(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 531 153**

(51) Int. CI.:

A61N 1/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2013 E 13155133 (5)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.12.2014 EP 2630985**

(54) Título: **Reducción del efecto de borde de electrodo de RF**

(30) Prioridad:

22.02.2012 US 201213402320
12.06.2012 US 201213494319

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.03.2015

(73) Titular/es:

SYNERON MEDICAL LTD. (100.0%)
P.O. Box 550
20692 Yoqneam Illit, IL

(72) Inventor/es:

SCHOMACKER, KEVIN T. y
ROSENBERG, AVNER

(74) Agente/Representante:

ZEA CHECA, Bernabé

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

Reducción del efecto de borde de electrodo de RF

[0001] La invención se refiere en general a dispositivos de tratamiento de energía de radiofrecuencia (RF), y más particularmente, a mejorar la entrega de energía eléctrica de RF al tejido mediante la reducción de los efectos de borde y mejorar la uniformidad espacial de la energía suministrada a la piel u otros tejidos.

ANTECEDENTES

[0002] Muchos procedimientos dermatológicos estéticos recurren a la entrega de energía térmica a la piel o el tejido subcutáneo subyacente como un medio para estimular un efecto terapéutico. Los procedimientos tales como el rejuvenecimiento de la piel, el estiramiento de la piel, la reducción de arrugas, la reducción del vello, la eliminación de tatuajes, el contorno corporal y los tratamientos para la sudoración excesiva, la producción de las glándulas sebáceas, el acné, las lesiones pigmentadas, las lesiones vasculares y los vasos sanguíneos se aprovechan del calor para conseguir un efecto deseado. Muchas tecnologías diferentes se pueden utilizar para calentar la piel y / o los tejidos subyacentes, incluyendo los láseres, las fuentes de luz incoherente, las fuentes de energía eléctrica de radiofrecuencia, y las fuentes de energía de ultrasonido.

[0003] Un problema con la entrega de energía de RF al tejido es la concentración fundamental de densidad de corriente a lo largo de los bordes del electrodo en contacto con el tejido. Para la entrega de energía de RF monopolar, las temperaturas de la superficie de la piel más altas ocurren a lo largo de todo el perímetro del electrodo. Para la entrega de energía de RF bipolar, la concentración de la corriente también se produce a lo largo de los bordes, pero las densidades de corriente aún más altas se producen a lo largo de los dos bordes interiores que forman la brecha entre los dos electrodos que tienen la trayectoria eléctrica más corta. Estos efectos térmicos no uniformes limitan la cantidad de energía que puede ser suministrada al tejido a fin de evitar efectos adversos de la piel tales como las quemaduras, las ampollas y los eritemas.

[0004] WO2003053266 describe un aparato de suministro de fluido para introducir un medio fluido de refrigeración a una superficie de la piel que incluye una plantilla con una superficie de interfaz de la piel. Un dispositivo de suministro de energía está acoplado a la plantilla. Un miembro de introducción de medio de refrigeración fluido está acoplado a la plantilla. Los recursos entregan energía de manera controlable desde el dispositivo de suministro de energía a la superficie de la piel.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

[0005] La invención, en diversas realizaciones, proporciona un aplicador para la energía de RF según la reivindicación 1.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0006] Las ventajas de la invención se pueden entender mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada en conjunto con los dibujos que se acompañan. Los dibujos no necesariamente están a escala, en cambio el énfasis está puesto generalmente en ilustrar los principios de la invención.

La figura 1 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel para un electrodo de cobre monopolar aplicado a una superficie de la piel sin una tapa semiconductora.

La figura 2 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel para los electrodos de cobre bipolares aplicados a una superficie de la piel sin tapas semiconductoras.

La figura 3 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras en los electrodos.

La figura 4 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras que tienen un espesor variable.

La figura 5 muestra una sección transversal de otro perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras con un espesor variable.

La figura 6 muestra una sección transversal de otro perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductores que tienen una sección transversal trapezoidal.

La figura 7A muestra una vista en sección de un aplicador para entregar energía de RF a través de una superficie de la piel.

La figura 7B muestra una vista en sección de una tapa semiconductora para un electrodo.

La figura 7C muestra una vista en alzado lateral de una tapa semiconductora para un electrodo.

La figura 8A muestra una vista en perspectiva de otra forma de realización del electrodo y la tapa semiconductora.

La figura 8B muestra una vista lateral de la realización mostrada en la Figura 7A.

La figura 9A muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras que tienen una forma elíptica.

La figura 9B muestra la temperatura de la piel entre los electrodos.

La figura 10 muestra la absorción de potencia de RF para un electrodo que incluye una tapa de forma rectangular.

La figura 11 muestra la absorción de potencia de RF para un electrodo que incluye una tapa de forma trapezoidal.

La figura 12 muestra una sección transversal vertical de un aplicador para la energía de RF.

La figura 13 muestra una vista despiezada de una tapa semiconductora.

La figura 14 una sección transversal vertical de otro aplicador para la energía de RF.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

[0007] La figura 1 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel para un electrodo de cobre monopolar aplicado a una superficie de la piel sin una tapa semiconductora. La figura 2 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel para los electrodos de cobre bipolares aplicados a una superficie de la piel sin tapas semiconductoras. La distribución de calor desigual se ve en los bordes del electrodo monopolar y es simétrica (igual en ambos bordes). Para los electrodos bipolares, la distribución desigual de calor se ve en los bordes, pero es asimétrica. La densidad de corriente es mayor a lo largo de los bordes del electrodo interno debido a que la longitud de la trayectoria es más corta y por lo tanto la impedancia es menor. Más corriente recorrerá este camino. En ambos ejemplos, se entregan 20 Joules de energía de radiofrecuencia a los tejidos. En general, las temperaturas superiores a 70°C conducen a efectos adversos en la piel, tales como las ampollas.

[0008] La figura 3 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras (por ejemplo, formadas a partir de un material cerámico) en los electrodos. En la figura se ilustran las tapas, pero no los electrodos. La energía suministrada al tejido es de 20 Joules, la misma que se utilizó en la figura 2, pero debido a que la impedancia entre la tapa y el tejido está mejor emparejada, el punto caliente (hotspot) es menor. Los puntos calientes aparecen en los bordes interiores debido a la longitud de la trayectoria eléctrica al siguiente electrodo adyacente más corta. También existen densidades de corriente altas en el borde de la unión tapa cerámica-electrodo de cobre. Debido a la alta conductividad térmica de la cerámica, el calor en esta unión es conducido de manera eficaz hacia el electrodo, por lo que esta densidad no causa puntos calientes (hotspots) térmicos en esta unión y evita el sobrecalentamiento de la tapa que está en contacto con la piel.

[0009] La figura 4 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras con un espesor variable. En la figura se ilustran las tapas, pero no los electrodos. Debido a que la cerámica tiene una impedancia finita, puede ser conformada para ser más gruesa en los bordes para minimizar, además, el punto caliente térmico en los bordes internos causados por la longitud más corta de la trayectoria eléctrica. En este caso, se entrega dos veces más energía o se entregan 40 Joules a la piel, pero los puntos calientes térmicos son aproximadamente la mitad de lo que se ve sin la tapa de cerámica y, más importante, inferiores a 70ºC, la temperatura crítica. En este caso, la temperatura de la piel (1 mm de profundidad, a mitad de camino entre los electrodos) se aumenta hasta aproximadamente 42,8°C un incremento de alrededor de 10,8 grados por encima de la temperatura inicial de aproximadamente 32°C. Sin la tapa de cerámica, el aumento es de aproximadamente 36,2°C o sólo de alrededor de 4,2 grados por encima de la temperatura inicial. De esta manera, con la tapa, la piel se calienta de forma más eficaz con menos riesgo de efectos adversos en la superficie de la piel debajo de los electrodos.

[0010] La figura 5 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras con un espesor variable. En la figura, se ilustran las tapas, pero no los electrodos. Cada tapa tiene una superficie despuntada en contacto con la piel y una superficie curvada en contacto con el electrodo. Cada tapa es asimétrica, siendo la más gruesa en la parte interna, la más delgada en la parte central, y más gruesa que la porción central, pero más delgada que la parte interna en una porción exterior. En la parte central, la tapa se

estrecha desde más gruesa que la porción exterior a más delgada que la porción exterior. En este caso se entregan 48 Joules de energía de radiofrecuencia, pero los puntos calientes térmicos permanecen por debajo de 70°C. La temperatura de la piel (1 mm de profundidad, a mitad de camino entre los electrodos) se aumenta hasta aproximadamente 40°C o un aumento de alrededor de 8°C. En comparación con el electrodo de cobre descubierto, el aumento a mitad de la dermis es dos veces más alto, mientras que los puntos calientes de electrodo son dos veces más bajos. En esta configuración se calienta un volumen de tejido más grande en comparación con la configuración anterior de modo que el cambio en la temperatura no es tan alto incluso a través de más energía que está siendo entregada al tejido.

[0011] La figura 6 muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras trapezoidales. En la figura se ilustran las tapas, pero no los electrodos. Cada tapa tiene una primera superficie y una segunda superficie paralela a la primera superficie en la que la primera superficie colinda con el primer electrodo y la segunda superficie está configurada para ponerse en contacto con la superficie de la piel. En este caso, se entregan 44 Joules de energía de radiofrecuencia, y los puntos calientes térmicos permanecen por debajo de 70°C. La temperatura de la piel (1 mm de profundidad, a mitad de camino entre electrodos) se aumenta hasta aproximadamente 39,6°C o un aumento de alrededor de 7,6°C. En comparación con el electrodo de cobre descubierto, el aumento a mitad de dermis es dos veces más alto, mientras que los puntos calientes de electrodos son dos veces más bajos. En esta configuración se calienta un volumen más grande de tejido en comparación con la configuración utilizada en la figura 4 por lo que el cambio en la temperatura no es tan alto incluso a través de más energía siendo suministrada al tejido. A diferencia de las configuraciones anteriores, se perderá más energía de radiofrecuencia en las tapas semiconductoras. La pérdida de RF a las tapas de cerámica es, en este caso, alrededor del 30%. En las figuras 5 y 6, la conductividad de la tapa era de alrededor de 0,11 S/m, aproximadamente la mitad que la de la piel.

[0012] La figura 7A muestra un aplicador 10 para la entrega de energía de RF bipolar a través de una superficie de la piel 14. El aplicador 10 incluye una base 18, un primer electrodo 22 conectado a la base 18, un segundo electrodo 26 conectado a la base 18, una primera tapa semiconductora 30 dispuesta sobre un primer extremo distal 34 del primer electrodo 22, una segunda tapa semiconductora 38 dispuesta en un segundo extremo distal 42 del segundo electrodo 26. El primer electrodo 22 se extiende desde la base 18 hacia una primera ubicación 46 de la superficie de la piel 14. El segundo electrodo 26 se extiende desde la base 18 hacia una segunda ubicación 50 de la superficie de la piel 14. El primer electrodo 22 está desplazado lateralmente del segundo electrodo 26 a lo largo de la superficie de la piel 14, y la corriente a través del primer electrodo 22 y el segundo electrodo 26 tienen fases opuestas. Cada electrodo 22 o 26 se puede enfriar a aproximadamente 10°C usando un enfriador termoeléctrico 52 unido al lateral del electrodo y / o a la base 18. Cada electrodo 22 o 26 puede tener enfriadores termoeléctricos separados 52, que pueden ser agua o aire enfriado.

[0013] La base 18 puede ser cualquier miembro al que los electrodos 22 y 26 sean sujetables. En algunas realizaciones, la base 18 es modular e incluye miembros separados para la conexión a los electrodos 22 y 26. La base 18 puede ser una parte o sección de una pieza de mano o aplicador, o puede ser la pieza de mano o el aplicador. En algunas realizaciones, la base 18 y los electrodos 22 y 26 están formados integralmente.

[0014] Cada electrodo 22 o 26 y / o cada tapa semiconductora 30 o 38 puede tener una forma elíptica de manera que la ubicación 46 del primer electrodo 22 y la ubicación 50 del segundo electrodo 26 en la superficie de la piel 14 a veces denominadas como huellas 46 y 50 de las tapas 30 y 38 son de forma elíptica u ovalada. La región de tratamiento 54 formada por los electrodos 22 y 26 y / o las tapas semiconductoras 30 y 38 puede ser de forma rectangular, y se puede extender dentro de la superficie de la piel hasta una profundidad predeterminada.

[0015] La figura 7B muestra una vista en sección de una tapa semiconductora 30 (o 38) para un electrodo 22 (o 26). En un ejemplo, cada electrodo 22 (o 26) y cada tapa semiconductora 30 (o 38) es de aproximadamente 4 mm de ancho en el eje 56 y 12 mm de profundidad en el eje 57. Cada electrodo 22 o 26 puede ser aproximadamente de 4 a 15 mm de largo (por ejemplo, aproximadamente 12 mm de largo). Los electrodos pueden estar separados por aproximadamente 5 a 20 mm (por ejemplo, aproximadamente 12 mm o aproximadamente 13 mm desde el borde interior al borde interior).

[0016] Cada electrodo 22 o 26 puede ser un metal eléctricamente conductor (por ejemplo, cobre) o un material cerámico. Cada electrodo 22 o 26 puede estar chapado con una superficie no oxidante tal como el cromo. Cada electrodo puede formarse a partir de una cerámica semiconductora con una almohadilla de soldadura de forma apropiada.

[0017] La figura 7C muestra una vista en alzado lateral a través del eje 56 de una tapa semiconductora 30 (o 38) para un electrodo 22 (o 26). La tapa semiconductora 30 (o 38) tiene una superficie despuntada 58 adaptada para ponerse en contacto con una ubicación de la superficie de la piel 14 (por ejemplo, la primera ubicación 46 si es la primera tapa semiconductora 30 y la segunda ubicación 50 si se trata de la segunda tapa semiconductora 38). La

tapa semiconductora 30 (o 38) tiene una superficie curvada 60 que puede ser fijada al primer electrodo 22 (o el segundo electrodo 26). El espesor de cada tapa semiconductora 30 (o 38) entre la superficie despuntada 58 y la superficie curvada 60 puede ser cónico o graduado desde el borde interior hasta el borde exterior. La tapa semiconductora 30 (o 38) puede ser más gruesa en una porción interior 62 y más delgada en una parte central 66 para homogeneizar el campo eléctrico en la superficie de la piel 14. Una porción exterior 70 de la tapa semiconductora 30 (o 38) puede ser más gruesa que la porción central 66, pero más delgada que la porción interior 62. De esta manera, el punto de entrada o de salida para la corriente que entra o sale del electrodo se extiende por toda la superficie de la tapa, lo cual homogeneiza el campo de corriente que entra al tejido. El borde o la porción interior es el borde / porción adyacente al siguiente electrodo más cercano.

[0018] En ciertas realizaciones, a lo largo del eje 56, la porción interior 62 es de aproximadamente 2 mm de espesor, la parte central 66 es de aproximadamente 0,5 mm de espesor, y la porción exterior 70 es de aproximadamente 1 mm. A lo largo del eje 57, el centro es de aproximadamente 1 mm de espesor y los bordes superior e inferior son de aproximadamente 3 mm de espesor.

[0019] Haciendo referencia nuevamente a la figura 7A, una fuente 74 de energía de RF está en comunicación eléctrica con la base 18 a través del cable 78, que puede incluir un único cable o un haz de cables. Cada electrodo 22 y 26 incluye un cable de alimentación separado 80 y 84, respectivamente. Los cables de alimentación 80 y 84 pueden estar en comunicación eléctrica con los cables separados o se alimentan del cable 78. La fuente 74 puede entregar la energía de RF a y a través de la superficie de la piel 14. La fuente 74 puede entregar energía de RF a través del cable 78 al cable de alimentación 80 y 84 al primer electrodo 22 y el segundo electrodo 26, respectivamente. La energía de RF puede ser entregada desde el primer electrodo 22 y el segundo electrodo 26 a través de la primera tapa semiconductora 30 y la segunda tapa semiconductora 38, respectivamente, a través de la superficie de la piel 14.

[0020] La conductividad eléctrica del material semiconductor (por ejemplo, el material cerámico) puede ser aproximada a la conductividad eléctrica de la piel en la interfaz tejido-electrodo. En ciertas realizaciones, la conductividad de cada tapa semiconductora puede ser igualada o sustancialmente igualada a la conductividad de la piel. Por ejemplo, la conductividad eléctrica de la tapa puede ser de aproximadamente 0,1 a 2 veces la conductividad de la piel. La conductividad de cada tapa semiconductora se puede igualar de manera que aproximadamente 5 - 30% (por ejemplo, aproximadamente 10%) de la energía de RF se pierda a la tapa semiconductora. La conductividad de cada tapa semiconductora puede ser de aproximadamente 0,1 S/m a 1 MHz, que es aproximadamente la mitad de la piel. La conductividad de las tapas semiconductoras se puede graduar de manera que las porciones centrales y exteriores sean más conductivas que la porción interior.

[0021] Si la conductividad eléctrica se corresponde exactamente, entonces la corriente no se concentra en la unión cerámica-tejido porque, desde el punto de vista eléctrico, no existe una unión a causa de los valores de conductividad emparejados. La conductividad eléctrica de la piel es de aproximadamente 0,22 S/m en la frecuencia de RF de 1 MHz. En este caso, el punto caliente se produce en la interfaz electrodo de metal-cerámica, que, debido a la alta conductividad térmica de la cerámica, se difunde rápidamente de modo que se produce poco calentamiento en la superficie de la piel. Sin embargo, la energía de RF se pierde en el material cerámico y la cantidad de energía perdida es proporcional al valor de la conductividad eléctrica. En las geometrías de cerámica utilizadas típicamente, la pérdida de energía de RF a la cerámica pueden ser como mucho de un 50%. Una conductividad eléctrica de 0,1 S/m a 1 MHz para el material cerámico puede minimizar esto. Aunque no se adapta exactamente a la piel, la cantidad de energía de RF perdida para el material cerámico es de alrededor de 10%, mientras que el punto caliente térmico en el borde del electrodo se reduce en gran medida en comparación a cuando no se utiliza el material cerámico.

[0022] Cada tapa semiconductora puede incluir una cerámica semiconductora, que puede tener una conductividad eléctrica de aproximadamente 0,03 S/m a alrededor de 3,0 S/m (por ejemplo, aproximadamente 0,05 S/m a alrededor de 0,3 S/m) y una conductividad térmica de aproximadamente 5 W/m •°C a aproximadamente 500 W/m •°C (por ejemplo, aproximadamente 50 a 250 W/m •°C). La conductividad eléctrica puede ser de aproximadamente 0,1 S/m. La tapa semiconductora puede ser un material pasivo en que las propiedades del material son independientes de la temperatura. La forma de la tapa está hecha de tal manera que la longitud de la trayectoria eléctrica a través de la tapa semiconductora o material cerámico hacia los bordes de los electrodos sea más larga que hacia el centro. Esto aumenta de forma pasiva la resistencia a la corriente que fluye hacia el borde en comparación con el centro, de este modo se homogeniza mejor el campo eléctrico en la superficie del tejido. Esto extiende de manera efectiva la densidad de corriente dejando la sonda sobre un área mayor, lo que reduce la magnitud del punto caliente térmico (thermal hotspot).

[0023] Cada tapa semiconductora puede incluir una cerámica a base de carburo de silicio conductor dopada con un material no conductor y / o una cerámica basada en nitruro de aluminio no conductor dopada con un material

conductor. El material no conductor o el material conductor se pueden utilizar para sintonizar la tapa a la conductividad deseada.

[0024] Una tapa semiconductora se puede formar por sinterización de carburo de silicio. La cerámica puede prepararse a partir de una preforma verde, que puede permitir la conformación de la tapa del electrodo a la forma deseada y puede permitir la mezcla de un material adicional para sintonizar la conductividad eléctrica del producto acabado. Boro, aluminio y nitrógeno son dopantes que se pueden utilizar para cambiar la conductividad eléctrica de los materiales de carburo de silicio. En ciertas realizaciones, la tapa semiconductora está formada a partir de AIN dopado con TiB2.

[0025] Cada tapa semiconductora no necesita estar permanentemente conectada a un electrodo. Cada tapa semiconductora puede ser fijada, unida o adjuntada. Cada tapa semiconductora puede fijarse al electrodo respectivo con un epoxi conductor. Un epoxi conductor de plata tiene buenas propiedades térmicas y eléctricas, y puede unirse a metales, vidrios y cerámicas. Cada tapa semiconductora puede tener una o más superficies metalizadas con cobre, oro, plata u otros materiales de manera que la tapa semiconductora pueda ser soldada al electrodo con estaño o soldada con bronce.

[0026] Cada tapa semiconductora se puede fijar al electrodo respectivo con una unión de lengua de compresión y ranura. Cada tapa semiconductora se puede fijar al electrodo respectivo con un tornillo que pasa a través de la tapa y se asegura al electrodo. Una junta de metal a la compresión se puede utilizar para mejorar la conducción térmica y eléctrica entre la tapa y el electrodo en la unión.

[0027] La fuente 74 puede proporcionar la energía de RF a una frecuencia de aproximadamente 100 kHz a aproximadamente 10 MHz (por ejemplo, aproximadamente 1 MHz), aunque las frecuencias más altas o más bajas pueden ser utilizadas dependiendo de la aplicación. La fuente 74 puede incluir un controlador para la energía de RF y / o un controlador para el enfriador termoeléctrico 52. La fuente puede proporcionar la energía de RF a aproximadamente 10 J/cm^3 a aproximadamente 500 J/cm^3 (por ejemplo, aproximadamente 50 J/cm^3 a alrededor de 120 J/cm^3), aunque fluencias más altas o más bajas pueden ser utilizadas dependiendo de la aplicación. Utilizando una capacidad calorífica volumétrica de 4 J/cm^3 •°C para la piel, 120 J/cm^3 corresponde a un 30°C de aumento en la temperatura de la piel. La fuente puede proporcionar la energía de RF en pulsos de aproximadamente 0,1 segundo a aproximadamente 1 segundo, aunque pueden utilizarse duraciones más cortas o más largas dependiendo de la aplicación.

[0028] Las figuras 8A y 8B muestran una vista en perspectiva y una vista lateral, respectivamente, de un electrodo 22' y la tapa semiconductora 30', que puede ser utilizada con la base 18 que se muestra en la figura 6A. El electrodo 22’ puede tener una porción de cuerpo 88, una punta 92 y una brida 96. La punta 92 puede extenderse alrededor de 3,5 mm desde el cuerpo 88, y puede ser de aproximadamente 9 mm de profundidad y 2 mm de ancho. La tapa semiconductora 30’ puede definir una abertura, que es insertable en la punta 92. La tapa semiconductora 30' puede hacer tope con la brida 96 y ser formada de manera que su superficie exterior esté a ras con la superficie exterior de la porción de cuerpo 88 del electrodo 22’. Cada tapa semiconductora 30’ puede ser permanente o semi-permanentemente unida a un electrodo.

[0029] La tapa 30’ puede tener un espesor variable, por ejemplo, un espesor entre la superficie despuntada y la superficie curvada es más grueso en una porción interior y más delgado en una parte central para homogeneizar el campo eléctrico en la superficie de la piel. El espesor variable de la tapa 30’ es simétrico. La tapa 30’ puede ser de aproximadamente 0,5 mm de espesor en el centro y alrededor de 4,0 mm de espesor en todo su perímetro. La tapa 30’ puede ser de unos 12 mm de profundidad y 4 mm de ancho. El espesor de la pared que rodea la abertura es de aproximadamente 1 mm en el plano x y de aproximadamente 1,5 mm en el plano y.

[0030] La figura 9A muestra una sección transversal de un perfil de temperatura en la piel cuando se utilizan tapas semiconductoras con un espesor variable. En la figura, se ilustra una tapa, pero no el electrodo. Cada tapa tiene una superficie despuntada en contacto con la piel y una superficie curvada en contacto con el electrodo. Cada tapa tiene forma elíptica u ovalada. En este caso, la zona caliente alrededor del borde se distribuye de manera uniforme, con temperaturas máximas que llegan a aproximadamente 69°C (por ejemplo, puntos calientes térmicos restantes por debajo de 70°C). La figura 9B muestra la temperatura de la piel entre los electrodos, con la temperatura alcanzando un máximo de aproximadamente 2 mm desde el borde del electrodo. En esta configuración, se calienta un volumen más grande de tejido en comparación con las configuraciones anteriores por lo que el cambio en la temperatura no es tan alto incluso a través de estar entregando más energía al tejido.

[0031] La figura 10 muestra la absorción de energía de RF para un electrodo 22” que incluye una tapa 32 de forma rectangular, que tiene conductividad eléctrica adaptada a la piel 14. Mientras el punto caliente 100 en el borde del electrodo metálico esté dentro de la tapa, hay un punto caliente 104 en la unión de la tapa con la piel. La corriente se ve obligada a doblar alrededor de esta esquina, creando una concentración alta allí. Aunque mucho más pequeña

que el punto caliente sin la tapa semiconductora, el punto caliente se puede reducir más como se muestra en figura 11. Las líneas en la figura 10 son los contornos de densidad de potencia en W/cm^3.

[0032] La figura 11 muestra la absorción de energía de RF para un electrodo de 22” que incluye una tapa en forma trapezoidal 30". Una sección triangular 108 de la tapa en forma trapezoidal 30” mantiene el punto caliente 100 dentro de la tapa de forma trapezoidal 30", pero reduce o elimina el punto caliente 104 en la unión de la tapa en forma trapezoidal 30” con la piel 14. La tapa en forma trapezoidal 30” se extiende a lo largo de la superficie de la piel 14 más allá del borde del electrodo 22". La extensión de la tapa se estrecha hacia el borde interior del electrodo.

[0033] La figura 12 muestra otra realización de un aplicador 10” para energía de RF (monopolar o bipolar) entregado a través de una superficie de la piel 14. El aplicador 10" incluye una base 18”, un primer electrodo 22" conectado a la base 18”, un segundo electrodo 26” conectado a la base 18", una primera tapa semiconductora 30” dispuesta sobre un primer extremo distal 34 del primer electrodo 22", una segunda tapa semiconductora 38” dispuesta sobre un segundo extremo distal 42 del segundo electrodo 26”. El primer electrodo 22" se extiende desde la base 18” hacia una primera ubicación de la superficie de la piel 14. El segundo electrodo 26" se extiende desde la base 18” hacia una segunda ubicación de la superficie de la piel 14. El primer electrodo 22" está desplazado lateralmente a lo largo de la superficie de la piel 14 desde el segundo electrodo 26”, y el primer electrodo 22" y el segundo electrodo 26” tienen fases opuestas. Cada electrodo 22" o 26” se puede enfriar a aproximadamente 10°C usando un enfriador termoeléctrico. Cada tapa se extiende a lo largo de la superficie de la piel más allá del borde del electrodo. La extensión de la tapa se estrecha hacia el borde interior del electrodo.

[0034] El aplicador 10” incluye regiones dieléctricas 112 y una guía de ondas 116 para entregar radiación óptica a la piel. La superficie de la piel 14 se muestra en la figura 11 como la interfaz entre el aire 120 y la piel 124 que comprende las regiones epidérmica y dérmica 128 y una región de grasa subcutánea 132. La guía de ondas 116 puede ser acoplada a una fuente de radiación óptica, tal como un láser o una fuente incoherente.

[0035] En diversas realizaciones, la fuente óptica puede producir radiación que tiene una longitud de onda entre aproximadamente 250 nm y aproximadamente 2600 nm, aunque se pueden utilizar longitudes de onda más largas y más cortas dependiendo de la aplicación. En algunas realizaciones, la longitud de onda puede ser de entre aproximadamente 400 nm y aproximadamente 1800 nm. En algunas realizaciones, la longitud de onda puede ser de entre aproximadamente 400 nm y aproximadamente 1100 nm. En algunas realizaciones, la longitud de onda puede ser de entre aproximadamente 1.160 nm y aproximadamente 1800 nm.

[0036] La figura 13 muestra una vista explosionada de una tapa semiconductora 30” o 38". La tapa se extiende a lo largo de la superficie de la piel más allá del borde del electrodo. La extensión de la tapa se estrecha hacia el borde interior del electrodo. La tapa puede tener una sección transversal vertical trapezoidal que incluye una primera superficie 136, una segunda superficie 140 paralela o sustancialmente paralela a la primera superficie 136, y una tercera superficie 144 formando un ángulo obtuso A con la primera superficie 136, y una cuarta superficie 148. La segunda superficie 140 es más larga que la primera superficie 136. La segunda superficie 140 está configurada para contactar la piel, y la primera superficie 136 está configurada para colindar un electrodo respectivo.

[0037] La figura 14 muestra otra realización de un aplicador 10”’ para la energía de RF suministrada a través de una superficie de la piel (no mostrada). El aplicador 10”’ incluye una base 18”, un primer electrodo 22” conectado a la base 18”, un segundo electrodo 26” conectado a la base 18", una primera tapa semiconductora 30”' dispuesta en un primer extremo distal 34 del primer electrodo 22", una segunda tapa semiconductora 38”' dispuesta en un segundo extremo distal 42 del segundo electrodo 26”. El primer electrodo 22” se extiende desde la base 18” hacia una primera ubicación 36 de la superficie de la piel. El segundo electrodo 26” se extiende desde la base 18” hacia una segunda ubicación 42 de la superficie de la piel. El primer electrodo 22” está desplazado lateralmente a lo largo de la superficie de la piel 14 desde el segundo electrodo 26”, y el primer electrodo 22” y el segundo electrodo 26” tienen fases opuestas. Cada electrodo 22” o 26" se puede enfriar a aproximadamente 10°C utilizando un enfriador termoeléctrico.

[0038] Las tapas semiconductoras 30”’ y 38”’ pueden ser trapezoides isósceles o pueden tener una sección transversal tal como se define en la figura 12. La(s) tapa(s) se puede extender a lo largo de la superficie de la piel, pero no necesita extenderse más allá de los bordes del electrodo. Cada extensión de tapa puede estrecharse hacia el borde, ya sea el interior o el exterior, del electrodo, dependiendo de la orientación de la extensión.

[0039] El aplicador 10”’ incluye una guía de ondas 116 para entregar la radiación óptica a la piel y a las regiones aislantes eléctricamente 152. La guía de ondas 116 puede ser acoplada a una fuente de radiación óptica, tal como un láser o una fuente incoherente. La guía de ondas 116 puede tener un borde recto, en comparación con el perfil con muesca que se muestra en la figura 11. Las regiones aislantes eléctricamente 152 pueden ser utilizadas como material de relleno de manera que los puntos calientes se produzcan en el interior de las tapas. Las regiones aislantes eléctricamente 152 pueden formarse a partir de una cerámica aislante.

[0040] Una tapa semiconductora puede estar formada por la combinación de una tapa y las regiones aislantes en una estructura. Por ejemplo, cada tapa de semiconductora puede incluir una cerámica a base de carburo de silicio conductora dopada con un material no conductor en las regiones aislantes. Alternativamente, cada tapa semiconductora puede incluir una cerámica a base de nitruro de aluminio no conductor dopada con un material conductor en la región de la tapa semiconductora. El material no conductor o el material conductor se pueden utilizar para ajustar porciones de la tapa a la conductividad deseada. En ciertas realizaciones, la tapa semiconductora se forma a partir de AIN que se dopa con TiB2 en la región resistiva.

REIVINDICACIONES

1. Un aplicador para energía de RF entregada a través de una superficie de la piel, que comprende:
una base (18, 18”);
un primer electrodo (22, 22’, 22”) conectado a la base del aplicador (18, 18”) y que se extiende desde la base del aplicador (18, 18”) en el que dicho primer electrodo está adaptado para, en uso, extenderse desde dicha base de aplicador hacia una primera ubicación (46) de la superficie de la piel (14); y
una primera tapa semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’) dispuesta en un primer extremo distal (34) del primer electrodo (22, 22’, 22”), estando configurada la primera tapa semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’) para, en uso, ponerse en contacto con la primera ubicación (46) de la superficie de la piel (14);
en el que la energía de RF se suministra desde el primer electrodo (22, 22’, 22”) a través de la primera tapa semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’) a través de la superficie de la piel (14), y en el que la primera tapa semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’) tiene una conductividad eléctrica de aproximadamente 0,03 S/m a aproximadamente 3,0 S/m y una conductividad térmica de aproximadamente 5 W/m.°C a aproximadamente 500 W/m.°C.

2. El aplicador según la reivindicación 1, que comprende además:
un segundo electrodo (26, 22’, 26”) conectado a la base del aplicador (18) y que se extiende desde la base del aplicador (18) en el que dicho segundo electrodo está adaptado para, en uso, extenderse desde dicha base de aplicador hacia una segunda ubicación (50) de la superficie de la piel (14), estando el segundo electrodo (26, 22’, 26”) desplazado lateralmente del primer electrodo (22, 22’, 22”) en el que dicho segundo electrodo está adaptado para, en uso, estar desplazado lateralmente desde dicho primer electrodo a lo largo de la superficie de la piel (14), y
una segunda tapa semiconductora (38, 30’, 38”, 38”’) dispuesta en un segundo extremo distal (42) del segundo electrodo (26, 22’, 26”), estando la segunda tapa semiconductora (38, 30’, 38”, 38”’) configurada para, en uso, contactar con la segunda ubicación (50) de la superficie de la piel(14);
en el que la energía de RF es entregada desde el primer electrodo (22, 22’, 22”) y el segundo electrodo (26, 22’, 26”) a través de la primera tapa semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’) y la segunda tapa semiconductora (38, 30’, 38”, 38”’), respectivamente, a través de la superficie de la piel (14); y
en el que la segunda tapa semiconductora (38, 30’, 38”, 38”’) tiene una conductividad eléctrica de aproximadamente 0,03 S/m a aproximadamente 3,0 S/m y una conductividad térmica de aproximadamente 5 W/m.°C a aproximadamente 500 W/m.°C.

3. El aplicador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que una tapa semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’, 38, 38”, 38”’) comprende una cerámica semiconductora.

4. El aplicador según la reivindicación 3, en el que la tapa semiconductora que comprende una cerámica semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’, 38, 38”, 38”’) comprende una cerámica a base de carburo de silicio conductor dopada con un material de conductividad eléctrica cambiante, y en el que el material de conductividad eléctrica cambiante está seleccionado del grupo que consiste en boro, aluminio y nitrógeno.

5. El aplicador según la reivindicación 3, en el que la tapa semiconductora que comprende una cerámica semiconductora (30, 30’, 30”, 30”’, 38, 38”, 38”’) comprende una cerámica a base de nitruro de aluminio no conductor dopada con un material conductor.

6. El aplicador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la tapa semiconductora (30”, 30”’, 38”, 38”’) se extiende más allá del electrodo respectivo, en el que, en uso, se extiende a lo largo de la superficie de la piel (14) más allá del electrodo respectivo (22, 22’, 22”, 26, 26”).

7. El aplicador según la reivindicación 2, que comprende además una guía de ondas (116) dispuesta entre el primer electrodo (22, 22’, 22”) y el segundo electrodo (26, 22’, 26”) para entregar radiación óptica.

8. El aplicador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la tapa semiconductora (30”, 30”’, 38”, 38”’) se extiende más allá de un borde del electrodo respectivo, en el que, en uso, se extiende a lo largo de la superficie de la piel (14) más allá del borde del electrodo y en el que la tapa (30”, 30”’, 38”, 38”’) tiene una sección transversal vertical trapezoidal que incluye una primera superficie (136), una segunda superficie (140) paralela o sustancialmente paralela a la primera superficie (136), una tercera superficie (144) que forma un ángulo obtuso A con la primera superficie (136), y una cuarta superficie (148).

9. El aplicador según la reivindicación 8, en el que la segunda superficie (140) es más larga que la primera superficie (136) y en el que la segunda superficie (140) está configurada para, en uso, contactar la piel (14) y la primera superficie (136) está configurada para colindar con el electrodo respectivo.

10. El aplicador según la reivindicación 8 cuando la reivindicación 8 depende de la reivindicación 7, en el que la tercera superficie (144) colinda una superficie de la guía de ondas (116).

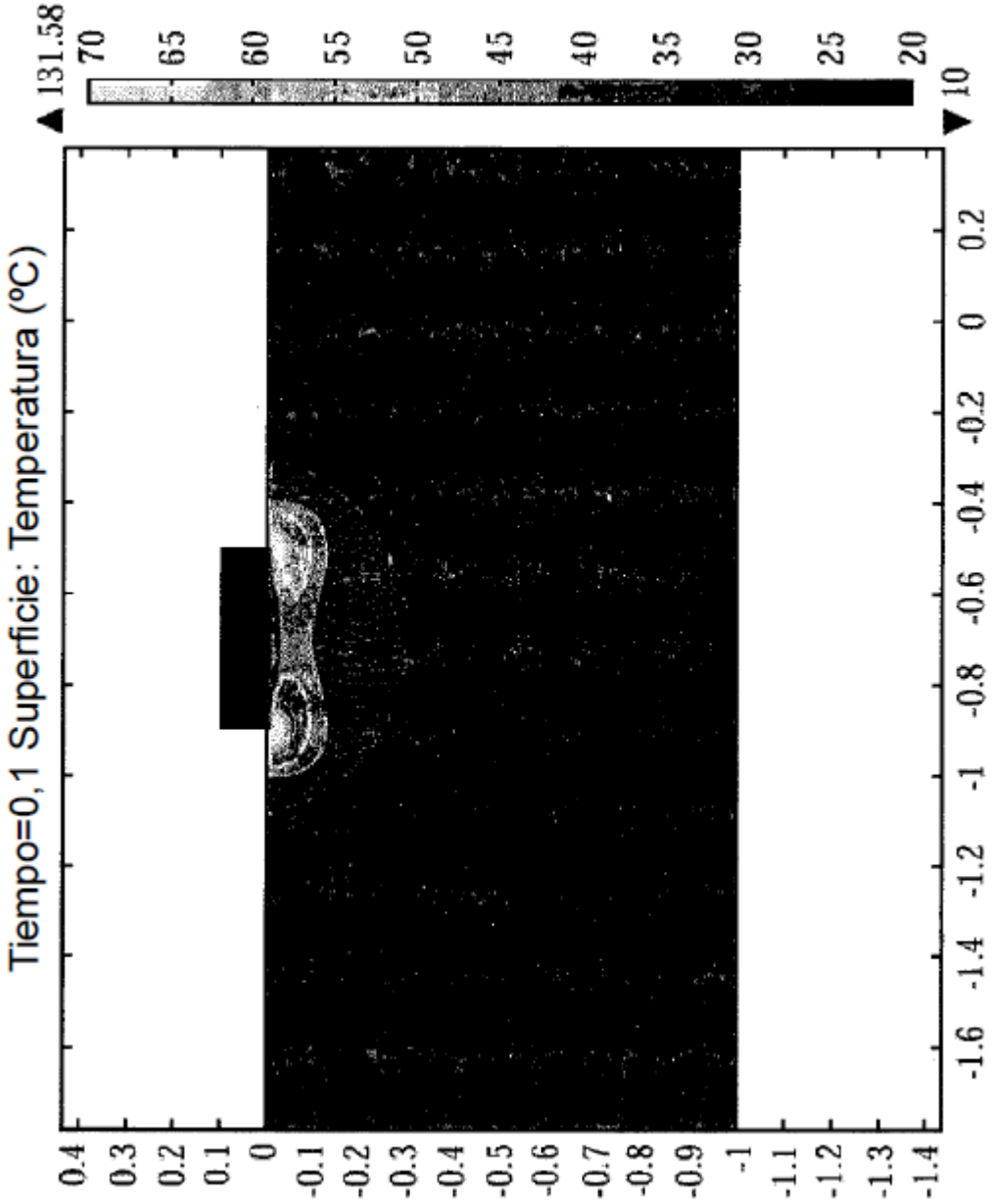
Tiempo=0,1 Superficie: Temperatura (ºC)
▲ 131.58
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
▼ 10
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1
-1.1
-1.2
-1.3
-1.4
-1.6
-1.4
-1.2
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2

FIGURA 1

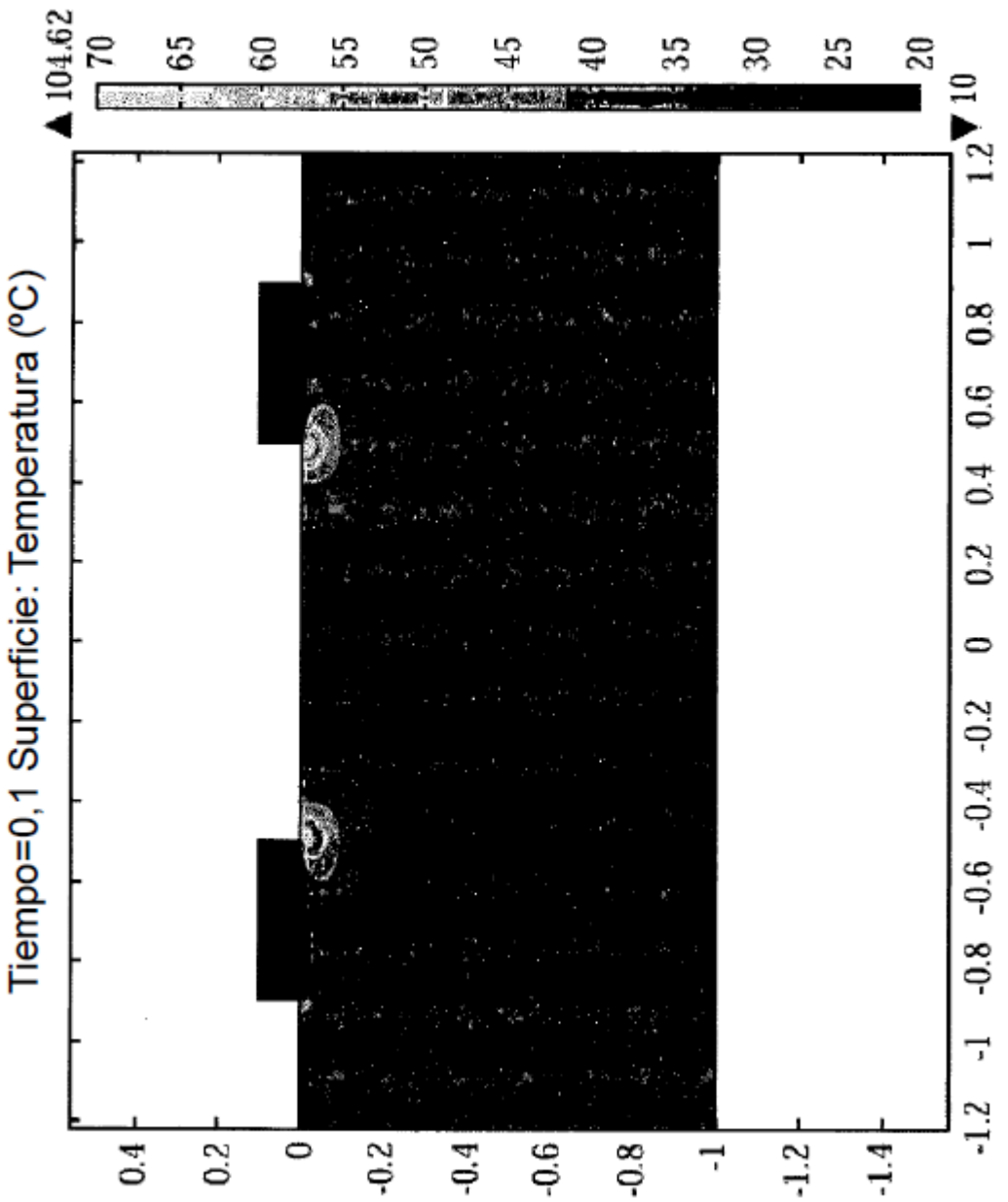
Tiempo=0,1 Superficie: Temperatura (ºC)
▲ 104.62
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
▼ 10
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1.4
-1.2
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2

FIGURA 2

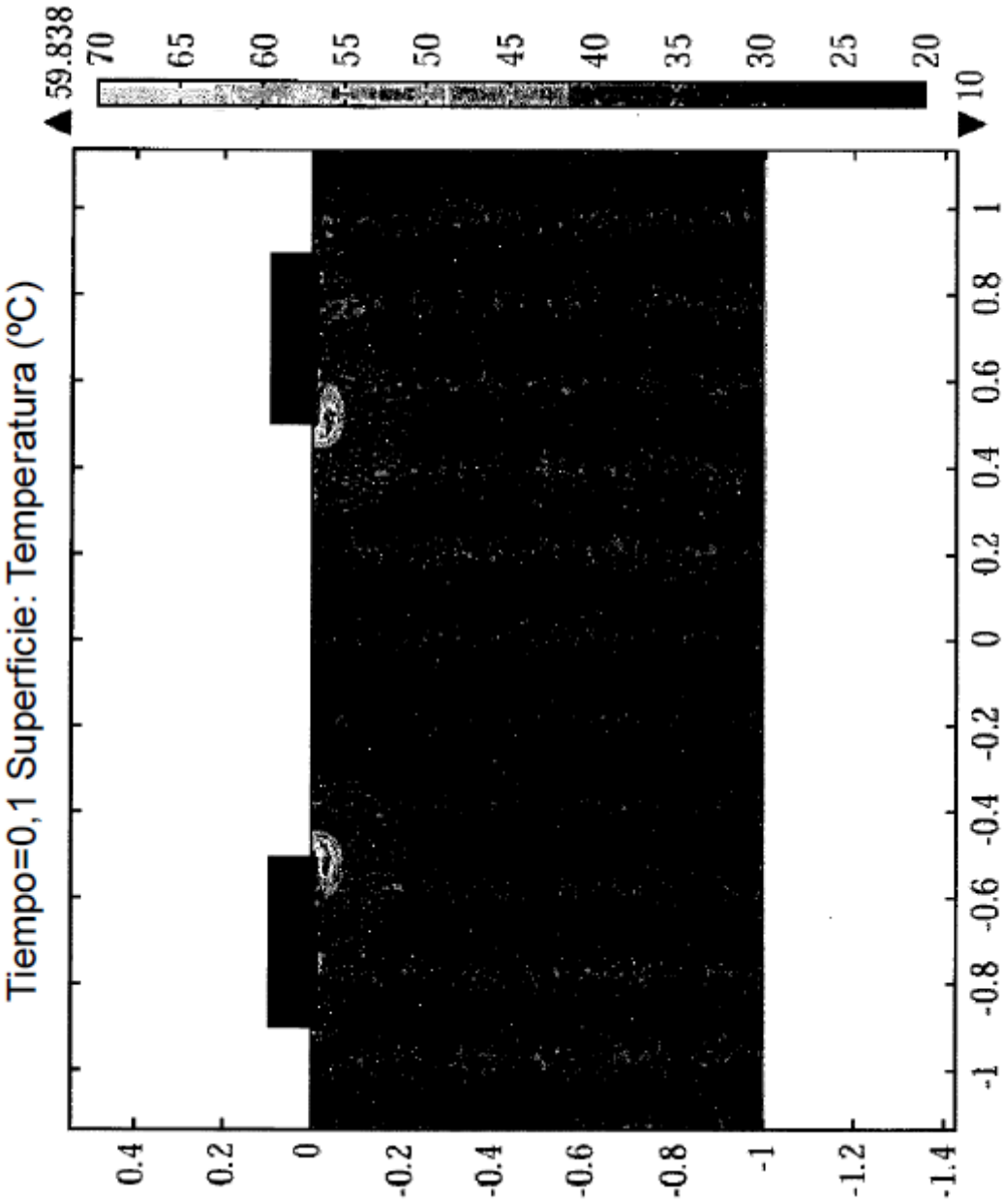
Tiempo=0,1 Superficie: Temperatura (ºC)
59.838
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
10
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1.4
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1

FIGURA 3

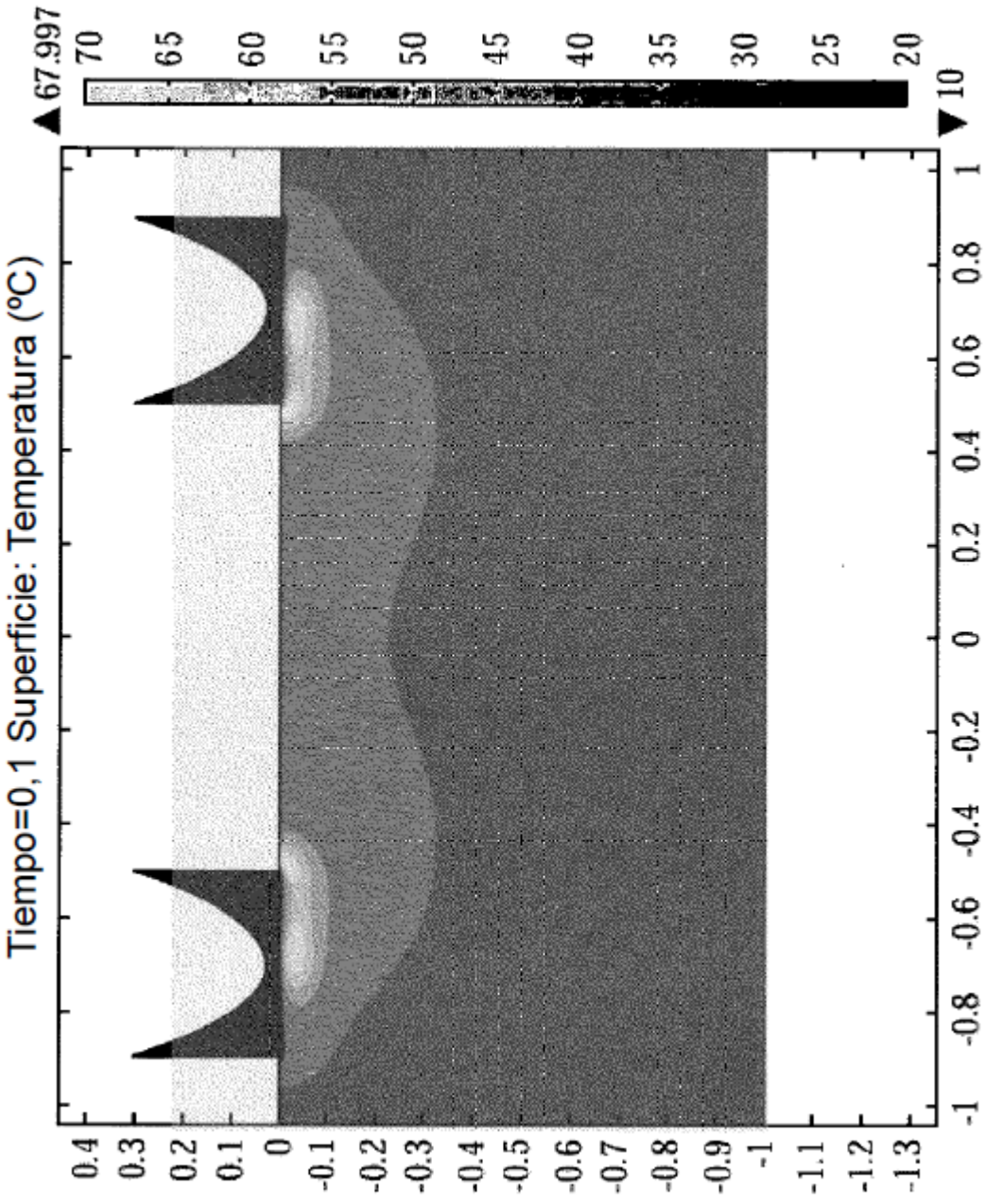
Tiempo=0,1 Superficie: Temperatura (ºC)
▲ 67.997
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
▼ 10
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.1
-0.2
-0.3
-0.4
-0.5
-0.6
-0.7
-0.8
-0.9
-1
-1.1
-1.2
-1.3
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1

FIGURA 4

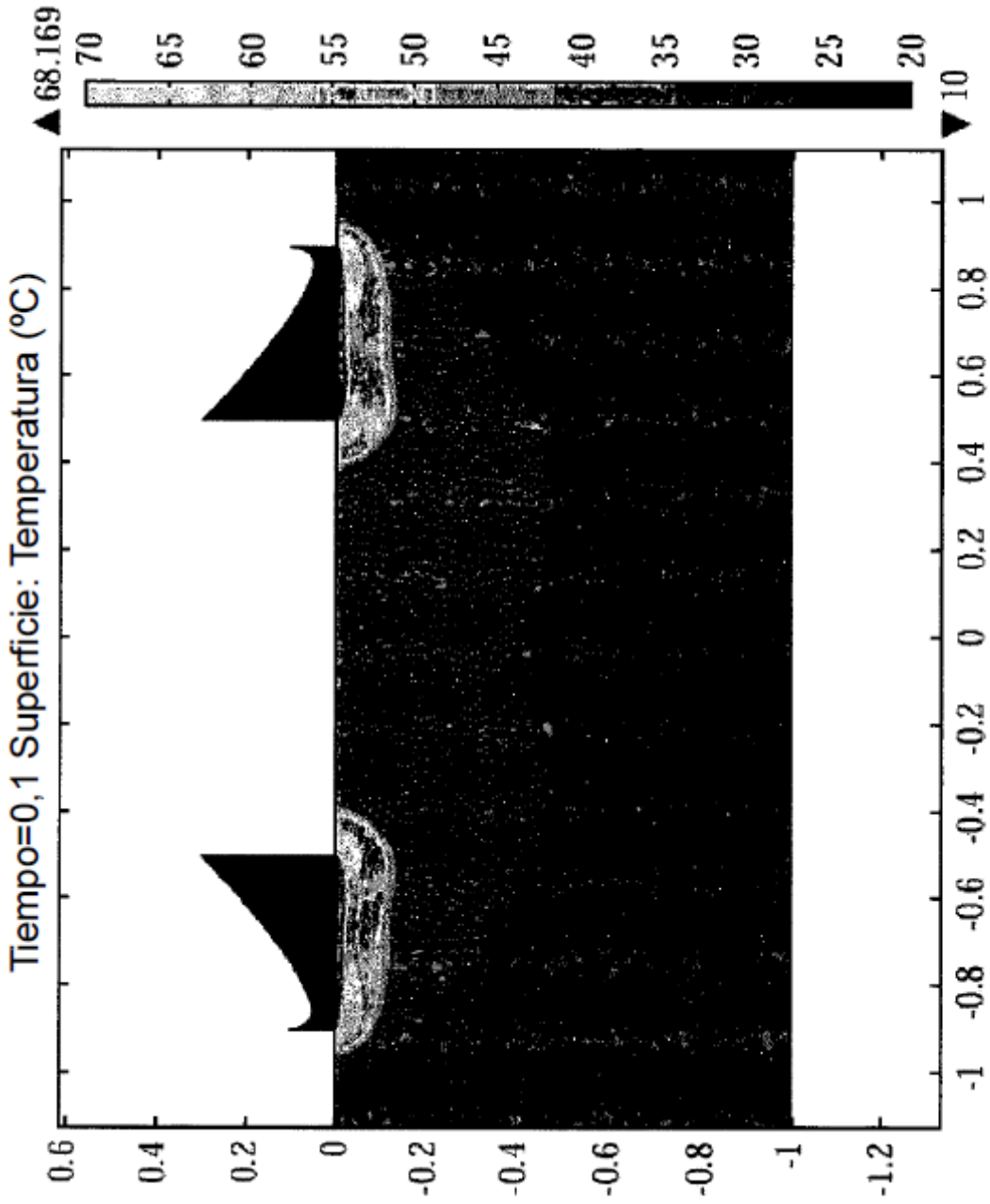
Tiempo=0,1 Superficie: Temperatura (ºC)
▲ 68.169
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
▼ 10
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1

FIGURA 5

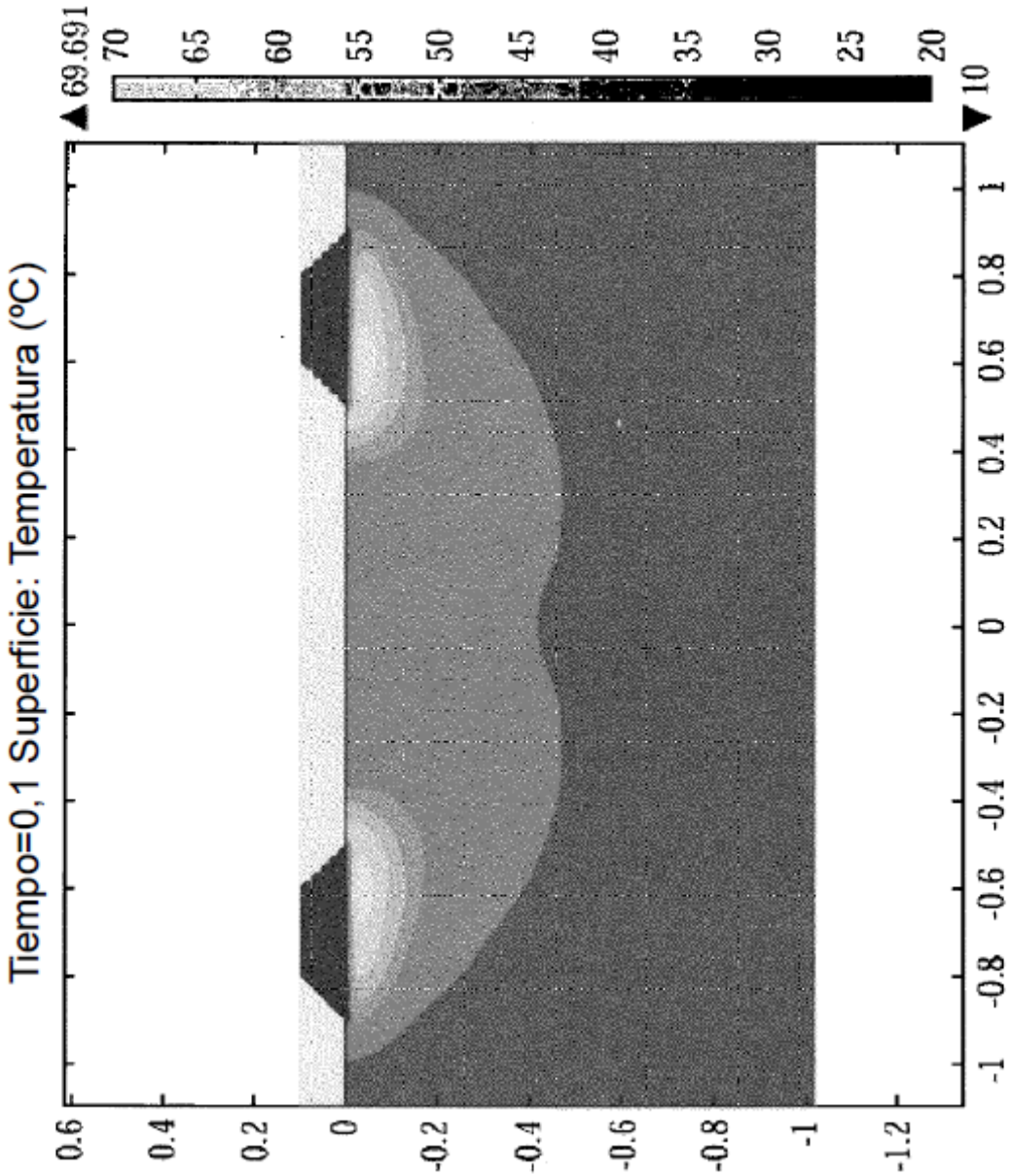
Tiempo=0,1 Superficie: Temperatura (ºC)
69.691
70
65
60
55
50
45
40
35
30
25
20
10
0.6
0.4
0.2
0
-0.2
-0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1

FIGURA 6

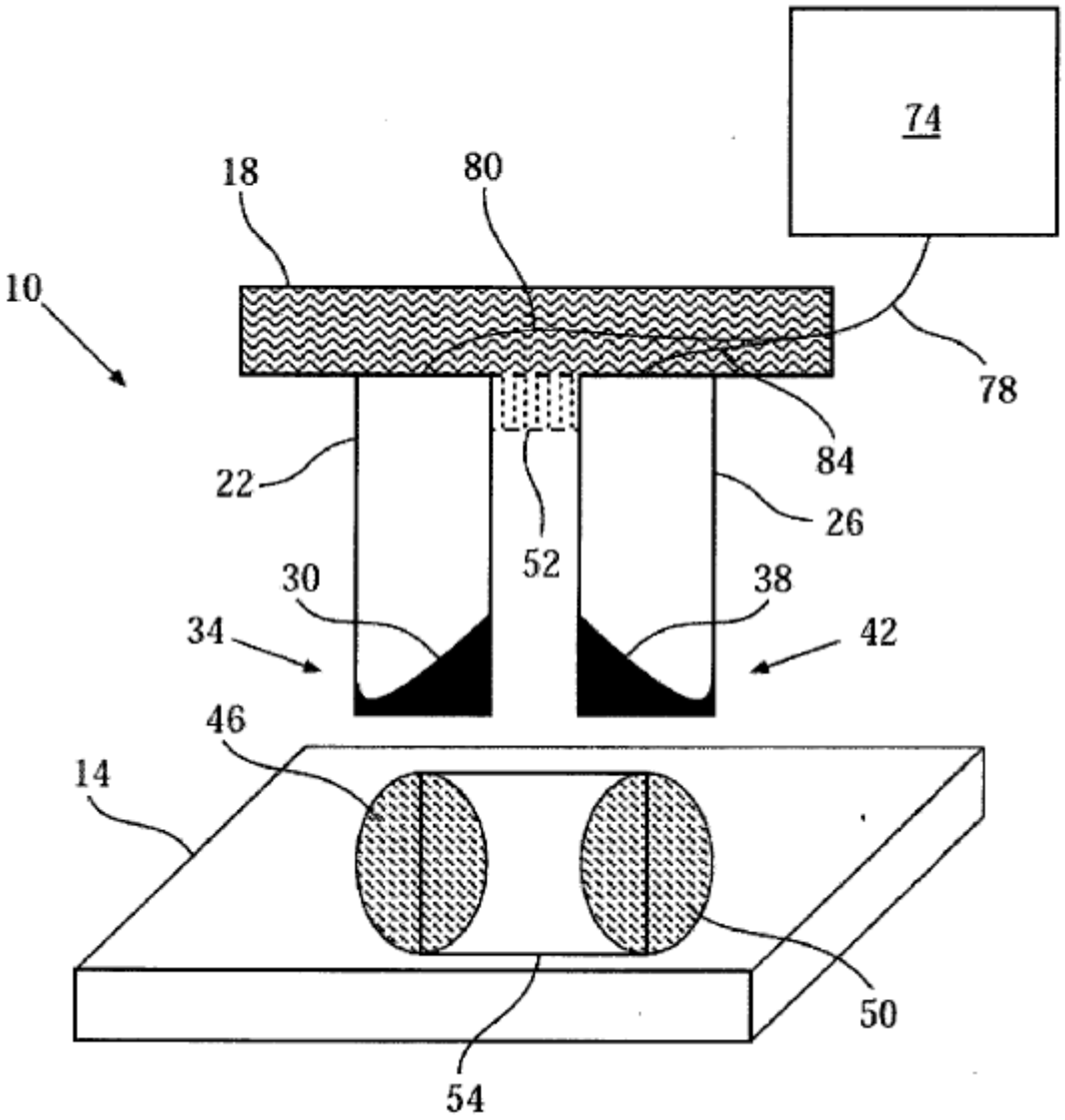

Figura 7A

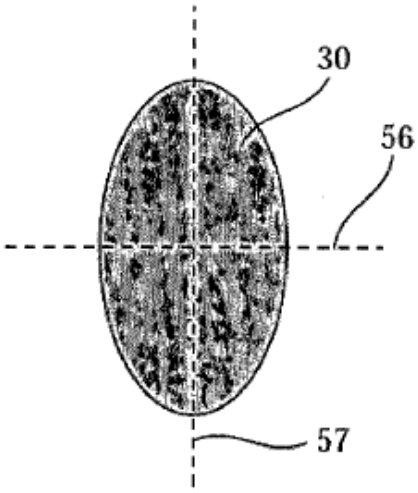

Figura 7B

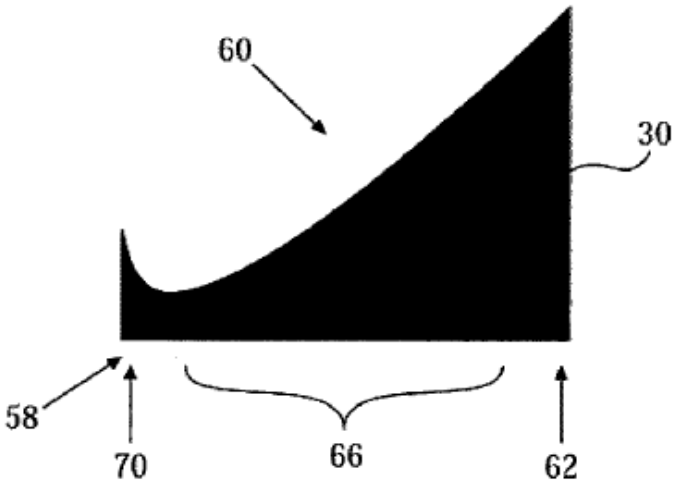

Figura 7C

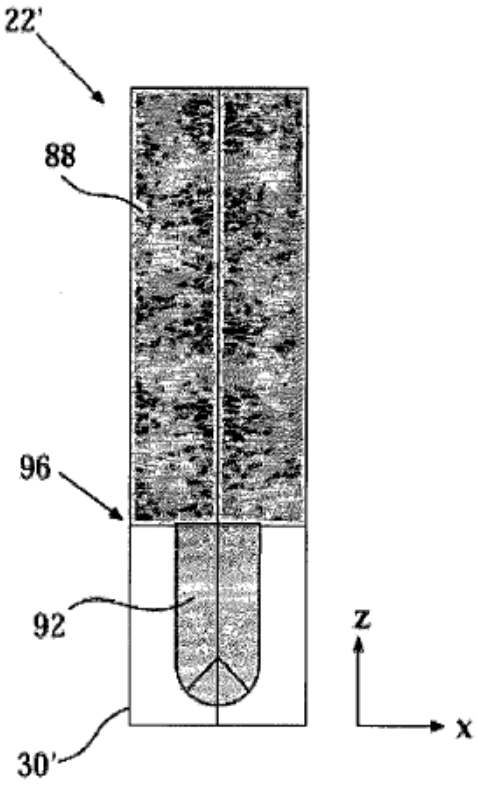

Figura 8A

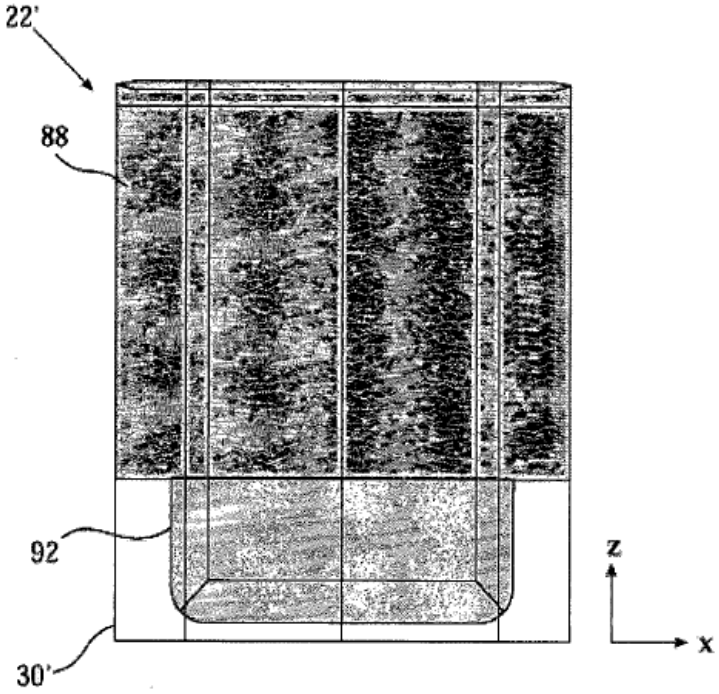

Figura 8B

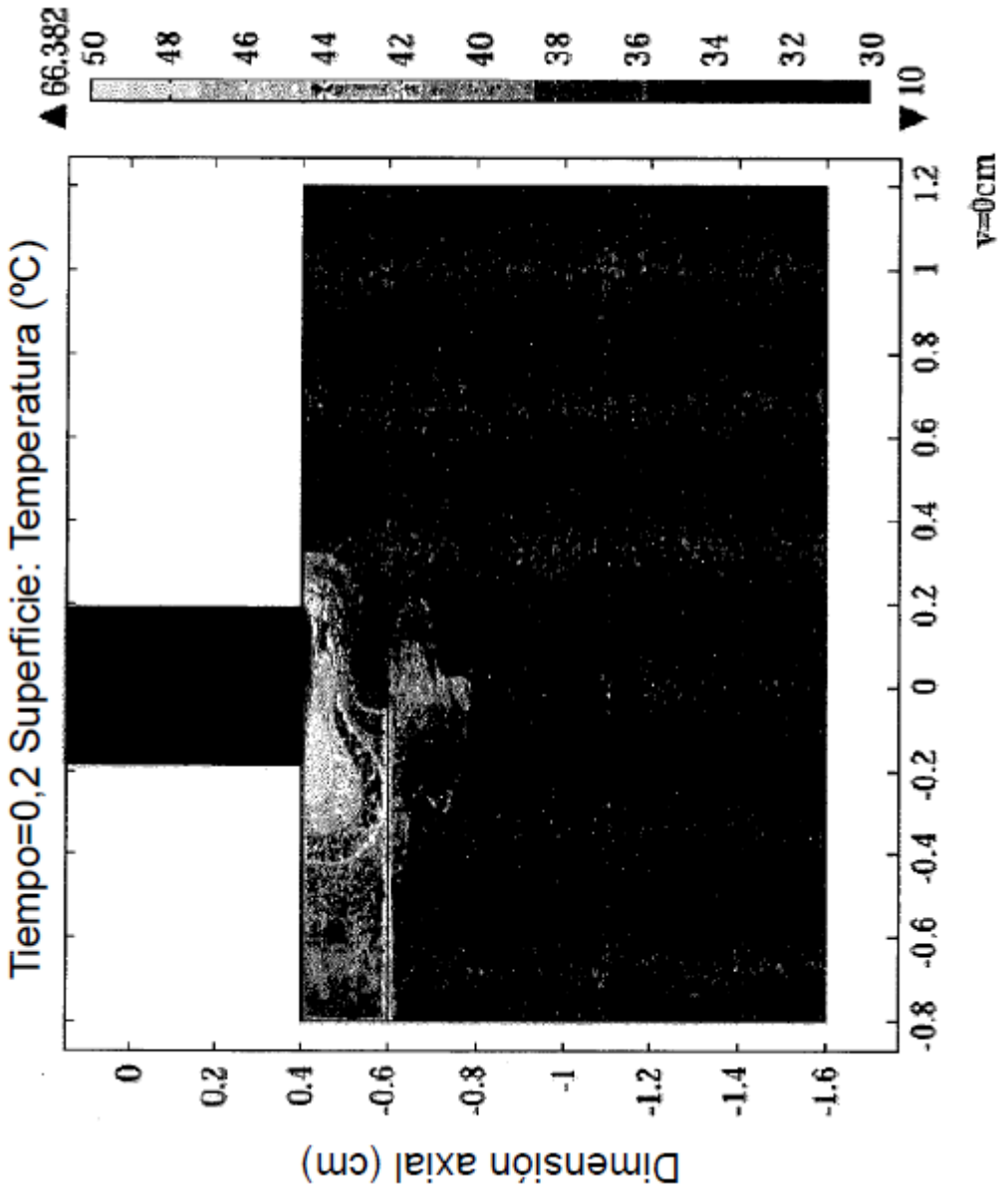
Tiempo=0,2 Superficie: Temperatura (ºC)
▲ 66.382
▼ 10
50
48
46
44
42
40
38
36
34
32
30
Dimensión axial (cm)
0
0.2
0.4
-0.6
-0.8
-1
-1.2
-1.4
-1.6
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
1.2
v=0cm

FIGURA 9A

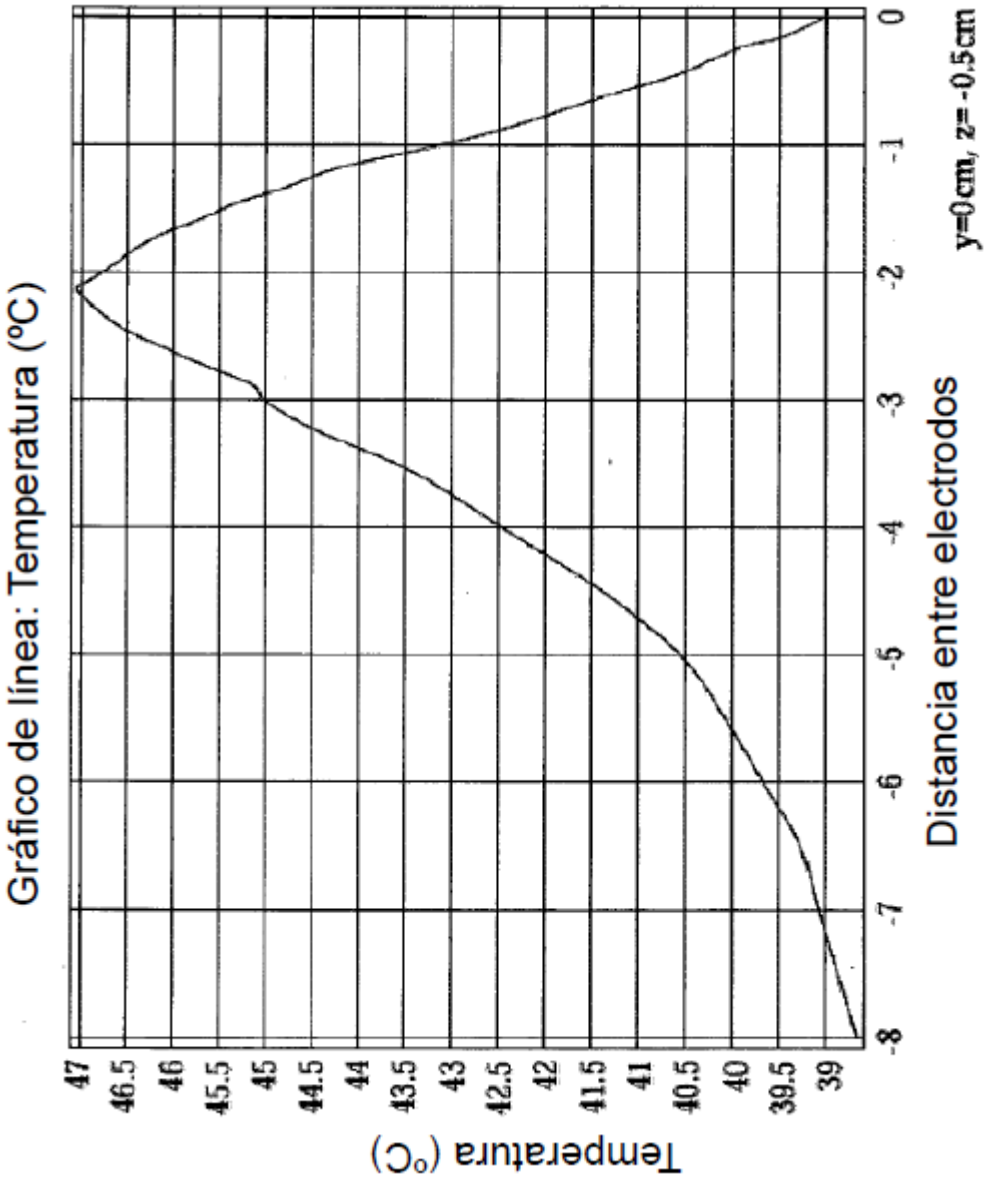
Gráfico de línea: Temperatura (ºC)
Temperatura (ºC)
47
46.5
46
45.5
45
44.5
44
43.5
43
42.5
42
41.5
41
40.5
40
39.5
39
-8
-7
-6
-5
-4
-3
-2
-1
0
Distancia entre electrodos
y=0cm, z= -0,5cm

FIGURA 9B

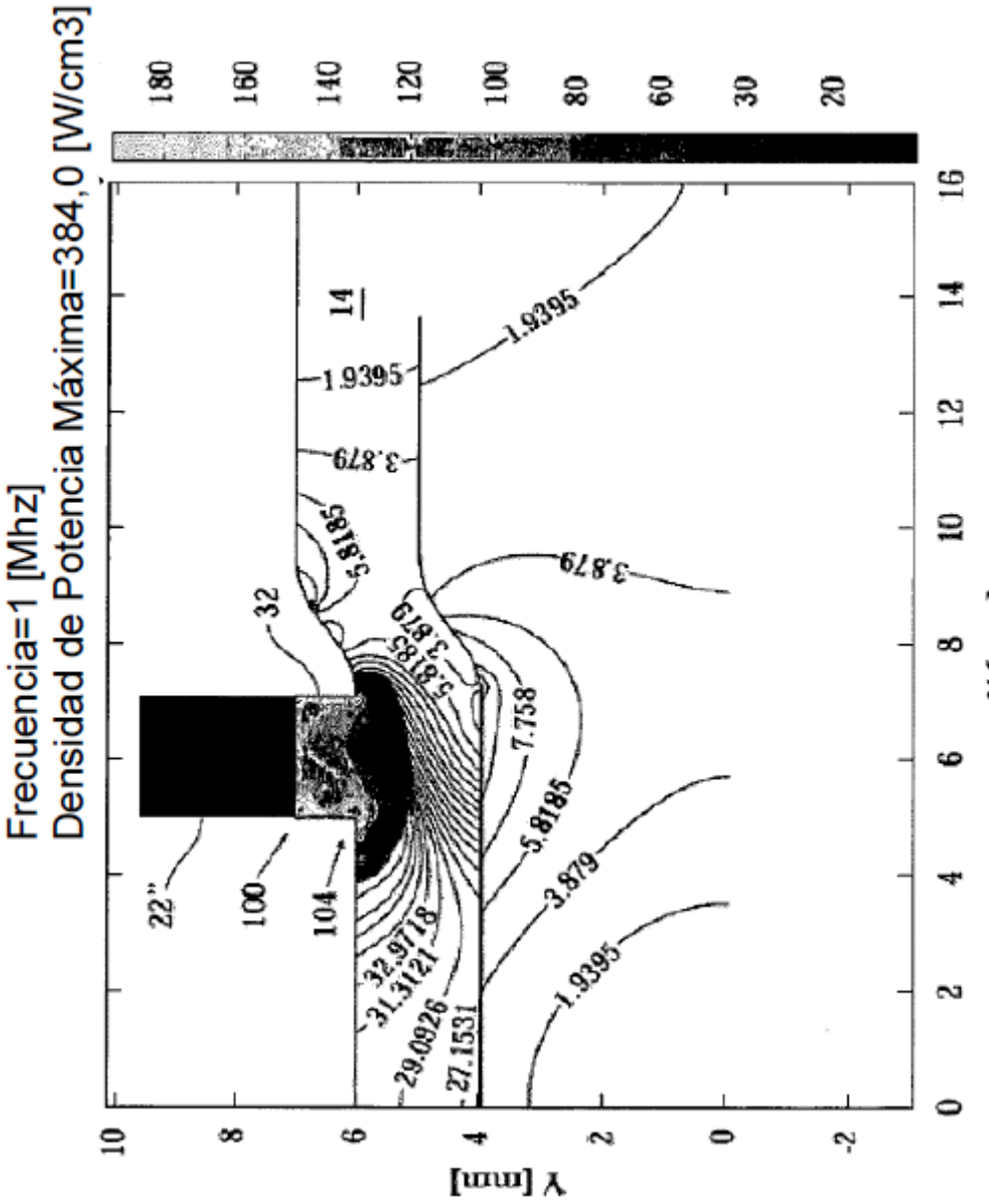
Frecuencia=1 [Mhz]
Densidad de Potencia Máxima=384,0 [W/cm3]
180
160
140
120
100
80
60
30
20
14
1.9395
1.9395
3.879
3.879
5.8185
5.8185
32
7.758
5.8185
3.879
1.9395
22"
100
104
32.9718
31.3121
29.0926
27.1531
Y [mm]
X [mm]
10
8
6
4
2
0
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16

FIGURA 10

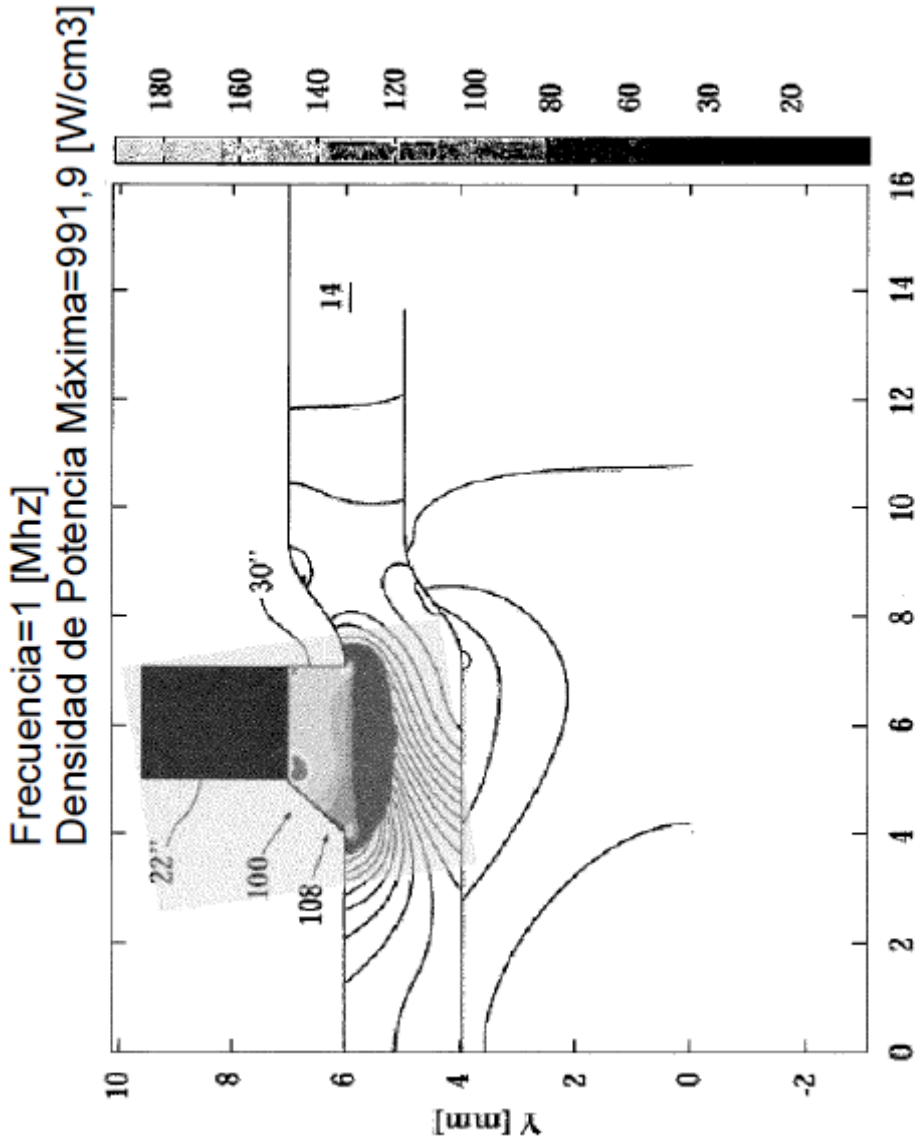
Frecuencia=1 [Mhz]
Densidad de Potencia Máxima=991,9 [W/cm3]
180
160
140
120
100
80
60
30
20
14
30''
22''
100
108
Y [mm]
X [mm]
10
8
6
4
2
0
-2
0
2
4
6
8
10
12
14
16

FIGURA 11

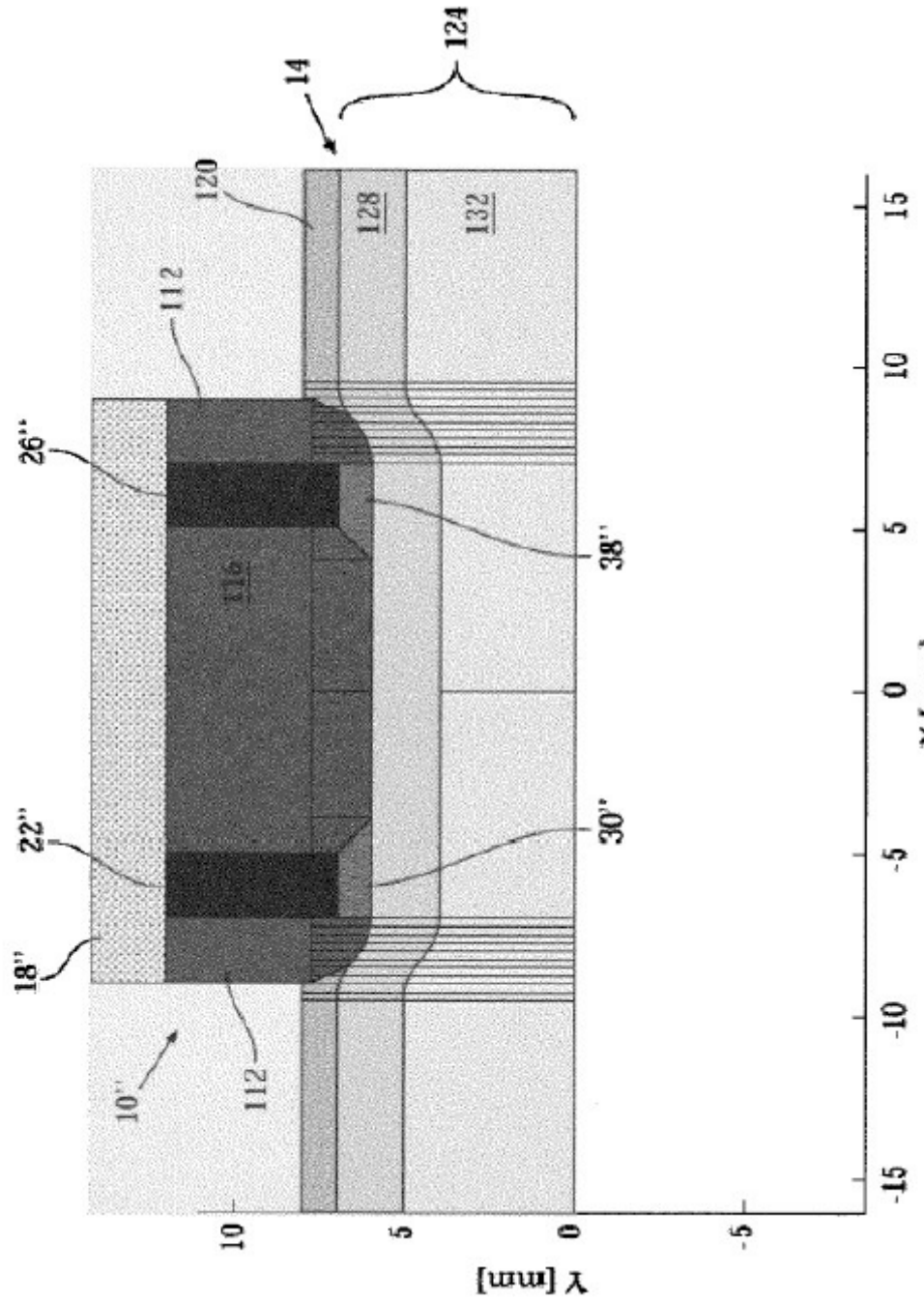
14
124
120
128
132
112
26''
116
38''
22''
30''
18''
10''
112
Y [mm]
10
5
0
-5
-15
-10
-5
0
5
10
15
X [mm]

FIGURA 12

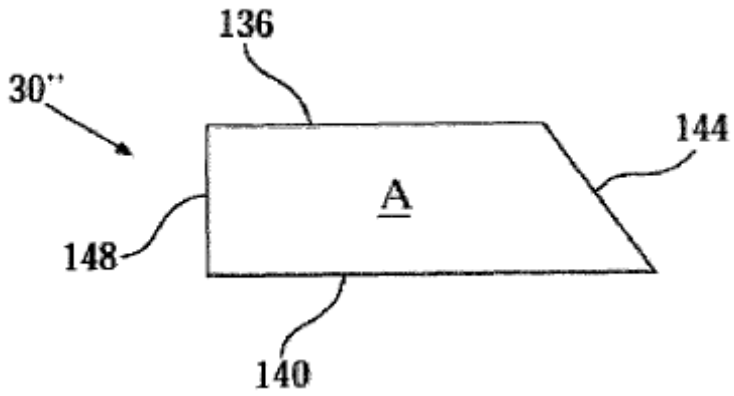

Figura 13

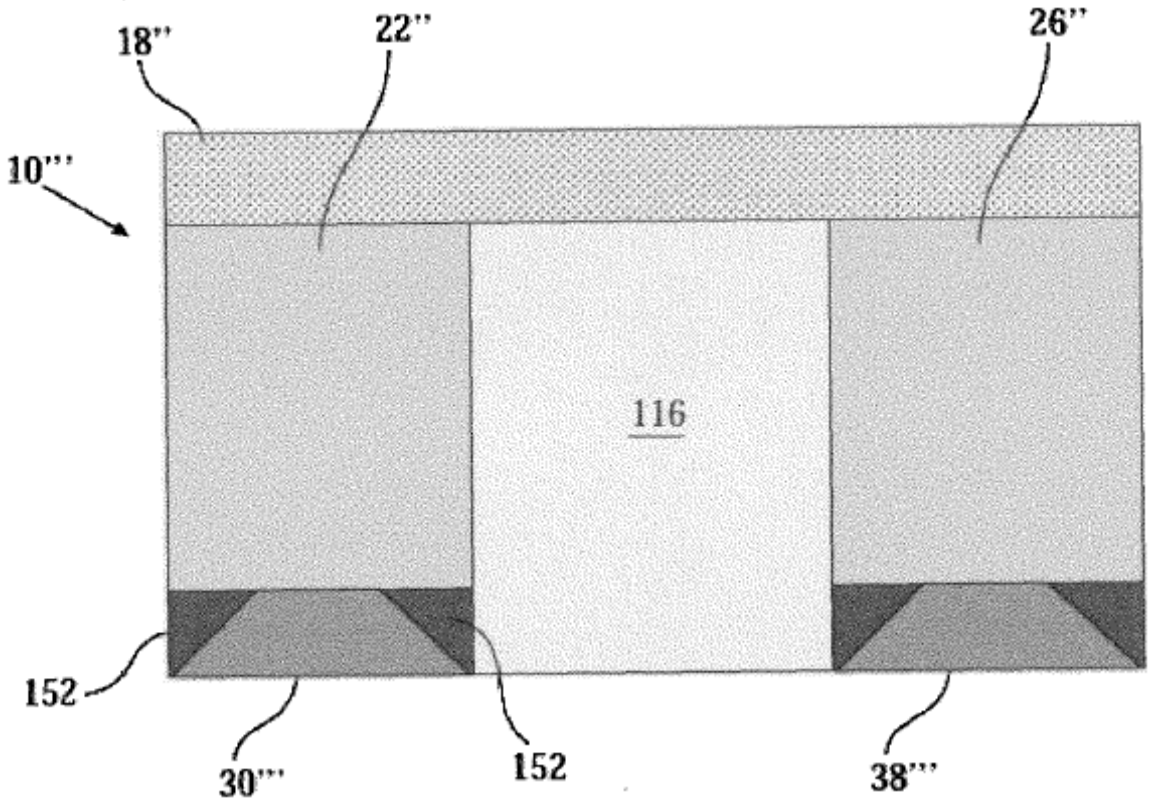

Figura 14

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

Documentos de patentes citados en la descripción

• WO 2003053266 [0004]