

AÑO 1958

Expediente núm. \_\_\_\_\_



245094

# REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL

**PATENTE DE** INTRODUCCION

## MEMORIA DESCRIPTIVA

que se acompaña a la solicitud de

una **PATENTE DE INTRODUCCION** por 20 años, en España

a favor de

The General Electric Company Limited, de nacionalidad

Inglesa domiciliado en London W.C.2, Magnet House,  
Kingsway (Inglaterra).

calle de \_\_\_\_\_ núm. \_\_\_\_\_

por:

"Perfeccionamientos en los aparatos termoeléctricos o  
relativos a dichos aparatos"

Nº 9913

Agente Sr. Fernandez Candelas.



e 5 NOV

245094

MEMORIA                    DESCRIPTIVA  
de una Patente de Introducción a nombre de:  
THE GENERAL ELECTRIC COMPANY LIMITED, de nacionalidad inglesa, domiciliada en LONDON W.C.2., Magnet House, Kingsway, (Inglaterra);  
por: "PERFECCIONAMIENTOS EN LOS APARATOS TERMOELECTRICOS O RELATIVOS A DICHS APARATOS".-

... ..

El presente invento se refiere a los aparatos termoeléctricos.

5                    Se han hecho ya diversas investigaciones respecto a la posibilidad de utilizar el efecto termoeléctrico para la refrigeración, la calefacción o la generación de electricidad en una escala comercial. Sin embargo, tales investigaciones, han producido pocos resultados practicables, debido a la eficacia relativamente escasa de los aparatos termoeléctricos de que se trataba.

10                    Desde el punto de vista de la obtención de una elevada eficacia en un aparato termoeléctrico, Altenkirch mostró (Phys.Zeits. 1911, Volúmen 12, página 920) que la medida de la adaptabilidad o conveniencia de un material para ser empleado en



245094.5

15 el aparato, la da una cantidad  $\theta$  igual a  $\eta \sqrt{\sigma/\lambda}$ , donde  $\eta$  es el valor absoluto de la potencia termoeléctrica del material,  $\sigma$  es la conductibilidad eléctrica del material y  $\lambda$  es la conductibilidad térmica del material, todo ello medido a una temperatura dada; para conseguir la máxima eficacia, deberá ser lo más elevada posible.

20 Según la ley Wiedemann-Franz, la razón  $\sigma/\lambda$  es constante para todos los metales a una temperatura dada, de modo que, en general puede decirse que para los metales utilizables los valores más altos de  $\theta$  se obtienen con metales que poseen los más altos valores absolutos en potencia termoeléctrica.

25 No obstante, incluso para aquellos metales que tienen los más elevados valores absolutos de potencia termoeléctrica, el valor numérico de la cantidad  $\theta$  no es nunca superior a 12.000, aproximadamente a 0°C, donde  $\eta$  está expresado en microvoltios/°C,  $\sigma$  está expresado en ohmios<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>, y  $\lambda$  está expresado en w-  
30 tios/cm°C, y para tales valores de  $\theta$  la correspondiente eficacia de un aparato termoeléctrico es tan escasa que para la mayoría de las aplicaciones el aparato carecería comercialmente de utilidad. Se ha considerado, por consiguiente, la posibilidad de utilizar semi-conductores en los aparatos termoeléctri-  
35 cos, ya que, es sabido que los semi-conductores pueden prepararse con valores absolutos de potencia termoeléctrica considerablemente más elevados que los de los metales, aún cuando en los semi-conductores el valor de la razón  $\sigma/\lambda$  es normalmente algo más bajo que en un metal. Hasta el presente, la búsqueda  
40 de semi-conductores apropiados para su empleo en los aparatos termoeléctricos se ha desarrollado, en su mayor parte, sobre una base empírica particularmente por el hecho de que la potencia termoeléctrica  $\eta$  y la razón  $\sigma/\lambda$  varían no solamente



245094

45 de un semi-conductor a otro, sino también en un semi-con-  
ductor determinado, según sea su estado de pureza. Como es  
bien sabido, ciertas propiedades de un semi-conductor pueden  
resultar profundamente afectadas por la inclusión de impure-  
zas de donador o acceptor (usualmente constituidas por átomos  
50 extraños, que pueden ser, en el caso de un compuesto, átomos  
en exceso de uno de los elementos del compuesto), y dos de  
las propiedades que quedan afectadas de este modo son la po-  
tencia termoeléctrica y la conductibilidad eléctrica; si es-  
tas dos cantidades se miden a una temperatura dada, en una  
serie de especímenes de un semi-conductor determinado en  
55 diferentes estados de pureza, y todos del mismo tipo de con-  
ductibilidad, y se reflejan los resultados en un diagrama de  
potencia termoeléctrica contra la conductibilidad eléctrica,  
se halla que el valor absoluto de la potencia termoeléctrica  
es bajo, tanto respecto al bajo como al alto valor de conduc-  
60 tibilidad eléctrica, correspondientes, respectivamente al semi-  
conductor en un estado muy puro y muy impuro, y que el valor  
absoluto de la potencia termoeléctrica alcanza el máximo en  
algún valor intermedio de la conductibilidad eléctrica. El  
presente invento se refiere particularmente al uso de los semi-  
65 conductores que contienen impurezas, los cuales semi-conduc-  
tores tienen propiedades que corresponden a los puntos que se  
encuentran en la parte de la curva arriba mencionada, en los  
cuales el valor absoluto de la potencia termoeléctrica decrece  
al elevarse la conductibilidad eléctrica; estos semi-conduc-  
70 tores serán denominados en esta memoria descriptiva "semi-  
conductores extrínsecos".



245094

75

El presente invento tiene como base la finalidad de hallar criterios sistemáticos para la elección y la preparación de semiconductores, de modo que posean un valor relativamente elevado de la cantidad  $\theta$  más arriba definida.

80

Según el invento, un aparato termoeléctrico comprende, por lo menos, un par termoeléctrico, uno de cuyos elementos -cuando menos-, está constituido por un semi-conductor extrínseco que tiene un peso atómico  $A$  de, por lo menos, 120, y un valor de por lo menos,  $9000/A^2$ , en cuanto a la razón de la masa efectiva de los portadores cargados presentes en exceso en el semi-conductor, respecto a la masa de un electrón libre y conteniendo el semi-conductor tales impurezas que a la temperatura de  $0^{\circ}\text{C}$  el valor absoluto de su potencia termoeléctrica se encuentre entre 200 y 350 microvoltios/ $^{\circ}\text{C}$ .

85

De preferencia, dicho par termoeléctrico comprende dos elementos cada uno de los cuales está compuesto por un semi-conductor extrínseco, con propiedades como las descritas en el párrafo anterior, siendo un elemento del tipo de conductibilidad  $N$ , y el otro elemento del tipo de conductibilidad  $P$ .

90

Las consideraciones sobre las cuales está basada la invención son las siguientes. Para un semi-conductor extrínseco, la conductibilidad eléctrica  $\sigma$  puede ser igual a  $NE\mu$ , donde  $N$  es la concentración de los portadores cargados presentes en exceso en el semi-conductor (electrones de conducción en un semi-conductor de tipo  $N$ , y vacíos en un semi-conductor de tipo  $P$ ),  $E$  es la carga electrónica, y  $\mu$  es la movilidad de los portadores cargados presentes en exceso en el semi-conductor; el valor absoluto de la potencia termoeléctrica  $\eta$  puede ser de  $X(F+W)$ , donde  $X$  es una constante a una temperatura dada,

95

100



245094

105 W es la diferencia de energía entre el punto inferior de la banda de energía electrónica de conducción y el nivel Fermi para un semi-conductor tipo N, y es la diferencia en energía entre el nivel Fermi y el punto más alto de la banda de energía electrónica de valencia para un semi-conductor de tipo P (siendo W positiva cuando el nivel Fermi se encuentra en la banda prohibida), y F es un término cuyo valor depende del tipo de proceso de dispersión al que están sujetos los portadores cargados presentes en exceso en el semi-conductor.

110 Para el tipo de semi-conductor que interesa, la concentración de portador N puede tomarse igual a  $\frac{YM^{3/2}}{\sqrt{1/4} \exp(ZW)}$  donde Y y Z son constantes a una temperatura dada, y M es la razón de la masa efectiva de los portadores cargados presentes en exceso en el semi-conductor respecto a la masa de un electrón.

115 El concepto de masa efectiva surge del hecho de que es necesario considerar el comportamiento de los electrones en el semi-conductor de acuerdo con los principios de la mecánica ondulatoria, más bien que de acuerdo con los principios de la mecánica clásica; con el fin de mantener la concordancia con la mecánica clásica, es conveniente considerar una masa efectiva para el electron, que en general, no será igual a la masa del electrón libre. De hecho, para electrones que tienen energías cercanas al punto alto de una banda de energía electrónica admitida, la masa efectiva es negativa pero es usual considerar tal caso como correspondiendo a un portador cargado positivamente, con una masa efectiva positiva,

120 lo que lleva al concepto de un vacío positivo. En general la masa efectiva no es una magnitud escalar pero con el fin de



245094

130 evitar complejidades en el análisis matemático, conviene tratarla como si así lo fuera; en el presente caso, este tratamiento está justificado por el hecho de considerar la masa efectiva como definida por la relación arriba expresada para la concentración N de portador cargado.

135 Sustituyendo las expresiones dadas más arriba en la relación por  $\theta$ , se deduce que

$$\theta^2 = \frac{X^2 Y \mu E M^{3/2} (F+W)^2}{\sqrt{-1/4 + \exp(ZW)}}$$

135 Así pues, para cualquier semi-conductor dado, existe un valor óptimo de W, para el cual el valor de  $\theta$  es un máximo y este valor óptimo puede calcularse con sencillez, si se supone que las otras cantidades que aparecen en la expresión para  $\theta^2$  arriba indicada son independientes de W (lo cual es aproximadamente cierto, puesto que estas cantidades solo varían lentamente al variar W). El valor óptimo exacto de W depende  
140 del valor de F, y ello según la naturaleza del proceso de dispersión predominante en el semi-conductor de que se trate; no obstante, puede obtenerse una razonable aproximación asignando un valor determinado a F, puesto que  $\theta$  varia relativamente despacio con W en la región del valor óptimo de W y la posible escala de valores para F es relativamente limitada. Suponiendo un valor (correspondiente al centro de esta escala) de  
145 0,071 voltios-electrón para F, a una temperatura de 0°C, el valor óptimo de W puede ser de -0,0075 voltios-electron a una temperatura de 0°C, correspondiendo a un valor absoluto  
150 de potencia termoeléctrica de 230 microvoltios/°C. Además, puede verse que el valor de  $\theta$  no varía mucho sobre la escala



245094

155 de valores de  $W$ , correspondiendo a los valores absolutos de potencia termoeléctrica de 200-350 microvoltios/ $^{\circ}C$ . Así, para obtener la máxima eficacia en un aparato termoeléctrico utilizando un semi-conductor extrínseco, es preciso preparar el semi-conductor con un contenido de impureza tal que su potencia termoeléctrica se encuentre dentro de la escala indicada más arriba. Para cualquier semi-conductor determinado el valor óptimo preciso de la potencia termoeléctrica dentro de esta

160 escala, puede, naturalmente, ser determinado de manera empírica.

Puede verse también que el valor de  $\theta$  aumenta al aumentar el valor de la cantidad  $\mu M^{3/2} / \lambda$  que diferirá de un semi-conductor a otro; puede por consiguiente, concluirse que para una alta eficacia en un aparato termoeléctrico,

165 es necesario emplear semi-conductores que tengan un elevado valor en esta cantidad. Hemos deducido que la cantidad  $\mu M^2 / \lambda$  aumenta con el aumento del peso medio atómico del semi-conductor de que se trate, en el caso de un semi-conductor que sea un compuesto, el peso medio atómico es el peso molecular del compuesto dividido entre el número de átomos de una molécula del compuesto, mientras que en el caso de un semi-conductor que sea un elemento, el peso atómico medio es simplemente el

170 peso atómico del elemento. Podría parecer que a fin de obtener un valor suficientemente elevado de  $\theta$  para la aplicación práctica, fuera necesario escoger semi-conductores de un peso atómico medio de, por lo menos 120. Este criterio, sin embargo, no es suficiente en sí mismo, puesto que algunos semiconductores que tienen tal peso atómico medio pueden tener un valor

175 comparativamente bajo respecto a la masa efectiva de los electrones de conducción y/o de los vacíos. Sobre la escala

180



245094<sup>5</sup> NOV

185 de los pesos atómicos medios, de interés en relación con éste  
invento, la cantidad  $\mu M^2 / \lambda$  aumenta aproximadamente en pro-  
porción al cuadrado del peso atómico medio, y hemos concluido  
que, con el fin de obtener valores suficientemente altos de  
 $\theta$  para usos prácticos, la relación de la masa efectiva de  
los portadores cargados presentes en exceso en el semi-conduc-  
tor, a la masa de un electrón libre ha de tener un valor de,  
por lo menos,  $9000/A^2$ , en donde A es el peso atómico medio  
190 del semi-conductor. Para un semi-conductor que satisfaga  
estas dos condiciones, puede predecirse que el valor de  $\theta$  (ex-  
presado en términos de iguales unidades a las que arriba apa-  
recen) no bajaría apreciablemente de 20.000 a 0°C, cuando el  
semi-conductor esté preparado con una potencia termoeléctrica  
195 en la escala de 200-350 microvoltios/°C.

Con el fin de decidir si algún semi-conductor deter-  
minado concuerda con el segundo criterio arriba expresado,  
es preciso determinar la masa efectiva de los portadores car-  
gados presentes en exceso en el semi-conductor esto puede  
200 hacerse efectuando medidas de la potencia termoeléctrica y  
del coeficiente Hall sobre un espécimen del semi-conductor  
preparado con un contenido de impureza tal que a la tempera-  
tura a la cual se hagan las medidas la conducción eléctrica  
se deba en muy gran parte solamente a un tipo de portador  
205 cargado; a ser posible, es mejor que el espécimen se prepare  
de tal modo que posea una potencia termoeléctrica que se en-  
cuentre dentro de la escala óptima arriba citada. Para un  
especimen monocristalino, al objeto de evitar cualquier com-  
plicación que pueda presentarse debida a la anisotropía de  
210 la estructura cristalina del semi-conductor, es necesario hacer  
las medidas del coeficiente Hall con la corriente fluyendo por



245094

215 el espécimen en la misma dirección relativa a los ejes cristalo-  
gráficos. como sería el caso si el semi-conductor se empleara en  
un aparato termoelectrico y tomar el valor medido más bajo de  
coeficiente Hall si éste varía con la rotación de la dirección  
del campo magnético respecto a la dirección en la cual fluye  
la corriente, de modo similar, para tal espécimen, la potencia  
termoelectrica habrá de medirse en la misma dirección que sería  
la adecuada si se empleara el semi-conductor en un aparato termo-  
220 eléctrico. La masa efectiva de los portadores cargados puede  
deducirse de las medidas de la potencia termoelectrica y el coe-  
ficiente Hall utilizando expresiones similares a las que arriba  
se dan para la concentración N de portador y la potencia termo-  
eléctrica  $\eta$  junto con la relación  $H = 3\pi / 8NE$ , donde H es el  
225 coeficiente Hall. Insertando valores numéricos de las constan-  
tes en estas expresiones, puede deducirse la siguiente ecuación:

$$M^{3/2} = \frac{1530 / -1/4 + \exp(\eta / 86 - 3)7}{H T^{3/2}}$$

230 donde M tiene el significado que le fué asignado más arriba,  $\eta$   
es el valor absoluto de la potencia termoelectrica expresada en  
microvoltios/°C, H es el coeficiente Hall expresado en cm<sup>3</sup>/  
culombio y T es la temperatura a la cual se llevan a cabo las  
medidas expresadas en °K.

235 Un semi-conductor que hemos comprobado concuerda con  
los criterios arriba expresados, respecto al peso atómico medio  
y a la masa efectiva de los portadores cargados, es el telururo  
de bismuto (Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>), cuyo peso atómico medio es 160, y que  
tiene una masa efectiva, tanto de electrones de conducción  
240 como de vacios, aproximadamente igual a la masa de un electrón



245094

libre, según lo determinado por el sistema descrito en el párrafo anterior. Hemos preparado en la forma descrita más abajo especímenes tipo P y tipo N de este material, con potencias termoeléctricas situadas dentro de la escala óptima más arriba expresada; por ejemplo, hemos preparado un espécimen tipo P que tiene en los 0°C una potencia termoeléctrica de 220 microvoltios/°C, una conductibilidad eléctrica de 400 ohm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup>, y una conductibilidad térmica de 0,019 wátios/cm<sup>2</sup>C, lo que da un valor de  $\epsilon$  de, aproximadamente, 32.000, y hemos preparado un espécimen tipo N que, a 0°C tiene una potencia termoeléctrica de 250 microvoltios/°C, una conductibilidad eléctrica de 350 ohm<sup>-1</sup>cm<sup>-1</sup> y una conductibilidad térmica de 0,019 wátios/cm<sup>2</sup>C, lo que da un valor de  $\epsilon$  de 34.000 aproximadamente. El material puede prepararse fundiendo juntas proporciones aproximadamente estequiométricas de bismuto y de telurio, en un recipiente desprovisto de sílice, y después enfriar el material hasta formar un lingote sólido. Si hay presente un ligero exceso de telurio en la función inicial, puede obtenerse un lingote del tipo de conductibilidad N, y el material del tipo de conductibilidad P puede producirse a partir de dicho lingote sometiendo al proceso conocido como fusión de zona, en el cual se forma una zona en fusión en una extremidad del lingote, que después se hace pasar a través del lingote, hasta el otro extremo. Un lingote de conductibilidad tipo P puede obtenerse también incluyendo un ligero exceso de bismuto en la fusión inicial. De lo que antecede, resulta evidente que el exceso de telurio y bismuto respectivamente actúan como donador y aceptor, en impurezas dentro del telurio de bismuto.



245094

270

Se describen a continuación dos disposiciones, de conformidad con el invento, por vía de ejemplo, con referencia a los planos diagramáticos que se acompañan, en los cuales:

La figura 1 es una vista parcial seccionada de un refrigerador termoeléctrico; y la

275

Figura 2 es una vista en sección de un generador termoeléctrico diseñado para utilizar el calor sobrante.

280

En la figura 1, el refrigerador comprende una cámara de refrigeración, en forma de caja cúbica, que tiene cuatro paredes similares 1 de material aislante del calor, una puerta 2 de material aislante, y una pared posterior, que constituye la unidad refrigeradora ordinaria. En esta pared se ha dispuesto una gran serie de pares termoeléctricos, cada uno de los cuales incluye una barra 3 de telururo de bismuto tipo P y una barra 4 de telururo de bismuto tipo N, estando dispuestas las barras 3 y 4 con sus ejes longitudinales perpendicularmente al plano de la pared posterior. Cada barra 3 y 4 va conectada por sus extremidades interiores y exteriores a diferentes barras adyacentes 4 ó 3 del tipo conductor opuesto, por medio de tiras de cobre 5, de modo que los pares termoeléctricos están conectados eléctricamente en serie; se apreciará que durante el funcionamiento del refrigerador cada tira de cobre 5 se encuentra a una temperatura uniforme y por consiguiente, no contribuye al efecto termoeléctrico sino que simplemente sirve como una conexión conductora. Es, desde luego, deseable que la resistencia de las bandas de cobre 5 se haga tan baja como sea practicable, a fin de minimizar la generación de calor desde dichas bandas 5. Las barras 3 y 4 y las tiras de cobre 5 están moldeadas todas ellas dentro de un bloque de material aislante de la

285

290

295



245094.5 NOV

300 electricidad 6, que sirve para aislar los diversos miembros del equipo termoeléctrico entre sí; la profundidad del material aislante que cubre las tiras 5 en las caras interna y externa del bloque 6 será tan débil como sea posible a fin de no impedir el paso del calor. En la cara externa del bloque 6 va fijada una placa de metal 7 que lleva una serie de aletas refrigeradoras metálicas 8.

305 Los pares termoeléctricos terminales de la unidad de refrigeración van provistos de plomos exteriores 9 y 10 y cuando entra en funciones el refrigerador se conecta una fuente de voltaje constante entre estos plomos, de modo que pase una corriente directa a través de los pares termoeléctricos en tal sentido que el calor es absorbido en las juntas entre las barras 3 y 4 al exterior de la pared. Las juntas al exterior de la pared se mantienen a una temperatura aproximadamente constante por la refrigeración del aire, con lo que el interior de la cámara de refrigeración será así enfriado.

315 Se apreciará que tanto el telururo de bismuto de tipo P como de tipo N han de prepararse de modo que tengan valores absolutos de potencia termoeléctrica situada en la escala óptima más arriba especificada. Además de tener que cumplir esta condición, es necesario, que con el fin de obtener el máximo de eficacia que queden satisfechas otras dos relaciones. La primera de ellas es

320

$$\frac{L S}{N P} \sqrt{\frac{\sigma_P \lambda}{P P}} = \frac{L S}{P N} \sqrt{\frac{\sigma_N \lambda}{N N}}$$

325 en donde los sufijos N y P se refieren, respectivamente al telururo de bismuto tipo N y tipo P empleados en los pares



245094

330 termoelectricos,  $\sigma$  y  $\lambda$  tienen los significados asignados a estos signos más arriba, L es la longitud de una barra 3 o 4, y S es el área seccional de una barra 3 ó 4. Normalmente será más conveniente, en la práctica atender a esta condición haciendo que  $L_N$  igual a  $L_P$  y escogiendo los valores de  $S_N$  y de  $S_P$  conforma a ello.

La segunda condición es

$$RI = \frac{\eta_c (T_1 - T_2)}{\sqrt{1 + K^2} - 1}$$

335 en donde R es la total resistencia de un par termoelectrico (que es igual a  $L_N / \sigma_N S_N + L_P / \sigma_P S_P$ ), I es la corriente que fluye a través de los pares termoelectricos,  $\eta_c$  es la potencia termoelectrica total de un par termoelectrico,  $T_1$  y  $T_2$  son las respectivas temperaturas absolutas de las juntas caliente y fría, y K es  
 340 igual a

$$\frac{\eta_c}{\sqrt{\lambda_N / \sigma_N + \lambda_P / \sigma_P}} \sqrt{\frac{T_1 + T_2}{2}}$$

345 Con una disposición tal como la arriba descrita, empleando el telururo de bismuto tipo P y tipo N, preparado de forma que se obtengan valores absolutos, respectivamente, de potencia termoelectrica de 220 y 250 microvoltios/°C hemos encontrado posible obtener una diferencia de temperatura máxima de unos 37° C  
 350 entre las juntas calientes y fría de los pares termoelectricos cuando las juntas calientes estén mantenidas a una temperatura de unos 13°C.

245094-5



355 El refrigerador descrito más arriba tiene la ventaja de no poseer partes móviles, y por consiguiente no hace ruido en su funcionamiento, y no hay riesgo de fuga de vapores molestos, a la atmósfera, y por otra parte, su coste de mantenimiento es insignificante.

360 Con referencia ahora a la figura 2, señalaremos que el generador termoeléctrico incluye un equipo de pares termoeléctricos conectados eléctricamente en serie y construidos en una forma similar a la unidad de refrigeración representada en la figura 1; cada par termoeléctrico incluye una barra de telururo de bismuto tipo N y una barra 12 de telururo de bismuto tipo P, estando conectadas las barras 11 y 12 entre sí, por sus extremos, por tiras de cobre 13, y moldeadas en un bloque 14 de material aislante de la electricidad. El bloque 14 está dispuesto con sus caras mayores respectivamente en contacto con las paredes de las dos cámaras 15 y 16. El vapor de baja presión, derivado, por ejemplo del trabajo de una turbina, va a la cámara 15 por un tubo de conducción 17 y se condensa en la pared de la cámara 15, calentando una serie o juego de las juntas alternadas de los pares termoeléctricos; el agua que se condensa en la cámara 15 sale a través del conducto de desagüe 8. El agua enfriada va a la cámara 16 por medio de un tubo 19, fluye a través de la cámara 16, de manera que enfríe la otra serie de juntas alternadas de los pares termoeléctricos y sale afuera por el tubo de desagüe 20. Durante el funcionamiento, aparece un voltaje en el equipo de los pares termoeléctricos igual a la suma de los voltajes generados por todos los pares termoeléctricos y los plomos externos 21 y 22 conectados a los pares termoeléctricos terminales del equipo están dispuestos para conectar el generador a la carga.

365

370

375

380

245094



385 Ha de hacerse notar nuevamente que el telururo de bismuto tipo N y tipo P habrá de estar preparado con un valor apropiado de potencia termoeléctrica, según se especifica más arriba. Además de cumplir esta condición, es preciso para obtener la máxima eficacia, satisfacer la relación dada arriba entre las dimensiones de las barras y sus conductibilidades eléctrica y térmica. A fin de obtener el máximo rendimiento, 390 la resistencia total del generador habrá de hacerse igual a la de la carga, y al objeto de economizar espacio y material, las longitudes de las barras 11 y 12 habrán de ser tan breves como sea practicable.

395 Ha de hacerse notar que hay fuentes de calor distintas de las empleadas en la disposición de elementos citada, que pueden emplearse en relación con los generadores termoeléctricos según el presente invento; por ejemplo, tales generadores pueden tener una particular aplicación en relación con la utilización 400 de la energía solar o de la energía atómica.

En ciertos casos pueden hacerse funcionar los aparatos termoeléctricos según este invento con las juntas calientes de sus pares termoeléctricos mantenidas a temperaturas muy elevadas, por ejemplo, a fin de obtener una gran eficacia pueden 405 hacerse funcionar los generadores termoeléctricos con las uniones calientes a una temperatura de varios centenares de grados C. En tales casos, es preciso que los semi-conductores empleados, además de cumplir las condiciones arriba expresadas, poseen un valor suficientemente alto de diferencia de energía entre 410 la banda de valencia y la de energía de conducción electrónica para asegurar que no se verifica conducción intrínseca en ninguna medida importante, en la parte superior de la escala de



245094

415 temperatura de trabajo; si no se cumple esta condición, puede resultar de ello una considerable reducción de la potencia del par termoeléctrico.

Aún cuando en la disposición de elementos descrita más arriba, los elementos de cada par termoeléctrico estaban respectivamente compuestos de especímetros tipo P y tipo N del mismo semi-conductor, sería posible también utilizar especí-  
420 menes del tipo P y del tipo N de diferentes semi-conductores; tal combinación podría ser deseable, por ejemplo, si un semi-conductor determinado, es conforme a las condiciones especificadas más arriba al estar preparado de modo que tenga solo un tipo de conductibilidad, pero no se ajusta a las mismas  
425 en cambio cuando está preparado de manera que tenga el tipo de conductibilidad opuesto. En otras disposiciones, uno de los elementos semi-conductores de un par termoeléctrico podría reemplazarse por un elemento metálico, siempre que las potencias termoeléctricas relativas de los dos elementos del par  
430 termoeléctrico resultante, fueran de signo opuesto.

. - . N O T A . - .

435 1.- Perfeccionamientos en los aparatos termoeléctricos o relativos a dichos aparatos, caracterizados por comprender por lo menos, un par termoeléctrico, uno al menos de cuyos elementos está compuesto por un semi-conductor extrínseco que tiene un peso atómico medio  $A$ , de por lo menos, 120, y un valor de, por lo menos  $9000/A^2$ , para la razón de la masa efectiva de los portadores cargados presentes en exceso en el



245094

440

semi-conductor, a la masa del electrón libre, conteniendo el semi-conductor tales impurezas que a una temperatura de 0°C el valor absoluto de su potencia termoeléctrica se encuentre entre 200 y 350 microvoltios/°C.

445

2.- Perfeccionamientos según lo reivindicado en el punto 1, caracterizado porque el citado semi-conductor es telururo de bismuto.

450

3.- Perfeccionamientos según la reivindicación 1ª caracterizados porque el citado par termoeléctrico comprende dos elementos, compuesto cada uno de ellos de un semi-conductor extrínseco que tiene las propiedades indicadas en la reivindicación 1, siendo uno de los elementos de conductibilidad tipo N y el otro elemento de conductibilidad tipo P.

455

4.- Perfeccionamientos según la reivindicación 3 caracterizados porque los dos elementos citados están compuestos de telururo de bismuto.

460

5.- Perfeccionamientos según lo reivindicado en el punto 1, caracterizados por un refrigerador termoeléctrico que comprende una cámara de refrigeración en la que existe una pared, en la cual hay dispuesta una pluralidad de pares termoeléctricos estando los pares termoeléctricos conectados eléctricamente en serie y dispuestos con un juego de juntas alternadas al lado interior de la pared, y el otro juego de juntas alternadas mirando al lado exterior de la pared.

465

6.- Perfeccionamientos según lo reivindicado en el punto 1 caracterizados porque el generador termoeléctrico comprende una fuente de calor, una conducción de calor y una pluralidad de pares termoeléctricos estando los pares termoeléctricos conectados electricamente en serie y dispuestos con un juego de juntas alternadas cerca de la fuente de calor y el otro juego junto a la conducción de calor.



245094

7.- PERFECCIONAMIENTOS EN LOS APARATOS TERMOELECTRICOS O RELATIVOS A DICHOS APARATOS.

Tal como se describe y reivindica en la presente Memoria Descriptiva que consta de dieciocho hojas escritas a máquina por una sola cara y de una lámina de dibujos.

Madrid, 5 NOV 1950

*Carlos J. J. J.*



245094

Fig.1.

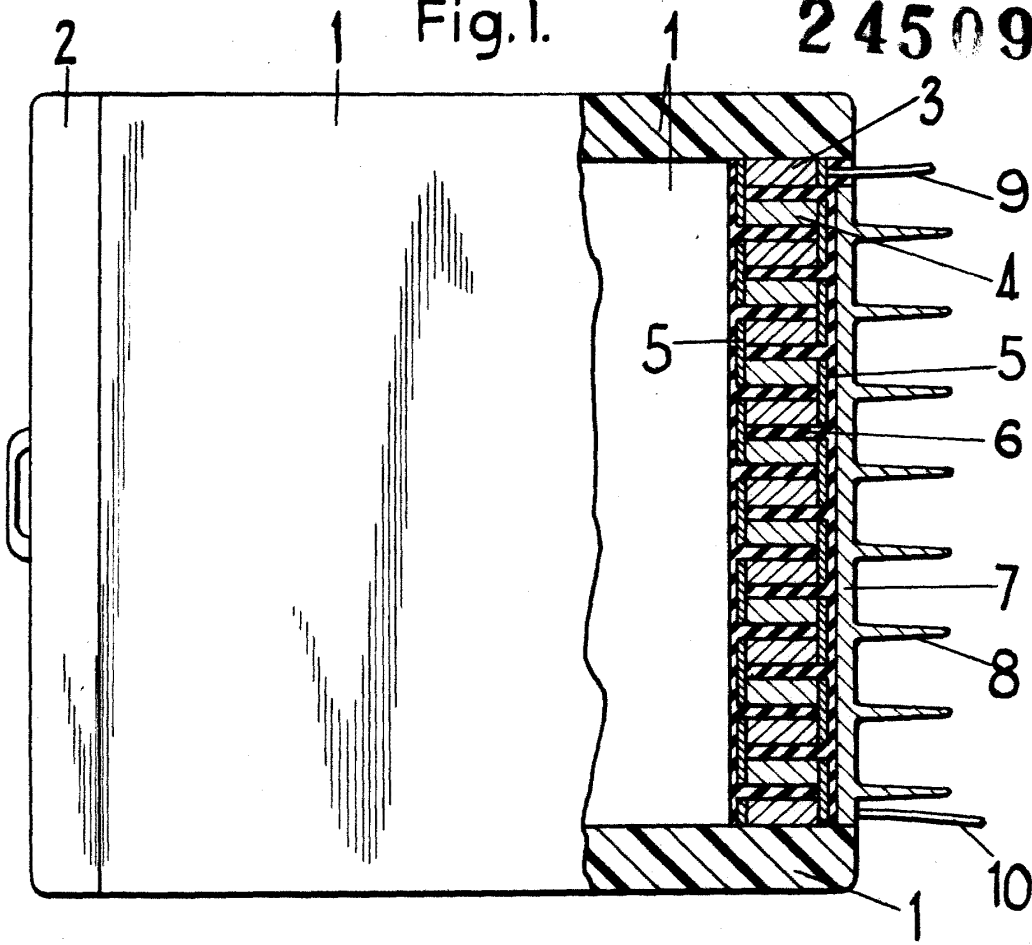
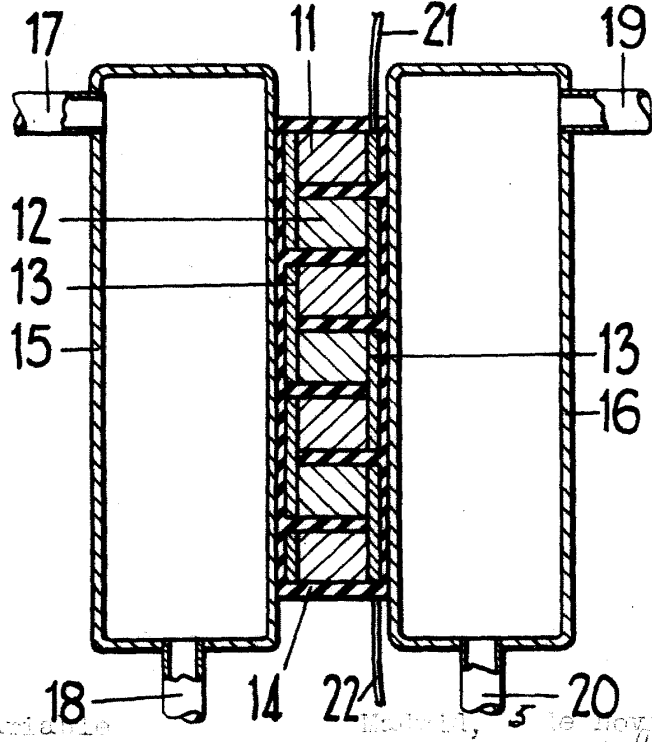


Fig.2.



*Carlo-Jacobs*