



19 ES	11 NUMERO 449198	10 A1
21	22 FECHA DE PRESENTACION 23-6-1976	

P.- 63.061

USSN 590.204

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
590.204	25-6-75	EE.UU.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G21B	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	--	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION
"UN METODO Y UN APARATO PARA EFECTUAR REACCIONES DE FUSION ENTRE PARTICULAS DE POLARIDAD SIMILAR"

71 SOLICITANTE (S)
FUSION ENERGY CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
3684 U.S. Route 1, Princeton, Nueva Jersey, Estados Unidos de America

72 INVENTOR (ES)
Bogdan G. Maglich, Michael G. Mazarakis, James E. Nering y Robert A. Miller

73 TITULAR (ES)

74 REPRESENTANTE
DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

CAMPO DEL INVENTO

Este invento se refiere a métodos y aparatos para efectuar reacciones de fusión.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

5 En la solicitud de patente norteamericana número 490.691, presentada el 22 de julio de 1974, de Maglich, como continuación de la solicitud de patente nº 247.473, presentada el 25 de abril de 1972 y ahora abandonada, se describen un método y un aparato para efectuar reacciones de
10 fusión mediante la interacción de iones acelerados, auto-colisionantes, de igual carga, en una mezcla organizada ("migma") de órbitas de iones bajo la influencia de campos magnéticos. El aparato, denominado "celda migma" (migmacell), define un volumen evacuado que tiene un eje geométrico central (z o vertical) y un plano central (x, y) perpendicular
15 al eje geométrico central. En dicho volumen se establece un campo magnético, disminuyendo de intensidad el campo al aumentar la distancia radial desde el eje geométrico central y aumentando de intensidad dicho campo al aumentar la distancia desde dicho plano central a lo largo de dicho eje
20 geométrico central. Se inyectan iones acelerados en las proximidades del centro del volumen evacuado, estableciéndose la trayectoria de inyección de los iones en la celda migma mediante la orientación relativa al plano central de un canal magnético dispuesto en la periferia del volumen. Con un
25 ángulo de inyección sustancial de aproximadamente 60°, y teniendo el campo magnético la estructura antes definida, se inducen oscilaciones verticales, es decir, los iones inyectados siguen trayectos tales como un "8" en torno al centro
30 del volumen. Estas oscilaciones, acopladas con la precesión

1 característica de cada ión inyectado en una órbita de radio
determinado por su energía de inyección, dan lugar al confi-
namiento de iones metastables en el aparato, es decir, io-
nes que no vuelven a su punto de entrada durante múltiples
5 períodos de precesión. Con estas medidas, y con una corrien-
te de inyección de iones instantánea elevada, se producen
haces de iones auto-colisionantes en el volumen, y las coli-
siones con disociación dan como resultado la formación de
migma atómico y la emisión desde la celda migma, de produc-
10 tos de reacción de fusión que comprenden partículas carga-
das, adecuadas para la producción directa de corriente eléc-
trica cuando son deceleradas por campos eléctricos exterior-
res al volumen.

El aparato y el método de la solicitud antes men-
15 cionada tienen requisitos operativos que les hacen perder
su utilidad en ciertos ejemplos. Así, el método y el aparato
antes citados consiguen el confinamiento de iones metas-
tables durante múltiples períodos de precesión sólo cuando
se emplea tal ángulo de inyección sustancial. En consecuen-
20 cia, como el campo magnético es establecido por conjuntos
de bobinas desplazados uno con respecto a otro a lo largo
del eje geométrico central, a lados opuestos del plano cen-
tral, y como el trayecto de inyección de iones forma dicho
ángulo sustancial con respecto al plano central, la configu-
25 ración del conjunto de bobinas y la separación de éstas ne-
cesita seleccionarse de modo que no interfieran físicamente
con la inyección de iones.

En la solicitud de patente norteamericana de Ma-
glic y colaboradores, nº de serie 590352, titulada
30 "Método y aparato de celda migma con precesión múltiple,

1 mejorados" y presentada en la misma fecha que ésta, se redu-
cen las limitaciones que pesan sobre la configuración y el
posicionamiento de los componentes que generan el campo mag-
nético, al tiempo que se consigue el confinamiento de iones
5 metastables durante múltiples períodos de precesión y se au-
menta la densidad iónica en el aparato. Tal método y tal
aparato mejorados proporcionan medios para inyectar iones
en forma sustancialmente coplanaria con el plano central de
la celda migma y efectúan el confinamiento metastable por
10 desviación electrostática del haz de iones inyectados dis-
puesto esencialmente en el plano central. Si bien presentan
ventajas sobre el método y el aparato de la solicitud de Ma-
glich antes mencionada, al permitir tal disminución de las
limitaciones que pesan sobre la configuración y el posicio-
15 namiento, el método y el aparato mejorados exigen una es-
tructura adicional en tal sistema de desviación de haz elec-
trostático.

RESUMEN DEL INVENTO

20 Un objeto del presente invento es proporcionar me-
joras en un método y en un aparato de celda migma.

Para conseguir éste y otros objetos, el invento
prescinde de la necesidad del confinamiento metastable de
iones moleculares inyectados durante múltiples períodos de
precesión y, en consecuencia, define un tipo de método y de
25 aparato de celda migma diferentes de los de las solicitudes
antes señaladas. Los iones moleculares inyectados sufren un
"paso único" a través del volumen de reacción. Preacondicio-
nando el haz inyectado de tal modo que contenga una distri-
bución de las moléculas contenidas en estados de vibración
30 superiores que en el caso de una distribución normal, las mo-

1 léculas inyectadas experimentan, en dicho paso único, una
disociación sin colisión en la celda migma, bajo la influen-
cia magnética, es decir, la denominada disociación de Lo-
rentz. Los iones disociados forman entonces el migma atómi-
5 co.

Los precedentes y otros objetos y características
del invento resultarán más evidentes a partir de la siguien-
te descripción detallada de realizaciones preferidas del in-
vento y a partir de los dibujos, en los que números de refe-
10 rencia similares se emplean para partes similares en todas
las figuras.

DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama en sección esquemática,
en alzado frontal, de un aparato de celda migma de acuerdo
15 con el invento, representado girado en 90° respecto de su
disposición operativa por razones que se considerarán en lo
que sigue.

La figura 2 es una vista en sección esquemática
del aparato de la figura 1, según se ve en configuración cir-
20 cular completa desde el plano II-II de la figura 1.

Las figuras 3 (a) y 3 (b), son representaciones
gráficas de características del campo magnético empleado
preferiblemente en la puesta en práctica del invento.

La figura 4 es una ilustración esquemática, ilus-
25 trativa de la trayectoria recorrida por los iones en la cá-
mara de reacción de fusión del aparato de celda migma de la
figura 1.

La figura 5 es una gráfica de corrientes D_1^+ , D_2^+
y D_3^+ , en función de la presión de la fuente de iones.

30 La figura 6 es un gráfico de D_2^+ en su nivel de vi

1 braciones más elevado, en función de la presión de la fuente de iones.

La figura 7 es un diagrama en sección esquemático, en alzado frontal, del aparato de celda migma de la figura 1, con inclusión de la estructura para introducir los electrones en él, en forma controlada.

DESCRIPCION DE LAS REALIZACIONES Y PRACTICAS PREFERIDAS

Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, el aparato de celda migma 10 tiene una configuración cilíndrica e incluye una cámara 12 de reacción de fusión definida por una pared lateral 14 y miembros de cierre superior e inferior, 16 y 18. Para los fines de explicación del invento, puede considerarse que la cámara 12 comprende un volumen evacuado que tiene un plano central $z = \text{cero}$ y un eje geométrico central o eje z que se extiende ortogonalmente respecto a tal plano central en su centro, a saber, en la intersección de los ejes geométricos x e y (figura 2). Conjuntos de bobinas superior e inferior 20 y 22 están alineados a lo largo del eje geométrico central.

Los conjuntos de bobinas 20 y 22 comprenden un sistema de imán superconductor, cuyos conjuntos de bobinas se encuentran en cámaras 24a y 24b de helio líquido, alimentadas a través de conductos 26a y 26b, y rodeadas por cámaras 28a y 28b con nitrógeno líquido, alimentadas a través de conductos 30a y 30b. Se suministra una corriente de carga a las unidades de bobina a través de las líneas 32a y 32b. Los alojamientos de los conjuntos de bobina están separados por una espiga de implosión (no ilustrada) para impedir su aplastamiento. Como se ha indicado en lo que antecede, el aparato de la figura 1 se representa girado en 90°

1 respecto de su posición operativa, en la que el eje geomé-
trico z es horizontal. La disposición de la figura 1 del
aparato de celda migma 10 se utiliza en esta memoria por
conveniencia para mantener una consistencia con las solici-
5 tudes de Maglich antes mencionadas, en las que el plano cen-
tral se muestra en posición horizontal.

Los conjuntos de bobinas 20 y 22 establecen, en
el volumen 12 evacuado, un campo magnético de intensidad de
creciente al aumentar la distancia radial desde el eje geo-
10 métrico central, y de intensidad creciente al aumentar la
distancia desde el plano central a lo largo del eje geomé-
trico central. Tal campo puede describirse mediante un de-
sarrollo en serie truncada en potencias de r y z. De prefe-
rencia, tal campo viene definido por la ecuación:

$$15 \quad B_z(r, z) = B_0 \left[1 - k \left(\frac{r}{R} \right)^2 + 2k \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right] \quad (1)$$

donde B_0 es el valor del campo en el centro del volumen, a
saber, en la intersección del eje central y del plano cen-
tral ($x = y = z = 0$), k es una constante menor que la uni-
dad, R es la extensión radial máxima del campo, r es una va-
20 riable que representa la distancia radial desde el eje geo-
métrico central, y z es una variable que representa la dis-
tancia desde el plano central a lo largo del eje central. A
modo de ulterior explicación de esta estructura del campo
magnético, se hará ahora referencia a las figuras 3(a) y
25 3(b).

La figura 3(a), es un diagrama gráfico que indica
la proporción entre el valor del campo magnético radialmen-
te en el plano central y su valor en el centro del plano
central. Como se verá, esta proporción está en su máximo a
30 medida que uno se aproxima al eje central, es decir, a me-

1 dida que r se aproxima a cero. La figura 3(b) es un diagrama que indica la proporción entre el valor del campo magnético a lo largo del eje z y su valor en el centro del plano central, para distintos valores de z .

5 Será valioso considerar la influencia del campo magnético de las figuras 3(a) y 3(b) en el aparato de celda migma de la solicitud de Maglich antes mencionada. En ese caso, se encontró que el confinamiento metastable de los iones inyectados durante períodos de precesión en número su-
10 ficiente para dar lugar a auto-colisiones de haces de iones, permitía sostener reacciones de fusión que proporcionaban productos de reacción que hacían posible la producción directa de corriente eléctrica. Dicho confinamiento metastable de iones es atribuible al nivel de energía de inyección
15 que ocasiona el movimiento orbital predecible de los iones inyectados, y a los efectos de enfoque vertical y horizontal del campo magnético. Así, con una inyección de iones angularmente respecto al plano central, se efectuó la precesión en forma de "8" de los haces de iones. El presente invento se basa sobre esta influencia de enfoque del campo
20 magnético para dirigir el haz molecular inyectado una vez a través del centro del volumen. En otro aspecto, el invento se basa además sobre la característica del campo merced a la cual, al moverse radialmente hacia dentro desde la periferia del campo, hacia el centro del volumen, se encuentra
25 una intensidad de campo sucesivamente creciente en el plano central, como se describe con más detalle en lo que sigue. La inyección de iones en el presente invento es tan coplanaria con el plano central como resulte práctico, según se indica mediante el haz de inyección I dispuesto esencialmente
30

1 en el plano central.

Haciendo referencia a la figura 4, se ve que la
única trayectoria de paso del haz inyectado I en el plano
central implica un desplazamiento progresivo, radialmente
5 hacia dentro, a lo largo del trayecto A - O bajo la influen-
cia del campo establecido por el sistema de imán, hacia la
posición de máxima intensidad de campo $x = y = z = 0$ segui-
do por el movimiento radialmente hacia fuera, a lo largo
del trayecto B - O, para salir del centro del volumen. La
10 presión orbital y el confinamiento durante múltiples perío-
dos no ocurren como en la solicitud de Maglich y en la soli-
citud de Maglich y colaboradores antes mencionadas, respec-
tivamente, ya que la inyección se efectúa en el plano cen-
tral y no se impone campo electrostático sobre el haz duran-
15 te su movimiento en el trayecto O - B para forzar su retor-
no al centro del volumen.

Para producir el campo definido en la ecuación
(1) anterior, los conjuntos de bobinas 20 y 22 tienen forma
de solenoide. Como se apreciará por los expertos en la téc-
20 nica, pueden determinarse otras configuraciones de bobinas
para cumplir con los requisitos de la ecuación (1) en un
sistema de imán con núcleo de aire. Se hace referencia aho-
ra al artículo "Sistemas axialmente simétricos para generar
y medir campos magnéticos. Parte I", publicado en el Journal
25 of Applied Physics, volumen 22, nº 9, Septiembre de 1951,
páginas 1091 a 1107, que describe prácticas para diseñar sis-
temas magnéticos mediante la determinación de coeficientes
en expresiones matemáticas, cuyos coeficientes son paráme-
tros físicos de las bobinas necesarias para proporcionar el
30 campo definido por las expresiones matemáticas. Se hace

también referencia a la publicación "Aceleradores de partículas" de Livingston y Blewett (1962), que describe prácticas que complican un proceso teórico y asistencia de computadora para proporcionar parámetros físicos de bobinas en dispositivos aceleradores de partículas cargadas. En sistemas
5 de imán con núcleo de hierro, el campo de la ecuación (1) puede conseguirse configurando a modo de parábola las puntas de las piezas polares rodeadas por bobinas únicas, como se indica en la publicación "Instrumentos y métodos nucleares" 120 (1974), páginas 309-319.

Al inyectar iones en el plano central de la celda migma, tan coplanarios con él como resulte práctico, la confianza de la solicitante sobre el campo magnético del migma cell para esta unión, está limitada a una operación de enfoque
15 que de un solo paso. Se permite ahora otro uso del campo magnético, a saber, la denominada disociación de Lorentz de iones moleculares inyectados, una disociación sin colisiones ocasionada por influencia magnética.

Como es bien sabido, cada partícula cargada que se mueve con una velocidad $B\beta$ en centímetros por segundo, (siendo $c = 3 \times 10^{10}$ cm x segundo), en un campo magnético de valor B en gauss, experimente un campo eléctrico inducido ξ
20 en voltios por centímetro, de acuerdo con la relación:

$$\xi = 300 \beta B \quad (2)$$

25 Si la intensidad de este campo es suficientemente grande y la partícula es una molécula cargada, ésta se disociará en sus átomos constituyentes. La probabilidad R de la ocurrencia de tal disociación magnética aumenta con el campo inducido en la forma siguiente:

$$R = (300 \beta B)^{0,25} \exp \left(\frac{300 \alpha \beta B}{E_n} \right) \quad (3)$$

1 Donde $\beta = 3 \times 10^{-7}$, y E_n es la energía de unión en elec-
tronvoltios, de la molécula, en su nivel enésimo de vibra-
5 ción.

Las moléculas de deuterio (D_2^+) pueden ser exci-
tadas en veintiséis estados de vibración diferentes. Para
el primer estado ($n=1$), la energía de enlace es 2,69 eV. Pa-
ra $n=25$ y para $n=26$, las energías de enlace son $6,2 \times 10^{-3}$
10 eV y $8,2 \times 10^{-4}$ eV, respectivamente. Con parámetros de cel-
da migma de, por ejemplo, $\beta = 0,025$ y $B = 20000$ gauss, la
anterior expresión puede escribirse de la siguiente forma:

$$R = 19,68 \exp \left(\frac{0,045}{E_n} \right) \quad (4)$$

15 y proporciona $1,34 \times 10^{25}$ por segundo y $2,8 \times 10^4$ por segun-
do para $n = 26$ y $n = 25$, respectivamente. Así, el régimen
de disociación de Lorentz para el estado de D_2^+ ($n = 26$)
es, aproximadamente, $4,8 \times 10^{20}$ veces el de D_2^+ ($n = 25$).
En estas condiciones de celda migma, resulta evidente que
20 la disociación de Lorentz estará limitada a las moléculas
de deuterio en el estado excitado vigésimosexto.

En una distribución normal de los niveles de vi-
bración molecular del plasma de deuterio, la probabilidad
de que una molécula de D_2^+ se encuentre en su estado excita-
do vigésimosexto, no es conocida en forma precisa, pero se
25 tienen noticias, y se ha confirmado experimentalmente, que
es de un 0,004%. Con los parámetros de celda migma típicos
precedentes, puede llegarse fácilmente a la conclusión de
que un haz inyectado de moléculas de deuterio en distribu-
30 ción normal, no dará lugar, por disociación de Lorentz en

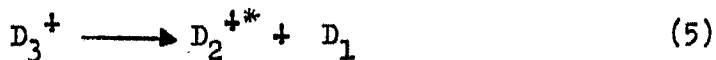
1 la celda migma a un migma atómico de una magnitud que reduz
ca la necesidad de una disociación por colisión que puede
conseguirse por un elevado nivel de corriente de inyección.
A modo de ejemplo, un haz inyectado de 0,3 miliamperios pro
5 porcionará casi $1,2 \times 10^{-5}$ miliamperios de migma atómico,
es decir, $7,5 \times 10^{10}$ disociaciones por segundo de moléculas
 D_2^+ en el estado de vibración vigésimosexto. Así, mientras
la solicitante establece condiciones en parte adecuadas pa-
ra una disociación sin colisiones, es decir, para que se
10 realice una inyección en el centro del volumen de la celda
migma a través de una trayectoria con una intensidad de cam-
po magnético sucesivamente creciente, merced a lo cual se
limita la disociación sin colisiones a las proximidades del
centro de la celda migma, no son sin embargo adecuadas to-
15 das las condiciones para conseguir el propósito pretendido.

Al proporcionar las condiciones óptimas adecuadas
para una disociación sin colisiones en la celda migma de
una magnitud que de lugar a una reducción del nivel de co-
rriente inyectada, la solicitante condiciona las moléculas
20 inyectadas de tal modo que la distribución de moléculas en
el vigésimosexto estado de vibración sería aumentada en al
menos un orden de magnitud sobre el de la distribución nor-
mal. Para este propósito, esfuerzos experimentales han esta-
blecido que existen condiciones para hacer trabajar una fuen-
25 te de iones de plasmatrón doble, tal como la identificada
comercialmente como Tipo 350, fabricada por la General Ionex
Corporation, que permitirá excitar moléculas en medida sufi-
cientemente alta para debilitar el enlace molecular, pero no
en medida lo bastante alta como para dividir la molécula en
30 átomos. Tales condiciones son anormales en el sentido de que

1 se diferencian de las condiciones operacionales usuales para tal fuente de iones e implican un incremento importante en la presión del gas neutro contenido en la fuente.

5 En condiciones normales de operación, en las que se alcanza una distribución normal, las moléculas son ionizadas por colisiones con electrones. En dicha operación anormal de la fuente de acuerdo con el invento, la distribución resulta alterada para permitir una mejora de los estados de vibración superiores basándose en las interacciones molécula-molécula. A continuación se enuncia la forma en que se cree que el funcionamiento anormal de la fuente permite interacciones molécula-molécula en vez de interacciones molécula-electrón.

15 En condiciones normales, la fuente iónica plasma-trón doble "350" es hecha trabajar a una presión de aproximadamente 75 micras. Como puede verse en la figura 5, la presión rinde el máximo porcentaje de D_2^+ . En su actual aspecto, el invento aprovecha la ventaja de una característica sobresaliente de las moléculas de deuterio diatómicas para mejorar la disociación sin colisiones en la celda migma. Es sabido que el D_2^+ entra en estados de vibración elevada de número significativo si procede de una desintegración del D_3^+ triatómico:



25 donde D_2^{+*} representa un ión en uno de sus estados de vibración superiores. Estas moléculas diatómicas excitadas pueden producirse acelerando moléculas triatómicas hasta energías en el margen de 1 a 2 MeV y haciendo que luego colisionen con moléculas de gas. Haciendo referencia a la figura 5, en ella se ve que la producción de D_3^+ aumenta a medida que

1 se incrementa la presión en la fuente de iones, pero el régimen de incremento se reduce por encima de las 200 micras.

De acuerdo con la ecuación (5), el número de D_2^{+x} debe ser proporcional al número de D_3^+ antes de decaer (5).

5 El número de D_2^{+x} a partir del decaimiento de (5) es superior cuando el régimen de incremento del número de D_3 en la figura 5 es mínimo. Esto sugiere que debe hacerse funcionar la fuente de iones a una presión tan alta como resulte posible. Pero, el número de D_2^{+x} es también proporcional al número total de D_2^+ presentes en la fuente según se mide en
10 la figura 5. Así, hablando en términos generales, el hacer trabajar la fuente de iones en una región de presión en que el producto del número de D_3^+ y D_2^+ sea máximo, proporcionará el mayor número de D_2^{+x} .

15 En la figura 6 puede verse que a las presiones operativas normales de aproximadamente 50-65 micras, el rendimiento de D_2^{+x} es extremadamente bajo en comparación con el rendimiento obtenido si se trabaja en la región de presión de 100 a 200 micras. El funcionamiento de la fuente de
20 iones con los parámetros de control de corriente de imán y tensión de extracción ajustados en forma común, pero con una presión incrementada con relación a la presión de trabajo usual tal como se ha descrito, proporciona la actualmente deseada distribución de D_2^{+x} .

25 Alternativamente, el número de D_2^{+x} disponibles en el haz puede mejorarse seleccionando solamente D_3^+ de la fuente de iones mediante un espectroscopio de masas normalizado o un análisis de momentos, tal como es posible mediante analizadores de masa del tipo producido por la General Ionex
30 Corporation. Las partículas cargadas, de energía y masa da-

1 das, son desviadas en un ángulo conocido por un campo mag-
nético dado. Por tanto, pueden separarse D_3^+ del haz de la
fuente de iones inyectado en el tubo acelerador y pueden
acelerarse al interior de una cámara situada entre el acele-
5 rador y la cámara de migma, que contiene gas deuterio a una
presión suficientemente alta como para provocar la disocia-
ción por colisión de las moléculas triatómicas en D_2^+ y D_1 .
Las D_2^+ así producidas se encontrarán en su mayoría en los
niveles de vibración superiores.

10 La operación de la celda migma de acuerdo con este
aspecto últimamente mencionado del invento se practica
con tal disminución del nivel de la corriente de inyección
solamente cuando las moléculas de estado de vibración supe-
rior pueden alcanzar la proximidad del centro de la celda
15 migma sin disociación previa sin colisiones. Con el campo
magnético de la celda migma de configuración como la antes
descrita, las únicas trayectorias que se extienden desde la
periferia del volumen hasta su centro y que presentan una
intensidad de campo sucesivamente creciente desde la peri-
20 feria al centro del volumen, son las trayectorias del plano
central. En consecuencia, las moléculas de estado de vibra-
ción superior se disociarían antes de alcanzar la proximi-
dad del centro de la celda migma si se inyectasen según una
trayectoria angularmente desplazada respecto del plano cen-
25 tral. Por ejemplo, la inyección de iones como en la solici-
tud de Maglich antes señalada, según una trayectoria que
forma 30-60° con el plano central, es incompatible con la
disociación central sin colisiones.

30 Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, la
fuente 34 de iones puede estar constituida por la fuente

1 iónica plasmatrón doble antes mencionada, comercialmente
disponible. La salida de la fuente de iones es aplicada a
un acelerador 35, tal como el identificado comercialmente
como del tipo KM 3000, fabricado por la High Voltage Engi-
5 neering Corporation. El haz de salida del acelerador es
transportado al aparato 10 de celda migma a través del sis-
tema de transporte de haz 36 que funciona en parte para man-
tener el vacío deseado en la cámara 12 de reacción de fu-
sión. El sistema 50 puede ser del tipo construido por la
10 Aero-Vac Corporation y descrito en la publicación antes
mencionada "Nuclear Instruments and Methods", que delinea
las otras funciones realizadas por el sistema, a saber, el
enfoco y la orientación del haz. Mediante la provisión de
una estructura de montaje para la rotación del aparato 10
15 de celda migma en torno a su eje geométrico central, y por
la conexión de fuelle 38, puede variarse el ángulo de la
inyección de iones en la cámara 12.

En otro aspecto, ahora descrito, el invento per-
mite el aumento de los regímenes de reacción en el aparato
20 de celda migma del tipo objeto del invento aumentando el
número de partículas inyectadas que pueden estar presentes
en él. En el curso de un movimiento de paso único a través
de la cámara 12, el número ($N_{sp. ch.}$) de iones que pueden
ocupar la trayectoria A-O-B en la figura 4, en cualquier mo-
25 mento dado, está limitado por las fuerzas electrostáticas
de repulsión entre iones adyacentes. Así, puede mantenerse
el movimiento ordenado representado en la figura 4 solamen-
te cuando las fuerzas de enfoco comunicadas sobre iones
adyacentes por el sistema de imanes superen a la fuerza
30 electrostática de repulsión existente entre ellos. Tal lí-

1 mite de carga espacial viene definido como:

$$\text{Nsp.ch.} \approx \frac{1,635 \times 10^{13} kT^{3/2} m^{1/2}}{B_0} \quad (6)$$

5 Puede establecerse que Nsp.ch. es un número menor que el número Ndia. de iones que pueden ser tolerados en la trayectoria A-O-B antes de alcanzar el punto en que el campo magnético debido a la corriente iónica, limita al campo establecido por el sistema de imanes con el fin de perturbar el movimiento ordenado de partículas, por ejemplo, una reducción de un tercio del sistema de imanes. Ndia. viene definido como sigue:

$$\text{Ndia.} \approx \frac{9 \times 10^{16} T^{1/2} m^{3/2}}{B_0} \quad (7)$$

15 La proporción de Ndia a Nsp.ch. en las ecuaciones (6) y (7) indica que es posible una mejora de aproximadamente $3,5 \times 10^4$ en el número de iones en la cámara de reacción si puede evitarse una interrupción al superarse Nsp.ch. Las partículas se inyectan a aproximadamente este límite (Ndia.) o en número menor en exceso del límite de carga espacial por introducción controlada y mantenimiento de electrones en el volumen de reacción merced a la estructura representada en la figura 7.

25 En la figura 7, el aparato 10' de celda migma incluye la estructura y los componentes antes considerados en la descripción del aparato de las figuras 1 y 2 e incorpora, además, un cañón electrónico 40, barreras de potencial 42 y 44, un ánodo 46 y sondas receptoras 48, 50, 52 y 54. El cañón 40 es de construcción usual, incluyendo el cátodo 40a, y la unidad de rejilla 40b. Las barreras 42 y 44 son
30 envueltas cónicas, ligeramente acampanadas, de extremos

1 abiertos, de metal eléctricamente conductor. El ánodo 46
es un elemento en forma de receptáculo, también de material
eléctricamente conductor. Para las realizaciones de las fi-
guras 7 y 1, los elementos 14, 16 y 18 pueden estar consti-
5 tuidos en acero inoxidable.

Con la cámara de reacción 12' evacuada, se apli-
can potenciales adecuados a las barreras 42 y 44 y al ánodo
46. A modo de ejemplo, se aplican -14 KV a la barrera 42,
-13 KV a la barrera 44, y -12 KV al ánodo 46. Con el cátodo
10 40a ajustado a -20 KV y la unidad de rejilla 40b a -15 KV,
se activa el cañón 40, suministrando una corriente de elec-
trones hacia la cámara 12', que son confinados en ella se-
gún el eje z por las barreras de potencial, el ánodo 46 y
la unidad de rejilla 40b, y restringidos contra movimiento
15 radialmente hacia fuera, hacia la pared de la cámara pue-
ta a tierra, por el campo establecido por el sistema de ima-
nes. Durante el curso inicial del suministro de electrones
en la cámara, se establece un campo electrostático en ali-
neación axial con el campo establecido según el eje z por el
20 sistema de imanes. Cuando la región entre las barreras 42
y 44 está llena de electrones, la carga espacial de los
electrones almacenados establece también un campo electros-
tático radial. Bajo la influencia de estos campos, la masa
de electrones introducida gira unitariamente en el volumen
25 en torno a su centro. Un cilindro de electrones de radio
aproximadamente doble que el radio del cañón electrónico
puede llenarse con electrones hasta un límite determinado
por la densidad de carga espacial de los electrones y los
potenciales de repulsión de las barreras 42 y 44. El número
30 N_e de electrones en tal cilindro puede calcularse, por

1 ejemplo, como:

$$N_e \sim \frac{V \times d}{1,66 \times 10^{-7}} = 2 \times 10^{11} \quad (8)$$

5 donde $V \sim 100$ KV es la diferencia de tensión establecida dentro de $d \sim 30$ cm la distancia entre el plano central y el cañón, debido a la carga espacial de los electrones.

Una disposición de realimentación que incluye las sondas 48, 50, 52 y 54, que vigila las fugas de electrones del cilindro de los electrones, y circuitería para prome-
10 diar la tensión en las sondas debido a la incidencia de electrones sobre ellas y para, en consecuencia, variar el potencial aplicado a la unidad de rejilla 40b, sirve para mantener N_e esencialmente constante. Cuando la tensión sobre las sondas, en promedio, indica que un número preselec-
15 cionado de electrones han superado N_e y están escapando en su confinamiento, la circuitería permite reducir la magnitud del potencial negativo sobre la unidad de rejilla 40b, reduciendo así o deteniendo la alimentación de electrones a la cámara.

20 Después de tal introducción de electrones en la cámara, se inyecta el haz de iones moleculares, se disocia y comienza a formarse migma. Como el migma está cargado positivamente, su presencia en la cámara disminuye la repulsión electrostática entre los electrones y ocasiona una dis-
25 minución de la fuga de electrones de la cámara sobre las sondas y, por tanto, aumenta el suministro de electrones a la cámara merced al cañón 40. El régimen de introducción de electrones se mantiene así casi igual al de inyección de iones.

30 Como reconocerán los expertos en la teoría de los

1 osciladores clásicos, se inducirá un movimiento periódico
 en la disposición espacial de los electrones introducidos,
 es decir, pasarán a través del migma a lo largo del eje z
 en la figura 7. Luego son atraídos por el migma y son repe-
 5 lidos por la barrera 44 y el ánodo 46, y volverán a través
 del migma, hacia la barrera 42 y la unidad de rejilla 40b.
 Después de ello, los electrones serán atraídos otra vez por
 el migma y repelidos por la barrera 42 y la unidad de rejilla
 40b.

10 Debido a la distribución normal de velocidades de
 los electrones emitidos desde el cañón, los electrones tien-
 den a agruparse en dispositivos osciladores. La frecuencia
 de oscilación de un haz de electrones a lo largo del eje z
 puede calcularse determinando primero el tiempo de tránsito
 15 de los electrones entre la rejilla efectiva y el cátodo vir-
 tual. La rejilla efectiva está compuesta por el migma posi-
 tivamente cargado y se considera como el plano central de
 la cámara de reacción. El cátodo virtual está situado entre
 dicha rejilla y el cátodo 40a. Este tiempo de tránsito de
 20 los electrones es:

$$\tau \approx \frac{S}{2 \times 10^{-7} V_g^{1/2}} \quad (9)$$

donde S es la separación entre la unidad de rejilla 40b y
 el plano central, y V_g es la diferencia de potencial rejilla-
 25 cátodo del migma. La frecuencia de oscilación de los
 electrones ω_e , es

$$\omega_e \approx \frac{2 \pi}{\tau_e} \quad (10)$$

siendo τ_e igual al doble de τ ,

$$\omega_e \approx \frac{\pi}{\tau} \quad (11)$$

1 Con el fin de conservar el movimiento ordenado de
las partículas de la figura 4, el posicionamiento espacial
de la masa de electrones necesita variar de tal modo que no
ejerza un desequilibrio neto sobre los iones que realizan
5 órbitas, es decir, el campo electrostático periódico colec-
tivo de la nube de electrones oscilantes y la carga espa-
cial positiva de los iones deben variarse de tal modo que
los iones no tengan tiempo suficiente para desenfocarse de
sus órbitas sino que, en lugar de ello, no presenten más
10 que desplazamientos periódicos en torno a la trayectoria
A-O-B. Esta condición se satisface cuando el período de os-
cilaciones de los electrones, denominado antes τ_e , es
igual a o menor que el período τ_i del movimiento de los io-
nes a lo largo de la trayectoria A-O-B.

15 Ha de apreciarse que en el sistema así definido,
los movimientos de ambas especies de la materia completamen-
te ionizada están distintamente ordenados en el tiempo y en
el espacio. Se introducen especies (electrones) de una pola-
ridad, a un nivel de energía, por ejemplo, 100 KeV, con el
20 fin de que permanezcan libres de la influencia del movimien-
to ordenado del sistema magnético y oscilen sustancialmente
perpendiculares al plano central en que se desplazan las es-
pecies (iones) de polaridad opuesta en forma ordenada, bajo
la influencia del sistema de imanes. El nivel de energía de
25 los electrones en toda la operación no debe ser mayor que
la mitad del nivel de la energía de los iones inyectados.
Si bien las inestabilidades de tipo conocido del plasma, por
ejemplo, la denominada inestabilidad de dos corrientes, pue-
den ser evitadas haciendo τ_e menor que el tiempo de creci-
30 miento de la inestabilidad, cualesquiera inestabilidades

que puedan originarse por una frecuencia indeseable, es decir, que tengan una frecuencia de crecimiento (o una armónica de la misma) en resonancia con la frecuencia de oscilación de los electrones, pueden ser amortiguadas por técnicas de cancelación adecuadas del tipo de interferencia, denominadas algunas veces amortiguamiento asíncrono. Así, puede cancelarse la oscilación indeseable aplicando un campo eléctrico variable en el tiempo, de frecuencia similar, pero desplazado en 180° en fase entre las barreras 42 y 44, o "realizando una acción vibratoria" aplicando un campo eléctrico de frecuencia sustancialmente mayor que la frecuencia de inestabilidad, extrayendo por tanto energía de la inestabilidad. Tales vibraciones pueden complementarse haciendo pulsatorio el haz de iones inyectado a la frecuencia superior. Como se ha establecido por examen teórico, los iones inyectados y los electrones introducidos se desplazan en forma libre de rozamiento unos con respecto a otros, y la temperatura de los electrones nunca alcanza la temperatura de los iones.

Al incorporar aquí la referencia, se hace mención ahora a la publicación Nuclear Instruments and Methods 111 (1973) 213, y a la solicitud de Maglich antes señalada.

Para los expertos en la técnica será evidente que pueden introducirse diversos cambios y modificaciones en los métodos y aparatos anteriores sin apartarse del invento. Así, se pretende que las prácticas preferidas y las realizaciones específicamente descritas tengan un sentido ilustrativo y no un sentido limitativo. El verdadero espíritu y el alcance del invento quedan definidos en las siguientes reivindicaciones.

1

REIVINDICACIONES

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

10 1ª.- Un método para efectuar reacciones de fusión de partículas de polaridad similar, que comprende las operaciones de: definir un volumen evacuado con un eje geométrico central y un plano central que se extiende radialmente, perpendicular a dicho eje geométrico central; establecer en dicho volumen un campo magnético que disminuye
15 en intensidad al aumentar la distancia radial desde dicho eje geométrico central y que aumente de intensidad al crecer la distancia desde dicho plano central a lo largo de dicho eje geométrico central; introducir partículas de una primera polaridad y de un primer nivel de energía en dicho
20 volumen; generar partículas de una segunda polaridad en una distribución en la que la densidad de partículas en el estado de vibración superior sea mayor que la densidad de partículas en el estado de vibración superior en una distribución normal; e inyectar dichas partículas generadas
25 de la segunda polaridad en la proximidad del centro de dicho campo magnético por inyección de las mismas radialmente hacia dentro desde la periferia de dicho volumen coplanario con dicho plano central, siendo opuestas dichas polaridades primera y segunda, respectivamente, y no siendo
30 dicho primer nivel de energía mayor que la mitad de dicho

1 segundo nivel de energía.

2ª.- El método de la reivindicación 1ª, en el
que dichas partículas inyectadas son moléculas de deuterio
y en el que dicha operación de generación de partículas se
5 pone en práctica para aumentar la densidad de dichas par-
tículas inyectadas de moléculas de deuterio en el estado
de vibración vigésimosexto.

3ª.- El método de la reivindicación 2ª, en el
que dicha operación de generación de moléculas de deuterio
10 se pone en práctica haciendo trabajar una fuente de iones
deuterio en una región de presión en la que el producto
del número de D_3^+ y D_2^+ así generadas, se hace máximo para
dicha fuente.

4ª.- El método de la reivindicación 1ª, en el
15 que las partículas generadas son de polaridad común, en
una distribución en la que la densidad de partículas en el
estado de vibración superior sea mayor que la densidad de
partículas en el estado de vibración superior en una dis-
tribución normal; y en el que se introducen dichas partícu-
20 las generadas en la proximidad del centro del campo magné-
tico mencionado por inyección de las mismas radialmente
hacia dentro desde la periferia de dicho volumen, coplana-
rio con dicho plano central.

5ª.- El método de la reivindicación 4ª, en el
25 que dichas partículas son moléculas de deuterio, y en el
que dicha operación de generación de partículas se practi-
ca para aumentar la densidad de dichas partículas inyecta-
das de moléculas de deuterio en el estado de vibración
vigésimosexto.

30 6ª.- El método de la reivindicación 5ª, en el

1 que dicha operación de generación de moléculas de deuterio
 se pone en práctica haciendo trabajar una fuente de iones
 de deuterio en una región de presiones en la que el produc-
 to del número de D_3^+ y D_2^+ así generados, se hace máximo
 5 para dicha fuente.

7ª.- El método de la reivindicación 4ª, en el
 que dicho campo magnético en dicha proximidad del centro
 del mismo, está definido además por la expresión:

$$10 \quad B_z(r, z) = B_0 \left[1 - k \left(\frac{r}{R} \right)^2 + 2k \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right]$$

donde B_0 es el valor de tal campo en el centro del mismo,
 k es una constante menor que la unidad, R es la extensión
 radial máxima de dicho campo magnético, r es una variable
 que representa dicha distancia radial desde dicho eje geo-
 métrico central, y z es una variable que representa dicha
 15, distancia desde dicho plano central a lo largo de dicho
 eje geométrico central.

8ª.- El método de la reivindicación 7ª, en el que
 dicho campo magnético en la proximidad de dicho centro del
 mismo, está definido además por la expresión:

$$20 \quad B_z(r, z) = B_0 \left[1 - k \left(\frac{r}{R} \right)^2 + 2k \left(\frac{z}{R} \right)^2 \right]$$

donde B_0 es el valor de dicho campo en el centro del mismo,
 k es una constante menor que la unidad, R es la máxima ex-
 tensión radial de dicho campo magnético, r es una variable
 que representa dicha distancia radial desde dicho eje geo-
 métrico central y z es una variable que representa dicha
 25 distancia desde dicho plano central a lo largo de dicho eje
 geométrico central.

30 9ª.- Aparato utilizable para efectuar reacciones

1 de fusión entre partículas de polaridad similar que compren
de: medios para definir un volumen evacuado con un eje geo-
métrico central y un plano central que se extiende radial-
mente, perpendicular a dicho eje geométrico central; medios
5 generadores de dicho campo magnético para establecer en di-
cho volumen un campo magnético que disminuye de intensidad
al aumentar la distancia radial desde dicho eje geométrico
central y que aumenta de intensidad al aumentar la distan-
cia desde dicho plano central a lo largo de dicho eje geo-
10 métrico central; medios para introducir en dicho volumen
partículas de una primera polaridad y un primer nivel de
energía; medios para generar partículas de una segunda po-
laridad, opuesta a dicha primera polaridad, con una distri-
bución en la que la densidad de partículas en un estado de
15 vibración superior es mayor que la densidad de partículas
en un estado de vibración superior en una distribución nor-
mal, no siendo dicho primer nivel de energía mayor que la
mitad de dicho segundo nivel de energía; y medios para in-
yectar dichas partículas generadas de dicha segunda polari-
20 dad en la proximidad del centro de dicho campo magnético
por inyección de las mismas radialmente hacia dentro desde
la periferia de dicho volumen coplanaria con dicho plano
central.

10^a.- El aparato de la reivindicación 9^a, que
25 comprende medios para generar partículas de polaridad común
en una distribución en la que la densidad de partículas en
el estado de vibración superior es mayor que la densidad
de partículas en el estado de vibración superior en una dis-
tribución normal; y medios para introducir dichas partícu-
30 las generadas en la proximidad del centro de dicho campo

1 magnético, por inyección de las mismas radialmente hacia
dentro desde la periferia de dicho volumen coplanario con
dicho plano central.

5 11ª.- Un método y un aparato para efectuar reac-
ciones de fusión entre partículas de polaridad similar.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que ante-
cede, representado en los dibujos que se acompañan y con
los fines que se han especificado.

10 Esta Memoria consta de veintisiete hojas escri-
tas a máquina por una sola cara.

Madrid, 03. DIC. 1976

P. A.

Alberto de Elzoburu
Por Poderes

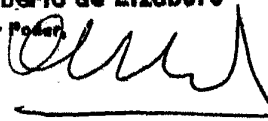
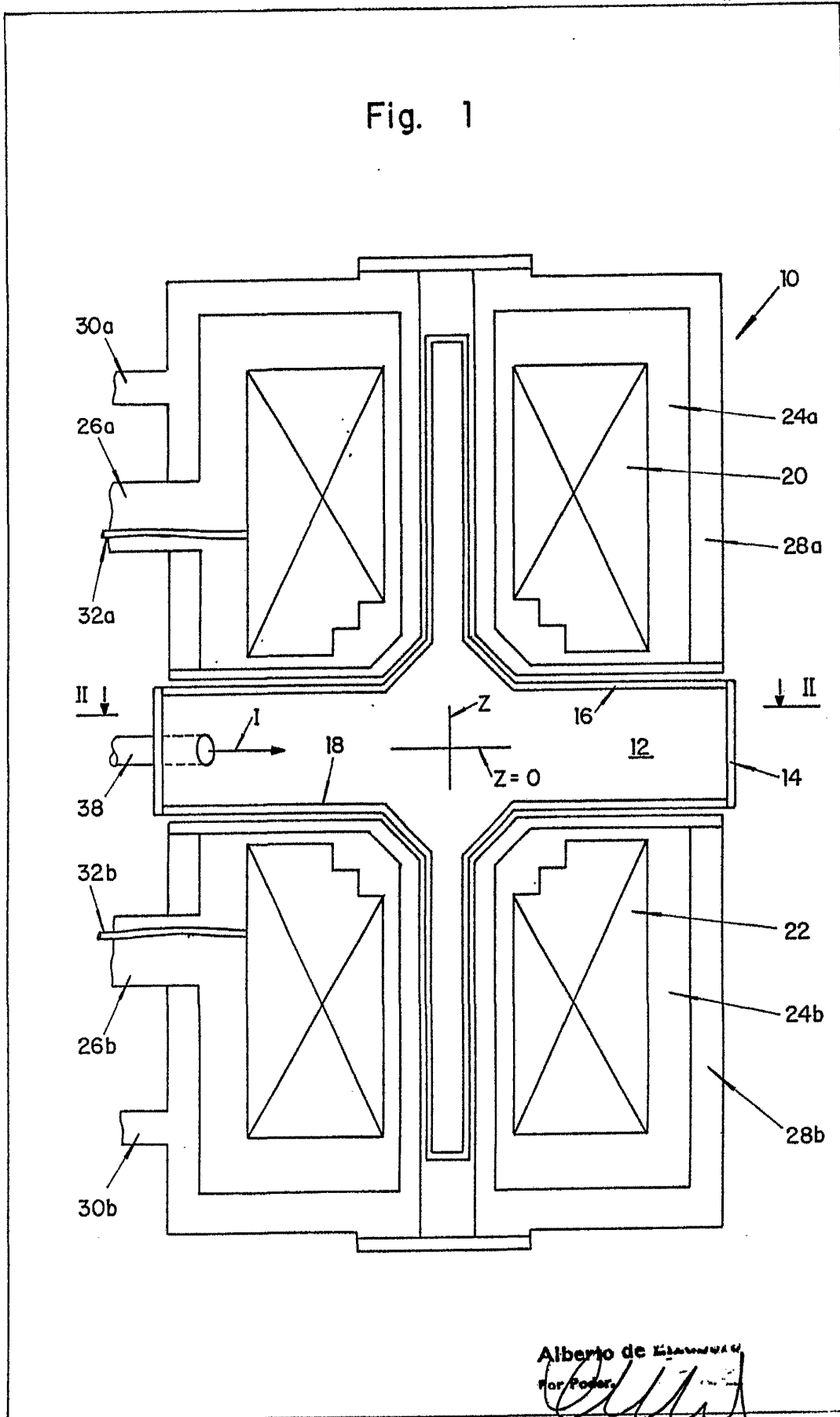


Fig. 1



Alberto de ~~XXXXXXXX~~
For Power

Fig. 2

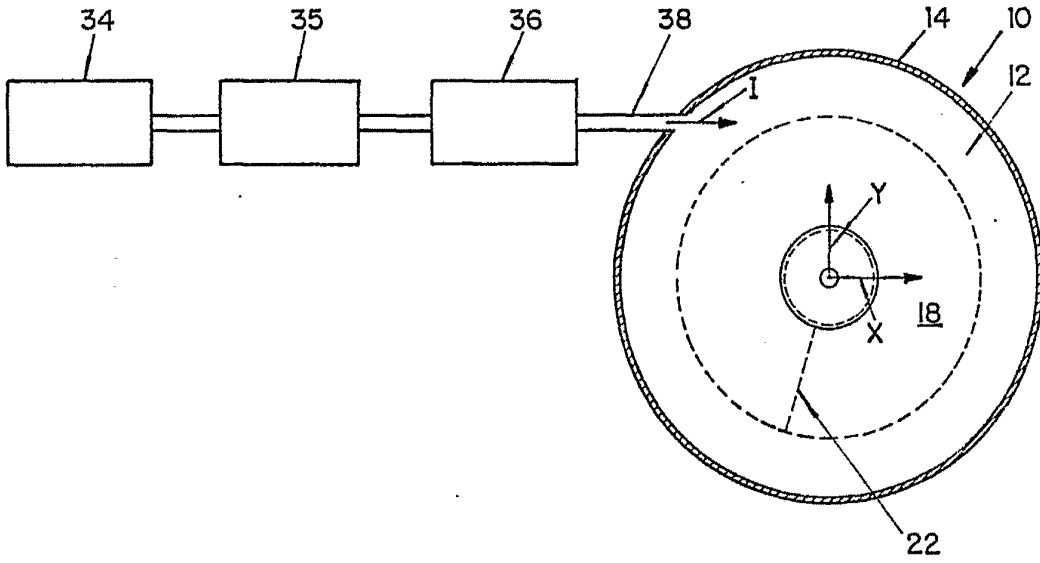


Fig. 3a

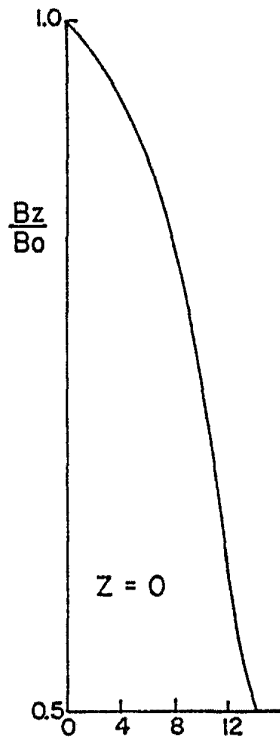
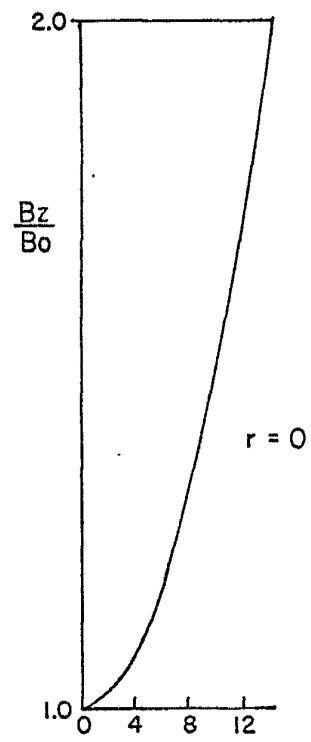


Fig. 3b



Alberto de Euzebay
Por Poder.

Fig. 4

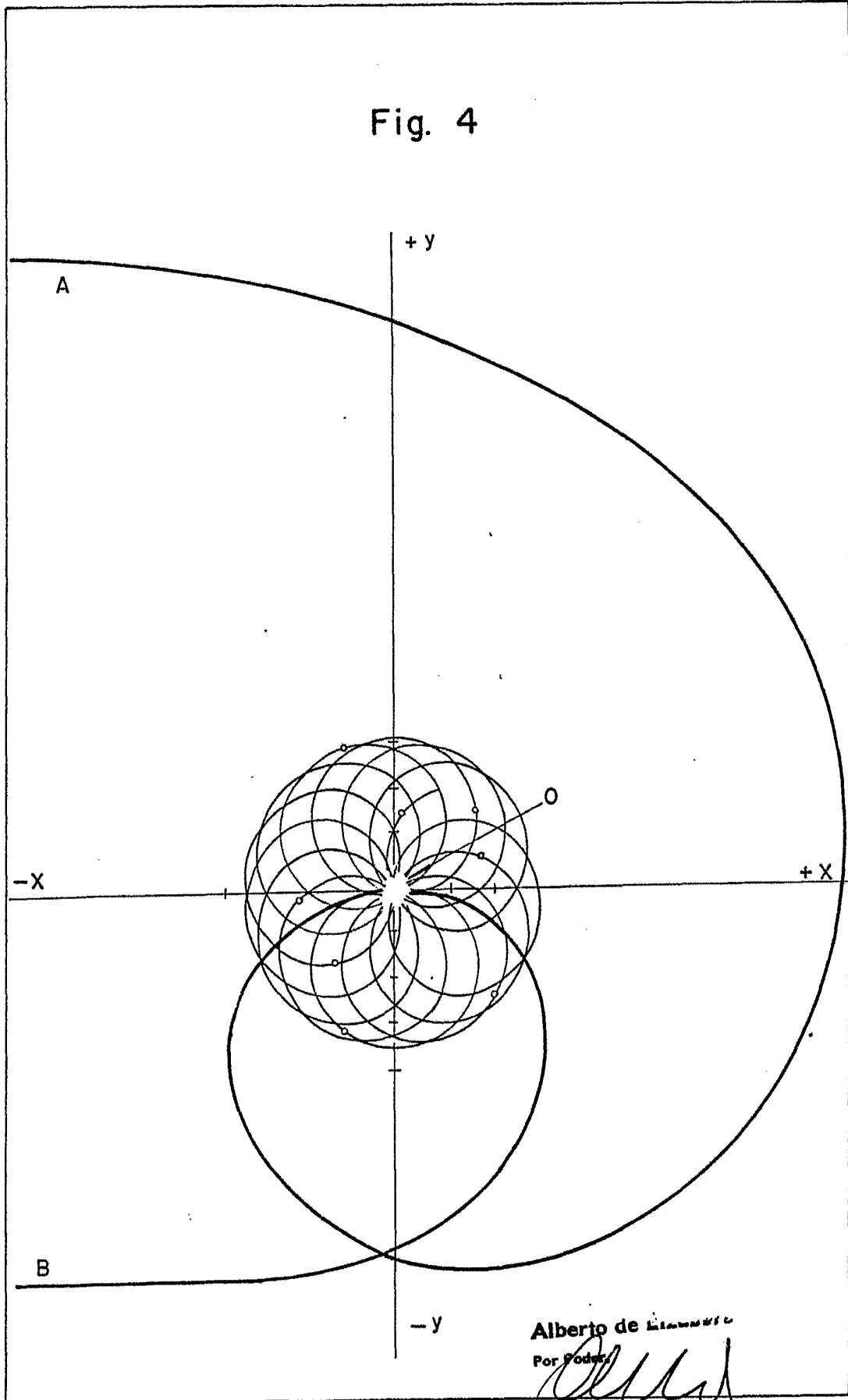
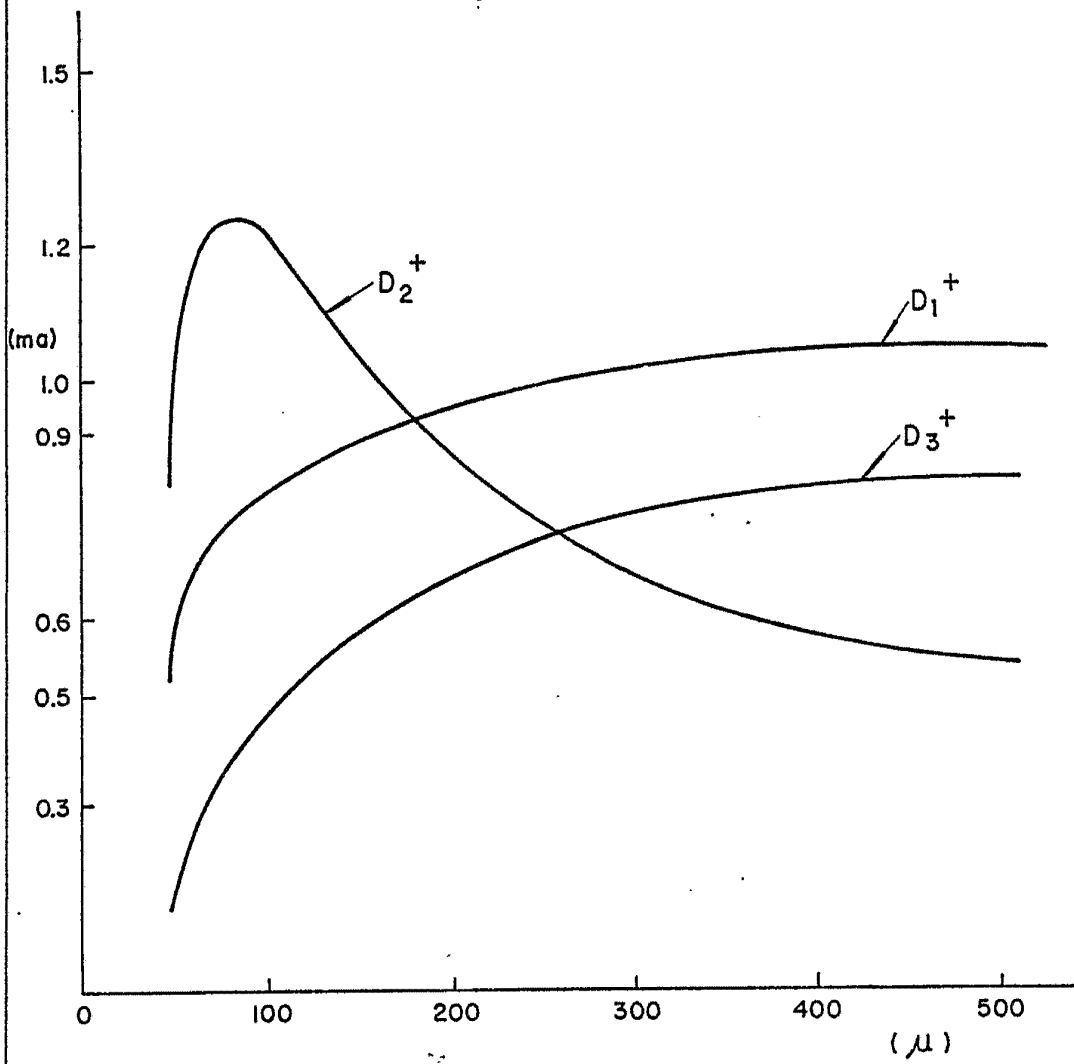
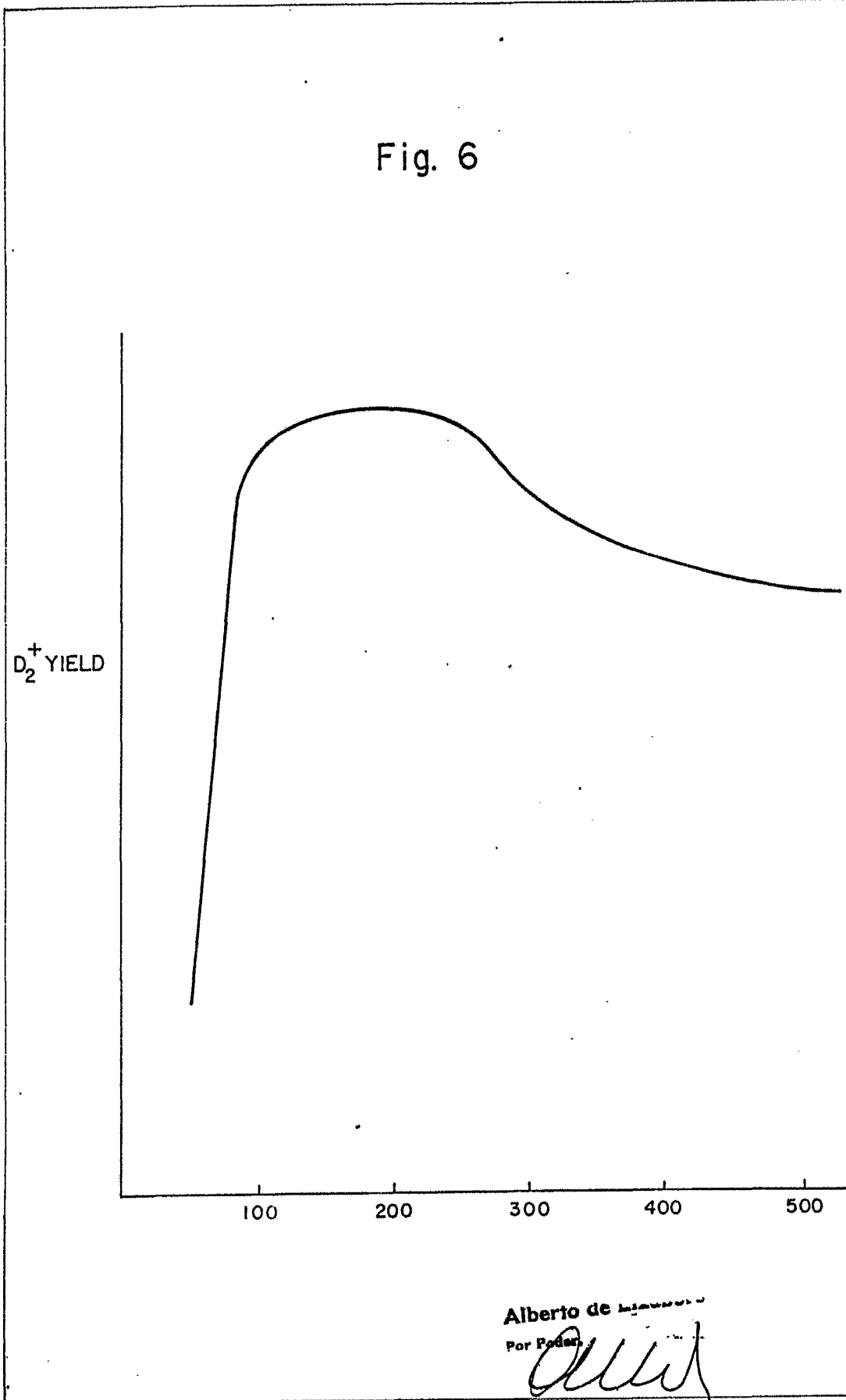


Fig. 5



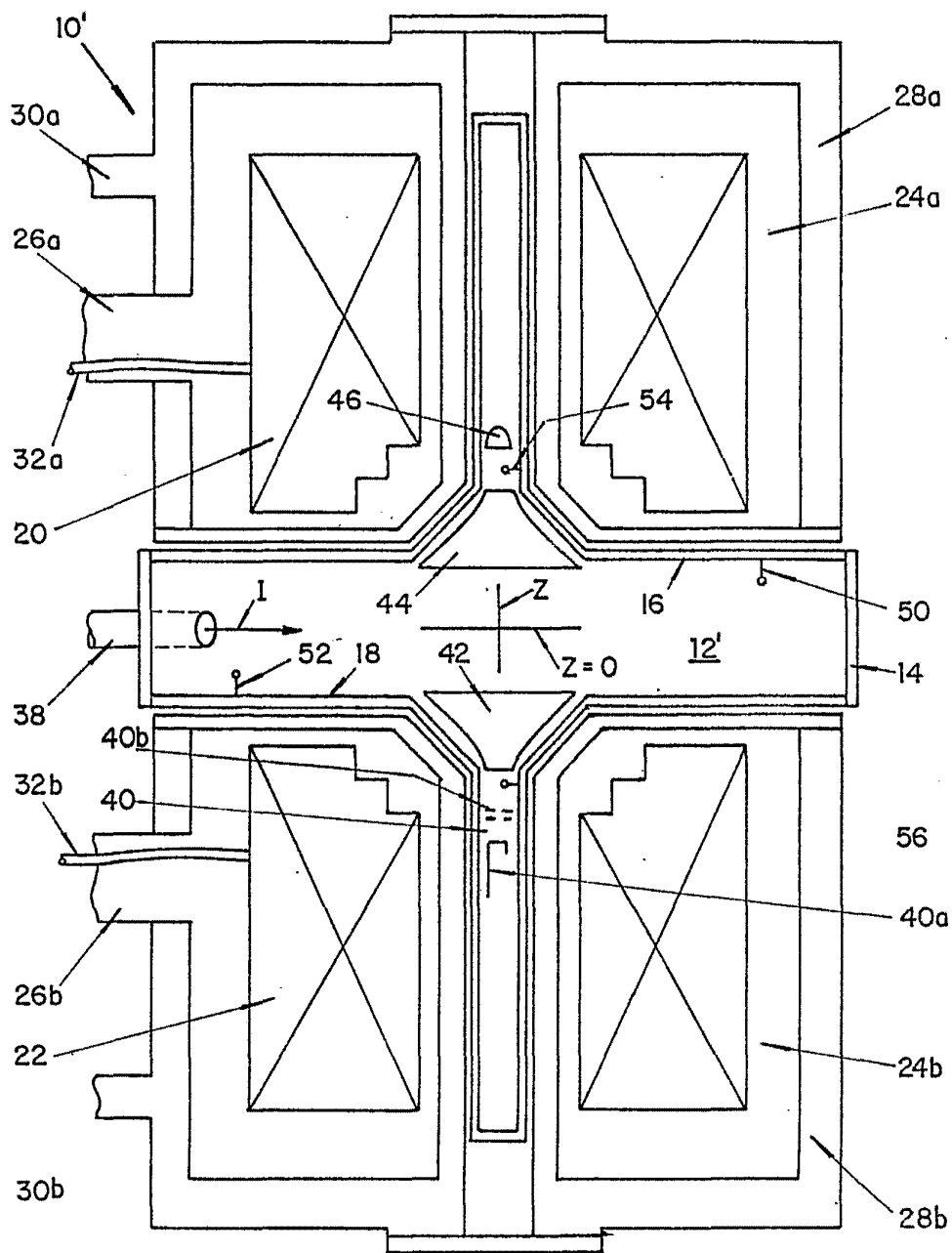
Alberto de Elzabeta
Por Favor

Fig. 6



Alberto de la Fuente
Por Poder

Fig. 7



Alberto de
 Por Poder
 [Signature]