

153343

7 FEB. 1977

CONCEDIDA

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: JERSEY NUCLEAR-AVCO ISOTOPES, INC.

Residencia: c/o Exxon Nuclear Co., 777 106th Avenue  
Northeast, BELLEVUE, Washington 98004,  
Estados Unidos.

Enunciado: "METODO Y APARATO UTILIZADOS EN UN SISTEMA  
DE SEPARACION DE ISOTOPOS".

Prioridad: de la solicitud de patente estadounidense  
nº. 428.661 del 27 de diciembre de 1973.

es



culas. El isótopo  $U_{235}$  se ioniza selectivamente mediante aplicación de una radiación laser sintonizada con precisión en un ancho de banda estrecho para excitar e ionizar selectivamente el isótopo  $U_{235}$  sin producir una ionización notable del isótopo  $U_{238}$  ni de otros isótopos. Una vez ionizados, las partículas del isótopo  $U_{235}$  se separan del plasma cambiando su dirección de circulación bajo la influencia de un campo eléctrico pulsado y de un campo magnético continuo que produce en los iones unas fuerzas magnetohidrodinámicas de campo cruzado. Las trayectorias diferentes de estos iones que resultan de la aceleración de campo cruzado, permiten que sean recogidos separadamente de los demás elementos constitutivos del flujo de vapor.

Si se desea utilizar solamente un campo magnético para separar las partículas ionizadas selectivamente del plasma, deben tenerse en consideración otros factores suplementarios para un esquema eficaz de enriquecimiento. En particular, es conveniente utilizar un flujo de vapor de alta densidad para aumentar la cantidad de partículas que se separan. El incremento de la densidad da lugar a una reducción del tiempo de intercambio de cargas de las partículas ionizadas selectivamente, lo cual, a su vez, exige un campo magnético más intenso o más fuerte para desviar los iones que fluyen en un ángulo sustancial antes de que pierdan su carga y dejen de ser afectados por el campo magnético. Sin embargo, un campo magnético intenso aumenta el efecto Zeeman de división o de ensanchamiento de las líneas de absorción de cada isótopo, reduciendo así el rendimiento o la selectividad de la excitación y de la ionización producidas por la radiación laser.

#### BREVE RESUMEN DEL INVENTO

De acuerdo con el invento, se describe un sistema

para ionizar selectivamente partículas de un tipo de isótopo en un ambiente de partículas de varios tipos de isótopos y para separar las partículas mediante la inter-acción de un campo magnético polarizado sobre el movimiento de los iones en este ambiente.

5           En una aplicación particular al enriquecimiento del isótopo  $U_{235}$  del uranio, el presente invento se aplica a un sistema en el cual se vaporiza uranio metálico para proporcionar un flujo de vapor que se expande en la región de un gradiente de campo magnético en la cual la aplicación de la radiación laser produce una ionización selectiva del isótopo  $U_{235}$ . La selectividad es mejorada sustancialmente mediante la limitación del efecto Zeeman de división de las líneas de absorción del uranio bajo la influencia del campo magnético. Esta reducción se consigue manteniendo una polarización predeterminada entre el haz laser y el campo magnético.

15           Los electrones liberados por la ionización de las partículas de isótopo  $U_{235}$  presentan generalmente la misma temperatura que los iones y otras partículas del ambiente. Por lo menos los electrones son acelerados por el gradiente de campo magnético hacia el punto de campo más débil. Debido a la necesidad de la neutralidad de las cargas del plasma, los electrones acelerados arrastrarán con ellos los iones de  $U_{235}$ . Situando unas placas de recogida en el trayecto de los electrones y de los iones acelerados, es posible recoger las partículas del isótopo  $U_{235}$ .

#### BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

25           Estas características, así como otras características del invento podrán ser entendidas más fácilmente haciendo referencia a la descripción detallada que sigue de un modo de realización preferido que se da a título de ilustración y sin

30

ningún carácter limitativo y examinando los dibujos adjuntos en los cuales:

la figura 1 es una representación diagramática del sistema de enriquecimiento de isótopo según el invento;

5 la figura 2 es una vista diagramática de una sección interna de la cámara de ionización de la representación de la figura 1;

la figura 3 es una vista ampliada de una porción del diagrama de la figura 2; y

10 la figura 4 es una vista de una variante de realización de la representación de la figura 3.

DESCRIPCION DETALLADA DEL MODO DE REALIZACION PREFERIDO

El presente invento se refiere a un método y a unos medios para ionizar y separar selectivamente las partículas de un tipo de isótopo respecto a un ambiente de partículas en circulación (atómicas o moleculares) de varios tipos de isótopos mediante la aplicación de una radiación laser y de un gradiente de campo magnético en una dirección perpendicular a la circulación de partículas ionizadas y paralela a la polarización laser. Para entender las características del invento relacionadas con la extracción por campo magnético de unas partículas ionizadas de un flujo de partículas, se describirá en primer lugar el sistema de separación de isótopos con el cual el invento está asociado.

25 Haciendo referencia a la figura 1, se representa esquemáticamente en ésta un sistema de enriquecimiento de isótopos que incluye un primer sistema laser 12 provisto de un medio de generación de radiaciones laser 14, que puede ser típicamente una solución de colorante y que presenta un haz de salida 16 de radiación laser. La sintonización del haz 16 adecuada para la

30

excitación selectiva del isótopo  $U_{235}$  se obtiene por medio de un sistema de sintonización 18 que puede incluir los elementos típicos de una cavidad laser. Un filtro patrón u otro dispositivo de selección de frecuencia puede ser añadido a la cavidad para mantener un ancho de banda suficientemente estrecho y una frecuencia de radiación exacta del haz 16. El medio de generación de radiaciones laser 14 se excita para que genere radiaciones laser mediante la producción de una inversión de población en las partículas del medio, por un sistema de excitación 20 que puede incluir otro laser o un destellador. La iniciación de cada impulso de radiación del haz de salida 16 se obtiene por medio de un generador de impulsos de disparo 22. Típicamente los impulsos de radiación son iniciados periódicamente.

En una aplicación típica, el sistema laser 12 puede estar constituido por un laser Dial-A-Line de la Avco Everett Research Laboratory, Inc., Everett, Massachusetts, que incluye, cuando se desea, una o varias etapas de amplificación.

El haz de salida 16 se combina por medio de un espejo dicróico 24 con el haz de salida 26 de otro sistema laser 28. Un sistema programador 30 produce una activación preferentemente coincidente de los sistemas laser 12 y 18 para que produzcan simultáneamente impulsos en una secuencia de tiempo repetida. La duración de los impulsos puede variar típicamente entre algunos nanosegundos y una fracción sustancial de un microsegundo.

El espejo dicróico 24 proporciona un haz compuesto 32 de energía radiante laser (de una o varias frecuencias) y contiene energías de fotones seleccionadas para proporcionar la excitación selectiva de las partículas de  $U_{235}$  vaporizadas sin producir la excitación correspondiente de las partículas de  $U_{238}$ , y para proporcionar además uno o varios escalones de energía su-

plementarios que producen la ionización de las partículas de  $U_{235}$  excitadas selectivamente. Las energías de fotones particulares para la excitación y la ionización pueden ser elegidas en las listas de líneas de absorción del isótopo  $U_{235}$  o de los demás isótopos que han de ser separados, que han sido publicadas.

La excitación y la ionización selectivas se realizan en el interior de una cámara 34 en la cual se ha hecho el vacío y a la cual se aplica la radiación laser del haz 32 a través de una ventana 36, hecha típicamente de cuarzo óptico, por un tubo largo 38 para impedir la contaminación de la ventana 36. El haz laser 32 atraviesa un separador 40 donde se producen la excitación y la ionización selectivas en un ambiente de partículas de vapor. El vapor es producido por una fuente de vapor 42 que genera preferentemente un flujo de vapor en expansión en el separador 40. El haz 32 continúa a través de la cámara 34 y sale por un tubo 44 y la ventana 46, pudiendo ser utilizado típicamente en una o varias cámaras similares para conseguir una utilización eficaz de la radiación. Una bomba de vacío 48 mantiene una presión reducida en el interior de la cámara 34 con el fin de impedir que los elementos constitutivos de la atmósfera interfieran con los procesos del invento, por ejemplo debido a colisiones de partículas, combustión o de otro modo.

Una fuente de corriente de campo magnético 50 aplica una corriente de campo magnético a unas estructuras de bobina en el interior del separador de iones 40 para crear un gradiente de campo magnético que reacciona con el plasma en circulación que resulta de la ionización selectiva para producir una aceleración de los iones con el fin de recogerlos aparte de los demás componentes del ambiente de vapor.

Haciendo referencia a la figura 2, puede entenderse el mecanismo de este sistema de extracción. Como se representa aquí, un flujo 52 de vapor que se expande radialmente, es generado a partir de la superficie de una masa de uranio 54, contenida en un crisol 56. El crisol está provisto de una pluralidad de orificios de enfriamiento 58 para la eliminación del calor. La superficie de la masa de uranio 54 se calienta preferentemente de manera lineal o a lo largo de una serie de puntos mediante aplicación de un haz electrónico 60 procedente de una fuente de energía en forma de filamento 62. Un campo magnético 64, que puede dirigirse entre unas piezas polares de hierro 66, enfoca el haz electrónico 60 sobre la línea o los puntos de la superficie.

El flujo de vapor 52 que se expande radialmente es dirigido al separador de iones que se representa generalmente en 40. El separador 40 presenta una pluralidad de placas de recogida de  $U_{235}$ , 68, que dividen el separador 40 en una pluralidad de cámaras 70. La parte posterior de las cámaras 70 está limitada por una sola placa o por una pluralidad de placas de recogida 72 que sirven para recoger los componentes no ionizados del flujo de vapor de uranio, principalmente  $U_{238}$ . Las placas 72 pueden estar situadas todavía más "rio abajo" en el flujo de vapor según se desee. Las placas 68 y 72 están dispuestas perpendicularmente al plano de la hoja del dibujo en el sentido axial del separador de iones 40 y están soportadas por sus extremos. Las placas 68 y 72 pueden fabricarse con uranio metálico.

En una disposición típica, cada cámara 70 contiene unas primera y segunda barras o alambres de corriente 74 y 76, que están dispuestos respectivamente uno tras otro, en la dirección del flujo de vapor 52. Las barras de corriente 74 y 76 se excitan típicamente con la corriente procedente de la fuente de corriente

de campo magnético 50 y crean una pluralidad de gradientes de campo magnético en el interior de las cámaras 70 en una región curva alrededor de la fuente lineal de vapor.

5 Las cámaras 70 están iluminadas típicamente con la radiación del haz 32 y particularmente en las regiones 78 que incluyen la porción de las placas de recogida 68 entre las barras 74 y 76. La iluminación de las regiones 78 puede conseguirse típicamente mediante reflexiones del haz 32 o por medio de un enmascaramiento adecuado del haz con la forma deseada.

10 Una representación ampliada de dos cámaras 70 en el interior del separador de iones 40 se representa con proporciones más claras en la figura 3. En un primer modo de realización, se supondrá que las barras de corriente 76 llevan la corriente hacia el plano de la hoja, mientras que las barras de corriente 74  
15 llevan la corriente a partir del plano de la hoja. En este caso, se ilustra por medio de las líneas de inducción 80 en la figura 3 un campo magnético representativo. Se observará que en la región situada entre las barras de corriente 74 y 76, el campo magnético presenta su intensidad máxima, mientras que en la región  
20 de las placas de recogida 68 presenta la intensidad mínima y por tanto existe un gradiente de campo magnético en la dirección axial entre las placas de recogida 68 y la región situada entre las barras de corriente 74 y 76.

25 Con el objeto de visualizar la acción del gradiente de campo magnético para acelerar los iones en el flujo de vapor según se realiza en el invento, se observarán las partículas cargadas 82 y 84 que resultan de la ionización selectiva de las partículas de  $U_{235}$  en el flujo de vapor y que tienen un vector de velocidad hacia el exterior  $V_0$ , según se representa en la figura  
30 3. Como es sabido, esta velocidad en el campo magnético produci-

rá un desvío de las partículas 82 y 84 hacia unas trayectorias generalmente alrededor de las líneas de campo magnético. Esta circulación tendrá un radio de giro o radio de circulación que puede ser calculado. A título ilustrativo, se supondrá que las partículas 82 incluyen electrones, aunque está claro que los iones cargados 84 del  $U_{235}$  contenidos en el plasma generalmente neutral, estarán igualmente sometidos a fuerzas similares. Si el radio de rotación o giro-radio de las partículas cargadas es suficientemente pequeño, lo que implica un campo magnético suficientemente intenso para que las órbitas de las partículas se cierren sobre si mismas dentro de unas dimensiones reducidas en comparación con las dimensiones de las cámaras 70, entonces el movimiento de estas partículas puede ser considerado como adiabático, es decir que no se producirá ningún cambio neto de energía en su rotación, La energía total de movimiento de las partículas 82 puede ser considerada como incluyendo una componente de velocidad paralela al campo magnético y una componente de velocidad perpendicular al campo magnético, siendo la suma de estas componentes constante en condiciones adiabáticas. Igualmente, en la teoría de las botellas magnéticas de partículas cargadas, es conocido que el cociente de la energía de las partículas perpendicularmente al campo magnético dividida por el campo magnético, será una constante de desplazamiento en un sistema adiabático, definido típicamente como  $\mu$ , es decir el momento magnético. En el caso de una partícula electrónica 82,  $\mu$  se define como  $I\kappa r_g$ , donde  $r_g$  es el radio de giro del electrón y  $I$  es la corriente representada por la partícula que gira. De manera similar los cocientes respectivos de la energía perpendicular en diferentes puntos dividida por la intensidad del campo magnético en estos puntos, son iguales en las condiciones especificadas. Ya que las partículas que orbitan son dia

magnéticas o tienen un efecto en el campo magnético para reducirlo localmente, estas partículas están sometidas a una fuerza que les empuja hacia la región de campo más débil y experimentan un desplazamiento hacia las placas 68. A partir de estas consideraciones teóricas, puede calcularse que en algún punto del campo magnético toda la energía se concentrará necesariamente en la velocidad perpendicular si la magnitud del campo magnético es suficiente y por tanto no existirá velocidad paralela. El resultado de esta teoría es un efecto de embotellamiento magnético que obliga a las partículas 82 a rebotar entre las regiones de campo de intensidad máxima. Debido a que las barras 74 y 76 son lineales, el embotellamiento magnético será lineal. Sin embargo, si se interponen en el trayecto de los electrones las placas de recogida 68 de la figura 3, los electrones se desplazarán solamente hasta las placas 68.

Como resultado de los requisitos de neutralidad de cargas en el plasma, la aceleración de los electrones 82 hacia las placas 68 tendrá el efecto de arrastrar los iones 84, resultantes de la ionización selectiva, con los electrones, hasta las placas 68 para su acumulación en ellas. Unas consideraciones de reacciones de intercambio de cargas aconsejan hacer preferentemente el campo magnético suficientemente intenso y las dimensiones de las placas 68 suficientemente pequeñas para que se produzca una aceleración de los iones 84 de  $U_{235}$  en la dirección de las placas 68 antes de que se produzca un intercambio de cargas iónicas con las partículas neutras, típicamente partículas de  $U_{238}$  para permitir la recogida de  $U_{238}$  o la pérdida de partículas de  $U_{235}$  ionizadas.

Si el campo magnético es suficientemente intenso para que el radio de giro, no solamente de los electrones, sino tam

bien de los iones 84 sea suficientemente pequeño para proporcionar condiciones adiabáticas en el movimiento iónico bajo la influencia del campo magnético, los iones podrán ser acelerados directamente hasta las placas 68 debido a la acción del gradiente de campo magnético descrita más arriba. Igualmente, unas consideraciones de intercambio de cargas limitarán las dimensiones de la placa 68, su separación inclusive, así como las condiciones del campo magnético y su gradiente.

Las aceleraciones resultantes del gradiente de campo magnético proporcionan un medio eficaz para separar las partículas ionizadas de las partículas no ionizadas en el flujo de vapor. Sin embargo, el campo magnético existe en la región de ionización selectiva y por tanto puede mermar la selectividad de una ionización laser debido a la división de los niveles de cuanta en una gama de niveles, conocida bajo el nombre de efecto Zeeman. Esta división de los niveles de cuanta amplía también la gama de transiciones permisibles entre dos niveles cualesquiera y por tanto ensancha la línea de absorción correspondiente para la transición entre estos niveles. Para una ionización selectiva de isótopos de uranio, es importante que sea posible distinguir entre las líneas muy adyacentes que corresponden a  $U_{235}$  y  $U_{238}$ . Un ensanchamiento de estas líneas producido por el efecto de división Zeeman tenderá a producir la superposición de estas líneas adyacentes y por tanto mermará o suprimirá la selectividad de la ionización. El grado en el cual se producirá dicha superposición dependerá de la intensidad del campo magnético, mientras que la posibilidad práctica de realizar la aceleración del campo magnético y su eficacia dependerán también de un campo magnético elevado, por ejemplo, un campo de un Kgauss o más, para mantener un gradiente suficiente de por ejemplo 0,5 Kgauss/cm.

En el caso típico que se representa en la figura 1, la energía radiante del haz 32 incluirá por lo menos una longitud de onda de radiación de excitación y una longitud de onda de radiación de ionización. La radiación de excitación se sintoniza con precisión para que corresponda a una línea de absorción del isótopo deseado con el objeto de producir una transición desde un nivel de energía que corresponde generalmente al nivel de masa hasta un nivel de energía más elevado o entre dos niveles de energía elevados. Por lo menos una de estas radiaciones es isotópicamente selectiva, y es importante reducir la división debida al efecto Zeeman en la línea en la cual está sintonizada. La radiación de ionización produce una transición hacia un espectro continuo y por tanto es menos importante que se mantenga selectiva a no ser que se utilicen líneas de absorción de auto-ionización.

El grado en el cual un campo magnético intenso puede ser utilizado sin pérdida de selectividad puede ser mejorado manteniendo la polarización del vector de campo eléctrico transversal en la radiación laser aplicada, paralelo al campo magnético en las regiones 78 representadas por los vectores de campo eléctrico 86. El efecto del mantenimiento de esta polarización consiste en reducir la división Zeeman o el ensanchamiento de las líneas de absorción para los isótopos de uranio que reducirían la separación efectiva y mermarían la selectividad y el rendimiento de ionización. El vector de polarización 86 puede ser mantenido mediante la utilización de haces laser separados 32 para cada cámara 78 o mediante una reflexión de la radiación de cada haz utilizando grupos 87 de espejos y de filtros giratorios Faraday o filtros de polarización representados en la figura 1.

Haciendo referencia a la figura 4, se representa en ésta una modificación del gradiente de campo magnético producido por

las barras de corriente 74 y 76. Mientras que en la figura 3, las hileras superior e inferior de barras de corriente 76 y 74, respectivamente, transportaban corrientes en la misma dirección en cada hilera, las barras de la figura 4 alternan respecto a la dirección de la corriente desde una barra de corriente a la otra en la misma hilera, según se representa. Se obtiene así un campo magnético, el cual, en la dirección acimutal, se aproxima al valor cero en la proximidad de las placas de recogida 68 y tiene el efecto de aumentar el gradiente de campo magnético.

El campo magnético generado por la corriente en las barras 74 y 76 de la figura 3, se cierra preferentemente sobre sí mismo, por ejemplo por una estructura de bobina o un circuito de flujo de alta permeabilidad 88 que se representa en la figura 2. El circuito 88 sirve como conducto de flujo entre las extremidades opuestas de los apilamientos de cámaras 70 y ayuda a impedir interferencias entre los campos magnéticos generados por las barras de transporte de corriente 74 y 76 y el campo magnético utilizado para enfocar el haz electrónico 60 en una línea o una serie de puntos en la superficie de la masa de uranio 54.

Si se estudian las dimensiones del sistema, es útil seguir las instrucciones que siguen. Si la inducción magnética es suficientemente importante para que los iones sean adiabáticos, los iones deben ser desviados hacia una placa colectora antes de que estén sometidos a un intercambio de cargas. Esto sugiere que  $V_{\theta}$  hacia el colector debe ser aproximadamente igual a  $vV_f$ , es decir la velocidad de circulación. Si la separación de las placas es  $S$  y si el campo magnético cambia en la relación  $R$  al pasar desde su valor máximo debajo de la bobina de corriente hasta la placa colectora 68 entonces

$$S \leq \frac{V_f}{V_r} \frac{B_s}{B_0} \frac{R-1}{2\pi\alpha}$$

siendo  $B_s$  el valor de B en la placa colectora,  $V_r$  la velocidad relativa,  $V_c$  la velocidad de circulación,  $\sigma$  la sección transversal de intercambio de cargas,  $\beta_0$  la intensidad del campo en el punto de ionización y  $n$  la densidad de partículas. En el caso de que los  
5 electrones sean los únicos elementos cargados que son adiabáticos, entonces su energía de carga espacial electro-estática que es igual a su energía cinética, es la que es disponible para la aceleración y es conveniente obtener electrones con la máxima energía posible.

10 Después de describir más arriba un sistema preferido de utilización de gradientes de campo magnético para realizar la extracción de iones a partir de un ambiente de plasma, los peritos en la materia podrán idear varias modificaciones y cambios en la estructura y en el proceso descritos sin alejarse del espíritu  
15 del invento. Por consiguiente, el alcance del invento está limitado solamente por lo que se indica en las reivindicaciones adjuntas.

TRADUCCION DE LAS LEYENDAS QUE FIGURAN EN LOS DIBUJOS DE LA

PATENTE BASICA

	<u>Nº de referencia</u>	<u>Traducción</u>
20	12	Sistema laser 1
	14	Medio
	18	Sintonización
	20	Excitación
	22	Iniciación
25	28	Sistema laser 2
	30	Programador
	40	Separador
	42	Fuente de vapor
	48	Vacio
30	50	Fuente de corriente de campo magnético

En resumen, la presente patente de invención que se solicita deberá recaer en las siguientes

REIVINDICACIONES

5 1. - Método y aparato utilizados en un sistema de separación de isótopos en el cual un tipo de isótopo situado en un ambiente de partículas de varios tipos de isótopos en circulación se ioniza selectivamente por energía radiante, estando dicho método de separación de los iones de un tipo de isótopo respecto a dicho ambiente, caracterizado por las etapas que consisten en:

10 aplicar un campo magnético a dicho ambiente que incluye los iones de dicho tipo de isótopo;

establecer la polarización relativa del campo magnético aplicado con relación a la energía radiante para obtener un ancho de línea de absorción reducido para las partículas de dicho ambiente en respuesta a la energía radiante;

15 desviando dicho campo magnético aplicado la circulación de las partículas ionizadas de dicho ambiente.

20 2. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye además la fase que consiste en recoger los iones desviados separadamente de los demás componentes de dicho ambiente.

3. - Método según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha fase de recogida incluye además la fase que consiste en utilizar unas placas para recoger en ellas dichos iones.

25 4. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque la polarización establecida del campo magnético y la energía radiante es una polarización de la energía radiante con relación al campo magnético que reduce generalmente al mínimo el efecto Zeeman de división de los niveles de energía de dichas partículas del tipo de isótopo en cuestión.

30 5. - Método según la reivindicación 4, caracterizado

porque la energía radiante aplicada incluye varias longitudes de onda que corresponden a las transiciones de excitación y de ionización, y se establece la polarización con relación a las longitudes de onda de excitación.

5                   6. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye la fase que consiste en establecer un gradiente en el campo magnético aplicado.

10                   7. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha fase de aplicación de dicho campo magnético a dicho ambiente incluye la fase que consiste en aplicar corrientes eléctricas a una pluralidad de conductores eléctricos, generalmente paralelos en dicho ambiente.

15                   8. - Método según la reivindicación 7, caracterizado porque dichos conductores eléctricos incluyen por lo menos, unas primera y segunda hileras de conductores, pasando la corriente transportada por cada hilera de conductores en la misma dirección en cada fila y en direcciones diferentes entre hileras adyacentes.

20                   9. - Método según la reivindicación 7, caracterizado porque dichos conductores eléctricos incluyen por lo menos, unas primera y segunda hileras, alternando la dirección de la corriente transportada por cada conductor entre los conductores adyacentes.

25                   10. - Método según la reivindicación 7, caracterizado porque las corrientes transportadas por dichos conductores eléctricos crean una o varias botellas magnéticas lineales en el interior de dicho ambiente.

                  11. - Método según la reivindicación 7, caracterizado porque incluye además la fase que consiste en proporcionar un circuito de retorno por cada campo magnético aplicado.

30                   12. - Método según la reivindicación 1, caracterizado

además porque incluye la fase que consiste en constituir dicho ambiente bajo la forma de un flujo de vapor que se expande a través de la región del campo magnético aplicado.

5 13. - Método y aparato utilizados en un sistema para separación de isótopos en el cual existe un ambiente de partículas de varios tipos de isótopos en circulación, caracterizado porque dicho aparato incluye:

unos medios para aplicar energía radiante al ambiente de partículas en circulación de varios tipos de isótopos para ionizar selectivamente un isótopo entre los varios isótopos;

10 un dispositivo para aplicar un campo magnético a dicho ambiente para producir una desviación de la circulación de los iones del tipo de isótopo en cuestión; y

15 unos medios para establecer una polarización predeterminada entre la energía radiante aplicada y el campo magnético aplicado para aumentar la selectividad de la ionización de partículas.

20 14. - Aparato según la reivindicación 13, caracterizado además porque incluye unos medios para recoger los iones desviados en la circulación y que se separan de los demás componentes de dicho ambiente.

15. - Aparato según la reivindicación 14, caracterizado porque dicho dispositivo de recogida incluye una pluralidad de placas para recoger en ellas dichos iones.

25 16. - Aparato según la reivindicación 13, caracterizado porque:

30 dicha energía radiante aplicada es polarizada con respecto a dicho campo magnético para reducir el efecto Zeeman de división de los niveles de energía de dichas partículas del tipo de isótopo en cuestión.

17. - Aparato según la reivindicación 16, caracterizado porque la polarización presenta un vector eléctrico de energía radiante paralelo a las líneas de campo magnético.

5 18. - Aparato según la reivindicación 13, caracterizado porque el campo magnético aplicado proporciona condiciones adiabáticas de desplazamiento de las partículas cargadas en dicho ambiente.

10 19. - Aparato según la reivindicación 13, caracterizado porque dicho dispositivo de aplicación de dicho campo magnético a dicho ambiente incluye una pluralidad de conductores eléctricos de transporte de corriente generalmente paralelos en dicho ambiente.

15 20. - Aparato según la reivindicación 19, caracterizado porque dichos conductores eléctricos incluyen por lo menos, unas primera y segunda hileras de conductores en los cuales la corriente transportada por cada hilera de conductores está orientada en la misma dirección en el interior de cada hilera y en direcciones diferentes entre hileras adyacentes.

20 21. - Aparato según la reivindicación 19, caracterizado porque dichos conductores eléctricos incluyen por lo menos, unas primera y segunda hileras de conductores, alternando la dirección de la corriente transportada por cada conductor entre conductores adyacentes.

25 22. - Aparato según la reivindicación 13, caracterizado porque:

dicho dispositivo de aplicación de campo magnético incluye unos medios para producir unas líneas de campo que tienen una curva en forma de arco en dimensiones importantes con relación al grado de desvío de los iones; y

30 se proporcionan unos medios para hacer girar la polarización

rización de energía radiante aplicada a lo largo de dicha curva.

23. - Aparato según la reivindicación 22, caracterizado porque incluye además un circuito de retorno para dicho campo magnético aplicado.

5                   24 - Aparato según la reivindicación 13, caracterizado porque incluye además un dispositivo para asegurar un flujo de partículas a través de la región del campo magnético aplicado para definir dicho ambiente.

10                   25. - En un sistema para separación de isótopos en el cual se proporciona un ambiente de partículas de varios tipos de isótopos en circulación, utilizado para separar las partículas de un tipo de isótopo en el flujo de partículas que incluye:

15                   una pluralidad de conductores eléctricos generalmente lineales, situados por lo menos en unas primera y segunda hileras y que se extienden generalmente en un sentido transversal a la dirección de las partículas que circulan;

                  un dispositivo para aplicar una corriente eléctrica a dichos conductores para crear un gradiente de campo magnético en la región de dichos conductores;

20                   estando el gradiente de campo magnético situado generalmente a lo largo de unas líneas situadas entre las hileras en una dirección perpendicular al flujo de partículas; y

25                   un dispositivo para aplicar energía radiante a las partículas que circulan en la región de dichos conductores con una radiación característica para producir una ionización selectiva del tipo de isótopo en cuestión.

30                   26. - Aparato según la reivindicación 25, caracterizado porque dichos conductores eléctricos incluyen unas primera y segunda hileras de barras de corriente siendo la dirección de la corriente transportada por cada barra de una hilera la misma, pe

ro siendo diferente entre barras de corriente adyacentes.

27. - Aparato según la reivindicación 25, caracterizado porque dichos conductores están dispuestos en unas primera y segunda hileras, siendo la dirección de la corriente en cada conductor diferente de la circulación en los conductores adyacentes.

28. - Aparato según la reivindicación 25, caracterizado además porque incluye un dispositivo para mantener una polarización predeterminada de la energía radiante aplicada con relación a la dirección del campo magnético del gradiente de campo magnético con el objeto de reducir el efecto Zeeman de división de los niveles de energía de dichas partículas en el flujo de partículas.

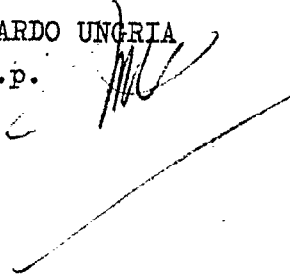
29. - Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la patente de invención que se solicita: " METODO Y APARATO UTILIZADOS EN UN SISTEMA DE SEPARACION DE ISOTOPOS".

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva, que consta de veintiuna páginas mecanografiadas y dibujos adjuntos.

Madrid, 26 de diciembre de 1974

BERNARDO UNGRIA

P.P.



5

10

15

20

25

30

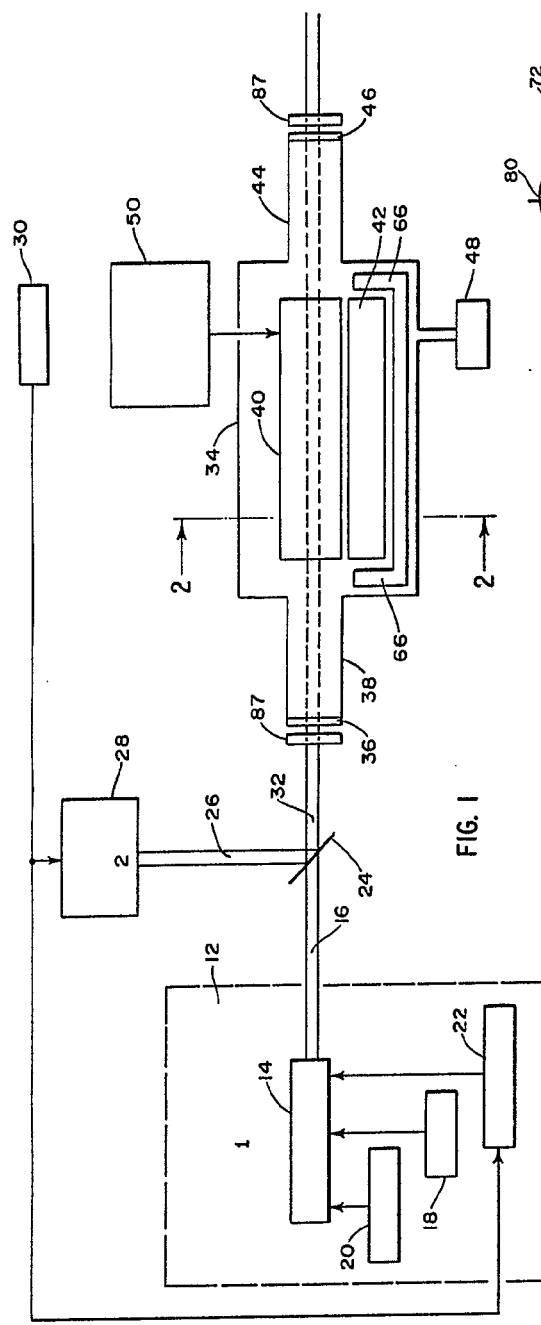


FIG. 1

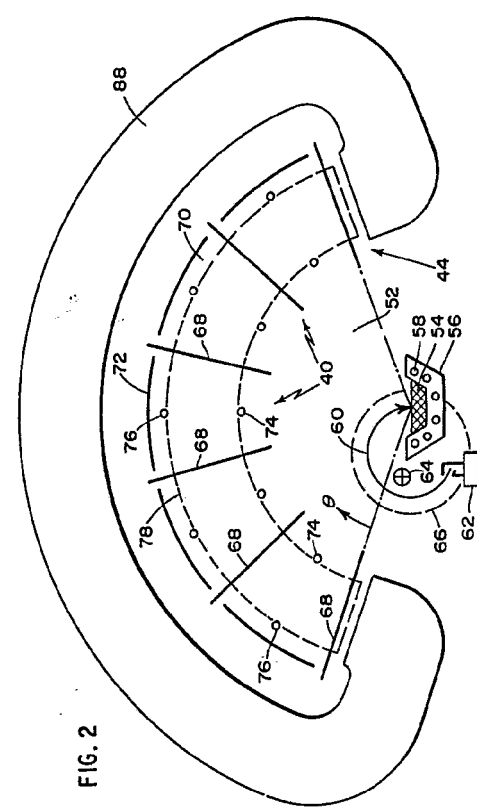


FIG. 2

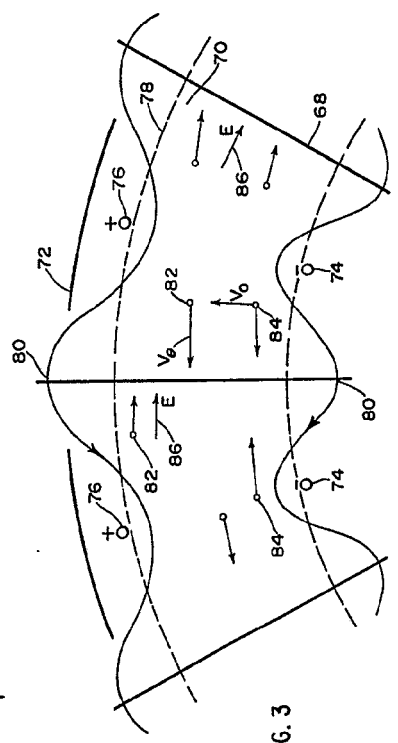


FIG. 3

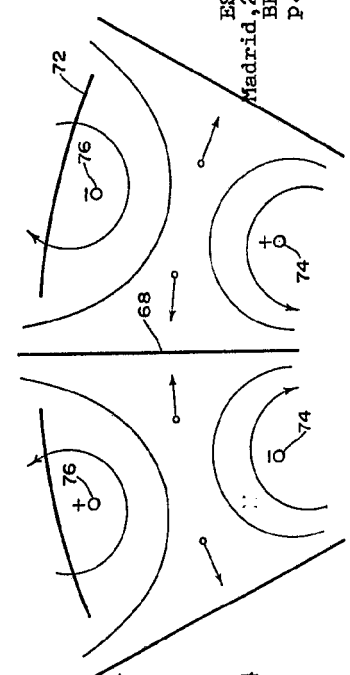
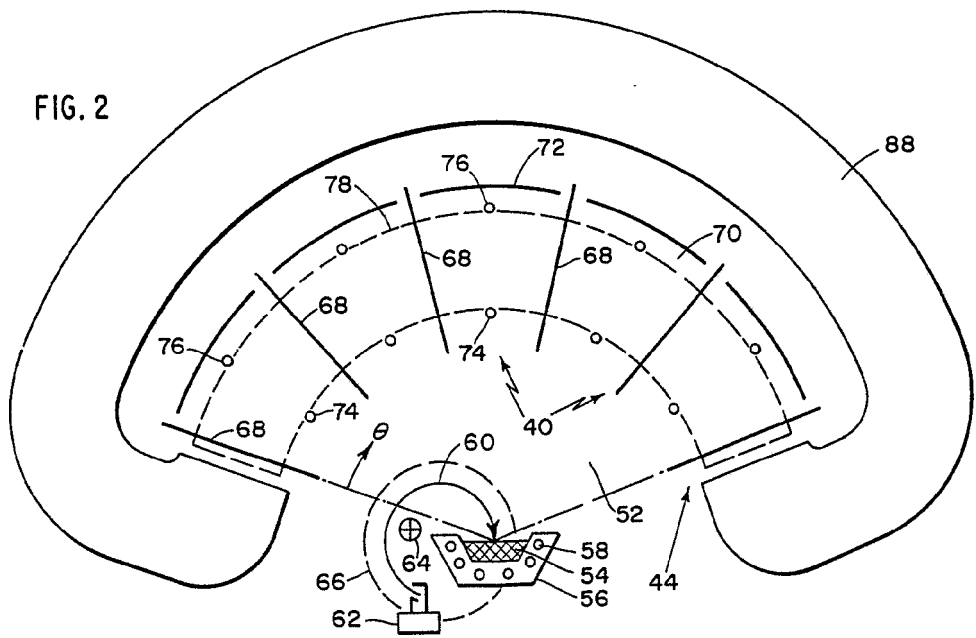
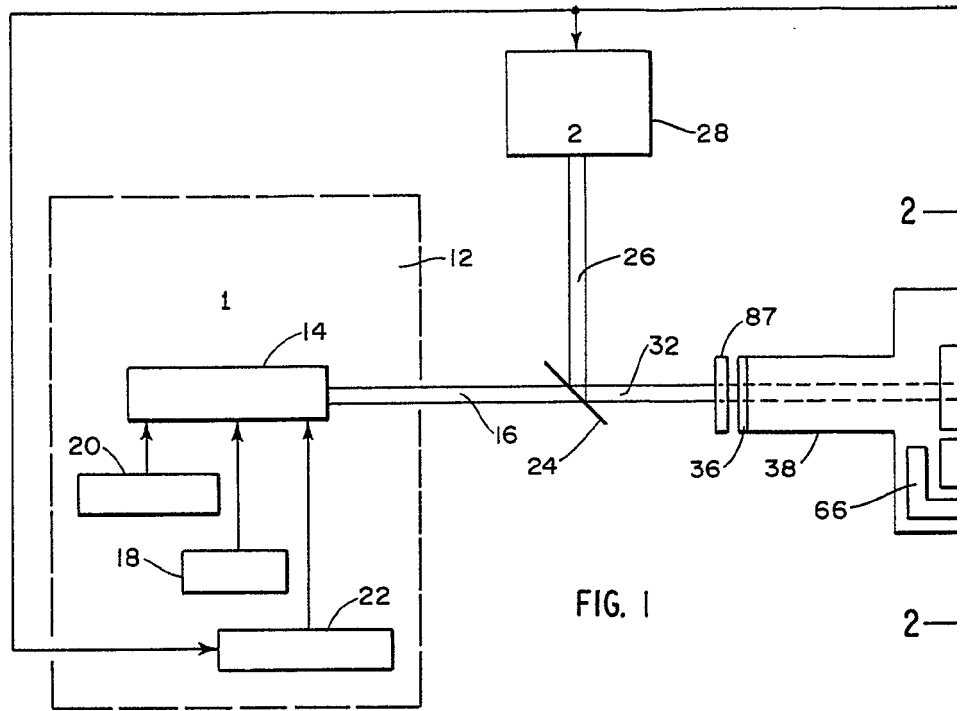


FIG. 4

ESCALA VARIABLE  
 Madrid, 26 diciembre 1974  
 BERNARDO UNGRZA  
 P.D.



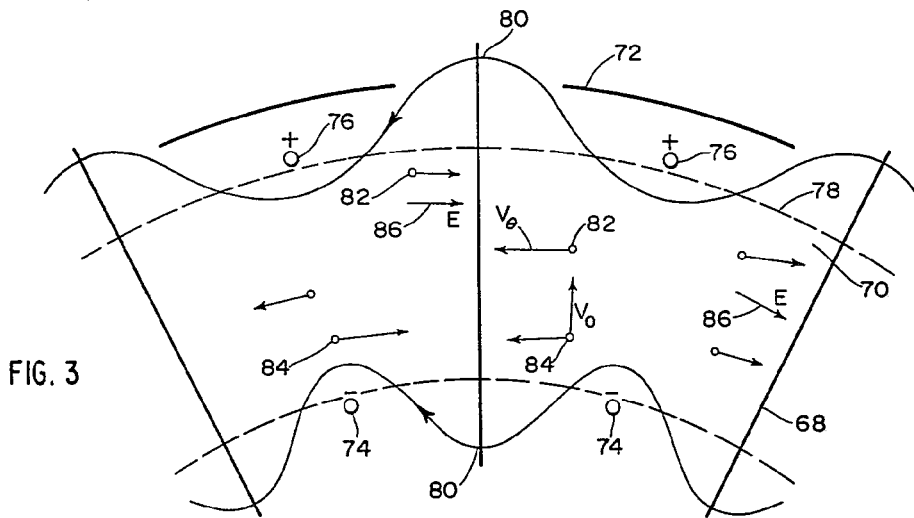
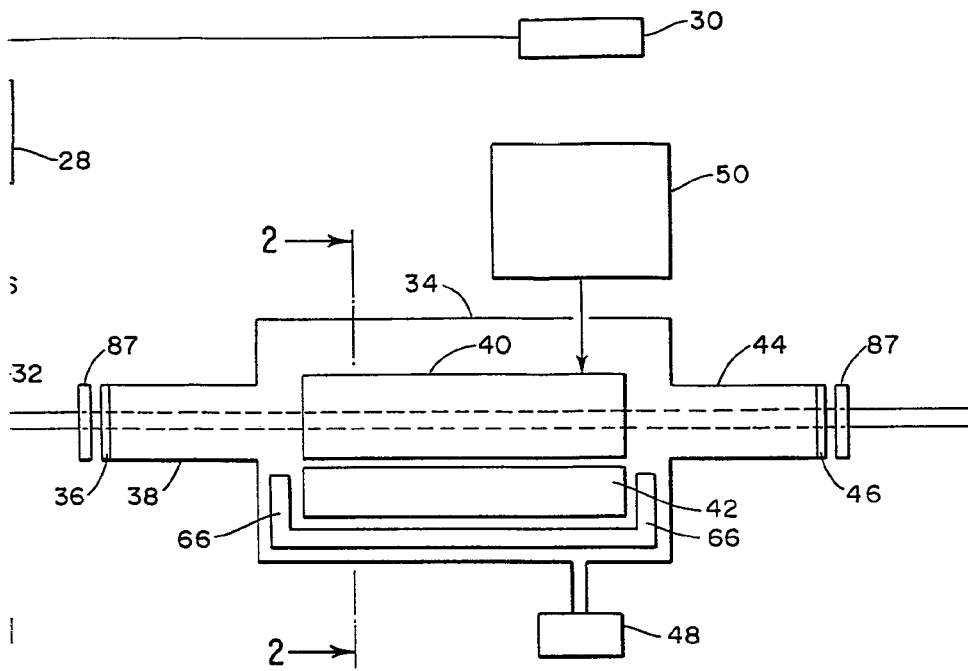


FIG. 3

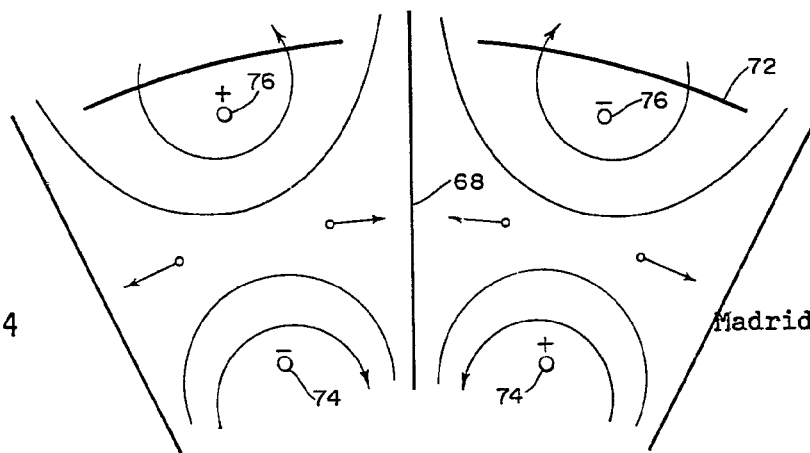


FIG. 4

ESCALA VARIABLE  
 Madrid, 26 diciembre 1974  
 BERNARDO UNGRIA  
 P.P.