

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 673 192**

51 Int. Cl.:

**A61C 13/15** (2006.01)

**H01L 33/64** (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.12.2009 PCT/US2009/069738**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.07.2010 WO10078368**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2009 E 09837133 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 2373249**

54 Título: **Lámpara de polimerización dental que tiene un diseño de una pieza que actúa de disipador térmico**

30 Prioridad:

**01.05.2009 US 174873 P**

**01.05.2009 US 174843 P**

**30.12.2008 US 141482 P**

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

**20.06.2018**

73 Titular/es:

**ULTRADENT PRODUCTS, INC. (100.0%)**

**505 West 10200 South**

**South Jordan, Utah 84095, US**

72 Inventor/es:

**JESSOP, DEE;**

**SHEETZ, JARED y**

**JESSOP, NEIL, T.**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI, Peter**

ES 2 673 192 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**

LÁMPARA DE POLIMERIZACIÓN DENTAL QUE TIENE UN DISEÑO DE UNA PIEZA QUE ACTÚA DE DISIPADOR TÉRMICO

5 ANTECEDENTES

Campo de la invención

10 La presente invención se refiere, en general, al campo de dispositivos de fotopolimerización. Más particularmente, la invención se refiere a dispositivos de fotopolimerización que incluyen uno o más diodos emisores de luz (por ejemplo, LEDs) para proporcionar longitudes de onda de fotopolimerización configurados para el curado de composiciones polimerizables.

15 Tecnología relevante

En el campo de la odontología, las cavidades o preparaciones dentales a menudo se llenan y/o se sellan con composiciones polimerizables fotosensibles que son curadas por exposición a energía radiante, tal como la luz visible. Estas composiciones, comúnmente denominadas composiciones fotopolimerizables, se colocan dentro de las preparaciones de la cavidad dental o sobre superficies dentales donde son posteriormente irradiadas con luz. La luz irradiada provoca que los componentes fotosensibles dentro de las composiciones inicien la polimerización de los componentes polimerizables, endureciendo así la composición fotopolimerizable dentro de la preparación de la cavidad dental u otra superficie dental.

20 Los dispositivos de fotopolimerización están configurados típicamente con una fuente de luz activadora, tal como una bombilla halógena de cuarzo y tungsteno (QTH) o diodos emisores de luz (LED). Las bombillas QTH generan un amplio espectro de luz que puede utilizarse para curar una amplia gama de composiciones polimerizables. Las bombillas QTH generan un calor residual substancial y requieren una estructura voluminosa alrededor para extraer el calor residual de la bombilla y disipar el calor residual.

25 El uso de fuentes de luz LED ha sido una mejora significativa en los dispositivos de polimerización dental. Los LEDs son más pequeños que las bombillas QTH y generalmente irradian luz en un rango estrecho que rodea una longitud de onda pico específica. A menudo requieren una potencia de entrada significativamente menor para generar una salida de radiación deseada. Además, las fuentes de luz LED proporcionan una vida más larga (por ejemplo, decenas de miles de horas o más) que las bombillas QTH. Sin embargo, la gestión térmica (por ejemplo, la disipación del calor) sigue siendo un problema con los dispositivos que incluyen fuentes de luz LED.

30 Aunque los dispositivos de fotopolimerización por LED anteriores pueden producir menos calor residual que los dispositivos de curado por bombilla, los dispositivos de fotopolimerización por LED tienden todavía a producir calor residual que aumenta significativamente la temperatura del LED y las estructuras que lo rodean inmediatamente durante la iluminación. Este aumento de la temperatura puede reducir la vida útil del LED. Los LEDs pueden quemarse en cuestión de minutos debido al sobrecalentamiento, requiriéndose el reemplazo de la fuente de luz LED si no se disipa el calor.

35 El documento US 2003/0036031 A1 sugiere una pieza de mano emisora de luz para el curado de resinas dentales fotopolimerizables que comprende una parte de mango tubular que consiste en dos partes conectadas por una unión y que contiene un equipo motor para alimentar una fuente de luz LED. Una parte de cabezal está conectada a la parte de mango a través de una parte de cuello y soporta un LED en una posición para proteger la radiación hacia el exterior.

50 DESCRIPCIÓN

La presente invención, tal como define en la reivindicación 1, está dirigida a dispositivos de fotopolimerización que disipan de manera eficiente el calor de un diodo emisor de luz (LED) durante su funcionamiento. Los dispositivos de fotopolimerización dental incluyen un cuerpo del dispositivo que tiene un extremo de agarre proximal (es decir, una parte de mango) conectado a una parte de cabezal distal a través de una parte de cuello. El cuerpo del dispositivo está formado a partir de uno o más materiales del cuerpo térmicamente conductores (por ejemplo, metal, polímero, cerámica térmicamente conductores y/o fibras cerámicas o nanomateriales térmicamente conductores). El cuerpo del dispositivo es una pieza continua sin uniones (es decir, una configuración "de una pieza"). Todo o parte del cuerpo del dispositivo puede estar realizado del material del cuerpo térmicamente conductor siempre que el cuerpo del dispositivo tenga una conductividad térmica suficiente para disipar el calor deseado generado por el LED durante el uso (es decir, con el dispositivo configurado para una potencia luminosa máxima seleccionable por el usuario). En una realización, se incluye un conjunto de LEDs en la parte de cabezal distal del cuerpo del dispositivo o dentro de la misma. El conjunto de LEDs incluye uno o más LEDs y un substrato del conjunto de LEDs térmicamente conductor,

y el uno o más LEDs están conectados eléctricamente a uno o más contactos en el conjunto de LEDs. El uno o más LEDs está(n) configurado(s) para emitir un espectro de luz capaz de curar una composición fotopolimerizable. El espectro emitido puede incluir una longitud de onda pico en una realización en la que todos los LEDs están configurados para emitir a la misma longitud de onda. Alternativamente, el espectro puede incluir dos o más longitudes de onda pico diferentes donde por lo menos uno de los LEDs está configurado para emitir una longitud de onda pico diferente respecto a por lo menos otro LED.

La disipación de calor del conjunto de LEDs se consigue utilizando una capa térmicamente conductora en la parte del cabezal distal del cuerpo del dispositivo entre el conjunto de LEDs y el material del cuerpo térmicamente conductor del cuerpo del dispositivo. La capa térmicamente conductora es delgada y, por lo tanto, no tiene suficiente masa como para servir de disipador térmico; sin embargo, la capa térmicamente conductora tiene un área de superficie y una conductividad térmica suficientemente altas para servir de canalizador para disipar calor del sustrato del conjunto de LEDs en el material del cuerpo del dispositivo. El material del cuerpo del dispositivo sirve de disipador térmico altamente eficiente, obviando así la necesidad de un disipador térmico interno separado. En una realización, ventajosamente, el dispositivo de polimerización dental no incluye un disipador térmico interno. El área de superficie que conecta la capa térmicamente conductora al cuerpo del dispositivo es suficientemente grande para que la mayor parte del calor (por ejemplo, substancialmente todo) que se extrae del conjunto de LEDs por la capa térmicamente conductora se transfiera al cuerpo del dispositivo.

En una realización, la capa térmicamente conductora puede comprender una pieza separada que quede sujeta a una parte del cuerpo del dispositivo y puede tener un grosor en un intervalo de aproximadamente entre 100 micras y aproximadamente 1,5 mm y puede fabricarse a partir de uno o más materiales muy térmicamente conductores, tales como, óxido de berilio, diamante, nitruro de aluminio, o combinaciones de los mismos, pero sin limitarse a éstos. En otra realización, la capa térmicamente conductora puede comprender una capa muy delgada aplicada sobre por lo menos una parte del cuerpo del dispositivo (por ejemplo, por deposición química o plasma en fase de vapor o pulverización con llama de plasma). En dichas realizaciones, el grosor puede ser de sólo entre aproximadamente 0,05 micras y aproximadamente 50 micras. El grosor y el área de superficie de la capa térmicamente conductora es suficiente para garantizar que la mayor parte del calor residual, si no esencialmente todo, generado por el LED se transfiera a través de la capa térmicamente conductora y se disipe en el material del cuerpo. A temperaturas operativas entre moderadas y bajas, la capa térmicamente conductora puede disipar el calor desde el sustrato del conjunto de LEDs a la misma velocidad que el calor disipado hacia el sustrato del conjunto de LEDs, permitiendo, de este modo, un funcionamiento continuo a una temperatura entre baja y moderada. Se ha encontrado que el uso de una capa térmicamente conductora en contacto con un área de superficie suficiente del cuerpo del dispositivo proporciona una disipación de calor sorprendentemente buena desde uno o más LEDs. Las configuraciones de la presente invención eliminan esencialmente los problemas existentes asociados al sobrecalentamiento en lámparas de curado basadas en LEDs.

De acuerdo con una realización alternativa, los elementos semiconductores de LEDs individuales pueden montarse directamente en el cuerpo del dispositivo. En otras palabras, el cuerpo del dispositivo se convierte en el sustrato sobre el cual van montados directamente los elementos semiconductores de los LEDs. Las conexiones de potencia a los elementos semiconductores pueden realizarse mediante trazas metálicas eléctricamente conductoras (por ejemplo, oro) dispuestas sobre o a través de la capa térmicamente conductora y eléctricamente aislante formada en el cuerpo del dispositivo. Esto es diferente de la realización descrita anteriormente en la que, en la parte de cabezal distal del cuerpo del dispositivo, va montado un conjunto de LEDs relativamente más grande que incluye su propio sustrato de conjunto de LEDs. En la realización alternativa, la delgada capa eléctricamente conductora y eléctricamente aislante dispuesta sobre por lo menos la parte de cabezal distal del cuerpo del dispositivo es significativamente más delgada (por ejemplo, entre aproximadamente 0,05 y aproximadamente 50 micras) en comparación con el grosor de un sustrato de conjunto de LEDs (por ejemplo, del orden de aproximadamente 500-1000 micras). Dichos sustratos de LED deben ser suficientemente gruesos para proporcionar un grado de protección y resistencia al paquete global de LEDs que incluye uno o más LEDs montados en el sustrato. La capa térmicamente conductora/eléctricamente aislante es suficientemente gruesa para aislar eléctricamente los elementos del cuerpo subyacente, que puede comprender metal. Al mismo tiempo, la capa es relativamente delgada (por ejemplo, no más de aproximadamente 50 micras, preferiblemente no más de aproximadamente 10 micras) para minimizar la resistencia a la conducción térmica a través de esta capa. Esta realización puede presentar incluso una mejor disipación de calor a medida que se elimina la capa de sustrato relativamente gruesa del conjunto de paquetes de LEDs.

En una realización, el dispositivo de fotopolimerización incluye un conjunto de electrónica que controla la potencia del uno o más LEDs. El conjunto de electrónica puede configurarse para accionar el uno o más LEDs a unas intensidades de luz muy elevadas durante largos períodos de tiempo sin sobrecalentar el LED debido a la capacidad de disipar el calor de manera eficiente del LED. En una realización, uno o más LEDs pueden producir una emisión de luz de por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>, por lo menos 3000 mW/cm<sup>2</sup>, o incluso superior a 3500 mW/cm<sup>2</sup>. Los dispositivos de curado por LED de la presente invención pueden alcanzar una potencia luminosa estable con uno o más LEDs que es tan intensa o incluso más intensa que la luz generada por una lámpara de arco,

que normalmente funciona a 3500 mW/cm<sup>2</sup>. Las lámparas de polimerización de la presente invención disipan el calor a través del cuerpo, permitiendo que el dispositivo funcione a alta potencia y períodos de tiempo más largos en comparación con los dispositivos de fotopolimerización convencionales.

5 En una realización de la invención, el conjunto de electrónica está configurado para minimizar el desplazamiento de la longitud de onda de la salida del uno o más LEDs, incluso a una potencia luminosa de alta intensidad. En esta realización, el conjunto de electrónica está configurado para alimentar los LEDs a una entrada de potencia máxima que está substancialmente por debajo de la entrada de potencia máxima o nominal real del LED. Por ejemplo, la lámpara de polimerización puede incluir un conjunto de LEDs con una potencia nominal de 10 vatios, y el conjunto de componentes electrónicos puede configurarse para alimentar el dispositivo a una potencia máxima de entrada de 2,5 vatios. En una realización, el conjunto de electrónica está configurado para alimentar el uno o más LEDs a una potencia máxima de menos de aproximadamente un 80% de la entrada máxima nominal del uno o más LEDs, más preferiblemente menos de aproximadamente un 50%, y la más preferiblemente menos de aproximadamente un 40% de la entrada máxima nominal del uno o más LEDs, a la vez que se consigue una potencia luminosa total de por lo menos aproximadamente 1000 mW/cm<sup>2</sup> desde el dispositivo de fotopolimerización, más preferiblemente por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>, incluso más preferiblemente por lo menos aproximadamente 3000 mW/cm<sup>2</sup>, o incluso por lo menos aproximadamente 3500 mW/cm<sup>2</sup> de la potencia luminosa total del dispositivo de fotopolimerización. De esta manera, se mantiene la estabilidad de la potencia luminosa. Por ejemplo, cualquier desplazamiento de la longitud de onda se minimiza de modo que es preferiblemente menor que aproximadamente un 1%, más preferiblemente menor de aproximadamente un 0,5%, y más preferiblemente menor de aproximadamente un 0,1%.

En una realización, el dispositivo de potencia reducida puede alcanzar una eficiencia de potencia luminosa total por vatio de potencia entrada muy elevada. En una realización, la eficiencia de los LEDs de la lámpara de polimerización puede ser por lo menos aproximadamente un 40%, por lo menos aproximadamente un 60%, o incluso por lo menos aproximadamente un 80% eficiente. Las eficiencias más altas del dispositivo de fotopolimerización dental pueden conseguirse con configuraciones que incluyen un casquillo reflectante entre el LED y la lente y/o que incluyen un revestimiento anti-reflectante sobre la lente. Algunas realizaciones pueden emplear un cristal fotónico de colimación de luz en lugar de una lente.

El cuerpo del dispositivo presenta una capacidad de disipación de calor considerable debido a su tamaño mucho mayor en relación con el (los) LED(s) y/o el conjunto de LEDs. Debido a que el cuerpo del dispositivo sirve de disipador térmico, no se requiere un disipador térmico separado dentro del cuerpo del dispositivo. Eliminar el disipador térmico (en comparación con los dispositivos típicos de la técnica anterior) puede simplificar el proceso de fabricación y permitir configuraciones del cuello y el cabezal distal más pequeñas, delgadas, que son más maniobrables dentro de la boca del paciente mientras se proporciona una excelente disipación de calor. Disponer un cuerpo de dispositivo con una configuración de una sola pieza ayuda a maximizar la disipación de calor. También minimiza las juntas y las uniones donde pueden acumularse desechos.

En una realización, la parte de cabezal del cuerpo del dispositivo puede tener un elemento extraíble en forma de copa que aloja el conjunto de LEDs y por lo menos una parte de la capa térmicamente conductora. La capa térmicamente conductora está conectada al conjunto de LEDs para facilitar la transferencia de calor desde el (los) LED(s) del conjunto al elemento extraíble y al cuerpo del dispositivo. El elemento extraíble puede atornillarse o conectarse de otro modo a una parte de la parte de cabezal distal. Cuando está acoplado, el elemento extraíble queda integrado térmicamente con la parte de cabezal distal, por ejemplo, garantizando un gran contacto del área de superficie entre una parte correspondiente de la parte de cabezal distal y el elemento extraíble de manera que se mantiene una conducción térmica eficiente a través del elemento extraíble y al resto del cuerpo del dispositivo.

En una realización, todo el cuerpo del dispositivo incluyendo la parte de mango, la parte de cuello y la parte de cabezal distal está formado de una sola pieza de un material térmicamente conductor. Ejemplos de metales que pueden utilizarse incluyen aluminio, cobre, magnesio y/o aleaciones de los mismos, pero sin limitarse a éstos. Materiales cerámicos térmicamente conductores de ejemplo que pueden utilizarse incluyen fibras o nanomateriales de carbono (por ejemplo, grafeno), boro, nitruro de boro, y/o combinaciones de los mismos, pero sin limitarse a éstos. Debido a que el cuerpo de una sola pieza es sólo una pieza, no existen juntas o uniones dentro del mismo cuerpo, y se minimizan otras superficies de contacto dentro del dispositivo en general. Por ejemplo, el cuerpo de una sola pieza (es decir, la configuración de una sola pieza) puede incluir un orificio para el conjunto de cabezal de LED, un orificio para el conjunto de control, y un orificio para el cable de alimentación. El orificio para el conjunto de cabezal de LED está configurado para recibir el elemento extraíble que incluye el conjunto de LEDs. En una realización en la que los elementos semiconductores de LEDs individuales (sin ningún sustrato del conjunto de LEDs de soporte) van montados directamente sobre el cabezal del cuerpo del dispositivo, el orificio para el conjunto de cabezal de LED puede omitirse. Es evidente que, en otra realización, los elementos semiconductores de LED individuales pueden ir montados directamente sobre el elemento extraíble, el cual se acopla posteriormente al orificio para el conjunto de cabezal del LED del dispositivo. El orificio para el conjunto de control formado dentro de la parte del mango del cuerpo está configurado para recibir el conjunto de control de la electrónica. El orificio para el cable de

alimentación formado en el extremo proximal del cuerpo está configurado para recibir un cable de alimentación que está conectado al conjunto de control de la electrónica. Es evidente que el cuerpo puede incluir otros orificios a través del cuerpo para alojar uno o más tornillos u otros medios de fijación para mantener los componentes internos en su lugar.

5 Debido a que la totalidad del cuerpo está formado de una sola pieza en la configuración del cuerpo, se mejora la disipación del calor en todo el cuerpo, ya que las uniones dentro del propio cuerpo (es decir, donde una primera parte del cuerpo queda en contacto con una segunda parte del cuerpo) pueden crear una resistencia a la conducción térmica. El cuerpo no tiene ventajosamente tales uniones de contacto. La ausencia de dichas uniones dentro del  
10 cuerpo también proporciona una lámpara de fotopolimerización dental robusta que puede resistir mejor una manipulación brusca y/o una caída.

15 Éstos y otros beneficios, ventajas y características de la presente invención serán más claros a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas, o pueden derivarse al poner en práctica la invención tal como se indica a continuación.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

20 Con el fin de obtener la manera en la que se obtienen los beneficios, ventajas y características de la invención citados anteriormente y otros, se hará una descripción más particular de la invención que se ha descrito brevemente antes haciendo referencia a realizaciones específicas de la misma que se ilustran en los dibujos adjuntos. Entendiendo que estos dibujos representan sólo unas realizaciones típicas de la invención y, por lo tanto, no deben considerarse limitativos de su alcance, la invención se describirá y se explicará con especificidad y detalles  
25 adicionales mediante el uso de los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una vista en perspectiva superior de una lámpara de polimerización dental que incluye un cuerpo de un dispositivo que tiene un extremo de agarre proximal y un extremo de cabezal distal;  
La figura 2 es una vista en perspectiva inferior de la lámpara de polimerización dental de la figura 1;  
La figura 3 es una vista en sección transversal de la lámpara de polimerización dental de la figura 1;  
30 La figura 4 es una vista en perspectiva superior del cuerpo del dispositivo de la lámpara de polimerización dental de la figura 1;  
La figura 5 es una vista en perspectiva inferior del cuerpo del dispositivo de la lámpara de polimerización dental de la figura 1;  
La figura 5A es una vista en sección transversal del cuerpo del dispositivo de la figura 4;  
35 La figura 5B es una vista en sección transversal de la parte del extremo distal del cabezal de una lámpara de polimerización dental alternativa.  
La figura 5C es una vista en sección transversal de la parte de cabezal distal de otra lámpara de polimerización dental alternativa que presenta una configuración alternativa;  
La figura 5D es una vista en perspectiva del extremo del cabezal distal del cuerpo del dispositivo de la figura 5B  
40 antes del acoplamiento de los LEDs y estructuras asociadas;  
La figura 5E es una vista en perspectiva de la parte extrema del cabezal distal de la figura 5D una vez que se ha aplicado una capa delgada eléctricamente aislante y térmicamente conductora;  
La figura 5F es una vista en sección transversal de la parte extrema de cabezal distal de la figura 5E;  
La figura 5G es una vista en perspectiva de la parte extrema de cabezal distal de la figura 5E una vez que los LEDs  
45 se han montado directamente en el cuerpo;  
La figura 5H es una vista en sección transversal de la parte extrema de cabezal distal de la figura 5G;  
La figura 5I es una vista en sección transversal de la parte extrema de cabezal distal de la figura 5H una vez que se ha formado una cavidad reflectante alrededor de los LEDs;  
La figura 5J es una vista en sección transversal de la parte extrema de cabezal distal de la figura 5I una vez que se ha aplicado una capa protectora sobre los LEDs;  
50 La figura 6 es una vista en sección transversal de una parte del cuello del cuerpo del dispositivo de la figura 1 que muestra un revestimiento contra rasguños y un revestimiento de fluoropolímero cubriendo la superficie del mismo;  
La figura 7 es una vista en sección transversal de la parte de cuello y cabezal de la lámpara de polimerización de la figura 1;  
55 La figura 8 es una vista en perspectiva de un conjunto de LEDs de la lámpara de polimerización de la figura 1;  
La figura 9 es una vista en sección transversal del conjunto de LEDs de la figura 8;  
La figura 10 es una vista en sección transversal de un conjunto de LEDs alternativo que incluye una pluralidad de LEDs;  
La figura 11 es una vista en despiece parcial de la parte de cuello y cabezal de una realización alternativa que muestra un elemento extraíble que aloja un conjunto de LEDs;  
60 La figura 12 ilustra la parte de cabezal y cuello de la figura 11 con el elemento extraíble acoplado dentro de la cavidad de la parte de cabezal distal; y  
La figura 13 ilustra una vista en sección transversal de la parte de cabezal distal y la parte de cuello del dispositivo de la figura 12.

DESCRIPCIÓN DETALLADAI. Introducción

5 La presente invención va dirigida a una lámpara de polimerización dental que disipa eficazmente el calor de la parte del diodo emisor de luz (LED) de la lámpara de polimerización. El cuerpo del dispositivo está formado de un material térmicamente conductor (por ejemplo, metal, polímero, cerámica, térmicamente conductores, y/o fibras o nanomateriales térmicamente conductores). Se obtiene una excelente disipación de calor del uno o más LEDs utilizando una capa térmicamente conductora acoplada al cuerpo del dispositivo. La capa térmicamente conductora está dispuesta sobre por lo menos parte de la parte de cabezal distal del cuerpo del dispositivo para conducir de manera eficiente el calor fuera del uno o más LEDs y hacia el cuerpo del dispositivo. La conductividad térmica de la capa es suficientemente alta para que la capa térmicamente conductora sirva de conducto para conducir rápidamente el calor fuera del sustrato del conjunto de LEDs o de los LEDs montados directamente al material del cuerpo del dispositivo, donde se disipa el calor. De esta manera, el material del cuerpo del dispositivo puede servir como disipador térmico altamente eficiente. El área de superficie de la capa térmicamente conductora que conecta térmicamente el conjunto de LEDs o el LED montado directamente al cuerpo del dispositivo es suficientemente grande para que la mayoría del calor residual (por ejemplo, substancialmente todo) conducido hacia la capa térmicamente conductora se transfiera rápidamente al cuerpo del dispositivo para la disipación. En general, el área de superficie de la capa térmicamente conductora es ventajosamente mayor que el área de superficie del sustrato del conjunto de LEDs o los LEDs montados directamente.

Para los fines de esta invención, el término "mayoría" significa más de un 50%.

25 Para los fines de la invención, el término "ajuste de potencia más elevada del dispositivo de fotopolimerización" es el ajuste de potencia más elevada que puede seleccionar el usuario del dispositivo, no la potencia máxima teórica que podría suministrarse al uno o más LEDs del dispositivo.

30 Salvo que se indique lo contrario, "potencia máxima nominal" se referirá a la mayor potencia nominal máxima que proporciona el fabricante del LED que ha probado y calificado el LED o la entrada de potencia máxima definida por un estándar de industria para probar y calificar la potencia máxima de los LEDs.

II. Lámparas de polimerización dental de ejemplo

35 Las figuras 1-3 ilustran una lámpara de polimerización dental de ejemplo 100 que incluye un cuerpo del dispositivo 102 que tiene un extremo de cabezal distal 104 y un extremo de agarre proximal 106. El extremo distal 104 incluye una parte de cuello 108 y una parte de cabezal 110. El extremo distal 104 está dimensionado y configurado para insertarse en la boca de un paciente dental.

40 La lámpara de polimerización dental 100 también incluye un conjunto de electrónica 112 dispuesto dentro de una cavidad del cuerpo del dispositivo 102. El conjunto de electrónica 112 permite al odontólogo encender y apagar la lámpara de polimerización dental 100 y controlar la intensidad y la duración de la emisión de luz de la lámpara de polimerización 100. El conjunto de electrónica puede incluir hardware, circuitos y/o programación que permite alimentar selectivamente los LEDs y ser operados por un usuario. En una realización, la circuitería es programable. 45 En la solicitud de patente americana también pendiente de los solicitantes, número de serie 61/174.562 titulada "*Dental Curing Light Including Active And Activable Programs For Alternate Uses*" se describen ejemplos de circuitos programables.

50 La lámpara de polimerización 100 incluye un cable de alimentación 114 que tiene un enchufe 116 que permite conectar el dispositivo a una fuente de alimentación. Sin embargo, en una realización alternativa, la lámpara de polimerización dental puede tener una batería recargable que alimente el conjunto de componentes electrónicos. El cuerpo del dispositivo 102 puede incluir un manguito protector 118 unido al extremo proximal. El manguito protector 118 puede encerrar la abertura del cuerpo del dispositivo 102 a través del cual pasa el cable 114 y también puede soportar el cable 114 para evitar que el cable 114 provoque un cortocircuito.

55 La figura 2 muestra una vista en perspectiva inferior de la lámpara de polimerización dental 100. La parte de cabezal 110 incluye un conjunto de LEDs 120. El conjunto de LEDs 120 está configurado para emitir luz a una o más longitudes de onda adecuadas para curar una composición de polimerización dental en la boca de un paciente dental. Unos orificios 122a y 122b permiten fijar el conjunto de componentes electrónicos 112 al cuerpo del dispositivo 102 utilizando, por ejemplo, un par de tornillos.

60 La figura 3 muestra una vista en sección transversal de la lámpara de polimerización dental 100. El conjunto de electrónica 112 incluye una placa de circuito 124, un botón de alimentación 126 y un selector de intensidad 128. El botón de encendido 126 permite al odontólogo encender y apagar la lámpara de fotopolimerización 100. El selector

de intensidad 128 permite al odontólogo aumentar la intensidad de la luz que se emite desde el conjunto de LEDs 120 desde una potencia de salida mínima hasta una potencia de salida máxima. El accionamiento del selector de intensidad 128 aumenta la potencia suministrada al conjunto de LEDs 120 a través de la placa de circuito 124. Para disminuir la intensidad de potencia, el usuario puede apagar y encender nuevamente la lámpara de polimerización 100. Para un experto en la materia serán fácilmente evidentes modos de control y operación alternativos. Unos cables 134 conectan la placa de circuito 124 al conjunto de LEDs 120. El cable de alimentación 114 también está conectado a la placa de circuito 124 para suministrar energía al conjunto de electrónica 112.

En una realización, el cable de alimentación 114 puede comprender una fibra y/o material compuesto de alta resistencia. Por ejemplo, el cable de alimentación 114 puede comprender un material incluyendo Kevlar y/o fibra de carbono. Dichos materiales proporcionan un cable de alimentación flexible y elástico con unas características de resistencia excepcionales. En una realización preferida, el cable de alimentación 114 queda sujeto al cuerpo del dispositivo 102 utilizando un nudo 130. El nudo 130 en el cable de alimentación 114 está situado dentro del orificio para el cable de alimentación 132 del cuerpo del dispositivo 102. El nudo 130 queda en contacto con el cuerpo del dispositivo alrededor del orificio 132 y evita que se estire del cable 114 a través del orificio 132. Se ha encontrado que el nudo 130 es altamente resistente para evitar que se estire a través del orificio 132 y evitar una rotura al distribuir una fuerza de tracción a través de un área de superficie más grande. El nudo 130 puede unirse o fijarse opcionalmente al cuerpo del dispositivo 102 para evitar que el nudo 130 sea empujado más hacia el interior de la cavidad del cuerpo del dispositivo. Sorprendentemente, se ha encontrado que la combinación de un material de cable de alta resistencia tal como Kevlar y/o fibra de carbono y un nudo interno resiste fuerzas de extracción de más de aproximadamente 50 libras. Puede incluso tirarse con fuerza de los cables de alimentación que utilizan un nudo (por ejemplo, tal como podría suceder si un practicante tropieza con el cable) sin dañar la conexión entre el cable de alimentación y la placa de circuito.

La placa de circuito 124 está conectada eléctricamente al conjunto de LEDs 120. La conexión eléctrica puede ser cualquier conexión adecuada para utilizarse en una aplicación dental, incluyendo, entre otros, trazas eléctricamente conductoras y/o cables. La figura 3 ilustra cables 134 que conectan la placa de circuito 124 al conjunto de LEDs 120.

#### A. Cuerpo del dispositivo

Las figuras 4, 5 y 5A ilustran el cuerpo del dispositivo 102 de la lámpara de polimerización dental 100. El cuerpo del dispositivo 102 incluye un mango o parte de agarre 106 que está dimensionado y configurado para que un odontólogo la sostenga y manipule con la mano. La parte de mango 106 típicamente es redondeada y substancialmente más ancha que la parte de cuello 108, que está configurada para su inserción en una boca de un paciente dental. La parte de cuello 108 es típicamente estrecha y alargada para minimizar el espacio necesario para manipular la lámpara de polimerización 100 en la boca del paciente. La parte de cabezal 110 puede ser más ancha que la parte de cuello 108 para proporcionar espacio para un conjunto de LEDs. Otras configuraciones (por ejemplo, que incluyen un montaje directo del LED y/o pequeños LEDs orgánicos flexibles) pueden tener una parte de cabezal que sea tan estrecha o incluso más estrecha que la parte de cuello. En una realización, el cuerpo del dispositivo puede ser alargado. Si bien los dispositivos que se describen aquí incluyen típicamente características estructurales que configuran el dispositivo para su uso en la boca de un paciente, el dispositivo no está limitado a su uso en la boca. El cabezal 110 se ilustra con un rebaje o cavidad 144 que aloja el conjunto de LEDs. Sin embargo, en una realización alternativa, el cabezal 110 puede tener una superficie plana que soporte el conjunto de LEDs (véase, por ejemplo, las figuras 5B-5C). Tal como se describe más completamente a continuación, el cabezal 110 también puede incluir un elemento extraíble que incluye el conjunto de LEDs.

El cuerpo del dispositivo 102 incluye una cavidad interna 136. La cavidad 136 está dimensionada y configurada para alojar el conjunto de electrónica utilizado para hacer funcionar la lámpara de polimerización dental 100, que incluye el conjunto de alimentación de los LEDs 120. La cavidad 136 puede incluir unos puntos de montaje, ranuras y otras características configuradas para alojar de manera segura un conjunto de componentes electrónicos. En una realización, la cavidad 136 incluye un reborde 138 que está configurado para formar un ajuste apretado con un reborde correspondiente del conjunto de electrónica 112 (figura 3) para garantizar un sellado apropiado de la cavidad 136.

La parte de mango 106 también incluye una abertura extrema 132 que proporciona un paso desde la cavidad 136 al exterior del cuerpo de dispositivo 102. La abertura 132 proporciona un paso para el cable de alimentación 114 tal como se ha descrito anteriormente. Un casquillo 140 proporciona una conexión para el manguito 118 que protege el cable 114 y sella la abertura 132, tal como se ha descrito anteriormente respecto a la figura 3.

El cuerpo del dispositivo 102 puede incluir un segundo paso 142 que se extiende entre la cavidad 136 y el rebaje o cavidad 144 en la parte de cabezal 110. El paso 142 proporciona acceso entre la cavidad 136 y 144 para alimentar al conjunto de LEDs 120.

El cuerpo del dispositivo 102 está construido a partir de un material del cuerpo térmicamente conductor. El cuerpo del dispositivo 102 puede estar formado de cualquier material térmicamente conductor adecuado, incluyendo metales, polímeros, cerámicas, fibras y/o nanomateriales térmicamente conductores (por ejemplo, nanotubos y/o materiales nanolaminados tales como grafeno) pero sin limitarse a éstos. En una realización, ejemplos de metales térmicamente conductores adecuados incluyen aluminio, cobre, magnesio y aleaciones de los mismos, pero sin limitarse a éstos. En una realización preferida, el cuerpo del dispositivo comprende una aleación de aluminio. Las aleaciones de aluminio proporcionan un cuerpo del dispositivo que es lo suficientemente resistente para utilizarse en la práctica dental donde los instrumentos a menudo están sometidos a condiciones o situaciones que podrían dañar, estropear o causar deformaciones. Las aleaciones de aluminio típicamente incluyen aleaciones de metales que aumentan la tenacidad y otras propiedades del material. Ejemplos de metales que pueden alearse con aluminio u otros metales base incluyen zinc, magnesio, cobre, titanio, zirconio y combinaciones de los mismos, pero sin limitarse a éstos. En una realización, la aleación de aluminio es una aleación seleccionada de la serie de aleaciones de aluminio ANSI 6000 o 7000. En "*Handbook of Aluminium; Volume 2: Alloy Production and Materials Manufacturing*", George E. Totten (editor), D. Scott MacKenzie, CRC, 1ª ed. (25 de Abril de 2003); "*Introduction to Aluminium Alloys and Tempers*", J. Gilbert Kaufman, ASM International, 1ª ed. (15 de diciembre de 2000); y "*Aluminium and Aluminium Alloys: ASM Specialty Handbook*", Joseph R. Davis; ASM International (1 de diciembre de 1993) puede encontrarse una descripción sobre aluminio de las series ANSI 6000 y 7000 y otros materiales adecuados para el cuerpo del dispositivo.

En una realización, la aleación de aluminio puede ser una aleación de aluminio ANSI 6061, 6033, 6013, 6020, 7075, 7068 y/o 7050 o cualquier aleación que tenga unas características de resistencia y conductividad térmica suficientes. Todavía en otra realización, el cuerpo del dispositivo puede comprender una fibra cerámica térmicamente conductora (por ejemplo, fibra de carbono, fibra de boro, fibra de nitruro de boro u otra fibra térmicamente conductora). Todavía en otra realización, el cuerpo del dispositivo puede comprender un nanomaterial térmicamente conductor (por ejemplo, una nanolamina de grafeno y/o un nanotubo).

Ejemplos de polímeros térmicamente conductores incluyen polímeros hidrófobos y/o hidrófilos que tienen un material de relleno térmicamente conductor incluido en los mismos, tales como nanomateriales de carbono, óxido de berilio, nitruro de boro y/u otras cerámicas térmicamente conductoras y/o partículas de metales térmicamente conductores, pero sin limitarse a éstos. Ejemplos de cerámicas térmicamente conductoras incluyen nitruro de aluminio, óxido de berilio, carburo de silicio y nitruro de boro.

El cuerpo del dispositivo puede incluir cualquiera de los materiales del cuerpo térmicamente conductores anteriores, solos o en combinación. Aunque tal vez menos preferido, el cuerpo del dispositivo puede incluir materiales no térmicamente conductores siempre que partes substanciales del cuerpo del dispositivo sean térmicamente conductoras para disipar la cantidad de calor deseada del uno o más LEDs cuando se activa(n).

El cuerpo del dispositivo puede ser un material macizo en unas partes del mismo y/o hueco en otras partes. Por ejemplo, las partes de cabezal y cuello pueden ser macizas particularmente en realizaciones en las que el conjunto de LEDs no es extraíble y/o donde los LEDs van montados directamente sobre la capa térmicamente conductora. Las partes huecas del cuerpo del dispositivo pueden proporcionar ubicaciones para alojar varios componentes, tales como componentes eléctricos, pero sin limitarse a éstos.

De acuerdo con la invención, el cuerpo del dispositivo presenta una configuración de una sola pieza. Por lo menos una parte del mango 106, el cuello 108 y el cabezal 110 está formada de una sola pieza de material del cuerpo. Substancialmente toda la parte de mango, parte de cuello y parte de cabezal comprenden una sola pieza de material de cuerpo. El cuerpo del dispositivo 102 sirve como disipador térmico para el uno o más LEDs. La formación del cuerpo a partir de una única pieza de material térmicamente conductor maximiza la conducción de calor en el cuerpo del dispositivo 102, donde puede disiparse rápidamente por todo el cuerpo y en el aire.

Dicho cuerpo unitario se muestra en las figuras 4, 5 y 5A. La totalidad del cuerpo del dispositivo 102, incluyendo la parte de mango 106, la parte de cuello 108 y la parte de cabezal 110, está formada de una sola pieza de material térmicamente conductor (por ejemplo, preferiblemente un metal, tal como una aleación de aluminio). Debido a que el cuerpo de una sola pieza 102 es una única pieza, no existen uniones dentro del cuerpo 102, y se minimizan otras superficies de contacto. Por ejemplo, el ejemplo ilustrado incluye un orificio para el conjunto de cabezal de LED 144, un orificio para el conjunto de control 136, y un orificio para el cable de alimentación 132. El orificio para el conjunto de cabezal de LED 144 está configurado para recibir un conjunto de cabezal de LED 120 (figura 3). El orificio para el montaje de control 136 formado dentro de la parte de mango 106 está configurado para recibir un conjunto de control de electrónica 112. El orificio para el cable de alimentación 132 formado en el extremo proximal del cuerpo 102 está configurado para recibir un cable de alimentación 114 que está conectado al conjunto de control de la electrónica 112 (figura 3).

La configuración de una sola pieza mostrada en las figuras 4, 5 y 5A elimina uniones y juntas a través del propio cuerpo 102, y minimiza la presencia de superficies de contacto dentro del dispositivo 100 en general. Dado que la

totalidad del cuerpo 102 está formada como una sola pieza, la disipación del calor en todo el cuerpo 102 se mejora, ya que las uniones o juntas dentro del cuerpo del dispositivo (es decir, donde una primera pieza del cuerpo queda en contacto con una segunda pieza del cuerpo) pueden crear resistencia a la conducción térmica. La ausencia de tales juntas dentro del cuerpo 102 también proporciona una lámpara de polimerización dental robusta que puede soportar una manipulación brusca y/o una caída. También se reducen las juntas o grietas donde pueden acumularse restos o bacterias.

Aunque el conjunto del cabezal de LED 120 comprende una pieza separada en la realización ilustrada (por ejemplo, para proporcionar ventajas en una sustitución rápida si falla un LED u otro componente del conjunto de LEDs), sólo hay una unión adicional por la cual debe conducirse el calor, ya que el calor se conduce desde el conjunto de cabezal de LED 120 hacia el cuerpo unitario 102. La presencia de la junta única es una mejora significativa respecto a configuraciones en las que el cuerpo comprende múltiples piezas colindantes y unidas entre sí. Dicha realización permite fácilmente la extracción y la sustitución del conjunto de cabezal de LED (por ejemplo, en el caso de un LED averiado o para actualizar el conjunto de cabezal de LED por uno diferente). En una realización alternativa, incluso el conjunto de cabezal de LED puede estar integrado en el cuerpo de una sola pieza para que no haya ninguna unión por la que deba conducirse calor desde el uno o más LEDs hacia el resto del cuerpo unitario. Dicha configuración se muestra y se describe junto con la figura 5B.

Típicamente, el conjunto de cabezal de LED 120 comprende el mismo material que el cuerpo 102. En realizaciones preferidas, estas estructuras están formadas de metal (por ejemplo, una aleación de aluminio) y actúan como único disipador térmico en el cual se disipa el calor residual generado por uno o más LEDs. Preferiblemente, el conjunto de cabezal de LED 120 es relativamente pequeño en masa en comparación con la masa del cuerpo 102 en realizaciones en las que son piezas separadas. Por ejemplo, el conjunto de cabezal de LED 120 tiene una masa no superior a aproximadamente un 25% de la masa del cuerpo 102, más preferiblemente no más de aproximadamente un 10% de la masa del cuerpo 102, y más preferiblemente no más de aproximadamente un 5% de la masa del cuerpo 102. Como tales, las características de masa y disipación de calor del conjunto de cabezal de LED 120 son menores o insignificantes en comparación con el cuerpo 102. El conjunto de cabezal de LED 120 tiene una masa relativamente pequeña y simplemente actúa para facilitar rápidamente la conducción de calor a través del conjunto 120 al cuerpo 102, donde puede disiparse. Como cuestión práctica, el cuerpo 102 actúa como único disipador térmico.

El cuerpo del dispositivo 102 preferiblemente comprende un metal tal como aluminio, cobre, magnesio o aleaciones que incluyen dichos metales. Aleaciones de aluminio particularmente preferidas incluyen aleaciones de aluminio ANSI 6061, 6033, 6013, 6020, 7075, 7068 y/o 7050. La 7075 es una aleación de aluminio de ejemplo que puede utilizarse en la fabricación del cuerpo 102. Un material de una aleación de aluminio de una sola pieza puede mecanizarse, fundirse o moldearse, dando como resultado un cuerpo unitario de una sola pieza (es decir, una configuración de una sola pieza). Se prefiere el mecanizado, ya que proporciona un cuerpo con unas dimensiones de tolerancia muy pequeñas. Las aleaciones mecanizadas a menudo también presentan una mayor densidad y resistencia en comparación con metales o aleaciones formadas por procedimientos alternativos (por ejemplo, fundición o moldeo por inyección de metal).

La figura 5B ilustra una realización alternativa 100' que no incluye un conjunto de cabezal de LED separado, sino en la que los LEDs 160' van montados directamente sobre el extremo del cabezal distal 110' del propio cuerpo de una pieza. Como resultado, el cuerpo térmicamente conductor de una sola pieza 102' no incluye un orificio para el conjunto de LEDs configurado para recibir un conjunto de LEDs, ya que el (los) LED(s) va(n) montado(s) directamente sobre el cuerpo 102'. Las partes de cabezal y cuello del dispositivo 100' pueden ser macizas, mientras que la parte de mango proximal puede incluir una cavidad para alojar componentes de control electrónico. Aunque tal configuración no permite fácilmente la sustitución de uno o más LEDs averiados o una fácil sustitución/actualización de un conjunto de LEDs, sí ofrece la ventaja de que no hay unión por la que deba conducirse calor desde los LEDs hasta el cuerpo de una sola pieza. Además, ventajosamente no hay capas intermedias de sustrato entre el LED 160' y la capa de montaje subyacente 154'. La eliminación de tales capas (por ejemplo, disipadores de calor principales y/o sustratos relativamente gruesos) aumenta adicionalmente la capacidad de disipación de calor del dispositivo ya que existen menos superficies de contacto a través de las cuales deba conducirse el calor. La reducción de la presencia de estas superficies de contacto puede reducir todavía más la necesidad de grasas y/o epoxis térmicos relativamente ineficientes utilizados típicamente en la superficie de contacto entre dichas capas.

La citada configuración también es extremadamente robusta y resistente a daños, ya que elimina el conjunto de LEDs 120 relativamente voluminoso, que incluye el grueso sustrato del conjunto 162 y el paquete 164 (figura 8). Ventajosamente, no hay capas de sustrato entre el elemento semiconductor 160' y la capa delgada térmicamente conductora/eléctricamente aislante 154' sobre el cuerpo térmicamente conductor. Debido a que cada LED 160' va montado directamente en la capa térmicamente conductora/eléctricamente aislante 154' del cuerpo térmicamente conductor 102', se minimiza ventajosamente la resistencia a la conducción térmica del calor residual generado desde cada elemento al cuerpo térmicamente conductor 102'.

Tal como se aprecia en la figura 5B, por lo menos el extremo distal 110' del cuerpo unitario 102' incluye una capa delgada, eléctricamente aislante y térmicamente conductora 154' (por ejemplo, un óxido o nitruro del sustrato del cuerpo metálico subyacente) formada directamente sobre el cuerpo unitario 102'. Los LEDs 160' (sin sustrato del conjunto) están montados en la capa 154' para aislarlos eléctricamente del sustrato subyacente (por ejemplo, metal). Esta capa delgada 154' presenta un grosor entre aproximadamente 0,05 micras y aproximadamente 50 micras, que es suficiente para aislar eléctricamente los LEDs 160' del sustrato del cuerpo unitario 102' subyacente. En algunas realizaciones, es ventajoso que la capa 154' no sea más gruesa que la requerida para el aislamiento eléctrico ya que la conductividad térmica de esta capa puede ser significativamente menor que la del cuerpo metálico 102' subyacente. Por ejemplo, la conductividad térmica de la aleación de aluminio 7075 (por ejemplo, el cuerpo 102') es de aproximadamente 130 W/m-K, mientras que la del óxido de aluminio (por ejemplo, capa 154') es de sólo aproximadamente 40 W/m-K. Estos problemas pueden ser menos importantes dependiendo del material de la capa 154'. Por ejemplo, el nitruro de aluminio tiene una conductividad térmica de aproximadamente 285 W/m-K. El grosor de la capa 154' se ha exagerado mucho en la figura por motivos de claridad.

Aunque la capa eléctricamente aislante/térmicamente conductora 154' puede tener un grosor tan bajo como aproximadamente 0,05 micras o tan grueso como aproximadamente 50 micras, más preferiblemente el grosor de la capa 154' es entre aproximadamente 0,1 micras y aproximadamente 10 micras, y más preferiblemente entre aproximadamente 0,2 micras y aproximadamente 1 micra.

La capa 154' también es beneficiosa para minimizar los efectos de las diferencias en la expansión térmica del metal subyacente u otro cuerpo de material conductor respecto a la de los LEDs 160'. En otras palabras, a menudo existe una diferencia significativa entre el coeficiente de expansión térmica relativamente bajo del LED respecto al elevado coeficiente de expansión térmica de un material de cuerpo metálico. El material de la capa 154' puede seleccionarse para que presente un coeficiente de expansión térmica que se encuentre entre el del material del cuerpo (por ejemplo, un metal) y el de uno o más LEDs, lo que ayuda a minimizar cualquier tendencia del cuerpo subyacente a formar micro grietas y fisuras después de un ciclo de temperatura prolongado durante el uso. En algunas realizaciones, la capa térmicamente conductora (por ejemplo, 154' o 154) puede incluso omitirse. Por ejemplo, si el cuerpo (por ejemplo, 102') está formado de un material eléctricamente aislante (por ejemplo, fibra de carbono, nitruro de boro y/o grafeno) la capa térmicamente conductora puede omitirse como resultado de la excelente conductividad térmica proporcionada por el material del cuerpo subyacente (por ejemplo, el cuerpo 102') y los LEDs (por ejemplo, 160') pueden montarse directamente sobre el material del cuerpo eléctricamente aislante y térmicamente conductor (por ejemplo, el cuerpo 102'). El montaje puede realizarse químicamente (por ejemplo, mediante el uso de un epoxi térmicamente conductor) y/o por compresión mecánica (por ejemplo, utilizando una grasa y/o gel térmicamente conductores).

De acuerdo con una realización, la capa 154' puede aplicarse por todo el sustrato del cuerpo de metal unitario 102' o una parte substancial del mismo. La capa 154' puede aplicarse por deposición química en fase de vapor, pulverización con llama de plasma, u otras técnicas que serán evidentes para los expertos en la materia. Las conexiones de potencia a los elementos semiconductores de los LEDs 160' pueden realizarse a través de oro u otras trazas metálicas conductoras 170' dispuestas (por ejemplo, mediante un proceso de deposición) sobre la capa 154', aislando eléctricamente las trazas 170' del cuerpo subyacente 102'. Con el fin de proteger las trazas 170' de daños, las trazas pueden quedar intercaladas entre la capa 154'. Por ejemplo, la capa 154' puede colocarse, en realidad, como dos capas con un grosor total tal como se ha descrito anteriormente, con las trazas metálicas conductoras 170' intercalados entremedio. Tal configuración se muestra en la figura 5B. Tal como se ilustra, las trazas 170' pueden incluir uno o más puntos de conexión de potencia 171' donde la traza 170' queda expuesta para contactar eléctricamente con los LEDs 160'. En la realización ilustrada, el cuello y el extremo del cabezal distal pueden ser macizos en lugar de huecos (en la figura 7 se muestra un ejemplo hueco), ya que las conexiones de potencia están realizadas por trazas 170' en lugar de cables alimentados a través de un cabezal hueco. Disponer un cuello y un cabezal sólidos puede aumentar todavía más la capacidad de disipación de calor del cuerpo unitario, ya que una fracción significativa de la masa del cuerpo queda disponible directamente adyacente a los LEDs generadores de calor 160'. Por motivos de claridad, solamente se muestra un único punto de conexión de potencia 171' para cada elemento semiconductor de LED 160', aunque puede disponerse otro punto de conexión (o incluso más de dos) en un plano de sección transversal diferente o incluso en el mismo.

Cualquiera de las realizaciones descritas puede incluir, además, un cristal fotónico para colimar la luz. Haciendo referencia a la figura 5B, la lámpara de polimerización dental 100' se ilustra incluyendo, además, un cristal fotónico 150', que actúa como colimador de luz. Los cristales fotónicos son nanoestructuras periódicas que afectan al movimiento de los fotones de manera similar a cómo afectan los cristales semiconductores al movimiento de los electrones. A modo de ejemplo, algunos materiales de origen natural, tal como ópalo, plumas de pavo real, alas de mariposa, y escarabajos iridiscentes, incluyen materiales fotónicos. Un cristal fotónico funciona en un nivel cuántico para capturar fotones entrantes y refractarlos de una manera particular. Los cristales fotónicos se personalizan para longitudes de onda o rangos específicos que capturan y coliman. Debido a esto, el cristal se seleccionaría para

capturar y colimar luz de longitudes de onda deseadas (por ejemplo, cualquiera entre aproximadamente 350 nm y aproximadamente 490 nm - el cristal se adapta al LED).

5 En comparación con una lente tradicional, los cristales fotónicos son más eficientes para colimar la luz. Además, requiere menos espacio para proporcionar una mejor capacidad de enfoque/colimación en el pequeño espacio disponible. Dicho cristal puede ser, por ejemplo, de un grosor entre aproximadamente 0,5 mm y aproximadamente 1 mm, que es mucho menor que las lentes tradicionales que actúan por refracción física de las ondas de luz. Los cristales fotónicos de colimación de luz pueden incluir estructuras fotónicas grabadas en películas aplicadas por deposición química en fase de vapor. El uso de cristales fotónicos minimiza todavía más el grosor del extremo distal del cabezal del dispositivo. Aunque no es necesario, el uso de cristales fotónicos y la implementación del montaje directo de LEDs en el cuerpo 102' (o el cuerpo de cualquiera de las otras realizaciones descritas) en lugar de utilizar un conjunto de paquete de LEDs juntos permite minimizar todavía más la estructura general del dispositivo, por ejemplo, lo que permite un extremo distal muy delgado que es más maniobrable dentro de la boca del paciente.

15 Los propios LEDs utilizados con cualquiera de las realizaciones descritas pueden comprender cualquier LED adecuado configurado para emitir dentro del espectro deseado. Ejemplos de LEDs incluyen LEDs inorgánicos de estado sólido y LEDs orgánicos. Los LEDs orgánicos (OLED) son diodos emisores de luz cuya capa emisora electroluminiscente incluye una película de compuestos orgánicos. La capa puede incluir típicamente un polímero que permite depositar compuestos orgánicos adecuados. Los compuestos orgánicos se depositan en filas y columnas sobre un soporte plano. El uso de elementos OLED puede reducir todavía más el grosor de la parte de cabezal distal de la lámpara de polimerización dental, ya que los OLEDs son flexibles y más delgados que los LEDs de estado sólido inorgánicos convencionales (por ejemplo, el uso de OLEDs puede reducir el grosor en 1-2 mm).

25 Por ejemplo, el extremo del cabezal distal de cualquiera de las realizaciones descritas puede tener un grosor inferior a aproximadamente 8 mm. Más particularmente, las realizaciones que incluyen LEDs montados directamente, OLEDs y/o un cristal fotónico para colimación de luz en lugar de una lente también pueden tener un grosor inferior a aproximadamente 8 mm, más preferiblemente inferior a aproximadamente 5 mm, incluso más preferiblemente inferior a aproximadamente 2 mm (por ejemplo, tan delgado como 1 mm o menos).

30 La figura 5C muestra una vista en sección transversal de una lámpara de polimerización dental que, por lo demás, puede ser similar a la de la figura 5B, pero en la que las partes de cuello 108" y de cabezal 110" presentan una forma diferente, maximizando los beneficios asociados a la delgadez de la parte de cabezal distal 110". Por ejemplo, una superficie superior del cuerpo a lo largo de la transición desde el cuello 108" hacia la parte de cabezal distal 110" es substancialmente recta y plana, mientras que la parte inferior del cuerpo incluye una curvatura para pasar de la parte de cuello 108" a la parte más delgada del dispositivo, el cabezal distal 110". La parte de mango de agarre proximal (no mostrada) puede estar conformada y dimensionada de manera similar a la realización mostrada en la figura 1, ya que la parte de mango es la parte más ancha del dispositivo, configurada para el agarre. Proporcionar una superficie superior plana a lo largo de la parte de cuello 108" y la parte de cabezal 110" puede maximizar la maniobrabilidad dentro de la boca, aunque configuraciones alternativas pueden incluir una superficie inferior plana o que sea curva en ambas superficies superior e inferior. El grosor del cabezal T puede ser inferior a aproximadamente 8 mm, más preferiblemente inferior a aproximadamente 5 mm, más preferiblemente inferior a aproximadamente 2 mm, o incluso inferior a aproximadamente 1 mm. Es evidente que el uso de los colimadores de luz de cristal fotónico descritos anteriormente, el montaje directo de LEDs, así como el uso de OLEDs no está limitado a la realización descrita en combinación con las figuras 5B-5J, sino que tales características pueden utilizarse con cualquier de las lámparas de polimerización dental que se describen aquí.

50 En realizaciones en las que por lo menos un LED está configurado para emitir una primera longitud de onda pico (por ejemplo, UV a aproximadamente 390-410 nm) y otro LED está configurado para emitir una longitud de onda pico diferente (por ejemplo, azul a aproximadamente 440-480 nm), puede requerirse más de un cristal fotónico, ya que cada cristal está configurado para una longitud de onda pico particular. Cristales fotónicos de ejemplo pueden estar disponibles en ePIXnet, establecida en St. Andrews, Reino Unido; Luminus Devices, Inc., establecida en Billerica, MA; Obducat AB, establecida en Malmo, Suecia, y Daylight Solutions, Inc., establecida en Poway, CA.

55 Tal como se ilustra, el dispositivo 100' puede incluir, además, una cavidad reflectante 168' dentro de la cual se encuentran dispuestos los LEDs 160'. La cavidad reflectante 168' puede ayudar adicionalmente en la reorientación de cualquier luz emitida (por ejemplo, no capturada por el cristal fotónico 150' o en realizaciones que no incluyen el cristal 150') en una dirección deseada. En las estructuras 160' y 150' puede aplicarse una capa protectora transparente 161' (por ejemplo, silicona) para protegerlas de daños por manipulación brusca o caída durante el uso. Cualquier característica descrita en combinación con las realizaciones de las figuras 5B-5J podría adaptarse para su uso con cualquiera de las otras realizaciones descritas aquí. Por ejemplo, una realización puede incluir LEDs montados directamente en un conjunto de cabezal de LED separado que puede alojarse en un orificio para el conjunto de cabezal de LED del cuerpo unitario.

- De acuerdo con un procedimiento de fabricación, se dispone un cuerpo metálico unitario de una sola pieza 102', tal como se muestra en la figura 5D. Tal como se muestra en las figuras 5E-5F, se forma una capa delgada eléctricamente aislante y térmicamente conductora 154' sobre por lo menos la superficie exterior del extremo distal del cuerpo metálico 102'. La capa delgada 154' comprende preferiblemente un óxido o nitruro del material del cuerpo metálico subyacente 102' (por ejemplo, en realizaciones en las que el cuerpo 102' es metálico). Puede aplicarse por deposición química o plasma en fase de vapor, pulverización con llama de plasma u otras técnicas que serán evidentes para los expertos en la materia. Pueden aplicarse trazas conductoras 170' de modo que queden intercaladas entre la capa eléctricamente aislante/térmicamente conductora 154'.
- Tal como se muestra en las figuras 5G-5H, uno o más LEDs 160' se disponen y unen directamente a una superficie exterior de la delgada capa eléctricamente aislante/térmicamente conductora 154', por ejemplo, con un epoxi térmicamente conductor. El grosor de cualquier capa de epoxi se minimiza para que sea extremadamente delgada, de modo que su efecto sobre la resistencia a la conductividad térmica sea despreciable, ya que los epoxis térmicos térmicamente conductores, aunque se caracterizan como conductores térmicos, siguen siendo conductores térmicos relativamente pobres (por ejemplo, quizá tan poco como 1 W/mK). La minimización del grosor de cualquier capa minimiza su efecto negativo sobre la disipación de calor. Los cristales fotónicos 150' pueden unirse sobre los LEDs 160' para recibir luz emitida.
- Tal como se muestra en la figura 5I, una cavidad reflectante 168' puede estar unida al extremo distal 110' del cuerpo 102' de manera que los elementos 160' queden encerrados dentro del receptáculo reflectante 168'. Aunque puede ser posible instalar la cavidad reflectante 168' antes de montar los elementos 160', se prefiere montar los elementos 160' sobre una superficie lisa completamente plana para asegurar un buen contacto con las conexiones de potencia 171' y la capa subyacente térmicamente aislante/eléctricamente conductora 154'. Por consiguiente, la cavidad reflectante 168' se une preferiblemente en una etapa posterior. Finalmente, tal como se muestra en la figura 5J, puede aplicarse una silicona u otro revestimiento protector de resina endurecible o curable sobre los elementos 160' y los cristales fotónicos 150' para proteger estas estructuras delicadas de daños. En la solicitud de patente americana número de serie 61/141.482 presentada el 30 de diciembre de 2008 pueden encontrarse detalles adicionales de realizaciones que incluyen LEDs montados directamente.
- El dispositivo de polimerización dental puede presentar cualquier forma adecuada para utilizarse como dispositivo de curado. En una realización, el dispositivo de polimerización dental puede tener un cuerpo conformado alargado para facilitar el uso del dispositivo en la boca de un paciente. Una forma alargada del dispositivo de polimerización dental es sólo un ejemplo de una lámpara de polimerización dental dentro del alcance de la invención. Se apreciará que la lámpara de polimerización dental puede presentar otras formas adecuadas para utilizarse en el curado de una composición dental dentro o incluso fuera de la boca de un paciente. Por ejemplo, lámparas de curado conocidas en la técnica que presentan una configuración a modo de pistola pueden incorporar cualquiera de las características descritas aquí. En general, puede utilizarse cualquier configuración de lámpara de polimerización conocida en relación con las características descritas aquí.
- Debido a que el cuerpo del dispositivo sirve como disipador térmico, no hay necesidad de una cavidad, abertura u otra configuración del cuerpo del dispositivo para alojar un cuerpo metálico separado conectado térmicamente al LED con suficiente capacidad térmica para funcionar como disipador térmico. La capacidad de eliminar el "disipador térmico tradicional" de los dispositivos de lámpara de polimerización dental descritos aquí permite fabricar un dispositivo de lámpara de polimerización dental de bajo perfil. En particular, las partes de cuello y cabezal pueden hacerse mucho más pequeñas y/o alojarse a conjuntos de LED más grandes en comparación con las lámparas de polimerización dental que utilizan un disipador térmico separado alojado dentro de las partes de cabezal o cuello de los dispositivos de lámpara de polimerización. En la figura 5C se muestra una realización que incluye un cabezal distal extremadamente delgado.
- Debido a que el cuerpo del dispositivo 102 comprende un material térmicamente conductor, éste puede servir como conductor y disipador térmico. Además, el cuerpo del dispositivo 102 puede hacerse más sólido y más delgado en comparación con el alojamiento de las lámparas de polimerización dental de cuerpo de plástico. En una realización, el material del cuerpo térmicamente conductor es de una construcción metálica que proporciona una mayor resistencia y durabilidad a la vez que se obtiene una lámpara de polimerización más pequeña y más maniobrable.
- En una realización, la parte de mango del cuerpo del dispositivo puede tener un grosor en un intervalo de aproximadamente 10-40 mm, más preferiblemente de aproximadamente 15-30 mm. Tales dimensiones proporcionan un agarre cómodo por parte del usuario. Las partes de cuello y cabezal son más delgadas que la parte de mango y pueden tener un grosor en un intervalo de aproximadamente 1-15 mm, más preferiblemente de aproximadamente 1-10 mm. Tal como se ha descrito anteriormente, puede ser posible un grosor de la parte de cabezal inferior a aproximadamente 8 mm, más preferiblemente inferior a aproximadamente 5 mm, o incluso inferior a aproximadamente 2 mm si se utiliza uno o más de elementos de montaje directo, colimación de luz de cristal fotónico, o LEDs orgánicos.

B. Revestimiento protector

En una realización, toda o parte de la superficie exterior del cuerpo del dispositivo incluye uno o más revestimientos. Para los fines de esta invención, la superficie exterior del cuerpo del dispositivo 102 es la superficie que está  
 5 expuesta en la lámpara de polimerización montada o cubierta por una capa de revestimiento que no varía substancialmente la forma de la superficie. Por ejemplo, en la realización ilustrada en las figuras 1-5, la superficie de la parte de cuello 108 es una superficie exterior, pero la superficie de la cavidad interior 136 no es una superficie exterior dado que el conjunto de componentes electrónicos 112 cubre la superficie.

De manera similar, el casquillo 140, tal como se ilustra en las figuras 1-5, no es una superficie exterior ya que está  
 10 cubierto por el manguito protector 118. Sin embargo, si se desea, pueden recubrirse partes del cuerpo del dispositivo 102 que no proporcionan una superficie exterior. La superficie exterior del cuerpo del dispositivo 102 puede estar recubierta con uno o más revestimientos para proteger la superficie y/o para facilitar la limpieza y/o la esterilización de la lámpara de polimerización 100. En una realización, la superficie exterior del cuerpo del dispositivo 102 puede  
 15 estar recubierta con un revestimiento resistente a arañazos y/o un revestimiento de fluoropolímero. La figura 6 es una vista en sección de una parte de la parte de cuello 108 del cuerpo del dispositivo 102 que ilustra un revestimiento protector. Se dispone un revestimiento resistente a arañazos 146 adyacente a la superficie del cuerpo del dispositivo 102. Las capas de revestimiento pueden aplicarse mediante deposición química o plasma en fase de vapor, pulverización con llama de plasma u otras técnicas que serán evidentes para los expertos en la materia.

El revestimiento resistente a arañazos 146 puede ser una capa delgada de cualquier material que tenga una dureza  
 20 mayor que el material del cuerpo del dispositivo 102. En una realización, la capa resistente a arañazos puede ser un óxido metálico o un nitruro metálico. La capa resistente a arañazos puede ser la misma que la capa térmicamente conductora. En una realización, el revestimiento resistente a arañazos 146 puede ser una capa anodizada formada en la superficie de un cuerpo del dispositivo metálico 102. Por ejemplo, si el material metálico del cuerpo incluye aluminio, el anodizado de la superficie del cuerpo del dispositivo 102 crea una superficie de óxido de aluminio. En una realización preferida, el revestimiento resistente a arañazos 146 tiene un grosor de entre  
 25 aproximadamente 0,05 micras y aproximadamente 100 micras (no se muestra a escala en la figura 6). Preferiblemente, el grosor es mayor de aproximadamente 1 micra, más preferiblemente mayor de aproximadamente 10 micras, y más preferiblemente mayor de aproximadamente 25 micras. En una realización, el grosor puede ser en un intervalo entre aproximadamente 1 micra y aproximadamente 40 micras o, alternativamente, en un intervalo de entre aproximadamente 5 micras y aproximadamente 50 micras.

Aunque el grosor de la capa resistente a arañazos puede depender en cierta medida del material utilizado y la  
 35 resistencia a los arañazos que se desee, para el aluminio anodizado, el grosor de la capa resistente a arañazos debe ser substancialmente mayor de aproximadamente 5-15 nm, que es el grosor del aluminio auto-pasivado, que se sabe que no tiene un grosor suficiente para aplicar una resistencia a los arañazos.

En una realización preferida, la dureza del revestimiento resistente a arañazos es mayor de aproximadamente 55,  
 40 más preferiblemente mayor de aproximadamente 60, y más preferiblemente mayor de aproximadamente 65 en la escala Rockwel C. La dureza se encuentra típicamente en un rango de aproximadamente 60-90, más preferiblemente de aproximadamente 65-80 en la escala Rockwel C. Ejemplos de revestimientos adecuados resistentes a arañazos incluyen óxido de aluminio, nitruro de aluminio, nitruro de cromo, óxido de cromo, óxido de zirconio, nitruro de titanio, carburo de tungsteno, carburo de silicio, carburo de cromo y combinaciones de los  
 45 mismos.

El revestimiento de fluoropolímero 148 que puede aplicarse a una superficie exterior del cuerpo del dispositivo puede  
 50 proporcionar una superficie que minimice el rozamiento para hacer que el dispositivo sea altamente maniobrable dentro de la boca. Además, el dispositivo se esteriliza fácilmente y es menos propenso a retener bacterias y/o desechos, lo cual es importante ya que la lámpara de polimerización dental se utiliza en la boca de un paciente dental y debe limpiarse entre usos para evitar contaminación e infección entre pacientes dentales. En una realización, el revestimiento de fluoropolímero tiene un grosor en un intervalo de entre aproximadamente 0,05 micras y aproximadamente 10 micras, más preferiblemente entre aproximadamente 0,1 micras y aproximadamente 1 micra. Ejemplos de fluoropolímeros adecuados incluyen politetrafluoroetileno, polímero perfluoroalcoxi, etileno propileno fluorado, polietilentetrafluoroetileno, polietilenclorotrifluoroetileno, fluoruro de polivinilideno, policlorotrifluoroetileno y combinaciones de éstos, pero sin limitarse a los mismos. Aunque tal vez no se trate técnicamente de un fluoropolímero, puede aplicarse adicionalmente o alternativamente un revestimiento de parileno (por ejemplo, aplicado por deposición química en fase de vapor). El parileno es un polímero fabricado a partir de di-p-xilileno. Puede aplicarse en una capa delgada y transparente, y es biocompatible. Tal como se utiliza aquí, un "revestimiento  
 55 de fluoropolímero" debe interpretarse de manera amplia para incluir también revestimientos de parileno. Los revestimientos de parileno pueden incluir parileno N, parileno C, parileno D, parileno AF-4, parileno SF, parileno HT, parileno A, parileno AM, parileno VT-4, parileno CF y parileno X.

El revestimiento de fluoropolímero 148 puede utilizarse solo o en combinación con el revestimiento resistente a arañazos 146. Sin embargo, se ha encontrado que el uso de un revestimiento resistente a arañazos 146 bajo el revestimiento de fluoropolímero 148 proporciona beneficios substanciales que no pueden alcanzarse con cualquier capa única. Por ejemplo, el revestimiento de fluoropolímero 148 puede ser difícil de unir a algunas superficies metálicas. En una realización, el revestimiento resistente a arañazos 146 se selecciona para proporcionar una buena adhesión del revestimiento de fluoropolímero 148 a la superficie exterior del cuerpo del dispositivo 102. Por ejemplo, los óxidos metálicos tales como el óxido de aluminio proporcionan una buena unión entre aleaciones de aluminio y fluoropolímeros tales como politetrafluoroetileno.

El revestimiento resistente a arañazos 146 también puede evitar la abrasión del revestimiento de fluoropolímero 148, incluso en realizaciones en las que el revestimiento resistente a arañazos está situado debajo del revestimiento de fluoropolímero. La dureza del revestimiento resistente a arañazos ayuda a evitar la formación de muescas dentro del material del cuerpo, de manera que la superficie exterior permanece lisa, y los objetos o materiales que hacen contacto con la superficie de fluoropolímero deslizarán en la superficie sin raspar substancialmente la superficie. Si se desarrollara un arañazo, muesca u otro defecto en la superficie del cuerpo del dispositivo, el revestimiento de fluoropolímero podría rasparse más fácilmente en el borde del defecto. La inclusión del revestimiento resistente a arañazos 146 ayuda a evitar que esto ocurra. El revestimiento resistente a arañazos y/o el revestimiento de fluoropolímero pueden comprender, cada uno, una sola capa o uno o ambos pueden incluir dos o más subcapas.

### C. Parte de cabezal que incluye LED y capa térmicamente conductora

En una realización, la parte de cabezal 110 del cuerpo del dispositivo 102 incluye un conjunto de LEDs 120 que permite a un practicante dental iluminar una composición polimerizable y hacer que la composición polimerizable cure. La figura 7 es una vista en sección parcial de la lámpara de polimerización dental 100 que ilustra la parte extrema distal 104 con mayor detalle. La parte de cabezal 110 soporta o contiene el conjunto de LEDs 120. El conjunto de LEDs 120 puede incluir una lente 150, un paquete de LEDs 152 y una capa térmicamente conductora 154. En la realización de la figura 7, la capa térmicamente conductora puede comprender un elemento separado relativamente grueso que esté sujeto al cuerpo 102, en lugar de ser una capa muy delgada aplicada por deposición química en fase de vapor o técnicas de pulverización de llama por plasma, tal como la mostrada en las figuras 5B y 5D -5J. Es evidente que es posible una alternativa en la cual se aplique una capa térmicamente conductora relativamente delgada al cuerpo 102 (por ejemplo, por deposición química en fase de vapor o pulverización con llama de plasma).

El paquete de LEDs 152 y la capa térmicamente conductora 154 están dispuestos dentro de la cavidad 144. Los cables 134 y 134b se extienden a través del paso 142 y proporcionan energía al paquete de LEDs 152. El paquete de LEDs 152 y la capa térmicamente conductora 154 están sujetos a una parte inferior 156 de la cavidad 144. La parte inferior 156 es típicamente plana para facilitar un buen contacto entre la capa térmicamente conductora 154 y la superficie de la parte inferior 156. Sin embargo, pueden utilizarse otras configuraciones siempre que el área de superficie en contacto entre el cuerpo del dispositivo 102 y la capa térmicamente conductora 154 sea suficiente para conducir rápidamente el calor producido por el uno o más elementos LED a través de la capa térmicamente conductora 154 durante el uso. La capa térmicamente conductora 154 puede estar conectada, unida o de otro modo sujeta térmicamente a la parte inferior 156 utilizando cualquier técnica que asegure un buen contacto térmico. La capa térmicamente conductora 154 está conectada térmicamente al paquete de LEDs 152 a través del substrato 162 del conjunto de LEDs, que puede ser parte del cuerpo del paquete 164, el cual se describe más completamente a continuación con referencia a las figuras 7-8.

La capa térmicamente conductora 154 incluye por lo menos una primera capa de un material muy conductor térmico. La conductancia térmica del primer material de capa es preferiblemente mayor de aproximadamente 150 W/m-K, más preferiblemente mayor de 170 W/m-K, incluso más preferiblemente mayor de 200 W/m-K, y más preferiblemente mayor de aproximadamente 300 W/m-K. En una realización, la conductividad puede estar en un intervalo de entre aproximadamente 150 W/mK y aproximadamente 2000 W/mK, más preferiblemente entre aproximadamente 170 W/mK y aproximadamente 500 W/m-K. Ejemplos de materiales de la primera capa que pueden utilizarse para realizar la capa térmicamente conductora 154 incluyen, entre otros, nitruro de aluminio, óxido de berilio, diamante, carburo de silicio, nitruro de boro, nanomateriales de carbono (por ejemplo, fibra de carbono, fibra de nanotubos de carbono y/o grafeno), óxido de berilio, nitruro de boro, y/u otras cerámicas térmicamente conductoras y/o metales en partículas térmicamente conductores y/o cerámicas y/o derivados de las mismas y/o combinaciones de las mismas.

En una realización, la primera capa de la capa térmicamente conductora 154 no es eléctricamente conductora. El uso de materiales no eléctricamente conductores en la primera capa permite que la capa térmicamente conductora incluya trazas. Las trazas pueden ser con patrones para conectarse eléctricamente a los contactos del substrato del conjunto de LEDs para proporcionar energía a los LEDs. Las trazas pueden estar realizadas de cualquier material útil para realizar trazas, tales como oro, cobre, plata, platino o aluminio, pero sin limitarse a éstos. En una realización, las trazas pueden proporcionarse mediante una almohadilla o placa de cobre. En una realización, la

primera capa de la capa térmicamente conductora 154 está realizada de un material que tiene un coeficiente de expansión térmica que substancialmente coincide con un coeficiente de expansión térmica del sustrato del conjunto de LEDs 162.

5 En una realización, la capa térmicamente conductora puede ser una placa de circuito impreso térmicamente conductora. La placa de circuito impreso térmicamente conductora puede ser una placa de circuito cerámico o una placa de circuito impreso metalizado. Los expertos en la materia en placas de circuito están familiarizados con las técnicas para fabricar placas de circuitos impresos térmicamente conductoras.

10 En una realización, la capa térmicamente conductora puede incluir una capa deformable tal como una pastilla deformable térmicamente conductora y/o una capa de gel o grasa térmicamente conductora. Típicamente, la capa deformable queda posicionada debajo de la primera capa (es decir, adyacente al cuerpo del dispositivo). Ejemplos de grasas térmicamente conductoras incluyen grasas de silicona, grasas de polímeros, grasas metalizadas y grasas de nanopartículas. Las grasas de nanopartículas incluyen típicamente un relleno térmicamente conductor (por ejemplo, cerámica, carbono o diamante).

Ejemplos de geles térmicos están disponibles de las siguientes compañías en el siguiente sitio web:

ShinEtsu: [http://www.microsi.com/packaging/therma\\_gel.htm](http://www.microsi.com/packaging/therma_gel.htm)

20 AiT Technology: <http://www.aitechnology.com/products/thermalinterface/thermgel/>

Ultra +5: <http://www.tigerdirect.com/applications/SearchTools/item-details.asp?EdpNo=3298395&CatId=503>

Masscool Thermal Gel: [http://www.tigerdirect.com/applications/searchtools/item-details.asp?EdpNo=480215&csid=\\_21](http://www.tigerdirect.com/applications/searchtools/item-details.asp?EdpNo=480215&csid=_21)

25 La grasa, gel o adhesivo térmicamente conductor puede incluir un material de relleno para mejorar la conductividad térmica. Ejemplos de materiales de relleno térmicamente conductores incluyen nitruro de aluminio, óxido de berilio, carbono, diamante, carburo de silicio, nitruro de boro y combinaciones de éstos y/o nanomateriales de los mismos. En algunas realizaciones, puede no requerirse una capa térmicamente conductora 154 separada. Por ejemplo, dependiendo de las características del conjunto de LEDs y el sustrato del conjunto de LEDs 162 incluido en el mismo, no puede requerirse una capa térmicamente conductora adicional 154. En dicho ejemplo, el sustrato del conjunto de LEDs 162 sirve efectivamente como capa térmicamente conductora suficiente, y puede acoplarse simplemente al cuerpo subyacente de la lámpara de polimerización dental con una grasa, gel o adhesivo térmicamente conductor. Dichos sustratos del conjunto de LEDs 162 tendrían preferiblemente unas características de área de superficie y grosor similares a las características descritas aquí con relación a una capa térmicamente conductora 154 empleada por separado.

40 En una realización preferida, la capa térmicamente conductora 154 tiene una conductividad térmica más elevada que la conductividad térmica del material utilizado en el cuerpo del dispositivo (por ejemplo, el material que forma la superficie de la parte inferior 156, por ejemplo, una aleación de aluminio).

45 La capa térmicamente conductora 154 es delgada respecto al cuerpo 102 y, por lo tanto, carece de suficiente masa y capacidad térmica para servir como disipador térmico. En una realización, el grosor de la capa térmicamente conductora 154 está en un intervalo de aproximadamente entre 100 micras y 1,5 mm, más preferiblemente entre aproximadamente 200 micras y aproximadamente 1 mm y más preferiblemente entre aproximadamente 500 micras y 900 micras. El grosor de dicha capa 154 es significativamente mayor que en las realizaciones en las que la capa térmicamente conductora comprende una capa aplicada mediante técnicas de deposición química en fase de vapor o inyección de llama de plasma. Por ejemplo, dichas capas pueden tener sólo un grosor de entre aproximadamente 0,05 micras y aproximadamente 50 micras. En cualquier caso, la conductividad térmica de la capa 154 es suficientemente elevada para que la capa térmicamente conductora 154 sirva como conducto para disipar calor del uno o más LEDs al material del cuerpo del dispositivo. De esta manera, el material del cuerpo del dispositivo puede servir como disipador térmico altamente eficiente. El área de superficie que conecta la capa térmicamente conductora con el cuerpo del dispositivo es suficientemente grande para que la mayor parte del calor conducido por la capa térmicamente conductora se transfiera al cuerpo del dispositivo.

55 La capa térmicamente conductora 154 está conectada térmicamente al paquete de LEDs 152 y al cuerpo del dispositivo 102. La conexión térmica de la capa térmicamente conductora 154 al paquete de LEDs 152 y al cuerpo del dispositivo 102, en combinación con el grosor de la capa térmicamente conductora, puede seleccionarse para garantizar que la mayoría del calor, si no esencialmente todo, generado por los LEDs durante el uso de la lámpara de polimerización 100 sea conducido rápidamente hacia el material del cuerpo para su disipación. Debido a que la configuración es tan eficiente para conducir el calor fuera de los LEDs, se mantienen unas temperaturas entre bajas y moderadas, incluso durante un funcionamiento continuo.

60 En una realización preferida, la capa 154 tiene un área de superficie plana substancialmente más localizable que el paquete 152. El sobredimensionamiento de la capa térmicamente conductora 154 puede mejorar significativamente

- la disipación de calor transfiriendo calor al cuerpo del dispositivo alrededor de la periferia del paquete de LEDs 152. El uso del cuerpo del dispositivo como disipador térmico permite una amplia área de superficie en la que la capa térmicamente conductora puede transferir calor desde el paquete de LEDs 152 a una velocidad significativa. De este modo, la capa térmicamente conductora utiliza mucho mejor la capacidad térmica del cuerpo del dispositivo que la conexión directa del paquete de LEDs 152 al cuerpo del dispositivo. En general, debido a que la capa térmicamente conductora 154 tiene una conductividad térmica más elevada que el cuerpo del dispositivo, cuanto mayor es el área de superficie que conecta la capa térmicamente conductora 154 y el cuerpo del dispositivo 102, mayor es la velocidad de transferencia de calor al cuerpo del dispositivo.
- Se ha encontrado que el uso de una capa térmicamente conductora en contacto con un área de superficie suficiente de un cuerpo de un dispositivo proporciona sorprendentemente una buena disipación de calor del paquete de LEDs. La configuración utilizada en la presente invención obvia esencialmente los problemas existentes asociados al recalentamiento en las lámparas de polimerización basadas en LED.
- Tal como se ha mencionado, la capa térmicamente conductora 154 puede tener una conductividad térmica que sea mayor que la del cuerpo del dispositivo. En una realización, la capa térmicamente conductora 154 tiene una conductividad térmica más elevada que las aleaciones de aluminio. Aunque el cuerpo del dispositivo puede estar realizado de varios materiales diferentes, se ha encontrado que las aleaciones de aluminio proporcionan un buen equilibrio entre capacidad de térmica/conductividad térmica y fabricabilidad y durabilidad del cuerpo del dispositivo. Aunque las aleaciones de aluminio tienden a presentar unas características de transferencia de calor más pobres que el aluminio puro, la capa térmicamente conductora proporciona una rápida disipación a un área suficientemente grande de la aleación de aluminio para superar los inconvenientes del uso de aleaciones de aluminio en comparación con aluminio puro. Éste es un resultado sorprendente e inesperado.
- Tal como se muestra en la figura 7, la lámpara de polimerización 100 puede incluir una lente de enfoque 150 utilizada para enfocar la luz generada por el paquete de LEDs 152. La lente de enfoque 150 puede ser cualquier lente adecuada para colimar luz con las longitudes de onda y las intensidades de luz utilizadas en la lámpara de polimerización dental 100. Aunque la figura 7 ilustra una configuración de lente de refracción tradicional, la presente invención puede incluir otros tipos de lentes, incluyendo cristales fotónicos para colimación de luz.
- En una realización, el conjunto 120 incluye el uno o más LEDs en un paquete. En la presente invención puede utilizarse cualquier paquete de LEDs adecuado para utilizarse en el curado de composiciones polimerizables que puedan conectarse a una capa térmicamente conductora y, por lo tanto, conectarse al cuerpo del dispositivo 102. Además, en las lámparas de polimerización dental de la presente invención pueden utilizarse dos o más paquetes de LEDs que presenten uno o más elementos de LEDs adicionales que emitan a la misma longitud de onda o a una longitud de onda diferente. En las figuras 8-9 se ilustra un ejemplo de un paquete de LEDs 152. El paquete de LEDs 152 incluye un LED 160 que está montado en un sustrato del conjunto 162 del cuerpo del paquete 164. El sustrato del conjunto puede utilizarse solo o en combinación con cualquier otra característica de un paquete de LEDs. Por ejemplo, en el ejemplo no limitativo que se muestra en las figuras 7 y 8, el cuerpo del paquete 164 rodea el LED 160 y forma una cavidad del paquete 166 que tiene una parte inferior 167. La cavidad del paquete 166 tiene típicamente una pared inclinada 168. La pared 168 y/u otras superficies del paquete 152 pueden recubrirse con un revestimiento reflectante para limitar la absorción de luz generada por los LEDs 160 y maximizar la potencia luminosa. Además, puede aplicarse el mismo revestimiento reflectante o uno diferente a las superficies internas de la cavidad de cabezal 144 y el cabezal 110 para minimizar la absorción de luz desde el LED 160. Ejemplos de materiales reflectantes adecuados incluyen metales nobles, preferiblemente rodio, pero sin limitarse a éstos. En una realización, el paquete 152 puede tener un casquillo reflectante y/o un revestimiento anti-reflectante similar al casquillo y al revestimiento anti-reflectante tal como se describe a continuación junto con la figura 13.
- El sustrato del conjunto de LEDs 162 puede comprender cualquier material adecuado para soportar el LED 160, siempre que el sustrato 162 tenga una conductividad térmica suficientemente elevada para transferir calor desde el elemento 160 a la capa térmicamente conductora 154 (figura 7). En una realización, el sustrato 162 puede estar formado del mismo material o de un material similar a la primera capa de la capa térmicamente conductora 154. El sustrato del conjunto de LEDs puede realizarse a partir de una o más subcapas y puede fabricarse a partir de uno o más materiales térmicamente conductores diferentes siempre que se mantenga la conductividad térmica deseada. El LED 160 puede disponerse como un paquete de LEDs previamente empaquetados o, alternativamente, el paquete de LEDs puede crearse in situ en el cuerpo del dispositivo.
- Los LEDs se seleccionan para emitir a una longitud de onda deseada para curar una composición polimerizable. El LED está configurado típicamente para emitir a una longitud de onda particular dentro del intervalo entre aproximadamente 350 nm y aproximadamente 490 nm, aunque la invención no está necesariamente limitada a dispositivos que emitan a estas longitudes de onda. Las composiciones dentales fotopolimerizables típicamente incluyen catalizadores activados por luz que sólo responden a un rango de longitudes de onda muy estrecho. Por ejemplo, la canforquinona se activa con luz azul, mientras que muchos catalizadores propietarios se activan con luz UV. Los LEDs que se seleccionan para funcionar a la longitud de onda deseada son importantes para lograr el

curado de la manera deseada y el intervalo de tiempo para la composición polimerizable particular. En una realización, el paquete de LEDs puede tener uno o más LEDs configurados para emitir luz a una frecuencia particular en un intervalo entre aproximadamente 350 nm y aproximadamente 490 nm. En una realización preferida, el paquete de LEDs puede emitir luz por lo menos en el espectro de UV y por separado o simultáneamente en el espectro azul. En la patente americana nº 7.473.933 de Yan se describen ejemplos de paquetes de LEDs y LEDs adecuados que pueden utilizarse en las lámparas de polimerización dental de la presente invención.

Las conexiones de potencia al LED 160 pueden realizarse a través de unos contactos 170a y 170b. En esta realización, los contactos pueden estar incrustados en el sustrato 162. Sin embargo, en otras realizaciones, los contactos pueden disponerse en otras estructuras del cuerpo del paquete u otros componentes del conjunto de LEDs. Los contactos y trazas al LED 160 pueden estar realizados de oro u otras trazas metálicas conductoras depositadas utilizando técnicas conocidas tales como técnicas de deposición, entre otras. Aunque el paquete de LEDs 152 se ha ilustrado como recepción de energía desde los cables 134a y 134b, puede suministrarse energía utilizando trazas o cables o cualquier otra técnica adecuada para suministrar potencia a los LEDs. En una realización, las trazas del paquete de LEDs 152 pueden incrustarse en un revestimiento eléctricamente aislante tal como el revestimiento resistente a arañazos o una capa térmica conductora aplicada tal como se describe en combinación con las figuras 5B y 5D-5 J. En esta realización, el contacto eléctrico (por ejemplo, cables o trazas) entre el cabezal 110 y la cavidad 136 pueden desplazarse a lo largo de la parte exterior de la parte de cuello 108 del cuerpo del dispositivo 102. Los cables o trazas pueden incrustarse en el revestimiento utilizando una primera capa eléctricamente aislante, tal como óxido de aluminio debajo de las trazas, y después otra capa de revestimiento eléctricamente aislante, tal como óxido de aluminio por encima de las trazas. Las capas de revestimiento aislante pueden ser óxido de aluminio, nitruro de aluminio o cualquier otro revestimiento adecuado eléctricamente aislante. La capa aislante inferior puede formarse anodizando un cuerpo de aluminio y la capa aislante superior puede formarse mediante pulverización con llama de plasma.

La figura 10 ilustra una realización alternativa de la invención que incluye una pluralidad de LEDs 260a, 260b, 260c y 260d. El uso de múltiples LEDs permite que el paquete 252 emita más de una longitud de onda y/o emita más luz a una longitud de onda. En una realización de ejemplo, los LEDs 260a y 260b están configurados para emitir luz en un rango de entre aproximadamente 460 nm y aproximadamente 470 nm, el LED 260c está configurado para emitir luz en un rango de entre aproximadamente 445 nm y aproximadamente 455 nm, y el LED 260d está configurado para emitir luz en un rango de entre aproximadamente 400 nm y aproximadamente 410 nm (por ejemplo, aproximadamente 405 nm). El paquete de LEDs 252 puede incluir cualquier cantidad de elementos siempre que haya espacio físico disponible para el LED. Los LEDs pueden estar configurados para emitir luz a cualquier frecuencia adecuada para curar una composición fotopolimerizable. El paquete de LEDs 252 incluye unos contactos 270a-270c para controlar el paquete de LEDs. Los LEDs pueden accionarse en serie o en paralelo y a tensiones y potencias de salida similares a las descritas respecto a las figuras 1-9.

#### D. Lámparas de polimerización dental alternativas

Las figuras 11-13 ilustran una lámpara de polimerización dental alternativa 200 que incluye una parte de cabezal que tiene un elemento extraíble en forma de copa 280. El elemento extraíble 280 aloja un paquete de LEDs 252 que está conectado al elemento extraíble 280 utilizando una capa térmicamente conductora 254. La conductancia térmica entre el paquete de LEDs y el cuerpo del dispositivo 202 es la misma que para la lámpara de polimerización 100, excepto que el cabezal 210 incluye unos medios de acoplamiento para sujetar el elemento 280 a una parte del cabezal 210.

En una realización, el acoplamiento lo proporciona un cuerpo roscado 282 y unas roscas 284 en el elemento 280 permiten atornillar el elemento extraíble 280 en el cuerpo roscado 282 del cabezal 210. Una parte inferior 256 de la cavidad o hueco 244 está en contacto íntimo con una superficie del fondo 286 del elemento extraíble 280. El área de superficie relativamente grande del fondo 286 del elemento extraíble 280 y la parte inferior 256 de la cavidad 244 garantizan una buena transferencia de calor entre las partes de cabezal 210. La conexión entre el elemento extraíble 280 y la cavidad 244 puede realizarse utilizando cualquier conexión extraíble tal como roscas, una conexión de ajuste a presión, un conector de clavija, o una conexión similar que proporcione una funcionalidad similar, pero sin limitarse a éstas.

El elemento extraíble 280 puede estar realizado en los mismos materiales que las otras partes del cuerpo del dispositivo 202 tal como se ha descrito anteriormente respecto al cuerpo del dispositivo 102. En una realización, el elemento extraíble 280 está realizado del mismo material que el cuerpo del dispositivo 202. Sin embargo, en una realización alternativa, el elemento extraíble 280 puede comprender un metal u otro material térmicamente conductor que tenga una conductividad térmica más elevada en comparación con las otras partes del cuerpo del dispositivo 202.

La conexión eléctrica entre los cables 234 y el paquete de LEDs 252 puede realizarse disponiendo un par de contactos accionados por muelle 290a y 290b. El elemento extraíble 280 incluye correspondientes contactos

eléctricos 292a y 292b que comprimen los contactos accionados por muelle 290a y 290b cuando el elemento extraíble 280 está atornillado. Puede utilizarse cualquier medio de conexión eléctrica siempre que pueda realizarse un contacto eléctrico con el elemento extraíble 280 asentado firmemente en la cavidad 244.

5 El uso de un elemento extraíble 280 permite substituir o actualizar el paquete de LEDs 252 de una manera relativamente fácil. Para substituir o actualizar el paquete de LEDs 252 por un paquete de LEDs reparado o mejorado, el elemento extraíble 280 puede retirarse y puede atornillarse o acoplarse al cabezal 210 un nuevo elemento extraíble 280 que incluya un nuevo paquete de LEDs 252. De este modo, los odontólogos pueden evitar los costes de devolver todo el dispositivo a un fabricante (como en el caso de un dispositivo roto) o descartar todo el  
10 dispositivo cuando se desea un dispositivo más nuevo. El elemento extraíble 280 puede utilizarse en combinación con cualquiera de las características descritas anteriormente respecto a cualquiera de las lámparas de polimerización descritas.

La figura 13 también ilustra un casquillo reflectante 294 que define una abertura que tiene una superficie interior 295.  
15 El casquillo reflectante 294 refleja y canaliza la luz del paquete de LEDs 252 a la lente 250. En una realización preferida, el casquillo reflectante 294 tiene forma cilíndrica; sin embargo, si se desea, pueden utilizarse otras formas. El casquillo reflectante 294 puede incluir un revestimiento reflectante en la superficie interior 296 que mejore la reflectividad de la luz sobre la superficie de la misma, reduciendo de ese modo la absorción. El revestimiento reflectante es preferiblemente un revestimiento de metal noble de alto brillo. El rodio y el paladio son ejemplos de  
20 metales nobles adecuados y el rodio es particularmente preferido. Los metales nobles son preferidos por su capacidad para resistir el deterioro, lo que puede reducir la reflectividad con el tiempo.

En una realización, los componentes del elemento extraíble 280 pueden sujetarse utilizando un ajuste a presión 298 creado entre una parte del alojamiento de la lente 300 y el cuerpo roscado 282. El casquillo reflectante 294 puede  
25 sujetarse dentro del elemento extraíble 280 mediante un muelle ondulado 302 que queda en contacto con la primera arandela 304, que también queda en contacto con el alojamiento de la lente 300. El casquillo reflector 294 queda separado de la parte inferior del elemento extraíble 280 por una segunda arandela 306. El casquillo reflectante 294 puede sujetarse utilizando un tipo de muelle diferente, o con un tipo de mecanismo de conexión diferente, tal como un adhesivo, pero sin limitarse a éste.

En una realización, la lente 250 tiene un revestimiento anti-reflectante en su superficie. El revestimiento anti-reflectante se encuentra preferiblemente sobre la superficie frente a los LEDs; sin embargo, otras superficies también pueden ir recubiertas. El revestimiento anti-reflectante reduce el reflejo de la luz de la superficie de la lente, aumentando de este modo el porcentaje de luz que atraviesa la lente 250 y reduce la absorción causada por la luz  
35 reflejada por la lente 250. Ejemplos de revestimientos anti-reflectantes incluyen fluoruro de magnesio, pero sin limitarse a éste. Es evidente que puede utilizarse uno o más cristales fotónicos de colimación como alternativa a la lente 250.

Las estructuras y revestimientos anteriores mostrados respecto a la realización de la figura 13 pueden utilizarse en combinación con las características descritas en las figuras 1-10 anteriores.

En otra realización alternativa de la invención, la lámpara de polimerización dental incluye una batería recargable en la cavidad de la parte del mango del cuerpo del dispositivo. En esta realización, un enchufe eléctrico u otra conexión en el extremo proximal de la parte del mango substituye el cable de alimentación y permite conectar la lámpara de polimerización dental a una estación o base de carga para recargar la batería. Suministrar menos energía al paquete de LEDs tal como se ha descrito anteriormente es particularmente ventajoso cuando se utiliza en combinación con una batería recargable para permitir una mayor potencia de salida durante un periodo de tiempo más largo sin recargar y/o para reducir el tamaño de la batería mientras se alcanzan los periodos de uso deseados entre recarga.

### 50 III. Configuraciones operativas de lámparas de polimerización dental y procedimientos de uso

Las lámparas de polimerización dental de la presente invención pueden configurarse para emitir a una potencia luminosa muy elevada y/o para emitir continuamente a bajas temperaturas de funcionamiento y altas eficiencias. En una realización, el dispositivo de fotopolimerización incluye un conjunto de electrónica que controla la potencia del paquete de LEDs. El conjunto de electrónica puede configurarse para accionar los LEDs a intensidades de luz muy elevadas durante periodos de tiempo prolongados sin sobrecalentar el LED.

En una realización, el paquete de LEDs puede producir una emisión estable de una potencia luminosa total de por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>, por lo menos 3000 mW/cm<sup>2</sup>, o incluso mayor que 3500 mW/cm<sup>2</sup>. Para los fines de la presente invención, salvo que se indique lo contrario, la potencia luminosa total se mide utilizando un dispositivo de medición de termopila. Otros tipos de dispositivos de medición de luz que pueden utilizarse en algunas realizaciones incluyen espectrómetros y radiómetros Demetron.

Los dispositivos de polimerización de LED de la presente invención pueden lograr una potencia luminosa estable con un LED que es tan intensa o incluso más intensa que la luz generada por una lámpara de arco, que normalmente funciona a 3500 mW/cm<sup>2</sup>. La capacidad de emitir luz a potencias luminosas tan elevadas utilizando una fuente de luz LED se debe en parte al uso del cuerpo del dispositivo como disipador térmico y al uso de la capa térmicamente conductora para conducir rápida y eficientemente el cabezal fuera de los LEDs hacia el cuerpo del dispositivo, donde se disipa el calor.

En una realización de la invención, el conjunto de electrónica está configurado para minimizar el desplazamiento de la longitud de onda de la salida de los LEDs, incluso con una salida de alta intensidad. En esta realización, el conjunto de electrónica está configurado para alimentar los LEDs a una potencia de entrada máxima que se encuentra substancialmente por debajo de la potencia real máxima o nominal de los LEDs. Por ejemplo, la lámpara de polimerización puede incluir uno o más LEDs que estén adaptados para funcionar a aproximadamente 10 vatios y el conjunto de electrónicos puede configurarse para alimentar el dispositivo con una potencia de entrada máxima de aproximadamente 2,5 vatios.

En una realización, el conjunto de electrónica está configurado para alimentar el paquete de LEDs a una potencia de entrada máxima de menos de un 80% de la potencia máxima nominal de los LEDs, más preferiblemente de menos de aproximadamente un 50%, incluso más preferiblemente de menos de aproximadamente un 40%, y más preferiblemente menos de aproximadamente un 30% de potencia máxima nominal, mientras se obtiene una potencia luminosa de por lo menos aproximadamente 500 mW/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente por lo menos aproximadamente 800 mW/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente por lo menos aproximadamente 1000 mW/cm<sup>2</sup>, incluso más preferiblemente por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>, o incluso por lo menos aproximadamente 3000 mW/cm<sup>2</sup>.

En una realización, la lámpara de polimerización LED puede configurarse para que tenga una eficiencia de potencia luminosa total por vatio de potencia de entrada muy elevada, incluso a una alta potencia de salida. Los dispositivos de la invención pueden configurarse para que tengan una eficiencia de potencia luminosa total que sea significativamente mayor que las eficiencias típicas en las lámparas de curado de alta potencia anteriormente conocidas, que tienden a tener unas eficiencias de potencia luminosa total por vatio de potencia de entrada en el rango de 10% - 30%. En una realización, la eficiencia de los LEDs de la lámpara de polimerización de la invención es por lo menos aproximadamente un 40%, más preferiblemente por lo menos aproximadamente un 50%, incluso más preferiblemente por lo menos aproximadamente un 60% y más preferiblemente por lo menos aproximadamente un 70%, donde la eficiencia se mide de acuerdo con los vatios de potencia luminosa total de la lámpara de polimerización por vatio de potencia de entrada a los LEDs. Por ejemplo, en una realización, una lámpara de polimerización que tiene un paquete de LEDs con 4 LEDs y una potencia nominal de 10 vatios funciona a 6 vatios y emite una intensidad de luz total de 3500 mW/cm<sup>2</sup>. Las mayores eficiencias del dispositivo de fotopolimerización dental pueden obtenerse con configuraciones que incluyen un casquillo reflectante entre el LED y la lente o un cristal fotónico. El uso de un revestimiento anti-reflectante sobre cualquier lente empleada mejora adicionalmente la eficiencia.

El accionamiento de los LEDs a una fracción de su potencia máxima nominal minimiza el ciclo de temperatura de los LEDs y la estructura cercana. Esta técnica es particularmente ventajosa para utilizarse con configuraciones de LED que incluyen dos o más LEDs. El accionamiento de un primer LED por debajo de su potencia nominal garantiza que el LED adyacente emita a su longitud de onda de diseño a la potencia de salida deseada. Por lo tanto, una pluralidad de LEDs puede funcionar simultáneamente en una o más longitudes de onda deseadas continuamente durante un período de tiempo prolongado sin provocar un desplazamiento de longitud de onda perjudicial o una caída de potencia significativa en ninguno de los LEDs como resultado del sobrecalentamiento.

Un bajo accionamiento del paquete de LEDs tiene como resultado unas temperaturas de funcionamiento reducidas cerca del LED. En una realización, la temperatura en el paquete de LEDs adyacente a los elementos puede mantenerse por debajo de aproximadamente 80 °C, más preferiblemente por debajo de aproximadamente 70 °C, y más preferiblemente por debajo de aproximadamente 50 °C, que es mucho más fría que las temperaturas de funcionamiento máximas típicas (por ejemplo, más de 125 °C) de los sistemas de fotopolimerización tradicionales. Las lámparas de polimerización de funcionamiento frío de la invención pueden insertarse en la boca del paciente dental sin temor a quemar al paciente o causarle molestias. Aunque algunas realizaciones de la invención incluyen LEDs con un bajo accionamiento, en otras realizaciones puede ser deseable sobre-accionar el LED para producir un desplazamiento de la longitud de onda.

En una realización de la invención, la entrada de potencia y la potencia luminosa de la lámpara de polimerización dental 100 pueden aumentarse gradualmente durante un período de tiempo. La baja temperatura de funcionamiento y/o la elevada potencia luminosa de las lámparas de polimerización de la presente invención proporciona muchos tiempos de rampa e intensidades de potencia luminosa posibles. Un tiempo de rampa puede ser apropiado para un escenario, pero no para otro. En una realización, la lámpara de polimerización dental puede incluir circuitos configurados para permitir al usuario elegir un tiempo de rampa para aumentar la potencia luminosa del dispositivo de polimerización dental. En una realización, un conjunto electrónico del dispositivo de polimerización dental incluye

una pluralidad de tiempos de rampa seleccionables dentro de un intervalo de aproximadamente 2-20 segundos, más preferiblemente de 5-15 segundos. Los tiempos de selección de ejemplo incluyen 5 segundos, 10 segundos, 15 segundos y 20 segundos. En esta realización, el usuario selecciona uno de la pluralidad de tiempos de rampa y el dispositivo aumenta de manera incremental la entrada de potencia para alcanzar la intensidad de potencia luminosa seleccionada en el período de tiempo seleccionado. Por ejemplo, si la intensidad de potencia luminosa es de 2000 mW/cm<sup>2</sup> y el tiempo de rampa seleccionado por el usuario es de 5 segundos, el conjunto electrónico aumenta gradualmente la potencia de entrada al LED para alcanzar una intensidad de potencia luminosa de 2000 mW/cm<sup>2</sup> en 5 segundos. Utilizando el mismo dispositivo, el usuario puede seleccionar un tiempo de rampa diferente, tal como 3 segundos, y el conjunto de componentes electrónicos aumentará gradualmente la potencia de entrada a la intensidad de luz deseada (por ejemplo, 2000 mW/cm<sup>2</sup>) en 3 segundos. En la publicación de patente americana nº 2006/0033052 de Scott se describen detalles adicionales respecto a tiempos de rampa.

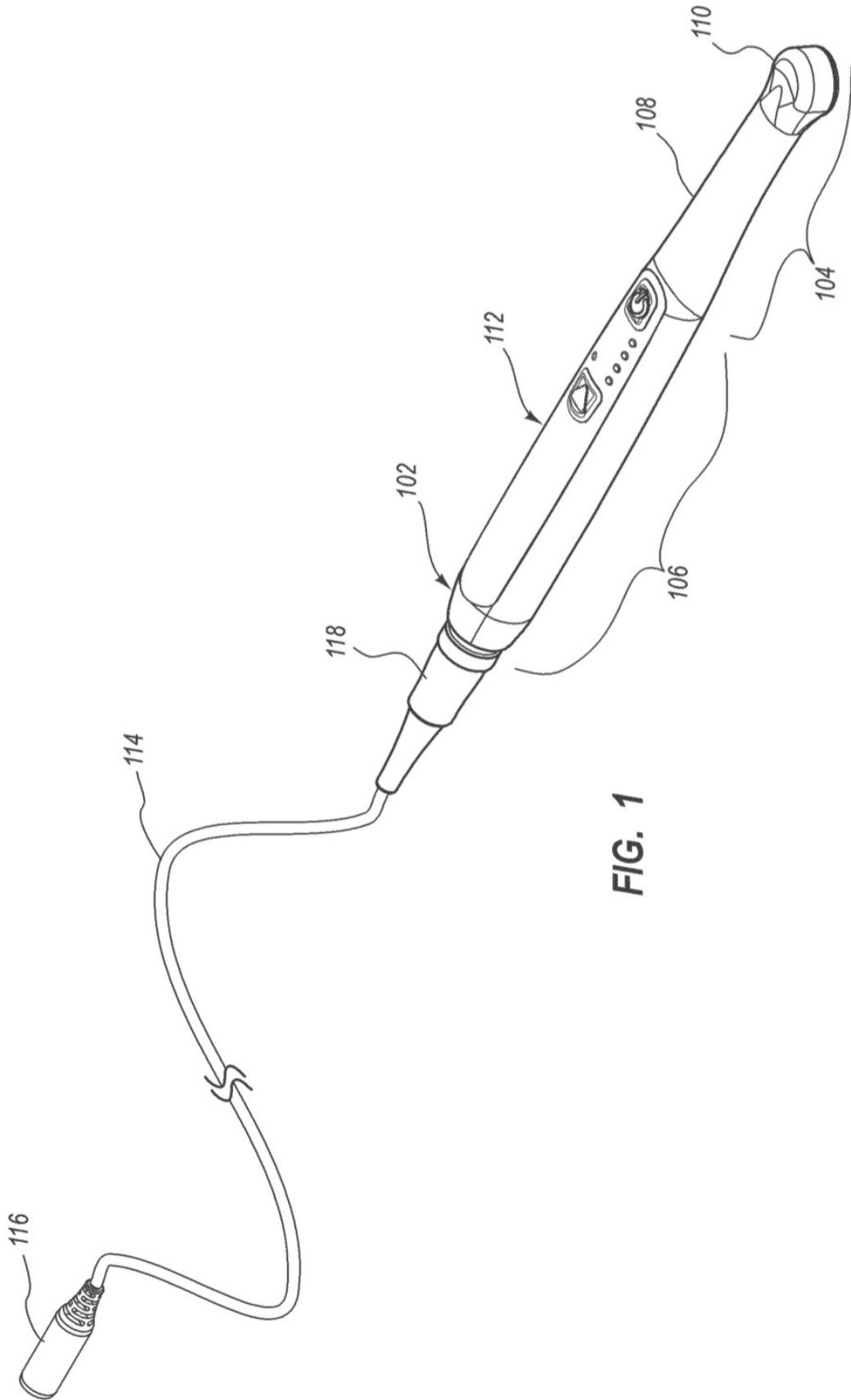
La presente invención también incluye procedimientos para el curado de una composición polimerizable utilizando una lámpara de polimerización dental. El procedimiento incluye (i) proporcionar una lámpara de polimerización dental de acuerdo con una o más de las realizaciones anteriores, (ii) depositar una composición fotopolimerizable dentro de la cavidad oral de un paciente, y (iii) curar la composición utilizando la lámpara de polimerización dental dirigiendo un haz de luz hacia la composición polimerizable durante una cantidad de tiempo suficiente para curar la composición fotopolimerizable, teniendo el haz de luz una intensidad de luz de por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>. La composición dental incluye un componente polimerizable y un fotoiniciador que es sensible a la luz a la longitud de onda emitida desde el dispositivo de fotopolimerización. En la publicación de patente americana nº 2006/0194172 de Loveridge se describen ejemplos de composiciones dentales fotopolimerizables. Los expertos en la materia están familiarizados con longitudes de onda y composiciones para colocar y curar una composición curable en el diente de un paciente.

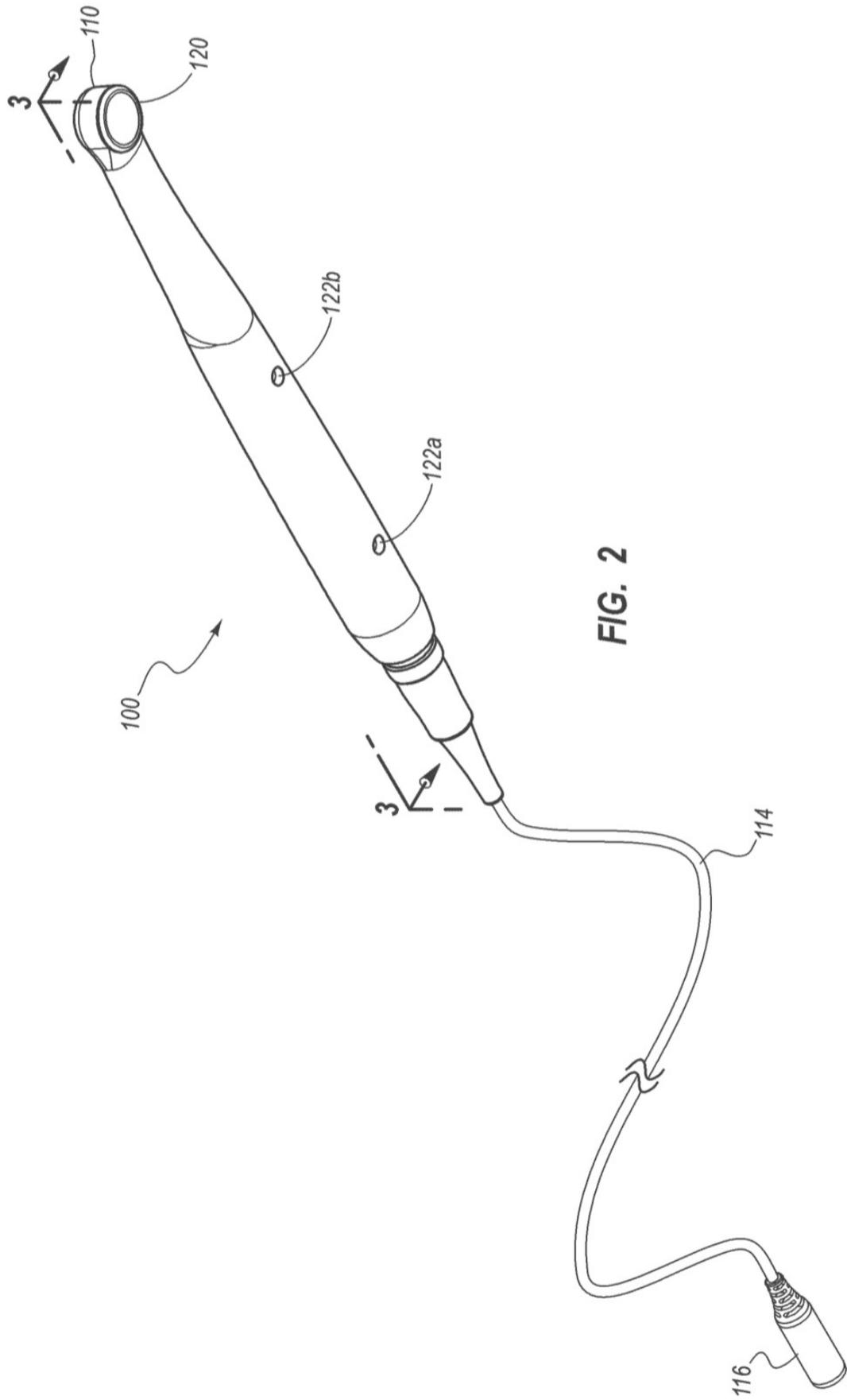
Se apreciará que la presente invención reivindicada puede realizarse en otras formas específicas sin apartarse de las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones descritas deben considerarse en todos los aspectos sólo como ilustrativas, no limitativas. El alcance de la invención viene dado, por lo tanto, por las reivindicaciones adjuntas más que por la descripción anterior. Todos los cambios que se encuentren dentro del significado y el rango de equivalencia de las reivindicaciones deben incluirse dentro de su alcance. Lo que se reivindica es:

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de fotopolimerización que tiene una capa térmicamente conductora (254) para disipar calor de un LED, que comprende:
- 5 un cuerpo del dispositivo (102) que tiene un extremo proximal y un extremo distal (104), extendiéndose el cuerpo del dispositivo (102) entre el extremo proximal y el extremo distal (104) e incluyendo el cuerpo del dispositivo (102) una parte de cabezal (110) en el extremo distal (104) y una parte de mango (106), estando configurada la parte de cabezal (110) para soportar o contener un LED;
- 10 un conjunto de LEDs (120) conectado térmicamente a la parte de cabezal (110) del cuerpo del dispositivo (102) para que el cuerpo del dispositivo (102) funcione como disipador térmico, incluyendo el conjunto de LEDs (120) uno o más LEDs y un sustrato del conjunto de LEDs térmicamente conductor (162), estando conectado eléctricamente el uno o más LEDs a uno o más contactos (170a, 170b) en el conjunto de LEDs (120), estando configurado el uno o más LEDs para emitir un espectro de luz capaz de curar una composición fotopolimerizable;
- 15 una capa térmicamente conductora (154) que conecta térmicamente el conjunto de LEDs (120) con el cuerpo del dispositivo (102) y,
- en el que un área de superficie que conecta térmicamente la capa conductora (154) con el cuerpo del dispositivo (102) está configurada para conducir una mayor parte del calor residual generado por el uno o más LEDs fuera del conjunto de LEDs (120) y hacia el cuerpo del dispositivo (102), que funciona como disipador térmico, caracterizado por el hecho de que
- 20 el cuerpo del dispositivo (102) está formado de una sola pieza sin uniones de un material del cuerpo térmicamente conductor y la parte de mango (106) es solidaria de la parte de cabezal (110) extendiéndose hacia el extremo proximal del cuerpo del dispositivo (102),
- en el que una conductividad térmica de la capa térmicamente conductora (154) es mayor que una conductividad térmica del material del cuerpo del dispositivo (102).
- 25
2. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un área de superficie que conecta la capa térmicamente conductora (154) con el cuerpo del dispositivo (102) es por lo menos aproximadamente un 10% más grande que un área de superficie que conecta la capa térmicamente conductora (154) con el sustrato del conjunto de LEDs (162).
- 30
3. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, circuitos eléctricos configurados para accionar el uno o más LEDs a una intensidad de potencia luminosa de por lo menos aproximadamente 500 mW/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>.
- 35
4. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, circuitos eléctricos configurados para accionar el uno o más LEDs con una potencia de entrada máxima que es menor de aproximadamente un 70% de la potencia máxima nominal del LED mientras se obtiene una luminiscencia de por lo menos aproximadamente 800 mW/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente con una potencia de entrada máxima que es menor de aproximadamente un 50% de la potencia máxima nominal del uno o más LEDs mientras se obtiene una luminiscencia de por lo menos aproximadamente 800 mW/cm<sup>2</sup>, más preferiblemente con una potencia de entrada máxima que es menor de aproximadamente un 40% de la potencia máxima nominal del uno o más LEDs mientras se obtiene una luminiscencia de por lo menos aproximadamente 2000 mW/cm<sup>2</sup>.
- 40
5. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa térmicamente conductora (154) comprende una pieza separada del cuerpo del dispositivo (102) y tiene un grosor en un intervalo entre aproximadamente 500 micras y aproximadamente 900 micras.
- 45
6. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa térmicamente conductora (154) tiene una conductividad térmica de por lo menos aproximadamente 170 W/m-K.
- 50
7. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa térmicamente conductora (154) se selecciona del grupo que consiste en nitruro de aluminio, óxido de berilio, diamante, carburo de silicio, nitruro de boro y combinaciones de los mismos.
- 55
8. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material del cuerpo térmicamente conductor del cuerpo del dispositivo (102) incluye un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio, cobre, magnesio y aleaciones de los mismos.
- 60
9. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el cuerpo del dispositivo incluye una parte de cuello (108) y una parte de mango (106), presentando la parte de cuello (108) y la parte de cabezal (110) un grosor entre aproximadamente 1 mm y aproximadamente 10 mm para dimensionarse y configurarse para la inserción en una cavidad oral de un paciente, presentando la parte de mango (106) un grosor entre aproximadamente 15 mm y aproximadamente 30 mm para dimensionarse y configurarse para el agarre por un odontólogo.

- 5 10. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el uno o más LEDs incluye(n) un primer LED que emite en la región azul del espectro de luz y un segundo LED que emite en la región ultravioleta (UV) del espectro de luz.
- 10 11. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la parte de cabezal (110) del cuerpo del dispositivo (102) incluye un receptáculo y un elemento extraíble térmicamente conductor, estando configurado el elemento extraíble (280) para acoplarse de manera extraíble dentro del receptáculo, en el que el conjunto de LEDs (120) y la capa térmicamente conductora (154) comprenden partes del elemento extraíble (280).
- 15 12. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el material del cuerpo térmicamente conductor actúa como disipador térmico para el conjunto de LEDs (120) de manera que no hay presente ningún disipador térmico interno.
- 20 13. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, un revestimiento protector que cubre por lo menos una parte del cuerpo del dispositivo (102) entre la parte de cabezal (110) y una parte de mango proximal (106), incluyendo el revestimiento protector por lo menos uno de un fluoropolímero o parileno.
- 25 14. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la pieza única sin uniones del material del cuerpo térmicamente conductor comprende un metal seleccionado del grupo que consiste en aluminio, cobre, magnesio y aleaciones de los mismos, o el cuerpo de una sola pieza comprende una fibra de cerámica térmicamente conductora seleccionada del grupo que consiste en fibra de carbono, fibra de boro, fibra de nitruro de boro y combinaciones de las mismas.
15. Dispositivo de fotopolimerización dental de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, un conjunto de electrónica (112) dispuesto dentro de una cavidad (136) del cuerpo del dispositivo (102).





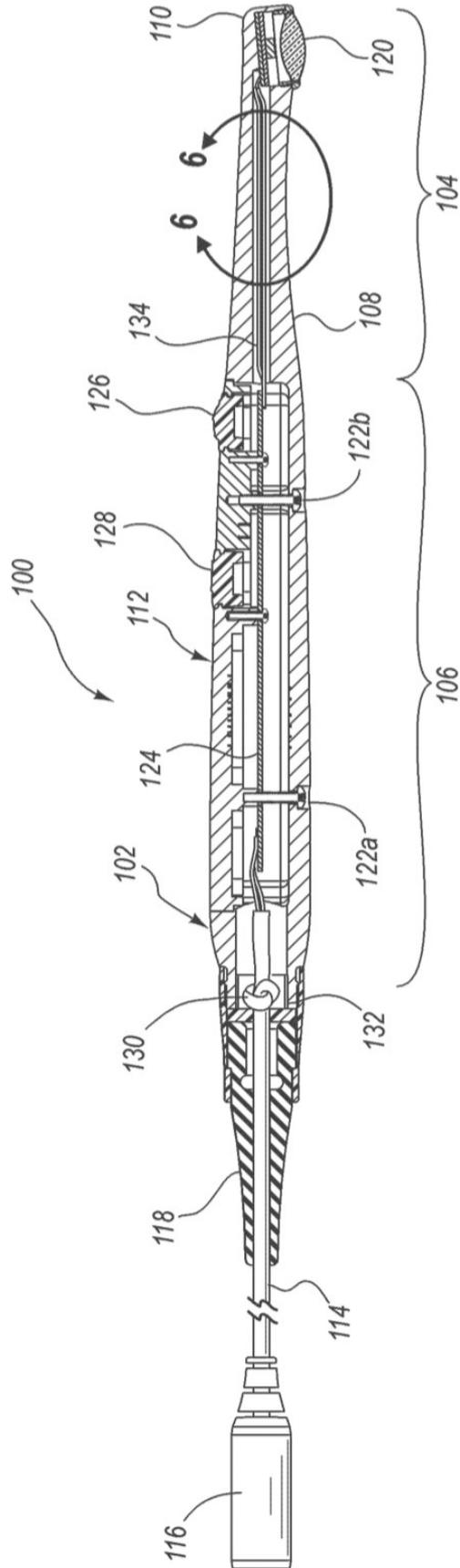


FIG. 3



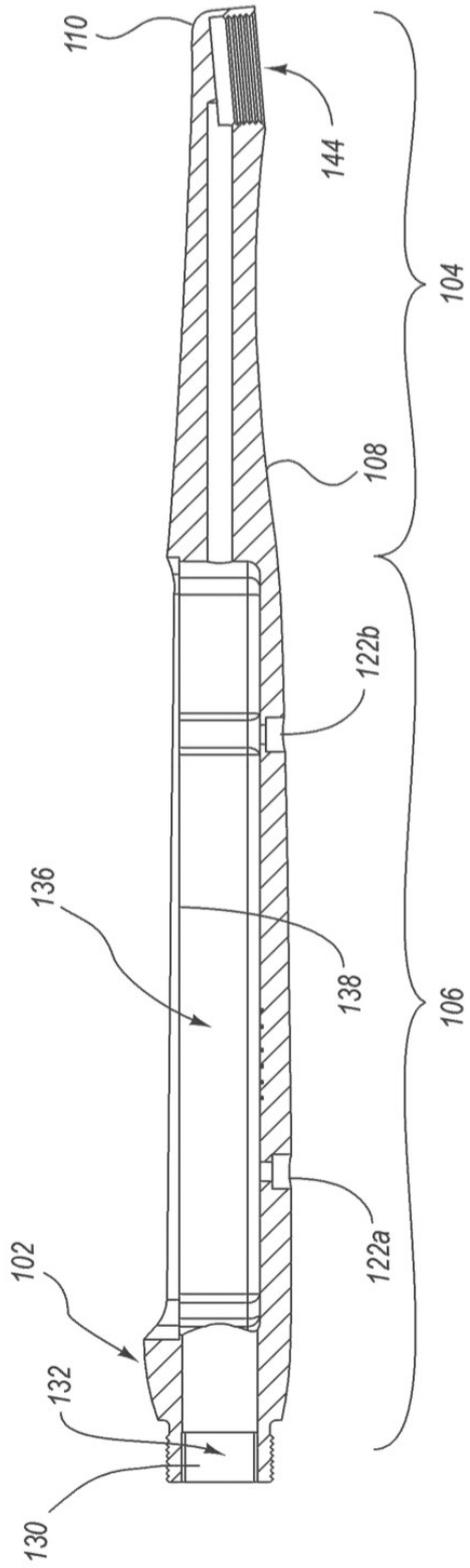


FIG. 5A

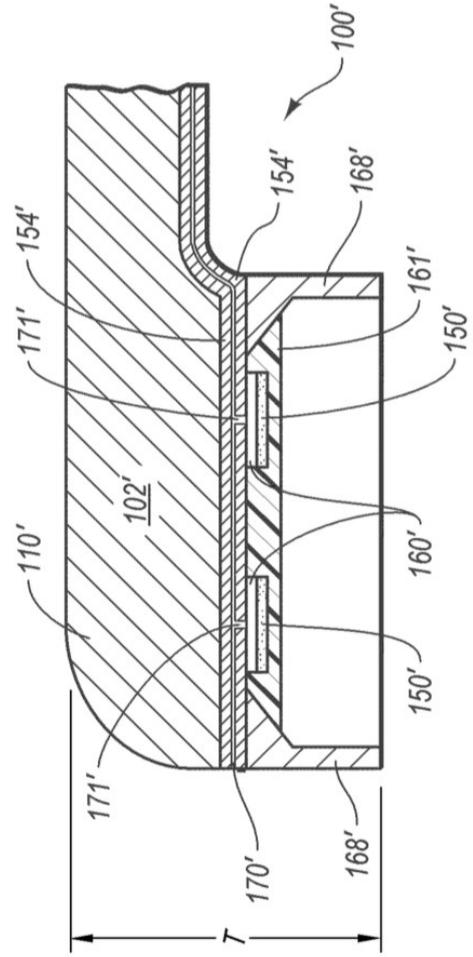


FIG. 5B

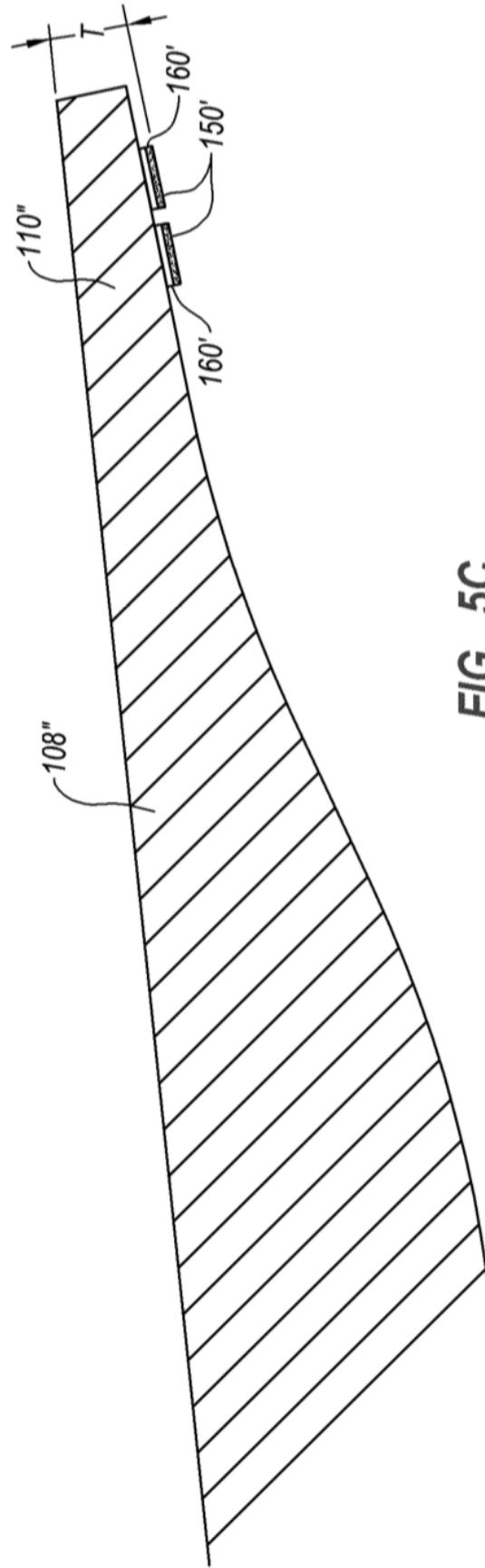


FIG. 5C

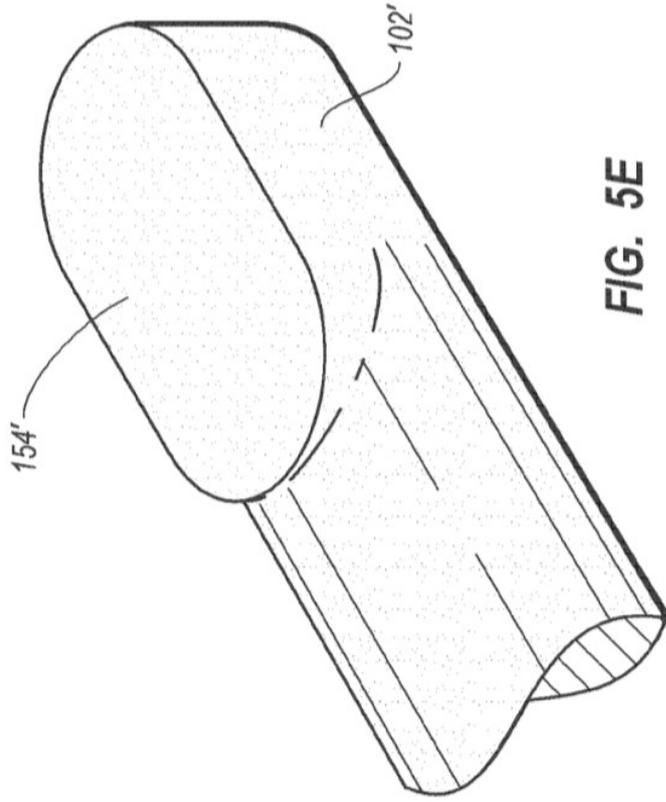


FIG. 5E

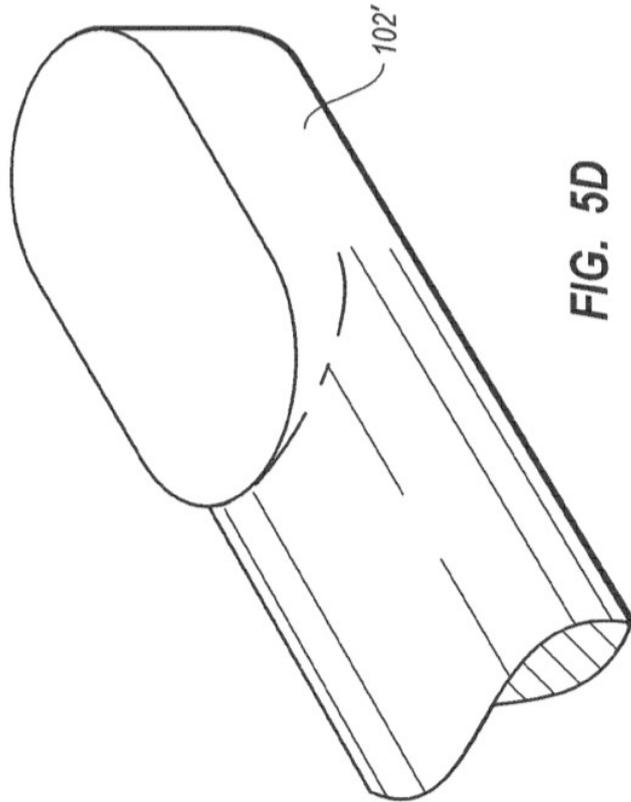


FIG. 5D

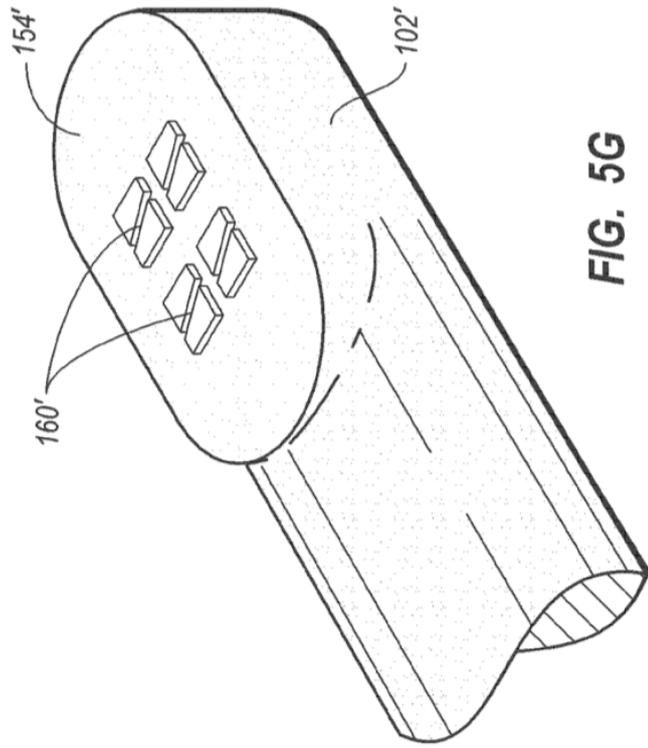


FIG. 5G

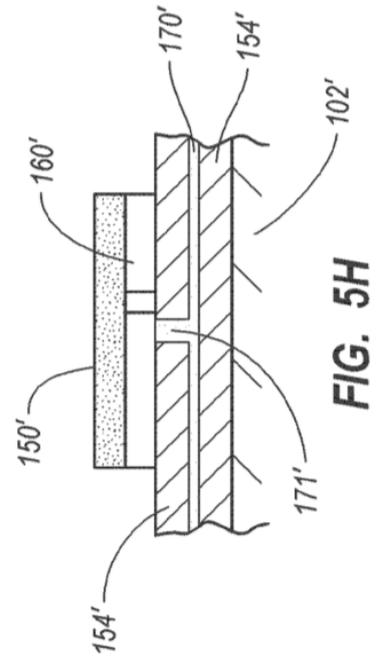


FIG. 5H

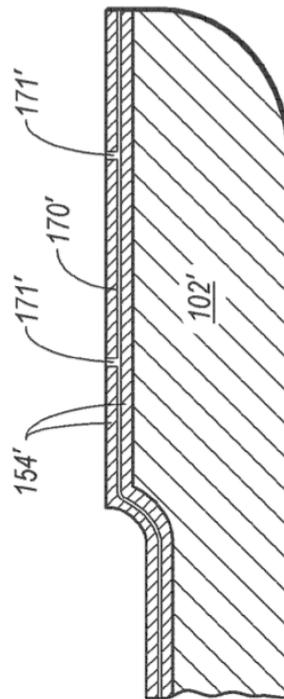


FIG. 5F

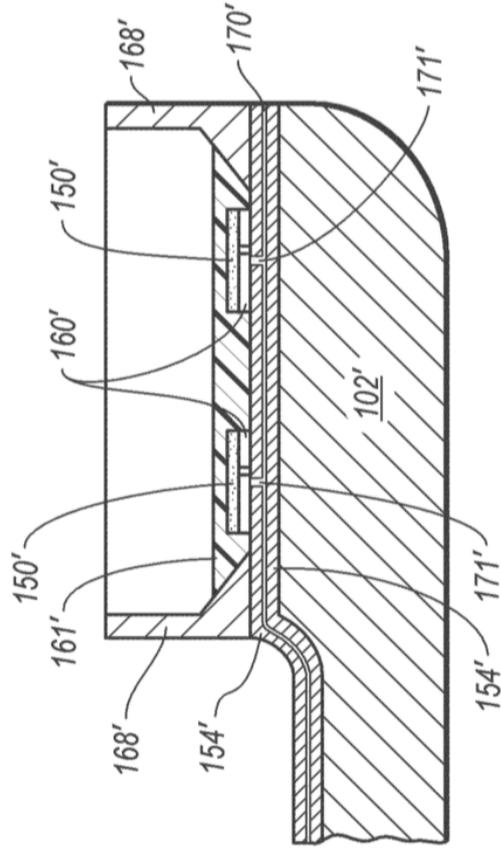


FIG. 5J

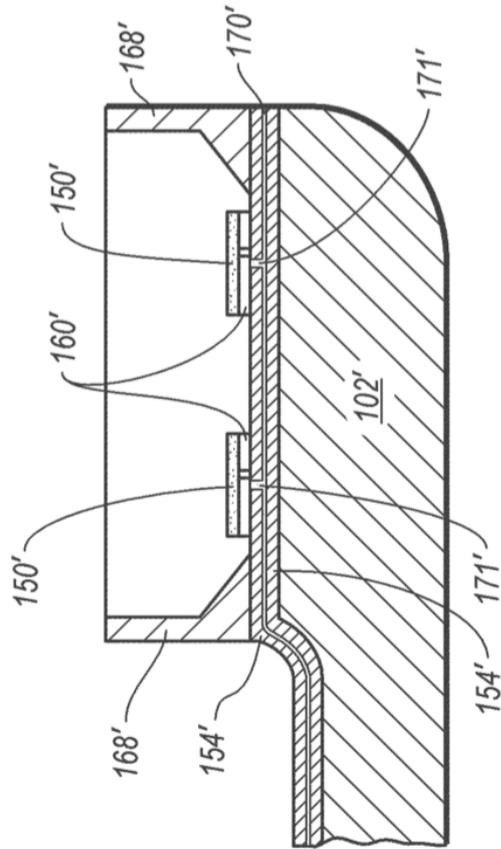


FIG. 5I

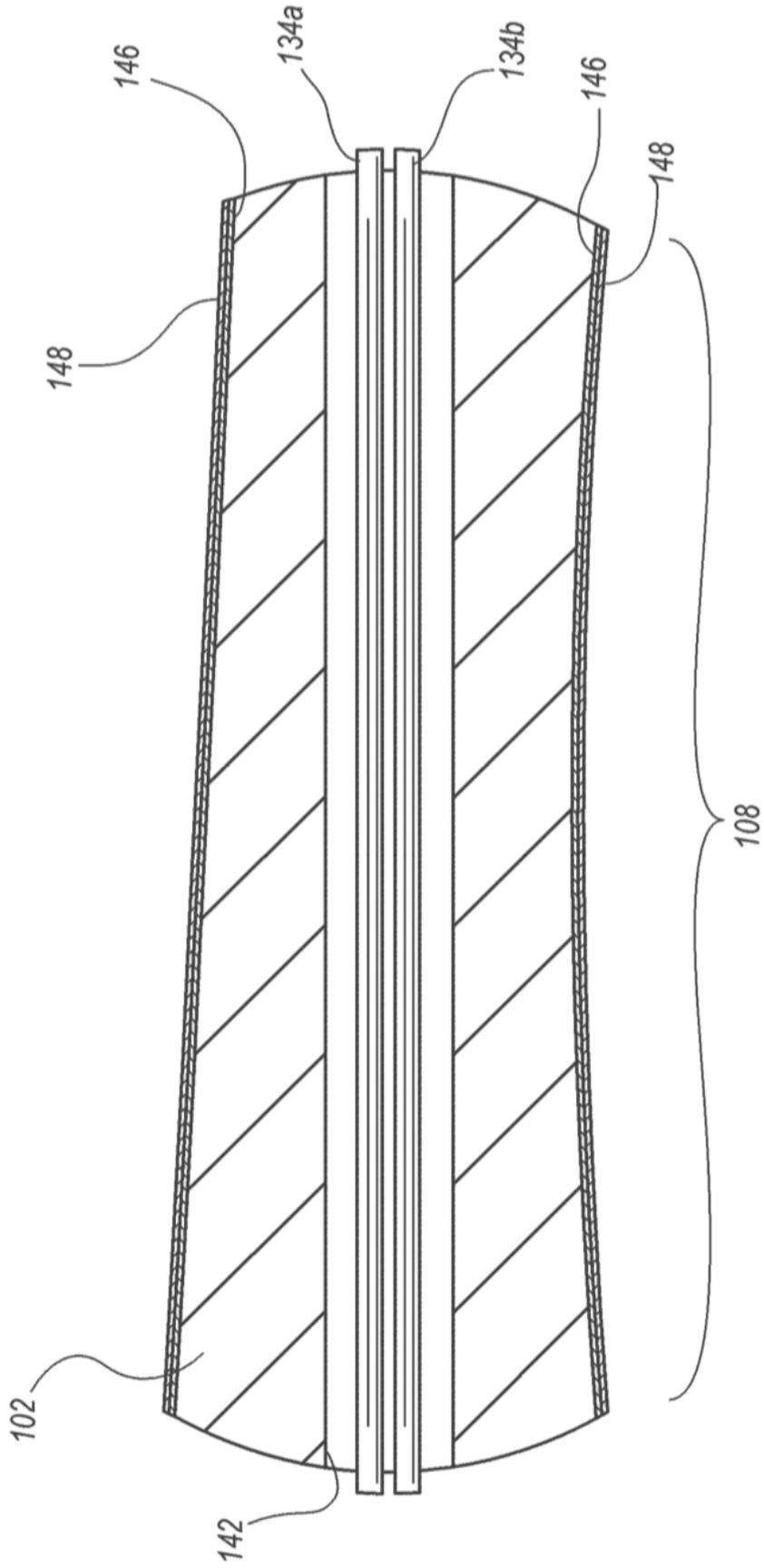


FIG. 6

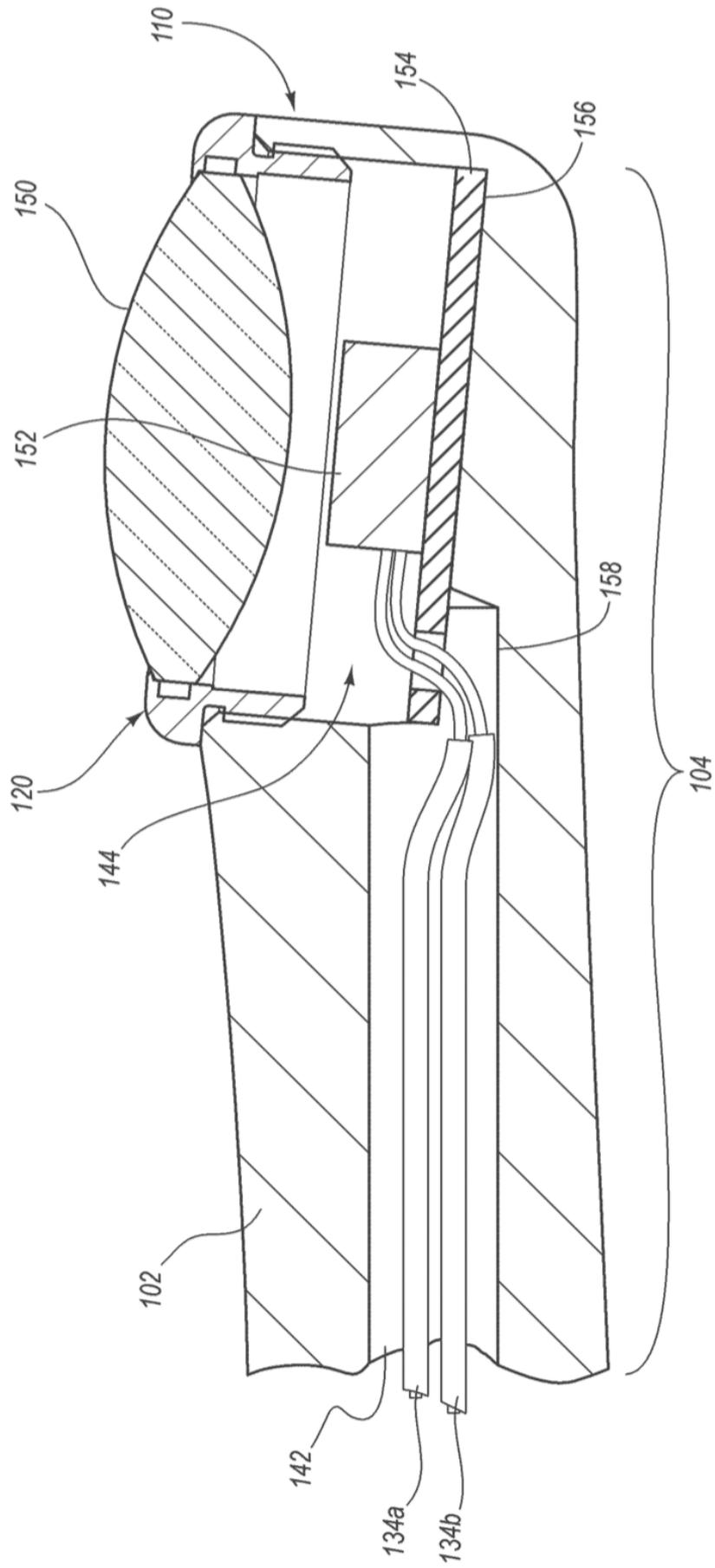


FIG. 7

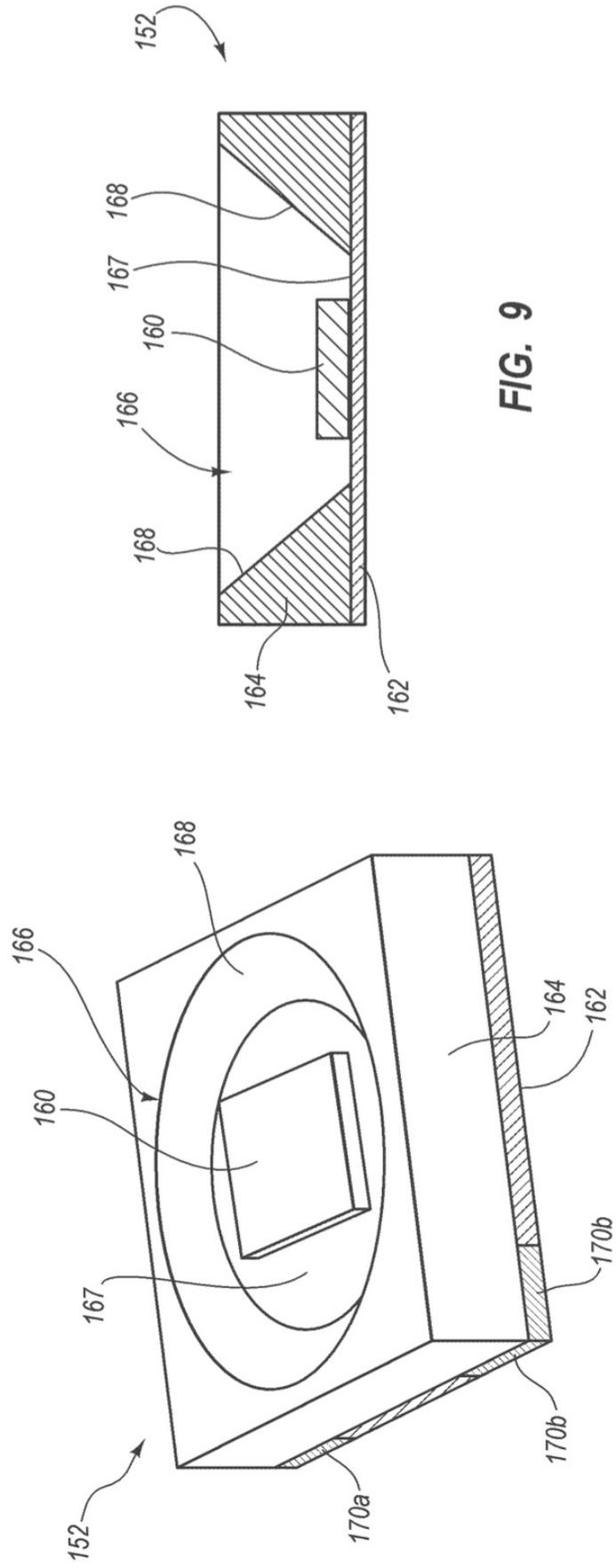


FIG. 9

FIG. 8

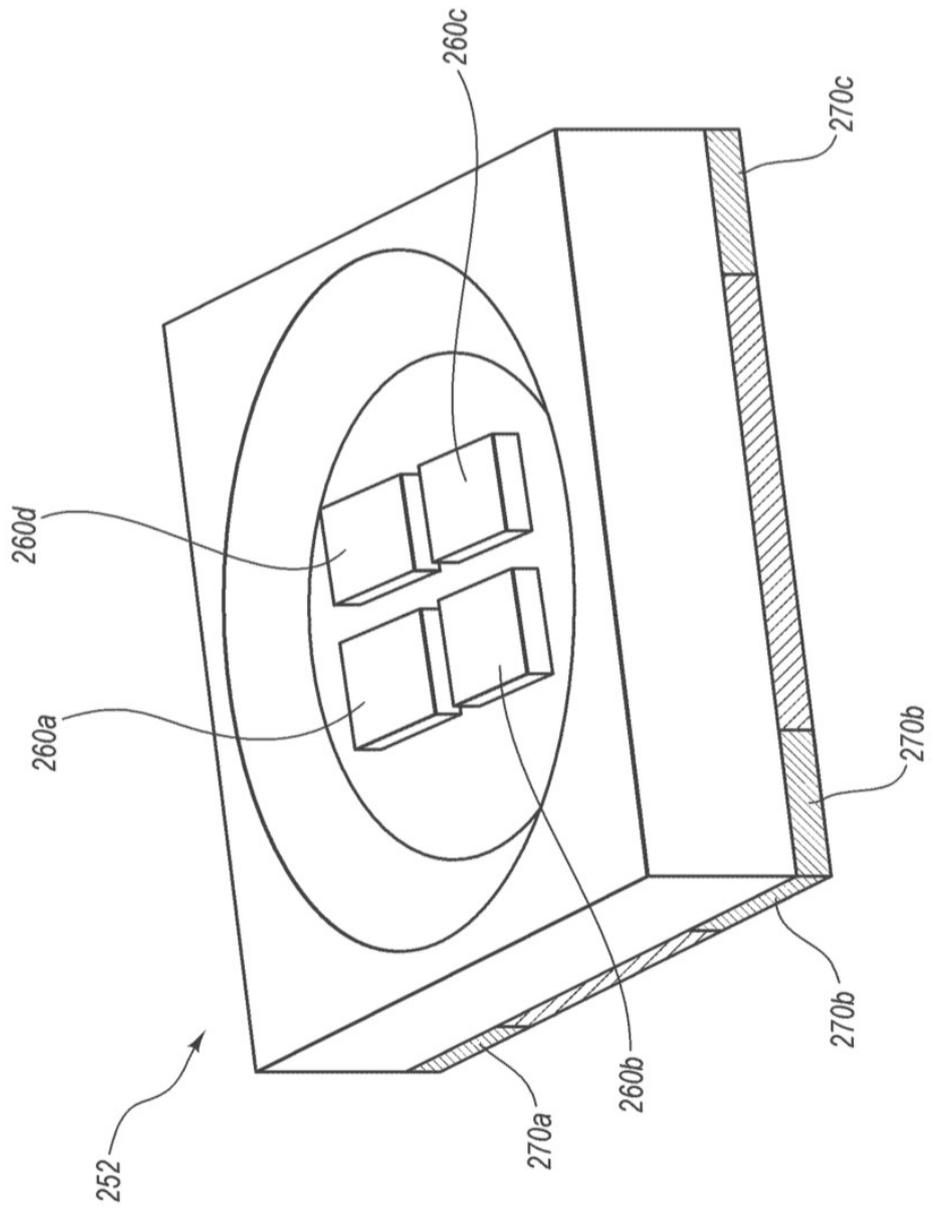


FIG. 10

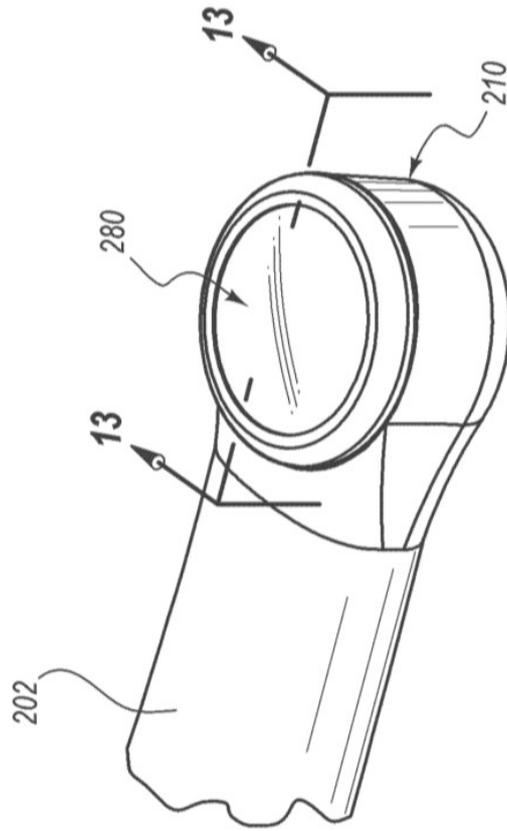


FIG. 12

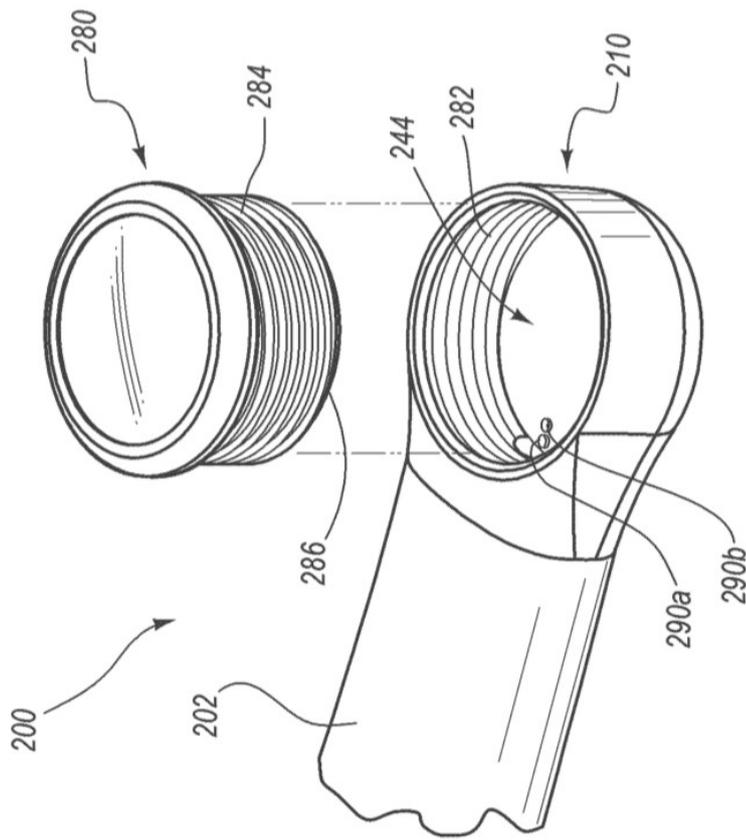


FIG. 11

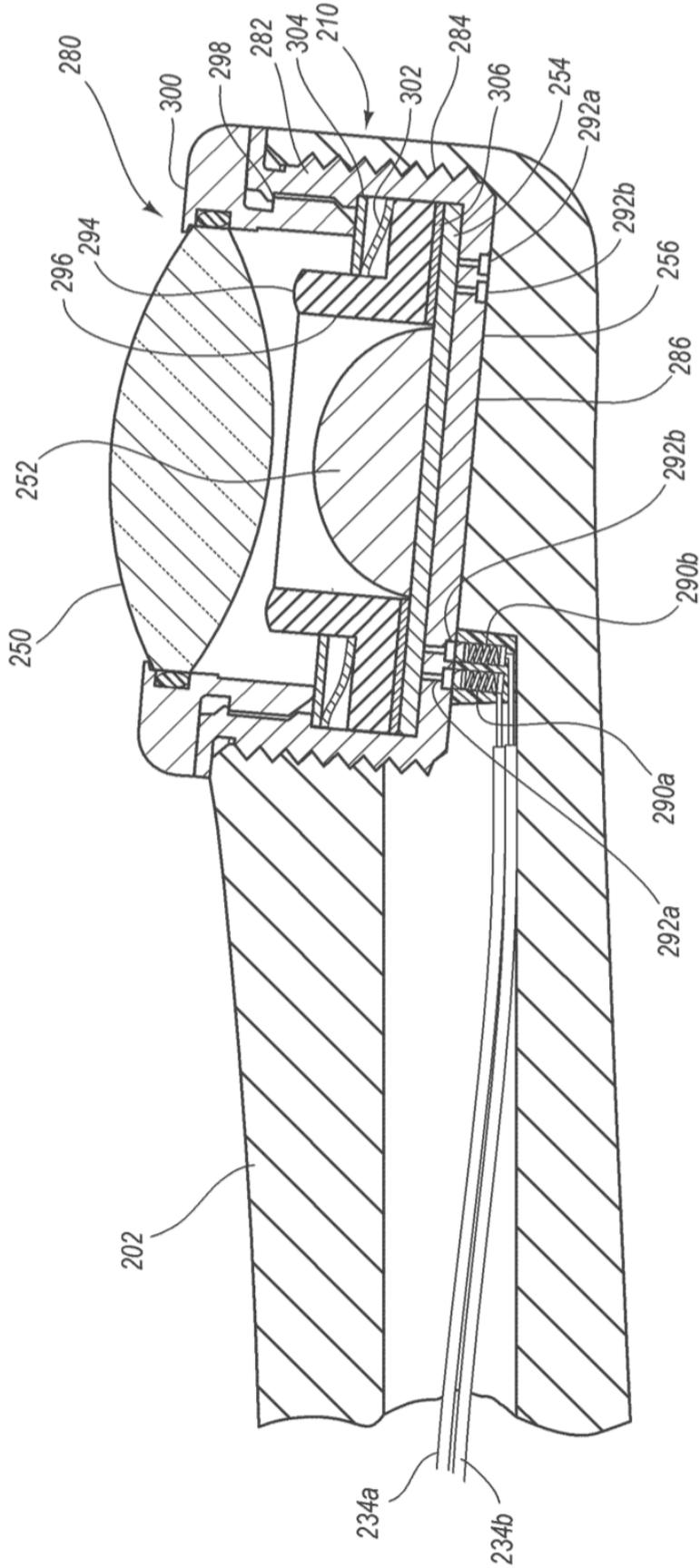


FIG. 13