

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 089**

51 Int. Cl.:

H01L 35/22 (2006.01)

H01L 35/26 (2006.01)

H01L 35/32 (2006.01)

B82Y 30/00 (2011.01)

H01L 27/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2011 E 11776294 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 2630670**

54 Título: **Aparato termoeléctrico y aplicaciones de este aparato**

30 Prioridad:

18.10.2010 US 394293 P

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

01.10.2015

73 Titular/es:

**WAKE FOREST UNIVERSITY (100.0%)
391 Technology Way, Suite 199
Winston-Salem, NC 27101, US**

72 Inventor/es:

CARROLL, DAVID L.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 547 089 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

Aparato termoelectrico y aplicaciones de este aparato

Datos de la solicitud relacionada

5 Esta solicitud reivindica la prioridad bajo la 35 U.S.C. § 119(e) de la Solicitud de Patente Provisional de los Estados Unidos con Número de Serie 61/394.293, presentada el 18 de octubre del año 2010.

Campo de la invención

La invención presente se refiere a materiales termoelectricos y, en particular, a aparatos que incorporan materiales termoelectricos.

Antecedentes de la invención

10 La energía calorífica es ampliamente usada en la generación de electricidad. Sin embargo, la eficiencia de la conversión de la energía calorífica en energía eléctrica por los métodos corrientes es baja, variando desde aproximadamente el 30 al 40 por ciento. En consecuencia, una cantidad significativa de energía calorífica escapa al medio ambiente en forma de pérdidas. Se estima que se pierden aproximadamente 15 teravatios de energía en el medio ambiente en la producción global anual de electricidad,

15 Los materiales termoelectricos son operables para capturar calor para la producción de electricidad adicional. La eficiencia termoelectrica es cuantificada por el Factor de Mérito, ZT.

Los materiales termoelectricos que demuestran tener los valores más altos del ZT tienen eficiencias termoelectricas mayores. Fabricar materiales termoelectricos con valores del ZT razonables es con frecuencia difícil y/o caro. Los calcogénidos de bismuto, por ejemplo, proporcionan excelentes propiedades termoelectricas con valores del ZT que
20 varían desde 0,7 a 1,0. Estos materiales pueden estar nanoestructurados para producir una estructura de superretícula de capas de Bi_2Te_3 y de Bi_2Se_3 alternadas que dan como resultado un material que tiene una conductividad eléctrica aceptable y una escasa conductividad térmica. La fabricación de estos materiales, sin embargo, puede requerir mucho tiempo y ser cara.

25 Además, como consecuencia de los requisitos de fabricación y de otras tolerancias del material, muchos materiales termoelectricos no se prestan a una incorporación fácil a una amplia variedad de dispositivos para captar calor y generar electricidad.

El documento de la patente japonesa JP4199755A describe un método para fabricar un dispositivo termoelectrico colocando un primer electrodo en un molde, en donde el primer electrodo tiene una superficie superior; que forma una primera entrecapa en el primer electrodo; que define al menos dos partes, y se llena con unos primeros
30 materiales termoelectricos la primera entrecapa de al menos algunas partes de las dos partes y se llena con un segundo material termoelectrico la primera entrecapa de otras partes, y se sinterizan en el molde; y se **caracteriza por que** el molde tiene un espacio interior, y en el paso (c - 1), se dispone verticalmente una placa de separación (3) en una superficie superior de la primera entrecapa para dividir el espacio interior del molde en las dos partes al menos; y (e - 1) se retira la placa de separación (3) después de la sinterización para obtener un dispositivo
35 termoelectrico con forma de π .

El documento de la patente WO2005/098981 A1 describe un método para generar energía termoelectrica que comprende imponer un diferencial de temperatura a través de un elemento conductor de electricidad a un circuito eléctrico, en el que dicho elemento es un material compuesto que comprende nanotubos de carbono dispersados en una matriz de material cerámico, causando de esta manera que la corriente eléctrica originada por dicho diferencial
40 de temperatura fluya a través de una carga de dicho circuito.

El documento de la patente de los EE.UU. US2010/116308 A1 describe un elemento de conversión termoelectrico que comprende:

Un material de conversión termoelectrico de óxido del tipo p y un material de conversión termoelectrico de óxido del tipo n; en donde

45 el material de conversión termoelectrico de óxido del tipo p está pegado directamente al material de conversión termoelectrico de óxido del tipo n en una zona de una superficie de unión entre el material de conversión termoelectrico de óxido del tipo p y el material de conversión termoelectrico de óxido del tipo n;

el material de conversión termoelectrico de óxido del tipo p está pegado al material de conversión termoelectrico de óxido del tipo n mediante un material aislante dispuesto entre otra zona de la superficie de unión; y

50 el material de conversión termoelectrico de óxido del tipo p, el material de conversión termoelectrico de óxido del tipo n y el material aislante están cosinterizados.

El artículo "Improved Thermoelectric Behavior of Nanotube-Filled Polymer Composites with Poly(3, 4-ethylene dioxythipethene) Poly(styrene sulfonate)", publicado por ACS Nano, volumen 4 n° 1, del 26 de enero de 2010 (26 – 1 - 2010), páginas 513 – 523, describe materiales compuestos de polímero que comprenden nanotubos de carbono para aplicaciones termoeléctricas.

- 5 El documento de la patente WO2009/150690 A1 describe compuestos de polímero que comprenden nanotubos de carbono para aplicaciones termoeléctricas.

Compendio

10 Por una parte, en esta memoria se describen aparatos termoeléctricos que, en algunas realizaciones, pueden superar o mitigar una o más desventajas de los materiales termoeléctricos actuales. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende al menos una capa del tipo p aplicada al menos a una capa del tipo n para proporcionar una unión pn, y una capa aislante dispuesta al menos parcialmente entre la capa del tipo p y la capa del tipo n, la capa del tipo p comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono dispuestas en una matriz de polímero y la capa del tipo n comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n dispuestas en una matriz de polímero.

- 15 En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono de la capa de tipo p tienen dopaje del tipo p.

20 En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende una pluralidad de capas del tipo p aplicadas a una pluralidad de capas del tipo n que proporcionan una pluralidad de uniones pn, y capas aislantes dispuestas al menos parcialmente entre las capas del tipo p y las capas del tipo n, en donde al menos una capa del tipo p comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono y una capa al menos del tipo n comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n. En algunas realizaciones, las capas del tipo p y las capas del tipo n de un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria están en una configuración apilada.

25 Por otra parte, en esta memoria se describen métodos para la fabricación de aparatos termoeléctricos. En algunas realizaciones, un método para fabricar un aparato termoeléctrico comprende proporcionar al menos una capa del tipo p que comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono, proporcionar al menos una capa del tipo n que comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n, disponer una capa aislante entre la capa del tipo p y la capa del tipo n, y aplicar la capa del tipo p y la capa del tipo n para proporcionar una unión pn. En algunas realizaciones, una pluralidad de capas del tipo p y de capas del tipo n están dispuestas y aplicadas entre sí dando lugar a la formación de una pluralidad de uniones pn. En algunas realizaciones hay dispuestas capas aislantes entre las capas del tipo p y las capas del tipo n. Adicionalmente, en algunas realizaciones de los métodos para fabricar un aparato termoeléctrico, las capas del tipo p y las capas del tipo n están dispuestas en una configuración apilada.

30 Se describen éstas y otras realizaciones con mayor detalle en la descripción detallada que sigue a continuación.

Descripción breve de las Figuras

35 La Figura 1 ilustra una vista lateral ampliada de un aparato termoeléctrico según una realización descrita en esta memoria.

La Figura 2 ilustra un aparato termoeléctrico según una realización descrita en esta memoria.

La Figura 3 ilustra los valores del coeficiente de Seebeck para varias cargas de nanotubos de carbono de una matriz de polímero según algunas realizaciones descritas en esta memoria.

40 La Figura 4 ilustra una vista ampliada lateral de un aparato termoeléctrico según una realización descrita en esta memoria.

Descripción detallada

45 Las realizaciones descritas en esta memoria se comprenderán más fácilmente haciendo referencia a la descripción detallada, ejemplo y dibujos siguientes. Sin embargo, los elementos, aparatos y método descritos en esta memoria no están limitados a las realizaciones específicas presentadas en la descripción detallada, ejemplo y dibujos. Deberá entenderse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la invención presente. Numerosas modificaciones y adaptaciones serán evidentes para expertos en la materia sin apartarse del alcance de la invención.

50 Además, deberá entenderse que todos los intervalos descritos en esta memoria comprenden cualquiera y todos los subintervalos subsumidos en ella. Por ejemplo, en un intervalo especificado de "1,0 a 10,0" deberá considerarse que incluye cualquiera y todos los subintervalos que empiezan por un valor mínimo de 1,0 o más y terminan con un valor máximo de 10,0 o menos, por ejemplo, 1,0 a 5,3, o 4,7 a 10,0, o 3,6 a 7,9.

En algunas realizaciones, en esta memoria se describe un aparato termoeléctrico, el aparato termoeléctrico comprende al menos una capa del tipo p aplicada al menos a una capa del tipo n para proporcionar una unión pn, y

una capa aislante dispuesta al menos parcialmente entre la capa del tipo p y la capa del tipo n, la capa del tipo p comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono y la capa del tipo n comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono de la capa del tipo p tienen dopaje del tipo p.

5 En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende una pluralidad de capas del tipo p aplicadas a una pluralidad de capas del tipo n que proporcionan una pluralidad de uniones pn, y de capas aislantes dispuestas al menos parcialmente entre las capas del tipo p y las capas del tipo n, en donde al menos una capa del tipo p comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono y al menos una capa del tipo n comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n. En algunas realizaciones, se proporcionan
10 contactos metálicos entre las capas del tipo p y las capas del tipo n en los sitios de las uniones pn. En algunas realizaciones, por ejemplo, una capa del tipo p está aplicada a una capa del tipo n por medio de un contacto metálico para proporcionar una unión pn del aparato termoeléctrico descrito en esta memoria.

15 En algunas realizaciones, una capa del tipo p de un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende además una matriz de polímero en la que están dispuestas las nanopartículas de carbono. En algunas realizaciones, una capa del tipo n comprende además una matriz de polímero en la que están dispuestas las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n. En algunas realizaciones, las capas del tipo p y capas del tipo n de un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria están en una configuración apilada.

20 La Figura 1 ilustra una vista lateral ampliada de un aparato termoeléctrico según una realización descrita en esta memoria. El aparato termoeléctrico ilustrado en la Figura 1 comprende dos capas del tipo p (1) aplicadas a una capa del tipo n (2) de una manera alternada. La aplicación alternada de las capas del tipo p (1) y del tipo n (2) proporciona al aparato termoeléctrico una configuración del tipo Z que tiene uniones pn (4) en lados en oposición del aparato. Hay dispuestas capas aislantes (3) entre los interfaces de las capas del tipo p (1) y la capa del tipo n (2) cuando las capas del tipo p (1) y las capas del tipo n (2) están en una configuración apilada. Según se describe en esta memoria, el aparato termoeléctrico de la Figura 1 se muestra en una vista ampliada para facilitar la ilustración y
25 comprensión de los varios componentes del aparato. En algunas realizaciones, sin embargo, el aparato termoeléctrico no está en un estado ampliado de manera que las capas aislantes (3) están en contacto con una capa del tipo p (1) y una capa del tipo n (2).

30 La Figura 1 ilustra adicionalmente el flujo de corriente a través del aparato termoeléctrico inducido exponiendo un lado del aparato a la fuente de calor. Hay dispuestos contactos eléctricos (X) en el aparato termoeléctrico para la aplicación de la corriente generada térmicamente a una carga externa.

La Figura 2 ilustra un aparato termoeléctrico (200) según una realización descrita en esta memoria en donde las capas del tipo p (201) y las capas del tipo n (202) están en una configuración apilada. Las capas del tipo p (201) y las capas del tipo n (202) están separadas por capas aislantes (207) en la configuración apilada. El aparato termoeléctrico (200) está conectado a una carga externa mediante contactos eléctricos (204, 205).

35 Haciendo referencia ahora a los componentes que pueden estar incluidos en las varias realizaciones de un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende al menos una capa del tipo p que comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono.

40 Las nanopartículas de carbono de una capa del tipo p comprenden, en algunas realizaciones, fulerenos, nanotubos de carbono, o mezclas de éstos. En algunas realizaciones, los fulerenos comprenden 1-(3-metoxicarbonilo)propilo-1-fenilo(6, 6)C₆₁ (PCBM). En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono comprenden nanotubos de carbono de pared única (SWNT), nanotubos de carbonos de pared múltiple (MWNT), así como nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo p, nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo p o mezclas de éstos.

45 En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo p y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo p comprenden boro en una cantidad que varía desde aproximadamente el 0,1 por ciento en peso hasta aproximadamente el 30 por ciento en peso. En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo p y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo p comprenden boro en una cantidad que varía desde aproximadamente el 5 por ciento en peso hasta aproximadamente el 25 por ciento en peso, o desde aproximadamente el 10 por ciento en peso hasta aproximadamente el 20 por ciento en peso. En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo p y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo p comprenden boro en una
50 cantidad menor de aproximadamente el 0,1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo p y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo p comprenden oxígeno.

55 En algunas realizaciones un dopante del tipo p está incorporado en la retícula de los nanotubos de carbono de pared única y/o de pared múltiple. En algunas realizaciones se proporciona externamente un dopante del tipo p a los nanotubos de carbono a través del medioambiente que rodea los nanotubos de pared única y/o de pared múltiple. Como se describe más adelante en esta memoria, los nanotubos de carbono de una capa del tipo p, están dispuestos en una matriz de polímero. En algunas realizaciones, la matriz de polímero puede proporcionar dopante

del tipo P a superficies de los nanotubos de carbono. En algunas realizaciones, en donde la matriz de polímero proporciona dopante del tipo p a las superficies de los nanotubos de carbono, los nanotubos de carbono no tienen dopaje del tipo p antes de la incorporación en la matriz de polímero. Alternativamente, en algunas realizaciones en donde la matriz de polímero proporciona dopante del tipo p a superficies de los nanotubos de carbono, los nanotubos de carbono comprenden dopante del tipo p antes de la incorporación en la matriz de polímero. Además, en algunas realizaciones, las especies químicas dispuestas también en la matriz de polímero, tal como los metales alcalinos, pueden servir como dopante del tipo p para los nanotubos de carbono.

En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono de una capa del tipo p tienen una gran relación dimensional. La expresión relación dimensional, tal como se usa en esta memoria, se refiere a una longitud de la nanopartícula de carbono dividida por el diámetro o por la anchura de la nanopartícula de carbono. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono de una capa del tipo p demuestran tener una relación dimensional que varía desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 10^6 . En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono muestran una relación dimensional que varía desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 100.000. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono tienen una relación dimensional que varía desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 10.000 o desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 1.000.

Las nanopartículas de carbono de una capa del tipo p, que incluyen nanotubos de carbono, en algunas realizaciones, tienen una longitud que varía desde aproximadamente 1 nm hasta aproximadamente 5 mm o desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 1 mm. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono tienen una longitud que varía desde aproximadamente 50 nm hasta aproximadamente 500 μm , desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 100 μm , o desde aproximadamente 500 nm hasta aproximadamente 10 μm . En algunas realizaciones las nanopartículas de carbono tienen una longitud que varía desde aproximadamente 200 μm hasta aproximadamente 500 μm .

Las nanopartículas de carbono de una capa del tipo p, en algunas realizaciones, tienen un diámetro que varía desde aproximadamente 1 nm hasta aproximadamente 100 nm. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono tienen un diámetro que varía desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 80 nm o desde aproximadamente 20 nm hasta aproximadamente 60 nm. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono tienen un diámetro mayor de aproximadamente 100 nm o menor de aproximadamente 1 nm.

En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono de una capa del tipo p, que incluyen nanotubos de carbono, están dispuestas en una configuración de alfombrilla.

Una capa del tipo p, en algunas realizaciones, comprende una o más especies de las nanopartículas de carbono descritas en esta memoria en una cantidad que varía desde aproximadamente el 0,1 por ciento en peso hasta aproximadamente el 100 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo p comprende nanopartículas de carbono en una cantidad de al menos aproximadamente el 2 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo p comprende nanopartículas de carbono en una cantidad de al menos aproximadamente el 5 por ciento en peso o de al menos aproximadamente el 10 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo p comprende nanopartículas de carbono en una cantidad que varía desde al menos aproximadamente el 2 por ciento en peso hasta aproximadamente el 50 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo p comprende nanopartículas de carbono en una cantidad que varía desde aproximadamente el 5 por ciento en peso hasta aproximadamente el 30 por ciento en peso.

Las cargas de nanopartículas de carbono de las capas del tipo p descritas en esta memoria, en algunas realizaciones, pueden ser escogidas haciendo referencia al coeficiente de la capa de Seebeck deseado. La Figura 3 ilustra el coeficiente de Seebeck en función de la carga de los SWNT de una matriz de fluoruro de polivinilideno (PVDF) de capas del tipo p según algunas realizaciones descritas en esta memoria. Según se ilustra en la Figura 3, las cargas de los SWNT que varían desde el 5 por ciento en peso hasta el 100 por ciento en peso proporcionan un intervalo de coeficientes de Seebeck para las capas del tipo p.

Según se ha descrito en esta memoria, en algunas realizaciones, una capa del tipo p comprende además una matriz de polímero en la que están dispuestas las nanopartículas de carbono. En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende un fluoropolímero que incluye, pero no está limitado a, fluoruro de polivinilo (PVF), fluoruro de polivinilideno (PVDF), politetrafluoroetileno (PTFE), o mezclas o copolímeros de éstos. En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende ácido poliacrílico (PAA), polimetacrilato (PMA), polimetilmetacrilato (PMMA) o mezclas o copolímeros de éstos. En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende una poliolefina que incluye, pero no está limitada a polietileno, polipropileno, polibutileno o mezclas o copolímeros de éstos.

En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende uno o más polímeros conjugados. En algunas realizaciones, los polímeros conjugados comprenden tiofenos que incluyen poli(3 -hexiltiofeno) (P3HT), poli(3 -octiltiofeno) (P3OT), y politiofeno (PTh).

En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende uno o más polímeros semiconductores. En algunas realizaciones, los polímeros semiconductores incluyen fenilenos vinileno, tales como poli(fenileno vinileno) y poli(p-fenileno vinileno) (PPV), y derivados de éstos. En algunas realizaciones, los polímeros semiconductores pueden

comprender polifluorenos, naftalenos y derivados de éstos. En algunas realizaciones, los polímeros semiconductores comprenden poli(2-vinilpiridina) (P2VP), poliamidas, poli(N-vinilcarbazol) (PVCZ), polipirrol (PPy) y polianilina (Pan). En algunas realizaciones, un polímero semiconductor comprende poli[2, 6-(4, 4-bis-(2-etilhexil)-4H-ciclopental[2, 1-b; 3, 4-b']ditiófono)-alt-4, 7-(2, 1, 3-benzotiadizol)] (PCPDTBT).

5 En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un espesor de al menos aproximadamente 10 nm o de al menos aproximadamente 100 nm. Una capa del tipo p, en algunas realizaciones, tiene un espesor de al menos aproximadamente 500 nm o de al menos aproximadamente 1 µm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un espesor de al menos aproximadamente 5 µm o de al menos aproximadamente 15 µm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un espesor que varía desde aproximadamente 5 nm hasta aproximadamente 50 µm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un espesor que varía desde aproximadamente 50 nm hasta aproximadamente 30 µm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un espesor que varía desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 20 µm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un espesor que varía desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 100 nm.

15 En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 µm o de al menos aproximadamente 10 µm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene una longitud de al menos aproximadamente 100 µm o de al menos aproximadamente 500 µm. Una capa del tipo p, en algunas realizaciones, tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 mm o de al menos aproximadamente 10 mm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene una longitud que varía desde aproximadamente 1 µm hasta aproximadamente 100 mm. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene una longitud que varía desde aproximadamente 10 µm hasta aproximadamente 500 mm.

25 Una capa del tipo p, en algunas realizaciones, tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 5 µV/K a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un coeficiente de Seebeck de al menos 10 µV/K a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 15 µV/K o de al menos aproximadamente 20 µV/K a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 30 µV/K a una temperatura de 290°K. Una capa del tipo p, en algunas realizaciones, tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente 5 µV/K hasta aproximadamente 35 µV/K a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo p tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente 10 µV/K hasta aproximadamente 30 µV/K a una temperatura de 290°K.

30 Según se ha descrito en esta memoria, en algunas realizaciones, el coeficiente de Seebeck de una capa del tipo p puede ser variado según la identidad y carga de la nanopartícula de carbono. En algunas realizaciones, por ejemplo, el coeficiente de Seebeck de una capa del tipo p es inversamente proporcional a la carga del nanotubo de carbono de pared única de la capa del tipo p.

35 Además de al menos una capa del tipo p, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende al menos una capa del tipo n que comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n.

Las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n, en algunas realizaciones, comprenden fulerenos, nanotubos de carbono, o mezclas de éstos. Los fulerenos, en algunas realizaciones, comprenden 1-(3-metoxicarbonil)propil 1-fenil(6, 6)C₆₁ (PCBM). En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono con dopaje del tipo n comprenden nanotubos de carbono de pared única, nanotubos de carbono de pared múltiple o mezclas de éstos.

40 En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono de una capa del tipo n, que incluyen nanotubos de carbono, están dispuestas en una configuración de alfombrilla.

45 En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo n y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo n comprenden nitrógeno en una cantidad que varía desde aproximadamente el 0,1 por ciento en peso hasta aproximadamente el 30 por ciento en peso. En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo n y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo n comprenden nitrógeno en una cantidad que varía desde aproximadamente el 5 por ciento en peso hasta aproximadamente el 25 por ciento en peso o desde aproximadamente el 10 por ciento en peso hasta aproximadamente el 20 por ciento en peso. En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo n y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo n comprenden nitrógeno en una cantidad menor de aproximadamente el 0,1 por ciento en peso. En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono de pared única con dopaje del tipo n y/o los nanotubos de carbono de pared múltiple con dopaje del tipo n son nanotubos desoxigenados.

55 En algunas realizaciones, un dopante del tipo n está incorporado en la retícula de nanotubos de carbono de pared única y/o de pared múltiple. En algunas realizaciones, un dopante del tipo n es provisto desde el exterior a los nanotubos de carbono por el medio ambiente que rodea los nanotubos de carbono de pared única y/o de pared múltiple. Según se describe adicionalmente más adelante en esta memoria, los nanotubos del tipo n de una capa del tipo n, en algunas realizaciones, están dispuestos en una matriz de polímero. En algunas realizaciones, la matriz de polímero puede proporcionar dopante del tipo n a las superficies de los nanotubos de carbono. En algunas

realizaciones en donde la matriz de polímero proporciona dopante del tipo n a las superficies de los nanotubos de carbono, los nanotubos de carbono no tienen dopaje del tipo n antes de la incorporación a la matriz. En algunas realizaciones en donde la matriz de polímero proporciona dopante del tipo n a superficies de los nanotubos de carbono, los nanotubos de carbono tienen dopaje del tipo n antes de la incorporación a la matriz.

- 5 En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n de una capa del tipo n tienen una gran relación dimensional. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n de una capa del tipo n demuestran tener una relación dimensional que varía desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 10^6 . En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n muestran una relación dimensional que varía desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 100.000. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n tienen una relación dimensional que varía desde aproximadamente 10 hasta aproximadamente 10.000 o desde aproximadamente 5 hasta aproximadamente 1.000.

- 15 Las nanopartículas de carbono de una capa del tipo n, que incluyen nanotubos de carbono, en algunas realizaciones, tienen una longitud que varía desde aproximadamente 1 nm hasta aproximadamente 5 mm o desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 1 mm. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n tienen una longitud que varía desde aproximadamente 50 nm hasta aproximadamente 500 μm , desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 100 μm , o desde aproximadamente 500 nm hasta 10 μm . En algunas realizaciones, los nanotubos de carbono con dopaje del tipo n tienen una longitud que varía desde aproximadamente 200 pm hasta aproximadamente 500 μm .

- 20 Las nanopartículas de carbono de una capa del tipo n, en algunas realizaciones, tienen un diámetro que varía desde aproximadamente 1 nm hasta aproximadamente 100 nm. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n tienen un diámetro que varía desde aproximadamente 10 nm hasta aproximadamente 80 nm o desde aproximadamente 20 nm hasta aproximadamente 60 nm. En algunas realizaciones, las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n tienen un diámetro mayor de aproximadamente 100 nm o menor aproximadamente de 1 nm.

- 25 Una capa del tipo n, en algunas realizaciones, puede comprender una o más especies de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n descritas en esta memoria en una cantidad que varía desde aproximadamente el 0,1 por ciento en peso hasta aproximadamente el 100 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo n comprende nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n en una cantidad de al menos aproximadamente el 2 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo n comprende nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n en una cantidad de al menos aproximadamente el 5 por ciento en peso o de al menos aproximadamente el 10 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo n comprende nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n en una cantidad que varía desde aproximadamente el 2 por ciento en peso hasta aproximadamente el 50 por ciento en peso. En algunas realizaciones, una capa del tipo n comprende nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n en una cantidad que varía desde aproximadamente el 5 por ciento en peso hasta aproximadamente el 30 por ciento en peso. Al igual que en la capa del tipo p, las cargas de nanopartículas de una capa del tipo n, en algunas realizaciones, pueden ser determinadas con referencia al coeficiente de Seebeck de la capa deseado.

- 40 Según se ha descrito en esta memoria, en algunas realizaciones, una capa del tipo n comprende además una matriz de polímero en la que están dispuestas las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n. En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende un fluoropolímero que incluye, pero no está limitado a fluoruro de polivinilo (PVF), fluoruro de polivinilideno (PVDF), politetrafluoroetileno (PTFE), o mezclas o copolímeros de éstos. En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende ácido poliacrílico (PAA), polimetacrilato (PMA), polimetilmetacrilato (PMMA) o mezclas o copolímeros de éstos. En algunas realizaciones, una matriz de polímero comprende una poliolefina que incluye, pero no está limitada a polietileno, polipropileno, polibutileno o mezclas o copolímeros de éstos.

- 45 En algunas realizaciones, una matriz de polímero de una capa del tipo n comprende uno o más polímeros conjugados. En algunas realizaciones, los polímeros conjugados comprenden tiofenos que incluyen poli(3-hexiltiofeno) (P3HT), poli(3-octiltiofeno) (P3OT) y politiofeno (PTh).

- 50 En algunas realizaciones, una matriz de polímero de una capa del tipo n comprende uno o más polímeros semiconductores. En algunas realizaciones, los polímeros semiconductores incluyen fenilenos vinilenos, tal como poli(fenileno vinileno) y poli(p-fenileno vinileno) (PPV) y derivados de éstos. En otras realizaciones, los polímeros semiconductores pueden comprender polifluorenos, polinaftalenos y derivados de éstos. En algunas realizaciones, los polímeros semiconductores comprenden poli(2-vinilpirideno) (P2VP), poliamidas, poli(N-vinilcarbazol) (PVCZ), polipirrol (PPy) y polianilina (PAn).

- 55 En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un espesor de al menos aproximadamente 1 nm. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un espesor de al menos aproximadamente 10 nm o de al menos aproximadamente 100 nm. Una capa del tipo n, en algunas realizaciones, tiene un espesor de al menos aproximadamente 500 nm o de al menos aproximadamente 1 μm . En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un espesor de al menos aproximadamente 5 μm o de al menos aproximadamente 15 μm . En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un espesor que varía desde aproximadamente 5 nm hasta aproximadamente

50 μm . En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un espesor que varía desde aproximadamente 50 nm hasta aproximadamente 30 μm . En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un espesor que varía desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 20 μm .

5 En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 μm o de al menos aproximadamente 10 μm . En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene una longitud de al menos aproximadamente 100 μm o de al menos aproximadamente 500 μm . Una capa del tipo n, en algunas realizaciones, tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 mm o de al menos aproximadamente 10 mm. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene una longitud que varía desde aproximadamente 1 μm hasta aproximadamente 100 mm. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene una longitud que varía desde aproximadamente 10 μm hasta aproximadamente 500 mm. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene una longitud igual o sustancialmente igual a la de una capa del tipo p adyacente.

15 Una capa del tipo n, en algunas realizaciones, tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente $-5 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente $-10 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente $-15 \mu\text{V/K}$ o de al menos aproximadamente $-20 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente $-30 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. Una capa del tipo n, en algunas realizaciones, tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente $-5 \mu\text{V/K}$ hasta aproximadamente $-35 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, una capa del tipo n tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente $-10 \mu\text{V/K}$ hasta aproximadamente $-30 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K.

En algunas realizaciones, el coeficiente de Seebeck de una capa del tipo n puede ser variado según la identidad y la carga de la nanopartícula de carbono con dopaje del tipo n. En algunas realizaciones, por ejemplo, el coeficiente de Seebeck de una capa del tipo n es inversamente proporcional a la carga de la nanopartícula de carbono de la capa del tipo n.

25 Un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria, en algunas realizaciones, comprende también una capa aislante dispuesta entre la al menos una capa del tipo p y la al menos una capa del tipo n. En algunas realizaciones, una capa aislante aísla eléctricamente. En algunas realizaciones, la capa aislante aísla eléctricamente y aísla térmicamente. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende una pluralidad de capas aislantes dispuestas entre una pluralidad de capas del tipo p y capas del tipo n. Las capas aislantes, en algunas realizaciones, permiten que las capas del tipo p y las capas del tipo n de un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria sean dispuestas en una configuración apilada.

30 En algunas realizaciones, una capa aislante comprende uno o más materiales de polímeros. En algunas realizaciones, una capa aislante comprende ácido poliacrílico (PAA), polimetacrilato (PMA), polimetilmetacrilato (PMMA) o mezclas o copolímeros de éstos. En algunas realizaciones, una capa aislante comprende una poliolefina que incluye, pero no está limitada a polietileno, polipropileno, polibutileno o mezclas o copolímeros de éstos. En algunas realizaciones, una capa aislante comprende PVDF.

35 En algunas realizaciones, una capa aislante tiene un espesor de al menos aproximadamente 50 nm. En algunas realizaciones, una capa aislante tiene un espesor de al menos aproximadamente 75 nm o al menos aproximadamente 100 nm. Una capa aislante, en algunas realizaciones, tiene un espesor de al menos aproximadamente 500 nm o al menos aproximadamente 1 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene un espesor de al menos aproximadamente 5 μm o de al menos aproximadamente 15 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene un espesor que varía desde aproximadamente 5 nm hasta aproximadamente 50 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene un espesor que varía desde aproximadamente 50 nm hasta aproximadamente 30 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene un espesor que varía desde aproximadamente 100 nm hasta aproximadamente 20 μm .

40 En algunas realizaciones, una capa aislante tiene una longitud sustancialmente consecuente con las longitudes de las capas del tipo p y las del tipo n entre las que está dispuesta la capa aislante. En algunas realizaciones, una capa aislante tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 μm o de al menos aproximadamente 10 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene una longitud de al menos aproximadamente 100 μm o de al menos aproximadamente 500 μm . Una capa aislante, en algunas realizaciones, tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 mm o de al menos aproximadamente 10 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene una longitud de al menos aproximadamente 1 μm hasta aproximadamente 100 μm . En algunas realizaciones, una capa aislante tiene una longitud que varía desde aproximadamente 10 μm hasta aproximadamente 500 mm.

45 Un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria, en algunas realizaciones, comprende una pluralidad de capas del tipo p y una pluralidad de capas del tipo n. En algunas realizaciones, las capas del tipo p y las capas del tipo n están ordenadas de manera alternada y en una configuración apilada, estando separadas por capas aislantes. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende al menos 3 capas del tipo p y al menos 3 capas del tipo n. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende al menos 5 capas del tipo p y al menos 5 capas del tipo n. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende al menos 10 capas del tipo p y al menos

10 capas del tipo n. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende al menos 15 capas del tipo p y al menos 15 capas del tipo n. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende al menos 100 capas del tipo p y al menos 100 capas del tipo n. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico comprende al menos 1.000 capas del tipo p y al menos 1.000 capas del tipo n.

- 5 En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria comprende una o más capas del tipo p y una o más capas del tipo n tienen la forma de un tejido. En algunas realizaciones, el tejido es flexible y permite la aplicación del aparato termoeléctrico a una variedad de sustratos que tienen diferentes formas superficiales y/o morfologías. En algunas realizaciones, por ejemplo, un aparato termoeléctrico está aplicado a sustratos curvos y/o a otros con forma no plana.
- 10 En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico que tiene una construcción descrita en esta memoria tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 25 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 30 $\mu\text{V/K}$ o de al menos aproximadamente 50 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 75 $\mu\text{V/K}$ o de al menos aproximadamente 100 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. Un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria, en algunas realizaciones, tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 150 $\mu\text{V/K}$ o de al menos aproximadamente 175 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un coeficiente de Seebeck de al menos aproximadamente 200 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente 25 $\mu\text{V/K}$ hasta aproximadamente 250 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente 50 $\mu\text{V/K}$ hasta aproximadamente 150 $\mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K.

- 25 En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un ZT de al menos 0,5. Un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria, en algunas realizaciones tiene un ZT de al menos aproximadamente 0,7 o al menos aproximadamente 0,8. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un ZT de al menos aproximadamente 1 o al menos aproximadamente 1,5. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un ZT que varía desde aproximadamente 0,5 hasta aproximadamente 2 o desde aproximadamente 0,8 hasta aproximadamente 1,5. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un ZT que varía desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 1,3. En algunas realizaciones, un aparato termoeléctrico descrito en esta memoria tiene un ZT que varía desde aproximadamente 1 hasta 10.

Se ilustran adicionalmente éstas y otras realizaciones mediante el siguiente ejemplo no limitador.

Ejemplo 1. Aparato termoeléctrico

- 35 Se fabricó una primera capa del tipo p proporcionando 35 mg de nanotubos de carbono de pared única (SWNT) a los que se añadieron 17,5 ml de dimetilacrilamida (DMA). La mezcla resultante fue sometida a ondas sonoras de alta energía durante un período de una hora. Se añadió fluoruro de polivinilideno (PVDF) a la mezcla en una cantidad suficiente para que el SWNT alcanzara el 20 por ciento en peso de la mezcla sobre una base de sólidos total. La mezcla de SWNT/PVDF/DMA resultante fue sometida a ondas sonoras de alta energía durante una hora.

- 40 Se lavó en metanol un portaobjetos de cristal de unas dimensiones de 75 mm x 45 mm y se dispuso sobre una placa caliente a 90°C. La mezcla de SWNT/PVDF/DMA fue vertida uniformemente sobre el portaobjetos y se dejó que se evaporara la DMA. La película de SWNT/PVDF seca fue introducida en un horno a 100°C durante 12 horas para que se templara. El portaobjetos fue posteriormente retirado del horno y se vertió metanol sobre la película de SWNT/PVDF. La película de SWNT/PVDF fue retirada cuidadosamente del portaobjetos de cristal, lavada en agua desionizada y secada.

Se preparó una segunda capa del tipo p según el procedimiento anterior. Además, se preparó una capa del tipo n según el procedimiento anterior, la diferencia consistió en que se combinaron nanotubos de carbono con dopaje del tipo n con la DMA y el PVDF.

- 50 Se prepararon dos capas aislantes según el procedimiento que sigue a continuación. Se añadieron 600 mg de polipropileno (PP) a la DMA en una relación de 0,025 ml de DMA con 1 mg de polvo de polipropileno. La mezcla resultante fue sometida a ondas sonoras hasta que el polvo de PP se disolvió en la DMA. Se lavó con metanol un portaobjetos de cristal de unas dimensiones de 75 mm x 45 mm y se dispuso sobre una placa caliente a 90°C. Se vertió homogéneamente la mezcla PP/DMA sobre el portaobjetos, y se dejó que se evaporara la DMA. Se vertió metanol sobre la película de PP resultante, y se retiró cuidadosamente la película de PP del portaobjetos de cristal.

- 55 Las dos capas del tipo p, la capa del tipo n y las dos capas aislantes fueron aplicadas seguidamente para proporcionar el aparato termoeléctrico según se ilustra en la Figura 4. El aparato termoeléctrico resultante se muestra ampliado en la Figura 4 para facilitar la ilustración de los varios componentes del aparato.

Se han descrito varias realizaciones de la invención para la realización de los diversos objetivos de la invención. Deberá entenderse que estas realizaciones son meramente ilustrativas de los principios de la invención presente. Numerosas modificaciones y adaptaciones de éstas serán evidentes para los expertos en la materia sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato termoeléctrico (200) comprendiendo:
al menos una capa del tipo p (1, 201) aplicada al menos a una capa del tipo n (2, 202) para proporcionar una unión pn (4), y
- 5 una capa aislante (3, 207) dispuesta parcialmente entre la capa del tipo p y la capa del tipo n, **caracterizado por que** la capa del tipo p comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono dispuestas en una matriz de polímero y la capa del tipo n comprende una pluralidad de nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n dispuestas en una matriz de polímero.
- 10 2. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, comprendiendo una pluralidad de capas del tipo p (1, 201) aplicadas a una pluralidad de capas del tipo n (2, 202) proporcionando una pluralidad de uniones pn (4) y capas aislantes (3, 207) dispuestas al menos parcialmente entre las capas del tipo p y las capas del tipo n.
3. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde las nanopartículas de carbono de la capa del tipo p (1, 201) comprenden nanotubos de carbono de pared única, nanotubos de carbono de pared múltiple, fulerenos o mezclas de éstos.
- 15 4. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 3, en donde las nanopartículas de carbono de la capa del tipo p (1, 201) comprenden boro.
5. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n de la capa del tipo n (2, 202) comprenden nanotubos de carbono de pared única, nanotubos de carbono de pared múltiple, fulerenos o mezclas de éstos.
- 20 6. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 5, en donde las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n comprenden nitrógeno.
7. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la matriz de polímero de la capa del tipo p (1, 201) comprende un fluoropolímero.
- 25 8. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 7, en donde el fluoropolímero comprende fluoruro de polivinilo, fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno o mezclas de éstos.
9. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la matriz de polímero de la capa del tipo p (1, 201) comprende un poliacrílico, poliolefina o mezclas de éstos.
- 30 10. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde las nanopartículas de carbono están presentes en la matriz de polímero en una cantidad que varía desde el 5 por ciento en peso hasta el 95 por ciento en peso.
11. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 7, en donde la capa del tipo p (1, 201) tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde $10 \mu\text{V/K}$ hasta $35 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K .
12. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la matriz de polímero de la capa de tipo n (2, 202) comprende un fluoropolímero.
- 35 13. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 12, en donde el fluoropolímero comprende fluoruro de polivinilo, fluoruro de polivinilideno, politetrafluoroetileno o mezclas de éstos.
14. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la matriz de polímero de la capa del tipo n (2, 202) comprende un poliacrílico, poliolefina o mezclas de éstos.
- 40 15. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n están presentes en la matriz de polímero en una cantidad que varía desde el 5 por ciento en peso hasta el 95 por ciento en peso.
16. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la matriz de polímero de la capa de tipo n (2, 202) proporciona las nanopartículas de carbono con dopaje del tipo n al dopante del tipo n.
- 45 17. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la capa del tipo n (2, 202) tiene un coeficiente de Seebeck que varía desde aproximadamente $-10 \mu\text{V/K}$ hasta aproximadamente $-35 \mu\text{V/K}$ a una temperatura de 290°K .
18. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 1, en donde la capa aislante (3, 207) comprende un material de polímero aislante de la electricidad.
19. El aparato termoeléctrico (200) de la reivindicación 2 que tiene un ZT de al menos 0,5.

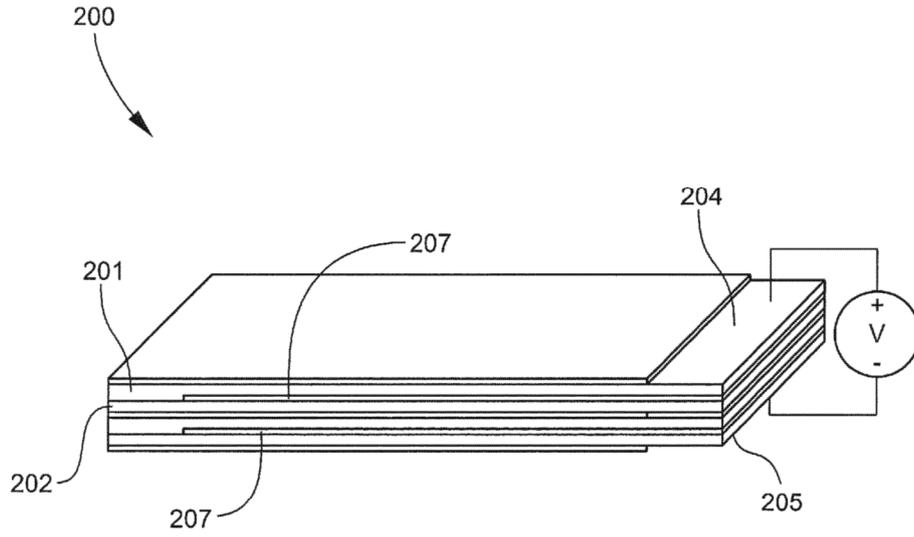


Fig. 2

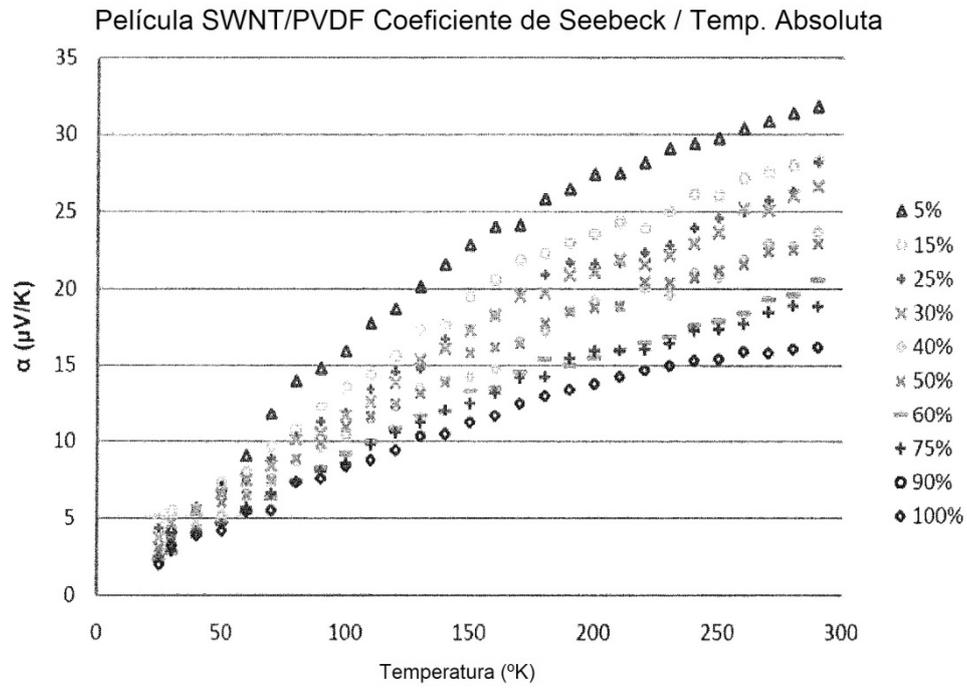


Fig. 3

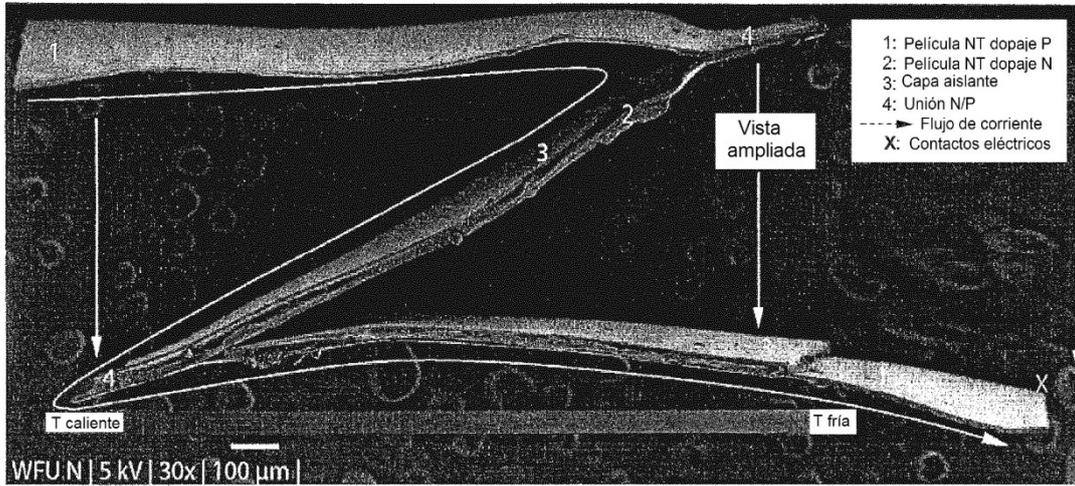


Fig. 4