



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 327 970**

51 Int. Cl.:
H01L 35/30 (2006.01)
H01L 23/427 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07354044 .5**
96 Fecha de presentación : **10.07.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1881538**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.01.2008**

54 Título: **Componente electrónico de transferencia de calor por ebullición y condensación y procedimiento de fabricación.**

30 Prioridad: **20.07.2006 FR 06 06615**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
05.11.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
05.11.2009

73 Titular/es:
**COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
25, rue Leblanc, Immeuble "Le Ponant D"
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Gruss, Jean-Antoine y
Plissonnier, Marc**

74 Agente: **Polo Flores, Carlos**

ES 2 327 970 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

Componente electrónico de transferencia de calor por ebullición y condensación y procedimiento de fabricación.

5 **Ámbito técnico de la invención**

La invención se refiere a un componente electrónico de transferencia de calor por ebullición y condensación, que incorpora superficies de intercambio de calor sumergidas en un líquido caloportador, así como a un procedimiento de fabricación de un componente de este tipo.

10

Estado de la técnica

Según se representa en la figura 1, un dispositivo de enfriamiento puede estar constituido por un componente electrónico, por ejemplo un convertidor termoeléctrico 1, dispuesto sobre un componente a enfriar que constituye una fuente de calor 2 y asociado a un enfriador de aletas 3, eventualmente con convección forzada con ayuda de un ventilador 4.

15

20

Los componentes electrónicos usados como convertidores termoeléctricos están constituidos de forma clásica (figuras 2 y 3) por termopares conectados térmicamente en paralelo entre fuentes 5 y 6, respectivamente caliente y fría, estando cada termopar constituido por dos ramas 7 y 8, de materiales metálicos o semiconductores de distinta naturaleza (por ejemplo de tipo N y P respectivamente), conectados eléctricamente en serie. El flujo térmico que atraviesa el convertidor termoeléctrico está representado en las figuras 2 y 3 mediante flechas verticales.

25

Semejante convertidor se puede usar para crear un gradiente térmico, por efecto Peltier, y crear así un efecto de refrigeración termoeléctrica, cuando una corriente recorre las ramas, según se representa en la figura 2. De forma recíproca, se puede usar para generar una corriente eléctrica, por efecto Seebeck, cuando se ve sometido a un gradiente térmico entre las fuentes caliente y fría, según se representa en la figura 3.

30

El problema del acoplamiento térmico se plantea de igual manera en un convertidor termoeléctrico por efecto Seebeck (en el que el calor tiene que evacuarse de la fuente fría para mantener el gradiente térmico que genera la corriente eléctrica) que en un convertidor termoeléctrico por efecto Peltier (en el que el calor se expulsa a partir de la fuente fría). Siendo así que en los dos casos, la misma resistencia térmica entre el convertidor y la fuente fría, generalmente el aire ambiental, limita la cantidad de calor a evacuar.

35

40

Se ha propuesto el uso de nanohilos para mejorar el rendimiento de convertidores termoeléctricos usando los fenómenos de confinamiento cuántico, particularmente en la solicitud de patente US2002/0175408 y en el artículo "Fabrication and Characterization of a Nanowire/Polymer-Based Nanocomposite for a Prototype Thermoelectric Device", de Alexis R. Abramson y col., en "Journal of Microelectromechanical Systems", páginas 505-513, vol. 13, n.º 3, junio de 2004. En estos documentos, los nanohilos van embebidos en matrices de polímero, por ejemplo de parileno en el artículo, para formar paquetes de nanohilos que tienen todos la misma composición, por ejemplo semiconductores de tipo N o P, en un mismo paquete. Los nanohilos de la misma naturaleza se conectan a continuación eléctricamente en paralelo en el interior de cada paquete y se interconectan por lo menos dos paquetes de distinta naturaleza para formar un convertidor termoeléctrico.

45

50

Por otro lado, el uso de caloductos ("heat pipe" en inglés) permite mejorar en un factor de 100 a 1000 la conductividad térmica equivalente obtenida por medio de una placa maciza de cobre, así como obtener prestaciones muy superiores a las de una placa con aletas. Un caloducto se presenta de forma clásica en forma de un recinto hermético que contiene un líquido en equilibrio con su fase vapor, en ausencia de cualquier otro gas. La transferencia de calor se realiza de forma pasiva, por ciclos de evaporación del líquido en una parte caliente y de condensación en una parte fría, por ejemplo en una superficie del caloducto recubierta exteriormente por aletas.

55

Los caloductos se usan en la actualidad bien en forma de enfriadores con caloductos insertados, bien en forma de cámara caloducto. Esta última configuración presenta menos piezas y menos uniones que los enfriadores con caloductos insertados, y reduce al mínimo la resistencia térmica, particularmente en las interfaces caloductos/placas y aletas.

60

El artículo "Enhanced boiling heat transfer from electronic components by use of surface microstructures", de Honda H. y Wei JJ, Experimental Thermal and Fluid Science, 28 (2004), pp. 159-1659, hace un repaso de diferentes trabajos relativos a la mejora, mediante el uso de microestructuras superficiales, de los coeficientes de transferencia de calor por ebullición para componentes electrónicos sumergidos en líquidos dieléctricos. Este artículo describe diferentes procedimientos de estructuración de superficies, tales como la creación de rugosidades de superficie por chorro de arena, ataque químico, deposiciones porosas, creación de cavidades reentrantes o micropilares, mediante técnicas de grabado seco empleadas de forma clásica en microelectrónica.

65

Objeto de la invención

La invención tiene por objetivo mejorar la eficacia de un componente electrónico de transferencia de calor por ebullición y condensación.

ES 2 327 970 T3

Esto objetivo se logra mediante un componente según las reivindicaciones que se adjuntan y, más en particular, por el hecho de que las superficies de intercambio del componente están constituidas por extremos libres de nanohilos de un convertidor termoeléctrico que incorpora una pluralidad de nanohilos formados sobre un sustrato base, envolviendo parcialmente los nanohilos un material de revestimiento, eléctricamente aislante y de escasa conducción térmica dispuesto entre el sustrato base y el líquido caloportador, formando cada nanohilo un termopar consistente en dos ramas coaxiales de materiales de distinta naturaleza separadas por una capa de material eléctricamente aislante y conectadas eléctricamente, de forma individual, al extremo libre del nanohilo.

La invención tiene asimismo por objeto un procedimiento de fabricación de un componente de este tipo.

Breve descripción de los dibujos

Otras ventajas y características resultarán más evidentes a partir de la descripción que sigue de formas de realización particulares de la invención, dadas a título de ejemplos no limitativos y representadas en los dibujos que se adjuntan, en los que:

La figura 1 ilustra esquemáticamente un dispositivo de enfriamiento según la técnica anterior.

Las figuras 2 y 3 ilustran esquemáticamente el uso de un convertidor termoeléctrico según la técnica anterior como dispositivo de refrigeración y como generador eléctrico, respectivamente.

Las figuras 4 y 5 ilustran sendas formas de realización alternativas de un componente según la invención.

Las figuras 6 y 7 representan un detalle de la parte inferior de sendas formas de realización particulares de un componente según la invención.

Las figuras 8 a 10 representan etapas sucesivas de una forma de realización particular de un procedimiento de fabricación según la invención.

Las figuras 11 a 14 representan formas de realización alternativas del procedimiento según la invención.

Descripción de formas de realización particulares de la invención

En las dos formas de realización alternativas de la invención representadas en las figuras 4 y 5, la transferencia de calor entre el componente 2 a enfriar y el aire ambiental se lleva a cabo mediante un caloducto 9, es decir, mediante una transferencia de calor por ebullición y condensación que opera en circuito cerrado, con retorno de líquido ya sea por gravedad o por capilaridad. El caloducto puede tener cualquier configuración apropiada de las que se conocen.

A título de ejemplo, el caloducto 9 de la figura 4 tiene la forma de una cámara abocardada hacia arriba que preferiblemente presenta aletas 10 sobre la cara externa de la pared superior. El caloducto 9 de la figura 5, por su parte, está constituido por un tubo cilíndrico vertical que preferiblemente incorpora aletas 10 sobre la cara externa de su pared lateral.

En las figuras 4 y 5, el componente 2 a enfriar constituye la fuente caliente de un convertidor termoeléctrico de nanohilos, que incorpora una pluralidad de nanohilos 13 formados sobre un sustrato base 14. Los extremos libres de los nanohilos expulsan el calor hacia la fuente fría, constituida por el aire ambiental. Sin embargo, el acoplamiento térmico de convertidores termoeléctricos basados en nanohilos por contacto entre el extremo de los nanohilos y una placa de enfriamiento o la superficie inferior de un caloducto es problemático, particularmente a causa de la fragilidad de los nanohilos, de la resistencia térmica de contacto, y de la tecnología de conexión eléctrica.

En las figuras 4 y 5, los extremos libres de los nanohilos 13 se usan como superficies de intercambio de calor sumergidas en el líquido caloportador 11 del caloducto 9. Así, los nanohilos cumplen a la vez su función de generador termoeléctrico y una función de superficie mejorada de intercambio térmico. Sin embargo, los convertidores termoeléctricos de nanohilos que se conocen no permiten esta doble función, debido sobre todo a que los nanohilos adyacentes del convertidor están conectados eléctricamente en serie, alternativamente, a la altura de la fuente caliente (en su base) y a la altura de la fuente fría (en su parte superior), de modo que dos nanohilos paralelos adyacentes, de distinta naturaleza, constituyen un termopar.

Para permitir esta doble función, cada nanohilo forma un termopar constituido por dos ramas coaxiales de materiales de distinta naturaleza, separadas por una capa de material eléctricamente aislante, y conectadas eléctricamente de forma individual al extremo libre del nanohilo.

Así, como se representa más detalladamente en la figura 6, cada nanohilo 13 del convertidor 12 está constituido por un alma 15 recubierta en su periferia por una capa de material aislante 16 y por una cubierta 17. El alma 15 y la cubierta 17 de un nanohilo 13 están constituidas por materiales metálicos diferentes o por materiales semiconductores de distinto tipo (por ejemplo, de tipo N y P respectivamente) y eléctricamente conectadas al extremo libre del nanohilo 13, que constituye así un termopar cuya alma constituye una primera rama, central, y cuya cubierta constituye la segunda rama, periférica.

ES 2 327 970 T3

Semejante convertidor preferiblemente se crea usando un procedimiento de fabricación de un nanohilo por crecimiento de tipo VLS (véase el documento US-A-2002/0175408 y el artículo antes citado de A. R. Abramson). Este tipo de crecimiento implica el uso de un catalizador metálico y, durante toda la fase de crecimiento del nanohilo, una gotícula de catalizador, por ejemplo de oro, se dispone en la cima del nanohilo.

Se crean entonces las almas 15 de los nanohilos sobre el sustrato base 14, mediante crecimiento de tipo vapor-líquido-sólido. Al final de cada etapa de crecimiento, el alma de cada nanohilo, preferiblemente de un material semiconductor dopado de un primer tipo, está coronada por una gotícula 18 de material eléctricamente conductor que ha servido de catalizador durante la etapa de crecimiento. Esta gotícula 18 se puede conservar y usar para automáticamente conectar, eléctrica e individualmente, las dos ramas del nanohilo correspondiente.

Después de esta etapa de crecimiento, se forma la capa 16 de material eléctricamente aislante alrededor del alma 15 de cada nanohilo, por ejemplo mediante oxidación de este alma en su periferia. La capa 16 no recubre las gotículas 18. Luego se forma la cubierta 17, preferentemente de un material semiconductor dopado de un segundo tipo, completando así cada nanohilo, preferentemente recubriendo la capa de material aislante 16 y la gotícula asociada al nanohilo. Esta gotícula 18 interconecta entonces de forma individual el alma y la cubierta coaxiales del nanohilo correspondiente.

En la forma de realización particular de la figura 6, las almas 15, de semiconductor de tipo N, de una red de nanohilos se crean simultáneamente mediante crecimiento VLS sobre una capa de igual naturaleza (semiconductor dopado N), formada sobre el sustrato 14. Se conectan entonces dos almas 15 adyacentes mediante esta capa, que constituye una base 19 sensiblemente perpendicular a la red de nanohilos 13.

La capa aislante 16 recubre entonces no solamente la periferia de las almas 15, sino también la base 19, por lo menos entre dos almas 15 adyacentes. La capa de material semiconductor de tipo P recubre entonces la totalidad de la capa aislante 16, tanto alrededor como entre las almas 15, así como todas las gotículas 18 asociadas.

Este procedimiento de fabricación permite así crear colectivamente, por ejemplo mediante crecimiento de tipo VLS, una red de nanohilos 13 que constituyen termopares conectados eléctricamente en paralelo, cada uno constituido por la conexión en serie de un alma 15, de la gotícula 18 correspondiente, y de la cubierta asociada 17.

Cada red de nanohilos puede incorporar dos bornes de conexión. Un primer borne de conexión 20 puede estar constituido por una zona de la base 19 en saliente por un lado de la red (por la derecha en la figura 6), no recubierta por la capa aislante 16. El segundo borne de conexión 21 puede estar constituido por una zona lateral de la cubierta 17, bien por el mismo lado que el borne 20 (asimismo a la derecha, como en la figura 6), bien por el lado opuesto (por la izquierda), o bien por un lado perpendicular. Las conexiones eléctricas de la red de nanohilos con otras redes de nanohilos o con el exterior se trazan así a la altura misma del sustrato 14, por ejemplo por un mismo lado, a ambos lados o sobre lados perpendiculares del convertidor.

Para formar un convertidor termoeléctrico, se pueden conectar eléctricamente en serie redes de nanohilos adyacentes, usando las técnicas convencionales en microelectrónica.

Los extremos libres de los nanohilos 13 del convertidor así creado se sumergen, tal como se indica anteriormente, en el líquido caloportador 11 de un caloducto 9. Como se representa en las figuras 4 a 6, se dispone un material de revestimiento 22, eléctricamente aislante y de escasa conducción térmica, envolviendo parcialmente los nanohilos, entre el sustrato base 18 y el líquido caloportador 11. Este material de revestimiento 22, que impregna la base de los nanohilos 13, preferiblemente estará constituido por un polímero, por ejemplo por parileno. Éste permite un aislamiento hidráulico y térmico, por lo que el líquido caloportador no puede llegar más que al extremo superior, libre, de los nanohilos. Los bornes de conexión eléctrica 20 y 21, todos ellos dispuestos a la altura del sustrato base 14, quedan aislados del fluido caloportador por el material de revestimiento.

Las protuberancias formadas por los extremos libres de los nanohilos constituyen superficies de intercambio de calor sumergidas en el líquido caloportador, especialmente ventajosas para reducir al mínimo la resistencia térmica entre su superficie y el vapor del caloducto. Como se ilustra en la figura 6, se crea así un gran número de puntos de nucleación 23 por captura de microburbujas o de nanoburbujas de gas en la superficie del material de revestimiento, en particular en la interfase entre el material de revestimiento 22, el líquido caloportador 11 y los nanohilos 13. En efecto, la aparición de estas microburbujas o nanoburbujas se ve favorecida por la variación de propiedades de mojado en la interfase entre los nanohilos, más bien hidrófilos, y el polímero, más bien hidrófobo. Por otro lado, el aumento de la superficie caliente de intercambio (constituida por los extremos libres de los nanohilos) en las burbujas de vapor permite un crecimiento más rápido de las burbujas y, consiguientemente, un mejor coeficiente de intercambio.

La gran debilidad de la inercia térmica de los nanohilos también es ventajosa. En efecto, por las fluctuaciones rápidas de temperatura sobre la superficie caliente que crea la ebullición del líquido caloportador en el caloducto, con pseudoperíodos que van de algunas decenas a algunas centenas de hercios, esta débil inercia permite que las ramas de los termopares funcionen en régimen no estacionario. En efecto, se ha demostrado que, en este régimen, los fenómenos de conducción térmica en las ramas de los termopares son más lentos que los fenómenos de conducción eléctrica. Las prestaciones de los termopares son mejores entonces que en régimen permanente.

ES 2 327 970 T3

Se optimizan así simultáneamente las dos funciones de los nanohilos, a saber, la constitución de termopares de un convertidor termoeléctrico y la transferencia de calor mediante un caloducto.

En la forma de realización alternativa ilustrada en la figura 7, los nanohilos se agrupan en paquetes 24 adyacentes, separados por intervalos 25, constituyendo microcavidades reentrantes destinadas a atrapar las microburbujas. La figura 7 ilustra esquemáticamente, de izquierda a derecha, la formación de una burbuja B1 en una cavidad reentrante 25, el crecimiento de una burbuja B2 partiendo de una burbuja atrapada en una cavidad y el desprendimiento de una burbuja B3, que se separa de la burbuja inicialmente atrapada, que queda en la cavidad, mientras que la burbuja B3 se eleva al líquido caloportador 11. De este modo es posible mejorar aún más los coeficientes de transferencia de calor por ebullición y condensación.

Las etapas sucesivas de un ejemplo de realización de un componente se ilustran en las figuras 8 a 10.

El convertidor ilustrado en la figura 8 se crea de la forma anteriormente descrita con referencia a la figura 6. Luego, según se representa en la figura 9, se impregna el conjunto con polímero, que constituye el material de revestimiento 22, en fase líquida o vapor, preferentemente con parileno en fase vapor. A continuación se libera los extremos superiores de los nanohilos 13, según se representa en la figura 10, mediante ataque del polímero hasta cierta profundidad, a fin de eliminar un espesor predeterminado del material de revestimiento. Este ataque se puede llevar a cabo mediante cualquier técnica apropiada de las que se conocen en microelectrónica, por ejemplo por ataque por plasma o ataque químico.

A continuación se completa el componente, según se representa en las figuras 4 a 6, mediante inmersión de los extremos libres de los nanohilos en el líquido caloportador 11 de un caloducto. A continuación se puede usar el componente para enfriar un componente 2, disponiéndolo sobre el mismo. En una forma de realización alternativa, el sustrato base 14 se puede formar directamente sobre el componente que va a enfriar.

En una forma de realización alternativa ilustrada en las figuras 11 y 12, el procedimiento de fabricación se desarrolla sin cambios hasta la figura 9. Sin embargo, las gotículas 18 no se conservan para crear las conexiones eléctricas individuales entre el alma y la cubierta de los nanohilos. En efecto, tras la impregnación de los nanohilos mediante el polímero (fig. 9), una etapa de planarización (fig. 11) elimina simultáneamente la parte superior del polímero y los extremos superiores de los nanohilos, dejando desnudas, a la altura de la superficie libre del polímero, el alma 15, la capa aislante 16 y la cubierta 17 de cada nanohilo. Luego, se llevan a cabo, por metalización (fig. 12), uniones eléctricas individuales 26 destinadas a conectar individualmente el alma y la cubierta de cada nanohilo, a la altura de la superficie superior libre del polímero 22, mediante cualquier técnica convencional de metalización.

En caso de agruparse los nanohilos por paquetes 24, como en la figura 7, para realizar cavidades reentrantes, preferentemente se conectan los nanohilos de un mismo paquete eléctricamente en paralelo, mientras que todos los paquetes se conectan en serie. En la variante de la figura 13, una unión eléctrica común 27, formada asimismo por metalización, conecta entonces, preferiblemente de forma eléctrica, todos los extremos libres de los nanohilos de un paquete, causando así simultáneamente la unión eléctrica entre el alma y la cubierta de un nanohilo y la conexión eléctrica en paralelo de todos los nanohilos de un paquete.

Con independencia de que las metalizaciones de los nanohilos sean individuales (fig. 12) o comunes para un paquete (fig. 13), la fabricación prosigue, como en la figura 10, mediante eliminación de un espesor predeterminado del material de revestimiento para liberar los extremos de los nanohilos a sumergir en el líquido caloportador del caloducto. El componente que se obtiene al término de esta etapa para el caso de metalizaciones individuales está ilustrado en la figura 14.

Las protuberancias creadas por los nanohilos en el líquido caloportador, por encima del material de revestimiento, tienen típicamente una altura comprendida entre 0,01 y 100 micrómetros, en general en torno a los 2 micrómetros. En la variante que agrupa los nanohilos por paquetes, los paquetes 24 pueden tener una sección cuadrada o rectangular de 1 a 100 micrómetros de lado, en general en torno a los 10 micrómetros, con un espaciamiento entre paquetes del mismo orden (comprendido entre 1 y 100 micrómetros, más en particular del orden de 10 micrómetros). Ventajosamente, los paquetes se pueden distribuir regularmente a fin de formar líneas y columnas según se ve desde arriba.

El componente anteriormente descrito se puede usar tanto en una configuración que usa el efecto Peltier para liberar calor hacia el aire ambiental como en una configuración que usa el efecto Seebeck para evacuar calor hacia el aire ambiental.

Referencias citadas en la descripción

Esta lista de referencias citadas por el solicitante no tiene otro propósito que servir de ayuda al lector y no forma parte del documento de Patente Europea. A pesar de la gran atención dedicada a su confección, no puede descartarse la presencia de errores u omisiones, en cuyo caso la OEP declina toda responsabilidad.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 20020175408 A [0006] [0020]

5 **Bibliografía no patente citada en la descripción**

• **ALEXIS R. ABRAMSON** y col. Fabrication and Characterization of a Nanowire/Polymer-Based Nanocomposite for a Prototype Thermoelectric Device. *Journal of Microelectromechanical Systems*, Junio de 2004, vol. 13 (3), 505-513 [0006]

10

• **DE HONDA H; WEI JJ.** Enhanced boiling heat transfer from electronic components by use of surface microstructures. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 2004, vol. 28, 159-1659 [0009]

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Componente electrónico de transferencia de calor por ebullición y condensación, que incorpora superficies de intercambio de calor sumergidas en un líquido caloportador (11), componente **caracterizado** porque dichas superficies están constituidas por extremos libres de nanohilos (13) de un convertidor termoeléctrico que incorpora una pluralidad de nanohilos (13) formados sobre un sustrato base (14), envolviendo parcialmente los nanohilos (13) un material de revestimiento (22) eléctricamente aislante y de escasa conducción térmica dispuesto entre el sustrato base (14) y el líquido caloportador (11), formando cada nanohilo un termopar consistente en dos ramas coaxiales de materiales de distinta naturaleza, separadas por una capa (16) de material eléctricamente aislante y conectadas eléctricamente (18, 10 26), de forma individual, al extremo libre del nanohilo.

2. Componente según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el material de revestimiento (22) es un polímero.

15 3. Componente según la reivindicación 2, **caracterizado** porque el material de revestimiento (22) es parileno.

4. Componente según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque los nanohilos (13) se agrupan en paquetes adyacentes (24), separados por intervalos (25), constituyendo cavidades reentrantes, estando los extremos libres de los nanohilos de un paquete conectados eléctricamente (27) unos a otros.

20 5. Componente según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado** porque una de las ramas de cada nanohilo está constituida por un alma (15) de material metálico o semiconductor, recubierta en su periferia por la capa (16) de material aislante y por una cubierta (17) de material metálico diferente o semiconductor de distinto tipo, conectando una unión eléctrica de material eléctricamente conductor (18, 26, 27) individualmente el alma y la cubierta de cada nanohilo por su extremo libre.

25 6. Componente según la reivindicación 5, **caracterizado** porque las almas (15) de dos nanohilos (13) adyacentes se conectan mediante una capa de material semiconductor dopado del primer tipo, que constituye una base (19) sensiblemente perpendicular a los nanohilos.

30 7. Componente según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la capa (16) de material aislante recubre la base (19) entre dos nanohilos (13) adyacentes, estando las cubiertas (17) de dos nanohilos (13) adyacentes conectadas, por encima de la capa (16) de material aislante, por una capa de material semiconductor dopado del segundo tipo.

35 8. Procedimiento de fabricación de un componente eléctrico de transferencia de calor por ebullición y condensación, **caracterizado** porque consta de:

40 - la creación de un convertidor termoeléctrico (1) que incorpora una pluralidad de nanohilos (13) sobre un sustrato base (14), formando cada nanohilo (13) un termopar constituido por dos ramas coaxiales de materiales de distinta naturaleza, separadas por una capa (16) de material eléctricamente aislante y conectadas eléctricamente, de forma individual, al extremo libre del nanohilo,

45 - la impregnación parcial de los nanohilos mediante un material de revestimiento (22), eléctricamente aislante y de escasa conducción térmica, y

- la inmersión de los extremos libres de los nanohilos en el líquido caloportador (11) de un caloducto (9).

9. Procedimiento según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el material de revestimiento (22) es un polímero.

50 10. Procedimiento según la reivindicación 9, **caracterizado** porque el material de revestimiento (22) es parileno.

55 11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque la impregnación parcial de los nanohilos (13) consta de la deposición de un material de revestimiento (22) en fase líquida o vapor, así como la eliminación de un espesor predeterminado del material de revestimiento para liberar los extremos de los nanohilos.

60 12. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque consta sucesivamente de la deposición del material de revestimiento (22) en fase líquida o vapor, una etapa de planarización, una deposición metálica para formar las uniones eléctricas (26, 27) entre las ramas de los nanohilos (13), y la eliminación de un espesor predeterminado del material de revestimiento (22) para liberar los extremos de los nanohilos.

65 13. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado** porque al agruparse los nanohilos (13) en paquetes (24) adyacentes separados por intervalos (25), constituyendo cavidades reentrantes, la deposición metálica (27) conecta eléctricamente todos los extremos libres de los nanohilos (13) de un paquete (24).

14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, **caracterizado** porque la formación del convertidor termoeléctrico (1) consta sucesivamente de una etapa de crecimiento para crear, sobre el sustrato base (14), mediante crecimiento de tipo vapor-líquido-sólido, almas (15) de material metálico o semiconductor que cons-

ES 2 327 970 T3

tituyen sendas ramas de uno de los nanohilos, la formación de una capa (16) de material eléctricamente aislante que recubre cada alma (15) en su periferia, seguida de la formación de cubiertas (17), de material metálico diferente o semiconductor de distinto tipo, que constituyen las otras ramas de los nanohilos, conectando individualmente una unión eléctrica (18, 26, 27) de material eléctricamente conductor el alma (15) y la cubierta (17) de cada nanohilo por su extremo libre.

15. Procedimiento según la reivindicación 14, **caracterizado** porque, al quedar, al final de la etapa de crecimiento, el alma (15) de cada nanohilo coronada por una gotícula (18) de material eléctricamente conductor que ha servido de catalizador durante la etapa de crecimiento, dicha gotícula (18) de catalizador constituye la unión eléctrica entre el alma y la cubierta de dicho nanohilo.

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 15, **caracterizado** porque la capa (16) de material eléctricamente aislante se forma mediante oxidación de las ramas que ésta recubre en su periferia.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

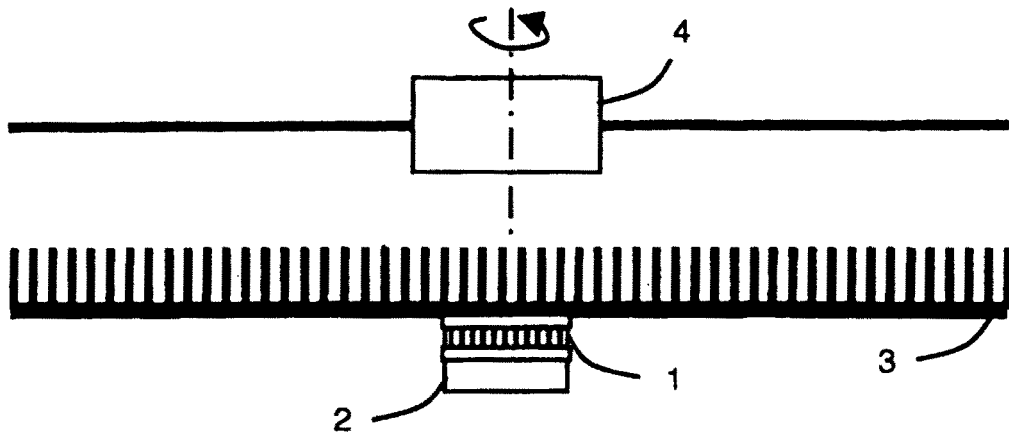


Figura 1 (Técnica anterior)

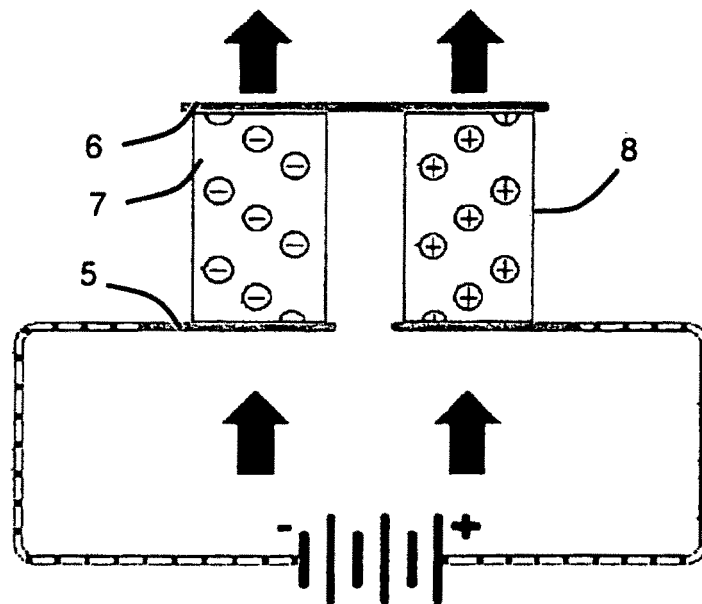


Figura 2 (Técnica anterior)

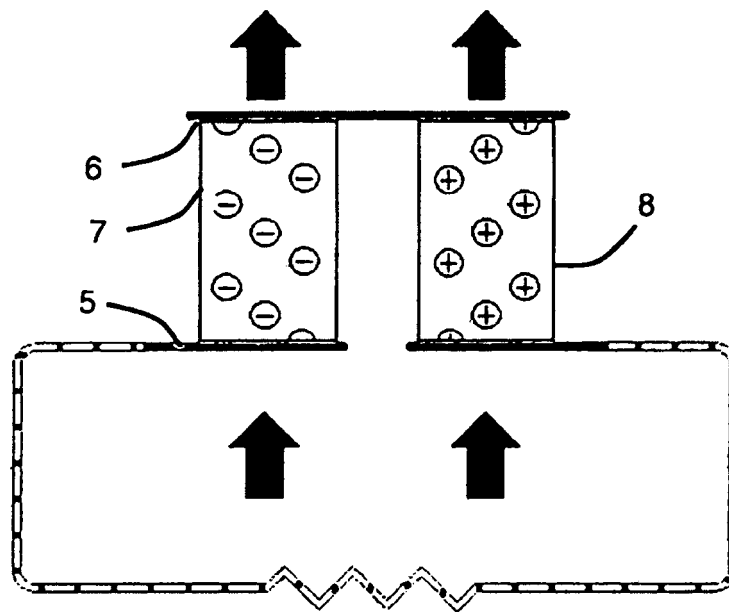


Figura 3 (Técnica anterior)

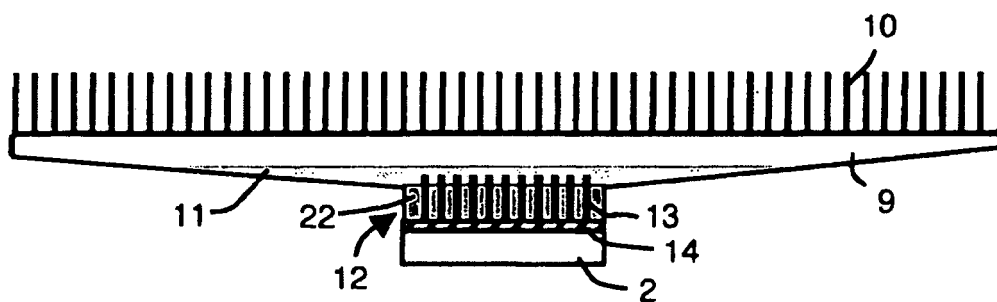


Figura 4

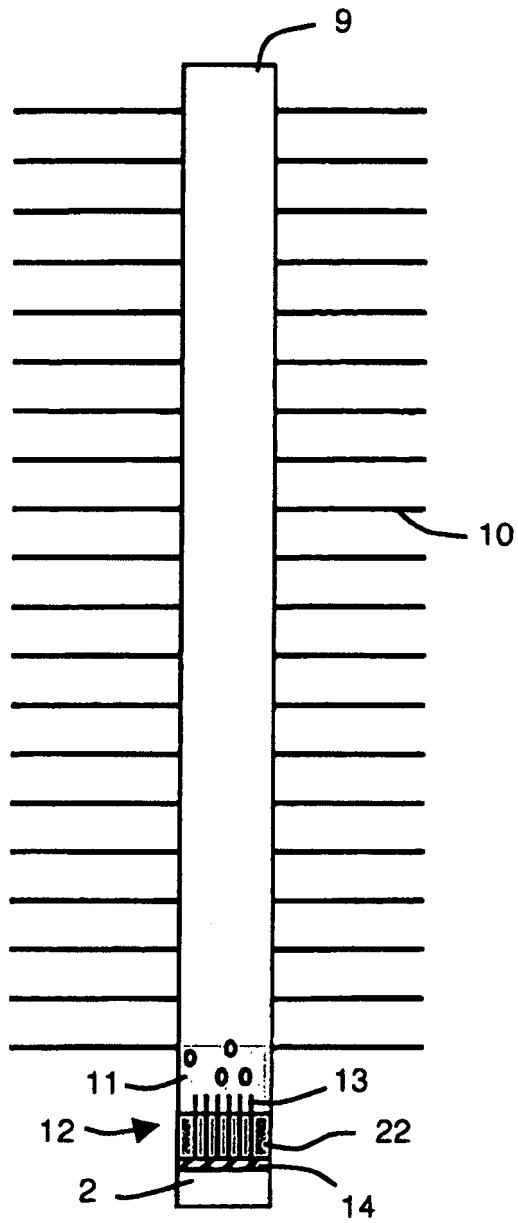


Figura 5

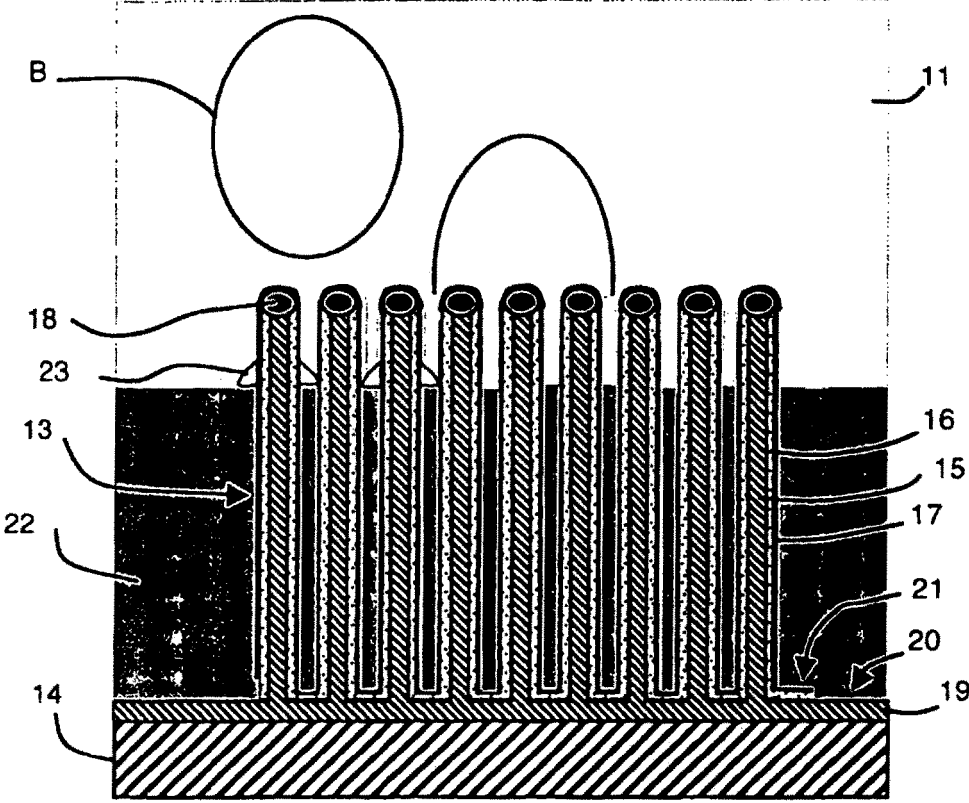


Figura 6

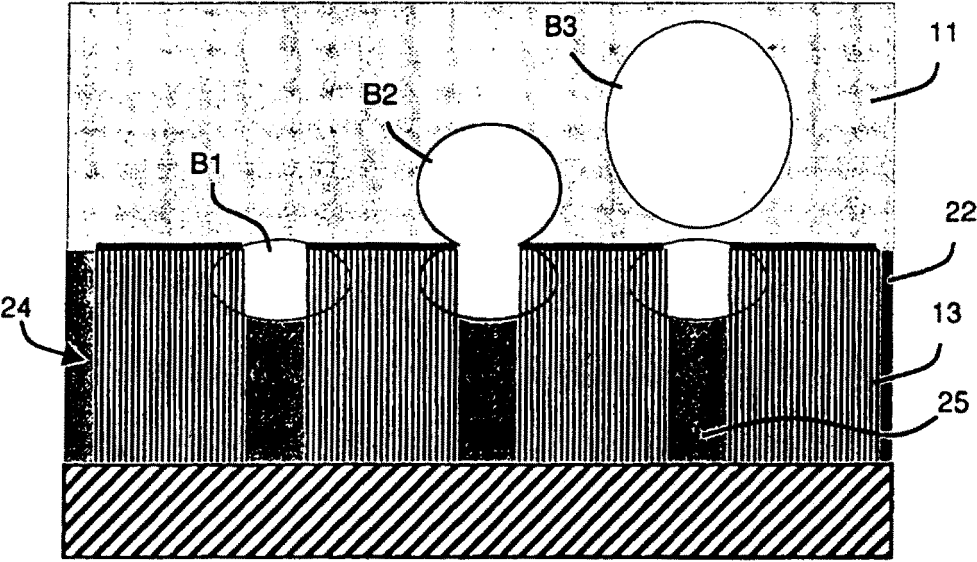


Figura 7

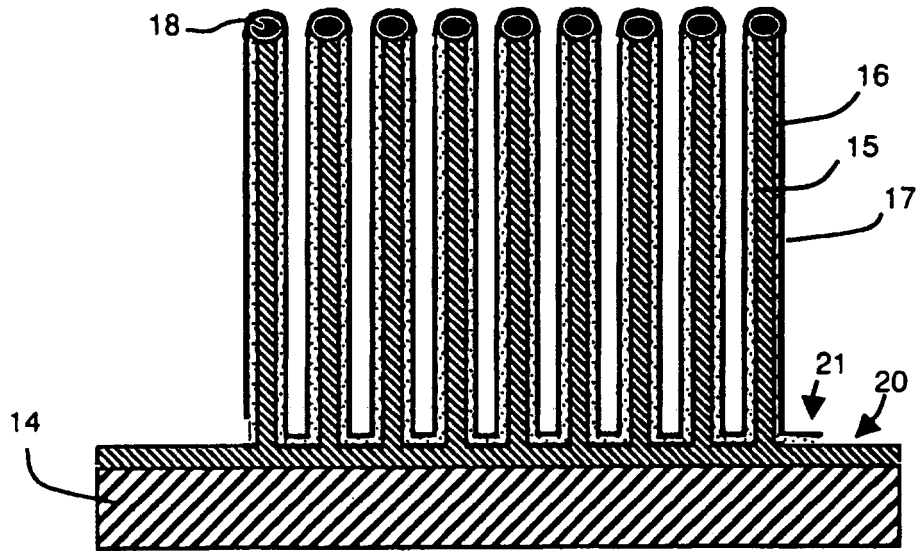


Figura 8

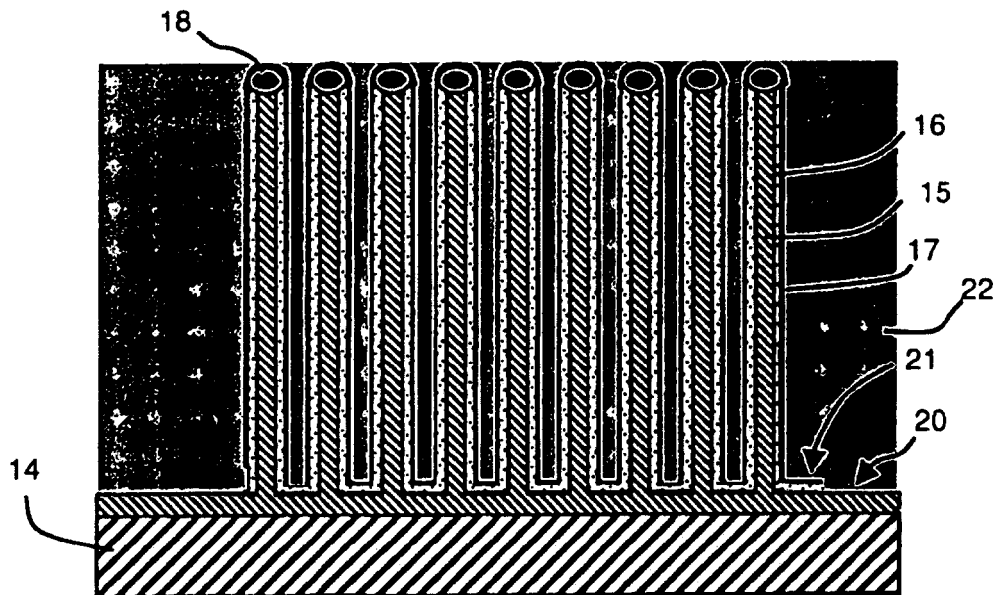


Figura 9

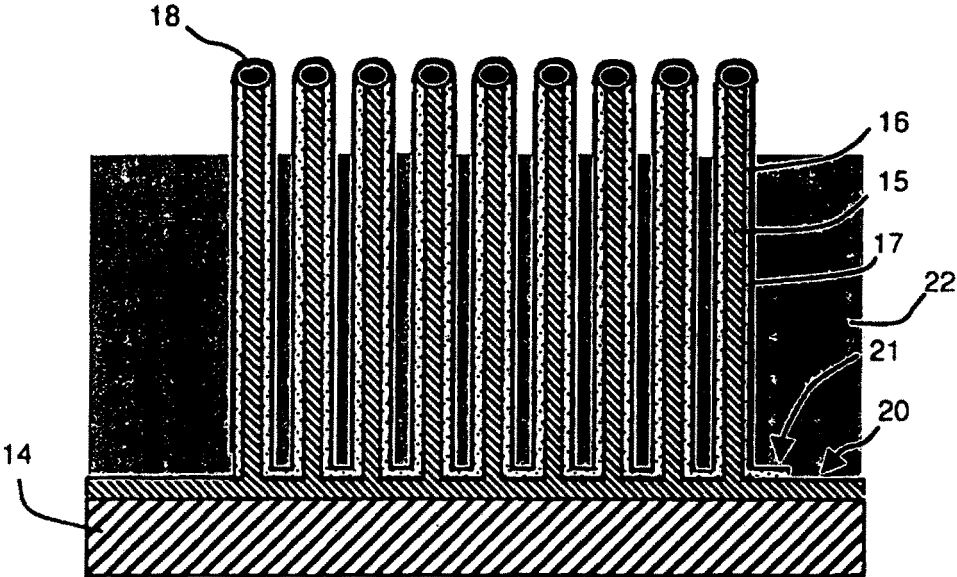


Figura 10

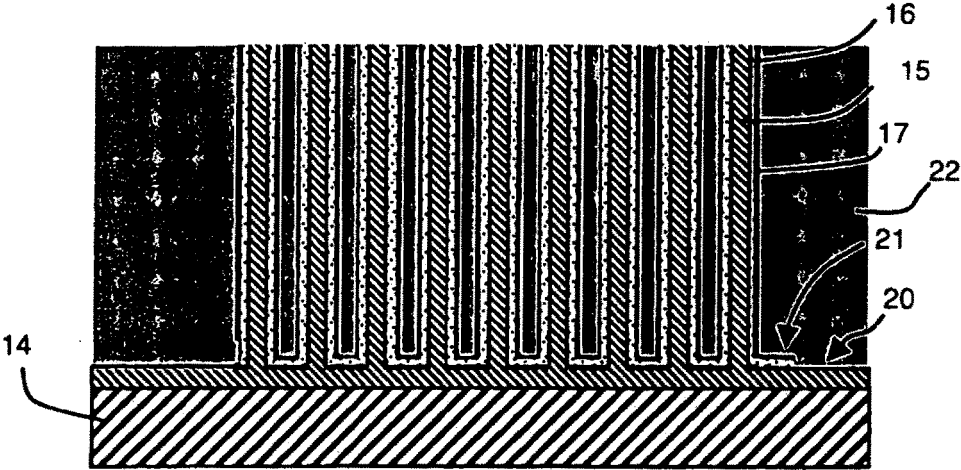


Figura 11

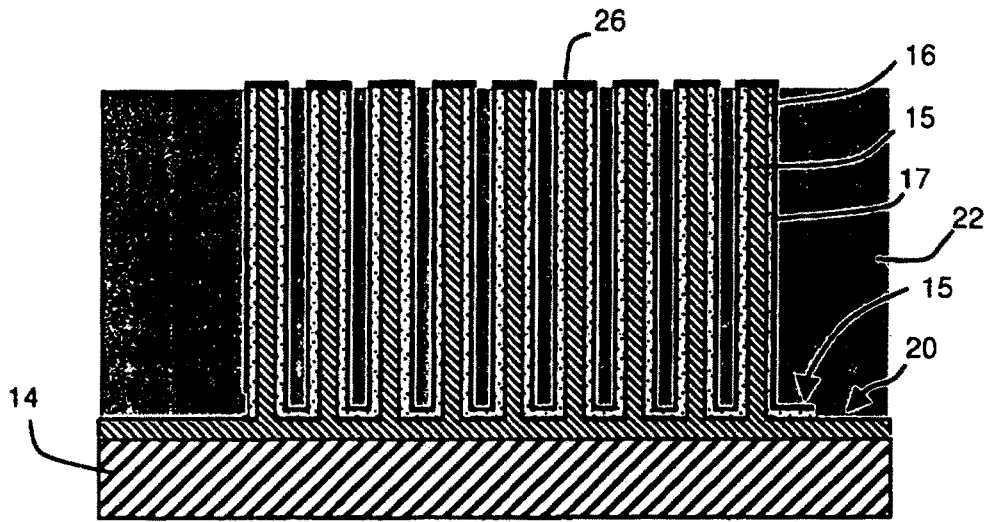


Figura 12

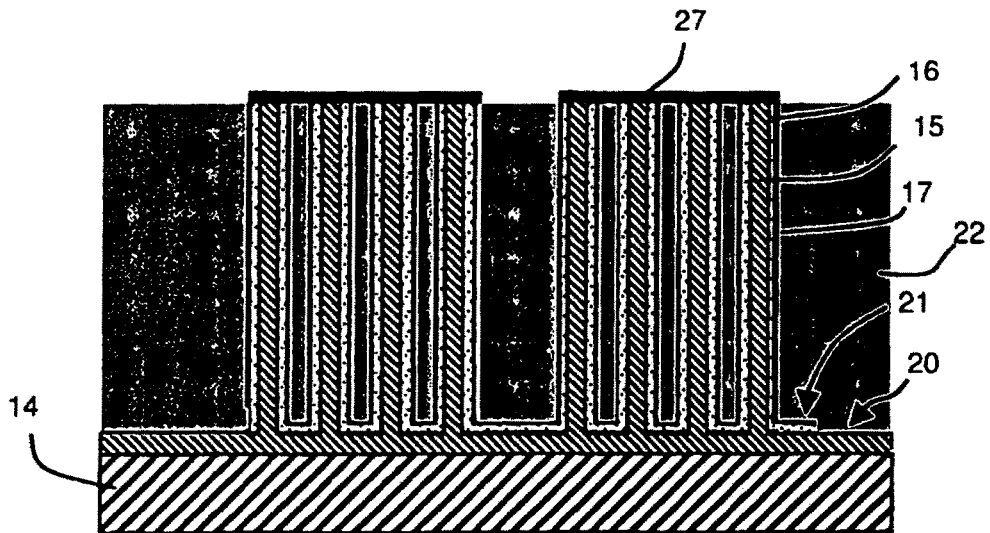


Figura 13

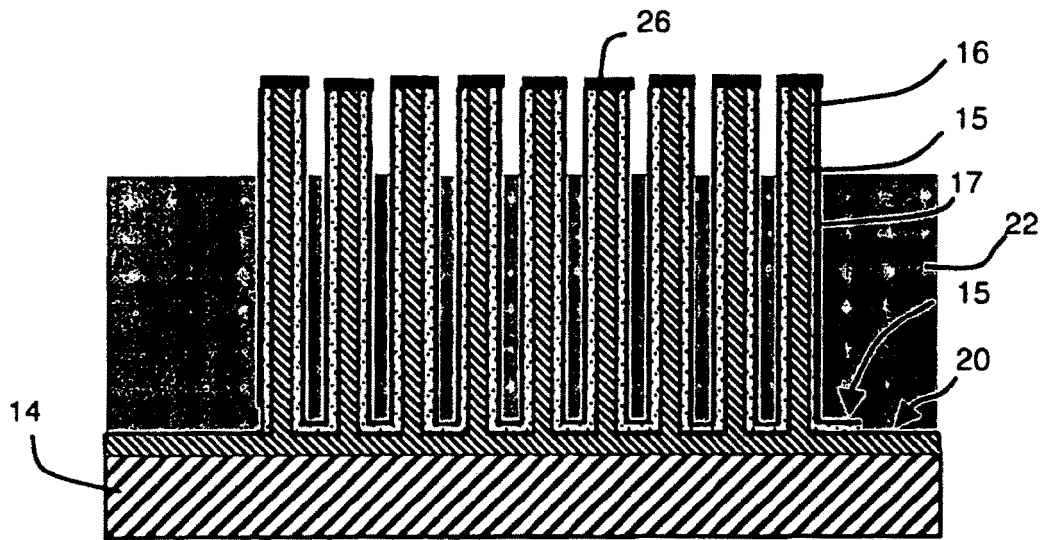


Figura 14