

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 421 324**

51 Int. Cl.:

G21G 1/04 (2006.01)

G21G 1/10 (2006.01)

H05H 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2007 E 07862828 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2118905**

54 Título: **Cuerpos diana y sus usos en la producción de materiales de radioisótopo**

30 Prioridad:

11.12.2006 US 874437 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

30.08.2013

73 Titular/es:

**MALLINCKRODT LLC (100.0%)
675 MCDONNELL BOULEVARD
HAZELWOOD, MO 63042, US**

72 Inventor/es:

UHLAND, WILLIAM CLAUDE

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 421 324 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Cuerpos diana y sus usos en la producción de materiales de radioisótopo.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere generalmente a materiales de radioisótopo y, más específicamente, a un sistema y un método para producir eficazmente materiales de radioisótopo.

10 **Antecedentes**

Se pretende que esta sección introduzca al lector en varios aspectos de la materia que pueden estar relacionados con diferentes aspectos de la presente invención, que se describen y/o se reivindican a continuación. Se piensa que la presente discusión es útil para proporcionar al lector una información de antecedente para facilitar una mejor comprensión de los diferentes aspectos de la invención. Por consiguiente, debería entenderse que estas afirmaciones se tienen que leer en este sentido, y no como admisiones de la técnica anterior.

La producción de radioisótopos se puede conseguir por medio de aceleración de partículas cargadas y no cargadas, por medio de un acelerador de partículas, sobre una diana que contiene un material de partida de radioisótopo enriquecido. Normalmente, dicho material incluye proporciones elevadas de un material no radioactivo, que puede transmutar al menos parcialmente para dar lugar a un material radioactivo cuando se irradia el material no radioactivo con partículas energéticas (por ejemplo, protones o neutrones). Cuando se produce la colisión con la diana que tiene el material de partida no radioactivo depositado sobre la misma, las partículas cargadas (por ejemplo, los protones) interactúan con el núcleo del material de partida de radioisótopo enriquecido para inducir reacciones nucleares dentro del material de partida de radioisótopo, produciendo de este modo el radioisótopo deseado. Desafortunadamente, durante el bombardeo de la diana, los protones acelerados también pueden interactuar con el material de base de la diana dispuesto en posición adyacente al material de partida, produciéndose de este modo radioisótopos que pueden exhibir un tiempo de desintegración relativamente prolongado o tiempo de semidesintegración, que es el tiempo necesario para que un material radioactivo se desintegre hasta la mitad de su cantidad inicial. Como resultado de ello, los radioisótopos de período de semidesintegración largo del material de base tienden a evitar la regeneración inmediata de la parte no radioactiva del material de partida. Por consiguiente, puede transcurrir un período de tiempo sustancial, en algunos casos de hasta seis meses o más, antes de que el nivel de radiación disminuya hasta un nivel seguro, permitiendo la regeneración de la parte no radioactiva de la fuente del material de partida. Durante este tiempo, generalmente los materiales altamente radioactivos se almacenan en áreas especiales, lo que puede significar un aumento del coste de producción de los radioisótopos.

Sumario

A continuación se explican determinados aspectos ejemplares de la invención. Debería entenderse que estos aspectos se presentan únicamente para proporcionar al lector un breve sumario de determinadas formas que podría adoptar la invención y que no se pretende que estos aspectos limiten el alcance de la invención. De hecho, la invención puede abarcar una variedad de aspectos que no se explican a continuación, definidos por medio de las reivindicaciones adjuntas.

Se proporcionan un sistema y un método para regenerar un material de partida de radioisótopo enriquecido a partir de un cuerpo diana bombardeado con partículas energéticas cargadas. El sistema y el método permiten al operador regenerar el material de partida en un tiempo relativamente corto (por ejemplo, varias horas) después del bombardeo del cuerpo diana, simplificando en gran medida el procesamiento químico del cuerpo diana, así como reduciendo el coste de dicho procesamiento (por ejemplo, reduciendo la necesidad de un almacenamiento costoso a largo plazo). Específicamente, se dispone una capa protectora química entre un material de partida de radioisótopo y un material de base del cuerpo diana. Una vez que se ha irradiado el cuerpo diana con una fuente apropiada (por ejemplo, un acelerador de partículas), entonces se puede retirar el material de partida de radioisótopo irradiado sin retirar el material de base debido a la protección proporcionada por la capa protectora química. Por ejemplo, la capa protectora química es químicamente resistente a una sustancia química usada para retirar el material de partida de radioisótopo irradiado. El sistema y el método pueden permitir al operador obtener tres radioisótopos diferentes con un bombardeo individual del cuerpo diana, lo que reduce de manera adicional el coste de la producción de radioisótopos. Por ejemplo, se puede retirar el material de partida de radioisótopo irradiado por medio de una primera sustancia química que generalmente no reacciona con la capa química protectora, se puede retirar posteriormente la capa protectora química por medio de una segunda sustancia química que generalmente no reacciona el material de base, y posteriormente se puede retirar el material de base por medio de una tercera sustancia química.

Un primer aspecto de la invención va destinado a un cuerpo diana que tiene un material de partida de radioisótopo (por ejemplo, talio 203) que, cuando se bombardea con partículas energéticas, da lugar a radioisótopos a partir de los cuales se pueden obtener sustancias radiofarmacéuticas. Se dispone el material de partida de radioisótopo sobre

una capa química protectora de cromo que tiene posiblemente una acabado mate o rugoso que, a su vez, se dispone sobre una capa de base (por ejemplo, cobre o aluminio) del cuerpo diana. El cuerpo diana se puede acoplar (por ejemplo, se puede conectar directa o indirectamente) a un sistema de refrigeración (por ejemplo, un fluido circulante refrigerante tal como agua) adaptado para retirar calor del cuerpo diana al tiempo que se irradia con partículas energéticas.

Un segundo aspecto de la invención está destinado a un cuerpo diana para su uso en la producción de radioisótopos. Este cuerpo objetivo incluye una base, una capa protectora dispuesta sobre la base, y un material de partida de radioisótopo dispuesto sobre la capa protectora. La base, la capa protectora, y el material de partida están orientados de manera que la capa protectora se encuentre dispuesta entre la base y el material de partida de radioisótopo. Además, la base del cuerpo diana incluye una trayectoria de refrigerante.

Todavía en un tercer aspecto, la invención va destinada a un método para producir un cuerpo diana que tiene una capa protectora dispuesta sobre el mismo. La capa protectora (por ejemplo, una capa de cromo) se puede someter a electrometalizado sobre la capa de base del cuerpo diana. El electrometalizado de cromo sobre la capa de base del cuerpo diana se puede llevar a cabo de manera que el cromo se una a una superficie que tiene una textura rugosa. En otras palabras, la superficie puede parecer mate y de tacto relativamente rugoso, en lugar de aspecto brillante y tacto suave. La textura rugosa de la superficie de cromo proporciona una morfología de superficie apropiada para retener el material de partida de radioisótopo. Por ejemplo, se puede conseguir la morfología superficial por medio de un proceso de electrometalizado relativamente prolongado (por ejemplo, 30 minutos en lugar de 5 minutos).

Todavía en un cuarto aspecto, la invención va destinada a un método para producir un cuerpo diana para su uso en la producción de un radioisótopo. En el presente método, se somete una capa protectora (por ejemplo, una capa de cromo) a electrometalizado sobre una base del cuerpo diana. Posteriormente, se deposita un material de partida de radioisótopo (por ejemplo, talio 203) sobre la capa protectora de manera que la capa protectora esté localizada entre la base y el material de partida de radioisótopo.

Todavía en un quinto aspecto, la invención va destinada a un método para retirar un material de un cuerpo diana irradiado. En este aspecto, se separa químicamente una primera capa que contiene un primer material de radioisótopo del cuerpo diana irradiado. Se impide sustancialmente o se evita la retirada de una segunda capa del cuerpo diana usando una tercera capa del cuerpo diana. Esta tercera capa del cuerpo diana está localizada entre la primera capa y la segunda capa antes de separar químicamente la primera capa del cuerpo diana irradiado.

Todavía en un sexto aspecto, la invención va destinada a un método para producir un radioisótopo. En este método, se bombardean partículas energéticas sobre un material de partida que está depositado sobre una capa protectora química de un cuerpo diana para generar un radioisótopo del material de partida.

Todavía en un séptimo aspecto, la invención va destinada a un sistema para producir radioisótopos. El sistema incluye un acelerador de partículas, un cuerpo diana y un sistema de control acoplado al acelerador de partículas. El cuerpo diana de este séptimo aspecto incluye una base, una capa protectora dispuesta sobre una superficie de la base y un material de partida de radioisótopo dispuesto sobre la capa protectora. Esta capa protectora está localizada entre la base y el material de partida de radioisótopo. Además, la capa protectora incluye cromo, tántalo, tungsteno, oro, niobio, aluminio, circonio o platino, o una de sus combinaciones.

Existen varios refinamientos de las características apreciadas anteriormente en relación con varios aspectos de la presente invención. También se pueden incorporar características adicionales en estos diferentes aspectos. Estos refinamientos y características adicionales pueden existir individualmente o en cualquier combinación. Por ejemplo, se pueden incorporar varias características comentadas a continuación en relación con una o más de las realizaciones ilustradas, en cualesquiera de los aspectos de la presente invención, solas o en cualquiera combinación. De nuevo, se pretende el breve sumario presentado anteriormente únicamente para familiarizar al lector con determinados aspectos y contextos de la presente invención sin limitación a la materia objeto reivindicada.

Breve descripción de las figuras

Se comprenderán mejor las diferentes características, aspectos y ventajas de la presente invención cuando se lea la siguiente descripción detallada haciendo referencia a las figuras adjuntas en las cuales caracteres similares representan partes similares a lo largo de todas las figuras, donde:

La Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema de acelerador de partículas;

La Figura 2 es un diagrama de un ciclotrón;

La Figura 3 es un diagrama de un acelerador de partículas lineal;

La Figura 4 es una vista en corte transversal de un cuerpo diana;

La Figuras 5 y 6 son vistas en perspectiva de un cuerpo diana;

La Figura 7 es un diagrama de flujo de un método para preparar un cuerpo diana;

5 La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método para eletrometalizado de un cuerpo diana;

La Figura 9 es un diagrama de flujo de un método para producir radioisótopos;

10 La Figura 10 es un diagrama de flujo de un método para recoger materiales radioactivos múltiples de un cuerpo diana;

La Figura 11 es un diagrama de flujo de un método para usar una formación de imágenes médicas; y

15 La Figura 12 es un diagrama de bloques de un sistema de formación de imágenes.

Descripción detallada de las realizaciones específicas

20 A continuación, se describen una o más realizaciones específicas de la presente invención. En un esfuerzo por proporcionar una descripción concisa de estas realizaciones, no se pueden describir todas las características de una implementación particular en la memoria descriptiva. Debe apreciarse que en el desarrollo de cualquier implementación actual, como en cualquier proyecto de ingeniería o de diseño, se deben realizar numerosas decisiones específicas de la implementación para conseguir los objetivos específicos del desarrollador, tales como cumplimiento con las restricciones relacionadas con el sistema y con el negocio, que pueden variar de una implementación a otra. Además, debe apreciarse que dicho esfuerzo de desarrollo podría resultar complejo y costoso en cuanto a consumo de tiempo, pero no obstante sería rutinario emprender el diseño y la fabricación por parte del experto común que se beneficie de la presente divulgación.

30 Cuando se introducen elementos de varias realizaciones de la presente invención, se pretende que los artículos "un", "una", "el", "ella" y "dicho", "dicha" signifiquen que hay uno o más elementos. Se pretende que los términos "comprender", "incluir" y "tener" incluyan y signifiquen que puede haber elementos adicionales diferentes de los elementos listados. Además, el uso de "superior", "inferior", "encima", "debajo" y variaciones de estos términos se hace por conveniencia, pero no requiere ninguna orientación particular de los componentes. Según se usa en la presente memoria, el término "acoplado" se refiere a la condición de estar directa o indirectamente conectado o en contacto.

35 Volviendo ahora a las figuras, la Figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema 10 particular de aceleración de partículas. El sistema 10 incluye un cuerpo diana 12 que tiene múltiples capas, al menos una de las cuales está adaptada para producir un radioisótopo cuando se irradia la capa con partículas energéticas cargadas. El cuerpo diana 12 incluye una capa 14, que incluye un material de partida de radioisótopo enriquecido, que produce un radioisótopo cuando se bombardea o se irradia con partículas energéticas cargadas. A su vez, se puede usar el radioisótopo solo o en combinación con otras sustancias (por ejemplo, agentes de marcaje) como sustancias radiofarmacéuticas con fines médicos terapéuticos o de diagnóstico. La capa 14 incluye un material de partida de radioisótopo, tal como cadmio-112, o cinc-68, o talio-203, o una de sus combinaciones. Por ejemplo, en algunas realizaciones, la capa 14 puede incluir talio 203 enriquecido a partir del cual se puede obtener talio 201 radiofarmacéutico y se puede usar en medicina nuclear.

50 Se dispone el material de partida que forma la capa 14 sobre una capa protectora 16 que puede tener una superficie rugosa o de acabado mate configurada para retener el material de partida sobre el cuerpo diana 12. En otras palabras, la superficie de la capa protectora 16 puede parecer mate y de tacto rugoso. La capa protectora 16 es una capa química de protección adaptada para proteger químicamente la capa de base 18 al tiempo que se procesa químicamente el cuerpo diana 12 para obtener sustancias radiofarmacéuticas deseadas producidas a partir de irradiación del cuerpo diana 12. La capa protectora 16 incluye cromo y posiblemente otros materiales, tales como iridio, tántalo, tungsteno, oro, niobio, aluminio, circonio, o platino, o una de sus combinaciones, que son inertes frente a una sustancia química usada cuando se separa químicamente la capa 14 del cuerpo diana 12 tras el bombardeo. Es decir, generalmente la capa 16 puede evitar que haya subproductos de radioisótopo no deseados que tienen un período de semidesintegración largo en la capa de base 18, disolviéndolos en la disolución de separación química, tal como ácido nítrico, que puede contener radioisótopos producidos a partir de la capa 14. De este modo, la capa protectora 16 puede garantizar que únicamente se obtienen los radioisótopos deseados por medio de un procedimiento de separación química, de manera que se pueda regenerar el material de partida con facilidad en un tiempo relativamente corto.

65 Se deposita la capa protectora 16 sobre la capa de base 18 por medio de electrometalizado u otros métodos que permitan la formación de la capa 16 sobre la capa de base 18 sin el uso de ningún adhesivo o capa intermedia. Por ejemplo, se puede someter el cuerpo diana 12 a electrometalizado durante un tiempo relativamente prolongado (por ejemplo, 15, 20, 25, 30, 45, 50 o más minutos) para aumentar la cantidad y la rugosidad de la capa protectora 16 sobre la capa de base 18. Se ha descubierto que se puede conseguir una capa 16 rugosa apropiada de cromo por

medio de electrometalizado de la capa de base 18 durante aproximadamente 25-30 minutos, que es significativamente mayor que el electrometalizado convencional de cromo (por ejemplo, varios minutos o menos). Se debería apreciar que los resultados (por ejemplo, capa 16 rugosa y relativamente gruesa) de este electrometalizado prolongado de cromo son indeseables para otras aplicaciones que, generalmente, requieren una capa de cromo brillante y suave. Dicho esto, un resultado único del electrometalizado prolongado es una mayor capacidad de adherir otros materiales a la capa 16 sometida a electrometalizado.

La capa de base 18 del cuerpo diana 12 puede incluir un metal, tal como cobre, aluminio y/o otro(s) material(es) conductor(es). Por ejemplo, se puede moldear la capa de base 18 a partir de aluminio y posteriormente se puede revestir con cobre. Siendo conductora, se puede adaptar la capa de base 18 del cuerpo diana 12 para transferir calor eficazmente fuera del cuerpo diana 12 a medida que aumenta la temperatura al tiempo que se irradia el cuerpo diana 12.

El sistema 10 de aceleración de partículas incluye un acelerador de partículas 20 configurado para acelerar partículas cargadas, como se muestra por medio de la línea 22. Las partículas cargadas 22 se aceleran para conseguir suficiente energía para producir el material de radioisótopo, una vez que las partículas 22 colisionan con el cuerpo diana 12. De este modo, la capa 14 puede incluir una mezcla de radioisótopo y material de partida de radioisótopo. Se facilita la producción del radioisótopo a través de una reacción nuclear que tiene lugar una vez que las partículas aceleradas 22 interaccionan con el material de partida de la capa 14. Por ejemplo, cuando se produce un radioisótopo de talio 201 se puede irradiar talio 203 enriquecido con protones 22 acelerados por medio del acelerador 20. Los protones 22 se pueden originar a partir de una fuente de partículas 24 que inyecta las partículas cargadas 22 en el acelerador 20 de manera que las partículas 22 se pueden acelerar hacia el cuerpo diana 12.

A medida que las partículas 22 cargadas aceleradas colisionan con el cuerpo diana 12, el cuerpo diana 12 puede absorber una cantidad sustancial de energía cinética de las partículas. La absorción de la energía impartida por las partículas aceleradas 22 puede provocar el calentamiento del cuerpo diana 12. Para mitigar el sobrecalentamiento del cuerpo diana 12, se puede acoplar el cuerpo diana 12 a un sistema de refrigeración 26 colocado en posición adyacente al cuerpo diana 12. El sistema de refrigerante 26 puede incluir conectores de fluido que se acoplan de manera fluida al cuerpo diana 12 de manera que el fluido, tal como agua, pueda circular a lo largo y a través del cuerpo diana 12, retirando de este modo el calor absorbido por el cuerpo diana 12 durante la irradiación del mismo. En la figura, se muestra el sistema de refrigeración 26 separado del cuerpo diana 12 y colocado detrás del cuerpo diana 12. En las realizaciones, el sistema de refrigeración 26 es una parte del cuerpo diana 12.

El sistema 10 de aceleración de partículas incluye un sistema de control 28 acoplado al acelerador de partículas 20, el cuerpo diana 12 y/o el sistema de refrigeración 26. Se puede configurar el sistema de control 28, por ejemplo, los parámetros de control, tal como la energía de aceleración de las partículas 22, las magnitudes de corriente de las partículas cargadas 22, y otros parámetros operaciones relacionados con la operación y funcionalidad del acelerador 20. Se puede acoplar el sistema de control 28 al cuerpo diana 12 para controlar, por ejemplo, la temperatura del cuerpo diana 12. Se puede acoplar el sistema de control 28 al sistema de refrigeración 26 para controlar la temperatura del refrigerante y/o vigilar y/o controlar el caudal.

En referencia a la Figura 2, se ilustra otro acelerador de partículas 40 para su uso con el cuerpo diana 12 que tiene la capa protectora 16. El acelerador de partículas 40 puede incluir un ciclotrón usado para acelerar partículas cargadas, tales como protones. El ciclotrón 40 puede emplear un campo magnético estacionario y un campo eléctrico alterno para acelerar las partículas. El ciclotrón 40 puede incluir dos cámaras 42, 44 de vacío huecas con forma de D, separadas una cierta distancia. Dispuesta entre las cámaras 42, 44 hay una fuente de partículas 46. La fuente de partículas 46 emite partículas cargadas 47 de manera que las trayectorias de las partículas 47 comienzan en la región central dispuesta entre las cámaras 42, 44 de vacío huecas con forma de D. Se genera un campo magnético 48 de magnitud y dirección constante a lo largo de las cámaras 42, 44, de manera que el campo magnético 48 puede apuntar hacia adentro o hacia afuera, perpendicular al plano de las cámaras 42, 44. Los puntos 48 dibujados a lo largo de las cámaras de vacío 42, 44 representan el campo magnético apuntando hacia adentro o hacia afuera del plano de las cámaras 42, 44. En otras palabras, las superficies con forma de D de las cámaras 42, 44 de vacío huecas están dispuestas perpendiculares a la dirección del campo magnético.

Cada una de las cámaras 42, 44 de vacío huecas se puede conectar a un control 50 por medio de puntos de conexión 53, 54, respectivamente. El control 50 puede regular un suministro de voltaje alterno, por ejemplo presente dentro del control 50. Se puede configurar el suministro de voltaje alterno con el fin de crear un campo eléctrico alterno en la región entre las cámaras 42, 44, como viene indicado por medio de las flechas 56. Por consiguiente, la frecuencia de la señal de voltaje proporcionada por el suministro de voltaje crea un campo eléctrico oscilante entre las cámaras 42, 44. A medida que se emiten las partículas cargadas 47 por parte de la fuente de partículas 46, las partículas 47 pueden verse influenciadas por el campo eléctrico 56, forzando a la partícula 47 a moverse en una dirección particular, es decir, en una dirección a lo largo o contra el campo eléctrico, dependiendo de si la carga es positiva o negativa. A medida que las partículas 47 se mueven alrededor de las cámaras 42, 44, las partículas 47 ya no pueden estar más bajo la influencia del campo eléctrico. No obstante, las partículas 47 se pueden ver influenciadas por el campo magnético que apunta en la dirección perpendicular a su velocidad. En este instante, la partícula 47 que se mueve puede experimentar una fuerza de Lorentz que hace que las partículas 47 experimenten

un movimiento circular uniforme, como viene indicado por medio de las trayectorias circulares 47 de la Figura 2. Por consiguiente, cada vez que las partículas cargadas 47 atraviesan la región entre las cámaras 42, 44, las partículas cargadas 47 experimentan una fuerza eléctrica provocada por el campo eléctrico alterno, lo que aumenta la energía de las partículas 47. De este modo, la inversión repetida del campo eléctrico entre las cámaras 42, 44 en la región entre las cámaras 42, 44 durante el breve período de tiempo en el que las partículas 47 atraviesan el mismo provoca que las partículas 47 se muevan en espiral hacia afuera, hacia los bordes de las cámaras 42, 44 con forma de D.

Con el tiempo, las partículas 47 pueden alcanzar un radio crítico de manera que su velocidad puede ser demasiado grande para que las partículas 47 mantengan una trayectoria circular, provocando que salgan disparadas tangencialmente al interior del cuerpo diana 12. La energía adquirida durante la aceleración de las partículas 47 se puede depositar en el interior del cuerpo diana 12 cuando las partículas 47 colisionan con el cuerpo diana 12. Por consiguiente, esto puede iniciar reacciones nucleares dentro del cuerpo diana 12, lo que produce radioisótopos dentro de las capas 14-18 del cuerpo diana 12. Se puede adaptar el control 50 para vigilar la magnitud del campo magnético 48 y la magnitud del campo eléctrico 56, controlando de este modo la velocidad y, además, la energía de las partículas cargadas a medida que colisionan con el cuerpo diana 12. El control 50 también se puede acoplar a la diana 14 y/o al sistema de refrigeración 26 para controlar los parámetros de la diana 14 y/o el sistema de refrigeración 26 como se ha descrito anteriormente con respecto a la Figura 1.

La Figura 3 ilustra un acelerador 70 de partículas lineal para su uso con el cuerpo de diana 12 que tiene la capa protectora 16. El acelerador 70 de partículas lineal puede incluir un tubo hueco y largo formado por un material conductor tal como cobre o aluminio. Dispuestos en el interior del tubo 72 se encuentran tubos 74a-74d huecos y pequeños, formados por un material conductor. El tubo hueco 72 del acelerador lineal 70 puede acoplarse a un generador de radiofrecuencia (RF) 76 que tiene un electrodo configurado para emitir una señal de RF de frecuencias particulares para la propagación en el interior del tubo 72. El generador de RF 76 se acopla además a un control 78 adaptado para controlar los parámetros operacionales, tales como las frecuencias de RF y otras funcionalidades del acelerador lineal 70.

Las ondas electromagnéticas generadas por medio del generador de RF 76 se propagan en el interior del tubo hueco 72 provocando que las partículas cargadas 80 que se originan a partir de la fuente de partículas 82 se aceleren cuando las partículas 80 se encuentran sometidas a un campo eléctrico que se propaga hacia abajo del tubo 72. Este campo eléctrico acelera las partículas 80 de manera adicional hacia abajo de los tubos 72 a medida que las partículas 80 ganan energía cinética. Las partículas cargadas 80 también son guiadas a través de los tubos huecos 74a-74d, tal y como se muestra en la Figura 3, con el fin de garantizar una trayectoria lineal de las partículas 80. Como se muestra en la Figura 3, las longitudes de los tubos huecos 74a-74d aumentan hacia abajo de la longitud del tubo hueco 72 a medida que aumenta la velocidad de las partículas 80. De este modo, se pueden acelerar de manera óptima las partículas cargadas 80 de acuerdo con la frecuencia de RF producida por el generador de RF 76.

Se puede conectar el control 78 al tubo hueco 72, generador de RF 76, cuerpo diana 12 y/o al sistema de refrigeración 26. El control 78 puede vigilar la frecuencia del generador de RF 76, controlando de este modo la aceleración de las partículas cargadas 80 a medida que las partículas cargadas 80 se propagan a lo largo del tubo hueco 74a-74d. El control 78 se puede acoplar al cuerpo diana 12 para controlar los parámetros, tales como temperatura, y otra retroalimentación relacionada que pertenece al acelerador 70 y al cuerpo diana 12.

La Figura 4 es una vista de corte transversal de una realización del cuerpo diana 12. El cuerpo diana 12 incluye un material de partida 14, tal como talio 203 enriquecido, cadmio-112, cinc-68 u otros tipos de materiales de fuente, dispuestos sobre una capa de cromo 16. Se dispone la capa 16 de cromo protectora sobre una capa 18 de base diana. Se puede disponer la capa de cromo 16 sobre la capa de base 18 por medio de un proceso de electrometalizado. De nuevo, se puede prolongar el proceso de electrometalizado con respecto al electrometalizado convencional de cromo (por ejemplo, 30 minutos en lugar de varios minutos o menos), de manera que se consiga un espesor deseado para proteger la capa de base 18 y se logre una rugosidad deseada con el fin de fijar el material de partida 14 a la capa de cromo 16. Se pueden disponer otros materiales tales como tántalo, tungsteno, oro, niobio, aluminio, circonio o platino, o una de sus combinaciones, sobre la capa de base 18 por medio de un proceso de electrometalizado.

El electrometalizado de la capa de cromo 16 sobre la capa de base 18 puede implicar ciertas etapas para garantizar que la capa de cromo 16 tenga atributos apropiados para soportar el material de partida 14 y producir un radioisótopo. Dichos atributos pueden incluir un espesor de capa de cromo y textura superficial. El proceso de electrometalizado de cromo sobre el cuerpo diana 12 puede incluir la acción de bruñir y/o pulir partes del cuerpo diana 12 designadas para el electrometalizado de cromo. Las partes del cuerpo diana 12 no designadas para el electrometalizado de cromo se pueden revestir con determinados revestimientos protectores que pueden evitar el electrometalizado del cromo sobre esas partes del cuerpo diana 12. Posteriormente, el cuerpo diana 12 puede estar sumergido en un tanque o recipiente que contiene una disolución de cromo y otros materiales asociados que contribuyen al proceso de electrometalizado. El cuerpo diana 12 se puede sumergir en el tanque hasta que tenga lugar el electrometalizado de un espesor de cromo deseado sobre la capa 18 de base diana. En algunas realizaciones, se puede someter el cuerpo diana 12 a electrometalizado durante un período de tiempo que se

extiende entre 25-45 minutos. Durante el proceso de electrometalizado se puede mantener el tanque de electrometalizado a aproximadamente 125 grados.

Después de someter a electrometalizado un espesor deseado de cromo sobre la capa de base 18, se puede retirar el cuerpo diana 12 del tanque de cromo y se puede inspeccionar para verificar que el espesor y otros atributos de la capa de cromo son apropiados para soportar el material de partida 14. Por ejemplo, se puede medir la diferencia de peso del cuerpo diana 12 antes y después del proceso de electrometalizado y se puede obtener el espesor de cromo. Además, como se ha mencionado anteriormente, puede resultar deseable obtener una capa de cromo con una morfología de superficie rugosa adaptada para retener el material de fuente de radioisótopo al tiempo que se irradia el cuerpo diana 12. Es decir, la superficie de la capa de cromo 16 puede tener rugosidad y naturaleza granular apropiada para mantener, por ejemplo, talio 203 sobre el cuerpo diana 12 durante su bombardeo por medio de las partículas cargadas. De este modo, una vez que ha tenido lugar el electrometalizado del cuerpo diana 12, no se puede en modo alguno el cromo dispuesto sobre el mismo, de manera que la superficie de la capa de cromo 16 conserva su rugosidad. Se pueden inspeccionar dichas características de rugosidad de la capa de cromo 16 por medio de microscopio electrónico y/o por medio de su capacidad para retener agua durante determinados períodos de tiempo.

La capa de base 18 del cuerpo diana 12 puede incluir o consistir sustancialmente en un material metálico tal como cobre, aluminio u otros materiales conductores o sus combinaciones. En algunas realizaciones, la capa de base 18 puede ser una estructura de aluminio revestida con cobre. Como se muestra de manera adicional en la Figura 4, se forma un conducto de refrigeración 90 como parte de la longitud de un conducto o ranura a lo largo del cuerpo diana 12. El conducto de refrigeración 90 facilita el flujo de fluido a lo largo del cuerpo diana 12 de manera que se pueda retirar ese calor del cuerpo diana 12 al tiempo que se irradia el cuerpo diana 12 con partículas cargadas.

Durante el bombardeo del cuerpo diana 12, las interacciones nucleares entre las partículas cargadas que colisionan y el núcleo atómico de los materiales del cuerpo diana 12 pueden transformar una parte de esos núcleos en radioisótopos. Por ejemplo, tras el bombardeo, la capa 14 puede incluir una combinación de talio 203 enriquecido y plomo 201 de radioisótopo. Posteriormente, el plomo 201 se puede desintegrar para dar lugar a talio 201, que es un radioisótopo deseado para su uso en medicina nuclear. Similarmente, algunos núcleos atómicos de la capa de cromo 16 y de la capa de base 18 se pueden transformar en núcleos de radioisótopos a partir de los cuales se pueden producir otras sustancias radiofarmacéuticas deseadas.

La extracción de las sustancias radiofarmacéuticas deseadas a partir del cuerpo diana 12 puede implicar el procesado químico del cuerpo diana 12. El procesado químico del cuerpo diana 12 se puede adaptar para retirar determinadas capas del cuerpo diana 12 al tiempo que otras se mantienen intactas. Tras el bombardeo, por ejemplo, se pueden separar el talio 203 y el plomo 201 a partir del cuerpo diana 12 usando ácido nítrico caliente, que está configurado para retirar esas sustancias pero no la capa de cromo 16. Es decir, el material de partida de radioisótopo, tal como talio 203, puede ser susceptible de retirada por medio de sustancias químicas que pueden provocar que el talio 203 se separe del cuerpo diana 12, mientras que la capa de cromo 16 es químicamente inerte o resistente a la retirada por parte de dichas sustancias químicas de separación y, por tanto, puede ocurrir que no tenga lugar la separación del cuerpo diana 12. De este modo, la capa de cromo 16 protege la capa de base 18 de la separación con ácido nítrico, generalmente evitando de este modo o reduciendo la probabilidad de que los metales de radioisótopo con períodos de semidesintegración prolongados dispuestos en la capa de base 18 se disuelvan en el interior de la disolución que contiene talio 203 y plomo 201. De este modo, el procesado químico posterior de la disolución que contiene el talio 203 y el plomo 201 puede avanzar en un período de tiempo relativamente corto tras el bombardeo, de manera que se separen las sustancias anteriormente mencionadas. Se puede procesar la disolución que contiene el talio 203 y el plomo 201 para separar químicamente de manera adicional el plomo 201, dejando una disolución que contiene talio 203, que puede ser regenerada y, de este modo, reutilizada para producir talio 201 adicional para sustancias radiofarmacéuticas. De este modo, es posible regenerar el talio 203 más rápidamente (por ejemplo, varias horas o días) a partir de la disolución química, evitando generalmente de este modo el almacenamiento costoso (es decir, durante varios meses o incluso años) de la disolución química que contiene talio 203 y 201 hasta que disminuyan los niveles de radiación producidos a partir de otros metales de radioisótopo.

Una vez que se ha retirado la capa 14 que contiene el talio 203 y el plomo 201 del cuerpo diana 12, se puede procesar químicamente de manera adicional el cuerpo diana 12 para retirar la capa de cromo 16, a partir de la cual se puede obtener cromo 51. El cromo 51 se puede usar como sustancia radiofarmacéutica, en particular, para el marcaje de eritrocitos. Se puede retirar el cromo 51 del cuerpo diana 12 usando ácido clorhídrico, que no reacciona con los metales de esta capa de base 18 del cuerpo diana 12. El uso de ácido clorhídrico puede evitar que los metales de radioisótopo producidos a partir de la capa de base 18 (es decir, durante el bombardeo del cuerpo de base 12) se disuelvan en la disolución que contiene el cromo 51. De este modo, un bombardeo individual del cuerpo diana 12 puede producir dos sustancias radiofarmacéuticas, es decir, talio 201 de la capa 14 y cromo 51 de la capa 16. Debido a que los costes operacionales de los aceleradores de partículas usados para el bombardeo de dianas para producir sustancias radiofarmacéuticas pueden ser relativamente elevados, la producción de radioisótopos al precio de una irradiación diana puede mejorar significativamente la eficacia de costes de la producción de sustancias radiofarmacéuticas. Como se comenta de manera adicional a continuación, una irradiación individual de una diana puede producir de manera adicional una tercera sustancia radiofarmacéutica susceptible de ser obtenida a partir de radioisótopos producidos por la capa de base 18 del cuerpo diana 12.

La Figura 5 ilustra una vista en perspectiva de otro cuerpo diana 100 que tiene una capa protectora 16. El cuerpo diana 100 puede ser similar al cuerpo diana 12 comentado con referencia a las Figuras 1-4. Por consiguiente, el cuerpo diana 100 incluye las capas 14, 16 y 18 similares a las capas comentadas con referencia al cuerpo diana 12. Se muestra el cuerpo diana 100 de manera que incluye una cámara hueca 101 que tiene aberturas tubulares 102, 104. Las aberturas tubulares 102, 104 se extienden desde la superficie trasera del cuerpo diana 100 hacia abajo al interior del material 18 de base diana. Las aberturas tubulares 102, 104 pueden estar conectadas internamente dentro de la capa de base 18 de manera que se forme un conducto entre las dos aberturas tubulares 102, 104.

Se pueden acoplar la aberturas tubulares 102, 104 a una fuente de refrigeración externa, tal como una fuente de refrigerante 26 mostrada en la Figura 1, que se puede configurar para suministrar un refrigerante tal como agua al cuerpo diana 100. Por medio del uso de tubos externos acoplados a las aberturas 102, 104, el refrigerante puede penetrar a través de la abertura 102 en el interior de un conducto dispuesto entre la salida del cuerpo diana 100 por medio de la abertura 104 de nuevo hasta la fuente de refrigerante. Las ranuras 106 dispuestas sobre el lado interno de la capa de base 18 están configuradas para aumentar el área superficial del cuerpo diana 100, mejorando de este modo la transferencia de calor desde la diana hasta el refrigerante a medida que el cuerpo diana 100 se calienta al tiempo que se irradia la diana.

La Figura 6 es una vista en perspectiva de otro cuerpo diana 120 que tiene la capa protectora 16. El cuerpo diana 120 es similar al cuerpo diana 12 comentado con referencia a las Figuras 1-4. Particularmente, la Figura 6 muestra una vista en perspectiva lateral desde atrás del cuerpo diana 120. En la realización ilustrada, el cuerpo diana 120 incluye la capa de fuente 14 dispuesta en posición adyacente a la capa protectora 16, tal como el cromo electrometalizado sobre el material 18 de base de la diana. Además, el cuerpo diana 120 puede incluir ranuras 122-128 que forman conductos lineales y circulares sobre la parte trasera del cuerpo diana 120. Las ranuras 122-128 se pueden extender sustancialmente hasta el interior de la base diana 18, aumentando eficazmente de este modo el área superficial del lado trasero del cuerpo diana 120. En otras realizaciones, las ranuras 122-128 pueden adoptar otras formas y geometrías y/o pueden tener profundidades variables. El lado trasero del cuerpo diana 120 se puede acoplar a una fuente de refrigerante, tal como la fuente de refrigerante 26 comentada en la presente memoria con referencia a la Figura 1. La fuente de refrigerante 26 puede suministrar un refrigerante al lado trasero del cuerpo diana 120 de manera que el refrigerante pueda fluir a través de las ranuras o conductos 122-128, retirando el calor excesivo del cuerpo diana 120 a medida que se calienta mientras se produce la irradiación de la diana. Además, el conducto 122 puede formar un precinto con una parte de la fuente de refrigerante 26.

La Figura 7 es un diagrama de flujo 140 que ilustra un proceso para producir una diana (por ejemplo, 12) que tiene una capa protectora. El método comienza en el bloque 142 donde se produce un material de base, tal como el material de base 18 que se muestra en la Figura 1. El material de la capa de base 18 puede incluir una sustancia metálica, tal como cobre o aluminio o una de sus combinaciones. Posteriormente, el método avanza hasta el bloque 144 donde se puede disponer una capa protectora, tal como la capa de cromo 16 mostrada en la Figura 1, sobre la capa de base 18. Se puede adaptar la capa protectora 16 para proteger químicamente el material de base 18 de determinadas sustancias químicas una vez que se ha procesado químicamente el cuerpo diana 12 y se ha retirado la capa 14 del cuerpo diana 12.

Se puede someter la capa 16 de cromo protectora a electrometalizado sobre la capa de base 18 hasta un determinado espesor y rugosidad. Por ejemplo, se puede ampliar significativamente el proceso de electrometalizado (por ejemplo, 20-50 minutos en lugar de varios minutos o menos) con el fin de aumentar el espesor y crear una superficie rugosa o de acabado mate. Posteriormente, el método avanza hasta el bloque 146 donde se puede colocar una fuente o capa de material de partida, tal como una capa 14 de talio 203 sobre la capa protectora 16.

La Figura 8 es un diagrama de flujo 150 que ilustra un proceso de electrometalizado. El proceso comienza en el bloque 151 donde se pueden bruñir o pulir partes de la capa de base 18 o del cuerpo diana 12, designadas para electrometalizado, antes de proceder con el electrometalizado. Posteriormente, en la etapa 152, se pueden revestir las partes de la capa de base 18 no designadas para electrometalizado con un material de revestimiento adaptado para evitar que esas áreas o partes experimenten electrometalizado. Posteriormente, el método avanza hasta el bloque 153 donde se puede sumergir el cuerpo diana 12 en un tanque que contiene una disolución de cromo. El tanque se puede acoplar a un suministro de energía que proporciona corriente suficiente para permitir el proceso de electrometalizado. Se puede mantener la disolución de cromo en el tanque a una temperatura de aproximadamente 125 grados Fahrenheit (51,67 °C) a medida que el cuerpo diana 12 experimenta electrometalizado durante un período de tiempo que varía entre 20-50 minutos. A continuación, el método avanza hasta la etapa 154 donde se puede retirar el cuerpo diana 12 del tanque. Posteriormente, el método avanza hasta la etapa 155, donde se puede inspeccionar la superficie de la capa 16 de cromo sometida a electrometalizado y nuevamente formada con el fin de verificar que tiene la textura y las características morfológicas superficiales deseadas. Dichas características pueden adaptar la superficie de la capa de cromo 16 para retener la capa 14.

La Figura 9 es un diagrama de flujo 160 de un proceso para producir radioisótopos a partir de un material de partida de radioisótopo. El proceso 160 proporciona un método para regenerar el material de partida 14 con relativa facilidad en un corto período de tiempo (por ejemplo, varias horas o días en lugar de varios meses o años) tras la irradiación

del cuerpo diana 12 con partículas energéticas. El proceso comienza en el bloque 162 donde se puede disponer una fuente o material de partida (por ejemplo, talio 203) sobre el cuerpo diana 12 sobre la capa protectora 16. En otras realizaciones, el material de partida puede incluir otros tipos de sustancias a partir de las cuales se pueden producir sustancias radiofarmacéuticas. Una vez que el material 14 se ha colocado sobre el cuerpo diana 12, el proceso puede avanzar hasta el bloque 164, momento durante el cual se puede irradiar el cuerpo diana 12 con partículas cargadas. Posteriormente, el proceso puede avanzar hasta el bloque 166 donde la irradiación de la capa nuclear 14 puede iniciar reacciones nucleares que transforman sus partes en un radioisótopo que se puede usar como sustancia radiofarmacéutica. Por ejemplo, el bombardeo de talio 203 con protones energéticos puede dar lugar al radioisótopo plomo 201. Aunque el plomo 201 puede no ser el producto final usado como sustancia radiofarmacéutica, su desintegración nuclear posterior puede producir una sustancia radiofarmacéutica, concretamente, talio 201.

El método puede avanzar hasta el bloque 168 donde la capa 14 que contiene el material de fuente y el material de radioisótopo nuevamente formado se puede retirar del cuerpo diana 12 (Figura 1). Por ejemplo, la separación de plomo 201 y talio 203 dispuestos sobre el cuerpo diana 12 tras la irradiación se puede activar por medio del uso de una disolución caliente de ácido nítrico. La disolución caliente de ácido nítrico puede disolver la capa 14 sin que ello afecte a la capa protectora 16 de cromo. Posteriormente, el proceso puede avanzar hasta el bloque 170 donde se puede separar químicamente el material de radioisótopo y el material de partida. Por ejemplo, se puede separar el plomo 201 a partir del talio de partida 203 por medio de una variedad de métodos químicos. Tras la retirada del plomo 201 de la disolución original, queda el talio 203. Por consiguiente, el método puede avanzar hasta el bloque 172 donde se puede regenerar el material de partida, tal como talio 203. De este modo, se puede regenerar el talio 203 y reutilizar bastante rápidamente (por ejemplo, varias horas o días) después de irradiar el cuerpo diana 12. Además, el proceso 160 proporciona una mejora significativa con respecto a los métodos anteriores, que permitiría regenerar el talio 203 únicamente después de un período de tiempo sustancial, que puede ser tan largo como seis meses o más.

La Figura 10 ilustra un diagrama de flujo 190 de un proceso para retirar y separar radioisótopos de una diana, tal como el cuerpo diana 12 de la Figura 1, después de haber bombardeado la diana con partículas energéticas. El método comienza en el bloque 192 cuando se disponen una capa 14 que contiene el material de partida de radioisótopo y el material de radioisótopo sobre una diana. Se puede disponer una capa protectora, tal como una capa 16 protectora de cromo, bajo el material de partida 14 y también puede incluir radioisótopos que proceden de la irradiación del cuerpo diana 12. Por consiguiente, el proceso puede avanzar hasta el bloque 194, en el que el radioisótopo y el material de partida se pueden retirar del cuerpo diana 12 por medio de procesamiento químico, tal como el procesamiento químico mencionado anteriormente con referencia al proceso 160 de la Figura 9. De nuevo, se puede adaptar dicho procesamiento químico para que se produzca la reacción química y, de este modo, retirar únicamente el radioisótopo y los materiales de partida 14 dispuestos sobre el cuerpo diana 12, al tiempo que no se produzca la reacción con la capa 16 de cromo protectora subyacente. Se adapta la capa 16 de cromo protectora para proteger la capa 18 de base subyacente del cuerpo diana 12 de manera que los materiales de radioisótopo producidos a partir de la capa de base 18 no se disuelvan o formen parte de una disolución que contenga el material de radioisótopo deseado y el material de partida 14. Evitando generalmente que el material de radioisótopo que origina la capa de base 18 del cuerpo diana 12 se mezcle con el material de radioisótopo deseado, existe la posibilidad de una recuperación más eficaz y rápida del material de radioisótopo de fuente.

Además, una vez que se retiran o se separan tanto el radioisótopo como el material de partida del cuerpo diana 12, el método puede avanzar hasta el bloque 196 donde se separan el material de radioisótopo y los materiales de partida de radioisótopo y se recogen para su uso. Con frecuencia, el método avanza hasta el bloque 198 donde se puede separar la capa 16 protectora de cromo, incluyendo los radioisótopos producidos a partir de la misma, de la diana 14. De este modo, se obtiene un segundo subproducto de radioisótopo, que también se puede usar como sustancia radiofarmacéutica, a partir de la capa 16 de cromo protectora. La retirada de la capa 16 de cromo protectora de la diana 14 se puede conseguir usando sustancias químicas específicas designadas para retirar la capa de cromo 16 al tiempo que son químicamente inertes frente a los materiales a partir de los cuales se forma la capa de base 18 de la diana. Esto generalmente evita que los radioisótopos que tienen períodos de semidesintegración largos presentes en la capa de base 18 de la diana se disuelvan en una disolución que contiene radioisótopos procedente de la capa 16 protectora de cromo protector. En determinadas realizaciones, se puede producir el cromo 51 en la capa de cromo 16 en forma de subproducto cuando se irradia la diana 14, y se puede retirar de la diana 14 usando ácido clorhídrico que puede no interactuar con los metales presentes en la capa de base 18 de la diana. De nuevo, esto permite regenerar el radioisótopo de cromo 51 sin tener que esperar períodos de tiempo prolongados para permitir que los niveles de radiación producidos a partir de radioisótopos de período de semidesintegración largos dentro de la capa de base 18 se desintegren hasta alcanzar un nivel aceptable.

Posteriormente, el método puede avanzar hasta la etapa 200 donde se puede separar el material de base o sus partes para producir un tercer radioisótopo, tal como cobre que, a su vez, puede experimentar posteriormente desintegración para dar lugar a sustancia radiofarmacéuticas útiles. De este modo, el método 190 puede permitir la producción de tres sustancias radiofarmacéuticas a partir de una diana en una irradiación individual. Esto mejora significativamente la eficacia de costes de la producción de radioisótopos a partir de los cuales se pueden obtener sustancias radiofarmacéuticas.

La Figura 11 es un diagrama de flujo 210 que ilustra un proceso ejemplar de medicina nuclear que utiliza una o más sustancias radiofarmacéuticas descritas en la presente memoria tal y como se ilustra haciendo referencia a las Figuras 1-10. Como se ilustra, el proceso 210 comienza proporcionando un isótopo de radioisótopo para medicina nuclear en el bloque 212. Por ejemplo, el bloque 212 puede incluir la acción de generar talio 201 u otro radioisótopo a partir de un cuerpo diana 12 que tiene la capa protectora 16 como se ha descrito anteriormente. En el bloque 214, el proceso 210 avanza proporcionando un agente de marcaje (por ejemplo, un epítipo u otro resto director biológico apropiado) adaptado para dirigir el radioisótopo a una parte específica, por ejemplo, un órgano, de un paciente. En el bloque 216, posteriormente el proceso 210 avanza por medio de la combinación del isótopo de radioisótopo con el agente de marcaje para proporcionar una sustancia radiofarmacéutica para medicina nuclear. En determinadas realizaciones, el isótopo de radioisótopo puede tener tendencias naturales a concentrarse en un órgano particular o tejido y, de este modo, se puede caracterizar el isótopo de radioisótopo como sustancia radiofarmacéutica sin adición de ningún agente de marcaje complementario. En el bloque 218, posteriormente el proceso 210 puede avanzar por medio de extracción de una o más dosis de la sustancia radiofarmacéutica con una jeringa u otro recipiente, tal como un recipiente apropiado para administrar la sustancia radiofarmacéutica a un paciente en un hospital o instalación de medicina nuclear. En el bloque 220, el proceso 210 avanza inyectando o administrando generalmente una dosificación de sustancia radiofarmacéutica y uno o más fluidos complementarios a un paciente. Tras un tiempo pre-seleccionado, el proceso 210 avanza por medio de la detección/formación de imágenes de la sustancia radiofarmacéutica marcada hasta el órgano del paciente o tejido (bloque 222). Por ejemplo, el bloque 222 puede incluir el uso de una cámara gamma u otro dispositivo de formación de imágenes radiográficas para detectar la sustancia radiofarmacéutica dispuesta sobre o unida a un tejido del cerebro, corazón, hígado, tumor, tejido cancerígeno, o diferentes órganos o tejidos enfermos.

Haciendo referencia a la Figura 12, el sistema 240 de formación de imágenes que puede usar las sustancias radiofarmacéuticas adquiridas por medio de las técnicas de las Figuras 1-11 puede incluir un dispositivo 242 de formación de imágenes, un sistema de control, un circuito 246 de adquisición y procesado datos, un procesador 248, una interfaz de usuario 250, y una red 252. Específicamente, el dispositivo 242 de formación de imágenes está configurado para obtener señales representativas de una imagen objetivo una vez que se ha administrado la sustancia radiofarmacéutica al sujeto. El sistema 240 de formación de imágenes puede incluir un sistema de tomografía de emisión de positrones (PET), un sistema individual de tomografía de emisión de fotones por ordenador, una cámara de rayos gamma de medicina nuclear u otra modalidad apropiada de formación de imágenes. Se pueden crear datos de imágenes indicativos de regiones de interés en un sujeto por medio del dispositivo 242 de formación de imágenes en un soporte convencional, tal como una película fotográfica, o en un medio digital.

El sistema de control 244 puede incluir una amplia gama de circuitos, tales como circuitos de control de fuente de radiación, circuitos temporizadores, circuitos para coordinar la adquisición de datos junto con el paciente o la tabla de movimientos, circuitos para controlar la posición de detectores de radiación, y similares. El dispositivo 242 de formación de imágenes, tras la adquisición de las señales o datos de imágenes, puede procesar las señales, tal como para la su conversión en valores digitales, y redirigir los datos de imagen hasta el circuito 246 de adquisición de datos. En el caso de un medio análogo, tal como una película fotográfica, generalmente el sistema de adquisición de datos puede incluir soportes para la película, así como también un equipamiento para desarrollar la película y producir copias duras que posteriormente se pueden digitalizar. Para los sistemas digitales, el circuito 246 de adquisición de datos puede llevar a cabo una amplia gama de funciones de procesado inicial, tales como el ajuste de intervalos dinámicos digitales, suavizado o afinado de datos, así como también compactación de corrientes de datos y archivos, según se desee. Posteriormente, los datos se transfieren a un procesador 248 donde se lleva a cabo el procesado adicional y el análisis. Para el medio convencional tal como una película fotográfica, el procesador 248 puede aplicar información de texto a las películas, así como también unir ciertas notas o información de identificación de pacientes. En un sistema digital de formación de imágenes, el circuito de procesado de datos lleva a cabo análisis sustanciales de datos, ordenación de datos, afinado, suavizado, reconocimiento de características y similares.

Finalmente, los datos de imagen se dirigen a una interfaz de usuario/operador 250 para su observación y análisis. Mientras se llevan a cabo las operaciones de los datos de imagen antes de la observación, la interfaz del operador 250 está en un punto útil para la observación de las imágenes reconstruidas basada en los datos de imágenes recogidos. En el caso de una película fotográfica, se pueden enviar las imágenes a cajas de luz o pantallas similares para permitir que los radiólogos y los médicos que prestan la atención lean más fácilmente y anoten las secuencias de imágenes. Los datos de imágenes también se pueden transferir a ubicaciones lejanas, tal como por medio de una red 252. Además, la interfaz del operador 250 puede permitir el control del sistema de formación de imágenes, por ejemplo, haciendo de interfaz con el control del sistema 244.

Mientras que la invención puede ser susceptible de diferentes modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas a modo de ejemplo en los dibujos y se han descrito con detalle en la presente memoria. No obstante, debe entenderse que no se pretende que la invención quede limitada a las formas particulares divulgadas. En lugar de ello, la invención cubre todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se encuentren dentro del alcance de la invención definido por medio de las siguientes reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un cuerpo diana (12) para su uso en la producción de radioisótopos, comprendiendo el cuerpo diana:
- 5 una base (18) que comprende una trayectoria de refrigerante;
una capa protectora (16) dispuesta sobre la base y que comprende un primer material de partida de radioisótopo;
- 10 y
un segundo material (14) de partida de radioisótopo dispuesto sobre la base, en el que la capa protectora (16) está dispuesta entre la base (18) y el segundo material (14) de partida de radioisótopo, donde la capa protectora comprende un material químicamente resistente frente a la retirada por medio de una primera sustancia química y el segundo material de partida de radioisótopo es susceptible de retirada por medio de la primera sustancia química, y la base comprende un material químicamente resistente a la retirada por medio de una segunda sustancia química y el primer material de partida de radioisótopo es susceptible de retirada por medio de la segunda sustancia química, y donde el segundo material de partida de radioisótopo comprende talio 203, cadmio-112 o cinc-68.
2. El cuerpo diana de la reivindicación 1, donde la capa protectora (16) además comprende iridio, tántalo, tungsteno, oro, niobio, aluminio, circonio o platino o una de sus combinaciones.
- 20 3. El cuerpo diana de la reivindicación 1 ó 2, donde la base (18) comprende otro material de partida de radioisótopo.
4. Un método para retirar un material de un cuerpo diana irradiado, que comprende:
- 25 separar químicamente una primera capa que comprende un primer material de radioisótopo del cuerpo diana; reducir sustancialmente o evitar la retirada de una segunda capa del cuerpo diana usando una tercera capa del cuerpo diana, donde la tercera capa está localizada entre la primera capa y la segunda capa antes de separar químicamente y resiste las sustancias químicas usadas para separar químicamente la primera capa; y
- 30 separar químicamente la tercera capa que comprende un segundo material de radioisótopo del cuerpo diana irradiado tras separar químicamente la primera capa.
5. El método de la reivindicación 4, que comprende separar químicamente la segunda capa que comprende un tercer material de radioisótopo del cuerpo diana irradiado tras separar químicamente la primera capa y tras separar químicamente la tercera capa.
- 35 6. El método de la reivindicación 5, donde la segunda capa comprende una base del cuerpo diana.
7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4-6, que comprende separar químicamente el primer material de radioisótopo de una parte restante de la primera capa.
- 40 8. El método de la reivindicación 7, donde el primer material de radioisótopo comprende plomo-201 y la parte restante comprende talio-203 enriquecido.
9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 4-8, donde la primera capa comprende talio 203, la segunda capa comprende cobre y la tercera capa comprende cromo-51.
- 45 10. Un sistema (10) para producir radioisótopos, que comprende;
un acelerador de partículas (20);
un cuerpo diana (12) que comprende:
- 50 una base (18);
una capa protectora (16) dispuesta sobre una superficie de la base, donde la capa protectora comprende un primer material de partida de radioisótopo seleccionado entre cromo, tántalo, tungsteno, oro, niobio, aluminio, circonio, o platino, o una de sus combinaciones; y
- 55 un segundo material (14) de partida de radioisótopo dispuesto sobre la capa protectora (16);
donde la capa protectora está localizada entre la base (18) y el segundo material (14) de partida de radioisótopo, siendo el segundo material de partida de radioisótopo susceptible de retirada por medio de una sustancia química y siendo generalmente la capa protectora resistente a la retirada por medio de la sustancia química y siendo el primer material de partida de radioisótopo susceptible de retirada por medio de una segunda sustancia química y siendo generalmente la base resistente a la retirada por medio de la segunda sustancia química; y
- 60 un sistema de control (28) acoplado al acelerador de partículas (20).

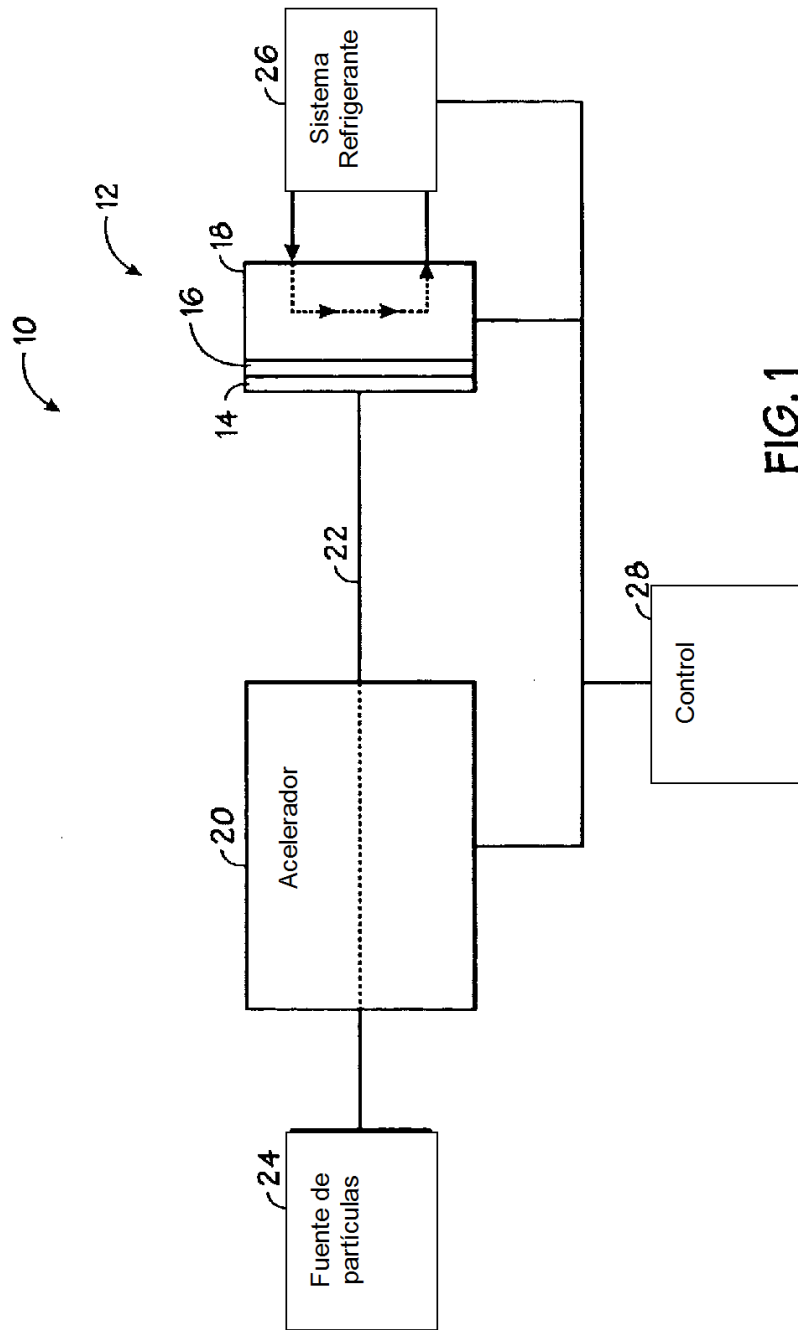


FIG. 1

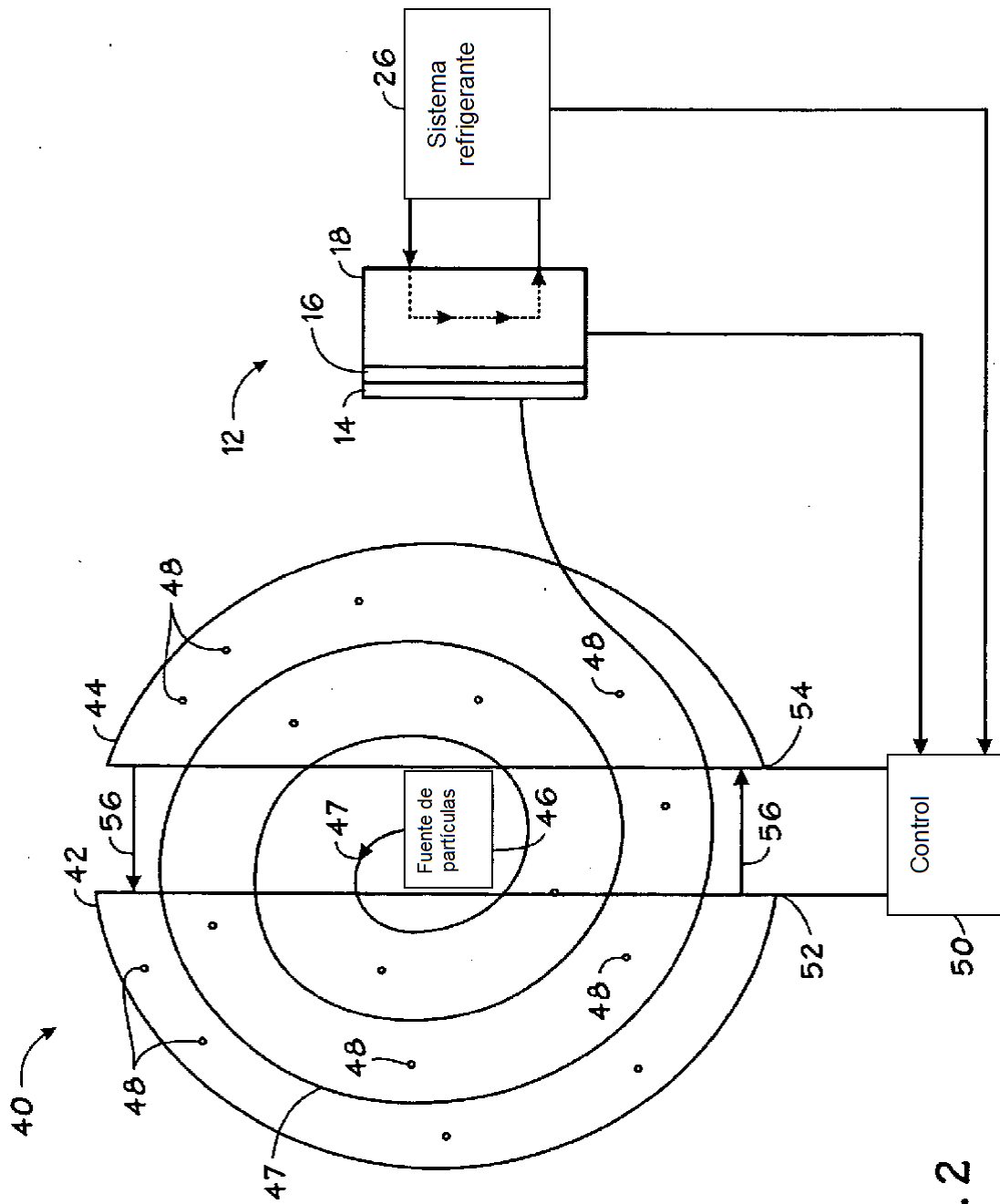


FIG. 2

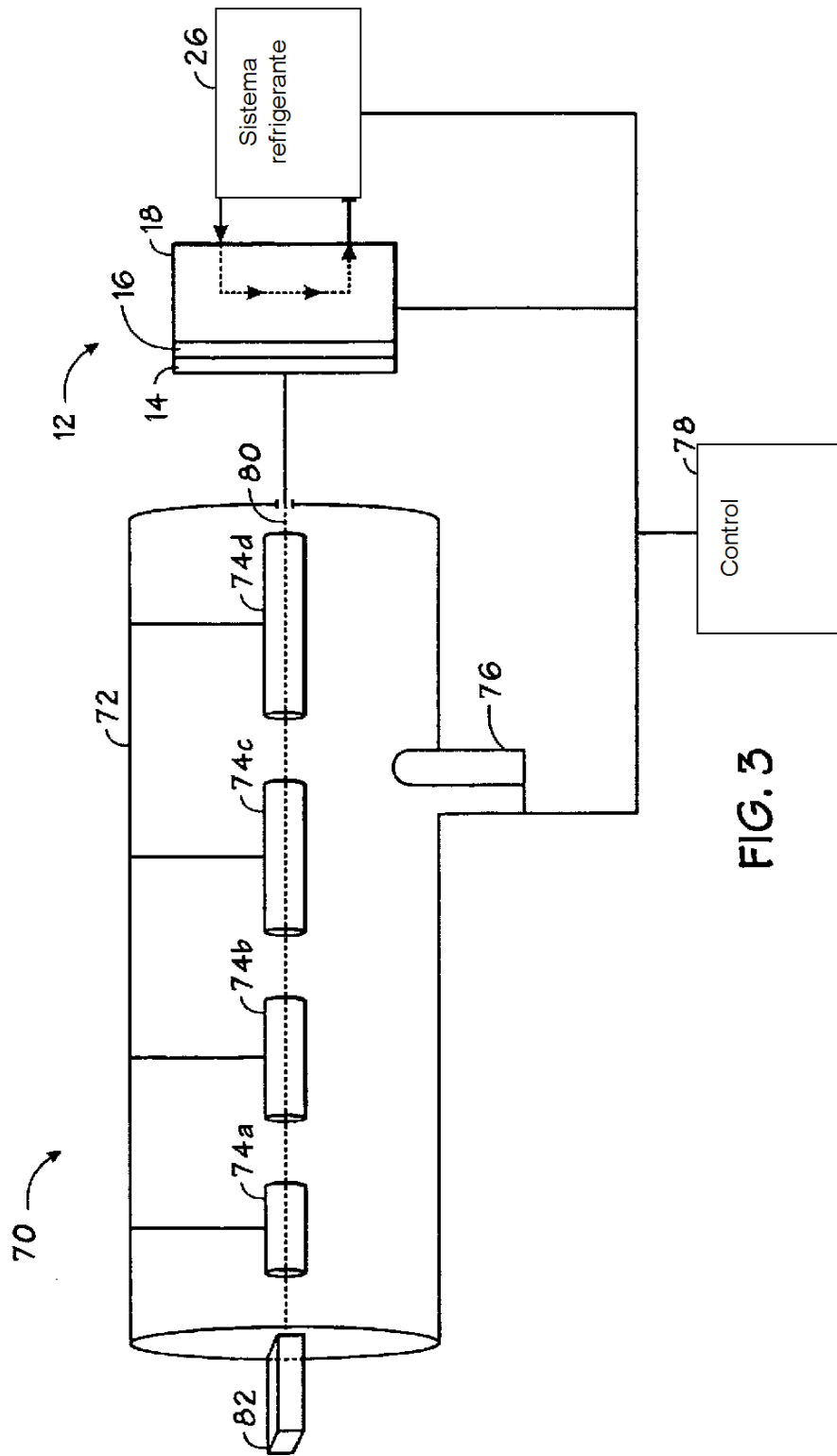


FIG. 3

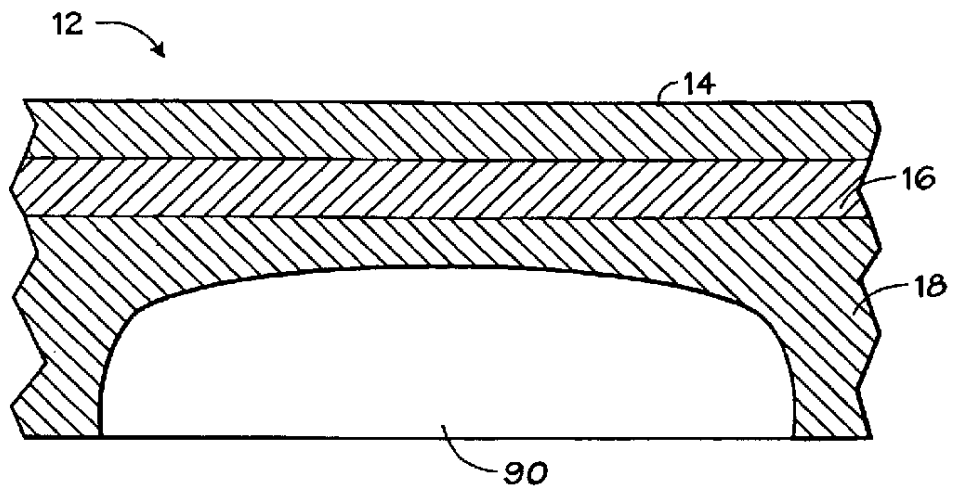


FIG. 4

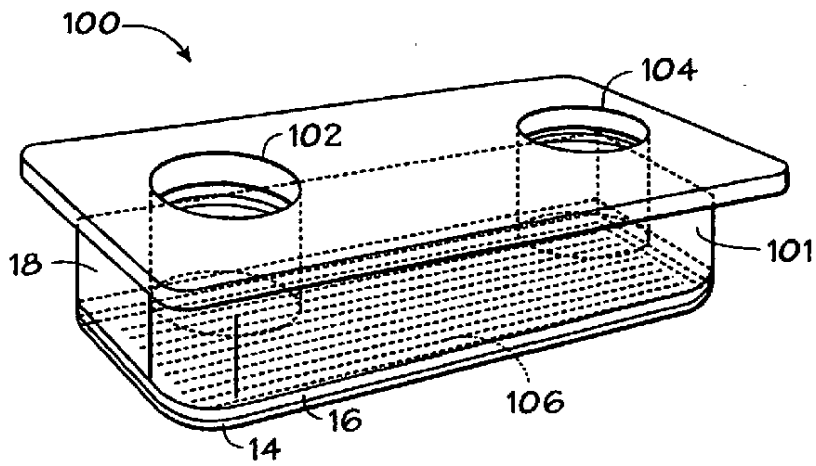


FIG. 5

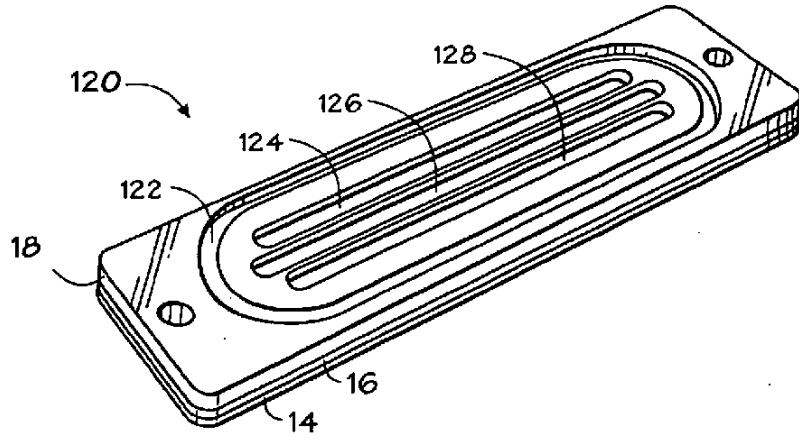


FIG. 6

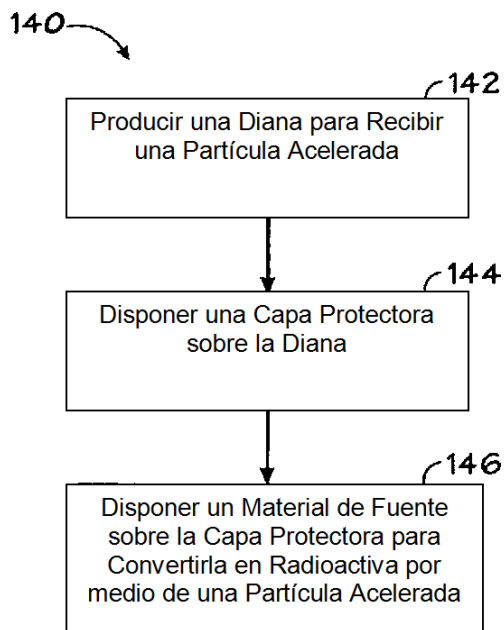


FIG. 7

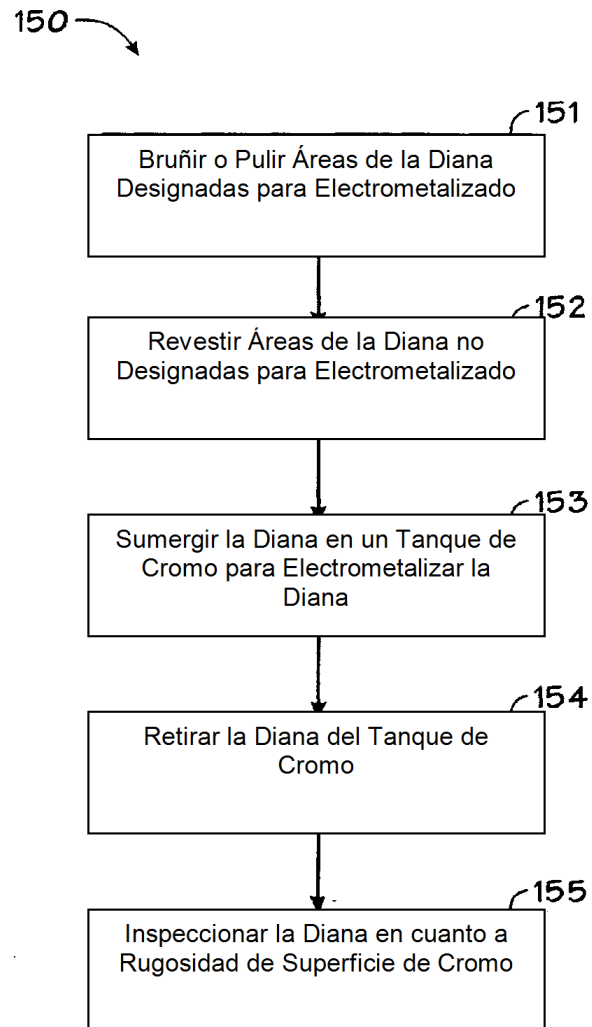


FIG. 8

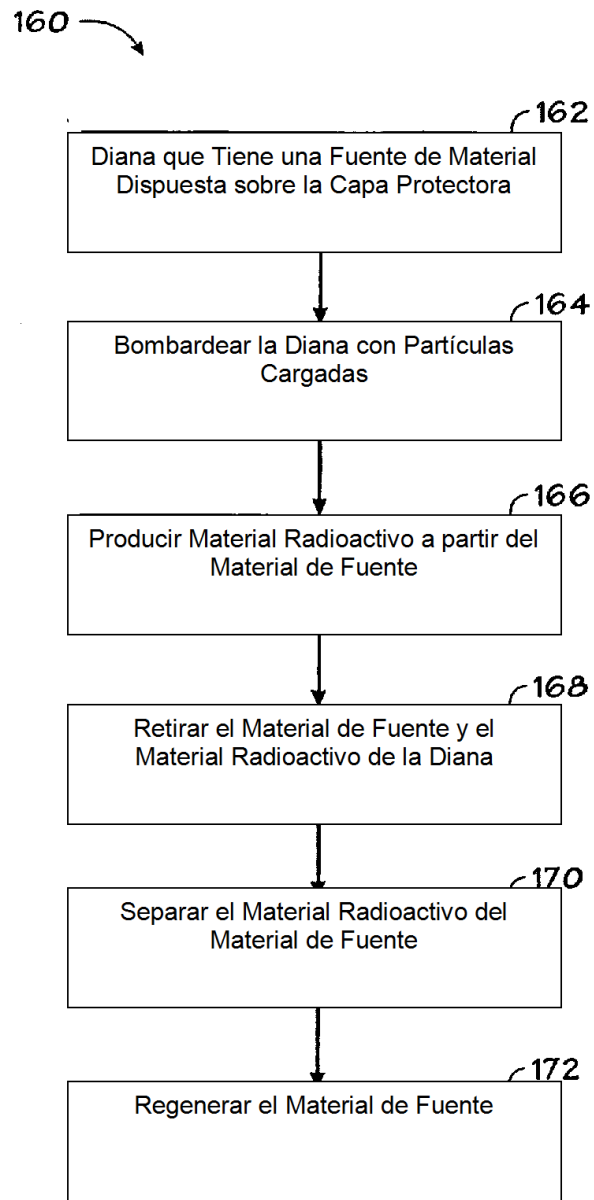


FIG. 9

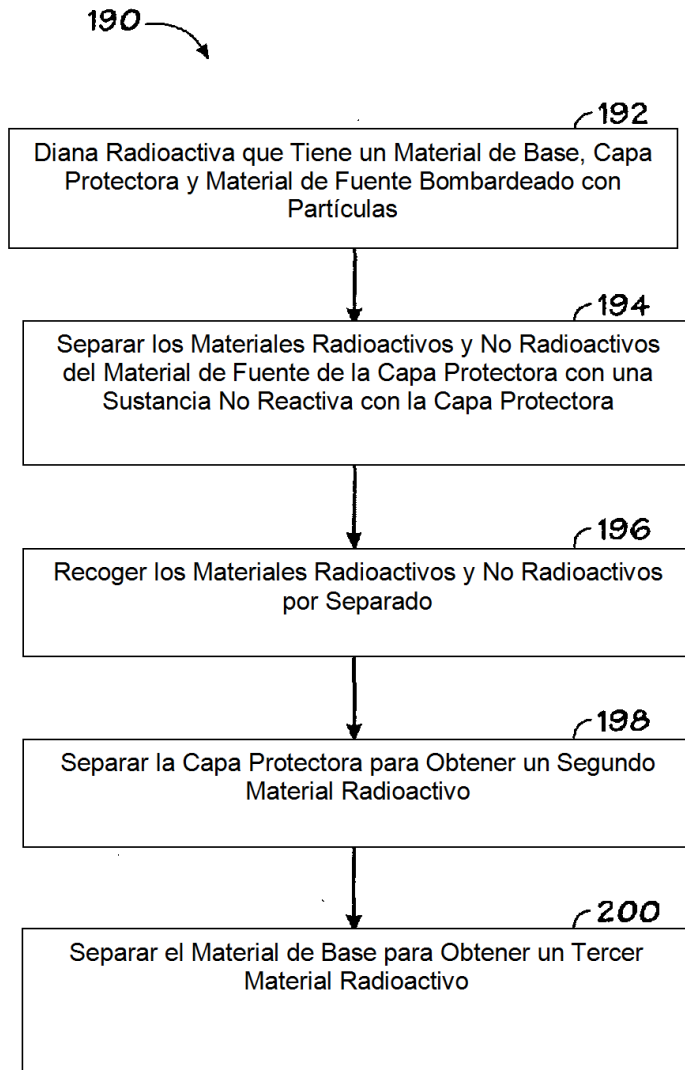


FIG. 10

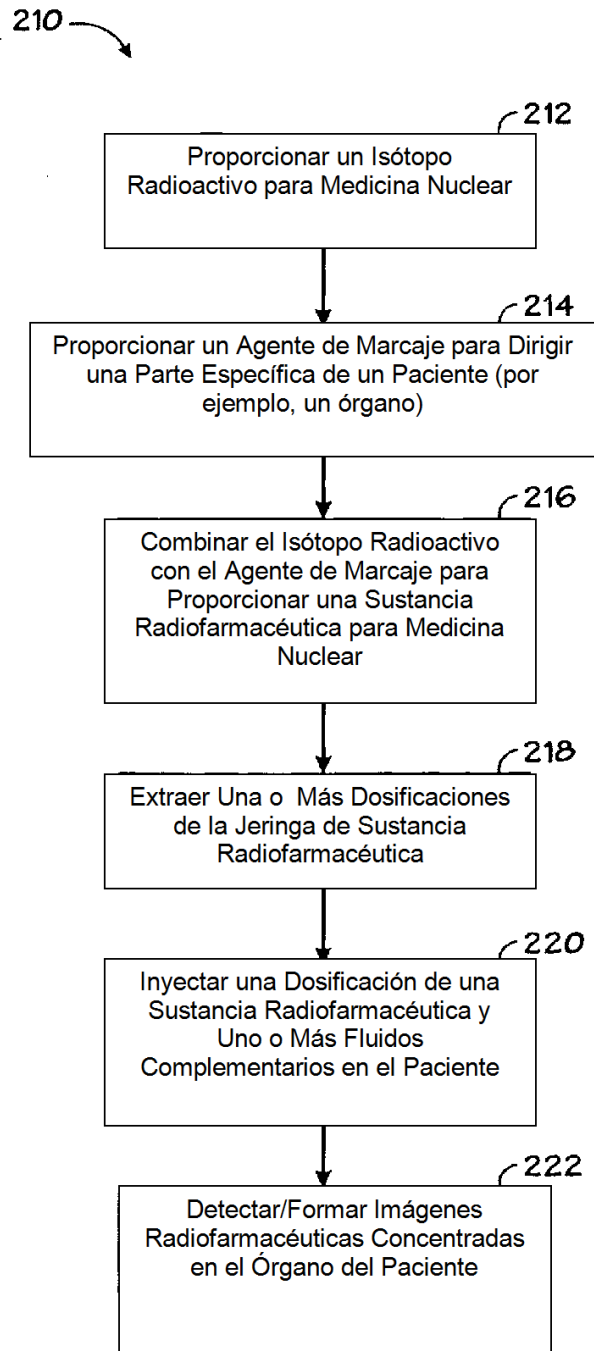


FIG. 11

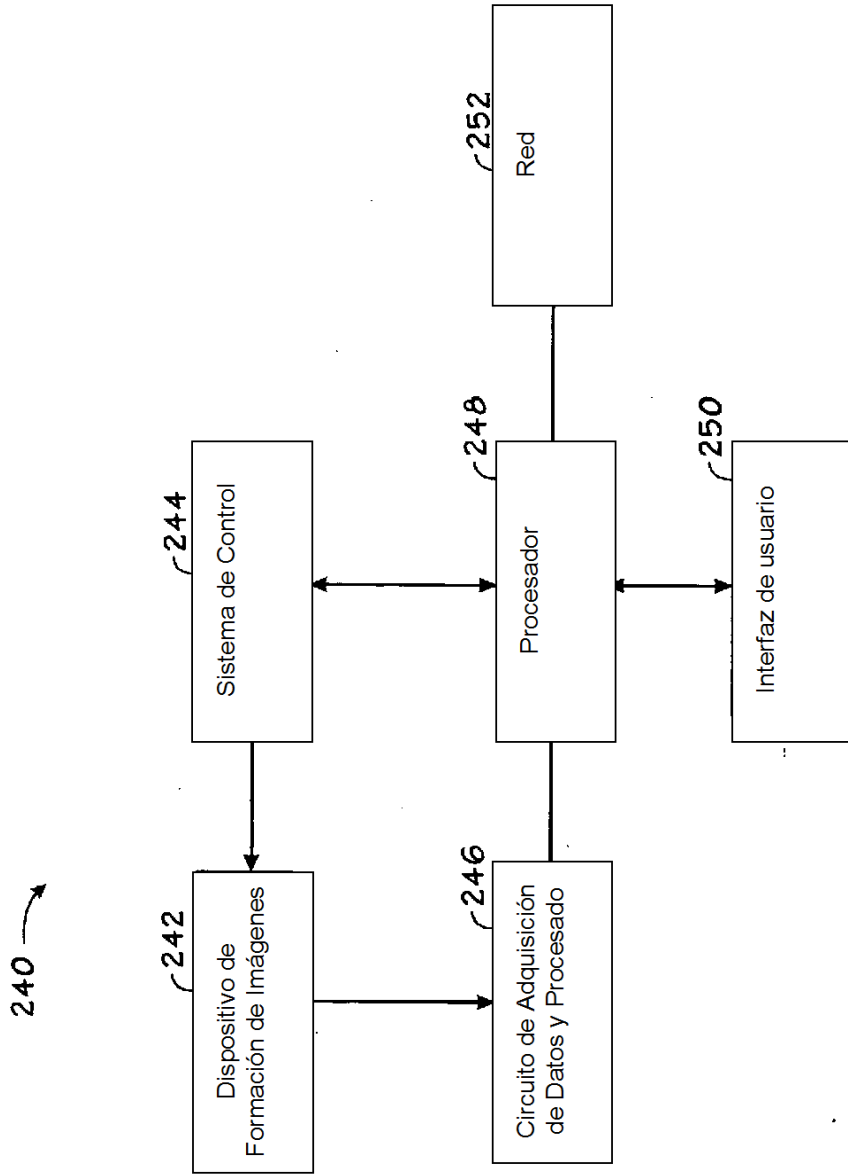


FIG. 12