

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 406 262**

51 Int. Cl.:

**H01L 35/32** (2006.01)

**H01L 35/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.05.2010 E 10731766 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2013 EP 2441099**

54 Título: **Microestructura para generador termoeléctrico con efecto Seebeck y procedimiento de fabricación de la misma**

30 Prioridad:

**12.06.2009 FR 0953930**

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

**06.06.2013**

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET  
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)  
Bâtiment "Le Ponant D" 25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**MINGO BISQUERT, NATALIO;  
CAROFF, TRISTAN;  
PLISSONNIER, MARC;  
REMONDIÈRE, VINCENT y  
WANG, SHIDONG**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 406 262 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**

Microestructura para generador termoeléctrico con efecto Seebeck y procedimiento de fabricación de la misma.

**SECTOR DE LA INVENCION**

- 5 La presente invención se refiere al campo de los microgeneradores termoeléctricos con efecto Seebeck, es decir, estructuras que convierten la energía térmica en energía eléctrica, y cuyos elementos funcionales son inferiores a un milímetro.

**ESTADO DE LA TÉCNICA**

- 10 Los generadores termoeléctricos con efecto Seebeck tienen por función transformar un gradiente de temperatura al que son sometidos en una corriente eléctrica. Esta característica es utilizada, por ejemplo, para la generación de corriente propiamente dicha, pero igualmente para realizar una refrigeración o también una medición de temperatura o de flujo térmico. Los generadores termoeléctricos son, por esta razón, habitualmente utilizados en los sistemas microelectromecánicos más conocidos con el acrónimo inglés MEMS.

- 15 Para producir corriente eléctrica a partir de un gradiente de temperatura, se crea un conjunto de uniones de materiales que presentan coeficientes Seebeck diferentes conectados eléctricamente en serie y térmicamente en paralelo, tales como, por ejemplo, uniones P-N conectadas en serie.

- 20 Cualquiera que sea el tipo de las estructuras realizadas para estas conexiones, tanto si son planas como en el documento US 6 872 879 o en el documento US 2005/0178424, o en columna como en el documento "Thermoelectric microdevice fabricated by a MEMS-like electrochemical process" ("Microdispositivo termoeléctrico fabricado por un proceso electroquímico parecido a MEMS") de G. Jeffrey Snyder y otros, Nature materials, vol. 2, agosto 2003, [www.nature.com/naturematerial](http://www.nature.com/naturematerial), la naturaleza microscópica de los diferentes elementos (elementos conductores o semiconductores que forman las uniones de los elementos de conexión, por ejemplo, de dimensión inferior a un milímetro), impone usualmente procesos de alineación muy precisos con la finalidad de conseguir dichas uniones, de manera que se obtenga una larga serie de uniones, lo que es garantía de eficacia termoeléctrica. En realidad, la fabricación de una microestructura termoeléctrica requiere la puesta en práctica de numerosas etapas mediante material de precisión. En realidad, las microestructuras termoeléctricas del estado de la técnica son, en general, caras y con largos procesos de fabricación.

**MATERIA DE LA INVENCION**

El objetivo de la presente invención es el de proponer un procedimiento de fabricación simple de una microestructura termoeléctrica que no requiere la puesta en práctica de alineación muy precisa, garantizando, además, una mayor robustez de dicha estructura con respecto a una rotura de unión.

- 35 A estos efectos, la invención tiene por objeto un procedimiento de fabricación de una microestructura termoeléctrica con efecto Seebeck, que presenta las siguientes etapas:

- formación de un soporte aislante dotado de una primera y segunda zonas de conexión;

- formación sobre soporte de un primer conjunto de elementos conductores o semiconductores que se extienden paralelamente entre sí y según una primera dirección, desde la primera zona de conexión a la segunda zona de conexión, presentando dichos elementos un primer coeficiente Seebeck;

- 40 - formación sobre el soporte de un segundo conjunto de elementos conductores o semiconductores aislados eléctricamente de los elementos del primer conjunto, que se extienden paralelamente entre sí y según una segunda dirección diferente de la primera dirección, de la primera zona de conexión a la segunda zona de conexión, presentando los elementos del segundo conjunto un segundo coeficiente Seebeck diferente del primer coeficiente Seebeck; y

- 45 - realización en dichas primera y segunda zonas de conexión del soporte, de elementos de conexión eléctrica, cuyas dimensiones son seleccionadas, de manera que cada uno de dichos elementos de conexión es apropiado para conectar eléctricamente, por lo menos, un elemento del primer conjunto con un mínimo de un elemento del segundo conjunto, en el que

- 50 - dos elementos conductores o semiconductores de un mismo conjunto están separados según una dirección predeterminada en una distancia media predeterminada en las zonas de conexión; y

- la distancia según la dirección predeterminada entre los bordes de dos elementos de conexión es inferior al

mínimo de las distancias medias que separan los elementos de un mismo conjunto, según la invención;

- la dimensión de los elementos de conexión, según la dirección predeterminada es, como media, superior a dos veces el máximo de las distancias medias que separan los elementos de un mismo conjunto.

5 En otro términos, cuando tiene lugar la primera fase de fabricación de la microestructura de la invención se forman los elementos que servirán posteriormente para las uniones sin preocuparse necesariamente de su alineación en el seno del mismo conjunto y sin preocuparse de la orientación relativa precisa del primer conjunto con el segundo conjunto. En una segunda fase, estos elementos son interconectados para formar uniones con ayuda de conectores, cuyas dimensiones son, como media, superior a dos veces la separación de los elementos en la zona de conexión. Procediendo de esta manera se asegura, por lo tanto, formar una serie de conexiones eléctricamente en serie. Además, por las dimensiones importantes de los conectores, se realiza igualmente varias series de uniones en paralelo, de manera que si una unión se rompe existe siempre una ruta paralela para la corriente.

10 Mientras que en el estado de la técnica se intenta conseguir una sola y única serie eléctrica de uniones, requiriendo de hecho una alineación precisa de los elementos, la invención aprovecha parcialmente el hecho de que conectar conjuntamente más de dos elementos adyacentes no es en absoluto desventajoso e induce, por el contrario, una mayor robustez. Por esta razón, en la invención se buscará ventajosamente una densidad de conexiones eléctricas máxima, en especial para multiplicar las rutas eléctricas paralelas y, por lo tanto, finalmente aumentar la robustez de la estructura, pero igualmente para liberarse al máximo de la necesidad de posicionamiento precisa de estas conexiones con respecto a los elementos constitutivos de las uniones. No limitándose, por lo tanto, a una búsqueda de una conexión de únicamente dos elementos, el procedimiento no tiene, por lo tanto, necesidad de una precisión elevada, lo que simplifica la fabricación de la microestructura.

15 Según la invención, el primer y segundo conjuntos pueden estar formados respectivamente sobre caras opuestas del soporte aislante, comprendiendo la formación de los elementos de conexión la realización de conexiones eléctricas que atraviesan el soporte sobre las dos caras, en especial la formación de, como mínimo, un orificio que atraviesa el soporte, seguido de la formación de contactos conductores en el seno de este orificio.

Según otra configuración de la invención, los elementos conductores o semiconductores son bandas, hilos, nanohilos y/o fibras monocristalinas

20 Como variante, pueden estar constituidos por un hilo delgado que presenta una conductividad eléctrica anisótropa.

La invención tiene igualmente por objeto una microestructura para generador termoeléctrico de efecto Seebeck que presenta:

- un soporte aislante dotado de una primera zona de conexión y de una segunda zona de conexión;

35 - sobre el soporte, un primer conjunto de elementos conductores o semiconductores que se extiende paralelamente entre sí y según una primera dirección, entre la primera zona de conexión y la segunda zona de conexión, presentando dichos elementos un primer coeficiente Seebeck;

40 - sobre el soporte, un segundo conjunto de elementos conductores o semiconductores aislados eléctricamente de los elementos del primer conjunto, extendiéndose entre sí paralelamente y según una segunda dirección diferente de la primera dirección, de la primera zona de conexión a la segunda zona de conexión, presentando los elementos del segundo conjunto un segundo coeficiente Seebeck diferente del primer coeficiente Seebeck; y

- en las primera y segunda zonas de conexión, elementos de conexión eléctrica que conectan eléctricamente, como mínimo, un elemento del primer conjunto a, como mínimo, un elemento del segundo conjunto; en la que

45 - dos elementos conductores o semiconductores de un mismo conjunto están separados según una dirección predeterminada en una distancia media predeterminada en las zonas de conexión; y

- la distancia según la dirección predeterminada entre los bordes de dos elementos de conexión es inferior al mínimo de las distancias medias que separan los elementos de un mismo conjunto, según la invención;

50 - la dimensión de los elementos de conexión, según la dirección predeterminada, es como media superior a dos veces el máximo de las distancias medias que separan los elementos de un mismo conjunto.

Una estructura de este tipo, fabricada según el procedimiento antes citado, es robusta y de fabricación simple.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La invención se comprenderá mejor de la lectura de la descripción siguiente, que tiene únicamente carácter de ejemplo y que está realizada en relación con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista esquemática frontal de una microestructura termoeléctrica, según la invención;

5 La figura 2 es una vista esquemática en sección según el eje II-II de la microestructura de la figura 1;

Las figuras 3 y 4 son vistas esquemáticas que muestran trazados de los elementos conductores o semiconductores de la microestructura, según la invención;

La figura 5 es una vista esquemática frontal de un soporte aislante dotado de orificios de contacto destinado a ser combinado con los trazados de las figuras 3 y 4; y

10 La figura 6 es una vista esquemática de un apilamiento de microestructuras, según la invención;

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En lo que sigue a las expresiones “arriba”, “abajo”, “derecha” e “izquierda” se definen con respecto a la figura 1.

15 En las figuras 1 y 2, una primera forma de realización de una microestructura termoeléctrica con efecto Seebeck 10, realizada, por ejemplo, por tecnología de capa delgada, tal como se utiliza en microelectrónica, según la invención, comprende:

- un soporte delgado de material aislante 12, por ejemplo, un sustrato o una película delgada;

20 - un conjunto de bandas 14 de un material conductor o semiconductor, realizadas sobre una primera cara del soporte aislante 12. Las bandas 14, formadas sensiblemente paralelamente unas con respecto a otras y separadas regularmente, se extienden desde una primera zona 18 del soporte 12, dispuestas sobre el borde alto de este, hacia una segunda zona 20 del soporte 12, dispuesta sobre el borde bajo de este;

25 - un conjunto de bandas 22 de un material conductor o semiconductor (representadas en trazos), realizado en una segunda cara del soporte 12 opuesta a la primera cara. Las bandas 22, formadas igualmente sensiblemente paralelas unas a otras y separadas regularmente, se extienden de la primera zona 18 hacia la segunda zona 20. Las bandas 22 presentan, además, una dirección diferente de la de las bandas 14;

Un conjunto de contactos metálicos de conexión 24 que atraviesan el soporte aislante 12 y realizados en las zonas 18 y 20. Los contactos metálicos 24, por ejemplo de sección elíptica, están regularmente separados y conectan eléctricamente entre sí las bandas 14, 22 del primer y segundo conjuntos; y

30 - contactos metálicos colectores 26, 28 formados a lo largo de los bordes izquierdo y derecho del soporte 12, encontrándose en contacto el contacto metálico de colector 26 únicamente con bandas 14 y encontrándose en contacto el contacto metálico de colector 28 únicamente con las bandas 22.

35 Los materiales de las bandas 14 y 22 son distintos, de manera que presenten coeficiente Seebeck diferentes. Por ejemplo, las bandas 14 están realizadas en un material semiconductor de tipo P que presenta un material Seebeck positivo y las bandas 22 están realizadas en un material semiconductor de tipo N que presentan un material Seebeck negativo. Los materiales semiconductores de las bandas 14, 22 se escogen, por ejemplo, entre las soluciones sólidas de  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ,  $\text{Bi}_2\text{Se}_3$  y  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ , de los materiales a base de Si ó SiGe de siliciuros, germanuros, soluciones sólidas a base de  $\text{Mg}_2\text{Si}$ ,  $\text{Mg}_2\text{Ge}$  o  $\text{Mg}_2\text{Sn}$ , o también otros materiales tales como  $\text{PbTe}$  o también  $\text{PbSe}_x\text{Te}_{1-x}$ .

40 Preferentemente, los materiales de las bandas 14 y 22 son seleccionados para que presenten una diferencia de coeficiente Seebeck en valor absoluto superior a  $200 \mu\text{V}/\text{K}$ . De esta manera, estos materiales presentan un gran coeficiente ZT y más particularmente un coeficiente ZT superior o igual a 1. Tal como es sabido, el coeficiente ZT caracteriza la calidad termoeléctrica de un material y está designado básicamente por la expresión “número de mérito” del material.

45 Las bandas 14, 22 son obtenidas, por ejemplo, por rascado, presentando el soporte entonces capas conductoras o semiconductoras revestidas de un material aislante por peinado, o retirada de una banda larga de una película delgada, tal como es conocido en el estado de la técnica.

50 Se observará de esta manera, que la microestructura 10 presenta un conjunto de uniones de materiales que tienen coeficientes Seebeck diferentes, por ejemplo, uniones PN realizadas por los contactos metálicos 24, estando dispuestas dichas uniones eléctricamente en serie y técnicamente en paralelo entre los contactos metálicos colectores 26, 28.

Ventajosamente, un contacto metálico de conexión 24 conecta las varias bandas 14 del primer conjunto con varias bandas 22 del segundo conjunto. Existen de esta manera varias rutas paralelas e independientes para la corriente entre los contactos metálicos colectores 26 y 28.

5 De este modo, sometiendo los bordes alto y bajo de la microestructura 10 a temperaturas  $T_h$  y  $T_c$  diferentes y conectando los contactos colectores 26, 28 a una carga 30, de manera que se cree un circuito cerrado, se genera entonces una corriente con efecto Seebeck y circula a lo largo de las rutas eléctricas formadas de uniones en serie, por ejemplo, la ruta mostrada en trazo grueso en la figura 1.

10 Preferentemente, los contactos metálicos de conexión 24 conectan más de dos bandas adyacentes del mismo conjunto en el plano de soporte 12, por ejemplo, tres o cuatro bandas adyacentes, de manera que se crean varias disposiciones de uniones en paralelo. Por lo tanto, existe una ruta eléctrica entre los contactos colectores 26 y 28 de las ramas de este constituidas por varias uniones en paralelo entre las zonas de conexión 18, 20. Si una unión o un elemento constitutivo de esta resulta defectuoso, existe siempre otra unión válida para la corriente.

15 En una forma de realización preferente, la densidad de las bandas por unidad de superficie es elevada para obtener una fuerte densidad de uniones por unidad de volumen, lo que aumenta la tensión en los bornes de los contactos de los colectores 26, 28 y permite de esta manera obtener una microestructura termoeléctrica utilizable en aplicaciones que requieren elevadas potencias eléctricas.

20 Si bien se han descrito bandas rectilíneas, otras formas de bandas son también posibles. La figura 3 muestra, por ejemplo, una forma alternativa de trazado de las bandas 14. Las bandas 14 pueden adoptar así cualquier forma, tal como, por ejemplo, una forma en "S". Si bien son preferibles los trazados rectilíneos por razones de simplicidad y de coste de fabricación, pueden ser preferibles formas no rectilíneas, por ejemplo, para contornear una zona de soporte aislante 12 funcionalizada tal como una conexión, una zona de unión u otras.

25 Asimismo, se han descrito bandas paralelas y separadas regularmente. Tal como es visible en las figuras 3 y 4, las bandas 14 (figura 3) y las bandas 22 (figura 4) pueden presentar una dispersión en su separación o en su paralelismo hasta cruzarse.

30 Igualmente, las diferencias de dirección entre las bandas 14 del primer conjunto y las bandas 22 del segundo conjunto pueden ser muy variables, definiendo el desfase de una banda como distancia según el eje de abscisas (eje "x") que separa su extremo en la zona de conexión 18 de su extremo en la zona de conexión 20, el desfase D1 de las bandas 14 del primer conjunto es del mismo signo o de signo diferente del desfase D2 de las bandas 22 del segundo conjunto, pero siempre diferente. Por ejemplo, los desfases D1 y D2 se escogen de manera que en la distancia entre las zonas de conexión 18, 20, las bandas 14 del primer conjunto cruzan las bandas 22 del segundo conjunto.

35 Igualmente, se han descrito bandas. Como variante, cualquier otro tipo de elementos conductores o semiconductores longuilíneos podría convenir. Por ejemplo, se utilizan hilos, nanohilos o monocristales fibrosos. En esta variante, los hilos, nanohilos o microcristales fibrosos son dispersados sobre el soporte 12 y después alineados con un campo eléctrico, por ejemplo, por medio de una técnica de electroforesis. Como variante, una película delgada que presenta conductividad eléctrica anisótropa puede ser utilizada sobre cada una de las caras de un soporte aislante, teniendo cada película un eje de conducción máxima de corriente según una dirección apropiada.

40 Como variante, los elementos del primer conjunto están constituidos por una película delgada y los elementos del segundo conjunto por bandas. No obstante, las bandas son preferentes, puesto que sus direcciones de anisotropía son concretas. Por el contrario, la película puede ser preferente en cuanto a simplicidad de realización.

45 Igualmente, se han descrito bandas cuyos extremos están alineados, de manera que las zonas de conexión 18 y 20 son rectilíneas. Como variante, los extremos de las bandas pueden seguir trazados sinuosos, por ejemplo, para evitar zonas específicas del soporte.

50 Igualmente, se ha descrito una microestructura de las caras en las que las bandas 14 de un primer tipo de material están separadas de las bandas 22 del segundo tipo de material por un soporte aislante 12. La utilización de este soporte permite en especial un aislamiento eficaz y simple de realizar de las bandas 14 con respecto a las bandas 22. Como variante, las bandas 14 y 22 están realizadas en la misma cara del soporte aislante 22, asegurando que las bandas 14 estén eléctricamente aisladas de las bandas 22 cuando tiene lugar su formación, con la finalidad de evitar cualquier fenómeno de cortocircuito. Por ejemplo, las bandas son elementos de tipo nanohilos constituidos por un ánima de material conductor o semiconductor revestido de un material aislante. Los contactos 24 están realizados entonces, por ejemplo, por taladrador seguido de una capa de metalización (llenado o revestimiento de los orificios por un metal) de los orificios creados de esta manera. El taladrado deja entonces desnuda el ánima de los nanohilo, permitiendo, por lo tanto, la

formación de las uniones.

De manera general, un procedimiento favorable de fabricación de una microestructura según la invención consiste en:

- 5
- formar bandas paralelas 14, 22 entre las zonas de conexión 18 y 20 con una separación media respectiva  $d_1$  y  $d_2$  (figuras 3 y 4) tales que  $d_1 \leq |D1-D2|$  y  $d_2 \leq |D1-D2|$ ; y
  - formar contactos metálicos 24, cuya anchura  $P$  (figura 5) tiene un valor medio  $\bar{P}$  superior a  $\max(d_1, d_2)$  y una dispersión  $\Delta P$ , tal que:

$$\bar{P} - \Delta P > \max(d_1, d_2)$$

10 y por lo tanto la separación  $E$ , es decir, la distancia que separa dos bordes adyacentes de dos contactos 24, es preferentemente inferior a  $\min(d_1, d_2)$  y ventajosamente la menor posible sin que los contactos metálicos 24 se toquen.

Según la invención  $\bar{P} > \max(2d_1, 2d_2)$  de manera que se conecten de forma conjunta varias bandas de un mismo conjunto.

15 Procediendo de este modo se obtiene de manera precisa, por lo menos una ruta de corriente, y si la anchura  $P$  de los contactos 24 se aumenta y/o la separación  $d_1$  y  $d_2$  de las bandas 14, 22 disminuye, se obtienen varias rutas eléctricas paralelas.

20 Se observará en particular que no es necesario posicionar de manera precisa las bandas 14, 22, unas con respecto a otras, o con respecto a los contactos metálicos 24. Se observará también que el procedimiento de fabricación es fiable, en el sentido que permite dispersiones en las dimensiones o posicionamientos de los diferentes elementos que intervienen en la constitución de las uniones. Materiales que presentan tolerancias poco limitativas pueden también ser utilizados y/o las carencias de fabricación elevadas utilizadas son temor de dispersiones de fabricación indicadas.

25 Los contactos 24 son obtenidos, por ejemplo por taladrado del soporte aislante 12 seguido del llenado o revestimiento de los orificios creados de esta manera por un metal. Como variante, se crean dos aberturas longilíneas. A continuación se insertan contactos metálicos individuales en ellas, o bien las aberturas son llenadas de metal y el contacto metálico longilíneo obtenido de esta manera es dividido en elementos distintos, por ejemplo, por gravado.

30 Por otra parte, los contactos metálicos colectores 26, 28 pueden extenderse a toda la altura del soporte 12 o solamente a una parte de esta y/o pueden comprender las esquinas de soporte 12. Preferentemente, los contactos colectores 26, 28 se extienden sobre una parte grande de la distancia entre las zonas de conexión 18 y 20, de manera que estén en contacto con varias bandas.

De manera ventajosa, se pueden combinar varias microestructuras termoeléctricas, según la invención, para obtener una estructura final bidimensional, yuxtaponiendo varias estructuras del tipo descrito en relación con la figura 1, o tridimensional.

35 La figura 6 muestra, por ejemplo, una realización, a título de ejemplo, de estructura tridimensional obtenida combinando cuatro microestructuras 10a, 10b, 10c, 10d, según la invención, por ejemplo, microestructuras idénticas a las de las figuras 1 y 2.

40 La obtención de una estructura tridimensional se consigue de manera simple conectando eléctricamente, por una parte, los contactos eléctricos colectores de la izquierda 26a, 26b, 26c, 26d y, por otra parte, los contactos eléctricos colectores de la derecha 28a, 28b, 28c, 28d. Las microestructuras 10a, 10b, 10c, 10d se ponen en paralelo, lo que refuerza la robustez del conjunto y aumenta la potencia eléctrica disponible.

Un ejemplo numérico de realización de una microestructura, según la invención, se describirá a continuación.

Se ha realizado una microestructura que presenta:

- 45
- un soporte aislante de 1,4 mm por 1,4 mm y un espesor de 0,01 mm;
  - sobre una cara del soporte, hilos semiconductores de tipo n de  $\text{Bi}_2\text{Te}_{2,7}\text{Se}_{0,3}$ , con un diámetro medio igual a 0,002 mm y dispuestos con una densidad de 400 hilos por mm;
  - en la otra cara del soporte, hilos semiconductores de tipo p de  $\text{Bi}_{0,5}\text{Sb}_{1,5}\text{Te}_3$  igualmente con un diámetro medio igual a 0,002 mm y dispuestos con una densidad de 400 hilos por mm;
  - contactos eléctricos de conexión con una anchura media de 0,016 mm con una separación media entre dos

## ES 2 406 262 T3

contactos igual a 0,004 mm. Los contactos están realizados en níquel, laminados sobre telurio de bismuto y presentan de este modo una resistencia superficial de  $10^{-9}\Omega\text{m}^{-2}$ . De esta manera, se conectan a un contacto una media de 7 hilos.

- 5 Los hilos de tipo p son sensiblemente rectilíneos y presentan un ángulo medio con un eje vertical del soporte de 0,163 rad con una separación de 0,1 rad. Igualmente los hilos de tipo n son sensiblemente rectilíneos y presentan un ángulo medio de -0,163 rad con una separación de 0,1 rad.

- 10 La tabla siguiente compara las propiedades eléctricas del ejemplo de esta microestructura con las de la microestructura llamada "Thermolife" presentada en el documento "Thermoelectric microdevice fabricated by a MEMS-like electrochemical process" ("Microdispositivo termoeléctrico fabricado por un proceso electroquímico parecido a MEMS") de G. Jeffrey Snyder y otros, Nature materials, vol. 2, agosto 2003, y cuyas características eléctricas son accesibles en el sitio <http://www.poweredbythermolife.com/>

	Potencia máxima de funcionamiento ( $\mu\text{W}/\text{mm}^2$ )	Tensión de funcionamiento ( $\text{V}/\text{mm}^2$ )	Corriente de funcionamiento ( $\mu\text{A}$ )	Tensión en circuito abierto ( $\text{V}/\text{mm}^2$ )
Invencción	0,68	0,171	5,75	0,228
Thermolife	0,442	0,0442	10,00	0,0884

Gracias a la invención se obtiene, por lo tanto:

- 15 - un procedimiento de fabricación que no requiere alineación precisa, permitiendo, por lo tanto, obtener un rendimiento de producción elevado con un coste menor;
- un procedimiento de fabricación que permite tener en cuenta las especificidades del soporte y de su entorno por la utilización en caso necesario de elementos conductores no rectilíneos, permitiendo, por ejemplo, contornear ciertas zonas del soporte;
- 20 - un procedimiento que permite obtener una microestructura de doble cara o de cara simple en función de la aplicación prevista;
- una microestructura termoeléctrica fiable por la colocación en paralelo de varias rutas de corriente;
- una microestructura termoeléctrica de fuerte tensión por una densidad elevada de unión; y
- 25 - una microestructura termoeléctrica apropiada para su combinación de manera simple con otras microestructuras.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de fabricación de una microestructura termoeléctrica (10) con efecto Seebeck, que presenta las etapas siguientes:

- formación de un soporte aislante (12) dotado de una primera (18) y una segunda (20) zonas de conexión;

5 - formación sobre el soporte (12) de un primer conjunto de elementos conductores o semiconductores (14) que se extienden paralelamente entre sí y según una primera dirección, desde la primera zona de conexión (18) a la segunda zona de conexión (20), presentando dichos elementos (14) un primer coeficiente Seebeck;

10 - formación sobre el soporte (12) de un segundo conjunto de elementos conductores o semiconductores (22) aislados eléctricamente de los elementos (14) del primer conjunto que se extienden paralelamente entre sí y según una segunda dirección diferente de la primera dirección, de la primera zona de conexión (18) a la segunda zona de conexión (20), presentando los elementos (22) del segundo conjunto un segundo coeficiente Seebeck diferente del primer coeficiente Seebeck; y

15 - realización en la primera y segunda zonas de conexión (18, 20) del soporte de elementos de conexión eléctrica (24), cuyas dimensiones (P) son seleccionadas, de manera que cada uno de dichos elementos de conexión es apropiado para conectar eléctricamente, por lo menos, un elemento (14) del primer conjunto con, como mínimo, un elemento (22) del segundo conjunto, en el que

- dos elementos conductores o semiconductores (14, 22) de un mismo conjunto están separados, según una dirección predeterminada, en una distancia ( $d_1$ ,  $d_2$ ) media predeterminada en las zonas de conexión (18, 20); y

20 - la distancia (E), según la dirección predeterminada, entre los bordes de dos elementos de conexión (24) es inferior al mínimo de las distancias ( $d_1$ ,  $d_2$ ) medias que separan los elementos de un mismo conjunto, caracterizado porque

25 - la dimensión (P) de los elementos de conexión (24), según la dirección predeterminada, es como media superior a dos veces el máximo de las distancias ( $d_1$ ,  $d_2$ ) medias que separan los elementos de un mismo conjunto.

2. Procedimiento de fabricación de una microestructura termoeléctrica (10) con efecto Seebeck, según la reivindicación 1, en el que el primer y segundo conjuntos de elementos conductores o semiconductores están formados respectivamente sobre caras opuestas del soporte aislante (12), y en el que la realización de los elementos de conexión (24) comprende la formación de conexiones eléctricas que atraviesan el soporte entre dichas caras, en especial la formación de, como mínimo, un orificio que atraviesa el soporte seguido de la formación de contactos conductores en el seno de dicho orificios.

3. Procedimiento de fabricación de una microestructura termoeléctrica (10) con efecto Seebeck, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los elementos conductores o semiconductores (14, 22) están constituidos por bandas, hilos, nanohilos y/o fibras microcristalinas.

35 4. Procedimiento de fabricación de una microestructura termoeléctrica (10) con efecto Seebeck, según la reivindicación 2, en el que los elementos semiconductores o conductores (14, 22) de, como mínimo, un conjunto, están constituidos por una película delgada que presenta una conductividad eléctrica anisótropa, aplicada sobre una de las caras del soporte aislante, teniendo la película un eje de conducción máximo de corriente según una dirección diferente de las de los elementos del otro conjunto.

40 5. Microestructura (10) para generador termoeléctrico con efecto Seebeck, que comporta:

- un soporte aislante (12) dotado de una primera zona de conexión (18) y de una segunda zona de conexión (20);

45 - sobre el soporte (12), un primer conjunto de elementos conductores o semiconductores (14) que se extienden paralelamente entre sí y según una primera dirección, entre la primera zona de conexión (18) y la segunda zona de conexión (20), presentando dichos elementos un primer coeficiente Seebeck;

50 - sobre el soporte (12), un segundo conjunto de elementos conductores o semiconductores (22) aislados eléctricamente de los elementos (14) del primer conjunto, extendiéndose entre sí paralelamente y según una segunda dirección diferente de la primera dirección, de la primera zona de conexión (18) a la segunda zona de conexión (20), presentando los elementos (22) del segundo conjunto un segundo coeficiente Seebeck diferente del primer coeficiente Seebeck; y

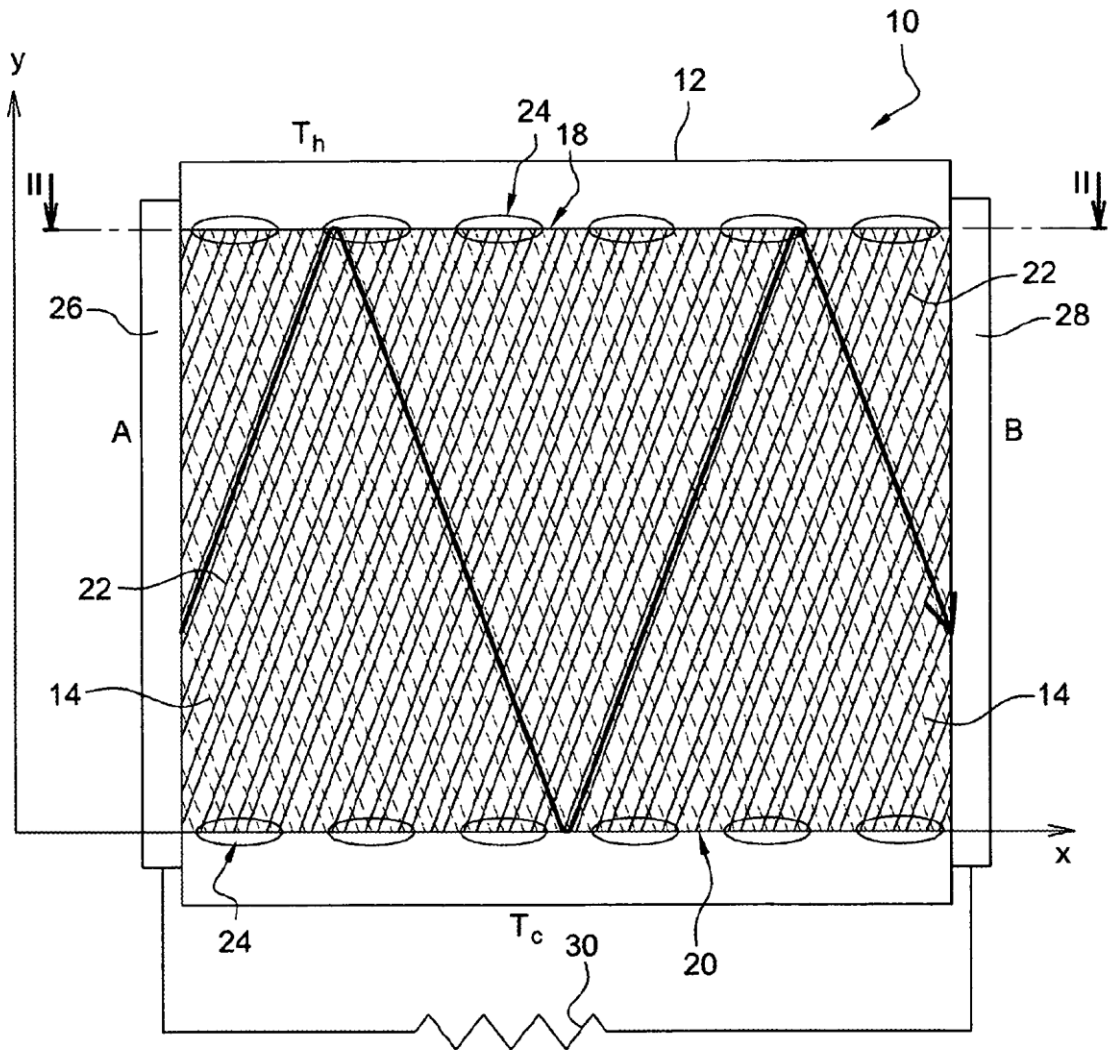
- en la primera y segunda zonas de conexión (18, 20), elementos de conexión eléctrica (24) que conectan



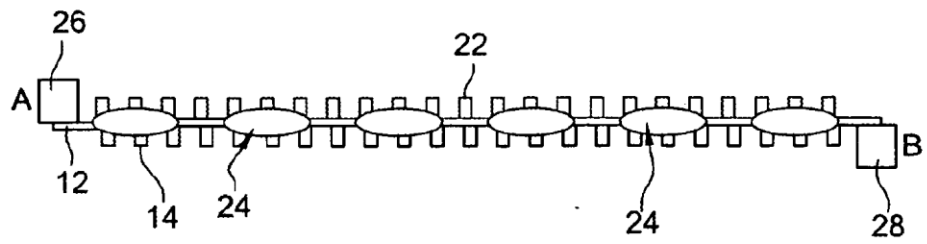
## ES 2 406 262 T3

eléctricamente, como mínimo, un elemento (14) del primer conjunto a, como mínimo, un elemento (22) del segundo conjunto; en la que

- 5 - dos elementos conductores o semiconductores (14, 22) de un mismo conjunto están separados, según una dirección predeterminada, en una distancia ( $d_1$ ,  $d_2$ ) media predeterminada en las zonas de conexión (18, 20); y
- la distancia (E) según la dirección predeterminada entre los bordes de dos elementos de conexión (24) es inferior al mínimo de las distancias ( $d_1$ ,  $d_2$ ) medias que separan los elementos de un mismo conjunto, caracterizada porque
- 10 - la dimensión (P) de los elementos de conexión (24), según la dirección predeterminada, es como media superior a dos veces el máximo de las distancias ( $d_1$ ,  $d_2$ ) medias que separan los elementos de un mismo conjunto.

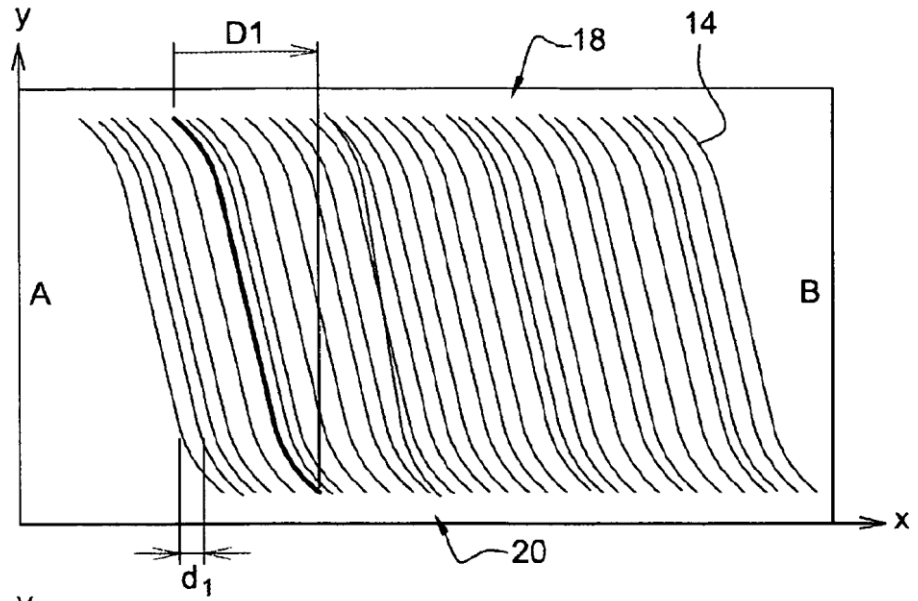


**Fig. 1**

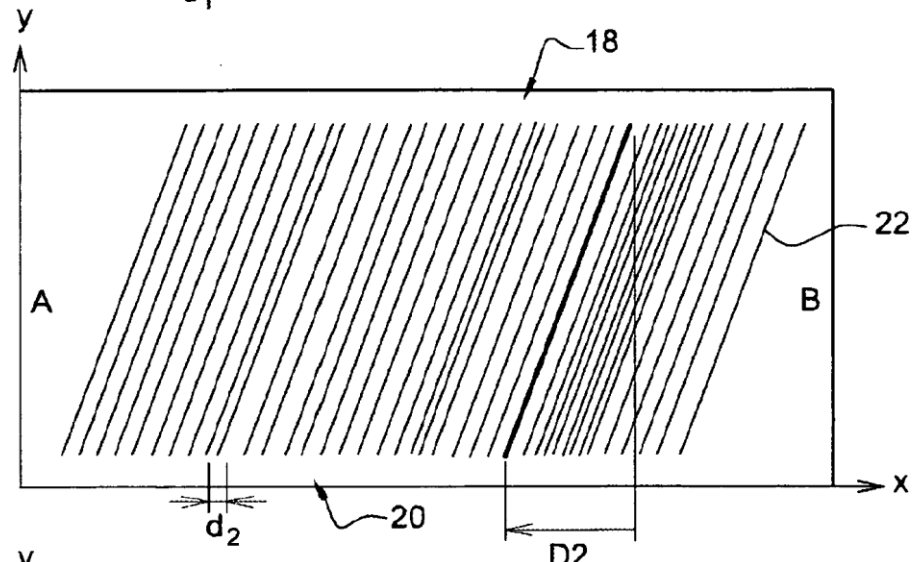


**Fig. 2**

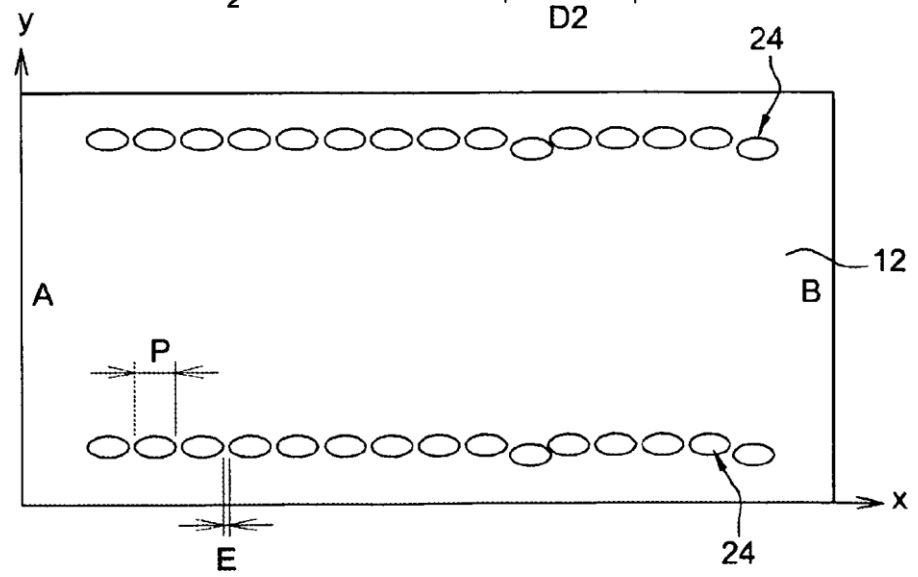
**Fig. 3**



**Fig. 4**



**Fig. 5**



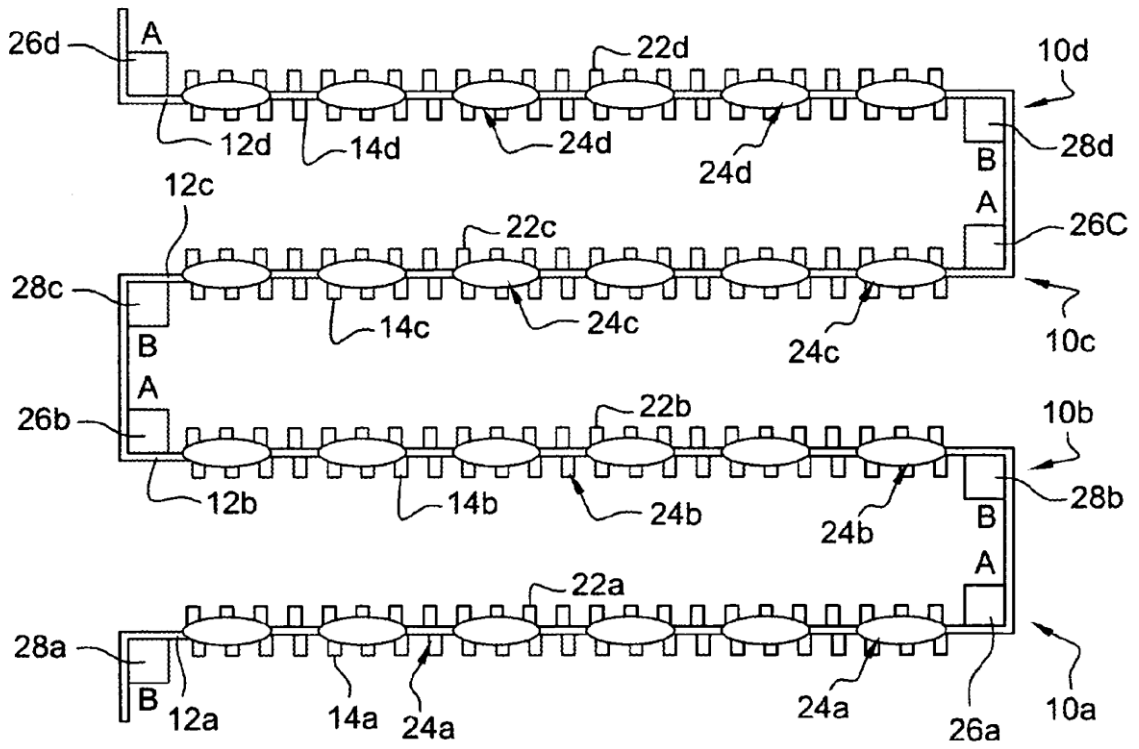


Fig. 6