



ESPAÑA

19 ES

11	NUMERO
21	448.767
22	FECHA DE PRESENTACION
	10.6.1976

10 A1

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES:	32 FECHA	33 PAIS
31 NUMERO		
591.706	30.6.1975	estadounidense

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	B01D 59/00	

64 TITULO DE LA INVENCION
METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA SEPARAR MOLECULAS EN FUNCION DEL TIPO DE ISOTOPO DE UNO DE SUS COMPONENTES QUE SE PRESENTA BAJO LA FORMA DE UNA PLURALIDAD DE ISOTOPOS.

71 SOLICITANTE (S)
JERSEY NUCLEAR-AVCO ISOTOPES, INC.

DOMICILIO DEL SOLICITANTE
777 106th Avenue Northeast, C-00777 Bellevue, Washington 98009, Estados Unidos.

72 INVENTOR (ES)
Jaime A. Woodroffe y James C. Kexk, ambos estadounidenses.

73 TITULAR (ES)
El mismo solicitante.

74 REPRESENTANTE
DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU.

POOR
QUALITY

EXTRACTO DE LA DESCRIPCION

Se describe un sistema para efectuar la separación o el enriquecimiento de isótopos, en el cual las moléculas de un tipo de isótopo determinado contenido en una circulación de moléculas de varios tipos de isótopos se excitan mediante vibraciones y chocan con un gas ambiente para mejorar la difusibilidad de las moléculas del tipo de isótopo elegido, permitiendo así su recogida separada. Típicamente el sistema sirve para el enriquecimiento del uranio utilizando un gas hexafluoruro de uranio en combinación con un gas noble tal como el argón. Las moléculas de hexafluoruro de uranio que tienen un isótopo particular de uranio, se excitan de manera vibracional mediante radiaciones láser. La energía vibrante se transforma en energía de translación al producirse un choque con una partícula del gas ambiente y la energía de translación añadida aumenta la difusibilidad de las moléculas de hexafluoruro elegidas, facilitando su condensación en unas superficies de recogida dispuestas a este efecto. Se interrumpe periódicamente el proceso y se detiene la circulación criogénica para permitir la evaporación de las moléculas acumuladas con el fin de obtener una circulación enriquecida distinta.

AMBITO DEL INVENTO

El invento se refiere a la separación isotópica y en particular a la separación isotópica utilizando excitación vibracional isotópicamente selectiva y reacciones de vibración-translación de las partículas excitadas.

ANTECEDENTES DEL INVENTO

Se ha reconocido que el láser es útil para la separación isotópica creando una excitación de un isótopo particular sin producir una excitación correspondiente de un isótopo

particular sin producir una excitación correspondiente de un isó
topo diferente del mismo material. La excitación puede ser la de
electrones en los varios estados orbitales alrededor del átomo ,
según se describe, por ejemplo, en la patente de los Estados Uni
5 dos, número 3.772.519, cedida al mismo concesionario que la pre-
sente solicitud, o puede ser una excitación vibracional del tipo
representado en la solicitud de patente de los Estados Unidos,
número de serie 514.303, del 15 de octubre de 1974, y también
cedida al mismo concesionario que la presente. La excitación iso
10 tópicamente selectiva de los estados orbitales electrónicos se
utiliza típicamente en un proceso de ionización isotópicamente
selectiva que hace que las partículas del tipo de isótopo desea
do reciban una carga eléctrica diferente de la carga recibida
por las partículas de los otros tipos de isótopos, permitiendo
15 su separación física mediante interacción con campos eléctricos,
magnéticos o eléctricos y magnéticos combinados. En el caso de
la excitación vibracional, se ha propuesto modificar el coefi-
ciente de acomodación mediante la excitación vibracional de una
molécula de tipo de isótopo elegido, de tal manera que en el pro
20 ceso de difusión de las moléculas de una mezcla de isótopos a
través de estrechas cámaras de difusión, el isótopo vibracional-
mente excitado se acomoda o se adhiere lo más fácilmente a las
paredes del canal y por tanto se hace difuso a una mayor veloci
dad, lo que aumenta sustancialmente el rendimiento de la difu-
25 sión.

BREVE RESUMEN DEL INVENTO

De acuerdo con las enseñanzas del invento, se uti
liza la excitación vibracional de moléculas que tienen componen-
tes de un tipo de isótopo elegido, para producir una transforma-
30 ción desde la excitación por vibración hasta la excitación por

translación de las moléculas del tipo de isótopo elegido mediante colisión con las moléculas de un portador pesado o de un gas ambiente. La diferencia resultante en la translación entre las moléculas del tipo de isótopo elegido y todas las demás moléculas de los mismos componentes, pero de isótopos diferentes, permite su recogida separada.

En el modo de realización preferido del invento, especialmente adaptado para el enriquecimiento del uranio, se dirige una circulación criogénica subsónica de molécula de hexafluoruro de uranio en combinación con el gas portador o gas ambiente de un elemento noble, tal como el argón, a través de una cámara refrigerada que es iluminada por una radiación láser sintonizada para excitar vibracionalmente las moléculas de hexafluoruro de uranio de un tipo de isótopo de uranio particular, haciendo que tome un estado de excitación vibracional. La densidad del gas ambiente o gas portador, se mantiene preferentemente sustancialmente superior a la densidad del hexafluoruro de uranio de modo que sea más probable que las moléculas vibracionalmente excitadas choquen con una molécula ambiente, que con una molécula de UF_6 no excitada. En tal caso, el hexafluoruro de uranio vibracionalmente excitado chocará típicamente con una molécula del gas ambiente produciendo una conversión de la energía de excitación en una translación de la molécula excitada que dará lugar a una mayor energía térmica o difusibilidad que la de las demás moléculas de hexafluoruro de uranio.

Las moléculas en circulación que incluyen las moléculas excitadas penetran directamente en un grupo de canales definidos por unas superficies de recogida refrigeradas criogénicamente. La mayor velocidad térmica o difusibilidad de las moléculas excitadas hace que es más probable que choquen con una

superficie de recogida que las demás moléculas. Las moléculas que chocan con las superficies del colector, se condensan inmediatamente en razón de las temperaturas criogénicas de las superficies. Después de acumularse un espesor predeterminado de moléculas en estas superficies, se interrumpe la circulación del hexafluoruro de uranio y se calienta la cámara hasta el punto de evaporación del hexafluoruro recogido lo que permite su extracción bajo la forma de una corriente separada de hexafluoruro de uranio enriquecido.

Un equipo de enriquecimiento típico incluye varias etapas de enriquecimiento del tipo descrito más arriba, para realizar un enriquecimiento acumulativo y el agotamiento del tipo de isótopo deseado en los distintos circuitos de circulación. En un sistema de varias etapas, es particularmente útil emplear la circulación subsónica del invento ya que evita una multiplicidad de fases de recompresión de dilatación libre y evita igualmente los problemas asociados con las capas intermedias en las circulaciones supersónicas a través de conductos estrechos y con densidades reducidas.

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

Estas características así como otras características del invento podrán verse más claramente leyendo la siguiente descripción detallada del modo de realización preferido del invento, tomada conjuntamente con los dibujos que la acompañan y en los cuales:

la figura 1 es un diagrama que ilustra la parte principal de la operación según el invento en una sola fase de enriquecimiento;

la figura 2 es una vista en sección de un modo de realización preferido de un sistema de enriquecimiento según

el invento;

la figura 3 es una vista en sección ortogonal del aparato de la figura 2;

la figura 4 es una vista de un sistema de láser, destinado a ser utilizado en el invento;

la figura 5 es un gráfico de circulación del proceso de enriquecimiento de acuerdo con el invento; y

la figura 6 es un diagrama de un dispositivo para conectar varias fases de acuerdo con el invento.

10 DESCRIPCION DETALLADA DEL MODO DE REALIZACION PREFERIDO

El invento se refiere a un sistema para el enriquecimiento de isótopos presentes en compuestos moleculares, mediante la excitación vibracional de las moléculas que contienen uno o varios átomos de un isótopo particular sin excitar de manera correspondiente otras moléculas y haciendo chocar las moléculas excitadas con las partículas de un gas ambiente para transformar la vibración en una translación de la molécula. La translación dirige la molécula hasta una superficie de recogida dispuesta para recibir aquellas moléculas del tipo de isótopo particular en proporciones enriquecidas o concentradas.

El invento utiliza una circulación subsónica de un gas a través de un conducto que ha demostrado ser un mecanismo eficaz para generar el ambiente de circulación de las moléculas que han de ser enriquecidas en una mezcla con un gas ambiente o gas portador. La circulación subsónica en canales evita los problemas de capa intermedia y de superficie de separación de circulación asociados con las circulaciones supersónicas a través de conductos estrechos a densidades bajas y la necesidad antieconómica de efectuar una nueva compresión del gas en un sistema de libre expansión.

Se ha previsto el esquema de enriquecimiento de manera típica para que incluya un cierto número de fases que funcionan de acuerdo con el principio del concepto descrito más arriba en el cual cada etapa proporciona unas circulaciones de salida separadas enriquecidas y agotadas que se aplican a su vez a las entradas de circulación de otras etapas distintas para la separación ulterior de estas salidas en corrientes adicionalmente enriquecidas y agotadas en cada caso.

El invento está previsto particularmente para la separación del uranio en isótopos que se presentan en forma molecular, como hexafluoruro de uranio. El principio de funcionamiento del invento para la separación de las moléculas de hexafluoruro basada en tipos de isótopos de uranio, se ilustra en el diagrama de la figura 1. Como se representa en éste, un conducto 12 tiene una porción de entrada 14 en la cual pasa una circulación subsónica de una mezcla de moléculas de hexafluoruro de uranio 16 y de átomos 18 de un gas noble, preferentemente argón. La porción de entrada 14 está controlada a una temperatura de aproximadamente 200°K . El gas que fluye por el conducto 12 tiene una temperatura superior al punto de condensación y por tanto no tiende a adherirse en las paredes del conducto 12. Más hacia abajo a lo largo del conducto, en una región 20, otro regulador de temperatura reduce la energía térmica de los gases en el conducto, aproximadamente hasta $50-100^{\circ}\text{K}$, es decir a una temperatura muy inferior a la temperatura de condensación de las moléculas de hexafluoruro de uranio. Esta baja temperatura, asegura que un elevado porcentaje de las moléculas estarán en estado vibracional fundamental y que el ancho del ramal giratorio Q es más estrecho que el desplazamiento o la separación entre los isótopos $^{235}\text{UF}_6$ y $^{238}\text{UF}_6$. En esta región 20, el gas que fluye a

través del conducto 20 está iluminado con radiación láser en la región del espectro infrarrojo de aproximadamente 12 ó 16 micrones y sintonizada con precisión sobre una línea de absorción vibracional de uno de los isótopos de uranio de la molécula de hexafluoruro, típicamente el isótopo U-235. Los fotones 5 de esta energía particular, son absorbidos con una probabilidad dada por una de las moléculas 24 que contienen en particular el isótopo U-235. La excitación por láser en el fotón 22 utilizada para producir la excitación vibracional de las moléculas según el invento, debe distinguirse de la excitación inducida por radiación láser de las energías electrónicas en átomos o moléculas, como por ejemplo se representa en la patente de los Estados Unidos, mencionada más arriba, número 3.772.519. En este último caso, la excitación mediante radiación láser, particularmente con una frecuencia sustancialmente más elevada y con una energía fotónica más alta, se utiliza para producir una transición en el estado de energía de, por ejemplo, un átomo de uranio obligando los electrones orbitales externos a desplazarse a una órbita electrónica más alejada, y finalmente a un estado ionizado mediante la absorción de la radiación u otros mecanismos. En 10 el invento, la radiación láser se utiliza para producir la vibración de los átomos moleculares a partir de la energía impartida por la absorción fotónica a la molécula. La radiación láser absorbida por la molécula da lugar a una excitación vibracional de los átomos de la molécula que puede ser considerada como induciendo una excitación estrictamente mecánica de la molécula. Para este resultado, se elige preferentemente el láser debido a su capacidad de ser sintonizado a una frecuencia particular capaz de excitar vibracionalmente la molécula. Además, como se describe más adelante, se ajusta el láser para que la longitud 15 20 25 30

de onda de su salida sea adecuadamente limitada para facilitar la selectividad isotópica en las moléculas excitadas vibracionalmente. En este caso, la selectividad isotópica facilita la excitación vibracional de las moléculas de hexafluoruro de uranio que contienen isótopos de U-235 sin producir la excitación correspondiente de las moléculas que contienen otros isótopos principalmente U-238.

Las moléculas 24 de hexafluoruro de uranio excitadas vibracionalmente, debido a los movimientos aleatorios su perpuestos a la circulación a través del conducto 12 chocan con otras moléculas o átomos en el gas que circula. Preferentemente, la molécula vibracionalmente excitada choca con uno de los átomos de argón 18. Esta colisión se utiliza para transformar la energía vibracional de la molécula de hexafluoruro de uranio excitado en una translación de la molécula de hexafluoruro de uranio que contribuye a dar a esta partícula una velocidad y una dirección de movimiento diferentes de la circulación general a través del conducto 12. De manera típica, la dirección del movimiento facilitada se distribuirá aleatoriamente alrededor de una esfera con idénticas probabilidades en todas las direcciones. La dirección de circulación neta incluirá por tanto una componente que hará que la partícula de hexafluoruro de uranio 24 ahora excitada por translación se desplace o se haga difusa hacia los bordes del conducto 12. Esta componente de movimiento permite la recogida separada de las proporciones concentradas o enriquecidas de las moléculas de hexafluoruro de uranio excitadas en unas superficies colectoras 26. Las superficies 26 están alineadas paralelamente a la dirección general de la circulación a través del conducto 12 para recoger un mínimo de partículas no excitadas, asegurando sin embargo que una cantidad sustancial

de las partículas excitadas chocan con las superficies colectoras 26 donde se condensarán debido a la baja temperatura inferior a la temperatura de condensación de las moléculas que se mantiene en el interior de la región 20.

5 Las partículas contenidas en la circulación que pasan a través de la superficie 26 sin condensarse en ella, continúan su camino a través del conducto 12 hasta una región 28 que recalienta la circulación de partículas aproximadamente hasta 200°K para impedir su condensación ulterior en las paredes del conducto.

10 La circulación a través del conducto 12, se hace típicamente a razón de 60 metros por segundo pero no se limita necesariamente a esta velocidad, siempre y cuando se consiga una circulación subsónica. Aunque el argón sea un gas de soporte o
15 de ambiente adecuado, se entiende que pueden utilizarse otros gases, tales como helio, cripton, xenon, nitrógeno o neon. Además, es conveniente que la densidad del argón o del gas ambiente sea sustancialmente superior a la densidad de las moléculas por unidad de volumen del hexafluoruro de uranio que ha de ser
20 enriquecido. Se obtiene así una probabilidad sustancialmente más importante para que las moléculas de hexafluoruro de uranio vibracionalmente excitadas choquen con una de las moléculas de argón en lugar de chocar con otra molécula de hexafluoruro de uranio que puede ser o no del tipo de isótopo deseado. Ya que
25 la colisión impartirá una translación tanto a la molécula vibracionalmente excitada como a la molécula con la cual choca, es conveniente evitar colisiones de una molécula de hexafluoruro de uranio excitada con una segunda molécula de hexafluoruro de uranio, que en general produciría una excitación de translación
30 no selectiva o una energización térmica de la segunda molécula

de hexafluoruro de uranio. Esta excitación de translación indeseada reduciría el enriquecimiento del isótopo deseado en las moléculas de hexafluoruro de uranio sobre las superficies colectoras 26. Tiene poca transcendencia el que ciertas cantidades de moléculas de gas portador se acumulen con el hexafluoruro de uranio enriquecido, ya que pueden separarse fácilmente utilizando técnicas conocidas. Por tanto, se ajusta típicamente la densidad de las moléculas de hexafluoruro de uranio aproximadamente en un orden de magnitud inferior a la densidad de las moléculas de gas portador. En el ejemplo ilustrado, la densidad del UF₆ es del 5%. En el caso del argón, la densidad de las moléculas de argón está basada sobre las siguientes consideraciones: Asegurar una refrigeración vibracional o una excitación del hexafluoruro de uranio en el canal frío hasta el punto donde la línea de absorción de las moléculas de hexafluoruro disminuye suficientemente de anchura para permitir una absorción isotópicamente selectiva; la conveniencia de inhibir la dimerización o conglomeración de orden más elevado de las partículas de gas moleculares; el deseo de obtener cantidades suficientes de átomos de argón disponibles para asegurar una probabilidad notable de colisión entre las moléculas de hexafluoruro de uranio vibracionalmente excitadas y de las moléculas de argón del gas ambiental; y el deseo de hacer que el haz láser se propague a las distancias utilizadas en los equipos de separación de isótopos típicamente de varias decenas de metros. A partir de estas consideraciones, la densidad del argón ha sido elegida como siendo de 3×10^{14} por cada cm³.

Las consideraciones que determinan la temperatura en el conducto 12 en las regiones respectivas 14, 20 y 28 son la necesidad de una energía térmica suficiente en el gas

que circula a través de las regiones 14 y 28 para impedir la condensación del gas en las paredes del conducto, mientras que la temperatura de la región 20 ha de ser suficientemente baja para separar las bandas de absorción que corresponden a $U^{235}F_6$ y $U^{238}F_6$, es decir muy por debajo de la temperatura de condensación del hexafluoruro de uranio, obteniendo así una refrigeración suficiente de las superficies 26 para que un elevado porcentaje de las partículas excitadas por translación o térmicamente que chocan preferentemente con las superficies colectoras 26 se adhieran en ellas. Las temperaturas y los parámetros indicados más arriba son valores típicos sin carácter limitativo, y están basados en las consideraciones que se acaban de recibir.

Después de que la operación de partículas enriquecidas de hexafluoruro de uranio que se ilustra con relación a la figura 1, ha producido la acumulación de un espesor predeterminado de condensado enriquecido sobre la superficie 26, se interrumpe la circulación a través del conducto 12, y se calienta la región de las superficies 26 para evaporar el hexafluoruro de uranio acumulado. A continuación, se recoge el hexafluoruro de uranio evaporado procedente del conducto 12 de manera aislada o en una circulación de argón puro que puede conducirlo hasta otro conducto similar para su enriquecimiento adicional basado sobre los mismos principios.

Este proceso se ilustra más particularmente en la figura 5 que representa un gráfico de circulación de las fases de enriquecimiento de cada etapa, tal como se ilustra en la figura 1. Como puede verse en la figura 5, la mezcla entrante de argón y de hexafluoruro de uranio pasa a través de una región de conducto donde su temperatura se controla para mantenerse en 200 en una fase de control de temperatura 30. A continuación, se ex-

fría la circulación en una etapa 32 hasta 100°K en la región de excitación y de separación. La mezcla enfriada de argón y de hexafluoruro de uranio se excita a continuación mediante vibraciones en una fase 34 mediante la aplicación de una radiación láser directamente antes de la región de las superficies colectoras 26. Las moléculas vibracionalmente excitadas chocan de la manera representada en la fase 36, preferentemente con átomos del gas ambiente o gas portador, transformando la excitación vibracional en una excitación de translación que añade una componente de movimiento a la circulación de las moléculas de hexafluoruro de uranio en el conducto 12, la cual a su vez los dirige más rápidamente para su condensación en una de las superficies 26 en la fase de recogida 38. Debido a que el calor se transmite fuera de la mezcla de argón y de hexafluoruro de uranio más rápidamente que las moléculas llegan a las paredes del conducto, es posible asegurar que la condensación se efectúe principalmente en la superficies colectoras 26.

Los demás componentes de la circulación de gas no acumulados en la fase 38 se calientan de nuevo en la región 28 a 200°K en una fase 40 para impedir una condensación ulterior, y la circulación calentada, que forma una corriente de salida empobrecida, puede aplicarse a la siguiente fase anterior de enriquecimiento en una fase 42 para su tratamiento ulterior. Periódicamente, la circulación del hexafluoruro de uranio a través del conducto 12 se interrumpe en una fase 44 y el condensado formado en las superficies 26 y en las paredes de la cámara, se evapora en una fase 46 dando lugar a la obtención de gas enriquecido el cual, en una fase 48, puede aplicarse a la siguiente fase de enriquecimiento para un enriquecimiento suplementario del isótopo de uranio deseado en la molécula de he-

xafluoruro. El evaporante enriquecido puede ser bombeado a partir del conducto hasta la siguiente fase o puede ser extraído haciendo pasar argón puro a través de él.

En las figuras 2 - 3 se ilustra un aparato particular que incluye una sola etapa de enriquecimiento de acuerdo con el invento. Según se ilustra en la figura 2, un conducto 50 tiene aproximadamente 10 cm de altura y 20 m de profundidad en su dimensión interior y tiene una pared externa 52 a través de la cual un conjunto de canales de refrigeración 54 comunican con un sistema de control de temperatura 56 que mantiene la temperatura de la región interna del conducto 50 a la temperatura de 200°K mencionada más arriba. El conducto 50 conduce a un conducto 58 de dimensiones similares que está dotado de otros canales de refrigeración 60 por los cuales se bombea un refrigerante a partir del sistema de refrigeración criogénico 62 para mantener la región interna del conducto 58 a 100°K . Con las dimensiones del conducto 58 mencionadas más arriba, una longitud típica del conducto 58 que asegura que la circulación de argón y de hexafluoruro de uranio en las densidades indicadas sea refrigerada a 100°K , es aproximadamente de 200 cm. En un punto de la región del conducto 58 donde se alcanza la temperatura de 100°K , una ventana 64 está formada en una pared lateral del conducto 58 para permitir la iluminación de la circulación con una radiación láser sintonizada para producir la excitación vibracional de la molécula de hexafluoruro de uranio que tiene el tipo de isótopo deseado. La dimensión del haz láser aplicado en la dirección de circulación del gas es aproximadamente de 1 cm. Directamente río abajo respecto a la ventana 64 se halla un grupo de superficies colectoras 66 que definen una serie de canales paralelos a la circulación general a través del conduc-

to 58. La separación de las superficies 66 es aproximadamente 20 mm y su longitud es aproximadamente de 200 mm, siendo estas dimensiones las dimensiones típicas basadas sobre la distribución de la velocidad de circulación para las partículas excitadas en translación.

El conducto 58 conduce a otro conducto 68 de dimensión similar en el cual una serie de canales de fluido 70 conducen un fluido de calentamiento procedente de un regulador de temperatura 72 que mantiene una temperatura de 200°K en el interior del conducto 68, calentando así la circulación del gas en esta región.

La figura 3 ilustra una vista en sección ortogonal del conducto 58 en la región indicada en la figura 2, e ilustra los canales 64 para refrigerante criogénico, así como los grupos de superficies 66 que definen los canales a través del conducto 58.

La figura 3 representa además un sistema de láser infrarrojo 74 que puede ser un láser de disulfuro de carbono dotado de un haz de salida 76 sintonizado sobre una línea de absorción vibracional de longitud de onda próxima a 12 micrones. El haz 76 se aplica a través de la ventana 64 a la región situada directamente río arriba respecto a las superficies colectoras 66. Típicamente, aunque no necesariamente, el láser 74 es un láser continuo con una salida de aproximadamente 1000 vatios (40 vatios por cm^2). Se utiliza igualmente un secuenciador 78 para controlar la radiación de excitación procedente del láser 74 y la circulación del refrigerante a través de los canales 60 a partir del sistema de refrigeración criogénico 62 para facilitar una interrupción periódica de la radiación láser conjuntamente con el calentamiento de la región del conducto 58 a la tempera-

tura típica de 200°K para evaporar el condensado de las superficies 66.

Aunque se haya representado una sola frecuencia de radiación láser de excitación, puede ser preferible emplear una multiplicidad de fuentes de radiación láser, tales como las que se obtienen utilizando unos primero y segundo láseres 80 y 82 que se representan en la figura 4. Los haces de salida de los láseres 80 y 82 pueden combinarse por medio de un combinador de láseres 84 para obtener un haz compuesto 86 que se transmite a través de la ventana 64. Esto permite la utilización de varias frecuencias de excitación láser para excitar vibracionalmente el isótopo deseado de la molécula de hexafluoruro de uranio, no solamente a partir del nivel de energía vibracional fundamental o nulo, sino también a partir de uno o varios niveles superiores al nivel de energía vibracional fundamental. Esto, no solamente aumenta el rendimiento del condensado enriquecido mediante la excitación vibracional de las partículas que están en estado de energía elevado, y por tanto no pueden ser excitados con una sola frecuencia, sino que eliminando las moléculas procedentes de los siguientes poco numerosos niveles más altos de excitación vibracional, reduce el efecto de un embotellamiento creado por su presencia. La relajación vibracional procedente de estos estados láseres es lenta en comparación con el tiempo de relajación a partir de los estados de excitación elevada.

Se obtiene así una instalación de enriquecimiento de varias etapas, en la cual cada etapa incluye varios sistemas de conductos (típicamente 150) del tipo ilustrado más arriba en las figuras 2 y 3, todos dispuestos en paralelo. El producto enriquecido y empobrecido procedente de cada etapa se aplica respectivamente a unas etapas de enriquecimiento de orden más eleva

do y más bajo para su tratamiento ulterior. La entrada de fase gaseosa aplicada a cada etapa, estará así constituida por un compuesto de la salida enriquecida de la siguiente etapa de orden más bajo y de la salida empobrecida de la siguiente etapa de orden más elevado.

En la figura 6 se representa un sistema de este tipo. Como se representa aquí, una multiplicidad de conductos de enriquecimiento 88 del tipo descrito más arriba, reciben en paralelo una mezcla gaseosa de argón y hexafluoruro de uranio. La circulación de salida combinada se aplica a una válvula 90 controlada para dirigir la circulación a través de un compresor 92 hasta un depósito de conservación 94 para la siguiente etapa de argón más bajo o a través de un compresor 96 hasta un depósito de conservación 98 para la siguiente etapa de enriquecimiento de argón acelerado. Los compresores 92 y 96 compensan la pérdida de presión del gas producida por la fricción en cada uno de los conductos 88. La válvula 90 funciona a través de un control 100 sincronizado con el secuenciador 78 para conducir la salida empobrecida procedente de los conductos 88 a través del compresor 92 al depósito de almacenado 94 y, durante la evaporación del condensado a partir de las superficies 66, para conducir la circulación de salida enriquecida procedente del compresor 96 al depósito de almacenado 98. El depósito de almacenado 94 recibirá además la salida enriquecida procedente de la segunda etapa de enriquecimiento de orden más bajo y el depósito 98 recibirá también la salida empobrecida procedente de la segunda etapa de enriquecimiento de orden más elevado.

TRADUCCION DE LAS INSCRIPCIONES DE LOS DIBUJOS ORIGINALES

Figura 2

A. - Circulación

Figura 2 (continuación)

B. - Salida

Figura 5

C. - Etapa n

5 D. - A + 5% UF₆, procedente de etapa n + 2.

E. - A + 5% UF₆

G. - Procedente de etapa n - 2.

H.- Hacia etapa n - 1

I. - Hacia etapa n + 1

10 J. - Depósito de conservación para etapa n - 1

K. - Depósito de conservación para etapa n + 1

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

REIVINDICACIONES

15

1. - Método y su correspondiente aparato para separar moléculas en función del tipo de isótopo de uno de sus componentes que se presenta bajo la forma de una pluralidad de isótopos, estando dicho método caracterizado porque incluye las etapas que consiste en:

20

establecer una circulación de dichas moléculas con un medio portador que tiene partículas de un tipo portador distinto;

excitar selectivamente en un estado de vibración elevado, las moléculas que tienen componentes de un primer tipo de isótopo;

25

hacer que las moléculas excitadas vibracionalmente choquen con las partículas de dicho medio portador para mejorar la difusibilidad de dichas moléculas excitadas como resultado de la colisión; y

30

separar las moléculas que presentan una mayor difusibilidad de la circulación de dichas moléculas con dicho

m/c

medio portador.

5 2. - Método según la reivindicación 1, caracte-
rizado porque dicho medio portador tienen una densidad sustancia-
mente superior a la densidad de dichas moléculas que tienen unos
componentes de varios tipos de isótopos.

 3. - Método según la reivindicación 2, caracte-
rizado porque la densidad de dicho medio es superior aproxima-
mente en el orden de magnitud a la densidad de dichas moléculas
que tienen componentes de varios tipos de isótopos.

10 4. - Método según la reivindicación 1, caracte-
rizado porque dicho medio portador incluye gas argón.

 5. - Método según la reivindicación 4, caracte-
rizado porque dichas moléculas incluyen hexafluoruro de uranio.

15 6. - Método según la reivindicación 5, caracte-
rizado además porque incluye la fase que consiste en enfriar crio-
génicamente la circulación de dichas moléculas y de dicho medio
portador antes de dicha etapa de excitación.

20 7. - Método según la reivindicación 6, caracte-
rizado porque incluye además la etapa que consiste en calentar
la circulación refrigerada de dichas moléculas y de dicho medio
portador a una temperatura superior a la temperatura de conden-
sación de esta circulación después de dicha etapa de separación.

25 8. - Método según la reivindicación 7, caracte-
rizado porque incluye además la etapa que consiste en mantener
dicha circulación de moléculas y de gas portador a una tempera-
tura superior a la temperatura de condensación de los mismos
antes de dicha fase de refrigeración.

30 9. - Método según la reivindicación 8, caracte-
rizado porque la temperatura indicada en las reivindicaciones 7
y 8 es aproximadamente de 200°K.

m/e

10. - Método según la reivindicación 6, caracterizado porque dicha fase de refrigeración criogénica incluye la etapa que consiste en refrigerar aproximadamente a 50-100°K.

5 11. - Método según la reivindicación 6, caracterizado porque:

dicha etapa de separación incluye además la etapa que consiste en recoger las moléculas que presentan dicha difusibilidad mejorada, sobre una superficie; y

10 se ha previsto una etapa que consiste en evaporar periódicamente las moléculas acumuladas en dicha superficie y simultáneamente inhibir la circulación de dichas moléculas.

12. - Método según la reivindicación 11, caracterizado además porque incluye la fase que consiste en desplazar las moléculas evaporadas con un gas portador.

15 13. - Método según la reivindicación 6, caracterizado porque dicha fase de excitación vibracional de las moléculas que tienen componentes de un tipo de isótopo, incluye la fase que consiste en aplicar una radiación láser a la circulación de moléculas y de medio portador.

20 14. - Método según la reivindicación 13, caracterizado porque dicha radiación láser tiene una frecuencia que se limita a la frecuencia de una o varias transiciones vibracionales de energía para las moléculas que tienen los componentes del tipo de isótopo en cuestión, sin presentar la frecuencia que
25 corresponde a la transición de energía vibracional de las moléculas que tienen componentes de otros tipos de isótopo.

30 15. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye además la fase que consiste en repetir se paradamente las fases de la reivindicación 1 un cierto número de veces con las moléculas separadas y las demás moléculas.

m/e

16. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha fase de excitación vibracional incluye la aplicación de una radiación láser a la circulación de moléculas y de medio portador.

5 17. - Método según la reivindicación 16, caracterizado porque dicha radiación láser está incluida en la región del espectro infrarrojo.

10 18. - Método según la reivindicación 16, caracterizado porque dicha radiación láser incluye una o varias frecuencias limitadas a la excitación vibracional de las moléculas que tienen componente de dicho tipo de isótopo en cuestión, sin excitar de manera correspondiente las moléculas que tienen componentes de otros tipos de isótopo.

15 19. - Método según la reivindicación 18, caracterizado porque dicha radiación láser contiene frecuencias de excitación de transición vibracional desde el estado fundamental y uno o varios estados de energía de vibración más elevados para reducir el embotellamiento por poblaciones de uno o varios estados más elevados.

20 20. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye la fase que consiste en controlar dicha circulación de moléculas para inhibir la dimerización y combinaciones de orden más elevado de las mismas.

25 21. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha etapa de colisión incluye la fase que consiste en establecer una mayor densidad de dicho medio portador que para dicha circulación de moléculas, con el objeto de obtener una mayor probabilidad de que una molécula excitada choque con partículas de dicho medio portador que con las moléculas no excitadas que contienen componentes de otros tipos de isótopo.

30

mle

22. - Método según la reivindicación 21, caracterizado porque dicho medio portador incluye un gas noble.

23. - Método según la reivindicación 22, caracterizado porque dicho gas noble incluye argón y porque dichas moléculas incluyen hexafluoruro de uranio, siendo la densidad de dicho gas argón de aproximadamente 3×10^{14} por cm^3 y siendo la densidad del hexafluoruro de uranio de aproximadamente del orden de una magnitud menor.

24. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicha etapa de separación incluye la fase que consiste en recoger las moléculas que tienen una mayor difusibilidad sobre una superficie.

25. - Método según la reivindicación 24, caracterizado además porque incluye las operaciones que consisten en:

interrumpir periódicamente la circulación de dichas moléculas con dicho medio portador; y

evaporar las moléculas acumuladas en dicha superficie durante el periodo de circulación interrumpida.

26. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque incluye además la operación que consiste en enfriar la circulación de dichas moléculas hasta una temperatura sustancialmente inferior a la temperatura de condensación de dichas moléculas antes de dicha operación de excitación.

27. - Método según la reivindicación 26, caracterizado porque dicha circulación se enfría aproximadamente a $50-100^\circ\text{K}$.

28. - Método según la reivindicación 26, caracterizado además porque incluye la fase que consiste en calentar la circulación enfriada hasta una temperatura superior a la tem

m/e

1 peratura de condensación de dichas moléculas después
de dicha fase de separación.

 29. - Método según la reivindicación
28, caracterizado además porque incluye la fase que con
5 siste en mantener la temperatura de dicha circulación
en un valor superior a la temperatura de condensación
de dichas moléculas antes de dicha operación de refri-
geración.

 30. - Método según la reivindicación
10 29, caracterizado porque la temperatura indicada en las
reivindicaciones 28 y 29 es de aproximadamente 200°K.

 31. - Método según la reivindicación
1, caracterizado porque la circulación de moléculas y
de medio de soporte es subsónica.

15 32. - Método según la reivindicación
1, caracterizado porque dicha etapa de choque incluye;
 hacer que las moléculas vibracional-
mente excitadas choquen con las partículas de dicho gas
portador para transformar la excitación vibracional de
20 dichas moléculas en una componente de translación para impar-
tir una mayor difusibilidad a las moléculas excitadas después
de su colisión en comparación con las moléculas no excitadas;

 y la etapa está proporcionada para
interrumpir periódicamente la circulación de dichas mo
25 léculas y evaporar las moléculas recogidas en dichas super-
ficies para proporcionar su separación.

 33. - Método según la reivindicación
32, caracterizado además porque incluye las operaciones
que consisten en:

30 aplicar la circulación de moléculas

m/e

1 después de dicha fase de recogida a un primer conducto su-
plementario y repetir las operaciones de la reivindicación
32 sobre la circulación de dicho primer conducto suplementa-
rio, y

5 aplicar las moléculas evaporadas a un segundo con-
ducto suplementario y repetir las operaciones de la reivin-
dicación 32 sobre las moléculas evaporadas en dicho segundo
conducto suplementario.

10 34. - Método según la reivindicación 33, caracte-
rizado porque dichas operaciones de aplicación incluyen las
fases que consisten en comprimir la circulación y el evapo-
rante respectivamente y mantener la circulación y el evapo-
rante comprimidos en unos depósitos respectivos para su apli-
cación a los primero y segundo conductos suplementarios.

15 35. - Aparato según la reivindicación 1, caracteri-
zado porque incluye:

un conducto;

un dispositivo para establecer en dicho conducto
una circulación de dichas moléculas;

20 un dispositivo para excitar selectivamente en esta-
do vibracional elevado las moléculas que tienen componentes
de un primer tipo de isótopo;

25 incluyendo dicha circulación un medio portador que
tiene unas partículas que chocan con las moléculas vibracio-
nalmente excitadas y mejora la difusibilidad de dichas molé-
culas excitadas como resultado de esta colisión; y

un dispositivo para separar las moléculas de mayor
difusibilidad de la circulación de dichas moléculas con di-
cho medio portador.

30 36. - Aparato según la reivindicación 35, caracteri-

mCe

1 zado porque la densidad de dicho medio es superior aproximadamente en un orden de magnitud a la densidad de dichas moléculas que tienen componentes de varios tipos de isótopos.

5 37. - Aparato según la reivindicación 35 caracterizado porque incluye unos medios para la refrigeración criogénica de la circulación no excitada de dichas moléculas y de dicho medio portador.

10 38. - Aparato según la reivindicación 37, caracterizado porque dicho dispositivo de refrigeración criogénica incluye unos medios para enfriar aproximadamente hasta 50 -100°K.

15 39. - Aparato según la reivindicación 35, caracterizado porque incluye además unos medios para calentar la circulación enfriada de dichas moléculas y de dicho medio portador a una temperatura superior a la temperatura de condensación de los mismos.

20 40. - Aparato según la reivindicación 39, caracterizado además porque incluye unos medios para mantener la circulación no enfriada de moléculas y gas portador a una temperatura superior a su temperatura de condensación.

41. - Aparato según la reivindicación 37, caracterizado porque dicho dispositivo de separación incluye:

una superficie situada para recoger las moléculas que tienen dicha mayor difusibilidad; y

25 unos medios para evaporar periódicamente las moléculas recogidas en dicha superficie.

30 42. - Aparato según la reivindicación 37, caracterizado porque dicho dispositivo para excitar vibracionalmente las moléculas que tienen componentes de un tipo de isótopo, incluye unos medios para aplicar una radiación láser a

m/c

1 la circulación de moléculas y de medio portador.

43. - Aparato según la reivindicación 42, caracterizado porque dicho dispositivo para aplicar una radiación laser, incluye unos medios para limitar su frecuencia de modo que corresponda a la frecuencia de una o varias transiciones de energía vibracional de las moléculas que tienen los componentes de un tipo de isótopo en cuestión sin que corresponda a una transición vibracional de energía para las moléculas que tienen componentes de otros tipos de isótopos.

10 44. - Aparato según la reivindicación 35, caracterizado porque el dispositivo de excitación vibracional incluye unos medios para aplicar la radiación láser a la circulación molecular y al medio portador.

15 45. - Aparato según la reivindicación 44, caracterizado porque dicha radiación láser es una radiación infrarroja.

20 46. - Aparato según la reivindicación 44, caracterizada porque dicho dispositivo de aplicación de radiación láser incluye unos medios para aplicar una o varias frecuencias limitadas para excitar vibracionalmente las moléculas que tienen componentes de dicho tipo de isótopo en cuestión sin excitar de manera correspondiente las moléculas que tienen componentes de otros tipos de isótopos.

25 47. - Aparato según la reivindicación 46, caracterizado porque dicho dispositivo de aplicación de radiación láser incluye unos medios para aplicar una pluralidad de frecuencias para la excitación de transiciones vibracionales desde el estado fundamental y uno o varios estados de energía vibracional elevados para reducir el endurecimiento producido por poblaciones de uno o varios estados elevados.

30
mte

1 48. - Aparato según la reivindicación 35, caracte-
 terizado porque dicho medio portador presenta una densidad
 superior a la de dicha circulación de moléculas para que
 se obtenga una mayor probabilidad para que una molécula ex-
5 citada choque con partículas de dicho medio portador en lu-
 gar de chocar con moléculas no excitadas que contienen com-
 ponentes de otros tipos de isótopos.

 49. - Aparato según la reivindicación 48, caracte-
 terizado porque dicho medio portador incluye un gas noble.

10 50. - Aparato según la reivindicación 49, caracte-
 rizado porque dicho gas noble incluye argón y dichas molé-
 culas incluyen hexafluoruro de uranio, siendo la densidad
 de dicho gas argón de aproximadamente 3×10^{14} por cm^3 y
 siendo la densidad del hexafluoruro de uranio de aproxima-
 damente de un argón de magnitud menos.

15 51. - Aparato según la reivindicación 35, caracte-
 rizado porque dicho dispositivo de separación incluye una
 superficie que recoge en ella las moléculas que presentan
 una mayor difusibilidad.

20 52. - Aparato según la reivindicación 51, caracte-
 rizada porque incluye además:

 un dispositivo para interrumpir periódicamente la
 circulación de dichas moléculas; y

 un dispositivo para evaporar las moléculas recoge-
 das durante el periodo de circulación interrumpida.

25 53. - Aparato según la reivindicación 35, caracte-
 rizado además porque incluye unos medios para enfriar la
 circulación de dichas moléculas a una temperatura sustan-
 cialmente inferior a la temperatura de condensación de di-
 chas moléculas.

30

 54. - Aparato según la reivindicación 35, caracte-

mCe

1 rizado porque dicho dispositivo de formación de la circula-
ción incluye unos medios para asegurar una circulación sub-
sónica de moléculas y de medio portador.

55. - Aparato según la reivindicación 35, caracte-
rizado porque incluye el gas portador unas partículas que
5 chocan con las moléculas vibracionalmente excitadas para trans-
formar la excitación vibracional de dichas moléculas, en
una componente de translación que imparte una mayor difusi-
bilidad a las moléculas excitadas después de su colisión,
con relación a las moléculas no excitadas;

10 una pluralidad de superficies que recogen las
moléculas que tienen una mayor difusibilidad en concentracio-
nes más elevadas;

un dispositivo para interrumpir periódicamente
la circulación de dichas moléculas; y

15 un dispositivo para evaporar las moléculas reco-
gidas a partir de dichas superficies para proporcionar su
separación.

56. - Aparato según la reivindicación 55, caracte-
20 rizado porque dichas moléculas incluyen un compuesto de
uranio.

57. - Aparato según la reivindicación 55, caracte-
terizado porque incluye además:

un dispositivo para aplicar la circulación no re-
cogida de moléculas a un primer conducto suplementario; y

25 un dispositivo para aplicar las moléculas evapo-
radas a un segundo conducto suplementario.

58. - Aparato según la reivindicación 57, caracte-
terizado porque dichos dispositivos de aplicación incluyen
ambos:

30 un dispositivo para comprimir la circulación y el

m/c

1 evaporante respectivamente; y

unos depósitos para contener la circulación y el evaporante comprimidos, respectivamente.

5 59. - Aparato según la reivindicación 57, caracterizado porque dicho conducto y dichos primero y segundo conductos suplementarios incluyen cada uno una multiplicidad de pasillos paralelos.

10 60. - Se reivindica por último como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita:
METODO Y SU CORRESPONDIENTE APARATO PARA SEPARAR MOLECULAS
EN FUNCION DEL TIPO DE ISOTOPO DE UNO DE SUS COMPONENTES QUE
SE PRESENTA BAJO LA FORMA DE UNA PLURALIDAD DE ISOTOPOS.

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente memoria descriptiva que consta de veintinueve páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

15

Madrid, 10 junio 1.976

BERNARDO UNGRIA
E.P.

20

25

30

mle

FIG. 1

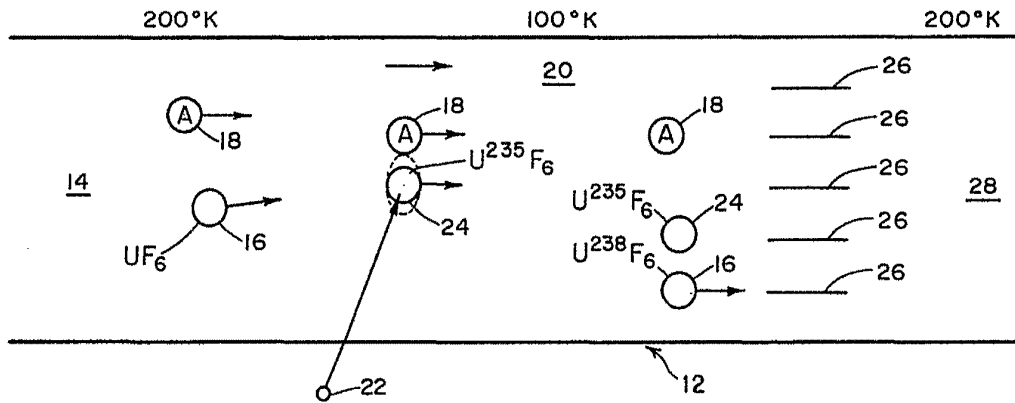
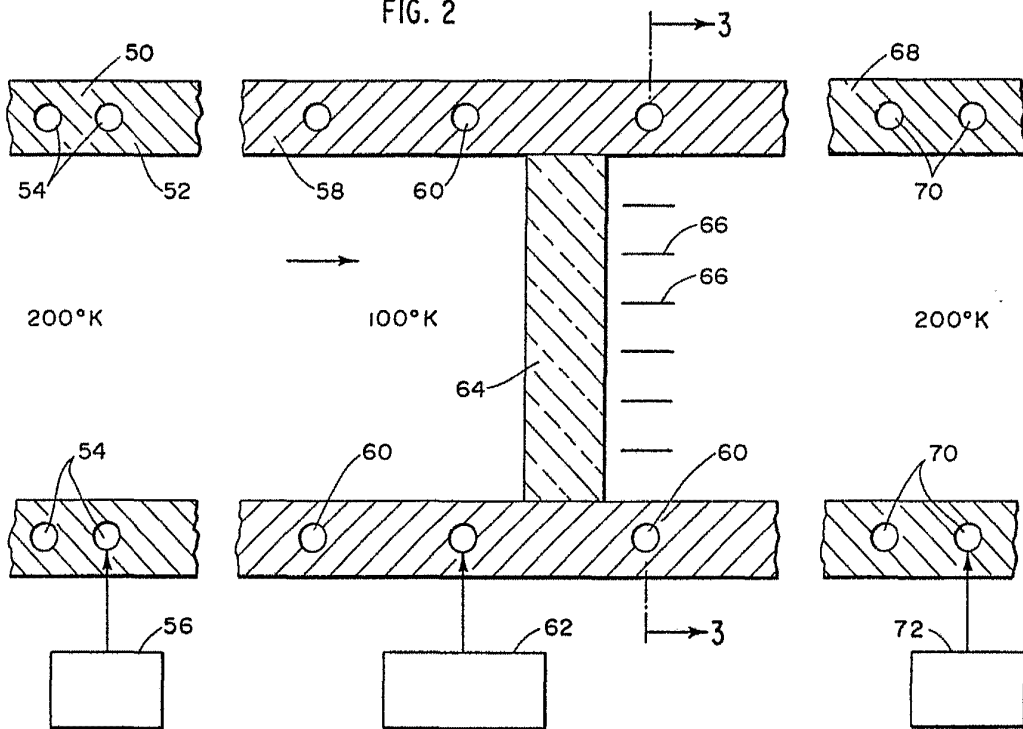


FIG. 2



ESCALA VARIABLE
Madrid, 10 junio 1.976
BERNARDO UNGELA

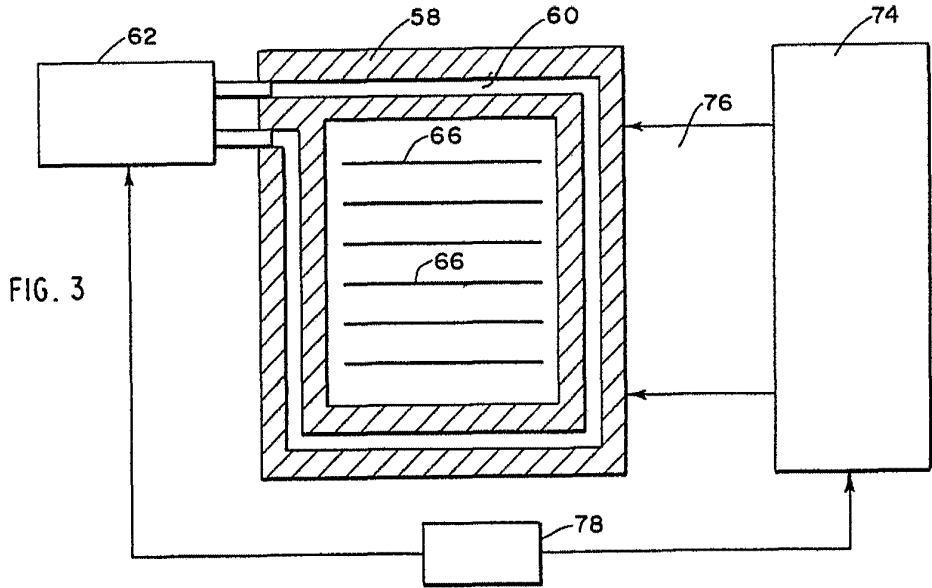


FIG. 3

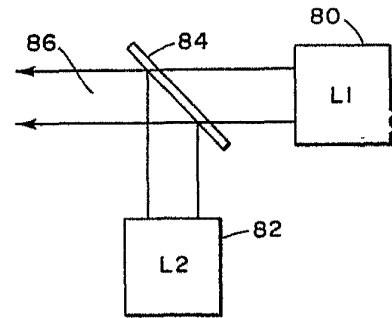


FIG. 4

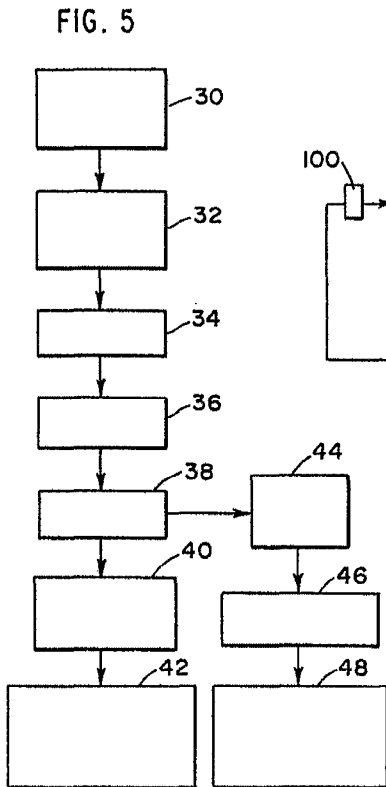


FIG. 5

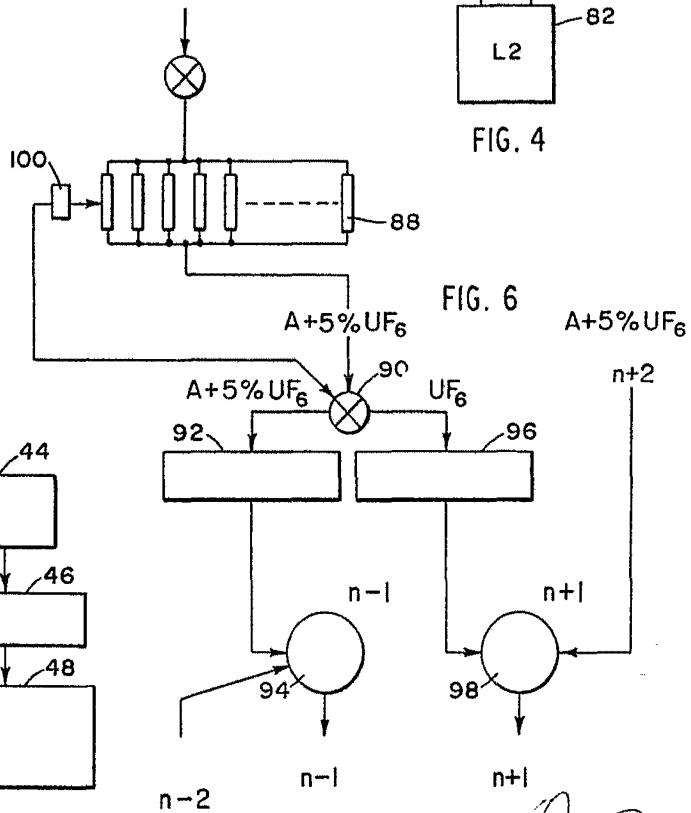


FIG. 6

ESCALA VARIABLE
 Madrid, 10 junio 1976
 BERNARDO ANGELA