

C. Kunzler-Matthias 3-14.

JE.

276930



P A T E N T E D E I N V E N C I O N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY, INCORPORATED, de nacionalidad
norteamericana, domiciliada en NEW YORK (E.U.) 195 Broadway

por:

"Perfeccionamientos en la fabricación de imanes super -
conductores".

=====

M e m o r i a d e s c r i p t i v a .

El presente invento se refiere a la fabricación
de imanes superconductores, provistos de un arrollamiento
de material superconductor, combinado con medios para
mantenerlo a baja temperatura y por el cual se hace circu-
lar una corriente eléctrica que desarrolla un campo magné-

21A



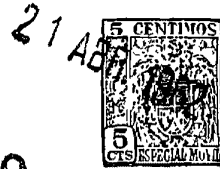
276930

tico elevado.

Los perfeccionamientos de este invento se refle-
ren especialmente al empleo para construir el arrollamien-
to del iman, de un nuevo material superconductor del sis-
5 tema niobio-circonio.

El descubrimiento de la superconductividad, hace
ahora medio siglo, suscitó inmediatamente conjeturas acer-
ca de una multitud de aparatos interesantes. Uno de los
más notables es el imán superconductor, cuyo funcionamien-
to depende de la circulación continua y sin pérdidas, de
10 una corriente eléctrica, por un arrollamiento o solenoide
conectado en derivación. En este aparato, las espiras,
hechas de un material superconductor y mantenidas por de-
bajo de la temperatura de transición superconductiva, per-
miten un flujo ininterrumpido de corriente, que proporcio-
15 na un campo en relación con la corriente y el número de
vueltas, de igual modo que en un solenoide ordinario. Una
estructura análoga dispone un circuito comprobador fuera
del crióstato, pero debe sus ventajas a las mismas propie-
dades superconductoras.
20

Aunque nunca ha dejado de intrigar a cada nueva
generación de hombres de ciencia, ha sido lento el desa-
rrollo de un imán superconductor práctico. Esto obedece
en gran parte a la incompatibilidad pronto observada del
25 estado superconductor y los campos magnéticos circundan-
tes, y se ha observado que materiales superconductivos,
aun por debajo de sus temperaturas de transición, cesan
de actuar como superconductores al colocarlos en un campo
magnético. La potencia del campo magnético para destruir
30 / eficazmente la superconductividad varía según el material,



5 aumenta al bajar la temperatura a menos de su valor crítico, y depende también de la cantidad y dirección del flujo de corriente en el superconductor. Esta magnitud, conocida a veces por campo crítico (H_c), representa el campo máximo que puede producirse en una configuración de imán obtenida con un material superconductor determinado. Hasta no hace mucho, los valores máximos de H_c observados eran del orden de uno o pocos kilogauss. Como pueden obtenerse comunmente campos de esta intensidad, en solenoides ordinarios, con un consumo bastante bajo de potencia, no era grande el estímulo para superar los problemas prácticos que implicaba mantener estructuras semiconductoras a las temperaturas muy bajas requeridas.

10 Recientemente se ha reavivado el interés por configuraciones de imán superconductoras, en parte al menos, por haberse apreciado que los campos resultantes serían útiles para contener plasmas destinados a la producción de energía eléctrica. Se ha calculado que estructuras corrientes de solenoide, aunque capaces sin duda de suministrar los campos necesarios, consumen por su naturaleza más de lo que puede producir el contenido de los plasmas o matrices.

15 Descubrimientos recientes de importancia comprenden el de que composiciones del sistema sólido dúctil molibdeno-renio tienen valores críticos de campo cercanos a 20 kgauss. Se han propuesto en efecto, configuraciones magnéticas de ese material, que daban intensidades de campo superiores a 15 kgauss (32 Journal of Applied Physics, 325-326). En fecha más reciente se ha descubierto que el compuesto superconductor Nb_3Sn , preparado de cierto modo

20

25

30



conduce corrientes altas mientras soporta campos del ór-
den de 100 kgauss por lo menos. Si bien son sorprenden-
tes estas propiedades recién descubiertas del Nb₃Sn, la
fragilidad propia del material impide adaptarlo fácilmente
5 a la fabricación de alambre. En realidad, esas notables
propiedades se han observado en materiales producidos me-
diante reacción de los elementos solo después de reducir-
los a polvo, mezclarlos, introducirlos en un tubo, darles
las dimensiones convenientes y configurarlos de modo ade-
10 cuado. Densidades de corriente del orden de 150.000 ampe-
rios/cm² y campos críticos del orden de 100 kgauss justi-
ficar esta sucesión de operaciones, mientras no se pueda
disponer de un material rival que pueda recibir más fácil-
mente la forma de alambre deseada. Aunque hay razones para
15 creer que no sea fácil obtener densidades de corriente de
esta magnitud en materiales más dúctiles, interesarían ma-
teriales de características mecánicas mejores, capaces de
resistir elevados campos magnéticos aún con menor densidad
crítica de corriente. Así como el campo crítico es un lí-
20 mite absoluto para el campo definitivo que pueda producir-
se en un arrollamiento superconductor, la capacidad porta-
dora de corriente, puede hacerse mayor siempre, aumentando
simplemente el diámetro del alambre utilizado. También
es posible aumentar el número de espiras de un diámetro
25 dado.

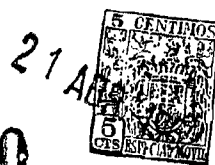
Está universalmente admitido que existe una rela-
ción íntima entre temperatura crítica y campo crítico, y
se aprecia de modo general, que el estado superconductor
se destruye a medida que disminuyen los campos aplicados
20 en materiales que presentan temperaturas críticas cada vez



más bajas. No se observa discrepancia de esta relación admitida al comparar los materiales Mo-Re y Nb₃Sn, de los cuales el primero presenta una temperatura crítica máxima de unos 12°K ($H_c = 18$ kgauss), y el segundo, del orden de 5 18°K ($H_c = 100$ kgauss). Como, en general la ductilidad y la elaborabilidad son características de las soluciones sólidas, más que de las composiciones, y solamente se han comprobado para composiciones temperaturas críticas superiores a las de Mo-Re; hasta hace poco parecía improbable 10 que se encontrara un material dúctil con un valor H_c que compitiera con el de Nb₃Sn.

De conformidad con el presente invento, se ha descubierto que las soluciones sólidas del sistema niobio-circonio, aunque presentan temperaturas críticas máximas 15 menores que las del sistema Mo-Re, son capaces de resistir campos del orden de 90 kgauss y más en estado superconductor. Aun cuando la capacidad portadora de corriente de los materiales del sistema Nb-Zr es bastante menor que la de Nb₃Sn, no necesita en cambio las envolturas empleadas para preparar configuraciones alámbricas del material Nb₃Sn, lo cual aumenta comparativamente tal capacidad 20 en el material nuevo. Estudios efectuados hasta ahora han revelado densidades críticas de corriente del orden de 2×10^4 amperios/cm² y más.

Como ya se ha dicho, las composiciones empleadas según este invento son soluciones sólidas del sistema Nb-Zr. Aunque estos materiales muestran un margen casi completo de solubilidad, para los fines de este invento y por las razones aquí apuntadas, el margen de composiciones que interesa es el comprendido entre las composi- 30



ciones de 10% de Nb y 90% de Zr y las de 90% de Nb y 10% de Zr, a base de átomos por 100. Siempre que se mencione en esta memoria, una composición del sistema Nb-Zr o simplemente Nb-Zr, se ha de entender que esta expresión designa una de estas dos soluciones mencionadas o cualquier solución de composición intermedia.

El invento consiste como se ha dicho, en perfeccionamientos en la fabricación de imanes superconductores, del tipo que comprende un arrollamiento formado por una serie de espiras de material superconductor, mantenido a una temperatura igual o inferior a la temperatura crítica de este material y por cuyo arrollamiento se hace circular una corriente eléctrica de tal magnitud que produzca un campo de 30 kgauss por lo menos. Estos perfeccionamientos se caracterizan por construir el arrollamiento de un material constituido por una solución sólida del sistema Nb-Zr que contenga de 10 a 90 átomos por 100 de niobio, siendo el resto circonio.

El invento se comprenderá mejor con referencia a los planos adjuntos en los cuales:

La figura 1, representa en sección un electroimán o solenoide superconductor con los perfeccionamientos de este invento.

La figura 2, es una gráfica de la relación entre la temperatura crítica y la composición del material superconductor del sistema Nb-Zr, de este invento. En esta gráfica, las ordenadas representan la temperatura en grados Kelvin y las abscisas la composición atómica en %; es decir, las cifras que figuran en la escala de las abscisas representan el tanto % de niobio, entendiéndose que el res-

21 AB



276930

to hasta 100 es circonio.

La figura 3, es una gráfica de la relación entre corriente crítica y composición. En esta gráfica las ordenadas representan la densidad de corriente en amperios por cm^2 y las abscisas representan la composición en átomos por 100, como en la figura 2.

La figura 4, es una gráfica de la relación entre corriente crítica y campo crítico, para algunas composiciones de material superconductor según este invento. En esta gráfica, las ordenadas representan la densidad de corriente en amperios por cm^2 y las abscisas el campo magnético en kgauss.

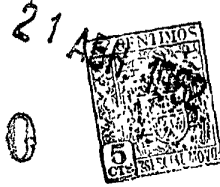
En la figura 1 se representa un criostato anular -1- de unos 46 cm. de diámetro externo, 15 cm. de diámetro interno y 76 cm. de longitud o altura lleno de helio líquido, y que contiene 7000 vueltas por centímetro de espiras -2- de Nb-Zr. Del arrollamiento salen unos terminales 5 y 6. Puede aplicarse a este criostato, una bomba no representada, para obtener una variación de temperatura correspondiente a la variación del punto de ebullición del helio líquido a diferentes presiones; la bomba empleada en el trabajo experimental descrito en esta memoria permite regular la temperatura entre 1,5°K y 4,2°K, lo que corresponde a una escala de presiones que abarca desde 3,5 cm. de Hg hasta la presión atmosférica.

El trabajo experimental que condujo a los valores medidos en este caso, utilizaba un generador de corriente continua en serie con una o más resistencias variables. De este modo era posible variar la corriente que pasaba por la muestra superconductiva, y ajustando también el



campo aplicado, determinar la relación entre la corriente crítica y el campo crítico. En la práctica, un solenoide como el representado en la figura 1, puede evitar pérdidas de resistencia y eliminar así la necesidad de un generador de corriente continua, empleando un dispositivo para derivar la corriente. Tales disposiciones se consideran bien conocidas en el ramo, y el presente invento admite el uso de circuitos usuales y también de ciertos dispositivos nuevos. Cada una de estas dos técnicas tiene sus ventajas. Cuando ha de variarse el campo magnético durante el funcionamiento, es necesario emplear un generador de corriente continua con una resistencia variable u otro medio de ajuste. Si lo que interesa es un campo constante, se obtiene la máxima eficacia empleando una derivación. Cuando hayan de emplearse densidades de corriente muy elevadas, puede ser imposible emplear un generador de corriente continua y otros elementos de circuito expuestos al aire, a causa de las grandes pérdidas de calor.

Los valores trazados en la figura 2 se determinaron por el método usual de exclusión de flujo, empleando mediciones obtenidas con un galvanómetro balístico a través de un par de arrollamientos secundarios conectados en oposición de serie, ambos contenidos en arrollamientos primarios. De conformidad con este método, la muestra se coloca dentro de uno de los arrollamientos, y el primario se pulsa con un circuito intermitente de reposo y trabajo, por ejemplo, a 6 voltios y 10 miliamperios. Un arrollamiento primario individual con un núcleo de aire o que contenga cualquier material no superconductor muestra una tensión inducida variable con el tiempo, a causa de



penetración de flujo. Un arrollamiento que contenga un material superconductor no muestra tal cambio, ya que el superconductor excluye el flujo. Se obtiene un valor distinto de cero en el galvanómetro en una dirección determinada, cuando la muestra colocada dentro de uno de los secundarios es superconductiva. El galvanómetro empleado, integraba durante un segundo aproximadamente, intervalo adecuado para asegurar la penetración completa de cualquier material no superconductor contenido dentro de un arrollamiento secundario. Tales lecturas se repitieron para cada muestra (alrededor de 12), a temperaturas sucesivamente mayores, y se obtuvo un cero, que indicaba penetración completa de flujo e interrupción del estado superconductor. Las mediciones de temperatura crítica marcadas en la figura 2 corresponden a la máxima que dió un valor distinto de cero en el galvanómetro.

Se aprecia en la figura 2 que la temperatura crítica más alta para el sistema Nb-Zr es de unos 11,6°K, que corresponde a una composición de 60 a 80% de niobio. Temperaturas críticas correspondientes a composiciones límites de 10% de Nb y 90% de Zr. y de 90% de Nb y 10% de Zr, son aproximadamente las de 7,7°K y 10,5°K, respectivamente.

Las curvas de las figuras 3 y 4 se han trazado según datos obtenidos como sigue: Se cortó una muestra rectilínea de 0,012 x 0,304 x 2,22 cm. del material que se había de ensayar se aplicaron conductores de corriente, de cobre, a los extremos, y se conectaron conductores de potencial también de cobre, aproximadamente a 0,635 cm. de los extremos, con una separación aproximada de 0,952 cm.



entre ambos. Luego se puso la muestra en un crióstato que
contenía helio líquido, y se colocó dentro de un solenoide
de manera que el eje mayor de la muestra quedase normal al
eje del núcleo del solenoide. Los conductores salían fue-
5 ra del crióstato; los de corriente se conectaron a un ge-
nerador de corriente continua de 6 voltios a través de una
resistencia variable, y los de tensión se acoplaron a la
entrada de un amplificador de corriente continua Lhston
Becker, cuya salida se conectó a un registrador Speedomax
10 tipo H de Leeds & Northrup.

En el crióstato se podía disponer de dos tempera-
turas y las mediciones se hicieron a una u otra de ellas,
según se indica en la figura 4. La primera temperatura,
de 4,2°K, corresponde al punto de ebullición del helio lí-
15 quido a presión atmosférica; la segunda, de 1,5°K, se ob-
tuvo manteniendo un vacío del orden de 3,6 mm. de Hg por
encima de la superficie del helio. Se determinaron corrien-
tes críticas para diversos valores de campo crítico eligien-
do un valor de campo adecuado y aumentando la corriente
20 que atravesaba las muestras, mediante ajuste de la resis-
tencia variable hasta observar un descenso mensurable del
orden de unas centésimas de microvoltio. El solenoide y
los elementos de circuito en este caso limitaban las medi-
ciones a un campo máximo de 88 kgauss y a corrientes máxi-
25 mas algo por debajo de 35 amperios. En general, se midió
la corriente crítica para unos diez valores correspondien-
tes de campo crítico.

Las unidades de ordenadas de las figuras 3 y 4
designan densidad crítica de corriente en amperios/cm². Es-
30 te es el parámetro usual para determinar la capacidad por-



276930

tadora de corriente de una muestra superconductiva, y se calcula dividiendo la corriente medida por el área de la sección transversal. Desde luego se reconoce que este cálculo sugiere un mecanismo portador de corriente que, aun siendo estrictamente exacto para comparar las mediciones aquí reseñadas, hechas todas ellas en muestras de sección transversal aproximadamente igual, puede no constituir una base exacta para comparar muestras de distinta área de sección transversal. Puede esperarse de materiales no elaborados del sistema Nb-Zr que muestren superconductividad "blanda", es decir, que las corrientes que circulen por tales materiales se limiten a una envoltura delgada, de espesor igual a la profundidad de penetración que se extiende a toda la superficie de la configuración. En cambio, el hecho de que la corriente crítica aumente mucho con la elaboración (fig. 4) indica que el material va adquiriendo algunas de las características de un superconductor "duro", y que el flujo de corriente es filamentososo, al menos en parte. Se ha observado experimentalmente en varios sistemas que la corriente crítica de un superconductor "duro" varía más o menos directamente con el área de la sección transversal, mientras que la de un superconductor "blando" lo hace con un primer orden del diámetro. Los datos indicados para los materiales de Nb-Zr dan valores de densidad de corriente que pueden alcanzarse en alambre Nb-Zr de cualquier sección transversal, suponiendo el mismo grado de elaboración. Cuando por cualquier razón los datos indicados para los materiales de Nb-Zr no elaborados hayan de servir de norma para el diseño o cálculo de un aparato, las cantidades indicadas deben ajustarse conforme

21 A



al perimetro de la seccion transversal.

En la figura 3 se han trazado cuatro curvas. La curva inferior representa la variacion de la densidad critica de corriente en un material no elaborado (67% de Nb con 33% de Zr), y las otras tres muestran la misma relacion para materiales elaborados. Cada una de las muestras elaboradas se laminó a las dimensiones finales hasta conseguir una reduccion de 97%.

Para los fines de este invento, elaboracion en frio o reduccion indica una reduccion de 60% por lo menos. Pero como el numero de filamentos aumenta al ser mayor la reduccion, convendra generalmente introducir la cantidad maxima posible de elaboracion. Los materiales del sistema Nb-Zr se reducen facilmente en 90% o mas, y esta cifra representa un grado minimo preferido de elaboracion para los fines del invento. Estas limitaciones se calculan sobre la base metalurgica habitual, es decir:

$$\frac{\text{Area primitiva de seccion transversal} - \text{Area final de seccion transversal}}{\text{Area primitiva de seccion transversal}} \times 100\%$$

En la figura 3, se trazan valores criticos de corriente para tres distintos valores de campo aplicado: 30, 60 y 88 kgauss. La curva inferior que se refiere a una muestra no elaborada se ha trazado para el valor mas alto de campo de 88 kgauss. Las formas de las curvas de esta figura seran de interes para los entendidos en la materia, porque indican una tendencia. De los datos registrados se desprende que la relacion entre temperatura critica (fig. 2) y corriente critica (fig. 3) no es directa. Se advierte ademas una ligera desviacion en la posicion de la densidad "punta" de corriente para distintos valores de H. Es de



276930

suponer que los entendidos en esta materia asignarán a los datos registrados la importancia que merecen. Sin duda, la desviación de la forma de curva se debe en parte a la influencia del grado de elaboración en frío, y es de esperar, aun sin fundarse en la teoría, que dentro del sistema Nb-Zr el campo crítico máximo y la corriente crítica máxima correspondan a la temperatura crítica máxima, siempre que la forma física sea idéntica. Las curvas de la figura 4 sirven para indicar la variación característica de la corriente crítica con el campo crítico para diversas composiciones del sistema Nb-Zr. La segunda curva, empezando por abajo se refiere a una muestra no elaborada de 67% de Nb y 33% de Zr, y las demás curvas se refieren a muestras elaboradas de 25% de Nb y 75% de Zr; 50% de Nb y 50% de Zr; y 67% de Nb con 33% de Zr. Todas estas curvas se derivan de datos obtenidos a 1,5°K. Como termico de comparación se ha trazado una curva para material elaborado, obtenida a 4,2°K.

El procedimiento de este invento, para la obtención de materiales superconductivos de niobio circonio con las cualidades antes reseñadas, se ejecuta como sigue: Se pesan las cantidades requeridas de niobio y de circonio para obtener una aleación de estos metales en las proporciones deseadas y se funden en un horno eléctrico de arco inerte de soldadura en botón. El horno comprende un crisol de cobre con refrigeración por agua, cuyo crisol, junto con su contenido, sirven de primer electrodo, y encima va dispuesto un segundo electrodo, por ejemplo de tungsteno y también refrigerado por agua, desde el cual se establece un arco eléctrico que funde el material contenido en el crisol.

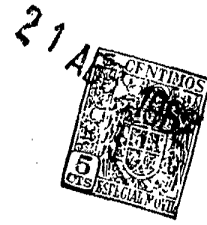
21
276930



5 El crisol de cobre empleado por los inventores
tenia una cavidad hemisférica de 1,90 cm. de diámetro y
el electrodo de tungsteno se mantiene a una pequeña dis-
tancia sobre el nivel del material contenido en crisol
10 (por ejemplo 0,635 cm). Se provoca un arco con corriente
de alta frecuencia (0,5 mc o más), y se mantiene con un
potencial de corriente continua suficiente para fundir el
material. Para una carga total de 10 g., un potencial de
40 voltios a 0,635 cm. de distancia dió una corriente apro-
ximada de 300 amperios, suficiente para fundir en unos 10
a 15 segundos. Como se impide la fusión en la superficie
de contacto del contenido y el crisol refrigerado con agua,
se homogeneiza simplemente invirtiendo la carga y repitiendo
15 el proceso varias veces. Han resultado adecuadas cinco
o seis repeticiones en los experimentos realizados.

Para preparar las muestras para las mediciones,
se siguió la técnica experimental expuesta a continuación:

20 Empleando una carga de alrededor de 10 g. en to-
tal, las dimensiones del botón eran aproximadamente
de 1,90 cm. de diámetro por 0,952 cm. de altura. Con
una muela de disco, se cortó primero el botón en dos
semicírculos, y luego se separó una chapa de 0,038
cm. de espesor, paralelamente al corte inicial. De
la chapa se cortaron barritas de 0,038 x 0,038 cm. de
25 sección transversal y longitud igual al diámetro. El
resto del semicírculo del que se separó la media cha-
pa se laminó a modo de tira de 1,90 cm. de anchura y
1,90 cm. de longitud (97% de reducción aproximadamente.
Se obtuvo un contacto de electrodos, separados como
30 ya se ha descrito, empleando soldadura supersónica



o bien soldadura usual, según la composición del material.

5 Debe entenderse que la principal aportación de este invento radica en el descubrimiento de que los materiales del sistema Nb-Zr manifiestan valores críticos de campo mucho mayores de los que pudieran esperarse a base de la temperatura crítica. Por consiguiente, se ha demostrado que una amplia serie de materiales de Nb-Zr, aunque
10 tengan una temperatura crítica máxima del orden de 11,6°K, frente a bastante más de 12°K del Mo-Re, muestran valores críticos de campo de 88 kgauss y más, frente a un máximo del orden de menos de 20 kgauss del material antes empleado. Todos los datos presentados en las figuras o de otro modo se consideran de importancia primaria para demostrar
15 que todos los materiales de Nb-Zr, dentro de un amplio margen de composición, desde 10% de Nb y 90% de Zr hasta 90% de Nb y 10% de Zr, presentan campos críticos desproporcionadamente elevados. Un margen preferido de composiciones, desde 20% de Nb y 80% de Zr hasta 80% de Nb y 20%
20 de Zr, muestra un valor H_c no menor de 88 kgauss; y otro margen de composiciones aun mejores, con 40 a 80% de Nb, corresponde a los datos indicados en las figuras. Cuando interese corriente máxima, puede observarse que se consigue mejor con un margen de 60 a 70% de niobio.

25 Los amplios límites de composición desde 10 a 90% de Nb se basan en estudios que indican la necesidad de ese mínimo de un ingrediente de la aleación para obtener una discrepancia substancial de las características superconductoras del elemento puro. Por tanto, la adición de bastante menos de un 10% de Zr al Nb proporciona una solución
30



con propiedades más parecidas a las del Nb puro, y que no tolerará valores de H_c mucho más altos que este elemento. La información de temperatura crítica de la figura 2 indica que todas las composiciones incluidas dentro del amplio margen expuesto poseen importantes propiedades supercon-
5 ductivas de acuerdo con la descripción. Los sectores preferidos se basan en gran parte en información como la representada en las figuras 3 y 4, y definen las composiciones de aleación que se consideran convenientes desde el punto
10 de vista del campo y/o la corriente tolerables como máximos.

Aunque en comparación con Nb_3Sn , único material mencionado con valores de H_c de este orden, los nuevos ma-
teriales están limitados por corrientes críticas máximas mucho menores, los materiales del sistema Nb-Zr resultan
15 ventajosos porque pueden laminarse o elaborarse de otro modo para obtener configuraciones alámbricas por técnicas metalúrgicas corrientes.

En vista de las comparaciones esbozadas con el ma-
terial dúctil Mo-Re y el material quebradizo Nb_3Sn , es de
20 suponer que la utilidad máxima de este invento se hallará en la construcción de imanes superconductores de configura-
ciones alámbricas diseñadas para obtener un campo mayor que el del conocido sistema Mo-Re. En imanes superconduc-
tores, como en solenoides corrientes, la intensidad de
25 campo H depende del número de vueltas y de la corriente de acuerdo con la relación

$$H = \frac{4\pi ni}{10^9} = 1,26 Ni,$$

donde H = intensidad de campo en gauss,

27
276930



n = número de vueltas,

i = corriente en amperios,

l = longitud en cm., y

$N = \frac{n}{l}$ vueltas por centímetro.

5 Las reivindicaciones anejas se refieren al producto Ni requerido para conseguir un campo del orden de 30 kgauss o mayor, suponiendo que en este aspecto reside el valor principal del invento.

10 El invento se ha descrito a base de un número limitado de figuras y de un texto breve, por razones de conveniencia. Son evidentes diversas modificaciones posibles de las técnicas experimentales bosquejadas. Asimismo, aunque se habla del sistema superconductor Nb-Zr solamente, este material puede alearse con otros materiales que comprendan soluciones sólidas y compuestos superconductivos,
15 a fin de modificar las propiedades según convenga.

N O T A

=====

Se reivindica como objeto de esta patente:

20 1) Perfeccionamientos en la fabricación de imanes superconductores, que comprenden un arrollamiento formado por una serie de espiras de material superconductor, en combinación con medios para mantener este material a una temperatura igual o inferior a la temperatura crítica del material y con medios para alimentar el arrollamiento
25 con una corriente de tal magnitud que se produzca un campo de 30 kgauss por lo menos; caracterizados porque el material superconductor del arrollamiento, está constituido por una solución sólida del sistema niobio-circonio, que



contiene de 10 a 90 átomos por 100 de niobio, y el resto de circonio.

2) Perfeccionamientos en la fabricación de imanes superconductores según la reivindicación 1, caracterizados porque el material superconductor del arrollamiento, contiene de 20 a 80 átomos por 100 de niobio y el resto de circonio.

3) Perfeccionamientos en la fabricación de imanes superconductores, según la reivindicación 1, caracterizados porque el material superconductor del arrollamiento contiene de 40 a 80 átomos por 100 de niobio, y el resto de circonio.

4) Perfeccionamientos en la fabricación de imanes superconductores, según la reivindicación 1, caracterizados porque el material superconductor del arrollamiento, contiene de 60 a 70 átomos por 100 de niobio y el resto de circonio.

5) Perfeccionamientos en la fabricación de imanes superconductores.

Esta memoria consta de diez y ocho páginas escritas por una sola cara.

Barcelona, 21 de Abril de 1962.

P. A.



276930

FIG. 1

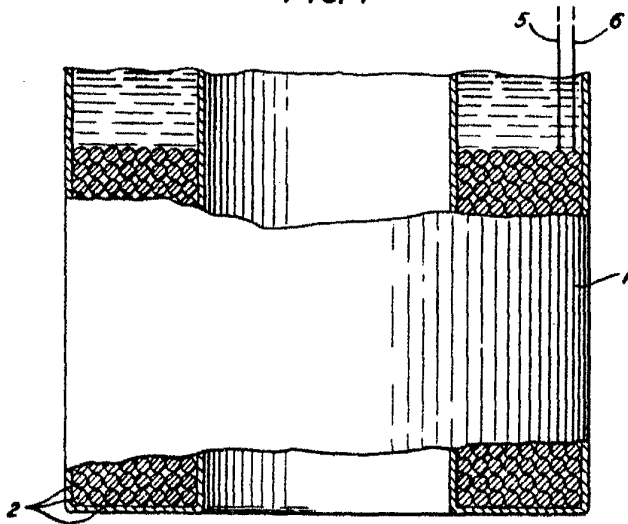
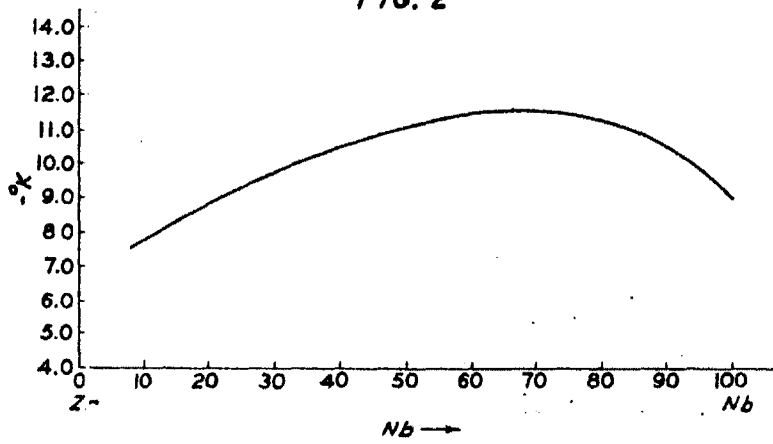


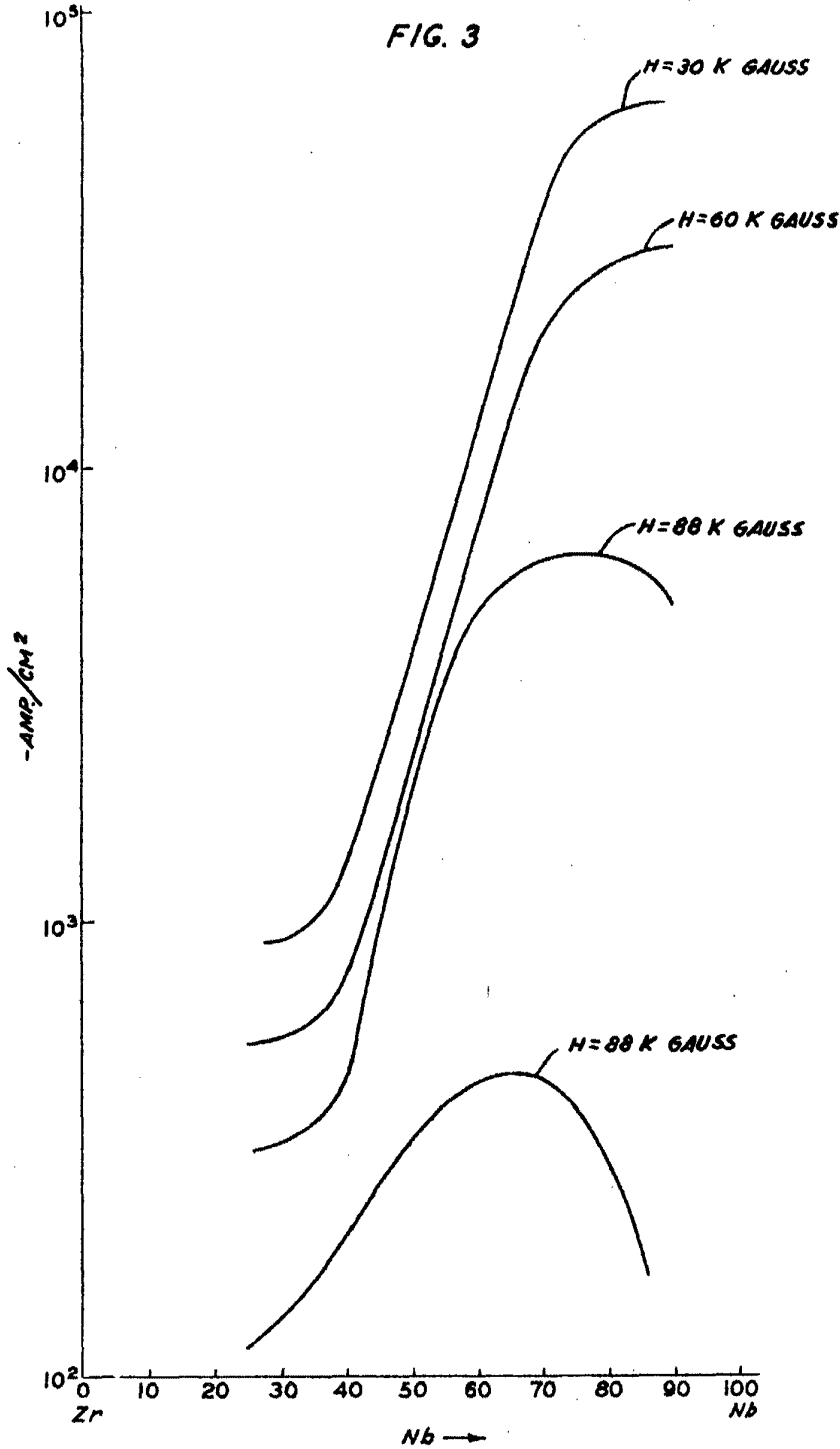
FIG. 2



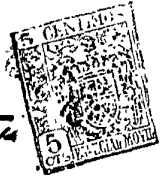
P. A.
[Handwritten signature]



276930

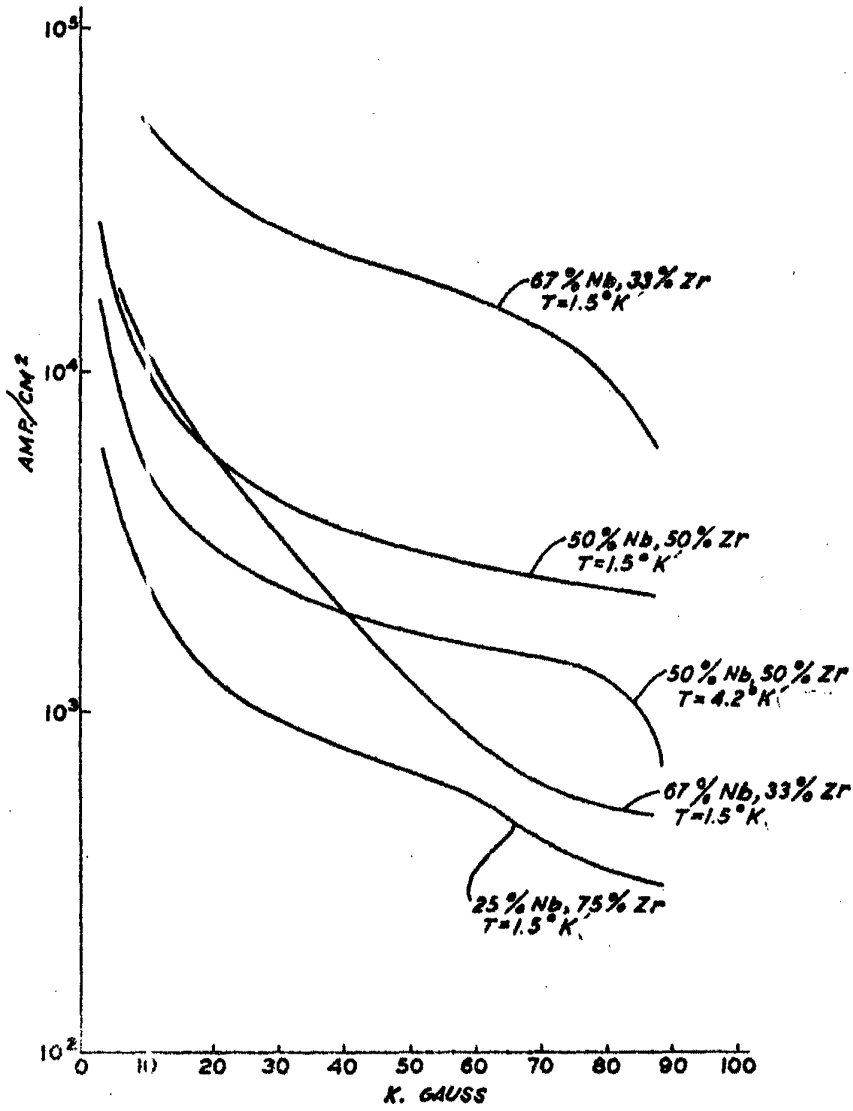


P. B.
[Handwritten signature]



276930

FIG. 4



F. A.
[Handwritten Signature]