

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 912**

51 Int. Cl.:

F21V 29/00 (2015.01)

F21K 99/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.01.2011** **PCT/US2011/022551**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.08.2011** **WO11094293**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2011** **E 11737563 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018** **EP 2529156**

54 Título: **Dispositivo emisor de luz con alta carga térmica enfriado por microcanal**

30 Prioridad:

05.11.2010 US 456426 P

27.01.2010 US 336979 P

01.04.2010 US 341594 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.06.2018

73 Titular/es:

HERAEUS NOBLELIGHT FUSION UV INC.

(100.0%)

910 Clopper Road

Gaithersburg, MD 20878 , US

72 Inventor/es:

DAHM, JONATHAN, S.;

JONGEWAARD, MARK y

CAMPBELL, GEOFF

74 Agente/Representante:

LÓPEZ CAMBA, María Emilia

ES 2 671 912 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

Dispositivo emisor de luz con alta carga térmica enfriado por microcanal

5 **Antecedentes****Campo**

10 Las realizaciones de la presente invención se relacionan generalmente con ledes (del inglés *light-emitting diode*, diodo emisor de luz) en sustratos de baja resistencia térmica. Concretamente, las realizaciones de la presente invención se relacionan con módulos de cabeza de lámparas led de alta densidad de potencia, de alto factor de forma y microcanal de enfriamiento ultravioleta (UV) que proporcionan alto brillo, alta irradiancia y alta densidad de energía.

15 **Descripción de la técnica relacionada**

Los ledes ultravioletas de hoy en día siguen siendo relativamente ineficientes (típicamente, operando alrededor del 15% de eficiencia cuando operan a altas densidades de corriente). Estas ineficiencias resultan en la producción de altas cantidades de calor desperdiciados y por lo tanto requieren al menos enfriamiento por aire y a menudo líquidos de enfriamiento (p. ej., intercambiadores de calor y/o enfriadores) para eliminar el desperdicio de calor no deseado, lo cual es un subproducto de electricidad para el proceso de conversión óptica en la unión p-n del dispositivo semiconductor. Si el calor no es eliminado de manera muy efectiva y eficiente, los dispositivos led pueden sufrir una pérdida de eficiencia, disminuir el rendimiento luminoso e incluso una falla catastrófica.

25 Las lámparas led ultravioletas de refrigeración líquida (o motores de luz) están siendo empleados actualmente en una variedad de aplicaciones de curación, sin embargo, los sistemas existentes tienen muchas limitaciones. Por ejemplo, mientras que la bibliografía industrial reconoce la conveniencia de conjuntos de alto brillo/alta irradiancia, las lámparas led ultravioletas disponibles en la actualidad ofrecen un rendimiento insuficiente. Las lámparas led ultravioletas existentes generalmente tienden a conectar eléctricamente los ledes con sus conjuntos ledes en cadenas de led conectados en serie y luego emparejar esas cadenas juntas (a menudo con resistores integrados). Una desventaja de esta metodología de emparejamiento en serie es que los disipadores térmicos por lo general tienen que ser de una naturaleza no conductora eléctricamente y/o se necesita que haya una capa dieléctrica bajo el led (o ledes), cualquiera de los cuales es tradicionalmente estampado con un circuito impreso conductor. Estas impresiones son costosas e incompatibles con la operación de corriente ultra alta térmicamente eficiente debido a la resistencia térmica de contacto de las capas involucradas y/o la resistencia térmica del volumen de la capa dieléctrica y/o la inherentemente alta resistividad eléctrica de las impresiones. Además, los disipadores térmicos a menudo están hechos de caros materiales cerámicos como BeO, SiC, AlN o alúmina. Otra desventaja del modelo de conjunto de led en serie paralela es que un único fallo de un led puede conducir a un fallo de toda la cadena de led en serie. Esta área oscura creada por un fallo en cualquier cadena de ledes es casi siempre perjudicial para el proceso donde la luz interactúa fotoquímicamente en la superficie de la pieza de trabajo.

Un ejemplo específico de la técnica anterior del conjunto led ultravioleta queda ejemplificado en las FIGS. 1A y 1B. En este ejemplo, que ha sido tomado de la publicación estadounidense n.º 2010/0052002 (en lo sucesivo "Owen"), se representa un conjunto de led 100 supuestamente "denso" para las aplicaciones que pretenden una "densidad de potencia óptica alta". La matriz 100 está construida al crear microreflectores 154 en un sustrato 152 y montando un led 156 en cada microreflector 154. Los leds 56 están conectados eléctricamente a una fuente de energía (no mostrada) a través de una línea principal 158 a una almohadilla conectada por cable al sustrato 152. Cada microreflector 154 incluye una capa reflectante 162 para reflejar la luz producida por el led asociado 156. En concreto, a pesar de estar caracterizado como un conjunto led "denso", el conjunto led 100 es en realidad un conjunto con un factor de forma bajo, poco brillo y poco flujo calorífico en el que los ledes individuales 156 están espaciados por bastante distancia con un espaciamiento de alrededor 800 micrones. En el mejor de los casos, aparecería que los ledes justifican aproximadamente entre el 10% y el 20% del área superficial del conjunto led 100 y ciertamente menos del 50%. Tales conjuntos led de bajo factor de forma pueden crear un patrón de irradiancia irregular, el cual puede provocar un tratamiento irregular y unas anomalías visualmente perceptibles, tales como solapamiento y pixelación. Adicionalmente, los microreflectores 154 no consiguen capturar y controlar una cantidad sustancial de luz en virtud de su poca extensión angular. En consecuencia, el conjunto 100 produce un haz que rápidamente pierde irradiancia como función de la distancia del reflector 154. Debe añadirse además que incluso los reflectores configurados de manera óptima no compensarían el poco brillo del conjunto led 100, ya que el último haz de luz proyectada en la pieza de trabajo no puede ser nunca más brillante que la fuente (en este caso, el conjunto led 100). Esto se debe al conocido teorema de la conservación del brillo. Además, Owen también desaconseja el uso de macroreflectores debido a su tamaño y la necesidad percibida de tener un reflector asociado con cada led individual 156.

Dejando las anteriores limitaciones a un lado, la tecnología del gran canal de líquido refrigerante empleada en diseños de enfriamiento de la técnica anterior no es capaz de eliminar el desperdicio de calor de los ledes de manera que fuera efectivo para mantener las temperaturas de unión adecuadamente bajas cuando la corriente por

milímetro cuadrado excede aproximadamente 1,5 amperios.

La inhibición de oxígeno es la competición entre el oxígeno ambiental con el material curado a una frecuencia comparable al de la reticulación química inducida por la interacción de la luz UV y el fotoiniciador (PhI). Se sabe que la alta irradiancia crea curas profundas más rápidamente y que la alta irradiancia aborda, al menos parcialmente, los problemas de inhibición de oxígeno. Ahora se piensa que la irradiancia ultra alta quizás puede superar los problemas de inhibición de oxígeno en ciertas configuraciones del proceso, quizás incluso sin un gas de cobertura de nitrógeno. Sin embargo, para producir irradiancia ultra alta para superar la inhibición de oxígeno, el índice de eliminación de flujo calorífico necesario para mantener las temperaturas de las juntas adecuadamente bajas en tales ambientes de conjuntos led de alto valor de forma que operan a densidades de corriente extremadamente altas y que simplemente no es alcanzable con las arquitecturas de conjuntos led UV y las tecnologías de enfriamiento de conjuntos led UV que se emplean en la actualidad.

La solicitud internacional de patente WO-2004/011848 A2 a Dahm, describe un procedimiento y equipo para usar diodos emisores de luz para curado en numerosas aplicaciones. El procedimiento incluye enfriar los diodos emisores de luz y montar el mismo en los tubos termosifón básicos de manera que entregue la potencia ultra alta en las regiones UV, visibles y RI. Se afirma que el empaquetado led funciona de manera eficiente en un espacio compacto y permite que ledes colocados en menores distancias operen con mayor potencia y brillo. Un módulo de lámpara, descrito en esta referencia, comprende un reflector óptico, una matriz de diodos emisores de luz y un conjunto de enfriamiento que proporciona un ánodo a la matriz.

La solicitud de patente estadounidense US-2006/0214092 A1 a Kinoshita y col., describe una estructura de microcanal que tiene varios microcanales a través de los cuales fluye el fluido, incluyendo: una sección de carcasa formada en un bloque, y una matriz de tubo dispuesta en la sección de carcasa y formada al agrupar varios tubos.

Resumen

La presente invención queda definida en las reivindicaciones adjuntas a las cuales debe hacerse referencia. Se presentan características ventajosas en las reivindicaciones adjuntas dependientes.

Los sistemas de curado UV por enfriamiento microcanal y los componentes de los mismos están descritos estando configurados para curado fotoquímico de materiales y otras aplicaciones de alto brillo/alta irradiancia. de acuerdo con una realización, un módulo de cabezal de lámpara incluye un macroreflector óptico, una matriz de diodos emisores de luz (ledes) y un montaje de enfriamiento por microcanal. El macroreflector óptico incluye una ventana que tiene una superficie exterior. La matriz es colocada en los reflectores óptico y tiene un alto factor de forma y una alta relación de aspecto. La matriz puede ser empleada para proporcionar un patrón de haz de salida de alta irradiancia que tiene un pico de irradiancia mayor que 25W/cm² en una superficie de la pieza de trabajo de al menos a 1 mm de la superficie exterior de la ventana del reflector óptico. El montaje de enfriamiento de microcanal puede ser empleado para mantener un estado sustancialmente isotérmico entre las uniones p-n de los ledes en la matriz a una temperatura de menos que o igual a 80 ° centígrados. El montaje de enfriamiento de microcanal también proporciona un sustrato de ánodo común para la matriz. Una conexión eléctrica térmicamente eficiente se forma entre la matriz y el sustrato de ánodo común al montar la matriz al montaje de enfriamiento de microcanal.

En la realización antedicha, la matriz puede ser montada directamente en el montaje de enfriamiento de microcanal.

En varias de las realizaciones antedichas, el montaje de enfriamiento de microcanal puede mantener un estado sustancialmente isotérmico entre las uniones p-n a una temperatura sustancialmente menor o igual a 45 ° centígrados.

En el contexto de varias de las realizaciones antedichas, los ledes pueden estar emparejados eléctricamente.

En algunos ejemplos de las realizaciones antedichas, al menos uno de los ledes puede ser un led de emisión ultravioleta.

En varias de las realizaciones antedichas, una relación de aspecto de anchura-longitud de la matriz es sustancialmente de entre aproximadamente 1:2 a 1:100.

En varias de las realizaciones antedichas, una relación de aspecto de anchura-longitud de la matriz es de aproximadamente 1:2 a 1:68.

En el contexto de varias de las realizaciones antedichas, el pico de irradiancia puede ser mayor o igual a 100 W/cm² y la superficie de la pieza de trabajo está al menos a 2 mm de la superficie exterior de la ventana del reflector óptico.

En varias de las realizaciones antedichas, no hay un número significativo de ledes conectados en serie.

En algunos ejemplos de las citadas realizaciones, el líquido refrigerante que pasa por el refrigerador de microcanal a

través y por debajo de la matriz está configurado para ir en dirección sustancialmente paralela a la dimensión más pequeña de la matriz y puede adicionalmente ser equilibrada de forma sustancial.

5 En varias de las citadas realizaciones, el módulo de cabezal de lámpara puede incluir un circuito flexible, operable para dirigir individualmente los ledes o grupos de ledes, unidos al refrigerador de microcanal.

10 En el contexto de varias de las citadas realizaciones, el refrigerador de microcanal puede estar aprisionado entre uno o más conectores de cátodos y uno o más cuerpos transportadores de ánodos para facilitar la sustitución en fábricas.

En varias de las citadas realizaciones, el módulo de cabezal de lámpara puede incluir drivers led integrados.

En algunos ejemplos de las citadas realizaciones, el macroreflector óptico puede ser reemplazable en el campo.

15 Otras realizaciones de la presente invención proporcionan un sistema de curado mediante diodo emisor de luz (led) ultravioleta (UV), que incluye múltiples módulos de cabeza de la lámpara led UV conectados en serie de extremo a extremo, incluyendo cada uno macroreflectores óptimos, una matriz de led y un montaje de refrigerador de microcanal. El macroreflector óptico incluye una ventana que tiene una superficie exterior. La matriz de led es colocada en el reflector óptico y tiene un alto factor de forma y una alta relación de aspecto. La matriz de led puede ser empleada para proporcionar un patrón de haz de salida de alta irradiancia sustancialmente uniforme que tiene una irradiancia mayor que 25 W/cm² en una superficie de la pieza de trabajo de al menos a 1 mm de la superficie exterior de la ventana del reflector óptico. El montaje de enfriamiento de microcanal puede ser empleado para mantener un estado sustancialmente isotérmico entre las uniones p-n de los ledes en la matriz de led a una temperatura de menos que o igual a 80 ° centígrados. El montaje de enfriamiento de microcanal también proporciona un sustrato de ánodo común para la matriz de led. Una conexión eléctrica térmicamente eficiente se forma entre la matriz de led y el sustrato de ánodo común al montar directamente la matriz de led al montaje de enfriamiento de microcanal.

30 Otras características de la presente invención serán aparentes por los dibujos que acompañan y por la descripción detallada que sigue.

Breve descripción de los dibujos

35 Realizaciones de la presente invención quedan ilustradas mediante ejemplo, y no con carácter limitativo, en las figuras de los dibujos que acompañan y en los cuales los numerales de referencia similares refieren a elementos similares, en el que:

La FIG. 1A es una vista desde arriba de una parte de la matriz de led de la técnica anterior.

40 La FIG. 1B es una vista de la matriz de led de la FIG. 1A junto a la línea de sección 1B-1B.

La FIG. 2A es una vista isométrica de un módulo de cabezal de lámpara led UV de acuerdo con una realización de la presente invención.

45 La FIG. 2B es una vista frontal del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 2C es una vista lateral del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

50 La FIG. 3A es una vista en sección isométrica superior del módulo de cabezal de lámpara led UV de las FIGS. 2A-C.

La FIG. 3A es una vista en sección isométrica superior del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 3B es una vista en sección isométrica superior del módulo de la cabeza de la lámpara led UV de la FIG. 2A,

55 La FIG. 3C es una vista de despiece isométrico superior del módulo de la cabeza de la lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 4A es una vista ampliada de despiece isométrico de una parte inferior de un reflector y una parte superior de un cuerpo del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

60 La FIG. 4B es una vista ampliada de despiece frontal de una parte inferior de un reflector y una parte superior de un cuerpo del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 5A es otra vista ampliada en corte isométrico que ilustra una matriz de led y su interfaz con una capa común de sustrato de ánodos del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

65 La FIG. 5B es otra vista ampliada en corte frontal que ilustra una matriz de led y su interfaz con una capa de sustrato

común de ánodos del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 6 es una vista en corte ampliada de despiece isométrico de una parte superior del cuerpo y que ilustra varias capas del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 7 es una vista ampliada de despiece isométrico de una parte superior de un reflector del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A.

La FIG. 8 es una vista ampliada isométrica de un reflector del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 2A con la tapa de extremo retirada.

La FIG. 9 es una vista isométrica de cuatro módulos de cabeza de la lámpara led UV de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 10A es una vista isométrica de una realización alternativa de un empaquetado de la matriz de led y un difusor térmico integrado.

La FIG. 10B es una vista isométrica de una realización alternativa de la matriz de led y un difusor térmico con un macroreflector de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 10C es una vista isométrica que muestra el lado inferior del difusor térmico de las FIGS. 10 y 10B.

La FIG. 10D es una vista en corte isométrico de una realización alternativa de un módulo de cabezal de lámpara led UV.

La FIG. 10E es una vista en corte frontal de otra realización alternativa de un módulo de cabezal de lámpara led UV.

La FIG. 10F es una vista ampliada en corte isométrico del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 10E.

La FIG. 10G es otra vista ampliada en corte isométrico del módulo de cabezal de lámpara led UV de la FIG. 10E.

La FIG. 11A ilustra conceptualmente dos macroreflectores sustancialmente de la misma altura para diferentes distancias de trabajo de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 11B es una vista ampliada de la FIG. 11A que ilustra rayos marginales para uno de 2 mm de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 12 muestra un optimizado para un plano focal de 2 mm en el que cada lado del reflector tiene un punto focal que está compensado desde la línea central del haz concentrado en la pieza de trabajo de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 13 es una gráfica que ilustra una resistencia térmica convectiva estimada para varios anchos de canal.

La FIG. 14 es una gráfica que ilustra la salida de potencia para varias temperaturas de unión.

La FIG. 15 es una gráfica que ilustra una resistencia dinámica vs. curva de corriente directa.

La FIG. 16 es una gráfica que ilustra el perfil de irradiancia para un módulo de cabezal de lámpara led UV con un reflector optimizado para un plano focal de 2 mm de acuerdo con una realización de la presente invención.

La FIG. 17 es una gráfica que ilustra un perfil de irradiancia para un módulo de cabezal de lámpara led UV con un reflector optimizado para un plano focal de 53 mm de acuerdo con una realización de la presente invención.

Descripción detallada

Los sistemas de curado UV por microcanal de enfriamiento y los componentes de los mismo están configurados para el curado fotoquímico de materiales y otras aplicaciones que requieran atributos con alto factor de forma, alta densidad de corriente y alto brillo (lo que en última instancia lleva al atributo de alta irradiancia). De acuerdo con una realización de la presente invención, los ledes de matriz de led con alto factor de forma de los sistemas de curado UV de irradiancia ultra alta son colocados sustancialmente en circuito paralelo eléctricamente (es decir, masivamente paralelo) en un sustrato de ánodo común para alcanzar forma de conexión muy eficiente térmicamente (p. ej., sin una capa dieléctrica que obstruya térmicamente entre la base de los ledes y el sustrato como se requiere típicamente en una configuración en serie/en paralelo).

Según realizaciones de la presente invención, para acomodar las demandas de flujo de calor/térmicas de un alto factor de forma, una alta densidad de corriente y un alto brillo del módulo de cabezal de lámpara led UV, también se

proporcionan los medios prácticos para alcanzar el comportamiento isotérmico del sustrato del ánodo común, incluso cuando el sustrato de ánodo común tiene una relación de aspecto muy alta. De acuerdo con una realización, la matriz de led está directamente unida al refrigerador de microcanal y el líquido refrigerante fluye a través y por debajo de la matriz de led en una dirección sustancialmente paralela a la dimensión más pequeña de la matriz de led. En una realización, el líquido refrigerante que fluye a través de los microcanales bajo los ledes es aproximadamente igual (p. ej., equilibrado) de forma que las uniones p-n de los ledes de la matriz de led sean sustancialmente isotérmicas. En una realización, el sustrato de ánodo común de alta relación de aspecto es sustancialmente isotérmico de lado a lado y de extremo a extremo. Esto puede conseguirse mediante el uso de un refrigerador por microcanal sustancialmente de cobre que tenga microcanales que dirigen el líquido refrigerante bajo la matriz de led en una dirección sustancialmente lateral respecto del eje longitudinal de la matriz de led a la par que mantiene un rango de equilibrio flujo estricto entre cada canal. En una realización, este equilibrio de flujo se consigue mediante el diseño de la entrada primaria de líquido refrigerante y los canales de salida del líquido refrigerante que van paralelos al eje longitudinal de la matriz de led para alcanzar un nivel de pérdida de presión que sea casi homogéneo a lo largo del recorrido.

En varias realizaciones se usa un circuito flexible, unido al refrigerador de microcanal para dirigir individualmente los ledes o grupos de ledes de una matriz de led de manera que los ledes puedan ser desechados por tensión directa (Vf, por sus siglas en inglés), amplitud de onda, tamaño, poder óptico, etc., disminuyendo así sustancialmente las demandas a los fabricantes de led de distribuir los grupos de led en solo uno o pocos contenedores. Esto permite que las lámparas led UV de las realizaciones de la presente invención usen múltiples contenedores de ledes. Esta capacidad de usar múltiples contenedores de ledes mejora la capacidad de fabricación de lámparas led UV que no requieren conexión a o desde ellas.

En algunas realizaciones, se emplea un refrigerador de microcanal monolítico que sea reemplazable en fábricas, también conocidos como pieza consumible. Como se describe más abajo, mientras que los ledes y el circuito flexible pueden estar unidos a la superficie superior del refrigerador de microcanal, y por lo tanto considerarse que están esencialmente fijos permanentemente, el montaje de refrigerador de microcanal está únicamente sujetado (p.ej. con tornillos que proporcionen la fuerza de sujeción) entre varias microbarras colectoras de cátodos configuradas geoméricamente y/o conectores (p. ej. rectangular, gancho y similares) y varios cuerpos colectores de ánodos preferentemente monolíticos configurados geoméricamente (p. ej., rectangular, plano y similares), facilitando así su sustitución.

Según varias realizaciones de la presente invención, el módulo de cabezal de lámpara led UV puede incluir drivers led integrados. De esta manera, pueden usarse fuera de la placa de la fuente de alimentación de CA/CC diseñadas para "granjas de servidores" de alto volumen y puede llevarse un cable eléctrico de 12 V al módulo de cabezal de lámpara led UV (p. ej., un módulo de cabezal de lámpara led UV 200) en vez de ejecutar de forma remota la CC/CC y ejecutar un cable eléctrico de 5 V de mayor diámetro (menor ancho) al módulo de cabezal de lámpara led UV. En realizaciones en las cuales se emplean drivers led integrados de mayor densidad de potencia, estos pueden ser montados al cuerpo principal de la lámpara con un compuesto conductor térmico intermedio o un material de interfaz monolítica para transferir y/o disipar el calor residual de los montajes de drivers al cuerpo donde se transmite el calor residual por el mismo líquido refrigerante que enfría la matriz de led.

En algunas realizaciones, se emplean macroreflectores de fábrica y/o reemplazables en campo, los cuales pueden adaptarse para aplicaciones particulares al proporcionar diferentes características de funcionamiento (p. ej., alta irradiancia, altamente centrados, pocas distancias de trabajo para centrarse, largas distancias de trabajo, aplicaciones que requieran una gran profundidad de enfoque a la vez que mantengan una alta irradiancia, y aplicaciones de ángulo muy amplio e irradiancia más uniforme).

En la siguiente descripción, se explican numerosos detalles específicos para ofrecer una comprensión profunda de las realizaciones de la presente invención. Resultará aparente, sin embargo, a aquel experto en la materia que las realizaciones de la presente invención pueden llevarse a la práctica sin algunos de estos detalles específicos.

Particularmente, a pesar de que las realizaciones de la presente invención pueden ser descritas en el contexto de los sistemas led UV, las realizaciones de la presente invención no están tan limitadas. Por ejemplo, se contemplan las aplicaciones visibles e IR y se beneficiarían de las mejoras arquitectónicas descritas en esta invención. También, la variación en las longitudes de onda pueden usarse en el mismo dispositivo emisor de luz para imitar la salida de las lámparas de mercurio al usar dispositivos emisores de luz UV, A, B o C y dispositivos visibles y/o emisores de luz IR. La característica de alto factor de forma de las realizaciones de la presente invención también permite la intersalida de varias longitudes de onda a la par que se evitan los efectos de pixelación en la superficie de la pieza de trabajo, lo cual probablemente resultaría en efectos perjudiciales en el proceso. Además, según varias realizaciones, la longitud de onda mezclada con los macroreflectores ópticos no generadores de imágenes resultan en un haz de salida uniforme (no pixelado) desde una perspectiva tanto de densidad de potencia como de longitud de onda.

En aras de la brevedad, las realizaciones de la presente invención pueden ser descritas en el contexto de ledes con el lado del ánodo en la parte inferior, aquellos expertos en la materia reconocerán que el lado del ánodo podría estar

en la superficie superior y/o ambos contactos de ánodo y cátodo podrían estar en la parte superior o inferior. Como resultado, las referencias a las estructuras anódicas/catódicas en la presente invención podrían revertirse o no (o podrían ser neutrales eléctricamente) dependiendo de la implementación particular. De manera similar, pueden considerarse los ledes flip chip sin unión por hilo, chips led de sustrato conductor y de sustrato no conductor (como aquellos con epicapas en zafiro, nitruro de aluminio, silicio u óxido de zinc), matrices y/o dispositivos empaquetados. La epicapa podría seleccionarse de un grupo de nitruros, óxidos, silicios, carburos, fosfuros, arseniuros, etc.).

Terminología

A continuación se detallan breves definiciones de los términos empleados a lo largo de esta aplicación.

La frase "irradiancia media" generalmente se refiere al valor de irradiancia a través de la anchura de un patrón de haz de salida proyectado en una pieza de trabajo en la que el valor de irradiancia cae esencialmente a cero a cada lado del patrón de haz de salida. En realizaciones de la presente invención, a 2 mm de la ventana, un módulo de cabezal de lámpara led UV produce una irradiancia media de aproximadamente 32 W/cm² (rango 40-80 W/cm²). En realizaciones de la presente invención, a 53 mm de la ventana, un módulo de cabezal de lámpara led UV produce una irradiancia media de aproximadamente 6 W/cm² (rango 8-15 W/cm²).

Los términos "conectado", "emparejado", "montado" y términos relacionados se usan en sentido operacional y no limitan necesariamente a una conexión, emparejamiento o montaje directos.

La frase "soldadura por difusión" generalmente refiere a un procedimiento de unir metales similar a la soldadura pero que depende únicamente en que la superficie de uno se difunda con respecto al otro como medio de "soldadura". Por ejemplo, un proceso de unión por difusión generalmente puede unir capas de materiales sustancialmente similares al fijarlos juntos, algunas con un cultivo inhibidor de oxidación como el níquel, y subordinando las capas a temperaturas extremadamente altas de alrededor 1000 grados centígrados (rango 500-5000 grados centígrados), e intermezclando así molecularmente las superficies y formando un material sustancialmente monolítico en el que los granos son intermezclados y, a menudo, la línea de unión es indistinguible del material bruto, y las propiedades de los materiales unidos por fusión no difieren sustancialmente de los materiales a granel no unidos por difusión en términos de conductividad térmica y fuerza. La unión por difusión podría tener similitudes con la sinterización. Capas finas de enchapado en plata del tamaño de micrones también puede emplearse para facilitar la unión de las capas. Este último proceso puede tener algunas similitudes con la soldadura.

La frase "montado directamente" generalmente refiere a un montaje en el que no se introduce una capa que intervenga sustancialmente y/o obstruya térmicamente entre las dos cosas que se unen o fijan. En una realización, se monta una matriz de led en un sustrato de ánodo común provisto por una superficie del refrigerador de microcanal con una fina capa soldada. Esto es un ejemplo de lo que se pretende abarcar con la frase "directamente montado". Así, se consideraría que la matriz de led estaría directamente montada al sustrato de ánodo común. Ejemplos de capas obstructoras térmicamente incluirían la mayor parte del material de sustrato, aluminio, una película fina (dieléctrica o conductora), u otro material aparte de una capa fina de soldadura) introducidas entre las dos cosas que se unen o fijan.

La frase "alta irradiancia" generalmente se refiere a una irradiancia mayor de 4 W/cm². Según las realizaciones de la presente invención los niveles más altos de irradiancia que se pueden conseguir son aproximadamente diez veces los niveles de los sistemas de curado led UV más modernos actuales, a la par que se mantienen tanto una alta eficiencia como una mayor vida útil de los ledes. Como se describe más adelante, según varias realizaciones, la irradiancia de la pieza de trabajo está sustancialmente libre de una pixelación perjudicial y/o de los huecos que se encuentran en los sistemas de curado led UV actuales. Sin embargo, es preciso señalar que la mayoría de fabricantes de lámparas led UV miden el pico de irradiancia en la ventana, mientras que en varias realizaciones aquí descritas se mide en la superficie de trabajo. Las medidas tomadas en la ventana son esencialmente irrelevantes, pues la pieza de trabajo no está ubicada típicamente en la ventana.

La frase "matriz de led de alto factor de forma" generalmente se refiere a una matriz de led en la cual los leds están poco espaciados y exceden el 50 % (a menudo exceden el 90 %) del área superficial de la matriz de led. En una realización de la presente invención, los ledes de la matriz de led están espaciados menos de 20 micrones de borde a borde y en algunos casos, 10 micrones de borde a borde, con un rango de distancias borde a borde de 1-100 micrones (un espaciamiento de cero micrones podría considerarse para un led completamente monolítico). Se contemplan tanto ledes inorgánicos como sustancialmente orgánicos.

Las frases "en una realización", "de acuerdo con una realización" y similares generalmente se refieren a que una característica, estructura o característica que sigue a la frase está incluida en al menos una realización de la presente invención, y puede estar incluida en más de una realización de la presente invención, tales frases no se refieren necesariamente a la misma realización.

El término "irradiancia" generalmente refiere a la potencia radiante que llega a la superficie por superficie unitaria (p. ej. vatios o milivatios por centímetro cuadrado (W/cm² o mW/cm²).

La frase "dispositivo emisor de luz" generalmente se refiere a uno o más diodos emisores de luz (ledes) (emitiendo sustancialmente luz incoherente) y/o diodos láser (emitiendo sustancialmente luz coherente) sin importar si son emisores de borde o de superficie. En varias realizaciones de la presente invención, los dispositivos emisores de luz pueden ser empaquetados o ser dados desnudos. Un dado empaquetado refiere a un dispositivo que no solo consiste en el dado desnudo, sino que también consiste en un sustrato en el cual se monta el dado (normalmente, soldado) para facilitar los rastros para los caminos de corriente eléctrica de entrada y de salida, así como los caminos térmicos, y normalmente unos medios para unir a una lente y/o reflectores, un ejemplo de lo cual sería el Lexeon Rebel de venta por Philips, EE. UU. De acuerdo con una realización, los dados desnudos emisores de luz (p. ej. dados que hayan sido extraídos directamente de obleas que tengan uniones p-n por crecimiento epitaxial) son unidas (normalmente, soldadas) directamente (sin una capa adicional que obstruya térmicamente de manera significativa) a al menos una capa unida por difusión de un material de alta conductividad térmica (seleccionado del grupo cobre, Glidcop, BeO, AlN, Al₂O₃, Al, Au, Ag, grafito, diamante y similares), lo que es en sí mismo, en varias realizaciones de la presente invención, normalmente una capa de un laminado multicapa que forma una estructura monolítica de enfriamiento microcanal adheridas por difusión. El laminado tiene por qué necesariamente estar adherido por difusión, ya que el proceso de adhesión podría seleccionarse de entre soldadura, pegado, etc.

La frase "diodo emisor de luz" o el acrónimo led generalmente refiere a un dispositivo semiconductor que contiene una unión p-n (la unión entre un semiconductor tipo p y un semiconductor tipo n) diseñado para emitir específicas longitudes de onda estrechas en el espectro electromagnético mediante un proceso conocido como electroluminiscencia. En una realización, un led emite luz incoherente.

La frase "matriz de led de bajo factor de forma" generalmente se refiere a una matriz de led en la cual los leds están repartidos de forma dispersa y no exceden el 50 % área superficial de la matriz de led.

La frase "baja irradiancia" generalmente se refiere a una irradiancia de 20 W/cm² o menos. Los sistemas led UV clasificados con menos de 4 W/cm² típicamente no son suficientes para la mayoría de las aplicaciones de curado aparte del secado (p. ej., fijación de tinta).

El término "macroreflector" generalmente se refiere a un reflector que tiene una altura mayor o igual a 5 mm. En algunas realizaciones, los macroreflectores oscilan de 5 mm hasta 100 mm.

Si la especificación afirma que un componente o característica "puede" o "podría" estar incluido o tener una característica, ese componente particular o característica no es necesario que esté incluido.

La frase "irradiancia pico" generalmente se refiere al valor de irradiancia máxima en toda la anchura de un patrón del haz de salida proyectado en una pieza de trabajo. En realizaciones de la presente invención, a 2 mm de la ventana, un módulo de cabezal de lámpara led UV puede alcanzar una irradiancia pico de aproximadamente 84 W/cm² (rango 50-100 W/cm²). En realizaciones de la presente invención, a 53 mm de la ventana, un módulo de cabezal de lámpara led UV puede alcanzar una irradiancia pico de aproximadamente 24 W/cm² (rango 10-50 W/cm²).

Las frases "densidad de energía radiante", "densidad total de potencia de salida" o "densidad de energía" generalmente refieren a la energía que llega a la superficie por superficie unitaria (p. ej., julios o kilojulios por centímetro cuadrado (J/cm² o mJ/cm²)).

El término "sensible" incluye completa o parcialmente sensible.

La frase "potencia total de salida" generalmente se refiere a la potencia agregada en W/cm de la longitud del patrón del haz de salida. De acuerdo con una realización, a 2 mm de la ventana, la potencia total de salida es de aproximadamente 20,5 W por cm de longitud del patrón del haz de salida, producida por cada módulo de cabezal de lámpara led UV. De acuerdo con una realización, a 53 mm de la ventana, la potencia total de salida es de aproximadamente 21,7 W por cm de longitud del patrón del haz de salida, producida por cada módulo de cabezal de lámpara led UV.

La frase "irradiancia ultra alta" generalmente se refiere a una irradiancia mayor de 50 W/cm² en una pieza de trabajo. En una realización, un módulo de cabezal de lámpara led UV puede alcanzar una irradiancia pico mayor de 100 W/cm² en pequeñas distancias de trabajo (p. ej., ~2 mm). En vista del rápido avance en la potencia y eficiencia de los ledes, resulta razonable esperar las irradiancias pico alcanzables que mejoren por más de un orden de magnitud en las décadas venideras. Como tal, algunas de las aplicaciones de la irradiancia alta de hoy en día se conseguirán con las matrices led enfriadas por aire y otros, con esta alta irradiancia, se beneficiarán de o les permitirá curas más rápidas, más fuertes y más completas y/o usar menos fotoiniciador. También es única en el contexto de varias realizaciones de la presente invención la capacidad de ofrecer tanto irradiancia pico ultra alta como irradiancia media ultra alta, irradiancia total ultra alta (dosis) y concentración de la dosis (en comparación con la técnica anterior) que se entrega a la pieza de trabajo.

La frase "proceso de curado UV" generalmente se refiere al proceso en el cual un fotoiniciador (FI) absorberá la luz

UV primero, provocando que vaya a un estado de excitación. Del estado de excitación, el FI se descompondrá en radicales libres (lo cual luego empieza una fotopolimerización). Sin embargo, siempre existe cierta cantidad de oxígeno (1-2 mM) en la formulación. Por lo tanto, los radicales libres iniciales de la fotodescomposición del FI reaccionarán con el oxígeno primero, en lugar de reaccionar con la doble unión del monómero (típicamente un acrilato), ya que la tasa de reacción del radical libre del FI con el oxígeno es de alrededor 10⁵ a 10⁶ más rápido que el de las dobles uniones del acrilato. Además, en las etapas tempranas del curado UV, el oxígeno en el aire también se difundirá en la película curada y también reaccionará con el FI, lo que resulta en una inhibición significativa del oxígeno. Solo después de que el oxígeno presente en las películas UV curables se haya consumido puede tener lugar la polimerización fotoiniciada. Por lo tanto, para superar la inhibición de oxígeno, se requiere una gran cantidad de radicales libres en la superficie de la película curada en un periodo de tiempo muy pequeño, p. ej. se requiere una fuente de luz UV de alta intensidad. La absorción de intensidad de luz UV para una formulación particular depende de la longitud de onda de la luz UV. Matemáticamente, la intensidad de luz UV absorbida (I_a) es dada por $I_a = I_0 \times [F_i]$ donde I_0 es una intensidad de luz UV desde una fuente de luz UV y $[F_i]$ es la concentración del fotoiniciador. En los mismos niveles $[F_i]$, aumentar 10 incrementará I_a y por lo tanto reducirá así la inhibición de oxígeno. Dicho de otra forma, al emplear una fuente 10 de alta luz puede usarse menos $[F_i]$, lo cual es típicamente la parte más costosa de la formulación. La absorción de luz UV sigue la conocida Ley de Lambert Beer. Una (absorción) = $r \cdot c \cdot d$ donde r es la extinción de F_i o coeficiente de absorción, c es la concentración de F_i y d es el grosor de la muestra (película que va a ser curada). Como se aprecia en la tabla a continuación, la eficiencia de la absorción de luz del FI varía ampliamente con la longitud de onda. En este caso, a 254 nm, la eficiencia de absorber luz es 20 veces mayor que a 405 nm. Por lo tanto, si la intensidad de luz led UV a 400 nm puede producirse a 100 veces la potencia del curado típico en longitudes de onda más cortas ($\sim 100 \text{ W/cm}^2$), la diferencia en la eficiencia del fotoiniciador en la absorción de luz puede reducir la inhibición de oxígeno.

1,95 X 10⁴ a 254 nm,

1,8 X 10⁴ a 302 nm,

1,5 X 10⁴ a 313 nm,

2,3 X 10³ a 365 nm,

8,99 X 10² a 405 nm,

Las FIGS. 2A-C proporcionan vistas isométricas, frontales y laterales, respectivamente, de un módulo de cabezal de lámpara led UV 200 con brillo ultra alto de acuerdo con una realización de la presente invención. De acuerdo con una realización, el módulo de cabezal de lámpara led UV con brillo ultra alto produce una irradiancia ultra alta. El módulo de cabezal de lámpara led UV 200 con brillo ultra alto puede usarse, entre otras cosas, para polimerizar o curar tintas, revestimientos, adhesivos y similares. Dependiendo de la aplicación, un sistema de curado UV (un sistema led de emisión UV) (no mostrado) puede formarse comprendiendo uno o más de los módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 y otros componentes, incluyendo, pero sin estar limitado a, controladores de led (internos o externos al módulo de cabezal de lámpara led UV 200), uno o más sistemas de enfriamiento, uno o más sistemas de fuente de alimentación CA/CD principales (p. ej., de venta por Lineage, EE. UU. o Power-One, EE. UU. que son aproximadamente 90 % eficientes (o más) y pesan alrededor de 1 kg), uno o más módulos de control, uno o más cables y uno o más conectores (no mostrados).

De acuerdo con una realización, el alto brillo del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 permite un rango de posibles propiedades óptimas del haz de salida (no ilustrado) incluyendo: anchura reducida (p. ej. $\sim 65 \text{ cm}$ (rango 1 a 2 cm)) con alta densidad de potencia (p. ej. $\sim 20,5 \text{ W}$ por cm de longitud del patrón del haz de salida (rango 10-30 W), anchuras más amplias (p. ej. $\sim 3,65 \text{ cm}$ (rango 3 a 10 cm) con mayor profundidad de foco, o distancias de trabajo cortas o largas (con o sin mayor profundidad de foco), o incluso patrones del haz de salida con ángulo amplio/gran superficie (con o sin mayor profundidad de foco). Los patrones de haz de salida con irradiancia homogénea en todo el ancho del patrón del haz (así como la longitud del haz) pueden considerarse.

Como se expone más adelante, según realizaciones de la presente invención, el alto brillo resulta de una matriz de led (no mostrada) con factor de forma alto (en exceso de 50 % y a menudo en exceso de 90 %) y de que la matriz de led sea operada a altas densidades de energía eléctrica, lo que resulta en un haz de salida de alta irradiancia. Las densidades de energía eléctrica altas resultan en densidades térmicas altas (debido a las pérdidas en la conversión eléctrica a óptica) que son gestionadas de manera efectiva a través de varias metodologías nuevas que se describen en detalle a continuación.

En última instancia, el módulo de cabezal de lámpara led UV 200 pretende reemplazar no solo las lámparas led UV actuales, sino también las lámparas de mercurio actuales, debido a la alta irradiancia única y a las propiedades ópticas y flexibles del haz de salida que permite una fuente de alto brillo. El módulo de cabezal de lámpara led UV 200 también es considerado como una "tecnología verde" puesto que no contiene mercurio y también es muy eficiente eléctricamente. Esta eficiencia deriva en parte de la eficiencia inherente de los ledes comparados con las lámparas que contienen mercurio, pero también deriva en parte de las metodologías de enfriamiento (las cuales se

describen más adelante, que proporcionan una resistencia térmica muy baja entre las uniones led y el líquido refrigerante (introducido en el módulo de cabezal de lámpara led UV 200 mediante un tubo de enfriamiento de entrada 203 y evacuado del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 mediante un tubo de enfriamiento de salida 204), al crear temperaturas de unión bajas que necesitan de una operación altamente eficiente de los dispositivos led.

En esta representación, se ilustran una carcasa 202 y unos reflectores 201 del módulo de cabezal de lámpara led UV 200. Según varias realizaciones, la carcasa 202 del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 mide aproximadamente 80 mm de largo por 38 mm de ancho x 125 mm de alto. La longitud del nuevo reflector fácilmente intercambiable y sustituible en campo 201 que se ha elegido para una aplicación dada estaría sustancialmente en el rango de decenas a cientos de milímetros de largo, pero tales reflectores miden típicamente alrededor de 10 mm de largo y proporcionan distancias de trabajo en el rango de 0-1000 pero más típicamente de 2 mm a 53 mm.

Según realizaciones de la presente invención, el módulo de cabezal de lámpara led UV 200 está diseñado para usarse solo o en serie en combinación con uno o más módulos de cabeza de lámpara led UV. Como se describe más adelante, múltiples módulos de cabeza de lámpara led UV 200 son fácilmente configurados en serie de una cabeza (módulo) (p. ej., 80 mm) hasta quizás 100 cabezas (módulos), por ejemplo, con una longitud de 8000 mm. Múltiples módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 también podrían configurarse en serie en anchura. De acuerdo con una realización, una característica única de una combinación en serie de un módulo de cabezal de lámpara led UV 200 es que el haz de salida no contiene una pérdida discernible de irradiancia en cada punto de superficie en el que las cabezas (módulos) son unidas unas con respecto a otras en serie de extremo a extremo para crear un patrón de haz de salida largo en la superficie de la pieza de trabajo incluso en aplicaciones de distancias de trabajo cortas (p. ej., ~2 mm).

Como se describe en más detalle a continuación, en una realización, el reflector 201 es intercambiable de fábrica y preferiblemente también sustituible en campo. El reflector 201 puede ser hecho a máquina de aluminio y abrillantado, fundido, metálico o polimérico extruido, etc., o de moldeo por inyección. El reflector 201 podría tener revestimientos de plata y podría tener un apilamiento dieléctrico de revestimientos. El reflector 201 podría tener un revestimiento dieléctrico de una única capa protectora usando los procesos de deposición (p. ej., ALD, CVD, pulverización, evaporación, sol-gel). El reflector 201 podría ser abrillantado de forma mecánica o electrolítica. Se contempla que múltiples módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 se necesiten colocar con frecuencia de extremo a extremo en aplicaciones de larga longitud, como en las impresiones de gran formato. En estos casos, es conveniente que el haz protegido y/o centrado creado por el reflector 201 tenga una irradiancia casi uniforme a lo largo de todo el camino del haz, especialmente en las áreas entre los módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 y/o matrices led, para que los revestimientos, tintas, adhesivos, etc. de la pieza de trabajo sean curados uniformemente. Cabe señalar que, debido a las altas irradiancias proporcionadas por las realizaciones de la presente invención, los revestimientos y tintas etc. pueden tener sustancialmente menos fotoiniciador en ellas o nada y curar de forma similar que el E-beam en que se suministra energía electromagnética en una dosis suficiente para curar el material sin la ayuda de ningún fotoiniciador apreciable.

En varias realizaciones, la irradiancia de los módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 puede superar los 100 W/cm² en aplicaciones de distancias de trabajo cortas (p. ej., ~2 mm) como en la impresión de inyección, hasta un exceso de 25 W/cm² en aplicaciones de distancias de trabajo largas (p. ej., 50 mm), como en el curado de revestimientos transparentes. De acuerdo con una realización, las anchuras del haz pueden variar, para reunir una variedad de aplicaciones y condiciones operativas, de alrededor 1 mm de ancho hasta 100 mm de ancho o más, y la longitud, como se manifestó con anterioridad puede ser tan corta como el ancho de una cabeza de lámpara (módulo) (p. ej. 80 mm) hasta un largo de 100 cabezas (módulos) (p. ej., 8000 mm). Cabe señalar que la longitud del haz podría ser menos que la longitud del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 si los reflectores de enfoque o los ópticos son empleados así para influir en la forma de este haz. También se contemplan ópticos externos de refracción o defractivos. Dependiendo de la implementación particular, la longitud del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 podría oscilar de decenas a cientos de milímetros de longitud. Los ledes podrían oscilar entre aproximadamente 300 mm² hasta 4 mm² o más y podrían ser rectangulares, estar orientados en largas hileras únicas, largas hileras múltiples o monolíticas.

Según realizaciones de la presente invención, la eficiencia de la matriz de led 330 a menudo supera el 10-20 % y la eficiencia global del sistema (incluyendo el intercambiador de calor o el enfriador, bomba y pérdidas de suministro eléctrico, supera a menudo el 5-10 %).

Volviendo brevemente al tubo de enfriamiento de entrada 203 y el tubo de enfriamiento de salida 204, estos pueden estar contruidos, por ejemplo, en poliuretano extruido, vinilo, PVC (de venta por Hudson Extrusions, EE. UU.) y similares y podría tener ~5/16 pulgadas de DI y ~7/16 pulgadas de DE. En una realización, los tubos 203 y 204 son de poliuretano con una fuerza tensil alta y poca absorción de humedad. Los accesorios para tubos de Swagelok, EE. UU., o los accesorios de John Guest, EE. UU., pueden utilizarse. Dependiendo del entorno de uso, podría ser preferible utilizar más de un tubo de enfriamiento de entrada 203 y un tubo de enfriamiento de salida 204, como posiblemente ~4 líneas de entrada más pequeñas y ~4 líneas de salida más pequeñas (no ilustrado). Esto podría resultar en una unidad menos problemática con radios de curvatura más pequeños y podría permitir un flujo

refrigerante distribuido de forma más equilibrada por medio del enfriador por microcanal (no ilustrado); no obstante, los canales de entrada y de salida principales profundos (no ilustrados) dentro del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 prácticamente eliminan los gradientes de presión en el punto de entrada de y el punto de salida desde los canales del enfriador por microcanal preferibles (no ilustrados). En una realización, el líquido refrigerante entra en el módulo de cabezal de lámpara led UV 200 a través del tubo de enfriamiento de entrada 203 a entre 1-100 PSI y preferiblemente entre aproximadamente 15-20 PSI a una temperatura de entre 5-50 grados centígrados y preferiblemente a alrededor de 20 grados y sale a través del tubo de enfriamiento de salida 204 a una temperatura de entre 10-100 grados centígrados y preferiblemente a una temperatura de aproximadamente 24 grados centígrados.

De acuerdo con una realización, el calor residual desde varios componentes internos (p. ej., las placas de circuito impreso conductoras de led y las matrices led) del sistema de curado UV pueden disiparse en el cuerpo de la lámpara (no ilustrado) y transportados por el líquido refrigerante a un termocambiador y/o enfriador. Un enfriador ejemplar está a la venta por Whaley, EE. UU. En una realización, el enfriador utiliza un compresor scroll altamente eficiente (de venta por Emmerso, EE. UU.). Dependiendo del modelo de uso, el enfriador puede ser de la variedad "split" en el que el depósito, la bomba, el evaporador y los controles están ubicados dentro de un edificio que alberga el sistema de curado UV, y el resto de los componentes, como el compresor scroll, el ventilador, el condensador etc. están alojados fuera del edificio (p. ej., en el techo o en el lateral del edificio). Cabe destacar que muchos o todos los elementos termocambiadores o enfriadores pueden ser operados en serie o en paralelo o una combinación de ambos para uno o más módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 y/o componentes de suministro. A modo de ejemplo, un enfriador grande podría emplearse para múltiples sistemas de curado UV que tengan uno o más rellenos y/o depósitos. Un elemento termocambiador ejemplar para agua a aire está a la venta por Lytron, EE. UU. Cualquier solución de refrigeración podría usar una construcción de bypass con el fin de que la presión o velocidades de flujo distintas puedan atravesar el evaporador y el refrigerador por microcanal de forma simultánea.

De acuerdo con una realización, el líquido de refrigeración (refrigerante) está compuesto de agua. El refrigerador puede también incluir uno o más inhibidores bioincrustantes, antifúngicos, inhibidores de corrosión, materiales anticongelantes (p. ej. glicol) y/o nanopartículas (p. ej. alúmina, diamante, cerámica, metal (p. ej. nanocobre), polímero u otra combinación) para una transferencia de calor mejorada, y el sistema de refrigeración contendría contactores de membrana, getters de oxígeno y filtros micron. Las nanopartículas, como el titanio, se agitan por medio de la energía de lámpara UV con el propósito doble de mejorar su conductividad termal y/o transferencia de calor y, debido al proceso de foto fenton que ocurre como resultado, la eliminación de materiales biológicos como los hongos, etc. Los contactores de membrana reducen de forma efectiva el CO₂ en el agua y ayudan a mantener niveles de pH óptimos para una resistencia de corrosión óptima de las superficies de microcanal de cobre.

En una realización, una bomba de paleta deslizante (disponible por medio de Fluidotech, Italia) puede utilizarse. Tiene una velocidad de flujo mayor que ~4 galones por minuto y una presión que asciende a ~60 PSI. Esta velocidad de flujo es apta para la arquitectura del refrigerador por microcanal que se describe en relación con varias realizaciones de la presente invención (p. ej. conexión serial de 4 o más módulos de cabezal de lámpara led UV 200). La bomba es también muy silenciosa, compacta, de larga duración y eficiente, ya que solo consume ~25KW. En varias realizaciones, bombas refrigerantes redundantes pueden utilizarse para reducir las oportunidades de que haya un único punto de avería. La velocidad de flujo media puede ser aproximadamente de ,75 galones por minuto (desde ,1 a 10 galones por minuto) por cabeza de lámpara.

Las **FIGS. 3A-B** proporcionan vistas en sección del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 de la **FIG 2A**. De estas vistas, puede observarse que se monta una capa de reflector óptico 350 que comprende un reflector 201 en un cuerpo 305 incluido en una cubierta 202. De acuerdo con una realización, el cuerpo 305 está construido en bronce o un material dieléctrico de polímero (p. ej. PEEK, Torlon, LCP, acrílico; policarbonato, PPS potencialmente rellenos con rellenos, como grafito, cerámica, metales, nanotubos de carbón, grafeno, copos nanométricos o micrométrico, tubos, fibras, etc.). Algunos de estas resinas de relleno están disponibles por Cool Polymers of North Kingstown, RI. El cuerpo de lámpara 305 puede mecanizarse con un fresado de 5 ejes o moldeado por inyección. Alternativamente, el cuerpo 305 puede moldearse por medio de inyección y, de forma opcional y secundaria, molerse o taladrarse. Como se describe más adelante, se pueden montar varios componentes al cuerpo 305 de forma directa o indirecta; estos componentes incluyen, entre otros, la cubierta 202, el reflector 201, matriz de led 330, el refrigerante por microcanal (preferiblemente como parte del sustrato de ánodo común para la matriz de led 330), garfios de cátodo 321 y la carrocería de ánodo 215a-b, y una o más placas de circuitos impresos (PCB, por sus siglas en inglés) 310, que serían preferiblemente PCB de núcleo de metal (MCPCB) y la carrocería de ánodo 315-ab podría servir como el núcleo de metal de los MCPCB (también conocido como placa base de ánodo común).

En el presente ejemplo no limitativo, el cuerpo 305 tiene en su interior un canal principal de entrada de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 y un canal principal de salida de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 361; ambos recorren lo largo del cuerpo 305. El canal principal de entrada de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 tiene comunicación fluida con el tubo de refrigeración de entrada 203 mediante una primera entrada de refrigerante (no ilustrada) formada en la base del cuerpo 305. El canal principal de salida fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 361 tiene comunicación fluida con el tubo de refrigeración de salida 204 mediante una segunda entrada de refrigerante (no ilustrada) formada en la base del cuerpo 305. Los canales 360 y 361 tienen un tamaño tal

que el refrigerante fluye sustancialmente uniformemente a través de un refrigerador por microcanal (no ilustrado) dispuesto entre medio. En una realización, las entradas de refrigerante primera y segunda pueden estar en extremos opuestos a la base del cuerpo 305 enfrentadas uno respecto de la otra, escalonadas o alguna combinación de las mismas para facilitar el fluido uniforme del refrigerante desde el canal de entrada del líquido refrigerante del cuerpo de lámpara 360 al canal de salida del líquido refrigerante del cuerpo de lámpara 361 a lo largo del refrigerador por microcanal. En realizaciones alternativas, pueden emplearse múltiples canales de entrada del líquido refrigerante del cuerpo de lámpara y múltiples canales de salida del líquido refrigerante del cuerpo de lámpara.

En una realización, el equilibrio de flujo a lo largo del refrigerador por microcanal se consigue al diseñar los múltiples canales de entrada de refrigerante primarios y de salida que circulan paralelamente al eje longitudinal de la matriz de led 330 para que alcancen una pérdida de presión que sea casi homogénea a lo largo de su longitud al extender la profundidad del canal a un punto que la presión diferencial del refrigerante cerca de la cumbre del canal (refrigerador por microcanal más próximo (no ilustrado)) haya alcanzado un punto de casi homeostasis a lo largo de toda la longitud del canal al separarse del puerto de entrada, o convergiendo al puerto de salida por medio de un canal muy profundo. En otras palabras, los extremadamente profundos canales 360 y 361 dan al refrigerante tiempo suficiente, resistencia hidráulica y arrastre superficial para que se extienda a lo largo de la longitud del refrigerador por microcanal y consiga una pequeña presión diferencial cerca de la cima de cada canal resultando así en un flujo equilibrado a través de cada microcanal bajo la matriz de led 330.

De acuerdo con una realización, los componentes de ensamblaje de las PCB del conductor led 310 incluyen, pero no se limitan a, CI controlados por los controladores de led (no ilustradas, las cuales también podrían formar parte del sistema convertidor de CD/CD), los FET 312 (transistor de efecto campo, del inglés *Field-Effect transistor*), puertas (no ilustradas), inductores 311, condensadores (no ilustrados), resistores (no ilustrados) y barras colectoras catódicas 304a-b. Como se indica anteriormente, en una realización, las PCB de controladores de led 310 son capas de película metálica (p. ej., cobre)/dieléctrica en un sustrato de metal (núcleo) (p. ej., las PCB de núcleo de metal) (de venta por Cofan, Canadá) y emparejadas (p. ej., fijadas mediante tornillos) al cuerpo 305 con un compuesto de conducción térmico que interviene con el fin de disipar el calor residual de los conjuntos de controladores en el cuerpo 305 donde es transportado por el flujo del refrigerante a través del canal principal de entrada de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 y el canal principal de salida de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 361. En el presente ejemplo, los canales 360 y 361 se extienden lo suficientemente profundos en el cuerpo 305 para enfriar el área sustancialmente bajo las FET 312 y los inductores 3011, donde se genera una cantidad significativa de calor residual. Pueden usarse vías para conectar eléctricamente las capas de película metálica multicapas.

En una realización, las PCB del conjunto de controladores de led 310a-b, que contienen componentes eléctricos de montaje superficial y otros componentes semiconductores son al menos un 90% eficientes. Los CI de controladores de led altamente eficientes y capaces de alta corriente (no ilustrados) están a la venta por National Semiconductor EE. UU. (p. ej., pieza LM 3434 o LM 3433 o sustancialmente equivalente). Linear y Maxim, EE. UU. también hacen piezas similares. Los CI de controladores de led (no ilustrados) son dispositivos que contienen uniones p-n semiconductoras, preferiblemente de base de silicón que permiten la conversión de una entrada de mayor voltaje / menor corriente a un voltaje menor y mayor corriente susceptibles a las condiciones de los controladores de led de alta corriente deseadas en varias realizaciones de la presente invención. También puede emplearse PWM.

Los ledes individuales o grupos de led de la matriz de led 330 son dirigidos por los segmentos correspondientes de las PCB de controladores de led 310a-b. Por ejemplo, 4 grupos de 17 ledes por cada lado del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 impulsados a aproximadamente 3 A (rango 5 a 30 A) por led y aproximadamente 4,5-5V (rango 2-10V), en tal realización, la matriz de led 330 comprende 68 ledes en 2 filas de ledes (136 en total) con grupos de ledes opuestos impulsados eléctricamente y/o controlados por los correspondientes CI de controladores de led a alrededor de 3A por led resultando en aproximadamente 2 kW de entrada por módulo de cabezal de lámpara led UV 200. Otro ejemplo no limitativo sería 16 ledes en 15 grupos x2, los cuales pueden ser impulsados a aproximadamente 4 V y 40 A por grupo (rango 1-10 V y 1-500 A) y tiene una entrada de solo 12V aproximadamente en las PCB de controladores de led 310a-b.

En algunas realizaciones, debido a la alta eficiencia de los componentes eléctricos de montaje en superficie y otros componentes de semiconductor, pueden construirse PCB de núcleo de metal (MCPCB) personalizadas de tal forma que puedan fijarse, preferiblemente por medio de tornillos u otros medios, a los laterales del cuerpo 305, y pueden asimismo refrigerarse por medio de conducción mediante el material de interfaz y hacia el cuerpo 305 térmicamente conductivo. El calor residual se eliminaría mediante el transporte convectivo del flujo refrigerante a lo largo del cuerpo 305. Por ejemplo, dos PCB de controladores de led 310a-b, uno en cada lateral del cuerpo 305, pueden construirse en una gruesa placa de núcleo de cobre de 2,5 milímetros (rango de 1-10 milímetros) con capas de material dieléctrico termalmente conductivo de aproximadamente 4-12 milímetros. En una realización, capas dieléctricas con conducción altamente termal se interponen entre capas de metal de cobre (p. ej. folios de cobre de 1-4 onzas) de las PCB de controladores de led 310a-b que están fijadas al cuerpo 305. Cada PCB de controladores de led 310a-b (p. ej. x2) puede tener segmentos catódicos eléctricamente aislados correspondiendo a las ubicaciones de los 4 grupos de leds aislados por secciones de circuitos flexibles (4 de ellos se ilustran en la vista detallada de la ilustración 6; dos de ellos están impulsados por PCB de controladores de led 310a-b contrarios). En una realización, las PCB de controladores de led 310a-b y las secciones de circuitos flexibles están dispuestas en

ortogonal entre sí. Otro ejemplo no limitativo es que cada lado del cuerpo 350 tiene una PCB de controladores de led 310a-b pegada a cada lado con 4 CI de controladores de led ubicados en cada PCB (8 CI de controladores de led en total, que en suma pueden ser impulsados hasta alrededor de 2kW o más (p. ej., 80 mm de largo) por cada módulo de cabezal de lámpara led UV 200). De nuevo, al fijar las PCB de controladores de led 310 a los lados del cuerpo 305, el calor residual de la PCB de controladores de led 310a-b puede disiparse en el cuerpo 305 y transportado por el flujo refrigerante al termocambiador o enfriador. En una realización, una grasa térmicamente conductora u otro compuesto puede ser colocada entre las PCB de controladores de led 310a-b y el cuerpo 305. En realizaciones alternativas, las PCB de controladores de led 310a-b podrían añadirse al cuerpo 305 de una manera no eficiente térmicamente y ser enfriados mediante ventiladores.

De acuerdo con una realización, una capa de sustrato de ánodo común 317 es sujetado entre las pinzas de cátodo 320a-d y la barra colectora de ánodo 315a-b. Un ánodo monolítico común en forma de U está formado por un cuerpo colector de ánodo 315a-b (los cuales están sustancialmente paralelos entre sí) y la capa de sustrato de ánodo común 317 (la cual está sustancialmente ortogonal al cuerpo de ánodo colector 315a-b). En otra realización, el sustrato de ánodo común 117 y el cuerpo colector de ánodo 315a-b puede formar un ánodo común monolítico con forma rectangular o cuadrada.

En una realización, una superficie de pinzas de cátodo 320a-d y 321a-d es sustancialmente paralela a la parte del cátodo del sustrato de ánodo común 371 y otra superficie es sustancialmente paralela a una superficie superior de la PCB del controlador de led 310a-b, permitiendo así a ambas partes hacer contacto eléctrico entre estas dos capas. A continuación se proporcionan más detalles con relación al conjunto que forma la capa de sustrato de ánodo común 317, incluido el mecanismo de montaje para pegar las pinzas de cátodo 320a-d 321a-d, el cuerpo colector 315a-b.

En el presente ejemplo, el reflector 201 es grande (macro: p. ej. decenas de milímetros de alto), modular, de estructura reflectora sin imágenes que tiene una parte media 352 significativamente más ancha que cualquiera de las aperturas de entrada 351 o de salida 353. Tal estructura es adecuada para las aplicaciones de impresión en las que poca distancia de seguridad (p. ej., 2 mm) desde la pieza de trabajo al reflector 201 y alta irradiancia (p. ej., mayor que $\sim 50 \text{ W/cm}^2$) son beneficiosas para una velocidad de proceso, dureza de la cura e integridad de la cura (libre de pegado) altas.

En una realización, el reflector 201 captura y controla aproximadamente el 90 % o más (rango 50-99 %) de la luz emitida por la matriz de led 330 y cada mitad del reflector elongado 201 es una elipse que tiene un punto focal en el lado opuesto de la línea central de patrón óptico proyectado en la pieza de trabajo, con el resultado del incremento del pico de irradiancia sobre un enfoque de diseño del punto focal compartido tradicional (a lo largo del haz central proyectado). Las elipses compuestas u otras formas parabólicas compuestas también pueden contemplarse. En una realización, los reflectores 201 están diseñados para tener una alta extensión angular de aproximadamente 80 grados (rango 45-90 grados)

Las realizaciones de la presente invención buscan producir una cura de alta calidad (p. ej., del 100 % o casi) al producir tanto una irradiancia pico alta y una potencia total de salida alta (p. ej., aproximadamente de 184 W por módulo de cabezal de lámpara led UV 200) ya que los fotoiniciadores pueden ser tóxicos (y costosos) y las tintas, revestimientos o adhesivos no curados no son deseables. Como se mencionó anteriormente, la alta irradiancia resulta en materiales curados de forma más rápida, profunda y más fuerte. Consecuentemente, las realizaciones de la presente invención buscan alcanzar los niveles más altos de irradiancia que son aproximadamente diez veces (o más) los niveles descritos en los sistemas de curado led UV (y lámparas de mercurio) más modernos actuales, a la par que se mantienen tanto una alta eficiencia como una mayor vida útil de los ledes.

De acuerdo con una realización, el reflector 201 puede sustituirse en fábrica fácilmente y preferiblemente puede sustituirse en campo, de tal forma que permita que otros reflectores se fijen al cuerpo 305 del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 para diferentes usos; esto podría cumplir con diferentes objetivos/parámetros del proceso. En el presente ejemplo, el reflector 201 se muestra como un reflector elíptico con una construcción de dos partes, donde los dos componentes principales son los lados contrarios de una o más elipsis. El reflector 201 puede hacerse en un fresado de cinco ejes para luego pulirse con pulidor de diamante o puede ser un metal extraído y posteriormente pulido, o puede ser un polímero extraído sin la necesidad de pulirse posteriormente debido a que se pulió con anterioridad la cavidad de molde/matriz de extrusión. Como se describe anteriormente, el reflector 201 puede tener diseño modular, de tal forma que una aplicación, como el curado de tinta en un sustrato plano que requiere una "línea" de rayo focal delgada proyectada de alta irradiancia (densidad de potencia de salida) podría necesitar un tornillo en un reflector generador de líneas de ultra alta intensidad (no ilustrado); una aplicación en un sustrato tipológico rugoso que requiere una mayor profundidad de campo podría requerir un par de reflectores (no ilustrado) diseñado específicamente para esta mayor profundidad del campo (o mayor profundidad de enfoque) que es fácilmente intercambiable con el par de reflectores de alta intensidad al simplemente desatornillar el par de reflectores anterior y atornillando el nuevo par de reflectores en su sitio según se describe más adelante. De la misma forma, un par de reflectores puede configurarse específicamente para una mayor distancia de funcionamiento con alta intensidad o una mayor distancia de funcionamiento con un patrón de rayos de área amplia y de suave intensidad en la pieza. Pueden utilizarse pasadores de fijación entre el reflector 201 y la capa de sustrato de ánodo común 317.

En una realización, la superficie interna del reflector polimérico moldeado 201, preferiblemente inyectado, es una capa de acero depositada al vacío con un recubrimiento protector de ALD (del inglés *atomic layer deposition*, depósito de capas atómicas), resistente a la corrosión debido a que el proceso AL no requiere orificios. La capa de plata puede depositarse por medio de varios procesos de depósito (p. ej. ALD, CVD, pulverización, evaporación, sol-gel). Dado que el policarbonato es una resina de reflector polimérico barata, una barrera de vapor ha de situarse en el policarbonato antes de depositar la plata, con tal de que el lado de la capa de plata frente al sustrato de reflector polimérico no permita que el vapor corrosivo (o sus moléculas) corroyan la plata desde dentro. Pueden tenerse en cuenta las resinas permeables de bajo vapor (p. ej. E48R (Zeon Chemicals, EE. UU.)). Adicionalmente, pueden considerarse las barreras de vapor (p. ej. cobre, capas de óxido ALD) y pueden depositarse en el reflector antes de aplicar las capas de plata o aluminio. El recubrimiento dieléctrico ALD se selecciona del grupo de óxidos (p. ej. Al_2O_3) o fluoruros (p. ej. MgF_2) o alguna combinación entre los dos. Alternativamente, una capa de alta reflexión en el reflector 201 puede ser una capa de aluminio con recubrimiento dieléctrico en un reflector polimérico moldeado mediante inyección. La capa dieléctrica sería preferiblemente un fluoruro de magnesio de una única capa o dióxido de silicona ajustado para el máximo nivel de reflectividad en la onda de longitud que mejor corresponda a la aplicación. Un apilamiento dieléctrico basado en interferencia óptica puede utilizarse para cualquiera de las configuraciones anteriormente mencionadas para incrementar la irradiancia máxima en el rango de longitud de onda seleccionado.

Las realizaciones de la presente invención pueden utilizar óptica secundaria (no ilustrado) para el control de los rayos y/o una ventana (p. ej. un lente) 350 que tiene una capa antirreflejo (AR, por sus siglas en inglés). La capa AR sería preferiblemente una capa BAAR (del inglés, *broad angle antireflective*, anti-reflexivo de ángulo amplio), ya que los ángulos emitidos de la apertura de salida 353 pueden exceder los 45 grados, debido a que ángulos así de altos recibirían reflejos significativamente perjudiciales de la superficie de la ventana si no se usara la capa BAAR. El acrílico resistente a niveles altos de UV, usado en camas de bronceado, podría utilizarse, pero el vidrio borosilicato es preferible para la ventana 340 y la óptica secundaria en una realización, un soporte de ventana 341 fija la ventana 340 según se describe más adelante. De acuerdo con una realización, una junta tórica (no ilustrada) se sitúa entre la ventana 340 y el reflejo 201. En una realización, la cubierta externa del reflector 201 puede moldearse por inyección. En varias realizaciones, un gas inerte o esferas en microporoso (disponibles en Zeolite, EE. UU.) pueden usarse para controlar el vapor del agua. Este vapor puede representar un problema para la longevidad del led si no se utilizan encapsulantes para los ledes. La tecnología punta presente no permite que un encapsulante de ledes (como la silicona de alta pureza) se utilice, ya que el amarillamiento de las energías de fotón alta de las longitudes de onda UV cortas es un problema. Los encapsulantes de silicona de Schott (Alemania) con bajo contenido de carbón son los encapsulantes existentes reconocidos como los que menos amarillean actualmente.

Con el propósito de medir la distancia de la ventana 340 a la superficie de la pieza de trabajo, se entiende que la ventana 340 tiene una superficie interior (más cercana a la superficie de la matriz de led 330) y una superficie exterior (más cercana a la superficie de la pieza de trabajo). Aquí, las distancias a la pieza de trabajo son generalmente medidas con respecto a la superficie exterior de la ventana 340.

La **FIG. 3C** es una vista de despiece isométrico superior del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 de la **FIG. 2A**. Según el presente ejemplo, la potencia eléctrica es suministrada al módulo de cabezal de lámpara led UV 200 mediante un cable catódico 205 y un cable anódico 206, los cuales a su vez están emparejados a la placa transversal catódica 375 y a la placa transversal anódica 376, respectivamente. En el presente ejemplo, las placas transversales 375 y 376 ambas incluyen estructuras tubulares ortogonales a sus superficies superiores para aceptar los cables correspondientes 205 y 206 mediante conexiones preferiblemente soldadas. La placa transversal catódica 375 es más ancha que la placa transversal anódica 376, con el fin de aportar una conexión eléctrica con las carrocerías catódicas 304a-b, que a su vez están acopladas a la superficie frontal de las PCB de controladores de led 310a-b, que son generalmente capas catódicas separadas por dieléctricos y, en última instancia, separadas del cuerpo de ánodo anódico común (el núcleo metálico de la MCPCB) por una de esas capas de los dieléctricos. La placa transversal anódica 376 interactúa con el núcleo metálico (placa base anódica común) de las PCB de controladores de led 310a-b. En una realización, podría ser preferible ubicar el cable anódico primario 206 y el cable catódico primario 205 en puntos opuestos de la base de lámpara 305 para una mejor expansión.

Desde el punto de entrada eléctrico y del refrigerante del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 hasta el punto emisor de luz del módulo de cabezal de lámpara led UV 200, las pinzas de cátodo 320a-d y 321a-d pueden tener diversas funciones. Esas funciones incluyen (i) llevar la corriente eléctrica desde el lado catódico de las PCB de controladores de led 310a-b a la capa catódica incluida en el conjunto de circuito flexible unido al monolítico y sustituible conjunto de refrigerador por microcanal (p. ej. parte del paquete led 318); (ii) sujetar el paquete led 318 al cuerpo de lámpara 305; y (iii) sujetar el paquete led 318 al cuerpo anódico 315a-b. En una realización, las pinzas de cátodo 320a-d y 321a-d sujetan el lado catódico de las PCB de controladores de led 310a-b, formando así una trayectoria eléctrica catódica completa para un flujo de corriente de bajo impedimento con baja resistencia de contacto eléctrico. Las pinzas de cátodo 320a-d y 321a-b pueden encajarse para permitir una sujeción por medio de los clavos verticales 319 (en el eje de salida óptico) con el fin de bajar y comprimir la junta de separación (junta tórica) 314 y hacer que una capa de sustrato de ánodo común del paquete led 318 entre forzosamente en contacto con la carrocería anódica 315a-b, así formando una trayectoria eléctrica anódica completa para un flujo de corriente

de bajo impedimento con baja resistencia de contacto eléctrico.

Dependiendo de la implementación particular, las pinzas de cátodo 320a-d y 321a-d pueden sustituirse con conectores/cuerpos catódicos alternativos de varias formas, incluyendo (entre otros), lámina de metal doblado, lámina de elástico estampado, geometrías tridimensionales moldeadas en metal, circuito flexible e incluso alambre.

En una realización, el conjunto de refrigerador por microcanal está sujeto a la carrocería anódica 315a-b y/o el cuerpo de lámpara 305; los tornillos aportan la fuerza de sujeción. Al desatornillar los tornillos potencialmente poliméricos que efectivamente podrían sujetar y apretar el paquete led 318 anteriormente mencionado entre los conjuntos anódicos y catódicos, el paquete led 381 o porciones del mismo, p. ej. el conjunto de refrigerador por canal, puede quitarse y sustituirse fácilmente.

El refrigerador por microcanal puede plantarse en el proceso ENEPIG o ENIG disponible en Superior Plating, EE. UU. antes de unir el circuito flexible de forma opcional o después de unir el circuito flexible de forma opcional, o solamente el circuito flexible puede ser recubierto en placas. La ventaja del proceso ENEPIG es que es una capa universal en tanto que los componentes de soldado sin plomo pueden unirse a él, así como los alambres de oro utilizados en la unión por alambre de los cátodos led a los cátodos de circuito flexible. Puede plantearse el uso de otros tipos de capas. Es importante destacar que es preferible que solo las áreas del aparato entero (aparte de las pastillas de fijación del led) que tienen una capa de oro en la capa superior de material conductor del circuito flexible en el lado contrario de los alambres que llegan a las pastillas de fijación del led. En algunas realizaciones, el conjunto de refrigerador por microcanal y el cuerpo anódico 315a-b pueden tener orificios de paso para los alambres catódicos y los alambres catódicos pueden posteriormente soldarse o atornillarse en las carrocerías catódicas 304a-b. Es preferible usar un alambre de gran núcleo, de alto número de hebras y de bajo calibre con un espesor de revestimiento mínimo con el fin de que los orificios de paso no sean excesivamente grandes y así evitar que el conjunto sea excesivamente grande. Un buen equilibrio entre un bajo descenso de voltaje y el tamaño pequeño es un cable de calibre 10, rango 1-30, con 105 hebras disponibles por parte de Alpha Wire y/o CableCo, EE. UU. Pueden añadirse placas a las partes del ánodo y del cátodo para una baja resistencia de contacto. Adicionalmente, un gel basado en el petróleo puede utilizarse si se elige el cobre sin revestimiento para cualquier superficie de contacto.

En el ejemplo actual, la placa transversal anódica 376 se fija a la carrocería 315a-b mediante tornillos preferiblemente metálicos que se insertan en orificios roscados al borde de la carrocería anódica 315a-b. Alternativamente, en caso de que la facilidad de sustitución y/o el desensamblaje no sean prioritarios, estos contactos podrían soldarse. Esta alternativa podría plantearse en el contexto de otros mecanismos de montajes descritos en el presente documento, como las pinzas de cátodo 320a-b y la interfaz 321a-b con las PCB de controladores de led 310a-b o la capa catódica del circuito flexible (no ilustrada). De la misma manera, la placa transversal catódica 375 se ilustra como fijada (p. ej. con tornillos metálicos) a las carrocerías catódicas 304a-b, que se extienden ligeramente más allá del borde de la carrocería anódica 315a y 31b respectivamente para crear un espacio de aire entre la carrocería anódica 315a-b y la placa transversal catódica 375 para evitar cortocircuitos.

En una realización, se proporciona un hueco de aire (no ilustrado) entre las placas transversales 375 y 376 y el cuerpo de lámpara 305 por varias razones. En primer lugar, en una realización, el cuerpo colector de ánodos 315a y 315b, la capa de sustrato de ánodo común del empaquetado de led 381, una capa catódica del circuito flexible (no ilustrado) y pinzas catódicas 320a-d y 321a-d funcionan de una manera sinérgica para unir los múltiples contactos eléctricos (ánodo a ánodo y cátodo a cátodo) mediante una función de sujeción o de pellizco. Por consiguiente, si las placas transversales 375 y 376 se han puesto en contacto con el cuerpo de lámpara 305, podrían descargar su inherente función precargada de pinzas catódicas 320a-d y 321a-d. En segundo lugar, es preferible que el cuerpo de lámpara 305 sea térmicamente conductor y los materiales térmicamente conductores son a veces también conductores eléctricamente (p. ej., el relleno de grafito térmicamente conductor en una resina polimérica, como el policarbonato o PPS o materiales de base metálica, como el cobre, acero o aluminio). Así, el hueco de aire entre las placas transversales 375 y 376 sirve para prevenir el cortocircuito en estas realizaciones. En realizaciones alternativas, el cuerpo de lámpara 305 puede ser térmicamente conductor y eléctricamente aislante, como el polímero cristalino líquido (LCP, por sus siglas en inglés) D5506, un polímero relleno aislante eléctricamente de venta por Cool Polymers, EE. UU.

De manera alternativa, las placas transversales 375 y 376 podrían ser unidas o fijadas al cuerpo de lámpara 305 con tornillos poliméricos para la atenuación de tensiones. Adicionalmente, los medios de pegado y el uso de cuñas pueden considerarse para facilitar el montaje y compensar el apilado de tolerancia dimensional en la producción.

Cabe resaltar que uno debería ser consciente del hecho de que el cuerpo de lámpara 305 (si es realmente conductor eléctricamente) está en contacto con la capa de sustrato de ánodo común 317. Así, puede encontrarse corrosión electroquímica (p. ej., galvánica) si distintos potenciales eléctricos entran en contacto directo o incluso en proximidad cercana o incluso en contacto indirecto mediante el flujo de fluido, por ejemplo. Por lo tanto, los materiales empleados para la capa de sustrato de ánodo común 317 y los materiales empleados para facilitar la conductividad térmica del cuerpo de lámpara 305 deberían seleccionarse con cuidado. En realizaciones, una capa de sustrato de ánodo de cobre 317 es emparejada con un filtro de grafito del cuerpo de lámpara 305. Si el cuerpo 305 fuera

aluminio y la capa de sustrato de ánodo 317 fuera cobre, esto plantearía un enorme problema de corrosión, por ejemplo.

Respecto al cuerpo de lámpara 305, ha de observarse que, debido a los profundos y estrechos canales principales de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 y 361 con alta relación de aspecto y, el moldeo por inyección puede ser el método más práctico de manufactura; no obstante, desmoldar las superficies externas del cuerpo de lámpara 305 interferiría con la cualidad ortogonal de los puntos de contacto eléctrico donde la carrocería anódica 315a y 315b contacta la capa de sustrato de ánodo común 317 en un ángulo de preferiblemente cero o noventa grados con el fin de aportar una resistencia de contacto eléctrico baja (dos superficies ortogonales (contacto de placa y placa) en oposición a dos superficies cruzándose en un ángulo (contacto de borde áspero y placa)).

De acuerdo con una realización, mediante la utilización de una técnica de molde dentro de molde (en la que cada mitad del molde interno tiene un lado modular de carga manual), un molde interno se utiliza para definir la capa externa y/o las características del cuerpo de lámpara 305. Cuando las dos mitades se separan, el cuerpo de lámpara 305 se expulsa sin la necesidad de desmoldar, así permitiendo la descarga deseada y el montaje paralelo y/o ortogonal deseado de la carrocería anódica 315a-b, la capa de sustrato de ánodo común 317 y las pinzas de cátodo 320a-d y 321a-d debido a la falta de ángulos de desmoldeo. La necesidad de desmoldar se elimina como resultado de la construcción de dos partes, lo que provoca una reducción del 50 % del área de superficie y duplica la rigidez del molde, así permitiendo que las dos mitades del molde se separen y que el cuerpo de lámpara se expulse pese al hecho de que no haya desmoldeos en el molde porque habría, entre otros factores, una reducción del 50 % en arrastre de superficie durante la expulsión comparado con un molde tradicional de una pieza. Al contemplar polímeros termalmente conductivos, su alta conductividad termal requiere una temperatura de superficie de molde mayor que la tradicionalmente usada (de tal forma que la resina no se "congele" en el molde). Adicionalmente, dado que ninguna partícula de relleno puede despegarse y entrar en el refrigerador durante la operación del módulo de cabezal de lámpara led UV, ya que el refrigerador por microcanal podría obstruirse, es preferible hacer uso de temperaturas de molde de superficie todavía más altas con el fin de crear una "piel" rica en resinas que contendría las partículas de relleno en su totalidad dentro del matriz de la resina.

Otro posible problema con usar un proceso de inyección por moldeo tradicional es que los profundos y estrechos canales principales de entrada y salida de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 y 361, con alta relación de aspecto, pueden llevar que se doblen las placas paralelas finas del molde usado para definir los canales principales de entrada y salida de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 y 361. Este problema se aborda de forma única en una realización mediante el uso de un proceso de moldeo por inyección vertical implicando un flujo y presión de inyección de multipuntos balanceados con el fin de evitar que las placas metálicas que forman (definen) los canales se doblen (deformen).

De acuerdo con una realización, una abrazadera de dos partes 306 se utiliza para quitar tensión del cable catódico 205, el cable anódico 206, la placa transversal catódica 375 y la placa transversal catódica 376, ya que la tensión sobre estos componentes podría transferirse a las PCB de controladores de led 310a-b.

En referencia a las pinzas catódicas 320a-d y 321a-d, en una realización, una cinta corrugada de cobre de berilio o cualquier otro metal conductor puede situarse entre las pinzas catódicas 320a-d y 321a-d y una superficie superior de una eléctricamente aislada lámina catódica de un conjunto de refrigerados por microcanal del paquete led 318 con el objetivo de generar una acción de tipo resorte entre estos componentes. Esto podría efectivamente negar la necesidad de utilizar los preferiblemente 0-80 tornillos que sujetan las pinzas catódicas 320a-d y 321a-d a la lámina. En vez de ello, los tornillos ortogonales a través de las pinzas catódicas 320a-d y las PCB de controladores de led 310a-b y en el cuerpo de lámpara 305 podrían sujetar las pinzas catódicas 320a-d y 321a-d en su sitio si se utilizase de forma temporal una fuerza descendente para forzar el resorte a un estado plano o casi conseguirlo, lo que aportaría una conexión de baja resistencia eléctrica con un tornillo menos. El mismo concepto, o uno muy similar, podría utilizarse en el borde anódico de la carrocería anódica 315a-b más cercana al lado trasero del cuerpo de lámpara 305, no obstante, se podría contemplar el uso de un cobre de berilio corrugado y sustancialmente monolítico o cualquier otro material conductor de electricidad. Una barra de unión anódica podría envolver la PCB y disponer de ranuras ortogonales para los tornillos. Podría considerarse el uso de un soldador o un adhesivo conductor, pero afectarían la facilidad de reparación. Es importante notar que al fijar o sujetar las PCB de controladores de led 310a-b a los laterales del cuerpo de lámpara 305 se emparejarían los componentes con una comunicación termal óptima, por lo que permitiría que el refrigerante en flujo congele las PCB de controladores de led 310a-b ya que. de acuerdo con una realización, tienen requerimientos de disipación de calor residual de aproximadamente $5-1 \text{ W} / \text{cm}^2 \pm$. Es preferible el uso de componentes SMD electrónicos de conmutación de ultra alta eficiencia con una eficiencia mayor del 90 %. En una realización, los profundos canales refrigerantes 360 y 361, con relación de aspecto alta, añadirían área de superficie de forma sinérgica para reducir el coeficiente de transferencia de calor necesario para refrigerar las PCB de controladores de led 310a-b y a su vez añadir suficiente resistencia hidráulica para equilibrar el flujo mediante el refrigerador por microcanal 410. Las finas paredes del cuerpo de lámpara 305 no solo reducen la resistencia termal entre las PCB de controladores de led 310a-b y el flujo refrigerante, sino que permiten que la capa de lámina catódica 513 del circuito flexible 510 tengan una longitud más corta (medido desde la punta del refrigerador por microcanal 410 hasta el borde cerca de las uniones de alambre).

Adicionalmente, Lineage, EE. UU. tendrá disponibles fuentes de alimentación de 1000 W congelados por conducción y certificados platino a partir del 2011. Estas fuentes de alimentación tienen una eficiencia del 95 % y en inicio no necesitarán agua refrigerante para eliminar el calor residual, y solo usaría convección natural. Finalmente, ha de notarse que si se usaran fuentes de alimentación CA/CC frontales Power-One de ~1100 W ~12V, se podría usar dos de las unidades por módulo de cabezal de lámpara led UV de ~80 mm, conteniendo aproximadamente ~136 ledes (de, por ejemplo, ledes SemiLED de ~1,07 x 1,07 mm).

Según realizaciones de la presente invención, es preferible no soldar el empaquetado led 318 o el conjunto microrefrigerador a las PCB de conductores de led 310a-b ya que este procedimiento disminuiría la modularidad y aumentaría la integración, con el resultado neto de una disminución de la reparabilidad o la sustitución de los subcomponentes. Solo a modo de ejemplo, si uno de las PCB de controladores de led 310a-b fallara, podría simplemente ser desatornillado preferiblemente empleando el moldeado por inyección o tornillos mecanizados en polímero (nylon, PEEK, Torlon), como se describió con anterioridad, y reemplazados con una placa reparada o nueva. Lo mismo sigue siendo aplicable al empaquetado led 318 preferiblemente unido a un conjunto de microrefrigerador como se describe con más detalle a continuación.

En relación con el montaje de varios componentes del módulo de cabezal de lámpara led UV 200, en un ejemplo preferido pero no limitativo, los orificios roscados 0-80 pueden colocarse en los bordes de las PCB de los controladores de led 310a-b que miran hacia la dirección de la salida de luz (la cual es lo mismo que decir que miran hacia el lado del ánodo del conjunto de microrefrigerador). En segundo lugar, las pinzas catódicas en forma de garra pequeña 320a-d y 321a-d que son preferiblemente de cobre o aluminio (y hechas a máquina, moldeadas o estampadas) y siendo en el agregado de aproximadamente la misma dimensión en el eje largo de la dirección de la matriz de led (individualmente, aproximadamente la misma longitud que la PCB de los controladores de led aislados 310a-b y/o los segmentos de circuito flexible. Cuando las PCB de controladores de led 310a-b son impulsadas firmemente (al permitirse el deslizamiento por los huecos en las PCB de controladores de led 310a-b cuando están ligeramente atornilladas al cuerpo de lámpara 305) hacia el lado de ánodo sobresaliente del refrigerador por microcanal, y luego atornilladas en su sitio con tornillos separados a los lados del cuerpo de lámpara 305, las pinzas catódicas 320a-b y 321a-b están colocadas sobre sus respectivas posiciones en las almohadillas de las PCB de controladores de led 310a-b. Después, los tornillos de polímero 0-80 (o tornillos de metal con mangas poliméricas no conductoras y/o arandelas) son colocados a través de las pinzas catódicas 320a-d y 321a-d, a través del empaquetado led 318 (p. ej., incluyendo el refrigerador por microcanal/ el conjunto de circuito flexible) y hacia orificios roscados (en la dirección de emisión de luz superior del cuerpo de lámpara 305) y apretados usando un destornillador dinamométrico preestablecido. Cualquier realización podría usar tornillos de metal con mangas poliméricas no conductoras y/o arandelas o tornillos de polímero. Por la misma razón, tornillos no conductores o mangas poliméricas y/o arandelas, pueden emplearse, las capas de cátodos 513 o circuitos flexibles pueden retraerse para evitar el contacto con los tornillos de metal para evitar un cortocircuito eléctrico de cualquiera de las capas. Los tornillos de metal podrían estar en contacto con y transportar corriente eléctrica entre las capas de ánodos y/o cátodos.

De usarse, los tornillos de polímero (los cuales pueden ser hechos a máquina o moldeados en Crafttech, EE. UU.) son apretados firmemente, los cuales luego completan la función de hacer una muy baja resistencia eléctrica de contacto entre las superficies anódicas del refrigerador por microcanal y las PCB de controladores led 310a-b; y las correctas ubicaciones de las superficies catódicas de los segmentos catódicos del circuito flexible y las pinzas catódicas 320a-d y 321a-d y los cojinetes de las PCB de controladores de led 310a-b. Cabe destacar que la mayoría o todas las operaciones de atornillado y/o fijado mencionadas anteriormente podrían conseguirse con preferiblemente bajas temperaturas de fusión de soldado o pegado u otro medio de fijación. sin embargo, con el propósito de facilitar la reparabilidad, se describen tornillos como medios de fijación en el contexto de varias realizaciones de la presente invención. También se contempla colocar un orificio en las PCB de controladores de led 310a-b de forma que cada lado del orificio acepte las partes prominentes del enfriador por microcanal/circuito flexible. Las partes prominentes del circuito flexible podrían entonces insertarse en estos orificios y preferiblemente soldarse en el lugar después de que las PCB de controladores de led 310a-b sean preferiblemente atornilladas al lado del cuerpo de la lámpara 305. Cabe también resalta que los contactos del resorte hechos de material eléctricamente conductores como cobre de berilio, el cual podría emplearse preferiblemente en lugar de las pinzas catódicas ajustables anteriormente mencionadas.

Las **FIGS. 4A-B** proporcionan vistas seccionales ampliadas de una parte inferior del reflector 201 y una parte superior de un cuerpo 305 del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 de la **FIG. 2A**. En estas vistas, la matriz de led 330 y varios aspectos de la capa de sustrato de ánodo común 317 se vuelven aparentes. Adicionalmente, en estas vistas, la junta de separación 314 se ilustra compuesta de una pluralidad de juntas tóricas 420 y una construcción multicapa preferida de las PDB de controladores led 310a-b se vuelve visible.

Como se describe en más detalle a continuación, en una realización, un refrigerador por microcanal 410 proporciona la capa de sustrato de ánodo común. de acuerdo con una realización, el refrigerador por microcanal 410 es un refrigerador por microcanal unido por difusión incluyendo una capa difusora térmica (no ilustrada) unida por difusión a las capas de películas (no ilustradas) habiendo grabado así varios de los microcanales primarios de entrada/salida 411 y los microcanales internos (no ilustrados). Mientras que el enfriamiento por microcanal tiene un componente

laminar en el que la capa de unión es comprimida, en realizaciones de la presente invención, el enfriamiento por impacto (p. ej., turbulencia) puede resultar del camino grabado con la forma de la trayectoria del flujo refrigerante y/o cambios direccionales. Un refrigerador por microcanal ejemplar queda ilustrado por la patente americana número 7836940, la cual es incorporada aquí por referencia en su totalidad para todos los propósitos. Los refrigeradores por microcanal que cumplen los requisitos de enfriamiento aquí descritos están a la venta por Micro-Coolin Concepts, EE. UU. Aquellos expertos en la materia reconocerán que varios esquemas de enfriamientos diferentes podrán emplearse. Por ejemplo, el enfriamiento por microcanal y otros recorridos de flujo turbulento refrigerante (p. ej., impacto, impacto del chorro) o ebullición bifase/nuclear (o alguna combinación), y esquemas de enfriamiento pueden tenerse en cuenta.

Según varias realizaciones del presente invento, un objetivo es crear y mantener un estado relativamente isotérmico (p. ej. temperaturas de unión dentro de aproximadamente de ± 1 grados C y también una unión promedio máxima general de ~ 40 grados (rango 30-200 grados C) de punta a punta del conjunto led 330. Con el fin de cumplir con estos objetivos, las realizaciones del presente invento intentan equilibrar el flujo del refrigerante a través del refrigerador por microcanal 410 de frente hacia atrás, de la parte superior hasta la inferior, de punta a punta y/o de lateral a lateral. En realizaciones alternativas, el flujo puede equilibrarse o desequilibrarse según se necesite en el diseño. El refrigerante puede fluir a través de canales internos primarios y secundarios (no ilustrados) del refrigerador por microcanal 410 en prácticamente cualquier dirección, seleccionada de forma vertical, horizontal, ortogonal, paralela, etc. o cualquier combinación de lo anterior, en relación con la superficie inferior de, así como debajo de, los ledes del conjunto led 330. Otro modo de describir la orientación de los canales es en relación con el plano de unión p-n, que es (en la mayoría de los ledes) sustancialmente paralela a la superficie inferior del led.

De forma similar, los canales internos primarios y/o secundarios pueden estar interconectados con prácticamente cualquier orientación del colector/colectores seleccionada de forma vertical, horizontal, ortogonal, paralela, diagonal, angular, derivación, derivación parcial, etc. o cualquier combinación de lo anterior, nuevamente en relación con la orientación del fondo de los ledes (o las uniones p-n de los ledes). Es preferible que todo, o casi todo (casi el 100 %) del refrigerante termine por fluir de la porción superior (p. ej. el principal canal de entrada de fluido refrigerante del refrigerador por microcanal 430b) del canal principal de entrada de fluido refrigerante del cuerpo de lámpara 360 por medio del refrigerador por microcanal 410 a la porción superior (p. ej. el principal canal de salida de fluido refrigerante del refrigerador por microcanal 430a) del canal principal de salida de fluido refrigerante de cuerpo del lámpara 361 en una dirección ortogonal o perpendicular al eje largo del conjunto led 330 y/o el refrigerador por microcanal 410. En una realización, el refrigerador por microcanal 410 utiliza trayectorias de flujo optimizadas mediante CFD (dinámica de fluidos computacional) para reducir velocidades de flujo a un nivel que permita un nivel alto de reducción de la erosión. En una realización, las velocidades del refrigerante de aproximadamente 2 metros por segundo son preferibles con el fin de reducir la erosión de los canales. Pueden utilizarse materiales cerámicos en el sustrato del canal para reducir todavía más el potencial de erosión.

Como se señaló antes, canal principal de entrada de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 y el canal principal de salida de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 361 tienen un tamaño tal que el refrigerante fluye uniformemente a lo largo de los microcanales internos de láminas grabadas, y para que preferiblemente casi todo el refrigerante finalmente termine subiendo en una dirección sustancialmente perpendicular al eje largo de la matriz de led 330, en cualquier molécula de refrigerante dada que empiece en el canal principal de entrada de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 eventualmente termine en el canal principal de salida de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 361, y así, esencialmente cada molécula de refrigerante eventualmente fluye sustancialmente perpendicular al eje largo de la matriz de led 330 (sustancialmente paralelo al eje corto de la matriz de led 330) al atravesar el refrigerador por microcanal 410 y fluir por debajo de los ledes. Al hacer el canal principal de entrada de fluido refrigerante de cuerpo de lámpara 360 muy estrecho (p. ej., aproximadamente 1-4 mm y preferiblemente de 2,3 mm) de ancho y muy profundo (p. ej., aproximadamente 1-10000 mm y preferiblemente de 100 mm) la resistencia hidráulica resultante ayuda en el flujo uniforme del microcanal en términos de flujo equilibrado a través de sustancialmente todos o la mayoría de los canales internos del refrigerador por microcanal 410, sean o no canales primarios, transversales, secundarios, colectores, etc. Se debería entender que estos canales podrían tener curvas, giros en S, protrusiones para turbulencia, y quizás estrechamientos y ensanchamientos y/o aumento de la profundidad al atravesar el espacio debajo de la matriz led 330 en la dirección que es sustancialmente lateral o paralela al eje corto de la matriz de led 330. De nuevo, la orientación de cualquier microcanal dado puede estar en cualquier orientación (así como la dirección de flujo) con respecto a la orientación de las uniones p-n de los ledes.

Como se describe en más detalle a continuación, la matriz de led 330, que comprende los dispositivos de emisión de luz, como ledes o diodos láser, están montados en el refrigerador por microcanal 410. En una realización, el rango del número de ledes a lo largo de la longitud del refrigerador por microcanal es 2 - 10000, y el tamaño de cada led es de aproximadamente 1,07; 1,2; 2; 4 mm en cuadrado (o 2 x 4 mm), rango de 1-100 mm. La relación de aspecto del ancho al largo está preferiblemente entre 1:68 a 1:200, pero el rango puede ser de 1:10 - 1:1.000. Cabe resaltar que las matrices de led pueden no tener una relación de aspecto alta y pueden ser sustancialmente cuadradas, sustancialmente rectangulares, sustancialmente circulares u otras geometrías. Ledes ejemplares están a la venta por SemiLeds, EE. UU. Los ledes de SemiLED tienen un sustrato de cobre único (a menudo chapados) que está ventajosamente unido al refrigerador por microcanal de cobre (o cerámico) 410, manteniendo así el ventajoso coste y térmico de este material altamente conductor térmico. De acuerdo con una realización, el tamaño de los ledes

empleados son de 1,07 x 1,07 mm en cuadrado y la matriz de led 330 comprende una matriz de 68 ledes de largo por 2 ledes de ancho.

En una realización de la presente invención, los ledes de la matriz de led 330 están situados sustancialmente en paralelo eléctrico, o tiene al menos dos ledes en paralelo, en un sustrato de ánodo común preferiblemente. Esto es una manera térmica de conexión muy eficiente ya que no se necesita añadir ninguna capa térmica que obstruya entre la base del led y el sustrato para el aislamiento eléctrico como se necesita en una configuración en serie o en una configuración en paralelo en serie. Sin embargo, cabe resaltar que cualquiera de estas configuraciones podría considerarse en varias realizaciones, así como en una distribución puramente en serie o en una distribución en serie/paralelo. Mientras que una capa dieléctrica podría sustancialmente añadirse a la resistencia térmica general, subiendo así la temperatura de la unión del dispositivo (o dispositivos) e impactando negativamente en la salida de potencia y/o eficiencia, se contempla que una capa muy fina dieléctrica del tamaño de unos pocos micrones de grosor o menos, pueda desarrollarse por medios como la deposición de capas atómicas y proporcionar una capa de impedancia térmica muy baja sobre un material como el cobre con el fin de aislar eléctricamente en una distribución en serie/ paralelo. Este dieléctrico podría ser seleccionado del grupo de óxidos, nitruros, carburos, cerámicas, diamante, polímero (poliimida ALD), DLC, etc.

Según varias realizaciones de la presente invención, un objetivo es mantener resistencia térmica extremadamente baja entre las uniones epitaxiales p-n de los ledes, o al menos la parte inferior del dado desnudo, esto es aproximadamente 015 K-cm²/W, pero el rango puede ser de 0010 - 15 k-cm²/W, y está a menudo alrededor de 024 K-cm²/W. Capas muy finas de laminación, almohadillas de unión, restos, etc. de capas metálicas, dieléctricas, cerámicas o poliméricas pueden considerarse, pero no son óptimas debido al incremento en resistencia térmica que resulta de estas capas adicionales, lo cual inevitablemente resulta en un incremento de las temperaturas de unión, con la correspondiente disminución en eficiencia. Varios medios para disminuir la atenuación de la corriente asociada con el diseño y crecimiento de la estructura epitaxial, como sobrecapas p o n más gruesas pueden emplearse, así como otros medios de vanguardia (p. ej., nuevos diseños de barreras cuánticas, reduciendo los centros de recombinación no radiativos, etc.) encontrados en revistas científicas publicadas recientemente y escritos por empleados de Philips, Países Bajos, y RPI, EE. UU. y otros (ver, p. ej. Ressler Magazine "New Led Drops the 'Droop'" Marzo 2009 y Compound Semiconductor Magazine "Led droop: ¿juegan los defectos un rol fundamental?" Julio 14, 2010, ambos que han sido incorporados por referencia al completo para todos los propósitos.

Así, según varias realizaciones, existe un recorrido de resistencia térmica extremadamente baja entre la unión led y las capas de laminación grabadas (p. ej., químicamente grabadas) que contienen el fluido del líquido en los microcanales preferiblemente grabados químicamente, puesto que los ledes son montados directamente (preferiblemente con una soldadura SnCu de 2,5 um de grosor) y el difusor térmico (de emplearse) y las capas de aluminio son finas, y preferiblemente no forman parte de la capa dieléctrica intermedia. Otros procesos de grabado, litográficos o mecanizados pueden considerarse en la fabricación de los microcanales.

De acuerdo con una realización, los ledes de la matriz de led 330 están unidos directamente (p. ej., sin ninguna capa sustancial que intervenga, ya sea material a granel, aluminio, película fina o cualquier otro material) en el led y el refrigerador por microcanal 410 aparte de, por ejemplo, una capa de soldadura pre-rociada que es preferiblemente pre-aplicada (p. ej. mediante medios de deposición por rociado) a una superficie inferior de los ledes.

Como se describe en más detalle a continuación, una junta de separación 314 puede estar formada por una o más juntas tóricas 420 para sellar la capa de sustrato de ánodo común 317 al cuerpo 305 y también la derivación del presente refrigerante sustancialmente de forma directa por debajo de la matriz de led 330. Mientras que en esta y otras figuras, la junta tórica 420a-c no parece ser comprimida, se apreciará que en la operación del mundo real, realmente serían comprimidas para realizar la función prevista de prevenir la derivación de fluido entre canales o en el medio externo. En el presente ejemplo, la junta de separación 314 es sustancialmente paralelo a, y en el mismo plano del eje z, como la superficie inferior (opuesta a la dirección de emisión de luz) de las capas de aluminio unidas por difusión (no ilustrado) del refrigerador por microcanal (ya sea puesto en capas verticalmente u horizontalmente). La sección transversal de la junta de separación 314 es preferiblemente sustancialmente redonda, puede estar hecha de una silicona de durómetro blanco, y puede ser fabricado por Apple Rubber, EE. UU. En realizaciones alternativas, la sección transversal de la junta de separación 314 puede ser cuadrada o rectangular.

En referencia a la construcción multicapas de las PCB de controladores de led 310a-b ilustradas en el presente ejemplo, en una realización, las placas PCB de núcleo metálico de cobre (o aluminio, polímero, polímero relleno, etc.) cuyo grosor es de aproximadamente 2,5 mm (rango de 1-10 mm) y disponibles en Cofan, Canadá están compuestas de múltiples capas para mantener el tamaño de la PCB a un nivel mínimo. Las FET de alto poder y controladores de puerta e inductores y resistores y capacitores pueden montarse en la capa preferiblemente de Thermagon URSA que está más cercana al núcleo metálico. Los controladores de led anódicos comunes de serie LM 3434 o LM 3433 (solo de ejemplo) disponibles en National Semiconductor, EE. UU. también pueden montarse lo más cerca posible al núcleo de metal, por lo que un grosor de capa dieléctrica mínimo (si lo hay) puede existir entre los componentes y el núcleo metálico. Puede plantearse el uso de longitudes iguales de caminos de restos y el espaciado cercano de componentes para una operación eléctrica estable y eficaz. Inductores enrollados personalizados pueden aumentar considerablemente la eficiencia del subconjunto de accionamiento. Los inductores

pueden orientarse de tal forma que los campos magnéticos de los controladores separados (p. ej. 8 o 15) con una placa base común preferible (p. ej. carrocería anódica 315a-b) puedan compartirse con el sustrato anódico común 317 del montaje de circuitos de flexión del microrefrigerador, interactuando mutuamente de forma provechosa con el fin de aumentar la eficiencia del controlador de corrientes preferiblemente constante (aunque un controlador de voltaje constante puede utilizarse, especialmente con circuitos especiales). Controladores de corrientes constantes con modulación por ancho de pulsos (PWM, por sus siglas en inglés) pueden utilizarse, aunque la PWM puede tener un efecto perjudicial en la vida del led entre corrientes altas debido a la onda de corriente, debería plantearse el uso de capacitores adicionales entre los inductores y los ledes. Alternativamente, un sustrato de hierro puede situarse entre los inductores para reducir interacciones no deseadas entre los inductores u otros componentes que pueden depender de la orientación y el espacio. Puede plantearse el uso, preferiblemente, de inductores blindados de VASHAY, India.

En el lado trasero del cuerpo de lámpara 306 (el lado donde se encuentran las fuentes de entrada/salida de energía eléctrica y de agua principales), los núcleos preferiblemente metálicos (cobre, aluminio, compuesto) de MCPCB pueden tener una barra de unión atornillada o soldado (o la placa transversal anódica 376) entre las dos MCPCB (PCB con núcleos metálicos disponibles en Cofan, Canadá) para crear un espacio y/o una fuerte placa de montaje para una única conexión de alambre para el ánodo que llegaría a los suministros eléctricos frontales CA/CC principales conectados al CA principal.

En una realización, los núcleos metálicos de las PCB de controladores de led 310a-b son planos de tierra puede haber más de un plano de tierra en cada PCB de controladores de led 310a-b. Por lo tanto, el borde de la PCB está preferiblemente sujetado o soldado al plano de tierra de la capa de sustrato de ánodo común 317. Esto se consigue preferiblemente al permitir una capa de sustrato de ánodo común adhesivo que se extienda, cuelgue por encima de cada lado del cuerpo 305, de tal forma que el lado anódico de la capa de sustrato de ánodo común 317 pueden tocarse y estar en comunicación eléctrica con el lado del ánodo (borde) de las PCB de los controladores de led 310a-b y los lados catódicos de la capa de sustrato de ánodo común 317 (p. ej., la capa superior de laminación) puede preferiblemente tocarse y estar en comunicación eléctrica con la propia área catódica superior de los segmentos individuales catódicos que están en comunicación con las PCB de controladores de led 310a-b.

Las **FIGS. 5A-B** proporcionan vistas ampliadas ilustrando la matriz de led 330 y su interfaz con el sustrato de ánodo común 317 del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 de la **FIG. 2**. En estas vistas, el alto factor de forma de la matriz de led 330, el emparejamiento eléctrico de los ledes individuales, la proximidad de la base del reflector 201 a la superficie de los ledes y las múltiples capas de un circuito flexible 510 se vuelven aparentes. Adicionalmente, en estas vistas, las capas de laminación preferiblemente orientadas en vertical del refrigerador por microcanal 410 se vuelven visibles.

De acuerdo con una realización, la capa de sustrato de ánodo común 317 puede incluir un refrigerador por microcanal 410 para transferir el calor de la matriz de led 330, una capa de apoyo grabada integrada 525 y una capa de apoyo sólida. En una realización, el ancho del refrigerador por microcanal 410 es solo ligeramente más ancho (p. ej., menos de alrededor 400 micrones (rango 50-2000 micrones)) que la matriz de led 330. En una realización, la anchura total del refrigerador por microcanal 410 es alrededor 1,2 veces (rango 1; 1,1; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6; 1,7; 1,9; 2; 2,1; 2,2; 2,3; 2,4 a 2,5x) la anchura total de la matriz de led 330. En el presente contexto, la modelización por ordenador sugiere que incrementando la anchura total del refrigerador por microcanal 410 a una anchura de casi el doble (2x), la anchura de la matriz de led 330 disminuye la resistencia térmica pico por solo un 5 %.

El refrigerador por microcanal 410 puede incluir una capa de disipación de calor 540 (capa de difusión térmica) (p. ej. aproximadamente 125 micrones de grosor (desde menos de 500 micrones, menos de 250 micrones, menos de 200 micrones, menos de 150 micrones, menos de 100 micrones, menos de 50 micrones a menos de 25 micrones), debajo de la superficie superior del congelador por microcanal 410, una pluralidad de microcanales primarios de entrada/salida (p. ej. microcanal de entrada primario 411) y varios pasajes multicapa de entrada, pasajes de transferencia de calor (no ilustrados) y pasajes multicapa de salida. Notablemente, en el contexto presente, la capa de disipación de calor 540 aporta en realidad poca distribución real de calor; no obstante, aporta una longitud de difusión terminal extremadamente corta (distancia entre la parte inferior de los ledes y los canales de transferencia de calor (no ilustrados) más cercanos del refrigerador por microcanal 410). Los canales de transferencia de calor de ejemplo, su orientación, direcciones de flujo y dimensiones se aportan en la patente estadounidense No. 7,836,940 incluida aquí como referencia.

La superficie superior del refrigerador por microcanal 410 puede emparejar el refrigerador por microcanal 410 con la matriz de led 330. Los microcanales de entrada primarios (no ilustrados) pueden configurarse para recibir y dirigir un fluido a pasajes internos dentro del refrigerador por microcanal 410, incluyendo pasajes de transferencia de calor. Los pasajes de transferencia de calor pueden configurarse para recibir y dirigir el fluido en una dirección sustancialmente paralela a la superficie superior y varios pasajes multicapa de entrada y salida sustancialmente perpendiculares. Los pasajes multicapa de salida pueden configurarse para recibir y dirigir el fluido hacia uno o más microcanales de entrada primarios (p. ej. microcanal de salida primario 411).

En una realización, el refrigerador por microcanal 410 puede formarse de una pluralidad de hojas de laminación

grabadas (p. ej. hoja de laminación 520) formando así los pasajes internos y multicapas para dirigir el flujo del refrigerante. En el ejemplo actual, un cuerpo de refrigerador por microcanal monolítico se forma con una unión de difusión de la capa de apoyo grabada combinada 525 y la capa de apoyo sólida 350 al refrigerador por microcanal 410. Según se muestra en FIG. 5A, las capas de laminación de la capa de apoyo grabada 525 serían preferiblemente más gruesas que las capas de laminación 520 del cobre 410. En una realización, las capas de apoyo 525 y 530 puede realizarse a máquina.

En una realización en la que las capas de laminación unidas por difusión (p. ej. capa de laminación 520) se apilan de forma vertical (y unidas por difusión) con sus bordes debajo de la porción inferior de los ledes según se ilustra en las FIGS. 5A y 5B, las ledes preferiblemente estarían directamente unidas al microrefrigerador orientado de forma vertical (con o sin usar placas como ENIG o ENEPIG, Superior Plating, EE. UU.), y preferiblemente dos bloques de cobre puros preferiblemente hechos a máquina (C101 o C110), con flujo de macrorefrigerante y/o canales de direccionamiento del refrigerante que se reflejen mutuamente (que correspondan), "apretando" el refrigerador por microcanal grabado unido por difusión y apilado de forma vertical. Cada bloque de cobre (que podría ser bien un apilamiento de láminas unidas por difusión o un bloque sólido) se une por difusión a los lados contrarios del refrigerados por microcanal 410 apilado de forma vertical en un paso. En otras palabras, las capas de laminación y los bloques preferiblemente estarían unidos por difusión en un único paso. El apilamiento que resulta de esto preferiblemente se realizaría una escisión por máquina, y el conjunto recibirá el nombre posterior de conjunto de refrigerador por microcanal; las porciones del conjunto de refrigerador por microcanal recibirían el nombre de porciones de capa de apoyo exterior (525 y 530) y porción de refrigerante por microcanal 410. El montaje de refrigerador por microcanal (p. ej. porciones de capa de apoyo exterior 525 y 520) se taladraría preferiblemente antes de realizar un proceso de escisión por máquina y antes de realizar procesos de acabado de superficie (p. ej. un proceso de chapado). Si se utiliza un proceso de chapado con el objetivo de aportar una superficie soldable para el led y/o una superficie de unión de cables para los cables que se fijarían a las almohadillas de unión led en el lado superior preferible del led, un panel de polímero hecho a máquina se aportará preferiblemente con el fin de permitir que una ranura de junta tórica (preferiblemente usando el mismo diseño de junta de separación/junta tórica mencionado anteriormente) que permitirá que el conjunto de microcanal por refrigeración se sujete al bloque polimérico y que entre en un baño galvanizado sin solución llegando hasta el ID de los microcanales. Este proceso puede también permitir el chapado de una superficie no corrosiva en regiones que las barras colectoras de ánodo y/o cátodo 304a-b pueden finalmente fijarse o soldarse al final del producto. Las PCB de controladores de led 310a-b también pueden ser chapadas en los bordes para reducir la corrosión y obtener una baja caída de voltaje.

El conjunto de refrigerador por microcanal podría experimentar un proceso de enfriamiento o recocido o endurecimiento por precipitación para que el cobre puro endurecido (el cual tiene una conductividad térmica más alta del 10 % aproximadamente que Glidcop) podría usarse en las capas de laminación (p. ej., capa de laminación 520). Cobre puro mejoraría la mojabilidad en la soldadura.

En una realización en la cual las capas de laminación unidas por difusión (p. ej. capa de laminación 520) están orientadas horizontalmente, los microcanales del refrigerador por microcanal 410 pueden ser grabadas en el mismo plano que la parte inferior de los ledes (p. ej., led 531) para que los microcanales de entrada/salida (p. ej. canal 411) puedan ser grabados o incluso mecanizados en las capas de laminación. Los microcanales internos del refrigerador por microcanal 410 pueden estar formados a lo largo de toda o de sustancialmente todas las capas de laminación unidas por difusión (p. ej., capa de laminación 520) sustancialmente tan profundas como el grosor de todas las capas juntas y/o parando cerca o en la parte inferior de la capa de disipación de calor 540.

Volviendo al posicionamiento del reflector 201, es preferible que la capa espaciadora dieléctrica 514, como de película de poliimida, sea colocada entre la superficie inferior del reflector 201 y el refrigerador por microcanal 410. Esto aísla los reflectores del refrigerador por microcanal 410 tanto térmicamente como eléctricamente, así como proporciona un espacio para los cables (p. ej., cable 530) desde los ledes (p. ej., led 531) para que encaje debajo del reflector 201 y tenga el extremo de media luna del cable fijado a la capa de laminación de chapada en bronce que preferiblemente contiene oro 513 que es parte del conjunto del circuito flexible 510, el cual está unido directamente al refrigerador por microcanal 410. De esta forma en una realización, la capa espaciadora dieléctrica 514 es al menos tan grueso como el grosor de los cables (p. ej., cable 530).

Utilizando una soldador de chips como los de Datacon, Austria, MRSI, EE. UU. con una herramienta apisonadora o una herramienta capilar, los cables (p. ej. cable 530) pueden apisonarse (doblar) automáticamente de tal forma que el asa de cable se baje hasta que esté puesto de forma paralela (o incluso contactando a la capa de laminación encima de la capa de poliimida antes del punto de terminación en forma de media luna) al circuito flexible 510 - capa(s) de laminación de poliimida/cobre (capa de material de circuito conductivo). El cable aplanado no contacta la superficie anódica o el borde del led (p. ej. led 531), ya que podría resultar en un cortocircuito. Otros medios manuales y/o automáticos podrían planearse, como una herramienta apisonadora larga que apisona todos los cables en un paso, o el propio reflector del borde con o sin una capa dieléctrica podría utilizarse para apisonar. El objetivo primario de este paso de doblar cables es permitir que los reflectores se pongan en proximidad muy cercana a los ledes (p. ej. dentro de por lo menos un diámetro de alambre) y eliminar roces, contacto o cortocircuitos al reflector 201. Los reflectores (reflector 201) se diseñaría preferiblemente con una herramienta de software no generador de imagen como Photopia, EE. UU. Los reflectores pueden tener características de operación distintas

como distancias de funcionamiento cortas a largas o profundidades de campo cortas a largas. Deberían ser fáciles de sustituir en tanto que son modulares e intercambiables y con características que proveen al usuario con la máxima flexibilidad de operaciones. En una realización, las dimensiones externas del reflector 201 no cambia sustancialmente para los reflectores configurados para diferentes distancias. Por ejemplo, según se describe más adelante, un reflector optimizado para un plano focal de 2 mm podría tener dimensiones externas prácticamente similares a las de un reflector optimizado para un plano focal de 53 mm.

Los reflectores (p. ej. reflector 201) pueden moldearse por inyección a partir del acrílico, polisulfona, poliolefina, etc. Pueden estar recubiertas de aluminio y/o plata con capas de mejora dieléctrica ofrecidas por DSI, EE. UU. También pueden extruirse de un polímero o metal. Es importante notar que pueden usarse las mitades del reflector monolítico 201 que recorren a través del entero montaje de todos los módulos de cabeza de lámpara led UV 200 puestos de extremo a extremo (seriales en longitud). Estos largos reflectores pueden tener una o más capas de extremo pulidas y recubiertas en cada uno de sus extremos. Podrían crearse a partir de una máquina de 5 ejes de 6061 Al y pulidas con diamante y un cepillo de pelo de caballo (ya que los reflectores pueden pulirse) y recubiertos con, por ejemplo, una única capa de MgF₂ o SiO₂ optimizados, por ejemplo (como en todos los ejemplos anteriores) a 390-400 nm.

Un experto en la materia podría concebir cualquier longitud de la matriz de led 330, reflector 201 y cuerpo de lámpara 305. Como se describió con anterioridad, una longitud posible para el cuerpo de lámpara 305 es aproximadamente 80 mm. Esto permite aproximadamente 60 45 mil por ledes laterales o 60 40 mil por ledes laterales, ambos preferiblemente en dos filas con un hueco de alrededor de 15 micrones (rango 5-50 μ m) (p. ej., hueco 532) entre las dos filas. Una fila única o múltiples filas (desde 1-n) de ledes pueden considerarse. Incluso pueden considerarse ledes que tienen una longitud mayor a lo largo del eje largo de la matriz de led. A lo largo del eje largo, es preferible tener un hueco de menos de 25 micrones (rango 5-100 μ m) (p. ej., hueco 533). En una realización, las distancias centro a centro entre los ledes de la matriz de led 330 son de aproximadamente 10 a 20 micrones mayores que las longitudes combinadas de los bordes de los ledes vecinos.

Las realizaciones del presente invento toman en cuenta el apilamiento general en eje z de las capas metálicas y dieléctricas del circuito flexible 510 (menos la capa espaciadora dieléctrica 514), más el grosor de la capa del cable (diámetro de cada cable o grosor de cada funda del cable) que se extienden por encima de la capa de circuito flexible preferiblemente catódica 513 y extendiéndose a la almohadilla de unión catódica de cable 534 que se muestra debajo de las uniones con punta de bola de los cables (p. ej. cable 530) en la superficie preferiblemente superior de los ledes.

En una realización, el apilamiento en eje z total no es más grueso que el grosor de los ledes (capa led). En varias realizaciones del presente invento, la capa led puede tener un grosor de aproximadamente 145 micrones y cuyo grosor va desde aproximadamente 250 micrones o menos, 200 micrones o menos, 150 micrones o menos, 100 micrones o menos, 50 micrones o menos hasta 25 micrones o menos.

En varias realizaciones del presente invento, en el que la capa de circuito flexible 510 incluye la capa espaciadora dieléctrica 514, la capa de circuito flexible puede tener un grosor de aproximadamente 7,8 milímetros o menos y cuyo grosor va desde aproximadamente 12 milímetros o menos, 10 milímetros o menos, 5 milímetros o menos hasta 3 milímetros o menos.

En varias realizaciones del presente invento, en el que la capa de circuito flexible 510 excluye la capa espaciadora dieléctrica 514, la capa de circuito flexible puede tener un grosor de aproximadamente 5,3 milímetros o menos y cuyo grosor va desde aproximadamente 10 milímetros o menos, 8 milímetros o menos, 2,5 milímetros o menos hasta 0,5 milímetros o menos.

En una realización, el apilamiento en eje z total no es más grueso que el grosor de los ledes (capa led). En varias realizaciones del presente invento, la capa led puede tener un grosor de aproximadamente 145 micrones y cuyo grosor va desde aproximadamente 250 micrones o menos, 200 micrones o menos, 150 micrones o menos, 100 micrones o menos, 50 micrones o menos hasta 25 micrones o menos.

En una realización, una superficie inferior del reflector óptico 201 tiene aproximadamente entre el 1-1,5x del grosor de la capa del cable encima de una superficie superior de la capa de la matriz del aparato emisor de luz. Esto permite que el reflector 201 quepa muy cercanamente a alguno o ambos bordes de los ledes o en relación a la superficie superior de los ledes, que mantendría su irradiancia al maximizar el número de fotones emitidos controlados por el reflector 201 y minimizando el número de fotones emitidos que evitan el reflector 201 al moverse por debajo del reflector 201. Ubicar el reflector 201 cerca del borde del led también permite un reflector más compacto en cuanto a altura. Esta proximidad del reflector 201 a la matriz de led 330 también permite que haya una capa catódica 513 de menor longitud del circuito flexible 510, lo que permite asimismo que la capa catódica 513 sea delgada y aún pueda conducir corrientes altas sin muchos impedimentos. Cuanto más el borde del reflector se aleje del led, más alto debe ser el reflector según principios ópticos de conocimiento común. Aunque una irradiancia ligeramente más alta se puede conseguir con reflectores más altos, los reflectores más altos pueden ser poco prácticos en ciertas implementaciones.

Adicionalmente, el circuito flexible 510 no es caro de elaborar y es muy compacto y delgado, por lo que es apto para usar en el contexto de realizaciones del presente invento en el que el apilamiento general en eje z de las capas metálicas y dieléctricas del circuito flexible preferiblemente se minimizarían. Lenthor, EE. UU., es un ejemplo de un fabricante excelente de circuitos flexibles. En una realización el circuito flexible 510 puede extenderse más allá del montaje de refrigerador por microcanal y conectarse (directamente o indirectamente) a un CC/CC externo y/o suministros eléctricos.

Como se describe anteriormente, otra característica nueva de las realizaciones del presente invento incluye el uso de un refrigerador por microcanal 410 preferiblemente unido por difusión (aunque las capas pueden soldarse o pegarse) y preferiblemente de lámina grabada que preferiblemente tiene una alta relación de aspecto de al menos uno o más cortos y literalmente grabados (a lo largo de la dirección (anchura) corta de la matriz de led 330) que puede estar en un paralelo termal y preferiblemente formado de tal forma que quede lado a lado a través de una longitud larga por donde fluye el refrigerante y por debajo del matriz de led 330 en la dirección preferiblemente y prácticamente paralela a la dimensión (o dimensiones) más corta del matriz 330, normalmente la dimensión de anchura (y no la de longitud). En otras realizaciones, el refrigerante puede fluir en una dirección a través del largo de la matriz de led 330 y/o el refrigerante 410, y puede fluir de forma vertical (hacia la superficie inferior de los ledes) en algunas áreas. En una realización, muchos canales pueden fluir por debajo de la parte inferior de los ledes y muy cerca de la parte inferior de los ledes con una separación de nada más 125 um de cobre (rango de 1-1000 um), más una lámina delgada de soldadura que se usa para unir el led directamente al sustrato anódico común 317. Adicionalmente, puede plantearse el uso de caminos y orientaciones multidireccionales del refrigerante grabado, individualmente o grupalmente, también descritos como canales de transferencia de calor internos, que corren de forma paralela, perpendicular, vertical u horizontal, de forma conectada o no conectada, o alguna combinación de los dos anteriores, orientados en relación a la longitud o anchura o alguna combinación de las dos anteriores, de la matriz de led 330 y/o la superficie inferior del led o los ledes.

De acuerdo con una realización, los canales internos de transferencia de calor pueden orientarse de tal forma que (i) dos o más ledes adyacentes en la dimensión más corta de la matriz de led tienen canales de transferencia de calor sustancialmente independientes debajo de cada led y (ii) los leds que están arriba de estos canales se refrigeran de forma independiente (el grupo de canales debajo de cada led tienen prácticamente ninguna comunicación convectiva entre ellos o con el grupo de canales debajo del led adyacente). Por lo tanto, podría decirse que los dos o más ledes adyacentes han de refrigerarse en paralelo térmico en lugar de serie térmica. La serie térmica resultaría si el flujo del canal que está sustancialmente y directamente debajo de los ledes se entremezclara o si un canal común fluyera sustancialmente y directamente debajo de ambos ledes.

Las capas de laminación (p. ej. capa de laminación 520) del refrigerador por microcanal 410 serían preferiblemente y sustancialmente de cobre, y tendrían preferiblemente aproximadamente cerca del 1 % (rango de 1-10 %) de un material cerámico entremezclado como Al_2O_3 , conocido comúnmente como Glidcop, conocido por mantener su rigidez, fuerza y figura tras ser sometido a temperaturas de unión de alta difusión. Gildcop está ya disponible y tiene casi la misma conductividad termal que el cobre puro.

En una realización, el congelador por microcanal 410 se construye como un aparato de alta relación de aspecto correspondiente a la alta relación de aspecto de la matriz de led 330 directamente montada. En otras palabras, el refrigerador 410 tiene una longitud mayor que su anchura en la que se monta la matriz de led 330, y el refrigerador 410 suele tener canales muy cortos uno al lado del otro y con el refrigerante fluyendo en una dirección frecuentemente paralela a la anchura de la matriz de led 330 y perpendicular al eje largo del refrigerante 410 (la dimensión más grande) y que puede tener canales de 1-n ubicados uno al lado del otro. Los microcanales internos pueden orientarse para formar multicapas que son paralelas, perpendiculares, horizontales y/o verticales a uno o dos de los siguientes ejes: eje largo (longitud) o eje corto (anchura) de la matriz de led 330. Las láminas (p. ej. capa de laminación 520) se apilarían preferiblemente una encima de la otra (o juntas), y cada canal estaría preferiblemente ubicado debajo del canal que se ubica encima o dentro de la lámina que está directamente encima de la lámina cercana independientemente de si las láminas están apiladas verticalmente, horizontalmente o en cualquier otra orientación angular o rotacional en un espacio tridimensional. En una realización, los ledes se montan directamente en la superficie (p. ej. un sustrato anódico común) formado por los bordes (cuando las láminas se apilan verticalmente) de un laminado múltiple apilado y unido por difusión. Es preferible que la superficie formada por los bordes del laminado primero se aplane antes de que suelde la matriz de led 330 a esta superficie.

Como ejemplo no limitativo, los ledes podrían montarse en dos hileras (1-n) a lo largo de la anchura de la hilera y estar organizados de 50 a 300 ledes a lo largo de la longitud de la hilera. La longitud de la hilera sería preferiblemente aproximadamente un 90 % (10-100 %) o más de la longitud del refrigerador 410. En otras palabras, la matriz de led 330 se extiende lo más cerca posible del borde del refrigerador por microcanal 410. De esta forma, no hay brechas de irradiancia significativas en los módulos de cabeza de lámpara led UV conectados en serie. Esta configuración es la más benéfica en el contexto de cortas distancias de trabajo (~2 mm).

Es preferible que los microcanales internos debajo de los ledes de la matriz de led 330 tengan un flujo aproximadamente igual para que las uniones de los ledes sean de aproximadamente la misma temperatura. Para algunas aplicaciones especializadas, el flujo podría ser diferente en algunos canales para que los ledes funcionen de

forma más caliente o más fría, especialmente si los ledes tienen diferente longitud de onda, ya que los ledes de longitud de onda corta requerirán más enfriamiento. Debe notarse que no todas las realizaciones requieren que el 100 % del refrigerante fluya por el refrigerador por microcanal para pasar por canales de transferencia de calor del refrigerante por microcanal.

De acuerdo con una realización, es preferible hacer uso de CFD para diseñar las multicapas refrigerantes de entrada y de salida formadas en la base del cuerpo 305 para mejorar o construir el flujo refrigerante según se necesite para cumplir con el flujo casi igual deseado en los microcanales. Es preferible que MicroVection USA realice la CFD. Se puede conseguir una mejora haciendo que los canales sean más profundos o más anchos o ambos, o alternativamente, puede conseguirse constricción haciendo que los canales sean más superficiales o más estrechos o ambos. Todas estas geometrías pueden ser tridimensionales con contornos simples o compuestos o geometrías casi rectas o agudas. En cuanto a los microcanales, pueden ser de diferente tamaño, forma, profundidad, anchura, número, espaciado de centro a centro, número de capas de laminación grabadas, curvas, protuberancias, garabatos, perfiles tipo "alas de gaviota" (gull-wings), etc. según sea necesario para equilibrar el flujo y/o reducir la resistencia térmica entre los canales y las uniones led.

La **FIG. 6** es una vista en corte isométrica ampliada y detallada de una porción superior del cuerpo 305 e ilustrando varias capas del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 de la **FIG. 2**. En este ejemplo, el paquete de matriz de led 318 incluye la capa espaciadora dieléctrica 514, la capa catódica 513, la capa separadora dieléctrica 512, la capa adhesiva 511 y la capa de sustrato anódico común 317. El circuito flexible 510 podría también incluir una capa anódica (no ilustrada). Según se describe anteriormente, las capas 511-514 pueden formar colectivamente un circuito flexible 510 de la familia de productos Pyralux. En una realización, el circuito flexible 510 puede no incluir la capa espaciadora dieléctrica 514, que puede unirse a una superficie inferior del reflector 201 o simplemente estar libre flotando entre la superficie inferior del reflector o unida a una superficie superior del circuito flexible 510. En realizaciones alternativas, un circuito de flexión rígido o un circuito rígido con un dieléctrico rígido (p. ej. FR4, cerámica, vidrio o materiales relacionados) podría sustituir el circuito flexible 510.

En una realización, la capa espaciadora dieléctrica 514 y la capa separadora dieléctrica 512 incluyen una capa de poliimida (p. ej. Kapton, disponible en DuPont, EE. UU.), PEN o PET. La capa catódica 513 es preferiblemente una lámina de cobre. La capa catódica 513 y la capa separadora dieléctrica 512 preferiblemente forman una capa integrada de lámina catódica y dieléctrico (conocido como "no adhesiva" en la familia de productos Pyralux disponible en DuPont, EE. UU.). Como se ha descrito anteriormente, estas capas que forman el paquete led 318 están entre las pinzas de cátodo 320a-d y 321a-d y la carrocería anódica 315a-b.

Una opción de diseño es alojar módulos de cabezal de lámpara led UV individuales (los cuales al formar matrices en serie típicamente requeriría conectar las lámparas en el mismo contenedor) frente a alojar los ledes en los módulos de cabezal de lámpara led UV. Tener la capacidad de hacer bin en los módulos de cabezal de lámpara led UV significa que no se necesita alojar las lámparas individuales. Como se resaltó antes, en una realización en la cual se realiza el alojamiento en el módulo de cabezal de lámpara led UV 200, el circuito flexible 510 (p. ej., comprendiendo una capa catódica aislada eléctricamente (segmentada) 511, una capa separadora dieléctrica 512 y una capa espaciadora dieléctrica 514), se emplea para potencialmente dirigir individualmente cada led de la matriz de led 330 o grupos de ledes de forma que los ledes sean clasificados por Vf, amplitud de onda, tamaño, potencia, etc., en grupos de 1-n, disminuyendo sustancialmente así las demandas a los fabricantes de led de distribuir los grupos de led en solo uno o pocos bins. De acuerdo con una realización, los contenedores pueden ser de aproximadamente 1 Vf o menos y preferiblemente de ,05 Vf o menos, o incluso de ,01 Vf o menos. Dependiendo de la implementación particular, los ledes de la matriz de led 330 podrían estar en un único o dos grandes bins de Vf, como esa única o dos largas tiras de ledes en la matriz están sustancialmente en el mismo contenedor Vf. A la inversa, los bins podrían estar tan apretados como ,00001 Vf. En este ejemplo, la segmentación de la capa de circuito flexible 510 y/o las PCB de controladores de led 310a-b podrían ser reducidas o incluso eliminadas. Esto puede conseguirse cuando se producen volúmenes muy altos y/o chips muy largos y hay números sustanciales de ledes disponibles por los fabricantes en Vf que están cercanos a ,001 Vf o menos.

Sin embargo, la segmentación de las PCB de controladores de led 310a-b y el circuito flexible 510 permite numerosas opciones para clasificar por valores Vf o ninguno. En el presente ejemplo, los ledes de la matriz de led 330 están divididos en ocho grupos individualmente direccionables al ubicarlos en ocho segmentos de circuito flexible (cuatro de los cuales están visibles en la presente vista, p. ej., segmentos 611a-d). En una realización, los segmentos 611a-d están formados al estampar fotolitográficamente la capa catódica 513 y desgrabar la lámina metálica para formar restos de aislamiento eléctrico (p. ej., el resto de aislamiento eléctrico 610). La capa dieléctrica 512 en el área debajo de los ledes es eliminada mediante mecanizado láser, encaminamiento o estampación.

En general, las longitudes de onda led UV más adecuadas están en el rango de alrededor de 360-420 nm, y más preferiblemente ~395 nm. Cabe resaltar que puede usarse una mezcla de longitudes de onda en cada módulo de cabezal de lámpara led UV 200 y grupos más pequeños y/o incluso ledes individuales o alguna combinación de ambos, pueden ser dirigidos individualmente por unión por cable a una banda individual conductora (no ilustrada) de la capa catódica 513 (capa estampada con material de circuito conductora) en el circuito flexible 510, siendo la banda conductora (capa de material de circuito conductora) preferiblemente reproducida y grabada

fotolitográficamente con preferiblemente una poliimida (capa eléctricamente no conductora, es decir, capa dieléctrica) por debajo de ella. La capa catódica 513 es normalmente cobre.

De acuerdo con una realización, la junta de separación 314 (p. ej., una junta tórica monolítica 420) encaja en una ranura mecanizada o moldeada en el cuerpo 305. Como se muestra en el presente ejemplo, la forma de ranura (o glándula) mecanizada en el cuerpo 305 puede ser aproximadamente descrito como una "o" con radios ajustados en las esquinas y una parte que atraviesa la mitad de la junta en la dirección del eje largo. Este diseño de preferiblemente junta de plano único se hace posible por el diseño de la capa de laminación única en la cual los conductos internos grabados del refrigerador por microcanal 410 para el refrigerante solo se encuentran en la parte que yace bajo la matriz de led 330 y no en las partes alrededor de las áreas que caen sustancialmente bajo las regiones periféricas del disipador de calor. Esto permite que la parte inferior del conjunto de refrigerador por microcanal preferiblemente monolítico sea plano y sustancialmente paralelo a la parte de acoplamiento del cuerpo de lámpara 305 que contiene la ranura para la junta de separación 314.

Las regiones periféricas del conjunto de refrigerador por microcanal explicados anteriormente se explican mejor como las regiones que existen sustancialmente fuera de las zonas de flujo de refrigerante y/o las regiones que existen bajo el preferible sello de sección transversal. Un beneficio de este diseño es que se evitan múltiples sellos o un sello con diferentes planos de eje z. En esencia, un sello configurado en tres dimensiones (eje z en dos o más planos) no es necesario, pues un sello plano simple en dos dimensiones (eje z en un plano) bastará. Las capas de laminación unidas por difusión (p. ej., lámina 520) están grabadas no solo con conductos de transferencia térmica previo a la unión por difusión, pero también pueden grabarse los microcanales primarios de entrada/salida (p. ej. microcanal primario de salida 411) en una realización de la presente invención. De este modo, cuando se unen las láminas 520 que componen el refrigerador por microcanal (410) p. ej., 200 micrones de grosor) con las láminas que componen la parte del refrigerador por microcanal 410 que típicamente no tienen conductos de transferencia térmica (p. ej., la capa de apoyo sólida 530 y la capa de apoyo grabada 525), resulta un conjunto monolítico de refrigerador por microcanal (incluido el refrigerador por microcanal 410) que tiene un lado inferior plano que es usado para comprimir el único sello con forma que existe entre el conjunto preferiblemente monolítico de refrigerador por microcanal y el preferiblemente monolítico cuerpo de lámpara 305.

No se ilustra una capa monolítica de dispersión de calor unida por difusión (p. ej., aproximadamente de 5 mm de grosor (rango 1 a 1 mm)) que puede abarcar la superficie superior del sustrato de ánodo común 317.

La **FIG. 7** es una vista isométrica seccional de despiece de una parte superior de un reflector 201 del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 de la **FIG. 2**. De acuerdo con una realización, el reflector 201 tiene aproximadamente la misma longitud que la matriz de led 330, preferiblemente unos mm más largo, y el reflector podría incluir tapas de extremo 207a-b. Las tapas de extremo 207a-b pueden fijarse al reflector 201 con tornillos y/o imanes no ilustrados.

En una realización, pueden emplearse reflectores muy largos de manera que las secciones de módulos de lámparas de 80 mm sean dispuestas de extremo a extremo aunque los reflectores sean monolíticos y siempre que todos los múltiples módulos de la lámpara 1-n sean fijados de borde a borde. Esta fijación podrá hacerse a un montaje de conducto común.

Cabe resaltar que en los sistemas de curado led UV, incluidos los múltiples módulos de cabezal de lámpara, el reflector 201 podrá usarse en junto con los minireflectores (como se describirá más adelante) ubicados en la zona entre los módulos de cabeza de lámpara, y más concretamente, en la zona ubicada entre los extremos respectivos de la matriz de led en cada módulo de cabezal de lámpara limítrofe.

En una realización, una ventana reemplazable en campo 340 cubre la abertura de salida del reflector 201. La ventana 340 está hecha preferiblemente de un vidrio borosilicato con un revestimiento de gran ángulo UV o AR visible. La ventana 340 puede ir unida al reflector 201 mediante uno o más imanes si la(s) banda(s) que contienen hierro (p. ej., montaje de ventana 341) está(n) colocada(s) en la parte superior de la ventana 340. Los imanes 342 son colocados preferiblemente en las cavidades correspondientes 342 en el reflector 201. Por supuesto, pueden considerarse medios alternativos de fijación de la ventana 340 al reflector 201, tales como barras de ángulo de 90 grados en las que una parte envuelve y sujeta al vidrio, y una parte con ranuras ortogonales a la superficie de sujeción contiene tornillos que están ubicados en el lado del reflector 201. En una realización, el montaje de ventana 341 es encastrado en la superficie superior del reflector 201 para proporcionar alineación y ubicación. En algunas realizaciones, el montaje de ventana 341 puede ser unido al reflector 201 mediante tornillos.

En una realización, la conexión en serie de múltiples módulos de cabeza de lámpara led UV 200 puede ser facilitada al incluir un pasador de acero orientado ortogonalmente (con respecto a los imanes 342) o imanes en los orificios 345. De manera alternativa, los imanes o pasadores de acero (no ilustrados) podrían colocarse en los minireflectores (no ilustrados).

La **FIG. 8** es una vista ampliada isométrica de un reflector 201 del módulo de cabezal de lámpara led UV de la **FIG. 2** con la tapa de extremo retirada. Esta vista pretende ilustrar la modularidad del reflector 201. En este ejemplo, se

ilustran dos de cuatro tornillos 815 que fijan el reflector 201 al cuerpo de lámpara 305. Al simplemente quitar estos tornillos 815, un nuevo reflector con propiedades ópticas diferentes puede reemplazar al reflector 201. En el ejemplo actual, los pies moldeados por inyección integral (p. ej., pie 816) pueden usarse como características de alineamiento para los minireflectores (explicado a continuación) o tapas de extremo. Los tornillos de acero 815 podrían usarse para orientar, alinear y/o sostener tales minireflectores en su sitio si, por ejemplo, los minireflectores contuvieran imanes (con sus campos magnéticos orientados adecuadamente con respecto a los tornillos 815).

Asimismo, los pasadores de fijación o características de acoplamiento macho/hembra que se extienden desde la parte inferior de los reflectores al refrigerador por microcanal 410 o viceversa, pueden emplearse para facilitar el alineamiento del reflector 201 con respecto a la matriz de led 330. Estos pasadores o características de acoplamiento pueden ser parte del reflector moldeado por inyección.

En una realización, los pasadores de fijación, como el pasador 805, podría usarse para alinear los minireflectores o los reflectores de tapa de extremo. Los tornillos 810 podrían usarse para fijar los reflectores de tapas de extremo al reflector 201.

Se muestra una carcasa protectora 202 que sea preferiblemente moldeada por inyección y cada mitad puede ser una imagen reflejada de la otra.

La **FIG. 9** es una vista isométrica de cuatro módulos de cabeza de la lámpara led UV 200 de acuerdo con una realización de la presente invención. En una realización, cada uno de los módulos de cabeza de lámpara led UV 200a-d puede diseñarse de tal forma que se monta en un carril de montaje común (no ilustrado), asociado con aparato o máquina de curado UV de un cliente. Con el fin de facilitar la integración serial en longitud de los módulos de cabeza de lámpara led UV 200a-d (de 1 a n en número), se ponen a disposición minireflectores (p. ej. minireflectores 910a-c) con el fin de permitir la capacidad de obtener un patrón de rayos prácticamente contiguo en la pieza de trabajo con prácticamente ninguna pérdida de irradiancia discernible en el área entre cada módulo de cabezal de lámpara led UV 200a-d (p. ej. el área debajo de la porción el minireflector 910a-c en la superficie de la pieza de trabajo). Ya que los fotones pueden salir del led en cualquier ángulo, es posible que un fotón cruce toda la conexión en serie de módulos de cabeza de lámpara led UV antes de irse de la ventana.

La(s) ventana(s) 340 pueden tener una brecha física en su longitud (p. ej. cada 320 mm, suponiendo que hay 4 módulos de cabeza de lámpara led UV 200 de 80 mm). En una realización alternativa, las ventanas 340 pueden tener una longitud de 80 mm de tal forma que haya tres brechas en 320 mm, y cada una de ellas podría cubrirse mediante una miniventana por separado (no ilustrada). Las miniventanas separadas pueden instalarse en estas brechas físicas y fijarse mediante una tira magnética (no ilustrada) u otra tira sujeta de forma mecánica, resultando así en prevenir que entre polvo o materiales extraños. Otros fabricantes usan un fluido o adhesivo adaptador de índice; no obstante, como se ha especificado con anterioridad, estos materiales (disponibles en Schott, Alemania y Dow, EE. UU.) pueden amarillarse o degradarse. En una realización, pueden usarse una o ambas miniventanas separadas y fluido y/o adhesivo adaptador de índice reflectivo.

Los reflectores mayores y minireflectores pueden fijarse entre ellos con sus propios carriles ranurados que pueden estar entre cada reflector principal, y el minireflector estaría debajo del carril y entre los reflectores mayores. Los reflectores mayores se definen como las porciones más largas de las mitades de reflector que existen en el montaje con el propósito de usarse para distintos fines. Puede plantearse el uso de montajes largos para la impresión y revestimiento de formato ancho, así como reflectores cortos para aplicaciones como adhesivos de componentes de mascarillas quirúrgicas.

En conexión con los módulos de cabeza de lámpara Led UV interconectados, se quitan las tapas de extremos que intervengan y se insertan minireflectores (p. ej, minireflectores 910a-c) en su lugar entre los módulos de cabeza de lámpara led UV que se conectan en serie. Los minireflectores 910a-c sirven para crear un patrón de irradiancia uniforme en la pieza de trabajo y evitar las áreas que carecen de irradiancia; de no hacerlo, esto podría crear una diferencia entre puntos máximos de irradiancia en la longitud del rayo proyectado en la pieza de trabajo cuando se utilizan módulos de cabeza de lámpara led UV 200 conectados en serie. Esto podría tener efectos de proceso perjudiciales.

Con el propósito de proporcionar esta irradiancia prácticamente uniforme entre lámparas led, el uso de varios métodos novedosos puede plantearse. En primer lugar, las tapas de extremos reflectoras entre las lámparas pueden quitarse. La distancia entre las dos matrices led puede ser de ~6 mm, rango de 1 - 100 mm. Una o varias subsecciones de reflectores pequeñas de ~6 mm (p. ej. minireflector 910a-c) pueden situarse entre los dos reflectores principales. Como se describió anteriormente, los minireflectores 910a-c también pueden tener pasadores de fijación, tornillos, barras de unión y/o haces (no ilustrado) en el plano perpendicular (hacia las mitades de reflector del otro lado) y/o planos paralelos (paralelos a las mitades de reflector del mismo lado con la función de conectarlos). Barras de unión pequeñas (no ilustradas) que están atornilladas en su sitio pueden situarse estratégicamente entre las mitades de reflector con el objetivo de conseguir una rigidez mecánica y de cargar la junta de separación 314 o junta tórica 420. Estas barras de unión, en caso de usarse, deben ser de un material rígido y de alto módulo con la sección transversal mínimamente expuesta a los fotones emitidos de los ledes. Esto minimizaría cualquier impacto

que puedan tener las barras de unión en el rayo proyectado y su uniformidad de irradiancia en la pieza de trabajo, ya que lo ideal sería evitar interrumpir o bloquear la trayectoria de los fotones emitidos en la medida de lo posible. Los reflectores (reflector 201) serían preferiblemente dos mitades separadas fijadas al conjunto de microrefrigerador con sus porciones pulidas y curvas puestas una en frente de la otra, y pueden tener pasadores de fijación y puede ser fácil intercambiar reflectores con sujeción de tornillos (p. ej. 815), para que reflectores diferentes con propiedades ópticas puedan intercambiarse fácilmente entre montajes de lámparas. Alternativamente, los minireflectores 910a-c pueden no tener tornillos (no tener sujeción) y los cilindros magnéticos pueden usarse para emparejar los minireflectores 910a-c a los reflectores principales 200a-d. Adicionalmente, una barra (p. ej. montaje en ventana 341) magnética (p. ej. acero cortado con láser) que mantiene la ventana en su sitio puede tener pasadores de fijación (no ilustrados) que pueden moldearse en la superficie superior del reflector y pasar por orificios en el montaje en ventana 341 y sirven para ubicar las porciones de salida de todos los reflectores en una línea recta prácticamente contigua. La FIG. 7 muestra que el montaje en ventana 341 está empotrado en la superficie superior del reflector 201 para aportar alineación y ubicación adicional. Los minireflectores pueden fijarse al cuerpo de lámpara 305 mediante tornillos.

En relación con las **FIGS. 10A-C**, una realización alternativa de un paquete de matriz de led (p. ej. un matriz de led 1015 emparejado con un circuito flexible (no ilustrado) y una capa de disipación de calor 1030) se describe a continuación. Esta realización alternativa tiene el objetivo de ilustrar, entre otros, la función de fijación/sujeción de las pinzas catódica 320a-d y 321a-d puede conseguirse con conectores con distintas geometrías. En el presente ejemplo, las carrocerías catódicas, la carrocería catódica 1010 y el cuerpo monolítico de lámpara anódico 1020 están fijando/sujetando la capa de disipación de calor 1030 y la capa de circuito flexible 1040 una con la otra. Adicionalmente, pueden formarse orificios, p. ej. orificios 1050, en estas capas para permitir el paso de los cables anódicos y catódicos 1051 o tornillos conductivos con o sin una funda dieléctrica.

En una realización, los ledes UV de alta densidad de corriente (SemiLEDs, EE. UU.) masivamente en paralelo (p. ej. prácticamente todos los ledes de la matriz de led están eléctricamente situados de forma paralela) pueden montarse directamente en una placa anódica de cobre común 1030. Ledes individuales o grupos de ledes pueden abordarse con circuito flexible (que ayuda en fabricar la flexibilidad en cuanto a requerimientos de binning de Vf, potencia, longitud de onda, etc.). Una matriz de led con alta relación de aspecto (con una longitud más larga que su anchura de tal forma que permita un rayo de salida estrecho y concentrado), matriz de alto factor de llenado (que permite conservar el brillo), macroreflectores modulares (que controlan un porcentaje mucho más alto de fotones que los microreflectores y que permiten flexibilidad del usuario para las aplicaciones de la dosis a mayores distancias de trabajo, densidades energéticas y profundidad de campo). En una realización, una forma rectangular de dos caras en oposición al reflector elíptico (en el que la porción central es más ancha que las aperturas de entrada y de salida) permite un rayo muy ligeramente enfocado.

El sustrato anódico 1030 se atornilla a un cuerpo de lámpara 1020 sustituible que tiene por lo menos un canal de flujo líquido (p. ej. canales 1045) que tiene un coeficiente de transferencia de calor alto para baja resistencia térmica (esto permite que los ledes se accionen en altas corrientes en una matriz de alto factor de llenado. Adicionalmente, la placa anódica 1030 (soporte) se fija en el cuerpo de lámpara (un segmento del disipador térmico inferior que puede realizarse a máquina o moldearse por inyección) en disposición de "almeja" (permitiendo así un método simple de sellado al comprimir la junta tórica formada (p. ej. juntas tóricas 420a-c) (Apple Rubber Products, EE. UU.) y la resistencia térmica baja, ya que el refrigerante líquido puede tener contacto íntimo con la placa anódica 1030.

Las carrocerías catódicas individuales (carrocería catódica 1010) se atornilla por medio del sustrato anódico 1030, haciendo contacto eléctrico con el circuito flexible catódico 1040 y a la vez manteniendo al ánodo 1030 firmemente aferrado al cuerpo de lámpara 1020 y/o la carrocería anódica (en efecto, la placa anódica 1030 con el circuito flexible catódico 1040 estaría "fijada" entre la carrocería anódica inferior 1030 y la carrocería catódica superior 1010; la carrocería anódica inferior 1030 es de hecho el sustrato anódico 1030 de las placas de controladores de led (no ilustradas).

En una realización, una capa espaciadora (dieléctrica) Kapton entre el reflector 1011 y la lámina de circuito flexible catódico 1040 permite que los cables (no ilustrados) que conectan los ledes a la lámina catódica 1040 se doblen y "despejen" el largo borde (en forma de rectángulo) del reflector. También aísla eléctricamente al reflector si el reflector debe ser de aluminio o debe tener una capa metálica como lo es la plata, los grupos de ledes reciben su alimentación de sus propios chips de controlador, como LM 3433 (National Semiconductor, EE. UU.), que son parte de los suministros de energía CC/CC (permitiendo así controlar los grupos con potencia variante, la mayoría debido a un bin de Vf variable). En algunas realizaciones, puede plantearse el uso de suministros de energía que van directamente de salida CA a CC en el rango de 4-5 V.

En una realización, un número poco significativo de ledes está conectado en serie (por lo que un único led malfunctionante no provocaría que un string entero deje de funcionar y ya no sería necesario el uso de resistores equilibradores de carga eléctricamente ineficientes). La parte inferior de la placa anódica 1030 tiene canales 1045 grabados químicamente para el flujo del refrigerante (permitiendo así una resistencia térmica más baja) e incluye un componente libre de plomo (soldadura de estaño) en el lado trasero (parte inferior) del chip, permitiendo así un reflujo de fase vapor simple y de gran fiabilidad (con el fin de asegurar que el gran número de ledes estén unidos de

forma uniforme a la placa anódica 1030).

En una realización, el proceso del reflujo de fase vapor supone el uso de un horno fase vapor. En una realización, un flujo adherente (Tack-Flux 7, disponible en Indium Corporation, EE. UU.) se usa para adherir los ledes de la matriz de led en su sitio antes de colocar el montaje de refrigerador por microcanal en el horno fase vapor. Un horno fase vapor usa un líquido inerte que, al calentarse, crea un medio uniforme y muy estable de transferencia de calor en forma de vapor. Este medio sustituye a la energía térmica muy rápidamente y transfiere el calor al montaje de refrigerador por microcanal al condensar este vapor calentado. La temperatura máxima que alcanza el montaje de refrigerador por microcanal está ligada al punto de ebullición del líquido inerte. El punto de ebullición debe ser superior al de la temperatura de derretido de la soldadura. Se alcanza una temperatura muy isotérmica en todo el montaje de refrigerador por microcanal, creando así uno de los procesos de reflujo de soldadura más repetibles y de mayor fiabilidad conocidos.

Los tornillos de polímero moldeado pueden fijar las carrocerías anódicas 1010 al sustrato anódico 1030 mediante orificios en la placa anódica 1030/montaje de circuito flexible 1040 (así eliminando cualquier preocupación de que haya cortocircuito, debido a su carácter polimérico; son asimismo de bajo coste debido a la técnica del moldeo), un cable de número ultra alto de hilos 1011 muy flexible (CableCo, EE. UU.) puede usarse para llevar la corriente a los ledes (reduciendo así la resistividad y la tensión). Puede situarse un tubo refrigerante muy flexible en los orificios del cuerpo de lámpara 1020 (disipador térmico inferior) en los extremos contrarios de la lámpara (permitiendo así un flujo longitudinal del refrigerante, un montaje compacto y conexiones de baja tensión).

La **FIG. 10B** ilustra el paquete de matriz de led alternativo de la **FIG. 10A** con un macroreflector 1001 de acuerdo con una realización del presente invento. En esta vista, una carrocería catódica 1010 se retiraría para mostrar un cable catódico 1011 que sale del montaje para contactar con la carrocería catódica retirada (no ilustrado).

La **FIG. 10C** es una vista isométrica ilustrando el lado inferior de la capa de disipación de calor 1030 de las **FIG. 10A y 10B**. Esta vista ilustra la carrocería catódica retirada 1010 y los microcanales 1045 grabados en la superficie inferior de la capa de disipación de calor 1030 para facilitar la transferencia del calor por medio de la capa de disipación de calor 1030 al afectar el flujo del flujo refrigerante mediante turbulencia del fluido refrigerante.

Con referencia a la **FIG. 10D**, se describe ahora una realización alternativa de un módulo de cabezal de lámpara led UV 1099. Esta realización alternativa se proporciona para ilustrar, entre otras cosas, una configuración alternativa de un refrigerador por microcanal de lámina grabada 1098, capa de dispersión de calor 1090 (de aproximadamente 5 mm de grosor), barras colectoras de ánodo 1091a-b, barras colectoras de cátodo (p. ej. barra colectora de cátodo 1094), canales primarios profundos y largos de entrada y salida de refrigerante 1093a-b en el cuerpo de lámpara 1095 y una junta de separación de plano único 1097. En este ejemplo, más que controladores de ledes integrados, se proporcionan cables (p. ej. cable 1092) para dirigir individualmente los ledes de la matriz de led 1096. En realizaciones alternativas, los cables podrían ser reemplazados con un circuito flexible (no ilustrado) para dirigir a los grupos individuales de ledes.

Respecto a las **FIGS. 10E-G**, se describe ahora otra realización alternativa de un módulo de cabezal de lámpara led UV 1000. De acuerdo con el presente ejemplo, se muestra un conjunto de refrigerador por microcanal con forma de "t" (1068 y 1067), soportado por zonas de laminación exteriores opcionales 1075 y 1076. En una realización, el refrigerador por microcanal 1068, la capa de disipación de calor 1067 y las zonas de hojas de laminación exteriores 1075 y 1076, forman un conjunto monolítico de refrigerador por microcanal reemplazable.

De acuerdo con el presente ejemplo, se proporciona un sustrato de ánodo de cobre (el cual podría considerarse como una hoja de laminación gruesa) por el conjunto de refrigerador por microcanal con forma de "t" 1067 y 1068, el cual está unido por difusión a las hojas laterales (en plano) de cobre/alúmina con microcanales grabados 1090 para crear una parte monolítica de alta conductividad térmica.

En este ejemplo, la parte superior de la "t" es la capa de dispersión de calor 1067 y la parte vertical de la "t" son los apilamientos de láminas 1068 con canales grabados. Las dos partes de la "t" son preferiblemente unidas por difusión después, o posiblemente junto con, la unión de las capas de laminación 1070. En este ejemplo, puede resultar necesario un sello multiplano (similar al sello de plano único proporcionado por las juntas tóricas 420a-c) con una sección bajo las capas de laminación (cerca de las juntas tóricas previamente mencionadas) que impide que la derivación sea en un plano diferente como las regiones periféricas alrededor de la parte inferior de la placa de dispersión de calor que impide el flujo de líquido al medio exterior circundante. Se podría construir un cuerpo de lámpara de emparejamiento para acomodar estas características y construcción. Puede surgir una dificultad para evitar la derivación de fluido alrededor de los extremos de la parte vertical "t" compuesta por las capas de unión por difusión y el cuerpo de lámpara 1062 que puede contener un canal principal de entrada de refrigerante 1063 y un canal principal de salida de refrigerante 1064. En otras palabras, el fluido potencialmente podría, sin otros medios de sellado de esta región, fluir de un canal 1063 a otro 1064 sin pasar por los microcanales 1090. Esto podría impedirse al tener el sello verticalmente en la parte final del apilamiento las láminas, o quizás podría considerarse pegamento o soldadura. El apilamiento vertical de láminas podría ser unido por difusión, soldado con soldadura fuerte, pegado o soldado con soldadura blanda a la parte inferior de la capa de dispersión de calor también. Podría existir una capa

intermedia entre el cuerpo de lámpara 1062 y la capa de dispersión de calor 1067 que recorre la periferia de la zona entre el cuerpo de lámpara 1062 y la capa de dispersión de calor 1067 cuya altura del eje z es sustancialmente la misma altura que la parte vertical "t" compuesta por las capas apiladas de microcanal de laminación grabadas 1068.

En este ejemplo, el canal principal de entrada de refrigerante 1063 y el canal principal de salida de refrigerante 1064 van en paralelo a la longitud del eje largo con alto índice de aspecto de la matriz de led 1071 (la cual es unida al sustrato de ánodo de cobre con una capa opcional intermedia de dispersión de calor 1067). En una realización, los tubos de entrada y salida de refrigerante 1080 están colocados en extremos opuestos de los canales principales paralelos pero opuestos 1063 y 1064, creando así un arreglo de colector donde los microcanales 1090 tienen un flujo de refrigerante sustancialmente uniforme.

Cuerpos anódicos monolíticos 1061a-b son unidos al cuerpo de lámpara 1062 con pernos poliméricos que sujetan las barras colectoras catódicas 1060a-b a los cuerpos anódicos 1061a-b con la lámina catódica de circuito flexible unida al sustrato anódico (1068 y 1067) pinzada entre medio. Este pinzamiento también comprende la junta tórica 1069 y evita la derivación de refrigerante, así como las fugas de refrigerante al medio externo.

Los cuerpos anódicos monolíticos 1061a-b se oponen directamente entre sí y están unidos, y en comunicación térmica, a los lados del cuerpo de lámpara 1062, paralelo a los canales principales de entrada y salida 1063 y 1064, y perpendiculares a, y en comunicación eléctrica con el sustrato anódico de cobre 1068 y 1067, que está en sí mismo pinzado entre los cuerpos anódicos 1061a-b y las barras colectoras catódicas 1060a-b por pernos poliméricos. Esta configuración proporciona una resistencia térmica extremadamente baja y su inherente naturaleza isotérmica, se combinan para permitir medios prácticos para operar un matriz de led UV de alto factor de forma, alta densidad, alta potencia y alto brillo de una manera práctica.

El sustrato de dispersión de calor 1067 podría considerarse en sí mismo una capa de laminación. Podría permitirse que la dispersión de calor tuviera lugar simplemente en las distancias entre las capas y/o entre los canales grabados. Cabe destacar que la orientación vertical de las capas puede proporcionar una resistencia térmica más baja, pero tiene una facilidad de montaje y funcionalidad del equipo diferente. Los garabatos, curvas, o "alas de gaviota" en los canales y en, o con los canales que interconectan, pueden ser ventajosamente considerados, como pueden serlo las protuberancias grabadas o anchuras y profundidades variables de los canales con el objeto de generación de turbulencia o compresión de la capa de unión. Es preferible que el sustrato (también conocido como dispersor de calor, si efectivamente hace falta emplear uno) encuentre un equilibrio entre la dispersión de energía térmica, sin ser tan grueso que añada sustancialmente resistencia térmica entre las uniones de led y el flujo de refrigerante. Asimismo, no debería ser tan fino puesto que debe ser mecánicamente flexionado por la presión interna o turbulencia del refrigerante que fluye, por lo tanto, es razonable hacer el sustrato de alrededor de 125 μm a 250 μm de grosor, rango de 10-1000 μm , y tener alrededor de 8-16 capas de laminación, rango 1-100 que son de entre 25-50 μm de grosor, rango de 1-500 μm y tener una profundidad de grabado de canal de alrededor 12,5-25 μm , rango 1-500 μm , y centro a centro de alrededor 30-60 μm rango 1-1000 μm , y por último, una longitud de canal de alrededor 4000-4300 μm , rango 1-100000. Los refrigeradores pueden ser chapados internamente o externamente con el objeto de evitar la erosión, bioincrustación, corrosión y/o reducción de la impedancia eléctrica. El revestimiento interno generalmente debería evitarse puesto que puede descascarillarse y tener un impacto perjudicial en la vida del refrigerador. Las capas de laminación podrían estar hechas de un material tal como el níquel que es más resistente a la erosión y/o podrían estar recubiertas con una cerámica o metal en un proceso de recubrimiento de conformación como el ALD, preferiblemente posterior a la unión por difusión. Cabe resaltar que es muy frecuente prechapar las capas con níquel antes de la unión por difusión. Un filtro de rango de micrón o submicrón puede emplearse tanto corriente arriba como corriente abajo o ambos desde el refrigerador, y una fuente de luz profunda GUV C, como una lámpara o led, podría emplearse con el objeto de reducir la bioincrustación. Preferiblemente, se emplearía un filtro de 1-15 micrones de 3M, EE. UU. y/o contractores de membrana de Membrana, EE. UU. que son muy efectivos a la hora de eliminar dióxido de carbono, el cual puede tener un efecto perjudicial en el pH del fluido refrigerante y puede incrementar la corrosión.

La **FIG. 11A** ilustra conceptualmente una sección transversal de los dos macroreflectores 1110a-b y 1120a-b superpuestos uno encima del otro de acuerdo con una realización de la presente invención. En este ejemplo, los macroreflectores 1110a-b y 1120a-b tienen sustancialmente el mismo peso y anchura, pero están optimizados para diferentes distancias de trabajo. Tener una longitud de reflector profunda única y luego tener superficies curvadas internas diferentes para diferentes focos resulta eficiente desde el punto de vista de la fabricación ya que solo un único molde exterior es necesario y diferentes curvas son simplemente diferentes insertos de molde.

En el presente ejemplo, el macroreflector 1110-b está optimizado para un plano focal 1140 de 53 mm y el macroreflector 1120a-b está optimizado para un plano focal 1130 de 2 mm. Cada parte curvada ilustrada es una imagen espejo de la otra (asumiendo que tengan la misma longitud focal) y representan una parte de una elipse completa, parábola y/o combinación de las dos. Una parábola es un caso especial de una elipse y generalmente se usaría para una luz colimada.

Una elipse tiene dos focos, un foco primario y un foco secundario. En el ejemplo actual, el foco primario está en el plano del led 1170 y el foco secundario está en el plano de la pieza de trabajo 1130 o 1140.

En varias realizaciones de la presente invención, el rayo marginal 1111 (que representa el primer rayo capturado por el reflector 1110a) y el último rayo (no ilustrado) capturado por el reflector 1110a y que salen de una matriz de led definen una apertura angular 1150 de aproximadamente entre 60 y 89 grados y preferiblemente 80 a 85 grados, ejemplificando así (usando un análisis simple de dos dimensiones) que el macroreflector 1110a-b de 53 mm controla más del 80% aproximadamente de los fotones que abandonan la matriz de led. En realidad, un análisis por ordenador en 3 dimensiones sugiere que tal diseño de profundidad del reflector (cuando las tapas de extremo (p. ej., tapas de extremo 207a-b) están en su sitio) controla más del 90% de los fotones que abandonan la matriz de led. Cuanto mayor sea la apertura angular, mayor control sobre los fotones que salen de los ledes. Por lo tanto, la apertura angular puede aumentarse, pero se necesita tener en cuenta consideraciones prácticas para los tamaños de los reflectores (longitudes y anchuras).

Con referencia a la **FIG. 11B**, puede observarse que los rayos marginales 1121a-b (que representan el primer rayo capturado por el reflector 1120a y el último rayo capturado por el reflector 1120a, respectivamente) saliendo de los ledes 1150a y 1150b y reflejándose en el reflector 1120a, definen una apertura angular 1160 de aproximadamente entre 65 y 89 grados y preferiblemente entre 82 y 87 grados, ejemplificando así (usando un análisis simple en dos dimensiones) que el macroreflector 1120a-b de 2 mm controla más del 82% de los fotones que abandonan la matriz de led de acuerdo con una realización de la presente invención. En realidad, un análisis por ordenador en 3 dimensiones sugiere que tal diseño de profundidad del reflector (cuando las tapas de extremo (p. ej., tapas de extremo 207a-b) están en su sitio) controla más del 96 % de los fotones que abandonan la matriz de led.

La **FIG. 12** muestra una parte del macroreflector 1210 optimizado para un plano focal 1240 de 2 mm en el cual cada lado del reflector tiene un punto focal 1220 que está fuera del eje central 1231 de un haz enfocado 1230 (teniendo una anchura total de patrón de aproximadamente 7 mm y una parte central de alta irradiancia de aproximadamente 65 cm) en una pieza de trabajo (no ilustrada) de acuerdo con una realización de la presente invención. Como se ilustra en los dibujos, en tal configuración, los rayos de luz reflejados desde el lado derecho del reflector se mueven desde la izquierda del eje central 1231 hacia dentro en dirección al centro y los rayos de luz reflejados desde el lado izquierdo del reflector se mueven desde la derecha del eje central 1231 hacia dentro en dirección al centro. De esta manera, los dos conjuntos de rayos de luz reflejados se solapan para crear el haz de alta irradiancia 1230. El modelado por ordenador indica alrededor de un 10 % más de nivel de irradiancia que si los dos conjuntos de rayos de luz reflejados no se solapan. En particular, en una realización, en distancias de planos focales más largos (p. ej., ~53 mm), no hay una pérdida significativa (menos del 5%) de irradiancia en planos de +/- 3mm desde el punto focal.

La **FIG. 13** es una gráfica que ilustra una resistencia térmica convectiva estimada para varios anchos de canal. Esta figura ilustra gráficamente la disminución linear en resistencia térmica con la disminución de anchura de los microcanales individuales. Es de destacar el hecho de que las realizaciones de la presente invención normalmente emplean canales que tienen anchuras de menos de ,1 mm y a menudo ,05, ,025 mm o menos. Esto contrasta con la anchura de los canales empleados en la técnica anterior de los dispositivos de lámpara led UV, como aquellos fabricados por Phoseon (EE. UU.) e Integration Technology (Reino Unido), los que se piensa que emplean macrocanales del orden de 5 mm o mayores. Mientras tanto, los dispositivos de lámparas led UV de esta técnica anterior también sufren de altas resistencias de contacto en el punto en el que la matriz de led es unida a refrigeradores separados. También sufren de la alta resistencia térmica bruta del sustrato al cual la matriz de led está unida.

Como puede verse en la gráfica, siendo todo lo demás igual, la disminución del orden de magnitud de la resistencia térmica de un canal de ,55 mm a un canal de ,025 mm resultaría de por sí en una disminución del orden de la magnitud en la temperatura de unión de led. Sin embargo, todo lo demás no es igual. Como se entiende actualmente por los inventores, la técnica anterior solo tiene un factor térmico que actúa a su favor. Este factor es el uso de una matriz de poco brillo, poco factor de relleno (densidad de empaquetamiento de led), que dispersa las fuentes de calor y resulta en una densidad térmica baja, la cual requiere en consecuencia un coeficiente de transferencia de calor más bajo para la misma temperatura de unión.

Sin embargo, contrarrestando los sistemas de curado led UV de la técnica anterior, está el hecho de que típicamente emplean un arreglo de led en serie / en paralelo que resulta en la necesidad de una capa dieléctrica térmicamente resistiva entre la almohadilla de unión de chip y el sustrato. Cabe resaltar que incluso si se empleara un dieléctrico de alta conductividad térmica (costoso) como el DOC, seguiría existiendo una resistencia de contacto adicional en ambas interfaces, la cual a menudo excede la resistencia térmica bruta del dieléctrico. En segundo lugar, Phoseon emplea un sustrato de silicio que tiene menos de la mitad de la conductividad térmica que el cobre. Hasta donde sabemos, Phoseon luego une también este sustrato de silicio a un termocambiador creando incluso más resistencia térmica. En realidad, todas estas resistencias térmicas se acumulan hasta un punto en el que incluso si se empleara un refrigerador por microcanal en ese medio, los beneficios de la baja resistencia térmica del refrigerador por microcanal se verían seriamente comprometidos. En lo que respecta a Integration Technology (cuyas matrices de led son producidas actualmente por Enfis Group PLC, Reino Unido), su tecnología al menos no emplea el sustrato de silicio, quizás un sustrato AlN (del inglés, *Aluminum Nitride*, nitruro de aluminio) (alrededor de la mitad de la conductividad térmica del cobre) o pueden usar un sustrato de cobre grueso (p. ej., aproximadamente 1 mm). Una

capa dieléctrica de DLC podría tener un beneficio muy pequeño pero cuantificable ya que la DLC tiene alta conductividad térmica bruta, pero la capa es tan fina y las resistencias de contacto son tan grandes como para aplastar los beneficios ganados por la alta conductividad térmica bruta de la DLC. Por lo tanto, los sistemas led UV de la técnica anterior sufren una resistencia alta importante comparados con las realizaciones de la presente invención en la que no se crean problemas de almohadillas de unión, restos, ni degradación de la resistencia térmica dieléctrica, debido a que no se usa ninguna almohadilla de unión, resto o dieléctrico entre el led (o ledes) (p. ej., led 531) y el sustrato (p. ej., sustrato de ánodo común 317) no requerido debido al arreglo eléctrico del led puramente paralelo. De manera adicional, las realizaciones de la presente invención minimizan la pérdida de resistencia térmica bruta a través del sustrato de cobre debido al grosor mínimo (a menudo alrededor de 125 μm (rango 5-5000 μm)) entre la superficie inferior de los ledes y los conductos de transferencia de calor (microcanales), no existe una resistencia interfacial extra desde las capas de almohadillas de unión. El voltaje más alto de los ledes puede llevar a ciertas eficiencias de conversión CA/CC y reducciones de la resistencia del cable (ara un diámetro de cable dado).

La **FIG. 14** es una gráfica que ilustra la salida de potencia para varias temperaturas de unión. Esta figura muestra una caída severa en la eficiencia del led UV con una temperatura de unión creciente. Una caída de ineficiencia del 40 % es observada con un aumento de la temperatura de unión de 20 a 88 grados centígrados. Los ledes UV son mucho más sensibles al calor que algunos ledes azules y verdes con longitudes de onda más largas. Por lo tanto, es deseable usar una gestión térmica superior con el objeto de mantener las temperaturas de unión bajas para conseguir tanto una larga vida como mantener una eficiencia razonable.

De acuerdo con realizaciones de la presente invención, se obtienen las temperaturas de unión de led de aproximadamente 40-45 grados centígrados, incluso cuando operan a densidades de corriente de más de 2,5 A/mm² y a veces más de 3A/mm². Esto puede ser contrarrestado con los cabezales de lámparas led UV de Phoseon e Integration Technology que probablemente operan a densidades de corriente de menos de 1,5A/mm², con los ledes mucho más espaciados (bajo factor de relleno/bajo empaquetamiento), lo cual por supuesto lleva a menor irradiancia pico y menor energía total entregada a la pieza de trabajo.

La **FIG. 15** es una gráfica que ilustra una resistencia dinámica frente a una curva de corriente directa para un led típico en un disipador térmico típico. Cabe resaltar cómo la resistencia dinámica se acerca a una asíntota conforme la corriente se aproxima a los 1500 mA. Esto ilustra varios factores, incluido el impacto perjudicial de una diferencia de temperatura entre cualquiera de los dos ledes en una matriz eléctricamente en paralelo. Ya que un coeficiente de temperatura negativo de la resistencia eléctrica es inherente a los ledes, la gráfica muestra que solo un pequeño cambio en la resistencia (dinámica) puede tener un gran efecto en la corriente. Por lo tanto, es conveniente crear un sustrato sustancialmente isotérmico en el cual se puedan montar los ledes. Por ejemplo, los ledes pueden montarse en un sustrato que tenga una baja resistencia térmica (además de montarse con una técnica de soldado directo con baja resistencia térmica), alta conductividad térmica, alto coeficiente de transferencia de calor (10000-35000 Wm²K), y alta difusividad térmica (conductividad térmica dividida por la capacidad térmica) con el objeto de crear una condición casi isotérmica entre sustancialmente todas las uniones de led en paralelo.

Un refrigerador por microcanal con cortas longitudes de difusión térmica (p. ej., aproximadamente 125 micrones) entre el led (o ledes) y los canales de refrigerante (canales de transferencia de calor) idealmente cumple esta condición. La difusividad térmica es una medida del índice en el cual una perturbación en la temperatura en un punto viaja hasta otro punto. Por medio de una analogía, al difundir rápidamente un incremento de temperatura que existe en un led y transfiriendo rápidamente esta energía sus alrededores, se mantiene a todos los ledes en estado esencialmente isotérmico. En realidad, "esencialmente", es un término relativo, ya que la corriente ascendente de los ledes (cerca de donde el refrigerante entra en el cuerpo de lámpara, así como lo más cerca de donde el refrigerante entra los canales de transferencia de calor) puede estar de cierta temperatura pequeña a infinitesimalmente pequeña como resultado del diseño del refrigerador por microcanal empleado. En una realización, los canales de transferencia de calor del refrigerador por microcanal están diseñados para que los conductos estén en paralelo térmico (p. ej., no hay una diferencia de temperatura esencial entre los ledes conforme el refrigerante fluye bajo (p. ej., 2 filas de) ledes en paralelo), no en serie. Así, hay menos probabilidades de que haya una diferencia de temperatura.

Sin embargo, en tanto que hay una diferencia de Vf y potencia de salida en una bin de ledes, esas diferencias pueden resolverse con un elemento único de realizaciones del presente invento en tanto que el banco (hilera) corriente arriba entero y cada segmento de la hilera corriente arriba pueden abordarse de forma individual. Por lo tanto, los ledes con Vf superior/inferior (impedancia) probado previamente y/o una potencia de salida superior/inferior pueden situarse estratégicamente cerca de las áreas de salida/entrada de temperatura superior/inferior del refrigerante (sean entradas/salidas primarias 360 y 316 del refrigerante o microcanales internos). Adicionalmente, puede usarse ledes con características operacionales variables, incluyendo, entre otras, Vf, longitud de onda, potencia óptica, etc.

De acuerdo con una realización, la PCB de controladores de led 310 no opera con resistencia dinámica ni voltaje, sino corriente. La operación modo corriente mide la corriente y, mediante resistores (p. ej. pequeños de 0,005 ohmios), amplifica, mide y utiliza dicha información de la corriente para el bucle de control. La onda actual está diseñada para que tenga un máximo (p. ej. 10 %) de carga completa, o 0,3A si se opera a 3A por led. Esta onda

máxima sería en el peor de los casos, ya que no incluye los capacitadores de salida que reducirían la onda.

La resistencia dinámica es simplemente V_f/I_f . Por ejemplo, si la V_f es de 4,5 V en 3 A, es de 1,5 ohmios por led. Ya que las resistencias se dividen en paralelo, uno puede dividir 1,5 ohmios por (p. ej. 17 ledes) para conseguir una resistencia dinámica (p. ej. de 88 miliohmios) en 51 A para el controlador entero. En una realización, y como se describe más adelante, cada segmento tiene su(s) propio(s) CI(s) de controlador, cada segmento de controlador puede controlar corrientes precisas incluso en un cortocircuito, por lo que podríamos provocar un cortocircuito de salida, controlando a 51 A y la tensión del cortocircuito sería de cero. El controlador no diferencia entre las tensiones de salida, solo mantiene la corriente en la que está fijado. Si se abre, la salida iría a la tensión de entrada de (p. ej. 12 V). De haber un cortocircuito, llegaría a un nivel muy cercano a cero voltios. Los ledes están en un punto entre el rango de aproximadamente (p. ej. 4-4,5 V). El factor K es el cambio en V_f dividido por el cambio en la temperatura de unión de un led. Los factores K pueden tenerse en cuenta en relación con diseñar módulos de cabeza de lámpara led UV. Factores K más pequeños indican un paquete de resistencia térmica más baja.

Respecto a ledes individuales, la resistencia térmica excepcionalmente baja con el rango de aproximadamente ,05 K-cm²/W a ,01 K-cm²/W y preferiblemente aproximadamente de ,020 K-cm²/W o menos puede ayudar; sin embargo, hacer uso de binning sigue teniendo utilidad. Un led individual con una resistencia dinámica natural inferior atraerá más corriente/calor que sus componentes vecinos; si se calienta más, su resistencia se reducirá y habría desbordamiento (reacción runaway), por lo que el ciclo continuaría hasta que el led se queme (apertura). La baja resistencia térmica mantiene a todos los ledes térmicamente monolíticos (isotérmicos) y esto mantiene la delta de resistencia dinámica en un nivel bajo y reduce dramáticamente la posibilidad de runaway. Con una resistencia térmica suficientemente baja (p. ej. en el rango de aproximadamente ,05 K-cm²/W a ,005 K-cm²/W), se podría considerar cada uno de los grupos paralelos y situados cercanamente en bin como una única unidad. Cuanto más hermético sea el binning de V_f (p. ej. ,01; ,001; ,0001 V), menos probable es que cualquier led determinado dentro de un bin funcione con una potencia de salida lo suficientemente alta (debido a su consumo de corriente desproporcionado) como para reducir su vida útil en comparación a los otros ledes en el mismo bin.

La cualidad asintótica de la resistencia dinámica es la misma que la asíntota de la V_f . Cuanto más intensa sea el control sobre el banco led, se necesitará exponencialmente menos cambio en la tensión para afectar la corriente de impulsión. En los ledes controlados mediante un controlador modo voltaje, cuando la V_f se reduce debido a la temperatura, habría un cambio exponencial en la corriente y un runaway podría resultar si no se diera marcha atrás a la tensión. Sin embargo, ya que las PCB de controladores de led 310 son controladores de modo corriente constante en varias realizaciones del presente invento, la tensión (y por lo tanto la resistencia) es irrelevante.

La **FIG. 16** es una gráfica que ilustra un perfil de irradiancia para un módulo de cabezal de lámpara led UV con un reflector optimizado para un plano focal de 2 mm de acuerdo con una realización de la presente invención. De acuerdo con el presente ejemplo, una irradiancia máxima (pico) de aproximadamente 84,8 W/cm² se consigue con una anchura de patrón de haz de salida de aproximadamente ,65 cm y produciendo una irradiancia media a lo largo de la anchura del patrón de haz de salida de aproximadamente 31,6 W/cm² y potencia de salida total de aproximadamente 20,5 W por cm de longitud del patrón de haz de salida. Este ejemplo ha sido generado con un modelo por ordenador asumiendo el uso de ledes de SemiLEDs de ~1,07 x 1,07 mm, con cada led produciendo una salida de 300mW a 350mA. Cabe resaltar que realizaciones de la presente invención podrían ejecutar cada led a corrientes más altas (p. ej., aproximadamente 2,5 A) aproximadamente entre ,75W y 1,25 W.

La **FIG. 17** es una gráfica que ilustra un perfil de irradiancia para un módulo de cabezal de lámpara led UV con un reflector optimizado para un plano focal de 53 mm según una realización de la presente invención. De acuerdo con el presente ejemplo, una irradiancia máxima (pico) de aproximadamente 24 W/cm² se consigue con una anchura de patrón de haz de salida de aproximadamente 3,65 cm y produciendo una irradiancia media a lo largo de la anchura del patrón de haz de salida de aproximadamente 5,9 W/cm² y potencia de salida total de aproximadamente 21,7 W por cm de longitud del patrón de haz de salida. Este ejemplo ha sido generado con un modelo por ordenador asumiendo el uso de ledes de SemiLEDs de ~1,07 x 1,07 mm, con cada led produciendo una salida de 300mW a 350mA. Cabe resaltar que realizaciones de la presente invención podrían ejecutar cada led a corrientes más altas (p. ej., aproximadamente 2,5 A) aproximadamente entre ,75 W y 1,25 W.

De acuerdo con una realización en la que los controladores de led están integrados en el módulo de cabezal de lámpara led UV, puede usarse suministros eléctricos CA/CC diseñados para "redes de servidores" de alto volumen. Suministros frontales ejemplares son los suministros eléctricos de modelo CAR2512FP y de serie 2500W disponibles en Lineage Power, EE. UU. Un ejemplo de suministro preferible son servidores de Power-One LPS100 12V 1100W de único ventilador que sean suministros eléctricos frontales CA/CC certificados platino y altamente eficientes, en paralelo eléctrico y con interfaz GUI i2C; los suministros Lineage están disponibles con un subsistema incorporando cuatro de estas unidades listas para usar. En 2011, estas unidades de Lineage serán similares, pero con enfriado de conducción (sin ventiladores). De acuerdo con realizaciones del presente invento, además de enfriar los controladores integrados, el agua refrigerante también puede usarse provechosamente para enfriar estos suministros de energía simplemente con pasar la línea del refrigerante en un disipador térmico comunicado con los elementos (o la placa base) del suministro que necesita enfriarse. Es la longitud de onda, óptica con el fin de degradar estos suministros Lineage ya que funcionan más eficientemente en una porción de su máxima potencia.

Mediante un ejemplo no limitativo, operar cada PCB con ~15 controladores a ~40 amperios y ~4-5 voltios usaría aproximadamente 60 % de los ~10000 W disponibles. Es la longitud de onda, óptica con el fin de diseñar para ~50A o más y ~5,5 V para tener algo más de margen para futuros usos cuando es preferible operar los preferiblemente ~16 ledes que son de aproximadamente ~1000-1200 um en cuadrado (en cada uno de los cuatro laterales; aunque pueden ser de cualquier tamaño y forma como en rectángulo o con un tamaño más grande como ~2000 um o ~4000 um o más por lateral) en una corriente de ~3A por led o ~48 por grupo únicamente mediante un ejemplo no limitativo. En una realización, las carrocerías catódicas 313a-b en cada PCB 310a-b cerca del lado trasero del cuerpo de lámpara 305 pueden atravesar casi enteramente el circuito largo de preferiblemente ~300 mm (no ilustrado), así como las almohadillas de soldadura recorriendo casi la PCB entera. En una realización, la placa transversal 375 representa una barra de unión fijada en las carrocerías catódicas 313a-b, ofreciendo así un punto de fijación efectivo para el preferiblemente único cable catódico principal 205 que va desde el módulo de cabezal de lámpara led UV 200 a los suministros eléctricos CA/CC preferiblemente de forma más o menos similar al preferiblemente único y principal rango grande AWG (calibre de alambre estadounidense) ~1-10 y el cable de núcleo anódico preferiblemente de ~2 AWG que va desde los circuitos PCB CC de preferiblemente corriente constante del módulo de cabezal de lámpara led UV 200 a los suministros preferiblemente conectados a la red de CA para aportar una fuente de alimentación altamente eficiente a los ledes con baja onda, preferiblemente menos del 10 %, para maximizar la vida útil del led. En las PCB puede haber algunos componentes comunes del ejemplo no limitativo anteriormente mencionado de ~15 controladores de corriente constante de tal forma que no haya un requisito definitivo para ~15 componentes separados que no haya necesidad de aislar sus cátodos. Es importante destacar que los cables catódicos y anódicos 1 -n pueden suministrar energía eléctrica a la lámpara desde suministros de energía o redes 1 -n. Puede ser preferible usar cuatro suministros de energía Lineage EE. UU. de 2500 W por lámpara y hacerlos funcionar con energía reducida para mayor eficacia. Están disponibles con un extremo posterior común para ~4 suministros de energía. Con o sin ese extremo posterior, cuatro cables/alambres anódicos y catódicos separados por lámpara pueden usarse con el fin de permitir el uso de cables de diámetro más reducido (Methode/CableCo, EE. UU.) y/o cables más grandes y menos pérdidas de resistivos.

En vista de lo anterior, puede observarse que las realizaciones del presente invento se basan en matriz/matrices de ledes poco espaciadas, también conocidas como matrices de alto factor de relleno, con el fin de obtener el brillo máximo posible. En otras palabras, se maximiza la potencia óptica por área de unidad por ángulo sólido, ya que el brillo puede definirse a grandes rasgos como área de unidad por ángulo sólido. Este brillo alto también se correlaciona de manera casi lineal con la demanda térmica/del flujo de calor, ya que el calor residual de la conversión de potencia eléctrica a óptica se vuelve más densa conforme aumenta la densidad de la matriz. Las realizaciones del presente invento preferiblemente utilizan una matriz de factor de relleno de ledes del 90 % o más alto, pero tiene un rango de 30-100 %. La aplicación de una matriz con alto factor de relleno, de acuerdo con las realizaciones del presente invento, lleva a una carga térmica extremadamente alta y densa en el orden de 1000 W/cm² o más, rango de 10-10.000 W/cm². Este flujo térmico alto es un artefacto del alto brillo, p. ej. los ledes están muy próximos (proximidad de 1-1000 μm, operados en corrientes de 2-3 o más amperios por mm cuadrado, (rango de 0,1 a 100 A), lo que resulta en exigencias extremadamente altas de flujo térmico y naturalmente a su vez necesitaría de tecnología de refrigeración con resistencia térmica extremadamente baja que combina un grado muy alto de refrigeración (p. ej. refrigeración convectiva y/o refrigeración conductiva (p. ej. capas de conductividad altas y delgadas entre el led y el gas o líquido que fluyen)) con el fin de alcanzar temperaturas de unión que sean preferiblemente de niveles tan bajos como 40 grados centígrados o menos para una larga vida útil y una operación efectiva con una potencia de salida extremadamente alta.

A pesar de que se han ilustrado y descrito realizaciones de la presente invención, resultará evidente que la invención no se limita únicamente a ellas. Numerosas modificaciones, cambios, variaciones, sustituciones y equivalentes serán evidentes para aquellos expertos en la materia, sin desviarse del ámbito de la invención, como se establece en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo de cabezal de lámpara que comprende:
 - 5 un macroreflector óptico incluye una ventana que tiene una superficie exterior;
una matriz de diodos emisores de luz (ledes) posicionados en el reflector óptico, la matriz tiene un factor de relleno alto mientras que las ledes supera el 50 % del área de la matriz y una relación de aspecto alta de anchura a longitud en el rango de 1:2 a 1:1000 y operacional para aportar un patrón de rayo de salida de alta irradiancia, con una
10 irradiancia máxima mayor de 25W/cm² en una superficie de la pieza de trabajo de al menos 1 mm de distancia de la superficie exterior de la ventana del reflector óptico; y
un conjunto de refrigerador por microcanal operable para mantener un estado sustancialmente isotérmico entre las uniones p-n de los ledes en la matriz a una temperatura de menos que o igual a 80° centígrados, el conjunto de
15 refrigerador por microcanal también proporciona un sustrato de ánodo común para la matriz, donde se forma una conexión eléctrica térmicamente eficiente entre la matriz y el sustrato de ánodo común al montar la matriz en el conjunto de refrigerador por microcanal;
donde el macroreflector óptico comprende una mitad derecha y una mitad izquierda, cada una de las cuales
20 representa una parte de una elipse, cada elipse tiene dos focos, donde los dos focos de la mitad derecha tienen correspondientes puntos focales que están desplazados a la izquierda del eje central del haz de salida previsto y los dos focos de la mitad izquierda tienen correspondientes puntos focales que están desplazados a la derecha del eje central.
 - 25 2. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1 donde la matriz está montada directamente en el conjunto de refrigerador por microcanal.
 3. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, donde el conjunto de enfriamiento por microcanal mantiene un estado sustancialmente isotérmico entre las uniones p-n a una temperatura sustancialmente
30 menor o igual a 45 ° centígrados.
 4. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, donde los ledes están conectados eléctricamente en paralelo.
 - 35 5. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 4, donde al menos uno de los ledes, es un led de emisión ultravioleta.
 6. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 5, donde una relación de aspecto de anchura-longitud de la matriz es sustancialmente de entre 1:2 a 1:100 aproximadamente.
 - 40 7. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 6, donde una relación de aspecto es de aproximadamente 1:68.
 8. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 5, donde el pico de irradiancia puede ser mayor o igual a 100 W/cm² y la superficie de la pieza de trabajo está al menos a 2 mm de la superficie exterior de la ventana del reflector óptico.
 - 45 9. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, donde no hay un número significativo de ledes conectados en serie.
 - 50 10. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, donde el líquido refrigerante que pasa por el refrigerador por microcanal a través y por debajo de la matriz está configurado para ir en dirección sustancialmente paralela a la dimensión más pequeña de la matriz.
 - 55 11. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 10, donde el flujo de refrigerante que fluye por los microcanales del refrigerador por microcanal está equilibrado sustancialmente.
 12. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, además comprende un circuito flexible, unido al refrigerador por microcanal, el circuito flexible siendo operable para dirigir individualmente los ledes o grupos de ledes.
 - 60 13. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, donde, el refrigerador por microcanal está aprisionado entre uno o más conectores de cátodos y uno o más cuerpos transportadores de ánodos para facilitar la sustitución en fábricas.
 - 65 14. El módulo de cabezal de lámpara de la reivindicación 1, además comprende:

un circuito flexible, que incluye una capa de ánodo con patrones, para abordar de manera independiente una pluralidad de uno o más ledes de la matriz;

5 un cuerpo de lámpara térmicamente conductor que tiene paredes exteriores finas

15 El módulo de cabeza de lámpara de la reivindicación 1, además comprende:

unos controladores de led integrados;

10

un cuerpo térmicamente conductor; y

donde los controladores de led comprenden una pluralidad de placas de circuito impreso de núcleo de metal (MCPCB) montados a los lados opuestos del cuerpo térmicamente conductor y donde la pluralidad de MCPCB son enfriados por conducción a través del cuerpo térmicamente conductor.

15

16. El módulo de cabeza de lámpara de la reivindicación 1, donde el macroreflector óptico es reemplazable en campo.

20

17. Un sistema de curado por diodo emisor de luz "led" ultravioleta "UV" que comprende:

una pluralidad de módulos de cabezal de lámpara led UV conectados en serie de extremo a extremo, cada uno incluyendo:

25

un macroreflector óptico que incluye una ventana que tiene una superficie exterior;
una matriz de led ubicada en el reflector óptico, teniendo la matriz un alto factor de relleno donde los ledes exceden el 50% de la zona de la matriz y un alto índice de aspecto de anchura a longitud en el rango de 1:2 a 1:100, y operable para proporcionar un patrón de haz de salida de alta irradiancia sustancialmente uniforme que tiene una irradiancia mayor que 25 W/cm² en una superficie de la pieza de trabajo de al menos a 1 mm de la superficie exterior de la ventana del reflector óptico; y

30

un conjunto de refrigerador por microcanal que puede ser empleado para mantener un estado sustancialmente isotérmico entre las uniones p-n de los ledes en la matriz de led a una temperatura de menos que o igual a 80 ° centígrados, el conjunto de refrigerador por microcanal también proporciona un sustrato de ánodo común para la matriz, donde se forma una conexión eléctrica térmicamente eficiente entre la matriz y el sustrato de ánodo común al montar la matriz en el conjunto de refrigerador por microcanal;

35

donde el macroreflector óptico comprende una mitad derecha y una mitad izquierda, cada una de las cuales representa una parte de una elipse, cada elipse tiene dos focos, donde los dos focos de la mitad derecha tienen correspondientes puntos focales que están desplazados a la izquierda del eje central del haz de salida previsto y los dos focos de la mitad izquierda tienen correspondientes puntos focales que están desplazados a la derecha del eje central.

40

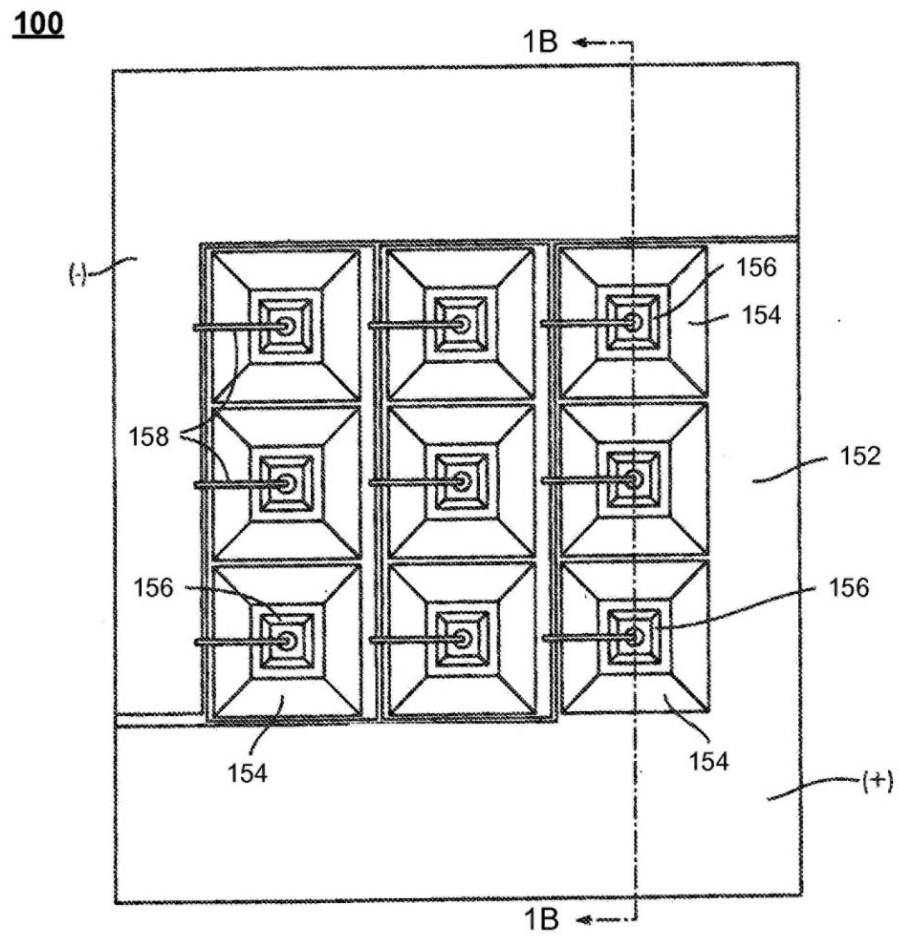


FIG. 1A (Técnica anterior)

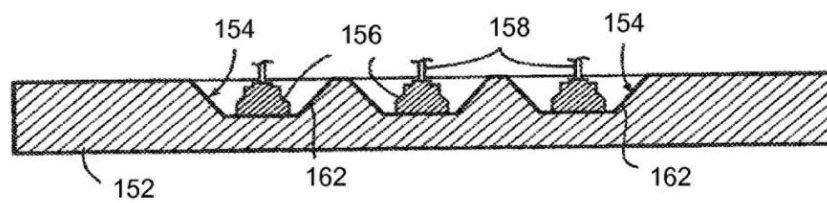


FIG. 1B (Técnica anterior)

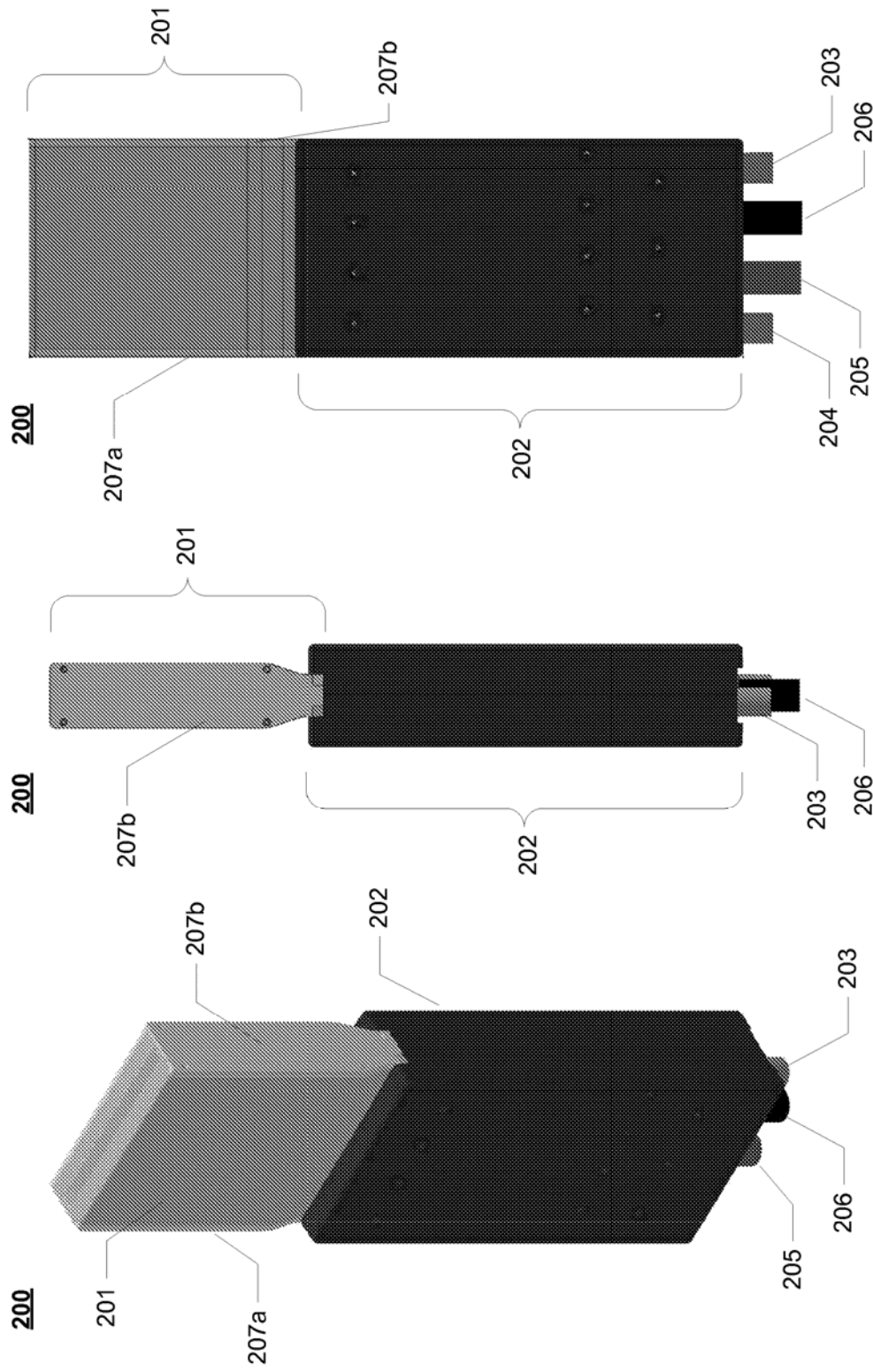


FIG. 2C

FIG. 2B

FIG. 2A

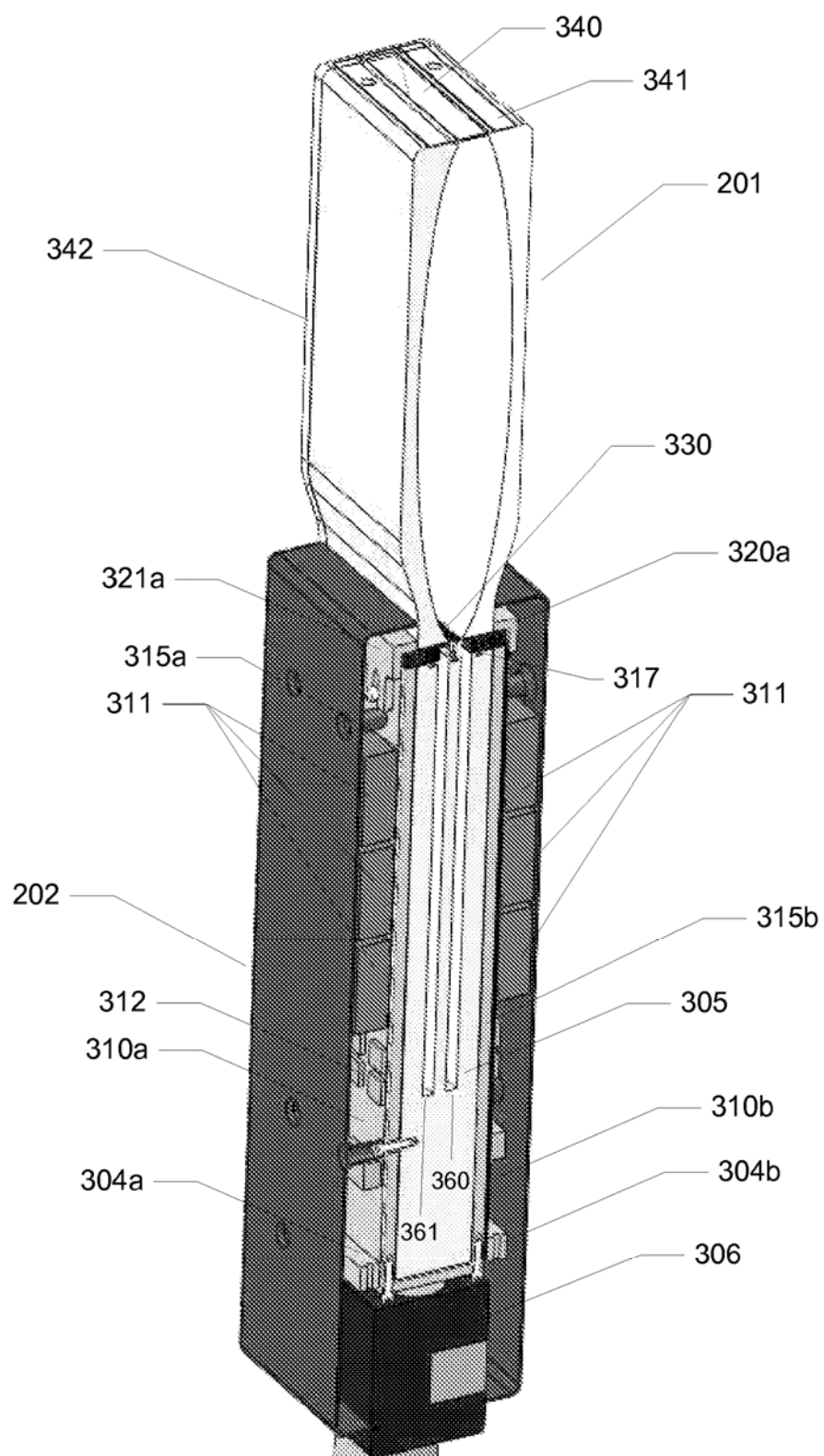


FIG. 3A

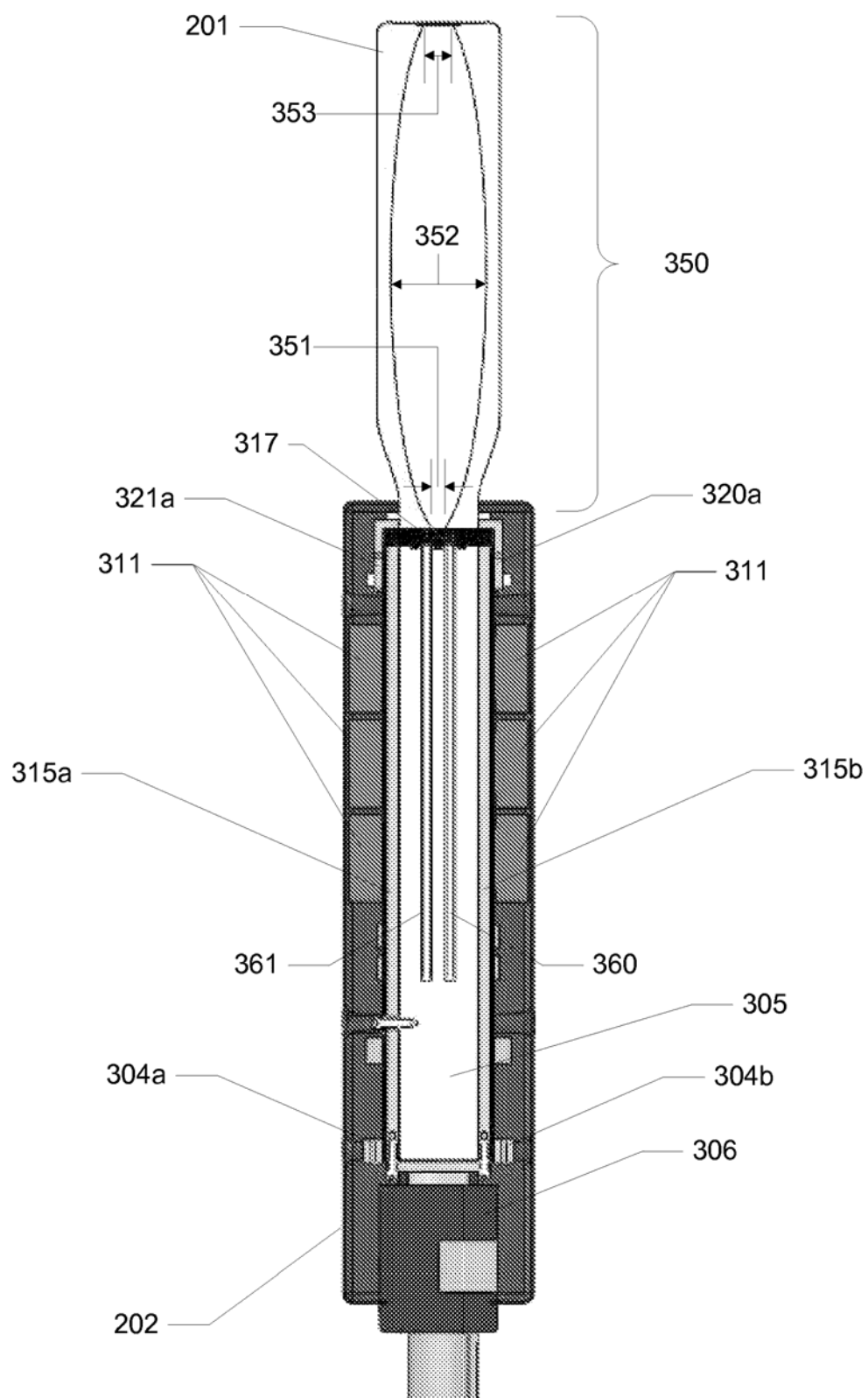


FIG. 3B

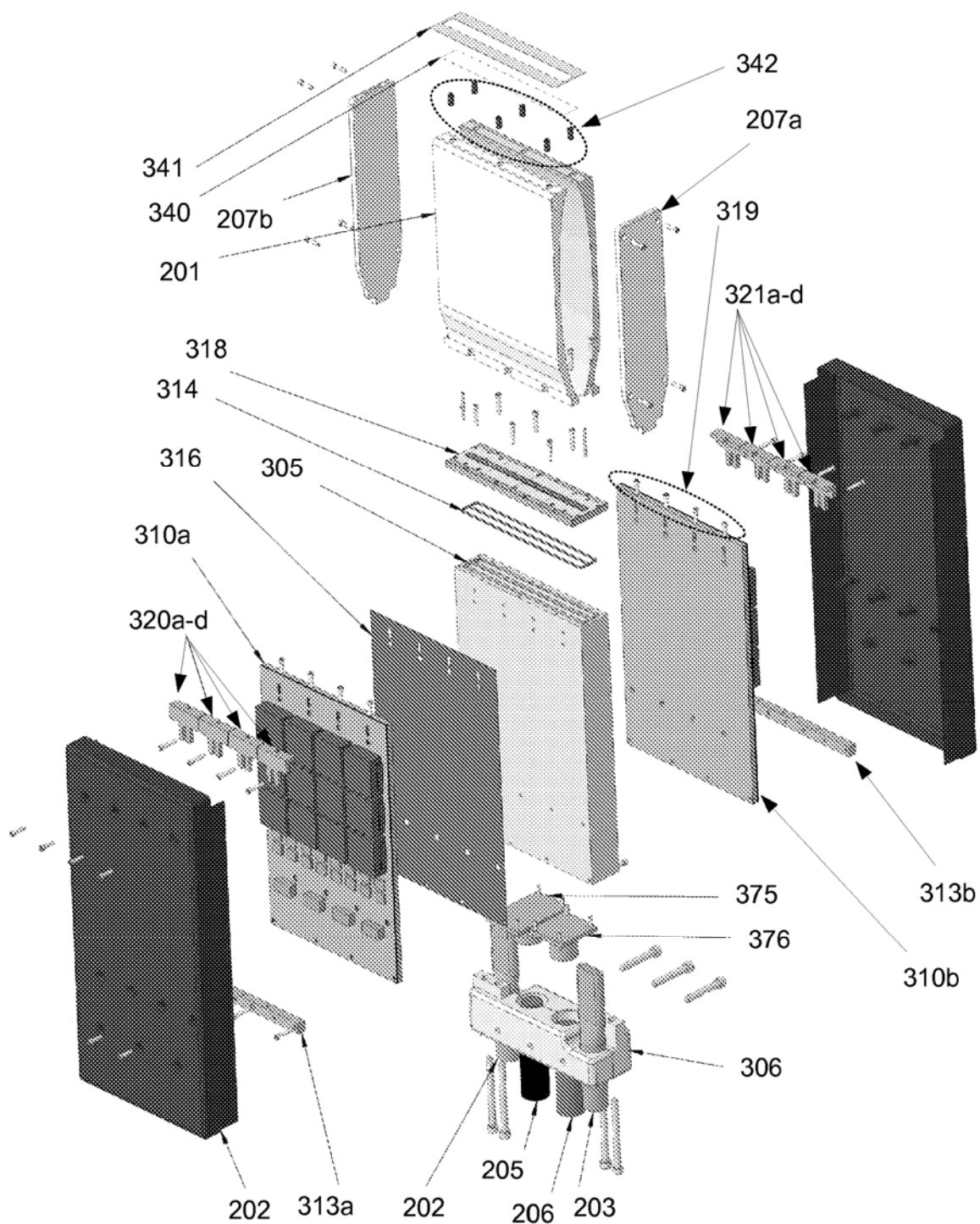


FIG. 3C

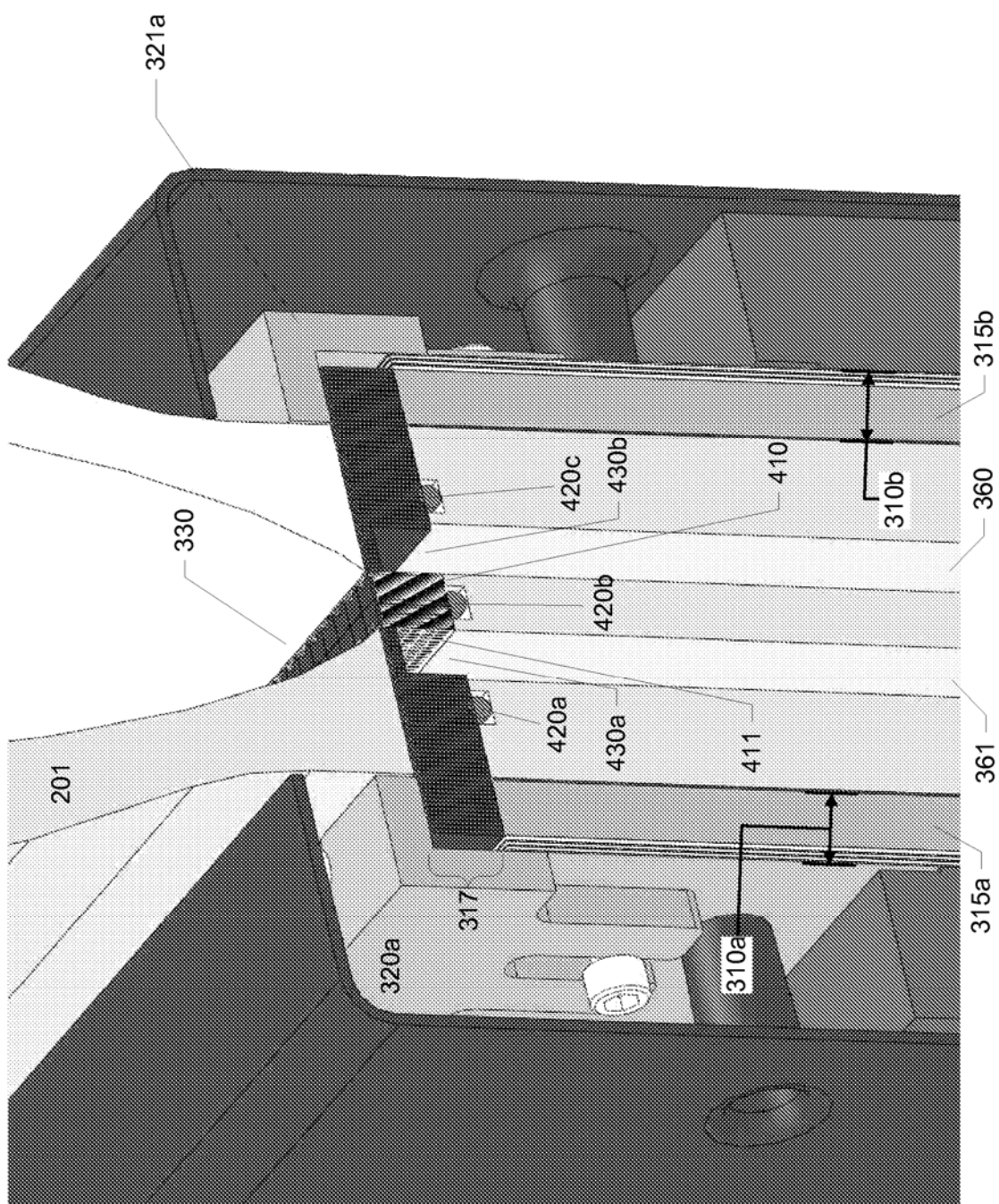
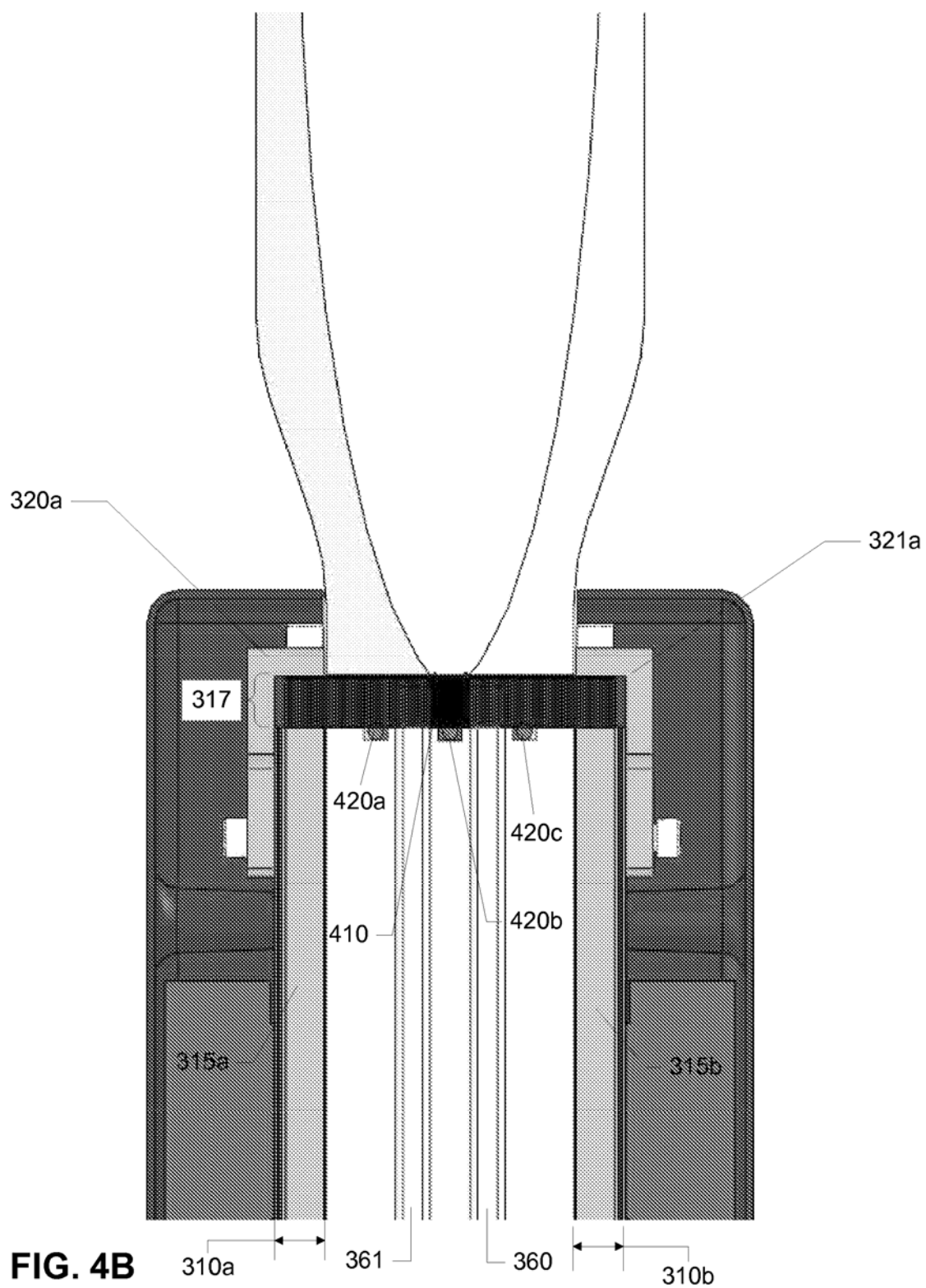
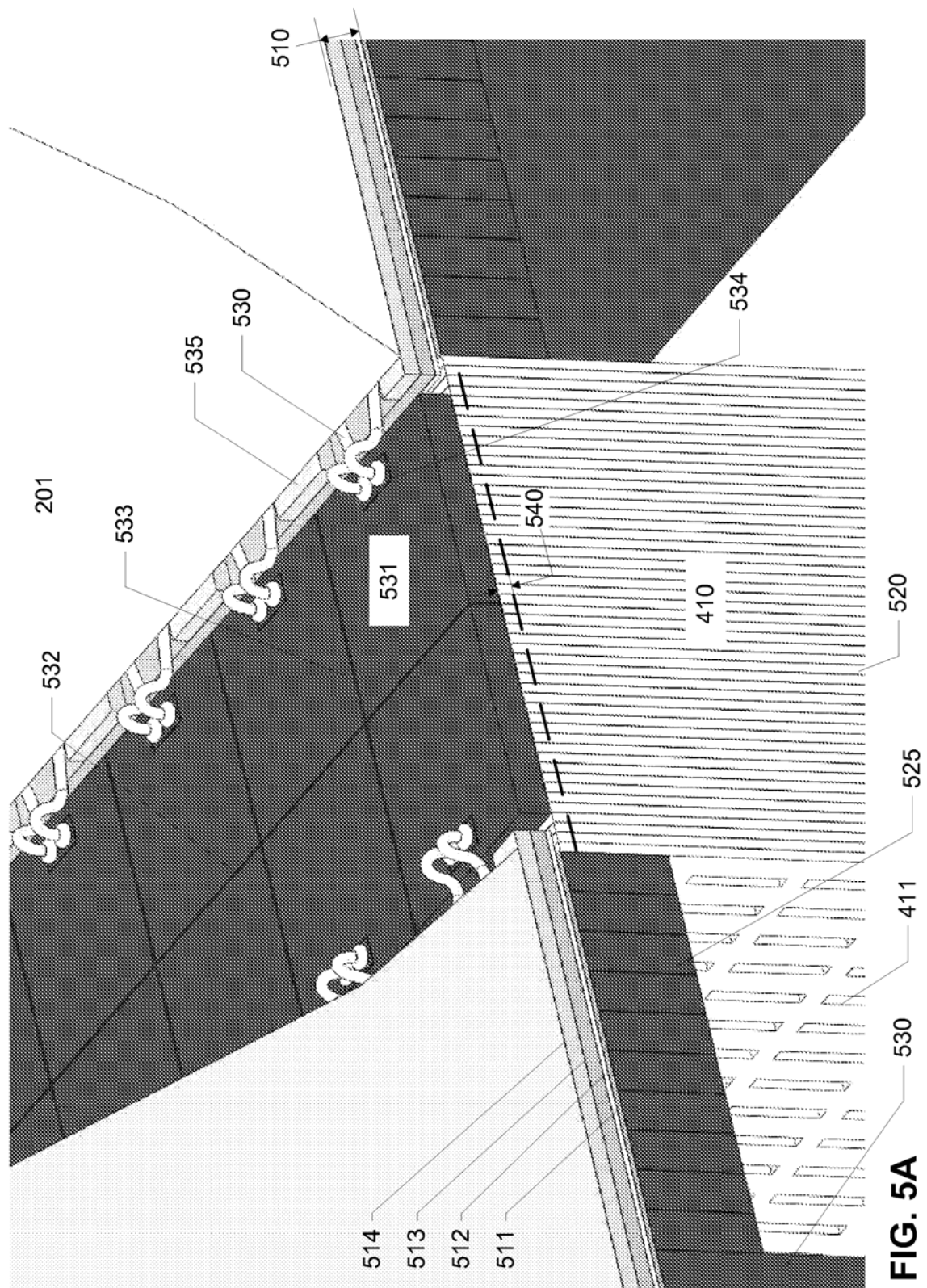


FIG. 4A





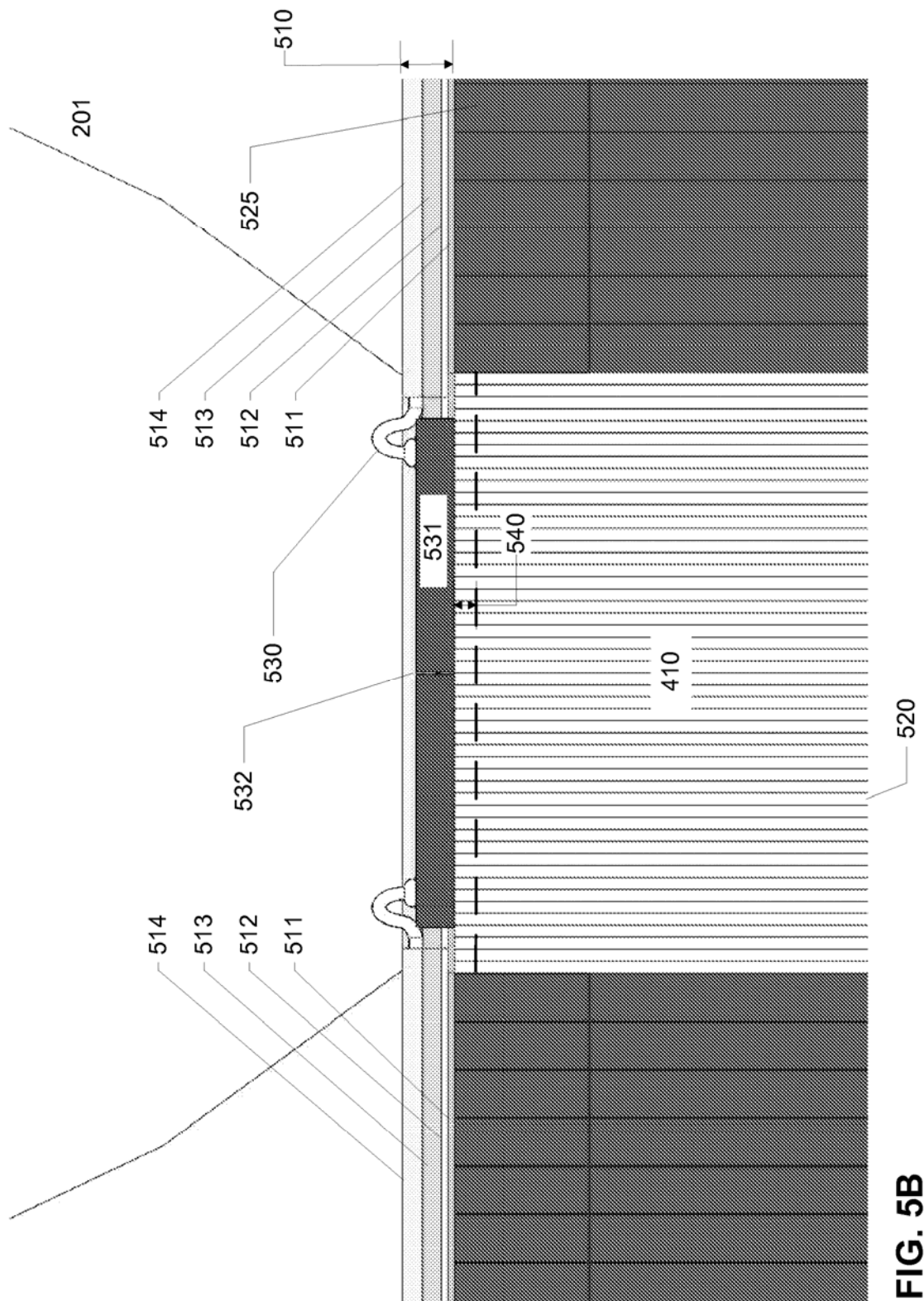


FIG. 5B

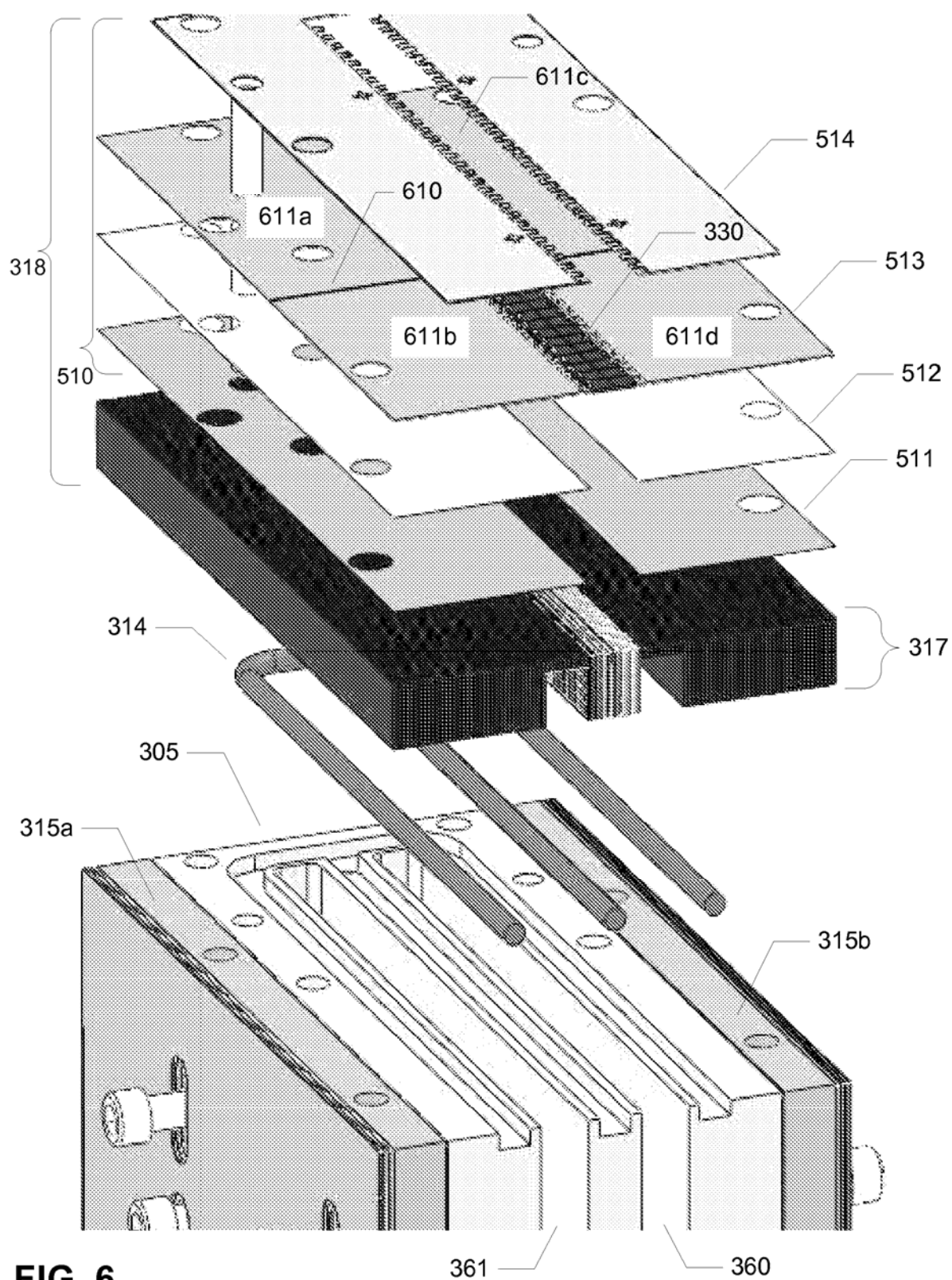


FIG. 6

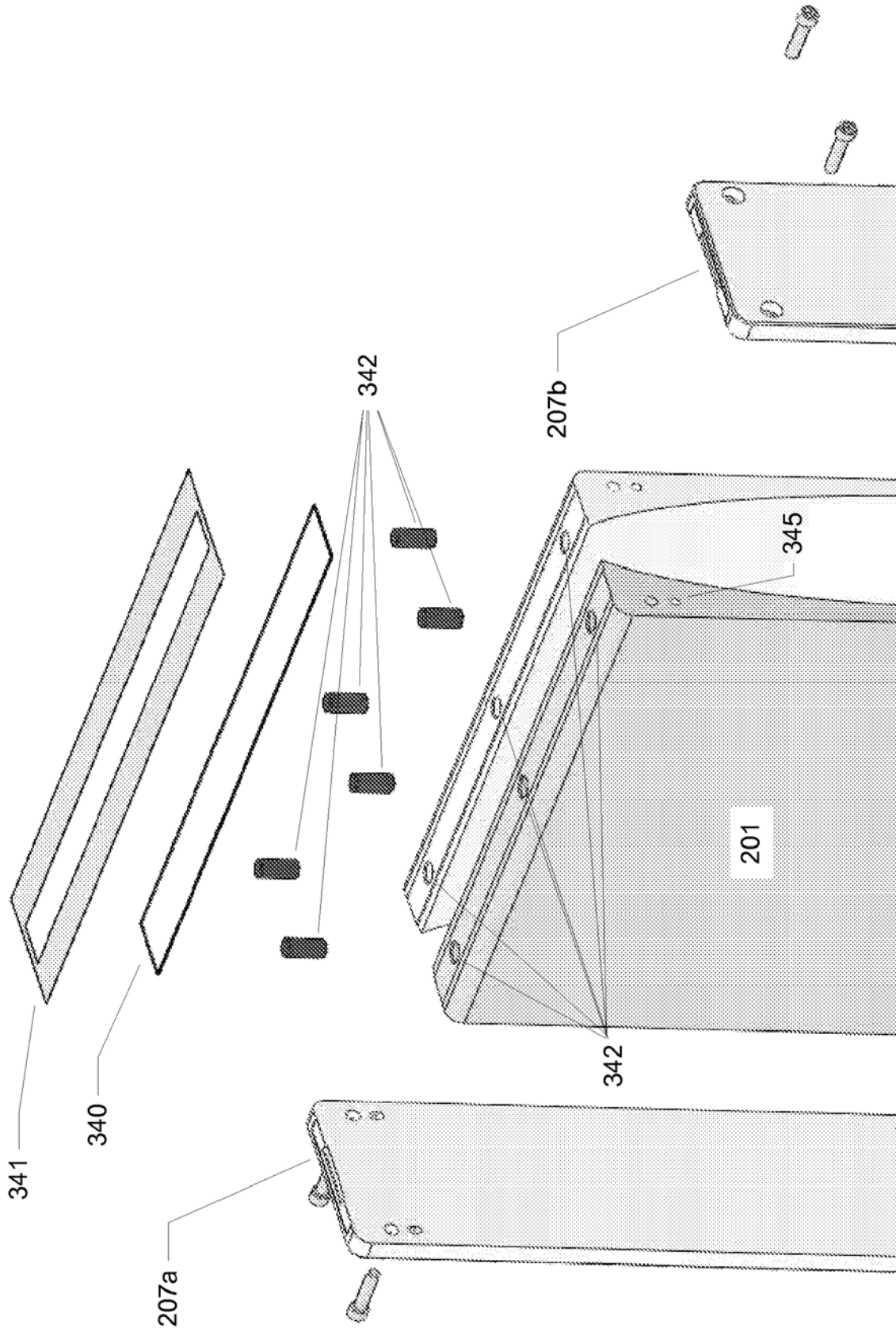


FIG. 7

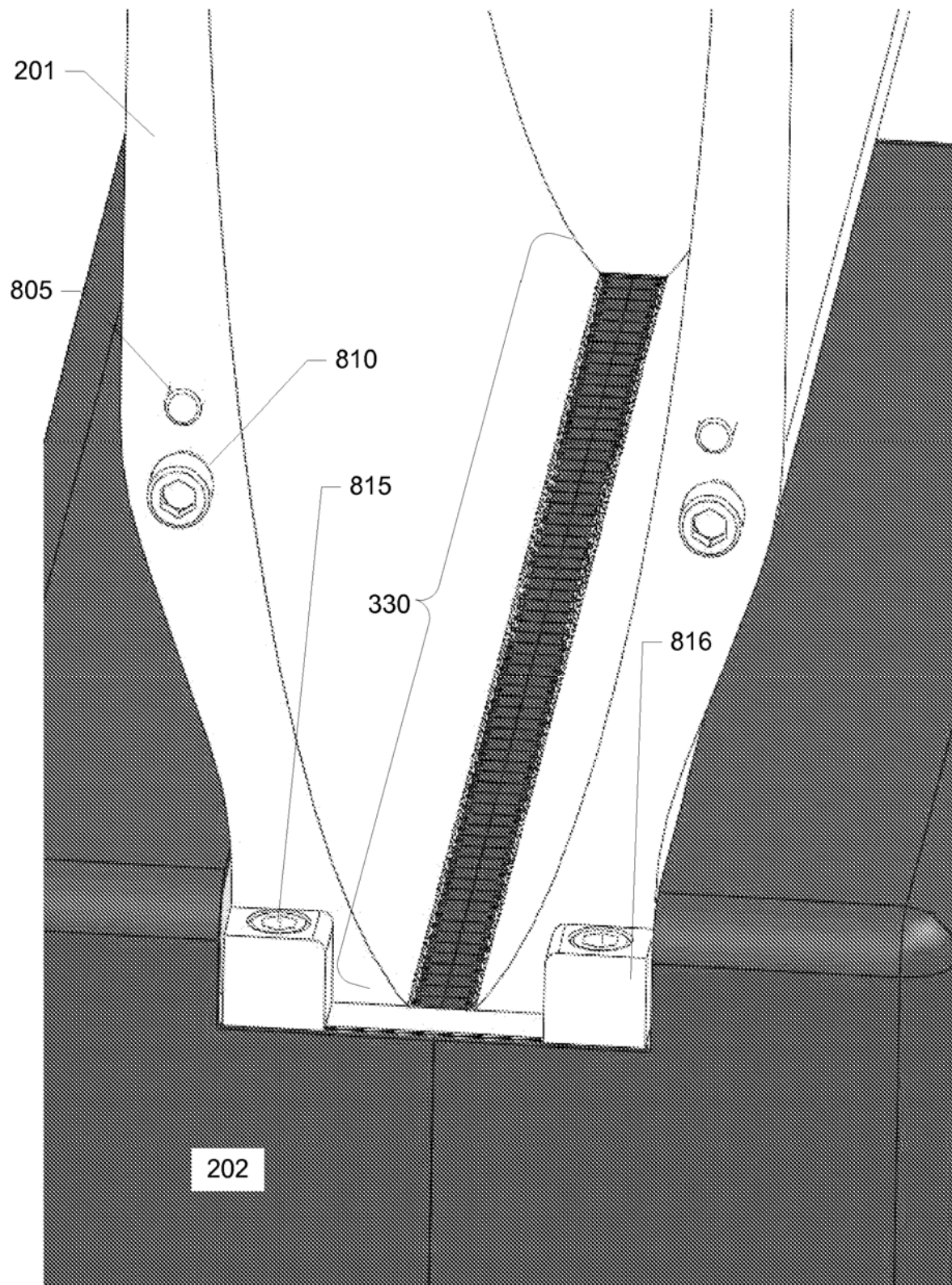


FIG. 8

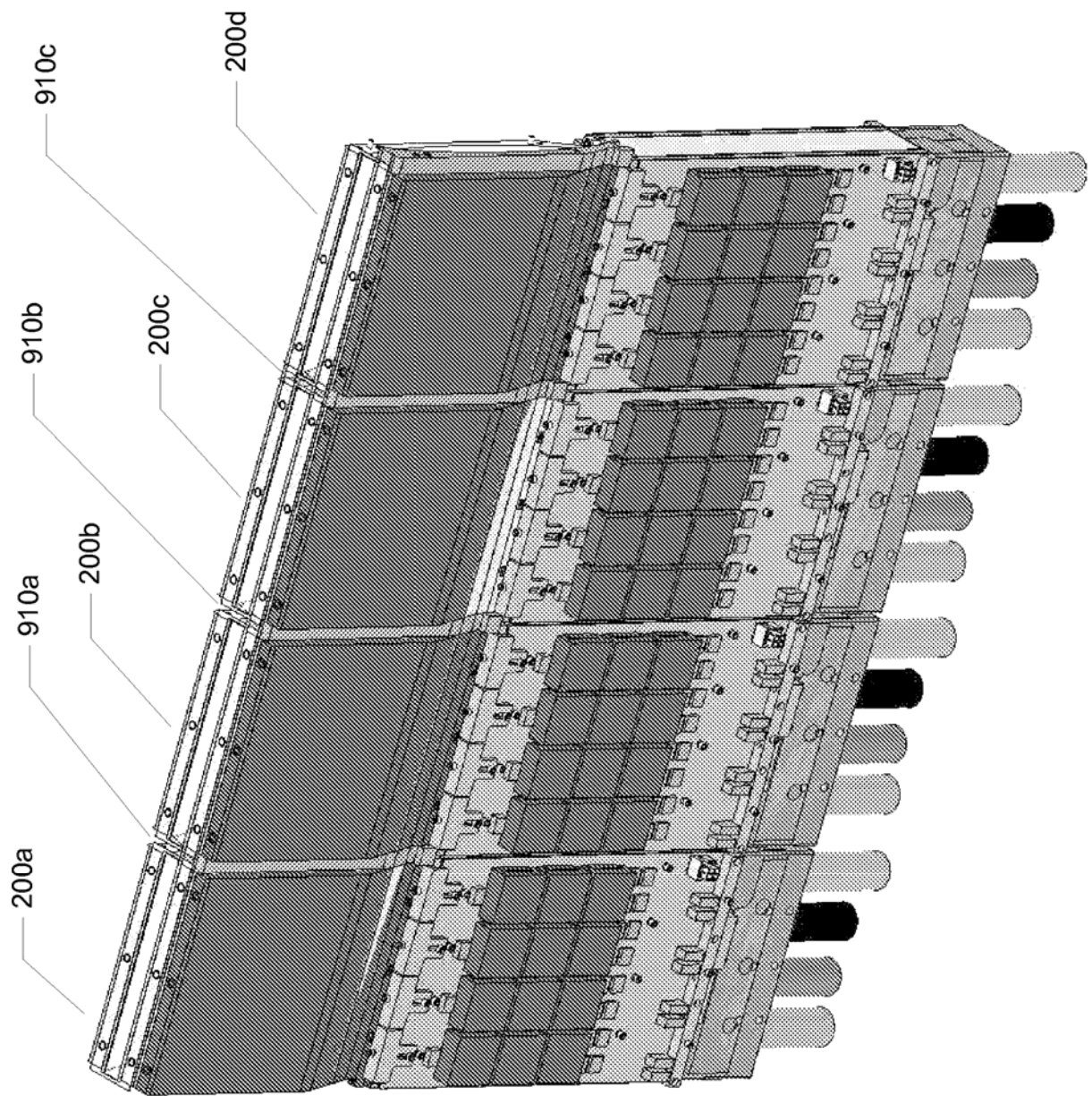


FIG. 9A

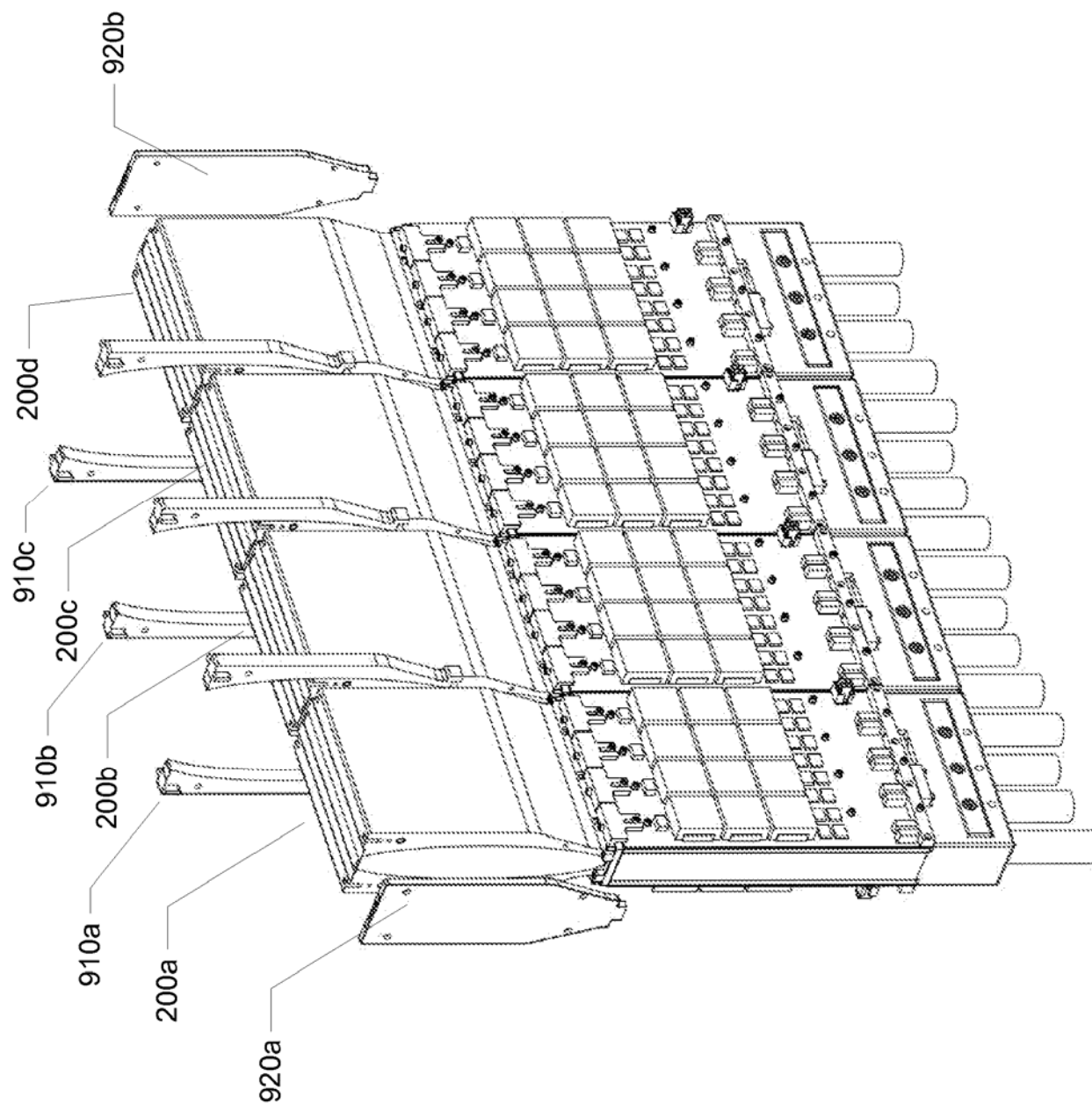


FIG. 9B

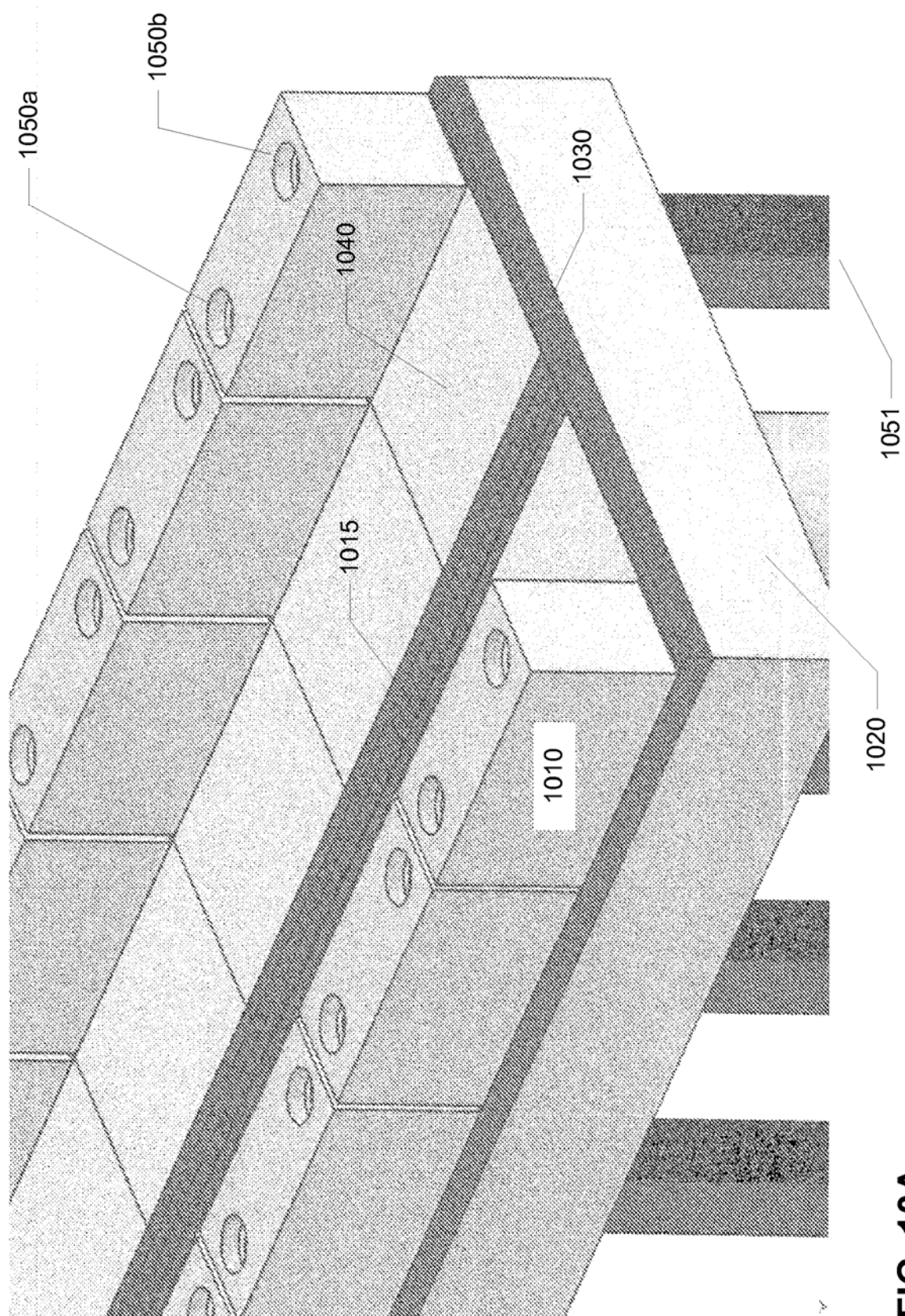


FIG. 10A

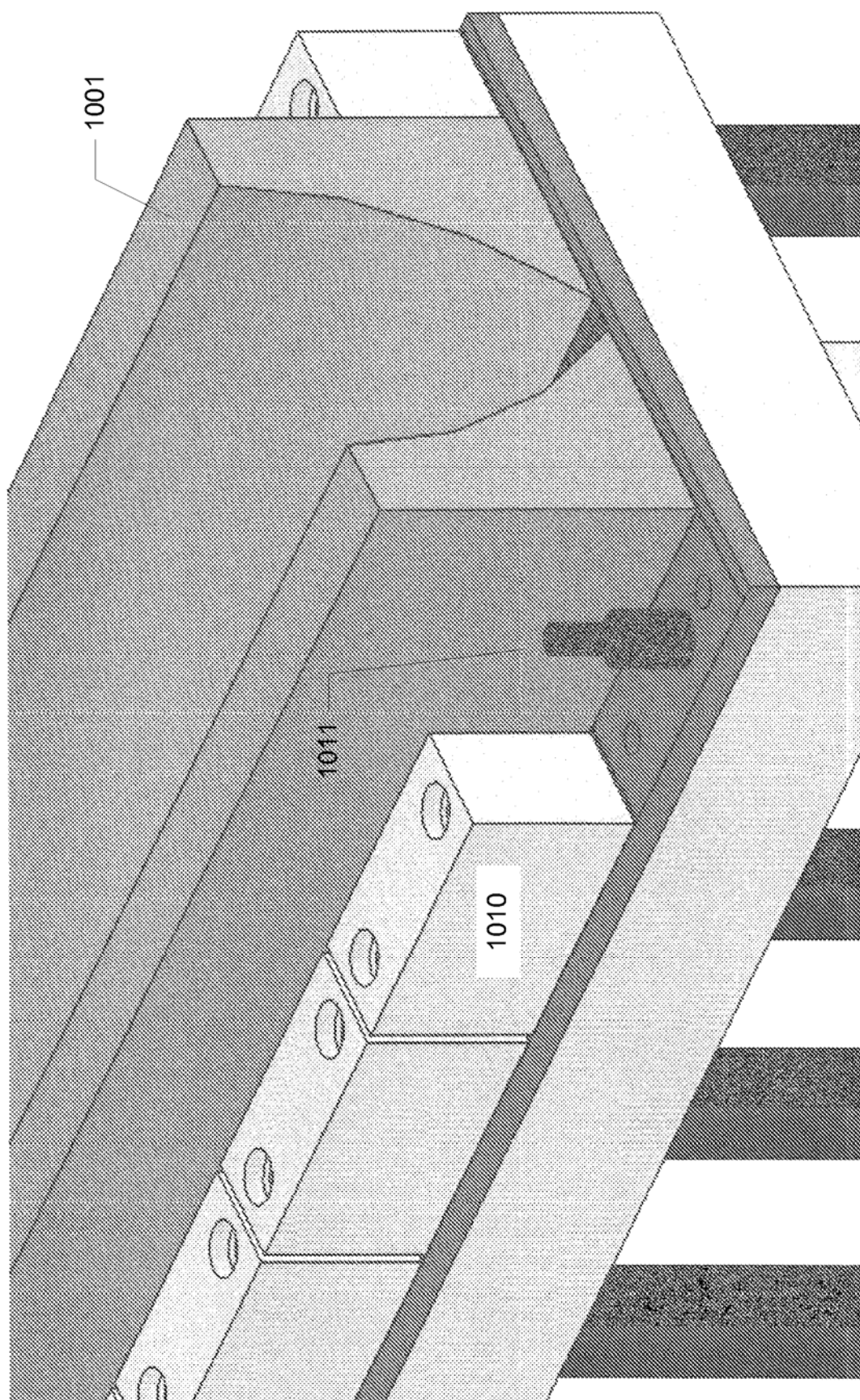


FIG. 10B

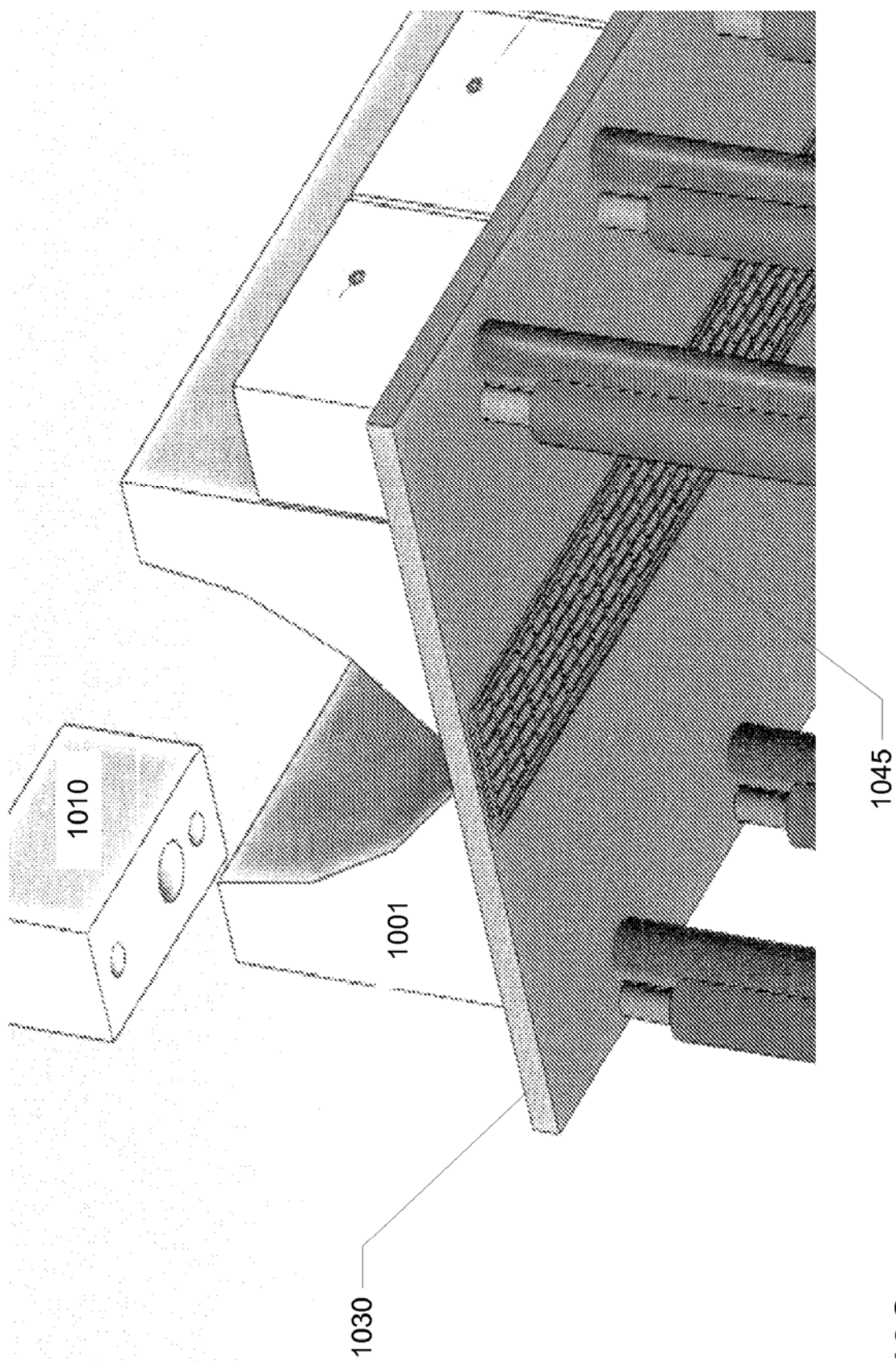


FIG. 10C

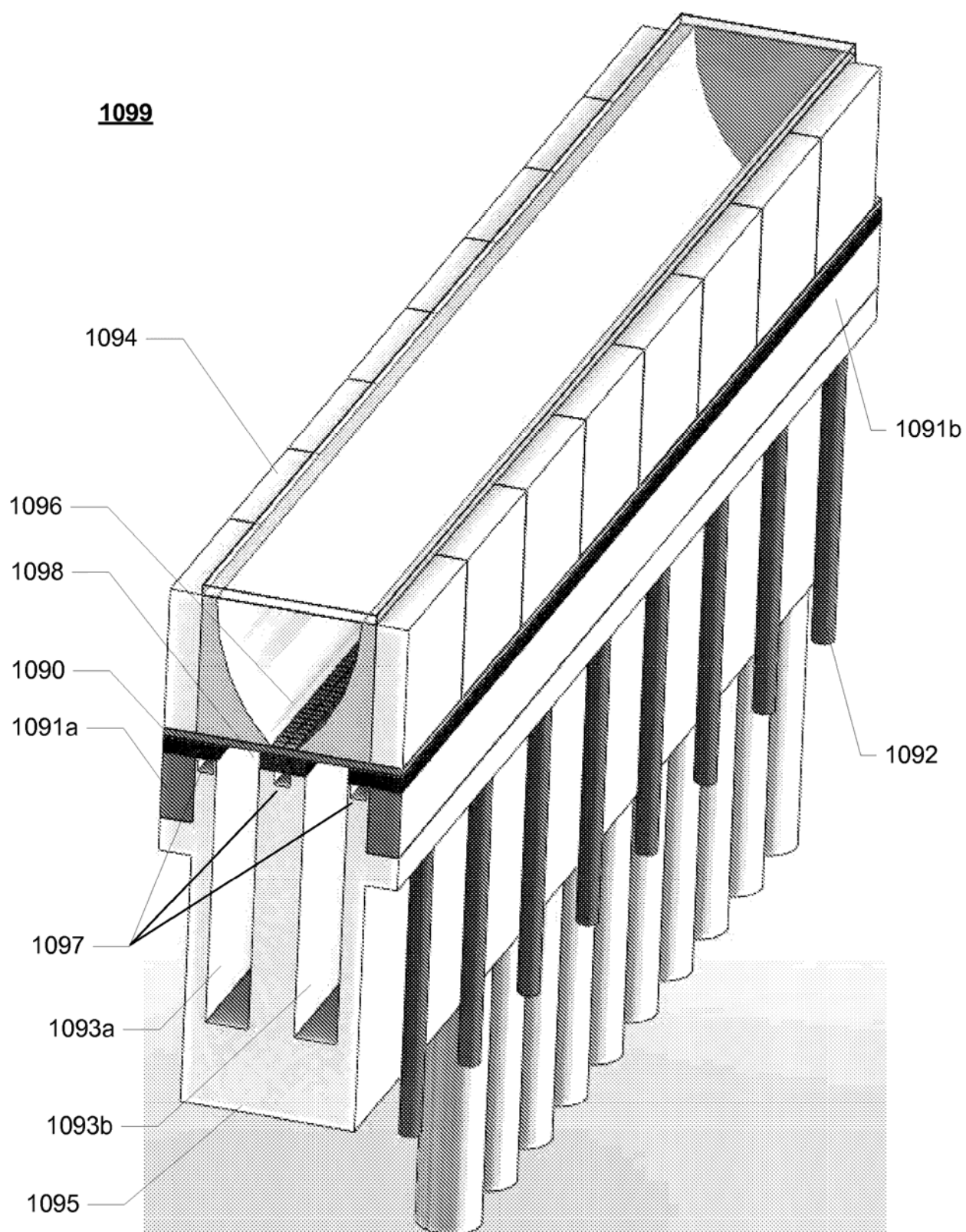


FIG. 10D

1000

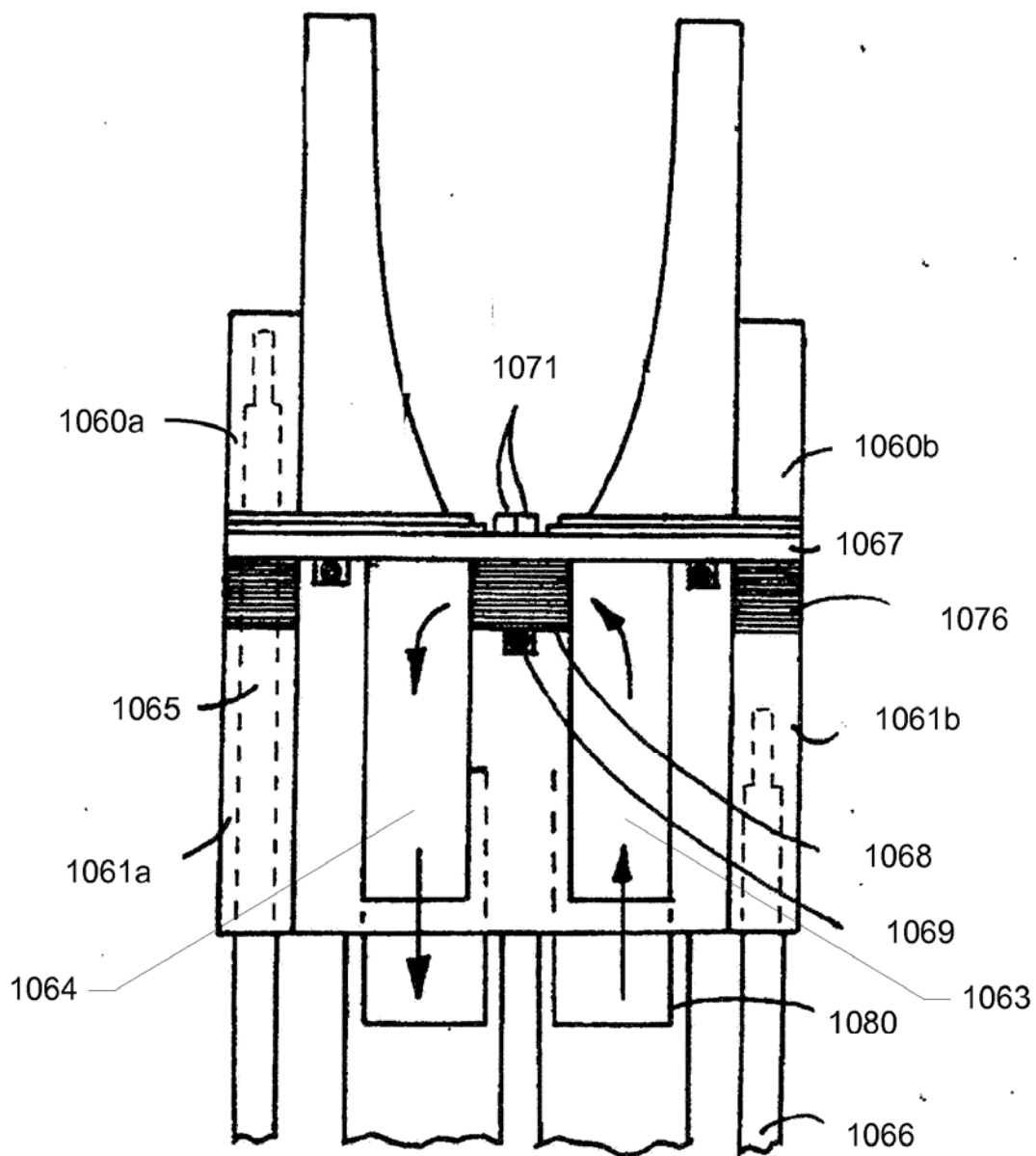


FIG. 10E

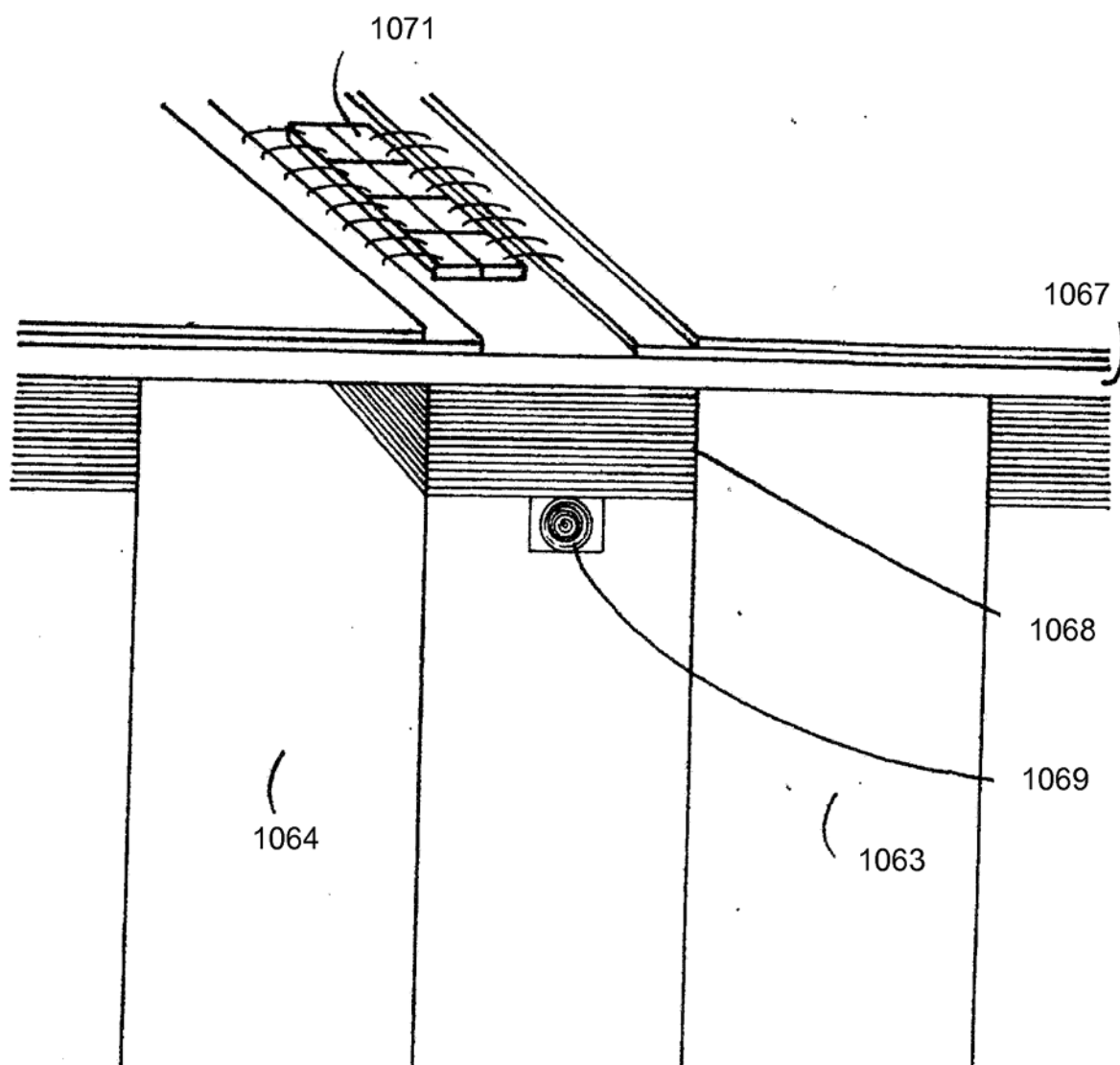


FIG. 10F

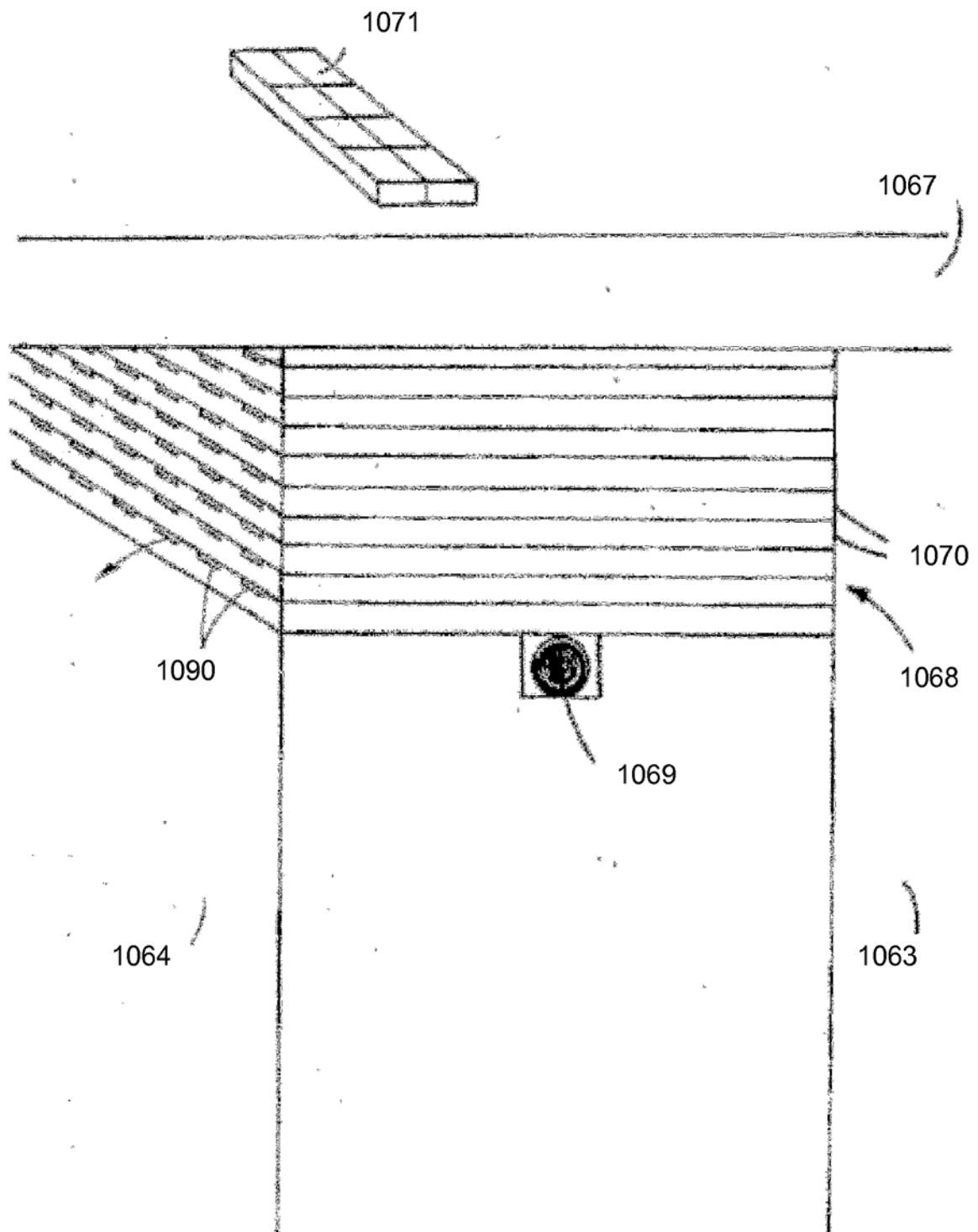


FIG. 10G

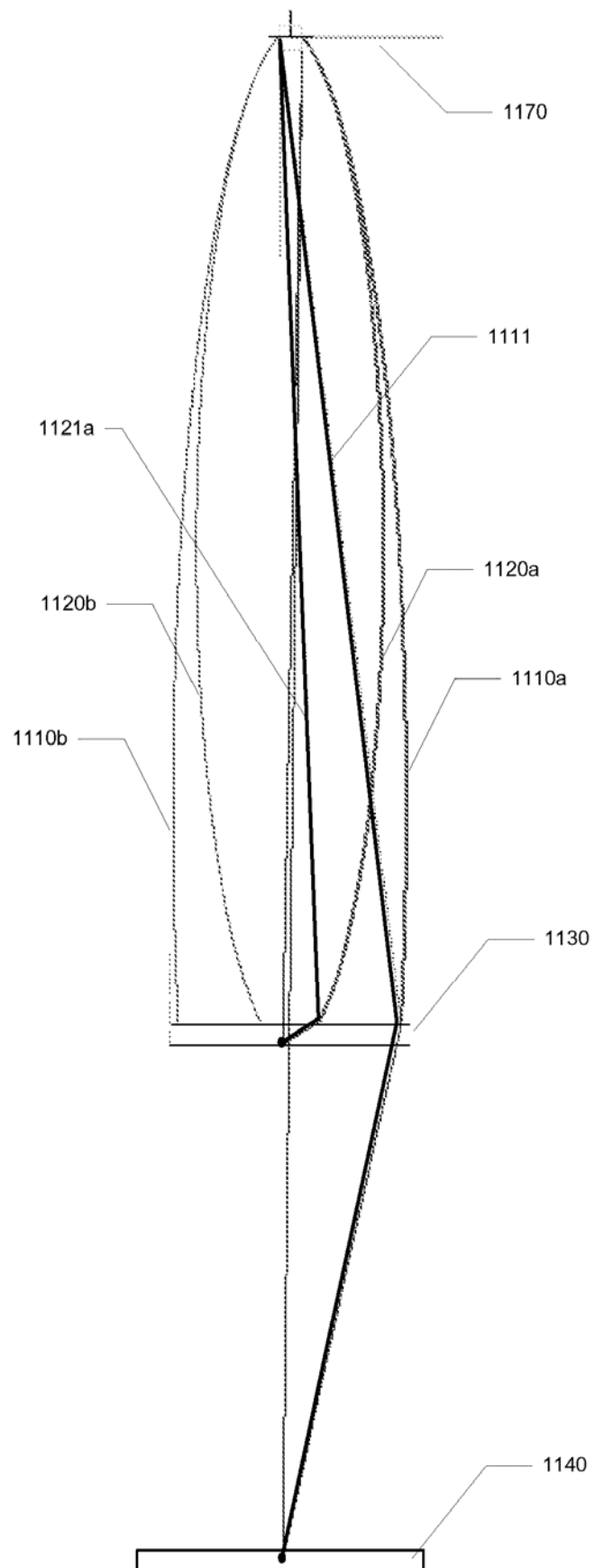


FIG. 11A

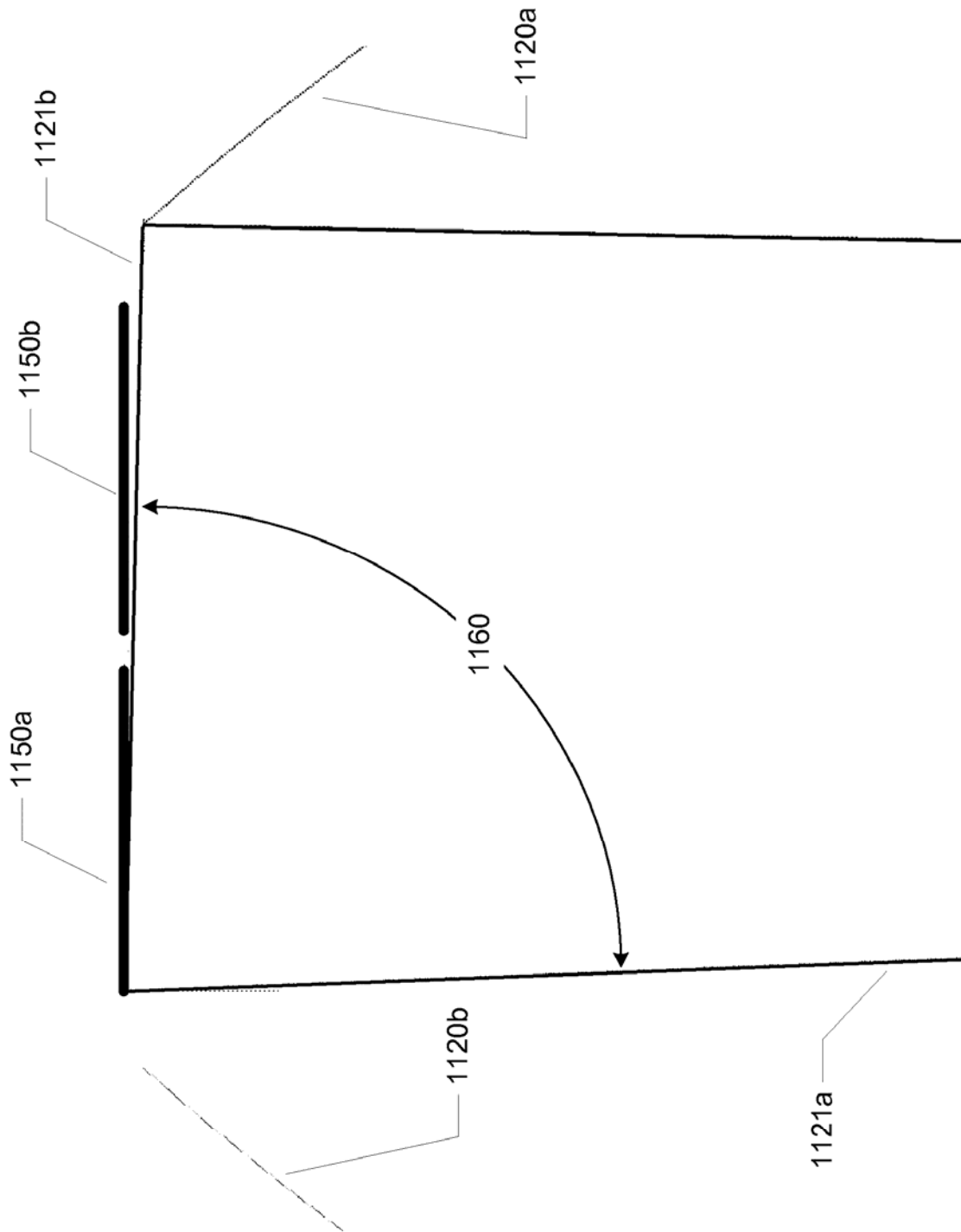


FIG. 11B

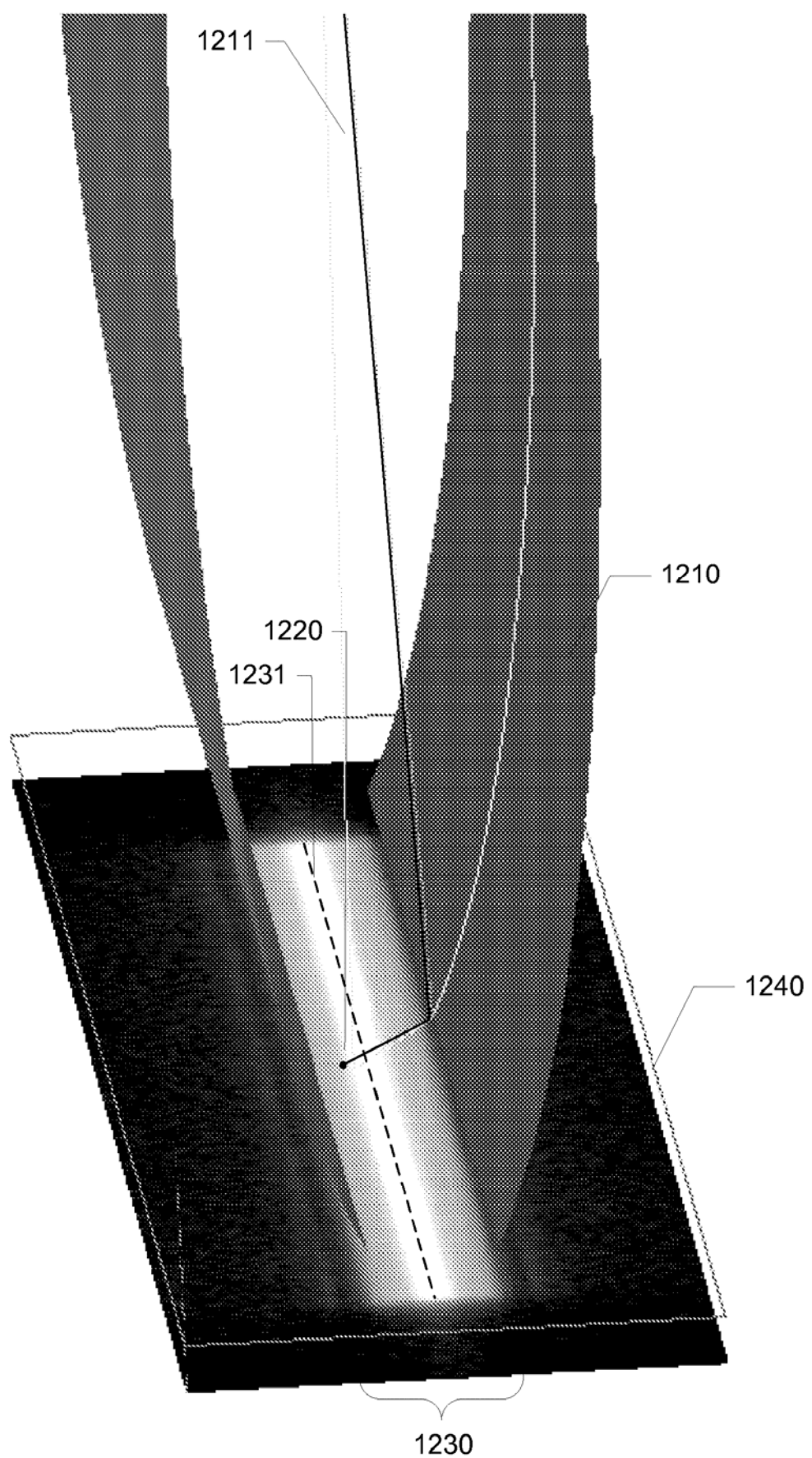


FIG. 12

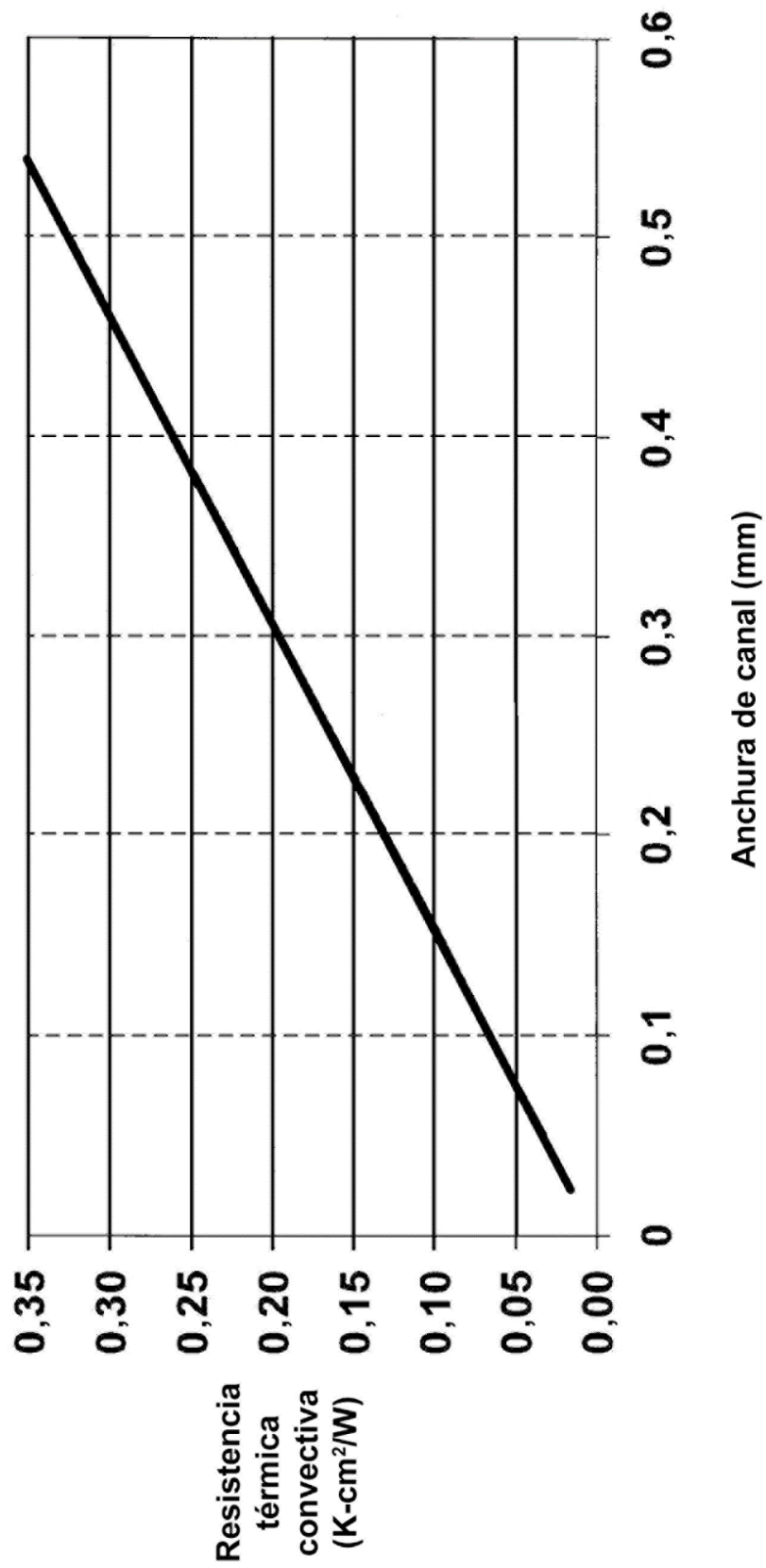


FIG. 13

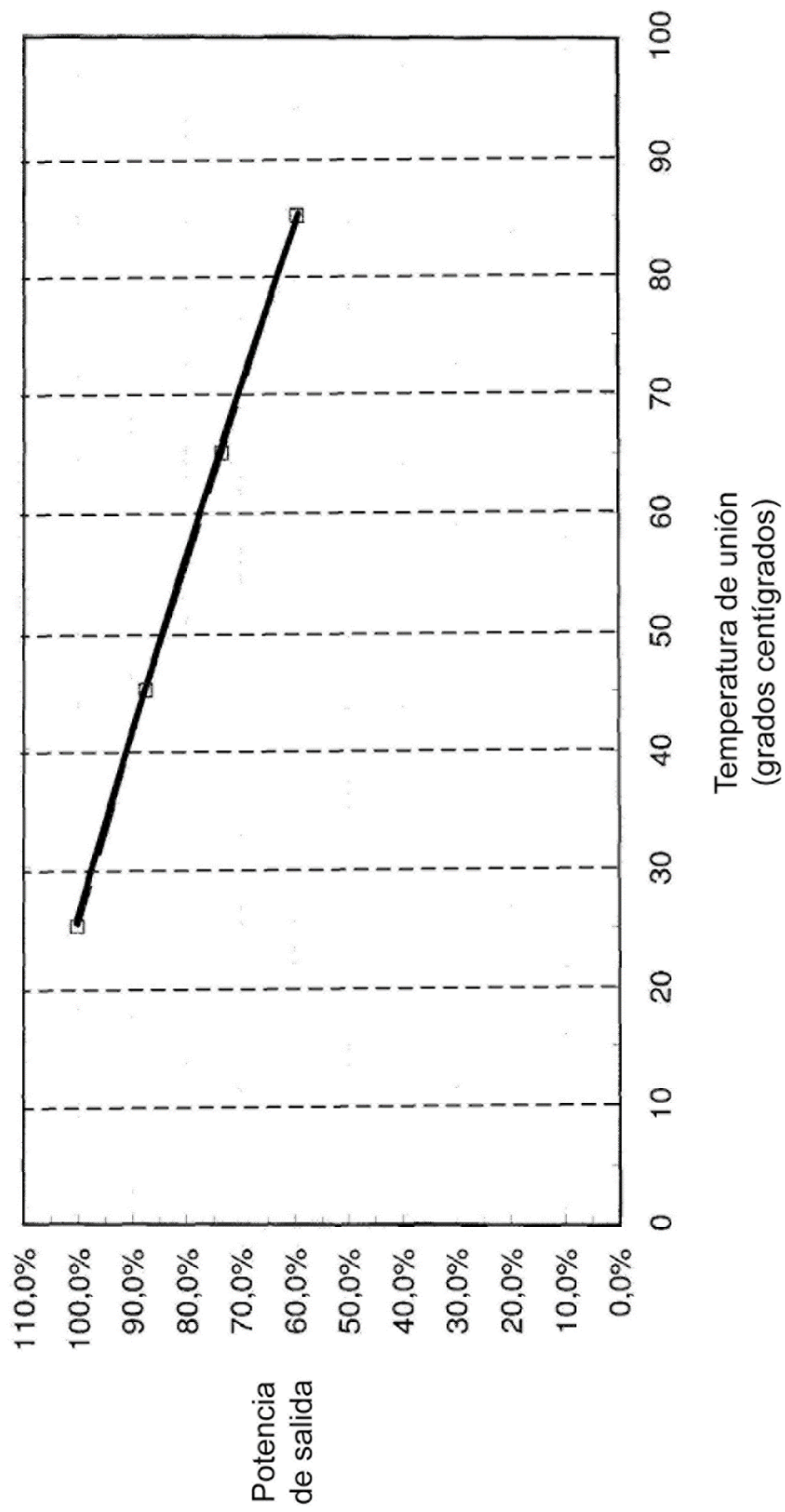


FIG. 14

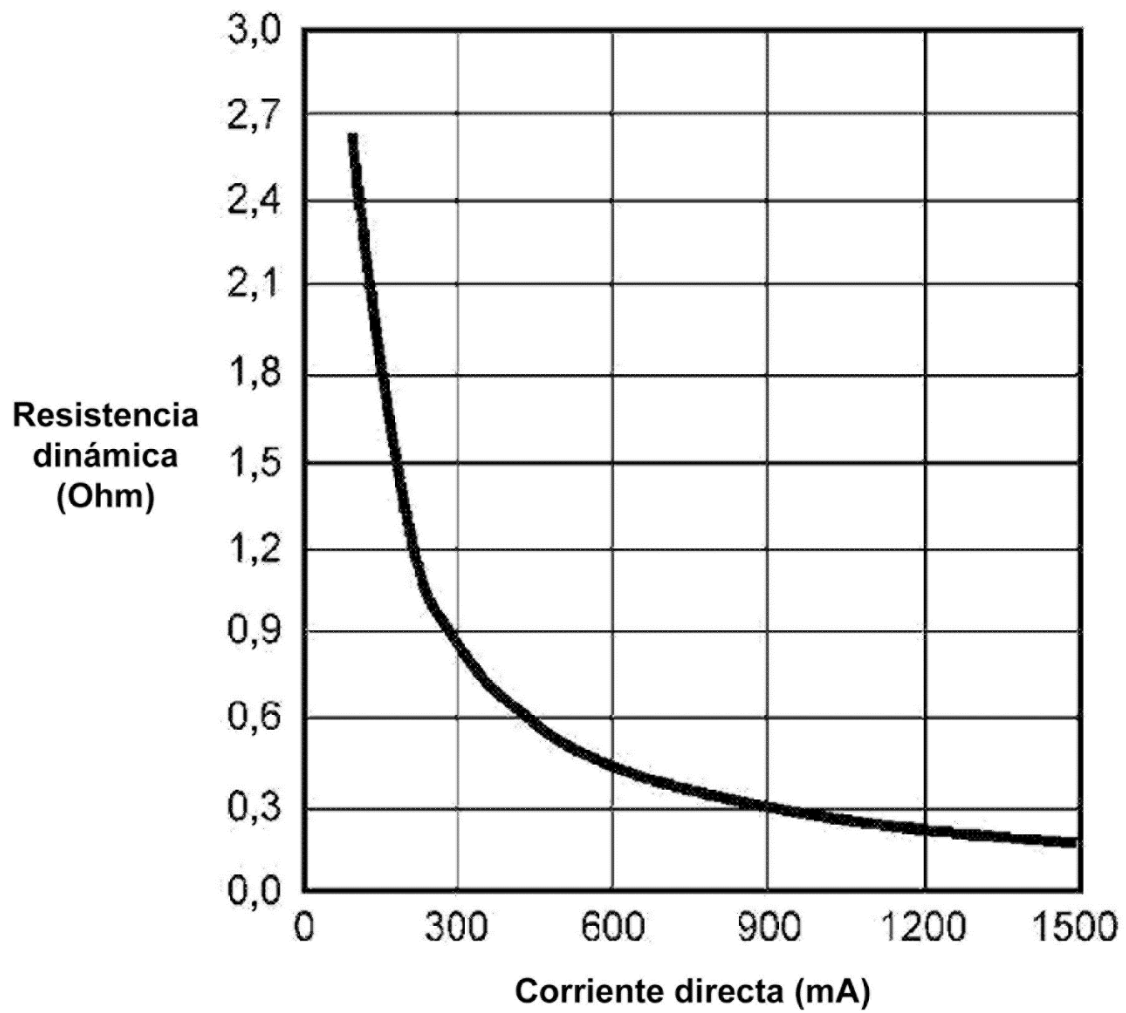


FIG. 15

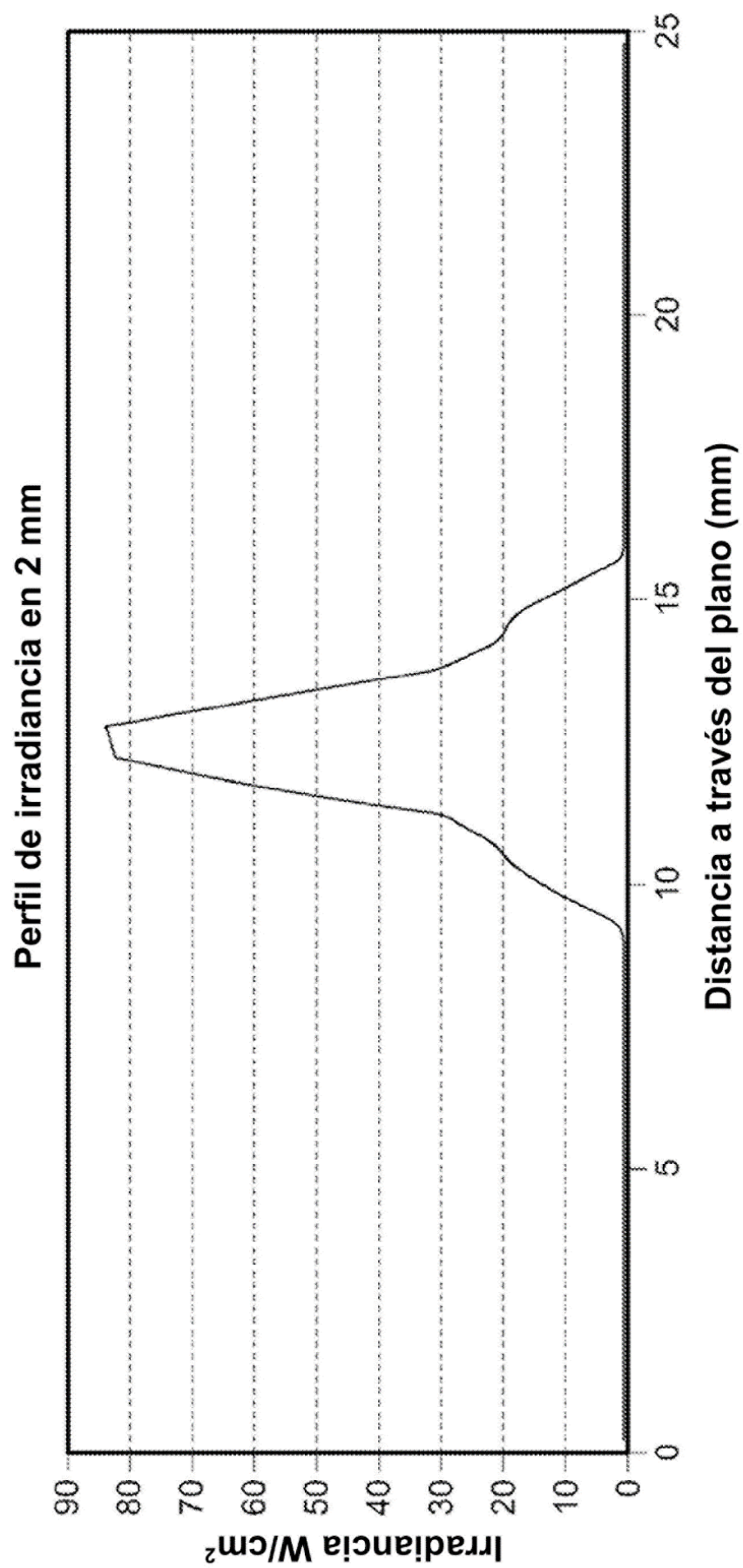


FIG. 16

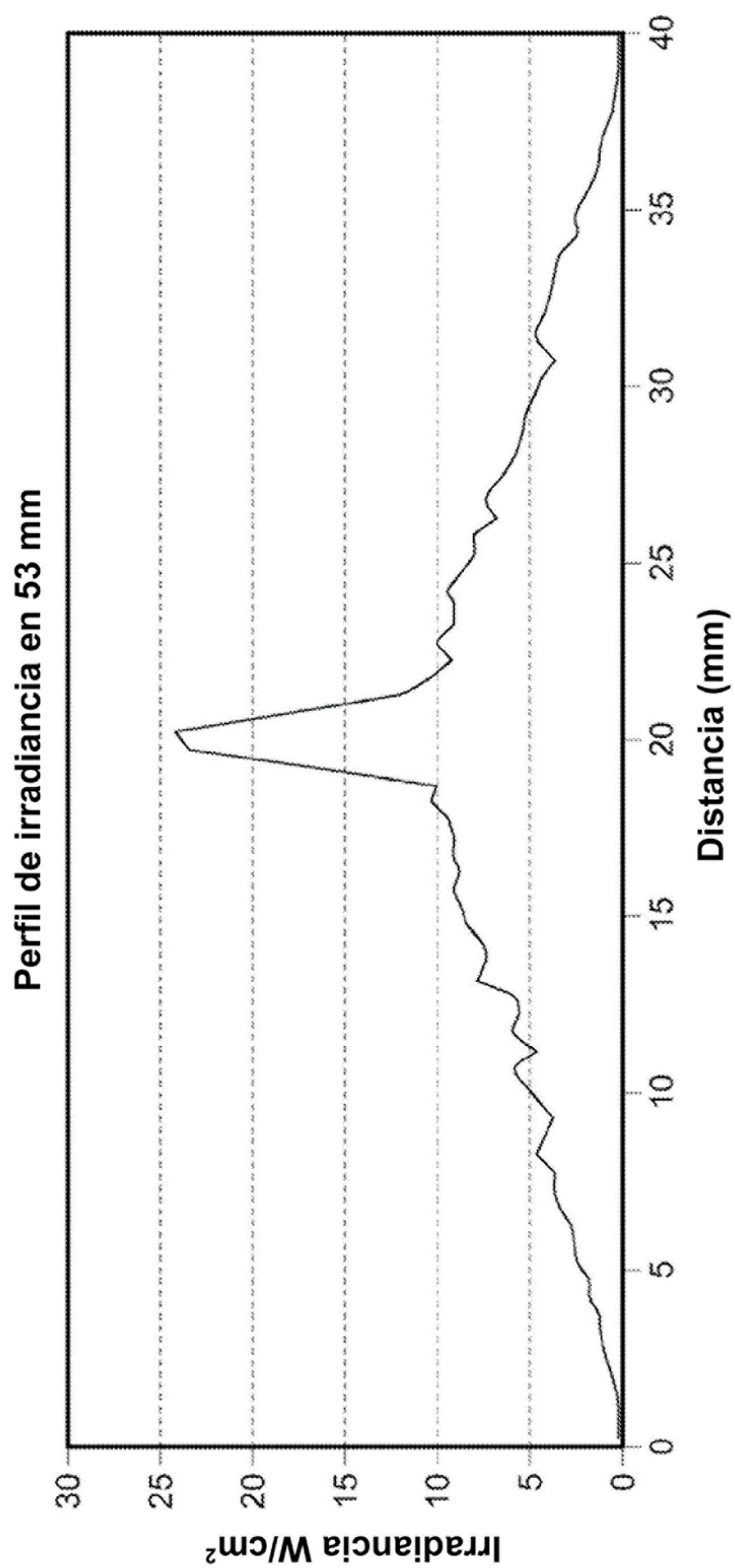


FIG. 17