

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 487 590**

21 Número de solicitud: 201430752

51 Int. Cl.:

**H01L 35/32** (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

**22.05.2014**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**21.08.2014**

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA  
(50.0%)**

**CTT, Centro de Transferencia de Tecnología,  
Edif. 6g, Camino de la Vera  
46022 Valencia ES y**

**CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES  
CIENTÍFICAS (CSIC) (50.0%)**

72 Inventor/es:

**ROS GARCÍA, Ana;  
MONTOLIU ÁLVARO, Carles;  
HERRERO BOSCH, Vicente;  
MONZÓ FERRER, José María y  
ALIAGA VAREA, Ramón José**

74 Agente/Representante:

**ILLESCAS TABOADA, Manuel**

54 Título: **Micro-generador termoeléctrico basado en contactos eléctricos pasantes**

57 Resumen:

Micro-generador termoeléctrico basado en contactos eléctricos pasantes.

Micro-generador termoeléctrico que comprende porciones (P, N) de material semiconductor alternadas entre sí, que definen filas (3) de material semiconductor agrupadas formando al menos dos capas horizontales (4) de material semiconductor, estando dichas filas separadas verticalmente entre sí por láminas (1) de sustrato eléctricamente aislante y térmicamente conductor provistas de orificios pasantes (5) que conectan eléctricamente las porciones (P, N) de material semiconductor de una capa (4), con las porciones (N, P) de material semiconductor de la capa (4) inmediatamente superior, creando columnas (8) verticales de termopares (7).

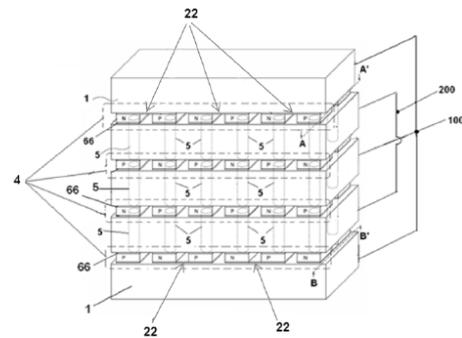


Fig. 3

**DESCRIPCIÓN**

**Micro-generador termoelectrico basado en contactos electricos pasantes**

**5 OBJETO DE LA INVENCION**

La presente invencion pertenece al campo tecnico de la produccion y transformacion de energia. Mas concretamente a la conversion, a pequena escala, de energia termica en energia electrica.

10

La invencion recoge energia termica desaprovechada y/o disipada en forma de calor, y la convierte en potencia electrica util, que puede destinarse por ejemplo, a alimentar sistemas electronicos.

**15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

Actualmente existe un gran interes en la captacion de calor para su posterior conversion en energia electrica. Especialmente si dicho calor no es aprovechado para otro fin y proviene de las perdidas que se producen en procesos de generacion, transporte y/o conversion de energia.

20

Para ello, se han desarrollado distintos dispositivos. Asi, por ejemplo, los micro-generadores termoelectricos (micro-TEG), son capaces de convertir gradientes de temperatura en potencia electrica.

25

Un micro-TEG comprende, en su forma mas basica, un unico termopar (ilustrado mas adelante en la figura 1). Un termopar es un dispositivo que incluye dos porciones de material semiconductor, una de ellas de tipo P y la otra de tipo N, que estan unidas por uno de sus extremos (llamado parte caliente), a una fuente de calor. El otro extremo de las porciones P y N (llamado parte fria), esta en contacto con una parte diferente del dispositivo, que se encuentra a una temperatura menor que la fuente de calor. Ademàs, cada una de las porciones P y N esta unida a un material termica y electricamente conductor y dichas porciones estan unidas electricamente en serie entre si.

30

De este modo, entre los extremos de cada porción de semiconductor se establece una diferencia de temperatura  $\Delta T$ , que dará lugar a la aparición de una diferencia de tensión  $\Delta V$  entre los dos terminales eléctricos, en virtud del “efecto termoeléctrico”. Esto es debido a que la diferencia de temperatura hace que los portadores (electrones y/o huecos) se desplacen de la parte caliente de las porciones de semiconductores a la parte fría, generando una corriente eléctrica.

Partiendo de esta configuración básica, una forma de mejorar la potencia eléctrica obtenida por dichos micro-generadores termoeléctricos consiste en conectar eléctricamente en serie, y térmicamente en paralelo, varios termopares entre sí. El potencial de salida es, en este caso, proporcional al número de termopares conectados. Más adelante en la figura 2 se muestra un ejemplo de un micro-TEG formado por la unión en serie de varios termopares. Alternativamente, si los termopares se conectan eléctricamente en paralelo entre sí, es posible aumentar la corriente eléctrica de salida.

En estos micro-TEG según la técnica anterior la parte caliente está situada, bien en el extremo superior o bien en el extremo inferior, de las porciones de material semiconductor. La parte fría está situada, a su vez, en el extremo contrario (tal y como se muestra más adelante en la figura 2).

Las tensiones de salida que son capaces de producir los micro-TEG actualmente conocidos en la técnica, son relativamente bajas comparadas con otro tipo de generadores. Así, y aún a pesar de los avances que se han venido produciendo en el sector desde el lanzamiento de los primeros prototipos, los dispositivos MPG-D751 actualmente comercializados por la empresa MicroPelt necesitan de un total de 540 termopares de semiconductores para poder entregar una potencia de salida de 14 mW y 2,3 V, para una diferencia de temperatura de 30°C. Además, dichos dispositivos MPG-D751 poseen una de las mayores densidades de empaquetamiento alcanzables en el estado de la técnica, que es de aproximadamente 100 termopares por mm<sup>2</sup>.

Por ello, en el sector todavía existe la necesidad de miniaturizar aún más los termopares que componen un micro-TEG, haciendo posible integrar más termopares por unidad de superficie mejorando por tanto su rendimiento, lo que incluso podría permitir nuevas aplicaciones y usos de dichos dispositivos.

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Con objeto de abordar los problemas y desventajas de la técnica anterior arriba indicados, la invención proporciona un micro-generador termoeléctrico, que comprende:

5

- láminas de sustrato eléctricamente aislantes y térmicamente conductoras provistas de un extremo superior y un extremo inferior;

- porciones de material semiconductor de tipo P;

- porciones de material semiconductor de tipo N;

10 - una parte caliente en contacto con una fuente de calor;

- una parte fría a una temperatura más baja que la parte caliente;

Caracterizado porque:

15

-Las porciones de material semiconductor están dispuestas de forma alternada entre sí, definiendo filas de material semiconductor (es decir, después de cada porción de material semiconductor de tipo P está dispuesta una porción de tipo N y viceversa, después de cada porción de material semiconductor de tipo N está dispuesta una porción de tipo P);

20

-Dichas filas de material semiconductor están agrupadas formando al menos dos capas horizontales de material semiconductor, comprendiendo cada capa de material semiconductor una o más filas de material semiconductor dispuestas de forma paralela entre sí;

25

-Las capas de material semiconductor están dispuestas verticalmente unas encima de las otras y separadas verticalmente entre sí por láminas de sustrato, estando dispuesto además un material térmica y eléctricamente conductor entre las porciones de material semiconductor de una capa y las láminas de sustrato más próximas a dicha capa;

30

-Las porciones de material semiconductor de capas contiguas están dispuestas de forma alternada y ocupan posiciones coincidentes entre sí (esto es, si en una determinada posición de una capa está dispuesta una porción de material semiconductor de tipo P, en esa misma posición de las capas inmediatamente superior e inferior estarán dispuestas sendas porciones de material de tipo N y viceversa);

-Al menos dos porciones de material semiconductor de la capa superior y/o al menos

dos porciones de material semiconductor de la capa inferior, pertenecientes a la misma fila y/o a diferentes filas, están en contacto eléctrico entre sí;

-Las láminas de sustrato que separan dos capas de material semiconductor están provistas de orificios pasantes que conectan eléctricamente las porciones de material semiconductor de una capa, con las porciones coincidentes de material semiconductor de la capa inmediatamente superior; y porque

-Las láminas de sustrato están conectadas de forma alternada entre sí a la parte caliente y a la parte fría (esto es, si una determinada lámina de sustrato está conectada a la parte caliente, las láminas de sustrato inmediatamente superior e inferior estarán conectadas a la parte fría y viceversa, según se muestra con más detalle en la figura 3).

A diferencia de la técnica anterior esta disposición específica (conforme con la presente invención) de las porciones de material semiconductor en un micro-TEG, permite la creación simultánea de termopares a lo largo de las tres dimensiones del espacio y maximiza, por tanto, el número de termopares que puede crearse por unidad de volumen. Esto es posible gracias al uso de orificios pasantes que conectan una porción de material semiconductor con la que está situada inmediatamente encima, en una capa superior.

Los términos “vertical”, “horizontal”, “superior”, “inferior”, así como el resto de expresiones que definen una determinada orientación espacial deben interpretarse según lo mostrado en las figuras 3 a 7b, descritas en detalle más adelante. Obviamente, el micro-generador termoeléctrico puede girarse de tal forma que adopte otra disposición espacial diferente, sin que por ello quede fuera del alcance de protección de la presente solicitud de patente. Así, por ejemplo las capas de material semiconductor pueden extenderse a lo largo de la dirección vertical y estar separadas lateralmente entre sí por láminas de sustrato. En este caso, los orificios comunicarían porciones de material semiconductor contiguas lateralmente, de derecha a izquierda o viceversa.

Además, dichos orificios pasantes permiten simplificar el rutado (es decir, el conjunto de conexiones eléctricas del micro-generador termoeléctrico) y minimizar pérdidas eléctricas y térmicas.

De hecho, y según se ha descrito anteriormente, la invención contempla la formación de

una matriz tridimensional de termopares, en la que además de la dirección a lo largo y la dirección a lo ancho, se formen termopares a lo alto, en forma de columnas. Esto es, entre las porciones coincidentes de material semiconductor pertenecientes a las distintas capas, que están unidas en serie entre sí gracias a los orificios pasantes eléctricamente  
5 conductores provistos en las láminas de sustrato. Dichos orificios pasantes son, por tanto, una de las características esenciales de la invención. En la presente se designará como “columna de termopares” al conjunto de los termopares formados entre una porción de material semiconductor perteneciente a la capa inferior (es decir la capa más baja según la dirección vertical) y la correspondiente porción de material semiconductor perteneciente a la  
10 capa superior (es decir, la capa más alta según la dirección vertical).

Dichas columnas de termopares constituyen las unidades básicas de conexión de porciones de material semiconductor de la invención. Además, tal y como ya se ha mencionado anteriormente, los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa  
15 superior y los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa inferior, permiten conectar entre si diferentes columnas de termopares.

En los dispositivos según la invención se mejora considerablemente la densidad de empaquetamiento con respecto a la técnica anterior, tal y como se explicará en detalle más  
20 adelante en la descripción.

Obviamente, el número de capas de material semiconductor y el número de porciones y filas de material semiconductor que tenga cada una de dichas capas puede variar en función de la aplicación concreta a la que esté destinado el dispositivo según la invención (tensión de  
25 salida requerida, dimensiones del dispositivo, materiales utilizados, etc).

En una realización de la invención, los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa superior y los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa inferior, son tales que todas las columnas de termopares  
30 (formadas en la dirección vertical) estén unidas en serie entre sí, de modo que la tensión de salida resultante es la suma de las tensiones creadas en cada columna de termopares. Dicha configuración particular de los contactos eléctricos de la capa superior se muestra con más detalle a continuación en la figura 5a, mientras que dicha configuración particular de los contactos eléctricos de la capa inferior se muestra con más detalle a continuación en la

figura 5b.

En otra realización preferida de la invención, los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa superior y los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa inferior, son tales que todas las columnas de termopares (formadas en la dirección vertical) estén unidas en paralelo entre sí. Dicha configuración particular de los contactos eléctricos de la capa superior se muestra con más detalle a continuación en la figura 7a, mientras que dicha configuración particular de los contactos eléctricos de la capa inferior se muestra con más detalle a continuación en la figura 7b.

10

En una realización preferida de la invención, los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa superior y los contactos eléctricos entre porciones de material semiconductor de la capa inferior, son tales que al menos dos columnas de termopares están conectadas en serie entre sí, mientras que las restantes columnas de termopares están unidas en paralelo entre sí. De esta forma se puede alcanzar un compromiso entre corriente y tensión de salida.

15

Asimismo, las porciones de material semiconductor de filas contiguas en la misma capa de material semiconductor pueden estar opcionalmente dispuestas de forma alternada (esto es, si una de dichas filas empieza por una porción material semiconductor de tipo P, la(s) fila(s) contiguas a dicha fila lo hace(n) con una porción de material de tipo N y viceversa);

20

En otra realización de la invención, las láminas de sustrato superior e inferior pueden estar provistas de orificios pasantes que conectan las porciones de material semiconductor de una capa con el exterior (según se muestra más adelante en la figura 6).

25

Por otro lado, las conexiones entre porciones de material semiconductor de una misma capa (ya sea ésta la capa superior o la capa inferior) pueden ser, opcionalmente, pistas eléctricamente conductoras (es decir, porciones alargadas de material eléctricamente conductor) o conexiones provistas de matrices de rutado basadas en interruptores electrónicos. Además, las conexiones entre porciones de material semiconductor de una misma capa pueden estar dispuestas sobre las caras interiores de las láminas de sustrato superior e inferior o bien sobre las caras externas de las mismas, empleando para ello orificios pasantes eléctricamente conductores .

30

En la presente descripción se considera que las “caras interiores” de dichas láminas son las que están más alejadas de los bordes superior e inferior del micro-TEG, cuando este está dispuesto tal y como se muestra en las figuras 3 y 4. Asimismo dichas figuras 3 y 4 deben usarse para interpretar los términos “caras exteriores”, “dirección vertical” y otros similares.

5

Se prefiere el uso de una matriz de rutado puesto que, si una columna de termopares no funcionase correctamente (bien porque es defectuosa o se ha dañado), dicho dispositivo permitiría excluirla de la conexión eléctrica y que el micro-TEG continuase funcionando normalmente, a este tipo de conexiones eléctricas variables se las conoce como

10 “conexiones dinámicas”.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

A continuación se explicarán características adicionales de la invención con relación a las

15 figuras adjuntas, dadas solamente a modo de ejemplo explicativo y no limitativo, en las que:

La figura 1 es una vista esquemática en corte de un termopar de los descritos en el Estado de la Técnica;

La figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de un micro-TEG de la técnica anterior;

La figura 3 es una vista en perspectiva que muestra una primera realización de la invención;

20 La figura 4 una vista en corte, según un plano vertical, de la realización de la invención mostrada en la figura 3;

La figura 5a es una vista en corte, según el plano horizontal B-B' mostrado en la figura 3, de la capa inferior de material semiconductor de la realización de la invención mostrada en las

figuras 3 y 4;

25 La figura 5b es una vista en corte, según el plano horizontal A-A' mostrado en la figura 3, de la capa superior de material semiconductor de la realización de la invención mostrada en las

figuras 3 y 4;

La figura 6 es una vista en perspectiva que muestra una segunda realización de la invención;

30 La figura 7a es una vista en corte, según un plano horizontal B-B', de la capa inferior de material semiconductor de una segunda realización de la invención;

La figura 7b es una vista en corte, según un plano horizontal A-A', de la capa superior de material semiconductor de una segunda realización de la invención;

Las figuras 8a y 8b muestran, respectivamente, la variación de la tensión de salida y la

potencia, para un dispositivo de la invención.

## REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

5 Se describen ahora varios ejemplos concretos de la invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. En dichas figuras, los componentes con funciones iguales o similares se han designado usando el mismo número de referencia.

La figura 1 muestra un termopar 7 de los descritos en el Estado de la Técnica, que  
10 comprende una porción de material semiconductor de tipo P (designada con la referencia P) y una porción de material semiconductor de tipo N (designada con la referencia N). El extremo inferior de cada una de dichas porciones P, N de material semiconductor está en contacto con sendas tiras 6 de material térmica y eléctricamente conductor. Dichas tiras 6 están en contacto, a su vez, con una parte fría 200. El extremo superior de la porción P está  
15 en contacto eléctrico con el extremo superior de la porción N por medio de un material 2, térmica y eléctricamente conductor. Dicho material 2, térmica y eléctricamente conductor, está a su vez en contacto térmico con una parte caliente 100, cuya temperatura es superior a la de la parte fría 200. Esta configuración permite que se cree una diferencia de potencial entre los terminales de salida 50a, 50b conectados a una resistencia de descarga 150.

20

En la figura 2 se muestra un micro-TEG según la técnica anterior, en el que las porciones P y N de material semiconductor forman termopares 7 conectados en serie entre sí. Por razones de claridad, y a fin de no complicar innecesariamente dichas figuras, sólo dos del total de termopares creados por medio de la unión de las porciones P y N, se han designado  
25 con la referencia numérica 7. Al igual que en el dispositivo mostrado en la figura 1, el extremo inferior de cada una de dichas porciones P, N de material semiconductor está en contacto con sendas tiras 6 de material térmica y eléctricamente conductor, las cuales están en contacto, a su vez, con una parte fría 200, mientras que los extremos superiores de las porciones P están en contacto eléctrico con los extremos superiores de las porciones N por  
30 medio de un material térmica y eléctricamente conductor 2.

En la realización mostrada en dicha figura 2, también se muestra la disposición de la parte caliente 100 y de la parte fría 200. También pueden apreciarse los terminales de salida 50a, 50b conectados a una resistencia de descarga 150.

En las figuras 3 y 4 se muestra un micro-TEG según la invención, que comprende láminas 1 de sustrato unidas por medio de tiras 66 de un material térmica y eléctricamente conductor, a porciones P, N de material semiconductor.

- 5 Asimismo, en dichas figuras 3 y 4 puede apreciarse como las láminas 1 de sustrato están provistas de orificios pasantes 5 que conectan la porción P, N de material semiconductor de una capa 4 con la correspondiente porción N, P de material semiconductor situada en la capa 4 inmediatamente superior para generar un termopar 7. La unión eléctrica en serie de los termopares 7 según la dirección vertical, da lugar a su vez, a columnas 8 de termopares.
- 10 Por razones de claridad, y a fin de no complicar innecesariamente dichas figuras, sólo uno del total de termopares creados por medio de la unión de las porciones P y N, se han designado con la referencia numérica 7. Asimismo, sólo dos del total de columnas de termopares se ha designado con la referencia numérica 8.
- 15 En las figuras 3 y 4 también se muestran las conexiones eléctricas 22 entre las porciones P, N de las capas 4 superior e inferior de material semiconductor y el modo en el que las láminas de 1 sustrato están térmicamente conectadas, de forma alternada entre sí, a la parte caliente 100 y a la parte fría 200.
- 20 En la figura 5a se muestra una vista en corte transversal, según la línea A-A de la figura 1, de la capa 4 superior de material semiconductor.

En la figura 5b se muestra una vista en corte transversal, según la línea B-B de la figura 1, de la capa 4 inferior de material semiconductor.

25

- En esta realización, tanto la capa 4 superior, como la capa 4 inferior, de material semiconductor comprenden dos filas 3 de material semiconductor, dispuestas de forma paralela entre sí. Cada una de dichas filas 3 de material semiconductor comprende, a su vez, seis porciones P, N de material semiconductor dispuestas de forma alternada. Por otro
- 30 lado, las conexiones eléctricas 22 entre las porciones P, N de material semiconductor de una misma capa 4 de material semiconductor mostradas en dichas figuras 5a y 5b conectan en serie todas las columnas 8 de termopares 7.

Por razones de claridad, y a fin de no complicar innecesariamente dichas figuras, 5a y 5b,

sólo una fila de material semiconductor se ha designado con la referencia numérica 3.

Asimismo, en dicha primera realización de la invención, las láminas 1 de sustrato están hechas de un material cerámico cocido a baja temperatura (en inglés, LTCC), recubierto de  
5 AIN (un material que es, a su vez, térmicamente conductor y eléctricamente aislante). Esta combinación de materiales es especialmente preferida porque el LTCC es maleable antes de cocerse, lo que permite que los orificios pasantes 5 se hagan por simple perforación, sin que sea necesario para ello, por tanto, recurrir a técnicas especiales de microfabricación.

10 Alternativamente, las láminas (1) de sustrato pueden estar hechas, en su totalidad, de AIN.

Opcionalmente, las láminas de sustrato comprenden más de una capa de LTCC, por ejemplo tres capas de LTCC y un recubrimiento de AIN, para dotar a dicha lámina de una mayor rigidez. Además, las láminas de sustrato tienen un espesor aproximado de 300  $\mu\text{m}$ .  
15 Asimismo, los orificios pasantes 5 tienen preferiblemente un diámetro aproximado de 100  $\mu\text{m}$  y la distancia mínima entre dos orificios pasantes es 266  $\mu\text{m}$  (medida entre los centros de dichos orificios).

Además, los orificios pasantes 5 pueden estar opcionalmente metalizados, lo que les  
20 proporciona conectividad eléctrica y térmica para los fines de la presente invención.

Por otro lado, las porciones de material semiconductor están hechas preferiblemente por deposición de materiales por sputtering, por atacado anisótropo húmedo o cualquier otra técnica de micro fabricación, como atacado en seco, ya que dichas técnicas permiten  
25 construir estos componentes con un tamaño reducido (por ejemplo, 200 x 200 x 25 $\mu\text{m}^3$ ).

Las porciones de material semiconductor de tipo P, están hechas preferiblemente de silicio dopado con boro ó  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  y las porciones de material semiconductor de tipo N pueden estar hechas de silicio dopado con fósforo ó  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ .

30

Las conexiones eléctricas 22 son, en esta realización, pistas metálicas con una anchura aproximada de 5  $\mu\text{m}$ .

En la figura 6 se muestra una segunda realización en la que las láminas 1 inferior y superior

de sustrato también están provistas de orificios pasantes.

En las figuras 7a y 7b se muestran, respectivamente, sendas vistas en corte transversal de la capa 4 superior y de la capa 4 inferior de material semiconductor de otra realización  
5 micro-TEG según la invención, en la cual las columnas 8 de termopares están conectadas en paralelo entre sí.

Por razones de claridad, y a fin de no complicar innecesariamente dichas figuras, 7a y 7b, sólo una fila de material semiconductor se ha designado con la referencia numérica 3.

10

Las figuras 8a y 8b muestran, respectivamente, la variación de la tensión de salida y la potencia en función del gradiente de temperatura, para un dispositivo de  $1\text{cm}^3$  según la invención.

15 Asimismo, en un dispositivo según la invención con un volumen de  $3.000 \times 3.000 \times 3.000 \mu\text{m}^3$ , es posible integrar 968 porciones de material semiconductor que dan lugar a 484 termopares, mejorándose considerablemente la densidad de empaquetamiento con respecto a la técnica anterior.

20 Un dispositivo según la invención, con la configuración arriba descrita y con las porciones de material semiconductor hechas de silicio dopado con boro y fósforo, entregaría una tensión de salida de aproximadamente de 3 V y una potencia de 400 mW para un gradiente efectivo entre la parte fría y la parte caliente de  $100^\circ\text{C}$ .

25 Asimismo, si las porciones de material semiconductor estuviesen hechas de  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  y  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ , dicho dispositivo según la invención entregaría una tensión de salida de aproximadamente 15 V, lo que permitiría el uso de dicho dispositivo para el reaprovechamiento de la energía disipada en forma de calor por los circuitos integrados.

30 Aunque la invención se ha descrito únicamente con relación a las realizaciones a las que se hace mención en la presente, debe entenderse que otras posibles combinaciones, variaciones y mejoras, también estarían incluidas dentro del alcance de protección de la invención, el cual está definido exclusivamente por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Micro-generador termoeléctrico, que comprende:

- 5 - láminas (1) de sustrato eléctricamente aislantes y térmicamente conductoras provistas de un extremo superior y un extremo inferior;
- porciones (P) de material semiconductor de tipo P
  - porciones (N) material semiconductor de tipo N;
  - una parte caliente (100) en contacto con una fuente de calor;
- 10 - una parte fría (200) a una temperatura más baja que la parte caliente (100);

Caracterizado porque:

- 15 - Las porciones (P, N) de material semiconductor están dispuestas de forma alternada entre sí definiendo filas (3) de material semiconductor;
- Las filas (3) de material semiconductor están agrupadas formando al menos dos capas horizontales (4) de material semiconductor, de tal forma que cada capa (4) de material semiconductor comprende una o más filas (3) de material semiconductor dispuestas de forma paralela entre sí;
- 20 - Las capas (4) de material semiconductor están dispuestas verticalmente unas encima de las otras y separadas verticalmente entre sí por láminas (1) de sustrato, estando dispuesto además un material (66) térmica y eléctricamente conductor entre las porciones (P, N) de material semiconductor de una capa (4) y las láminas (1) de sustrato más próximas a dicha capa;
- 25 - Las porciones (P, N) de material semiconductor de capas (4) contiguas están dispuestas de forma alternada y ocupan posiciones coincidentes entre sí;
- Al menos dos porciones (P, N) de material semiconductor de la capa superior (4) y/o al menos dos porciones (P, N) de material semiconductor de la capa inferior, pertenecientes a la misma fila y/o a diferentes filas, están en contacto eléctrico entre sí, a través de conexiones (22);
- 30 - Las láminas (1) de sustrato que separan dos capas (4) de material semiconductor están provistas de orificios pasantes (5) que conectan eléctricamente al menos una porción (P, N) de material semiconductor de una capa (4), con al menos una porción (P, N) de material semiconductor de la capa (4) inmediatamente superior, definiendo

columnas (8) de termopares, de tal forma que se constituye una matriz tridimensional de termopares; y porque

- Las láminas (1) de sustrato están conectadas de forma alternada entre sí a la parte caliente (100) y a la parte fría (200).

5

2. Micro-generador termoeléctrico según la reivindicación 1, caracterizado porque las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa superior (4) y las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa inferior (4) son pistas eléctricamente conductoras.

10

3. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa superior (4) y las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa inferior (4) son conexiones dinámicas provistas de matrices de rutado basadas en interruptores electrónicos.

15

4. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa superior (4) y las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa inferior (4) están dispuestas sobre las caras interiores de las láminas (1) de sustrato superior e inferior.

20

5. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa superior (4) y las conexiones (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor en la capa inferior (4) están dispuestas sobre las caras exteriores de las láminas (1) de sustrato superior e inferior.

25

6. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los contactos eléctricos (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor de la capa superior (4) y los contactos eléctricos (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor de la capa inferior (4), son tales que todas las columnas 8 de termopares están unidas en serie entre sí.

30

7. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los contactos eléctricos (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor de la capa superior (4) y los contactos eléctricos (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor de la capa inferior (4), son tales que todas las columnas (8) de termopares están unidas en paralelo entre sí.

8. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los contactos eléctricos (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor de la capa superior (4) y los contactos eléctricos (22) entre porciones (P, N) de material semiconductor de la capa inferior (4), son tales que al menos dos columnas (8) de termopares están conectadas en serie entre sí, mientras que las restantes columnas (8) de termopares están unidas en paralelo entre sí.

9. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las láminas (1) de sustrato comprenden al menos una capa de un material cerámico cocido a baja temperatura (LTCC), y un recubrimiento de AlN.

10. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque las láminas (1) de sustrato están hechas, en su totalidad, de AlN.

11. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las porciones (P) de material semiconductor, están hechas de silicio dopado con boro ó  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$  y las porciones (N) de material semiconductor están hechas de silicio dopado fósforo ó  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ .

12. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque los orificios pasantes (5) están metalizados.

13. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las láminas (1) de sustrato superior e inferior están provistas de orificios pasantes (5) que conectan las porciones de material semiconductor (P, N) de las capas (4) con el exterior.

14. Micro-generador termoeléctrico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las porciones (P, N) de material semiconductor de filas contiguas (3) en la misma capa (4) de material semiconductor están dispuestas de forma alternada.

5

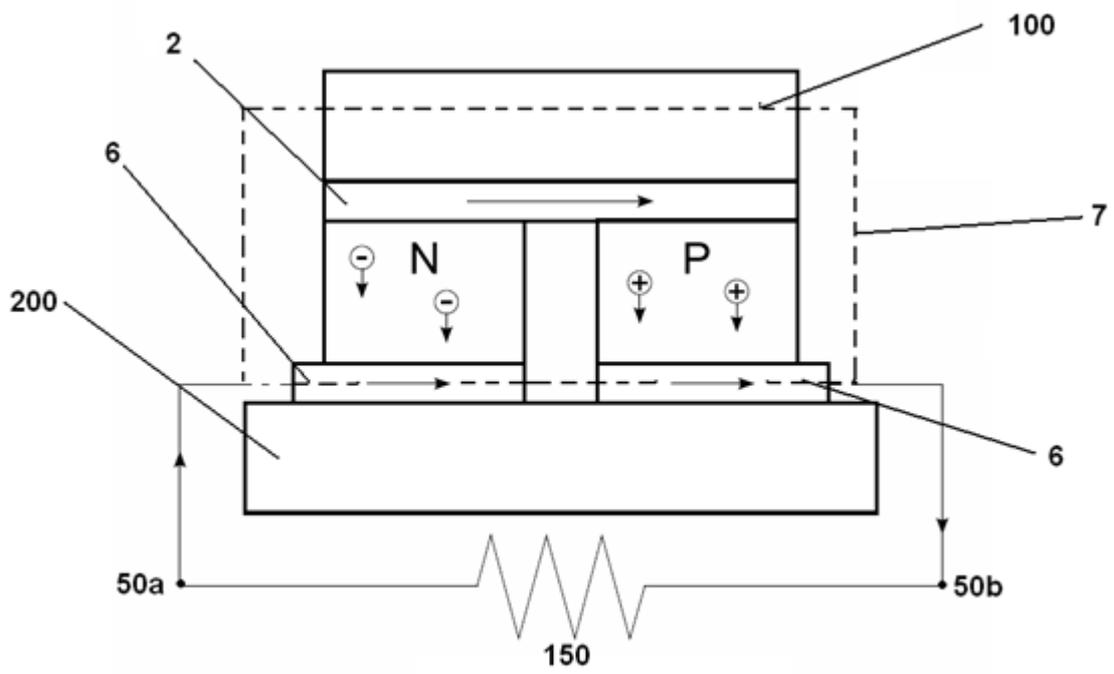


Fig. 1 (Técnica anterior)

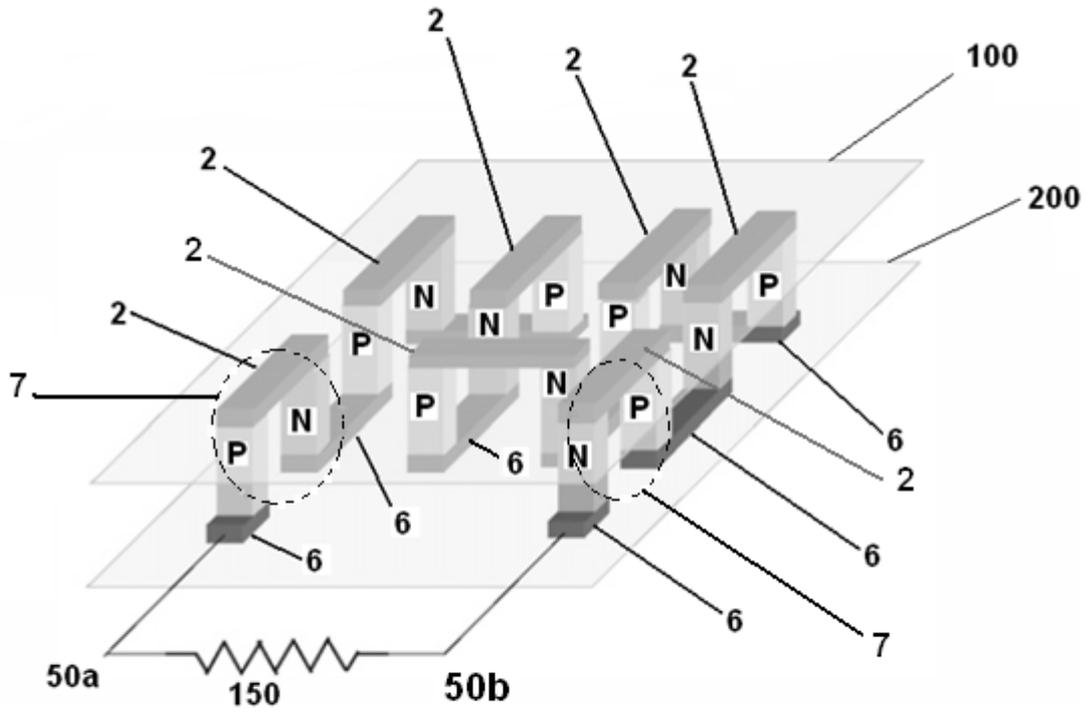


Fig. 2 (Técnica anterior)

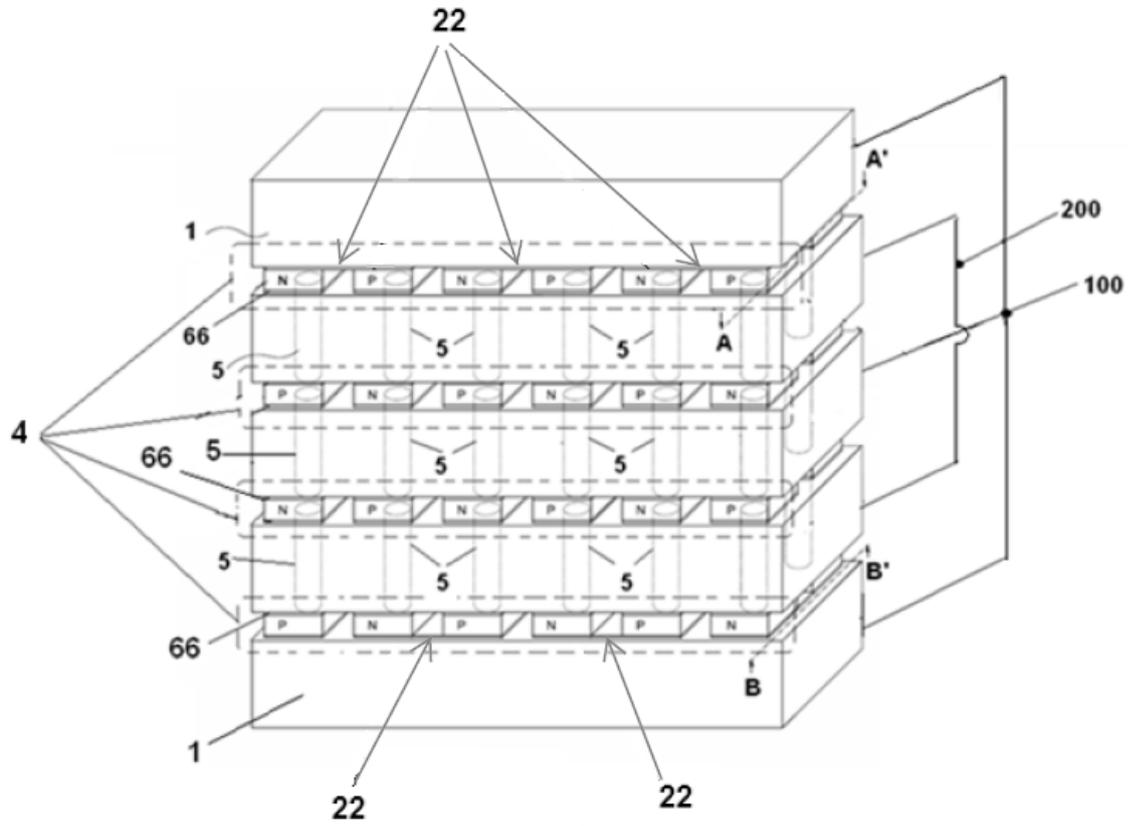


Fig. 3



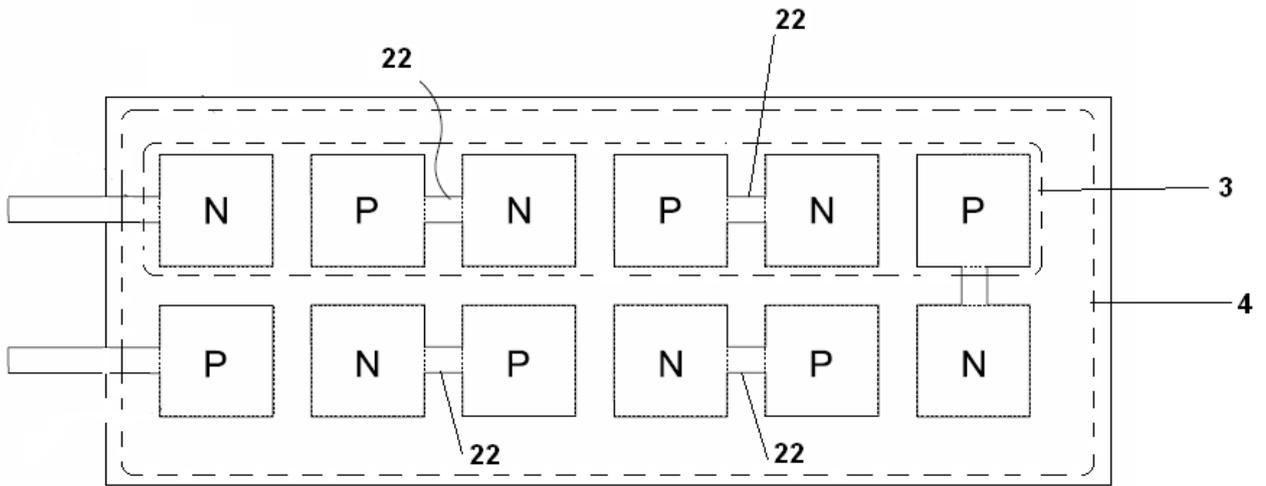


Fig. 5a

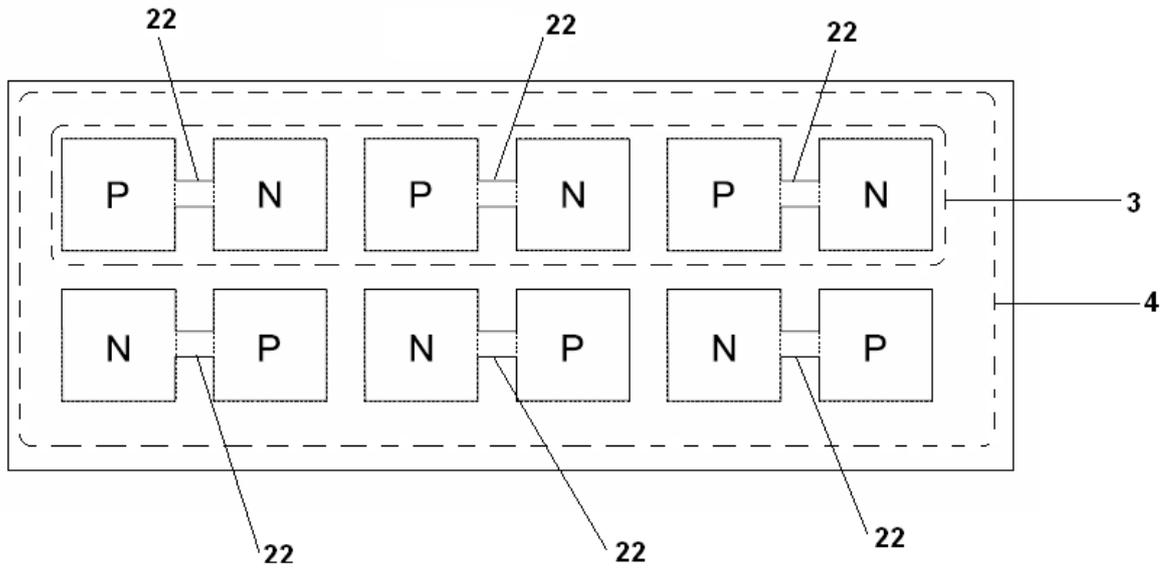


Fig. 5b

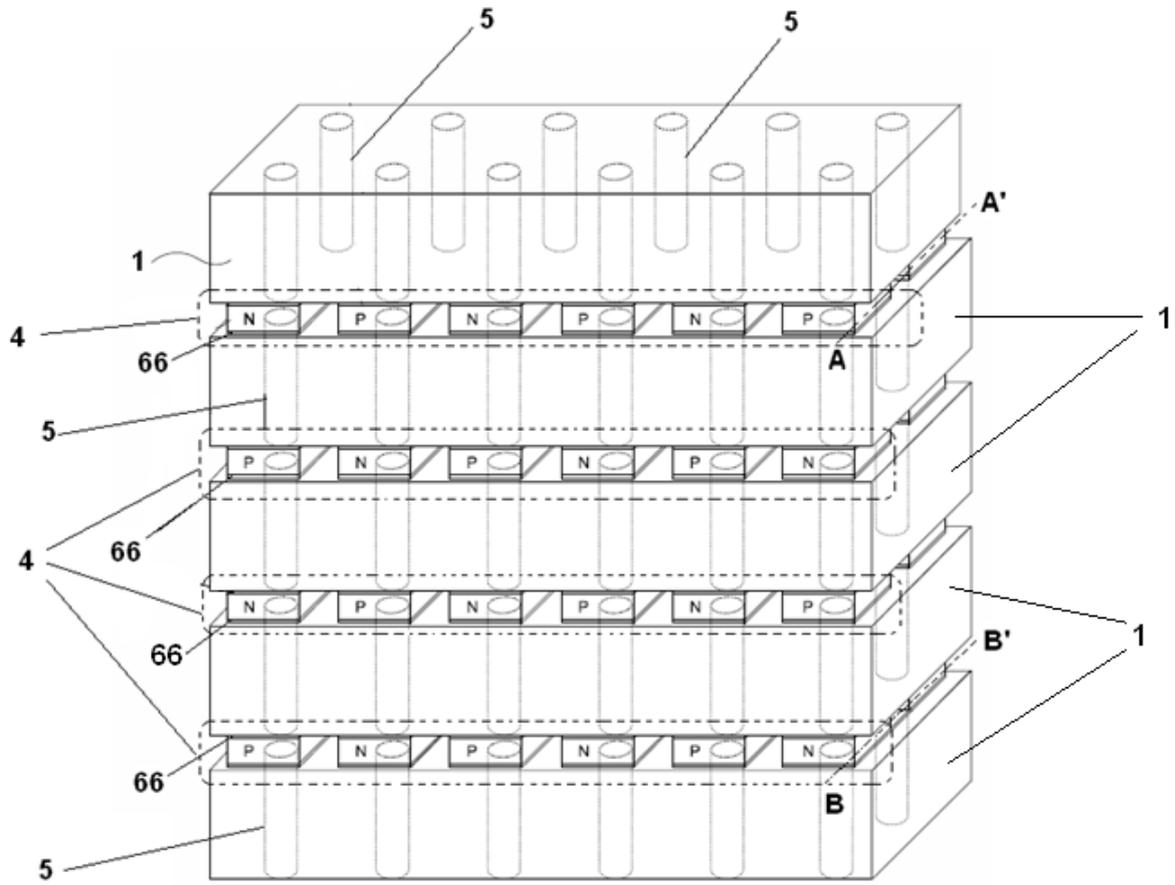


Fig. 6

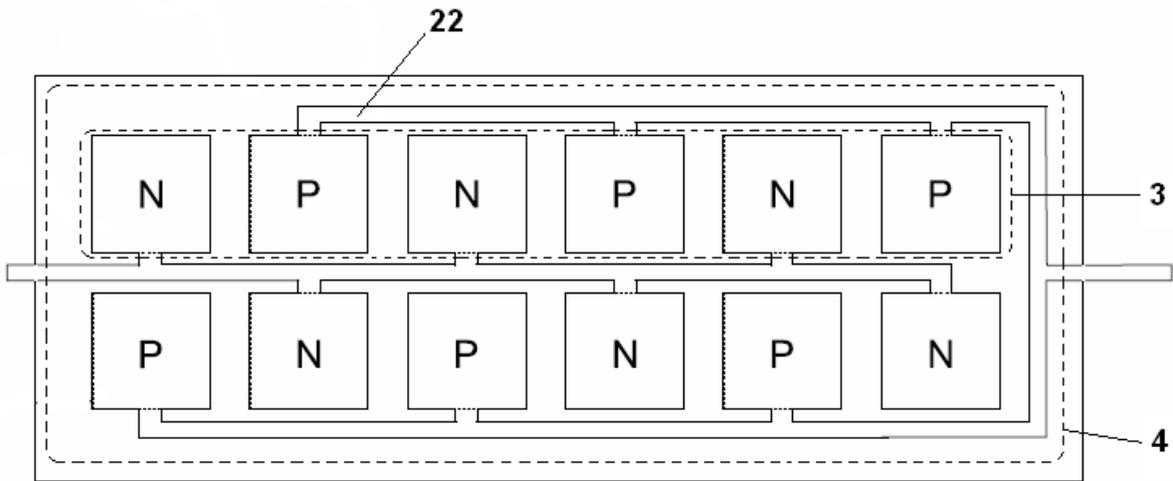


Fig. 7a

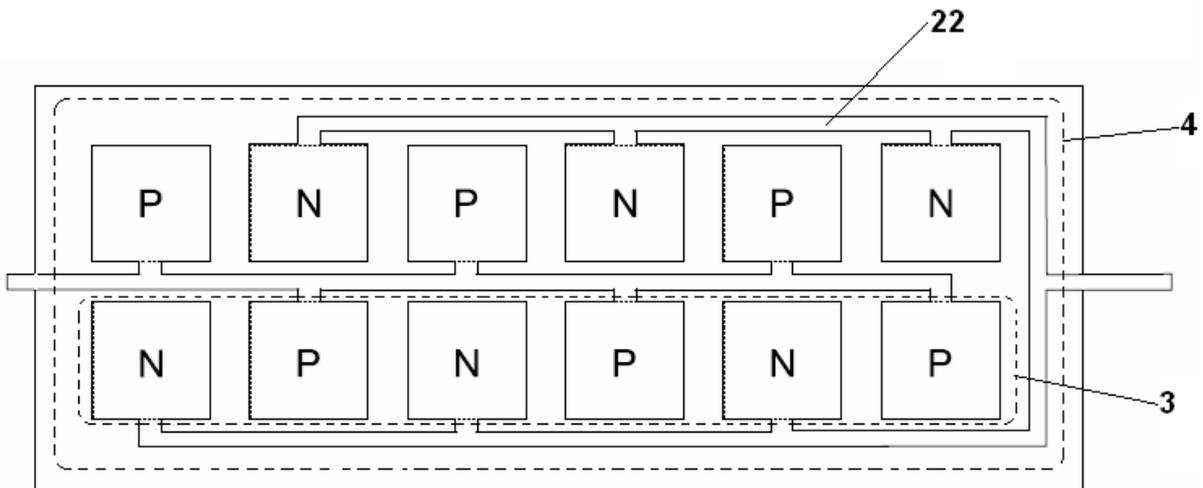
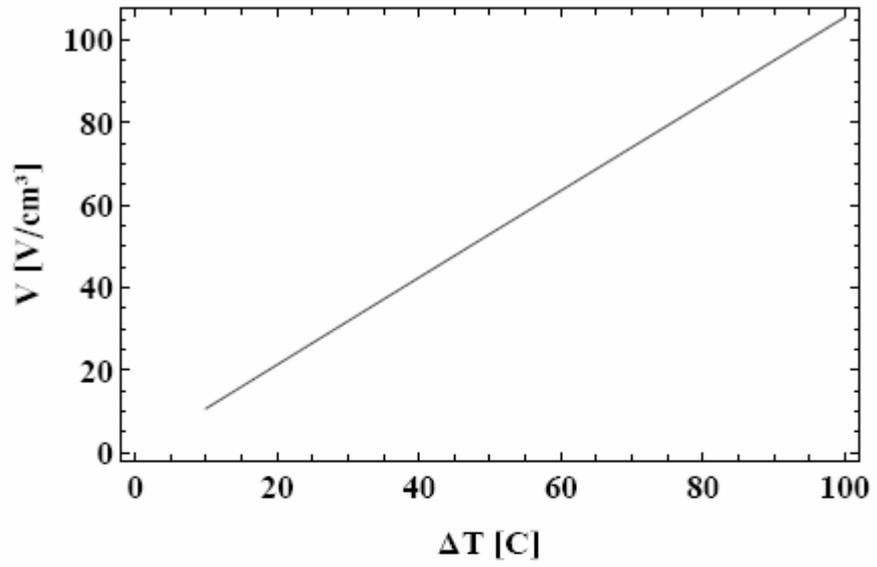
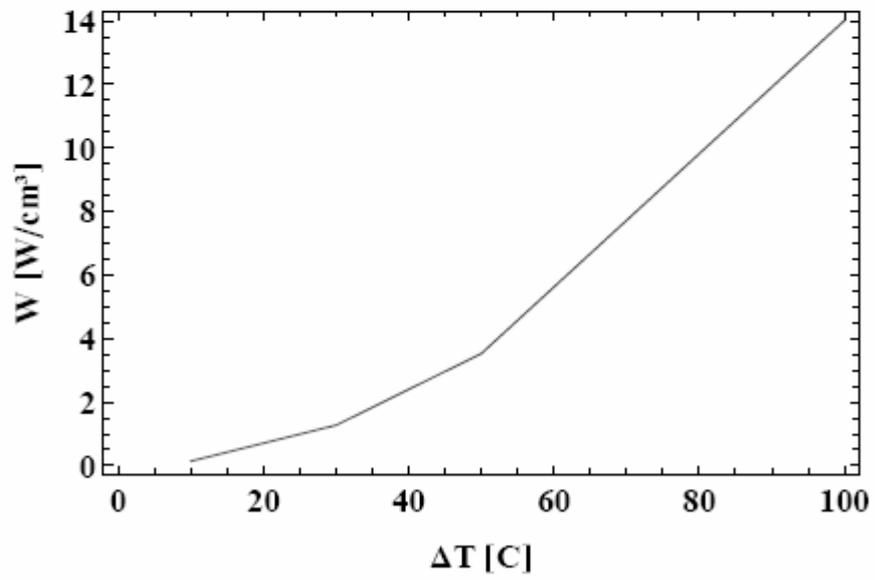


Fig. 7b



**Fig. 8a**



**Fig. 8b**



- ②<sup>1</sup> N.º solicitud: 201430752  
 ②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 22.05.2014  
 ③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **H01L35/32** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ <sup>6</sup> Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2013284228 A1 (TOYODA KAORI et al.) 31.10.2013, figura 5; párrafos [90-122].	1-14
Y	US 2003118076 A1 (SCHIEFERDECKER JORG et al.) 26.06.2003, figuras 8,10; párrafos [59-61].	1-14
A	FR 2428329 A1 (CIT ALCATEL) 04.01.1980, todo el documento.	1-14
A	JP 2006269721 A (YAMAHA CORP) 05.10.2006, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE.	1-14
A	JP 2013225550 A (FUJITSU LTD) 31.10.2013, Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE.	1-14

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia  
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría  
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita  
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud  
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

**El presente informe ha sido realizado**

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones n.º:

<p><b>Fecha de realización del informe</b> 12.08.2014</p>	<p><b>Examinador</b> A. Fernández Pérez</p>	<p><b>Página</b> 1/5</p>
---	---	------------------------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 12.08.2014

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-14	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SI</b>
	Reivindicaciones 1-14	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2013284228 A1 (TOYODA KAORI et al.)	31.10.2013
D02	US 2003118076 A1 (SCHIEFERDECKER JORG et al.)	26.06.2003

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración****Reivindicación 1:**

El objeto de la invención como se reivindica en la primera reivindicación consiste en un MICROGENERADOR TERMOELÉCTRICO que comprende:

- láminas de sustrato eléctricamente aislantes y térmicamente conductoras;
- porciones de material semiconductor de tipo P
- porciones material semiconductor de tipo N;
- una parte caliente en contacto con una fuente de calor;
- una parte fría a una temperatura más baja que la parte caliente;

caracterizado porque:

las porciones (P, N) están dispuestas alternadamente definiendo filas;

las filas están agrupadas formando al menos dos capas horizontales, apiladas verticalmente y separadas entre sí por láminas de sustrato,

un material térmica y eléctricamente conductor se dispone entre las porciones (P, N) de material semiconductor de una capa y las láminas de sustrato más próximas a dicha capa;

las porciones (P, N) de material semiconductor de capas contiguas están dispuestas de forma alternada y ocupan posiciones coincidentes entre sí;

al menos dos porciones (P, N) de material semiconductor de la capa superior y/o al menos dos porciones (P, N) de material semiconductor de la capa inferior, pertenecientes a la misma fila y/o a diferentes filas, están en contacto eléctrico entre sí, a través de conexiones (22);

las láminas de sustrato están provistas de orificios pasantes que conectan eléctricamente al menos una porción (P, N) de material semiconductor de una capa con al menos una porción (P, N) de material semiconductor de la capa (4) inmediatamente superior;

las láminas de sustrato están conectadas de forma alternada entre sí a la parte caliente y a la parte fría.

D01 representa el estado de la técnica más próximo, y describe un elemento de conversión termoelectrónico y procedimientos de fabricación del mismo. Partiendo de la base que aumentar el número de uniones pn en un termogenerador de estado sólido aumenta el rendimiento eléctrico del mismo, el documento describe diversos modos de realización para construir un dispositivo apilado. En particular el modo de realización 3, ilustrado en la figura 5, describe un dispositivo que comprende una pluralidad de sustratos (denotados con el numeral 101) en los que se definen capas integradas por elementos p y n discretos (102p/n), alternados en el plano horizontal (plano de la capa) y el plano vertical (plano de apilamiento). Los sustratos presentan perforaciones 103, recubiertas de un elemento conductor, que ponen en contacto un elemento termoelectrónico P y uno N de capas contiguas. El sustrato está recubierto, en las posiciones correspondientes a elementos termoelectrónicos 102 por una película (105) de material de alta capacidad de transferencia térmica. No se menciona en este documento conexiones entre los elementos p y n de la misma capa, de modo que no hay integración a nivel lateral, como la proporcionada por las conexiones 22.

D02 describe un sensor para medir una temperatura que utiliza un detector que aplica el principio termoeléctrico. En un modo de realización, mostrado esquemáticamente en la figura 10, el sensor se configura como un conjunto apilado de elementos p y n alternados en la dirección vertical, separados entre sí mediante un sustrato aislante. Los elementos apilados alternadamente p y n se ponen en contacto entre sí mediante ventanas, no visibles en las figuras. Dos apilamientos contiguos se conectan entre sí superiormente mediante una barra de contacto de aluminio. Se puede proporcionar más de dos apilamientos de elementos termoeléctricos, de acuerdo con lo mostrado en la figura 8. Es decir, este documento enseña conectar en serie los elementos termoeléctricos no solo en vertical sino en el plano de la capa, a fin de aumentar la densidad de elementos.

Se considera que el experto en la materia intentaría combinar las enseñanzas de D01 y D02 para obtener las características de la reivindicación 1 con una expectativa razonable de éxito. Por lo tanto, el objeto de esta reivindicación carece de actividad inventiva (Art. 8 LP 11/1986).

#### **Reivindicaciones 2-14**

Las reivindicaciones dependientes 2, 11 y 12 se encuentran igualmente anticipadas por D01 y D02.

La reivindicación 3 (gestión de las conexiones entre los elementos termoeléctricos a través de una matriz de conmutación) es una técnica conocida y por lo tanto, obvia para un experto en la materia.

Las reivindicaciones 4 a 10, y 13-14, que se refieren a los modos de conexión (serie o paralelo) de la capa inferior y superior, y a la selección de los materiales que constituyen la capa de sustrato, serían opciones de diseño obvias para un experto en la materia.