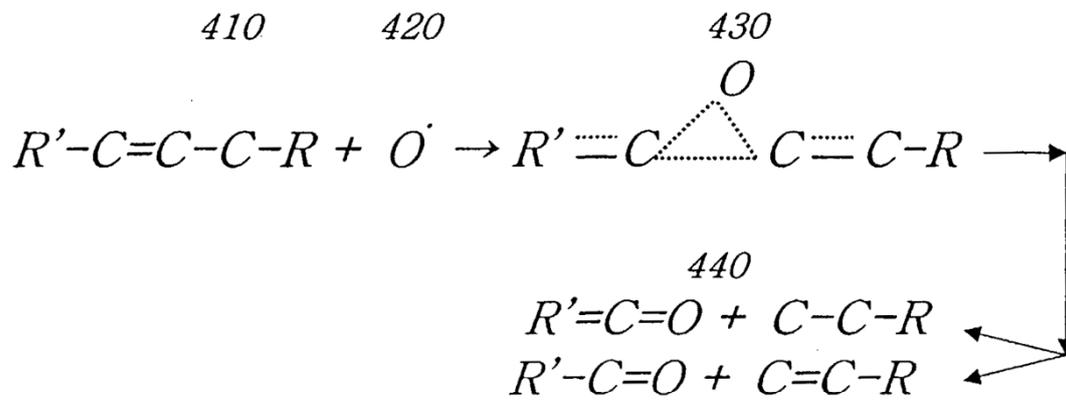


Figura 400

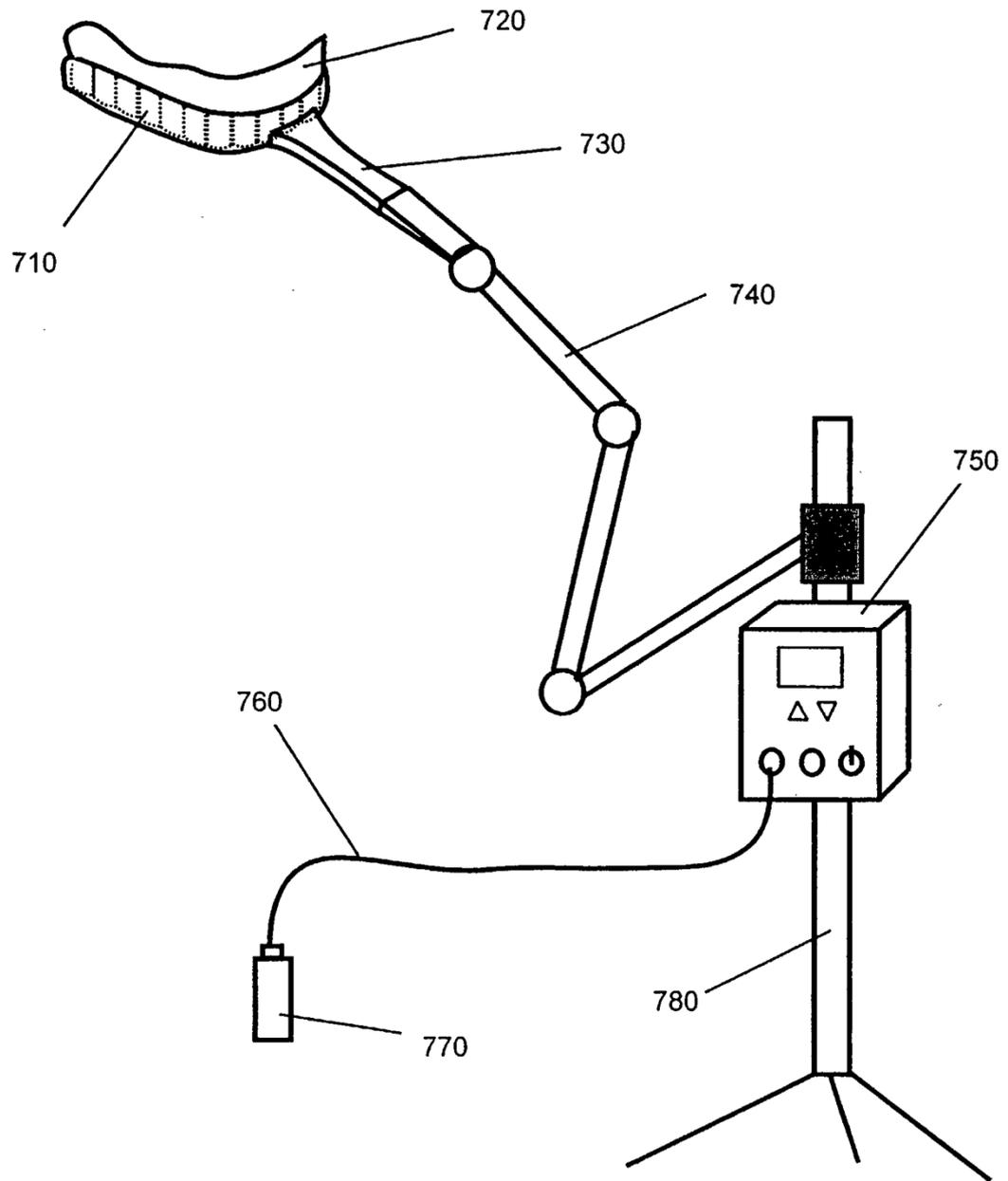


Figura 700

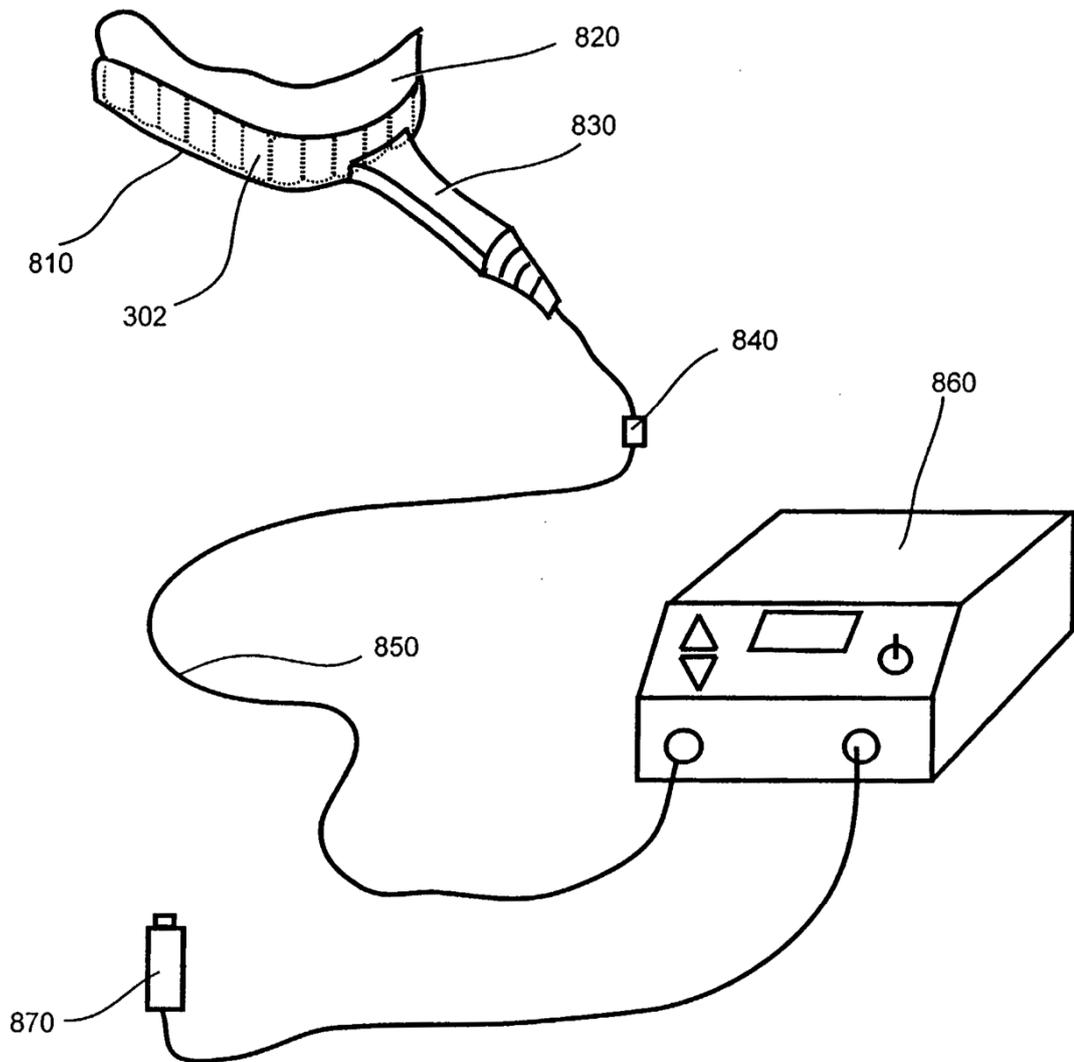


Figura 800

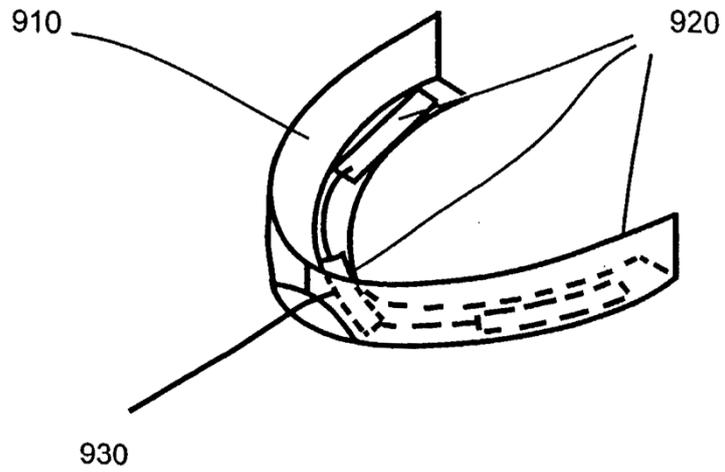


Figura 900a

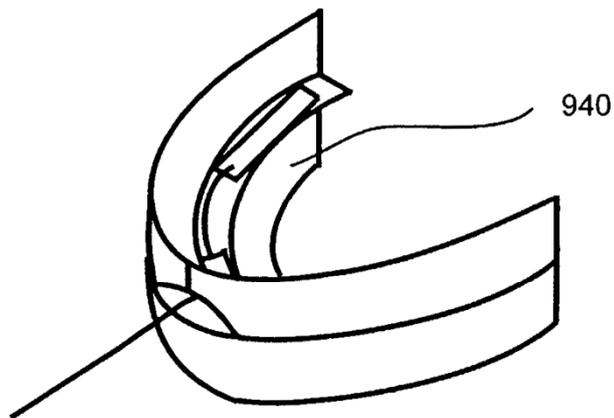


Figura 900b

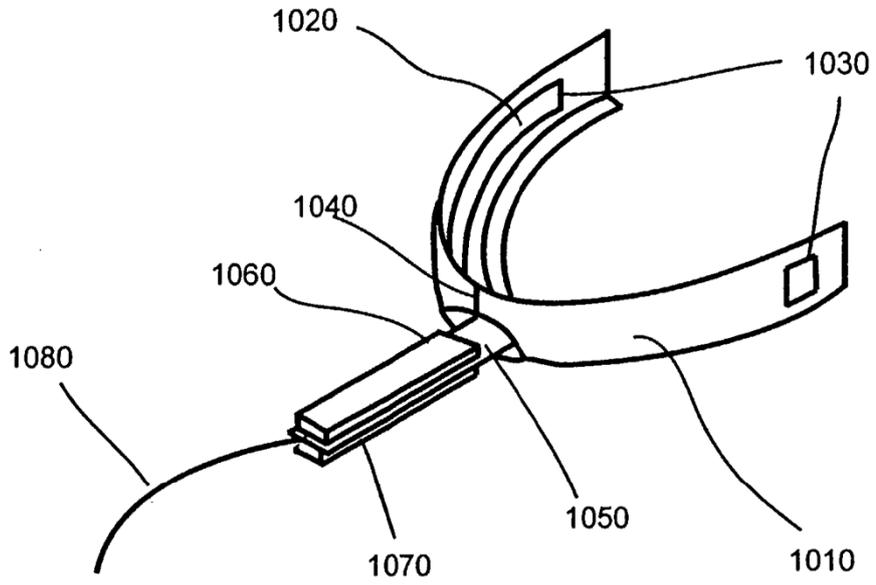


Figura 1000a

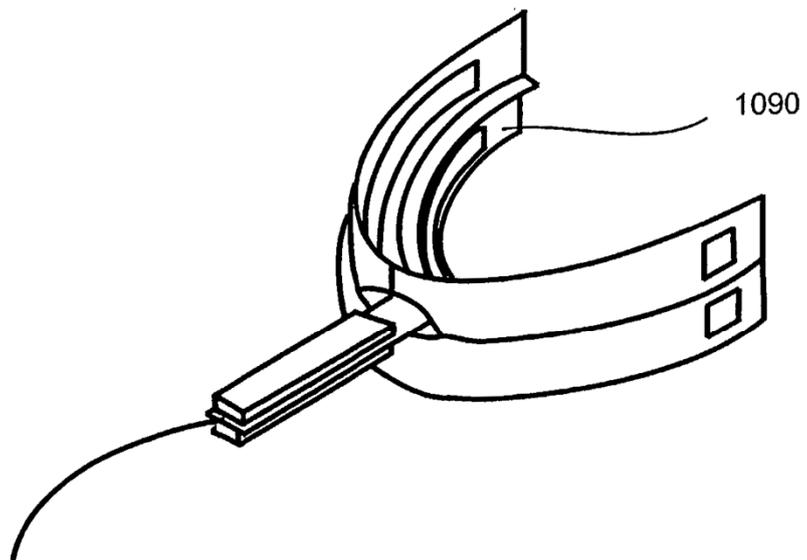


Figura 1000b