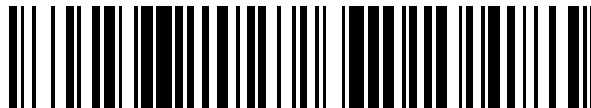


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 769**

51 Int. Cl.:

H05H 7/12 (2006.01)

H05H 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.08.2010 PCT/EP2010/062110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.02.2011 WO11020882**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.08.2010 E 10745594 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.07.2017 EP 2468080**

54 Título: **Dispositivo de hiperfrecuencias de aceleración de electrones**

30 Prioridad:

21.08.2009 FR 0904023

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

13.11.2017

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

SIERRA, SERGE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 641 769 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

Dispositivo de hiperfrecuencias de aceleración de electrones

La invención se refiere a un acelerador de electrones de radiofrecuencia para dispositivo de inspección de contenedores.

5 Los sistemas de inspección de contenedores tales como aquellos transportados por camión, o por barco utilizan una fuente de radiación de fotones de alta energía.

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de un dispositivo 10 de inspección de contenedores, del estado de la técnica, remolcado por un tractor 12.

10 El dispositivo de inspección de la figura 1 incluye esencialmente, un acelerador 20 de electrones de radiofrecuencia que inciden en un objetivo 22 que proporciona a su vez una radiación 26 de fotones de alta energía que barren verticalmente un lado del contenedor 10. El acelerador es excitado por una fuente 28 de hiperfrecuencia a una frecuencia f_0 .

15 Un detector 30 colocado al otro lado del contenedor proporciona una imagen de una franja vertical del contenido del contenedor. El desplazamiento del contenedor 10 mediante el tractor 12 en un sentido 32 permite obtener una imagen completa del contenido en toda la longitud del contenedor. El contenedor arrastrado por el camión y el detector pueden desplazarse también en un movimiento relativo entre ellos.

Otros sistemas incluyen unas fuentes de irradiación perpendiculares en un mismo plano de inspección y dos detectores asociados para proporcionar una imagen en (pseudo) tres dimensiones del contenido del contenedor.

20 En este tipo de sistema de inspección de contenedores, el acelerador de radiofrecuencia es un acelerador lineal o LINAC, por LINear ACcelarator en inglés, la trayectoria de los electrones es siempre rectilínea, el campo eléctrico de aceleración de los electrones es de alta frecuencia.

Las fuentes de alta frecuencia utilizadas son casi siempre unos klistrones o unos magnetrones. Los electrones se aceleran en el LINAC por impulsos de alta frecuencia sucesivos convenientemente sincronizados. Al pasar el haz por una serie de cavidades en las que reina un campo eléctrico alterno podrá alcanzar una energía de algunos MeV.

25 Los sistemas actuales de inspección de contenedores permiten realizar bajo la forma de una serie de pulsos de energía, o bien unas irradiaciones de fotones de energía constante, o bien unas irradiaciones con cambios de energía por "paquetes" es decir unos cambios de energía en unas largas duraciones con relación a un impulso de energía.

30 Los cambios de energía en los aceleradores lineales del estado de la técnica se basan o bien sobre unos desfases de intersección, o bien sobre unas derivaciones mecánicas que permiten cortocircuitar las cavidades aceleradoras al final de la sección. Para un intervalo moderado de variación de energía, el control de la corriente, del haz (beam loading en inglés) o una reducción moderada de la potencia de las radiofrecuencias (RF) permiten cambiar la energía de los electrones a la salida del LINAC pero en un intervalo restringido, típicamente un factor de dos entre la energía mínima y la energía máxima.

35 Las figuras 2a y 2b representan la energía de los electrones según dos técnicas de aceleración por impulsos del estado de la técnica que utilizan un acelerador de radiofrecuencia de frecuencia f_0 .

La figura 2a muestra la energía de los electrones en la forma de una serie de impulsos de amplitud L y de energía E constante de un impulso a otro durante un cierto tiempo.

40 La figura 2b muestra la energía de los electrones en la forma de paquetes sucesivos P1, P2 de impulsos de la misma amplitud L. La energía de los impulsos de cada paquete es la misma es decir E1 para los impulsos del paquete P1 y E2 para los impulsos del paquete P2.

De manera conocida, la energía de los fotones radiada por el objetivo, expresada en MV, está directamente vinculada a la energía de los electrones, expresada en MeV, a la salida del dispositivo de radiofrecuencia de aceleraciones que impactan en dicho objetivo.

45 El documento US 2002/0122531 describe un acelerador de partículas lineal que puede funcionar según varios modos de resonancia distintos que permiten proporcionar dos niveles de energía distintos.

50 En el sistema del estado de la técnica es necesario cierto tiempo T_r de latencia para pasar unos impulsos de la energía E1 a impulsos de energía E2 lo que representa un inconveniente para el dispositivo de inspección. Este tiempo de latencia T_r se debe, en los LINAC de conmutación del estado de la técnica, al tiempo de conmutación mecánica de las derivaciones para cortocircuitar ciertos elementos de una de las cavidades del LINAC con el fin de hacer variar el campo eléctrico en las cavidades.

En los LINAC de dos secciones en cascada del estado de la técnica el tiempo de latencia T_r se debe al tiempo necesario para el cambio de fase en la sección de salida de los motores controlados por un dispositivo de cambio de energía.

5 Por otro lado, el documento US 4.006.422 describe un acelerador de electrones que hace circular los electrones en un sentido y posteriormente en el sentido opuesto en el acelerador. El nivel de energía a la salida 40 del acelerador de electrones se modifica o bien por el desplazamiento del reflector 39 con relación a la estructura 30 o bien por la modificación del campo magnético en dicho reflector.

En los sistemas actuales de inspección de contenedores, se busca obtener un intervalo de variación de la energía radiada cada vez mayor con el fin de aumentar la precisión de la identificación del contenido de un contenedor.

10 La solicitud actual conduce a orientarse hacia unos sistemas de inspección que permiten hacer unas radiaciones en las que la energía se cambia de un impulso a otro.

Para obtener una mayor precisión de identificación del contenido de un contenedor en los sistemas de inspección de contenedores, la invención propone un dispositivo de hiperfrecuencia de aceleración de electrones según la reivindicación 1.

15 Ventajosamente el generador de radiofrecuencias incluye un klistrón funcionando como amplificador de hiperfrecuencia y un oscilador local OL, siendo atacada la entrada de hiperfrecuencia del klistrón por una salida de hiperfrecuencia del oscilador local que incluye la entrada de control en frecuencia de la señal de hiperfrecuencia de excitación Ufr, siendo aplicada la salida de potencia del klistrón a la entrada de la señal de hiperfrecuencia de excitación de la estructura de hiperfrecuencia.

20 En una realización, el cañón de electrones incluye una rejilla de control de la corriente del haz de electrones.

En otra realización, la unidad central UC incluye una salida de control que proporciona a la rejilla del cañón una tensión U_c de control de la corriente del haz de electrones.

En otra realización, el generador de radiofrecuencias incluye una entrada de control del nivel de la señal de hiperfrecuencia de excitación Urf controlada por la unidad central UC.

25 En otra realización, la señal de excitación Urf se aplica a la tercera cavidad de la serie de las n cavidades C1, C2,... Ci,... Cx,... Cn acopladas, siendo la primera cavidad de la serie aquella más próxima al cañón de electrones.

En otra realización, la estructura de hiperfrecuencia de aceleración de electrones incluye 40 a 50 cavidades, estando n comprendido entre 40 y 50, funcionando a una frecuencia central de 3 GHz, siendo la variación de la frecuencia central f_0 del generador de radiofrecuencia que ataca a la estructura de hiperfrecuencia del orden de 1 MHz, variando la frecuencia F_v entre $F_v = f_0 \pm 500 \text{ kHz}$, para obtener las variaciones máximas de energía E1, E2, E3,... Ey,... de los respectivos impulsos I1, I2, I3,... Iy,... comprendidas entre 3 y 25 MeV.

30

En una realización, la unidad central se configura para proporcionar una duración L de un impulso I_y comprendido entre 3 y 4 microsegundos.

35 La invención es aplicable a un dispositivo de inspección de contenedores que incluye un dispositivo de hiperfrecuencia de aceleración de electrones según la invención.

La invención se refiere también a un procedimiento para la implementación de un dispositivo de hiperfrecuencia de aceleración de electrones según la reivindicación 11.

40 En una realización, el cañón de electrones incluye una rejilla de control de la corriente del haz de electrones, el procedimiento consiste además en controlar la corriente del haz de electrones para controlar los electrones a la salida de la estructura de hiperfrecuencia.

45 La solución original propuesta por la invención permite obtener unas variaciones de la energía a la salida del acelerador lineal en unas proporciones mucho mayores que las obtenidas por los dispositivos de aceleración de electrones del estado de la técnica. Esta solución propuesta consiste en hacer variar la frecuencia RF de trabajo real del acelerador vinculada eventualmente a los otros parámetros de control de la energía tales como el nivel de la corriente del haz y la potencia de RF en el LINAC.

La variación de energía por variación de la frecuencia de la señal de RF inyectada en el LINAC se tiene en cuenta en la concepción de la sección aceleradora con el fin de permitir su optimización.

50 Para ello la entrada de RF debe ser disimétrica sobre la sección de las cavidades del lado del cañón. En ondas estacionarias, el efecto se acentúa, de modo que variando la frecuencia con relación a la frecuencia central f_0 , puede obtenerse una amplia gama de energías (típicamente se obtiene un factor de 8 en ciertos aceleradores médicos).

En consecuencia añadiendo el principio de variación de frecuencia del acelerador a una fuente de RF que permite un cambio de frecuencia de impulso a impulso (típicamente un klistrón en el que la frecuencia de trabajo se cambia por medio de su control de RF) es posible obtener un entrelazado de modos de energía que cubren una vasta gama de energías.

- 5 Además si este sistema se asocia a un cañón de electrones cuya emisión puede modificarse de impulso a impulso se obtiene entonces la posibilidad de variación de energía y de dosis (o al contrario el mantenimiento de ésta) para cada impulso de energía.

La invención se comprenderá mejor con la ayuda de un ejemplo de realización de un dispositivo de hiperfrecuencia de aceleración según la invención, con referencia a los dibujos relacionados en los que:

- 10 - la figura 1, ya descrita, muestra una vista en perspectiva de un ejemplo de realización de un dispositivo de inspección de contenedores, del estado de la técnica;
 - las figuras 2a y 2b, ya descritas, representan la energía irradiada según dos técnicas de irradiación por impulsos del estado de la técnica;
 15 - la figura 3a representa un ejemplo de realización de un dispositivo de aceleración de electrones de radiofrecuencias según la invención;
 - la figura 3b muestra un gráfico que representa la variación del campo de aceleración de los electrones a lo largo de la estructura de hiperfrecuencia del dispositivo de aceleración de la figura 3a;
 - la figura 4 representa la energía de los electrones en la salida del dispositivo de hiperfrecuencia de la figura 3; y
 20 - la figura 5 muestra el intervalo de separación de la frecuencia F_v de la señal de excitación del dispositivo de la figura 3a.

La figura 3a representa un ejemplo de realización de un dispositivo de aceleración de electrones de radiofrecuencia según la invención.

- 25 El dispositivo de la figura 3a incluye esencialmente un cañón 50 de electrones que tiene un cátodo 52 que proporciona un haz 54 de electrones en una estructura 60 de hiperfrecuencia bajo vacío, de tipo klistrón, que forma un acelerador de radiofrecuencias lineal de electrones (sección aceleradora), según un eje longitudinal ZZ'.

La estructura 60 de hiperfrecuencia, de forma longitudinal según el eje ZZ', incluye dos extremos 62, 64 opuestos y entre estos dos extremos una serie de n cavidades C1, C2,... Ci,... Cx,... Cn, alineadas a lo largo del eje longitudinal ZZ' formando un LINAC, siendo x el orden de la cavidad en la serie de las n cavidades. Una cavidad Cx de la serie se acopla a la precedente Cx-1 y a la siguiente Cx+1. Las cavidades presentan una frecuencia de resonancia f_0 .

- 30 Uno de los extremos 62 de la estructura de hiperfrecuencia incluye, en el lado de la primera cavidad C1 de la serie de n cavidades, una entrada 66 del haz 54 de electrones emitido por el cañón 50 de electrones. El otro extremo 64, en el lado de una última cavidad Cn de dicha serie, incluye una salida 68 de electrones del haz acelerados.

Los electrones acelerados en la salida del LINAC están destinados a chocar contra un objetivo 70 que proporciona unos fotones 72 de alta energía para la irradiación del contenedor a inspeccionar.

- 35 La estructura 60 de hiperfrecuencia incluye una entrada 74 de radiofrecuencia de excitación, a la altura de una de las cavidades Ci de la serie de las n cavidades, próxima a la entrada 66 del haz de electrones.

- 40 La cavidad próxima al extremo 62 de la estructura de hiperfrecuencia en el lado del cañón de electrones por la que se aplica una señal de excitación de radiofrecuencia es una cavidad de entrada Ci elegida entre la primera cavidad C1, es decir $x=1$, y una cavidad Ci de orden $x=n/3$. La cavidad de entrada Ci es por tanto una cavidad del primer tercio de la serie de las n cavidades desde el lado del cañón de electrones.

Por ejemplo, la entrada 74 de radiofrecuencia de excitación puede realizarse por la tercera cavidad C3 ($x=3$) en una estructura que incluye 40 a 50 cavidades.

- 45 De manera conocida el haz 54 de electrones se enfoca sobre el eje ZZ' de la estructura de hiperfrecuencia mediante un dispositivo de imanes permanentes o de solenoides, no representados en la figura, que rodean dicha estructura. El haz 54 de electrones puede autoenfocarse también por la RF en sí misma.

- 50 En este ejemplo de realización de la figura 3a, el dispositivo de aceleración incluye un klistrón 80 de hiperfrecuencia KLY que funciona como amplificador de hiperfrecuencia atacado por una entrada 81 de RF por la salida de RF de un oscilador 82 local OL de frecuencia central f_0 pudiendo ser controlado en frecuencia F_v alrededor de esta frecuencia central f_0 . Con este fin, el oscilador OL local incluye una entrada 78 de control en frecuencia para hacer variar su frecuencia central f_0 .

El klistrón 80 proporciona, en una salida de RF, según una característica principal de la invención, una señal de hiperfrecuencia de excitación U_{rf} de la cavidad de entrada Ci próxima a la entrada 66 del haz de electrones a la frecuencia de excitación F_v .

La energía de los electrones a la salida de la estructura de hiperfrecuencia puede cambiarse en un gran intervalo de

energías por la variación de frecuencia F_v a la salida del generador 76 de RF.

La figura 3b muestra un gráfico que representa la variación del campo de aceleración de los electrones a lo largo de la estructura de hiperfrecuencia del dispositivo de aceleración de la figura 3a.

5 El gráfico de la figura 3b incluye, en ordenadas el valor de la envolvente del campo de aceleración y, en abscisas, la posición P considerada a lo largo de la estructura 60 de hiperfrecuencia del acelerador de electrones. Esta posición P se localiza por la posición de la cavidad en la estructura de hiperfrecuencia que varía desde la primera cavidad C1 a la última cavidad Cn.

10 El gráfico de la figura 3b muestra tres curvas correspondientes a las variaciones del campo de aceleración E a lo largo de la estructura de hiperfrecuencia para la frecuencia central f_0 y para dos desviaciones alrededor de la frecuencia central f_0 en la salida del klistrón 80 que ataca la cavidad entrada Ci.

El campo de aceleración es máximo en la proximidad de la entrada 66 de la estructura de hiperfrecuencia.

Para una frecuencia en la salida del klistrón 80 igual a la frecuencia central f_0 , la envolvente del campo en función de la posición P es sustancialmente constante a lo largo de la estructura de hiperfrecuencia. La energía de los electrones en la salida 68 de la estructura es por tanto máxima (E1).

15 Para la frecuencia del klistrón que se desvía en un primer valor Δf_1 de la frecuencia central f_0 , es decir $F_{v1}=f_0+\Delta f_1$, la envolvente del campo en función de la posición P disminuye, la energía de los electrones a la salida 68 de la estructura de hiperfrecuencia es entonces E2 inferior a E1.

20 Para una frecuencia del klistrón que se desvíe con un segundo valor Δf_2 mayor que Δf_1 de la frecuencia central f_0 , es decir $F_{v2}=f_0+\Delta f_2$, la envolvente del campo en función de la posición P disminuye más rápidamente que en el caso anterior, la energía de los electrones a la salida de la estructura es entonces E3 inferior a E2.

El dispositivo de aceleración de electrones según la invención permite obtener una dinámica (E1 a E3) de variaciones de energía a la salida de la estructura de hiperfrecuencia, mediante la variación de la frecuencia central f_0 , del orden típicamente de 3 a 25 MeV para una variación de frecuencia del orden de los megahercios.

25 El dispositivo de hiperfrecuencia de aceleración de electrones incluye, además, una unidad 90 central UC configurada para controlar la variación de energía de los electrones a la salida de la estructura de hiperfrecuencia.

La figura 4 representa la energía de los electrones a la salida del dispositivo de hiperfrecuencia de la figura 3.

30 En este ejemplo de realización, la energía de los electrones a la salida de la estructura 60 de hiperfrecuencia está bajo la forma de una serie de impulsos I1, I2, I3,... Iy,... de energía respectiva E1, E2, E3,... Ey,... con este fin, la frecuencia del generador de radiofrecuencia es controlada por la unidad central UC para cambiar la frecuencia F_v en sincronismo con dichos impulsos I1, I2, I3,... Iy,... de energía.

Los electrones del haz acelerados, a la salida 68 de la estructura de hiperfrecuencia golpean contra el objetivo 70 con una energía de impulso variable en función de la frecuencia F_v de la señal de hiperfrecuencia aplicada por el klistrón a la estructura. El objetivo irradia a su vez unos fotones 72 de energía función de la energía de los electrones incidentes.

35 La figura 4 muestra la energía E1, E2, E3,... Ey,... de los electrones que impactan en el objetivo 70 para cada impulso respectivo I1, I2, I3,... Iy,... de energía a la salida de la estructura de hiperfrecuencia en función del tiempo t.

La energía E1, E2, E3,... Ey,... de los electrones puede controlarse a un valor deseado para cada uno de los impulsos sucesivos I1, I2, I3,... Iy,... mediante un cambio de la frecuencia F_v del oscilador local en cada impulso.

40 La frecuencia del oscilador 82 local OL se controla por la unidad central UC para cambiar la frecuencia F_v en sincronismo con dichos impulsos de energía, una frecuencia F_{vy} del oscilador local y por tanto de la señal de hiperfrecuencia de excitación proporcionada por el klistrón produce una energía Ey del impulso Iy respectivo en la salida de la estructura de hiperfrecuencia de aceleración. Con este fin, la unidad central UC incluye una salida 92 de control que proporciona una señal de control Cf de la frecuencia F_v a la entrada 78 de control en frecuencia del oscilador 82 local OL.

45 Dos impulsos de energía consecutivos Iy, I(y+1) están separados por un periodo de tiempo Tn de energía nula obtenido, o bien mediante unas acciones de interrupción de la corriente del haz, o bien por la interrupción de la excitación de RF del klistrón KLY o bien por las dos acciones.

50 La interrupción de la excitación de RF está controlada por la unidad central UC. Con este fin, la unidad central UC incluye una salida 94 de control que ataca una entrada 96 del oscilador local LO para interrumpir el nivel de la RF de ataque del klistrón y en consecuencia el nivel de la señal de hiperfrecuencia de excitación Urf.

En un ejemplo de realización del dispositivo de aceleración según la invención, la estructura de hiperfrecuencia de

aceleración incluye 40 a 50 cavidades (n comprendido entre 40 y 50) que funcionan a una frecuencia central de 3 GHz. La variación de la frecuencia central f_0 del generador de radiofrecuencia que ataca la estructura de hiperfrecuencia (LINAC) es del orden de 1 MHz, es decir $F_v = f_0 \pm 500$ kHz, para obtener las variaciones máximas de la energía de los impulsos y pudiendo estar comprendidas entre 3 y 25 MeV.

5 La duración L de un impulso es del orden de 3 a 4 microsegundos.

La excitación del LINAC se efectúa por la tercera cavidad C3.

La figura 5 muestra el intervalo de variación de frecuencia F_v de la señal de excitación del dispositivo de la figura 3 alrededor de la frecuencia central f_0 entre una frecuencia máxima $F_{v\text{máx}}$ y una frecuencia mínima $F_{v\text{mín}}$.

10 En otras realizaciones, el generador 76 de radiofrecuencia puede ser un magnetrón controlado en frecuencia por la unidad central UC.

El dispositivo de aceleración de electrones según la invención permite cambiar la energía de los electrones, y por tanto la energía irradiada por el objetivo, de un impulso al siguiente con una gran rapidez, mucho mayor que la de los dispositivos de conmutación mecánica del estado de la técnica, por tanto sin tiempo de latencia T_r .

15 En una variante de realización del dispositivo según la invención, el cañón de electrones incluye una rejilla 100 de control de la corriente del haz de electrones. La unidad central UC incluye una salida 110 de control que proporciona a la rejilla 100 una tensión de control U_c de dicha corriente del haz.

20 El control de la corriente del haz permite adaptar, mediante el control de los electrones enviados sobre el objetivo 70 a la salida de la estructura de hiperfrecuencia, la dosis de radiación (expresada en julios/kilogramo) de fotones emitidos por dicho objetivo y esto cualquiera que sea el nivel de energía de los electrones que impactan en el objetivo.

El control de la corriente del haz permite, por ejemplo, mantener una dosis de radiación constante cualquiera que sea el nivel de energía de los electrones durante unos impulsos.

25 En el caso del dispositivo de inspección de contenedores la utilización de un dispositivo de aceleración según la invención de ese tipo de energía variable muy rápidamente y en unas proporciones grandes y entrecruzadas permite la detección más fina con una mayor resolución de los detalles del contenido del contenedor. Además, permite un gran espectro de análisis de los elementos irradiados con la posibilidad de detectar la familia de materiales definidos por su número atómico.

El dispositivo no es limitativo de la aplicación industrial de inspección de contenedores, puede utilizarse también en el campo médico y particularmente en radioterapia.

30

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de hiperfrecuencias de aceleración de electrones que incluye:

- un cañón (50) de electrones que proporciona un haz (54) de electrones según un eje ZZ',
- una estructura (60) de hiperfrecuencia de aceleración de los electrones del haz proporcionado por el cañón de electrones, teniendo la estructura de hiperfrecuencias, según el eje ZZ', dos extremos opuestos (62, 64), incluyendo uno de los extremos (62) del lado del cañón de electrones una entrada (66) del haz de electrones, incluyendo el otro extremo (64) una salida (68) de los electrones acelerados del haz, entre los dos extremos de la estructura de hiperfrecuencias, una serie de n cavidades C1, C2,... Ci,... Cx,... Cn acopladas, según dicho eje ZZ', de frecuencia central de resonancia f0, siendo x el orden de la cavidad en la serie de las n cavidades, estando la primera cavidad C1 de la serie de las n cavidades del lado del extremo (62) del cañón de electrones, teniendo la estructura de hiperfrecuencia, además, una entrada (74) de señal de hiperfrecuencias de excitación Urf por una cavidad de entrada Ci que forma parte de la serie de las n cavidades,
- un generador (76) de radiofrecuencias controlable en frecuencia Fv que incluye, una entrada (78) de control de frecuencia, una salida de hiperfrecuencia que proporciona la señal de hiperfrecuencias de excitación Urf a la frecuencia Fv a la entrada (74) de señal de hiperfrecuencias de la estructura de hiperfrecuencia,
- una unidad (90) central UC que proporciona una señal de control de la frecuencia Fv a la entrada (78) de control de frecuencia del generador (76) de radiofrecuencia,

estando configurada la unidad central UC para controlar al menos la frecuencia Fv del generador (76) de radiofrecuencias alrededor de la frecuencia central de resonancia f0 para proporcionar a la salida (68) de la estructura (60) de hiperfrecuencias una serie de impulsos I1, I2, I3,... Iy,... de electrones acelerados de niveles de energía E1, E2, E3,... Ey,... respectivos variable de un impulso ly al siguiente l(y+1), siendo y el orden del impulso en la serie de impulsos, produciendo una frecuencia Fvy de la señal de excitación Urf durante un impulso ly una energía Ey de los electrones acelerados a la salida de la estructura de hiperfrecuencias, **caracterizado porque** la cavidad de entrada es una cavidad próxima al extremo (62) de la estructura de hiperfrecuencias en el lado del cañón de electrones y se elige entre la primera cavidad C1, es decir x=1, y una cavidad Ci de orden x=n/3.

2. Dispositivo de hiperfrecuencias según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el generador (76) de radiofrecuencias incluye un klistrón (80) que funciona como amplificador de hiperfrecuencias y un oscilador (82) local OL, siendo atacada la entrada de hiperfrecuencias del klistrón por una salida de hiperfrecuencias del oscilador local que incluye la entrada (78) de control de frecuencia de la señal de hiperfrecuencias de excitación Urf, siendo aplicada la salida de potencia del klistrón (80) a la entrada (74) de señal de hiperfrecuencias de excitación de la estructura de hiperfrecuencias.

3. Dispositivo de hiperfrecuencias según una de las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el cañón (50) de electrones incluye una rejilla (100) de control de la corriente del haz de electrones.

4. Dispositivo de hiperfrecuencias según la reivindicación 3, **caracterizado porque** la unidad (90) central UC incluye una salida (110) de control que proporciona a la rejilla (100) del cañón una tensión Uc de control de la corriente del haz de electrones.

5. Dispositivo de hiperfrecuencias según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el generador (76) de radiofrecuencias incluye una entrada (96) de control del nivel de la señal de hiperfrecuencias de excitación Urf controlada por la unidad central UC.

6. Dispositivo de hiperfrecuencias según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la señal de excitación Urf se aplica a la tercera cavidad (C3) de la serie de las n cavidades C1, C2,... Ci,... Cx,... Cn acopladas, siendo la primera cavidad (C1) de la serie aquella más próxima del cañón (50) de electrones.

7. Dispositivo de hiperfrecuencias según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque**, la estructura (60) de hiperfrecuencia de aceleración de electrones incluye 40 a 50 cavidades, es decir n comprendido entre 40 y 50, funcionando a una frecuencia central de 3 GHz, siendo la variación de la frecuencia central f0 del generador (76) de radiofrecuencias que ataca la estructura de hiperfrecuencias del orden de 1 MHz, variando la frecuencia Fv entre $Fv = f0 \pm 500 \text{ kHz}$, para obtener las variaciones máximas de la energía E1, E2, E3,... Ey,... de los respectivos impulsos I1, I2, I3,... Iy,... comprendidas entre 3 y 25 MeV.

8. Dispositivo de hiperfrecuencias según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque** la unidad central UC está configurada para proporcionar una duración L de un impulso ly comprendida entre 3 y 4 microsegundos.

9. Dispositivo de inspección de contenedor **caracterizado porque** incluye un dispositivo de hiperfrecuencias de aceleración de electrones según una de las reivindicaciones 1 a 8.

10. Procedimiento para la implementación de un dispositivo de hiperfrecuencias de aceleración de electrones según una de las reivindicaciones 1 a 8, que incluye al menos la etapa de:

5 cambiar la frecuencia F_v del generador de radiofrecuencias alrededor de la frecuencia central de resonancia f_0 para proporcionar a la salida (68) de la estructura (60) de hiperfrecuencias una serie de impulsos $I_1, I_2, I_3, \dots I_y, \dots$ de electrones acelerados de niveles de energía $E_1, E_2, E_3, \dots E_y, \dots$ respectivas variables de un impulso I_y al siguiente $I_{(y+1)}$, siendo y el orden del impulso en la serie de impulsos, produciendo una frecuencia F_{vy} de la señal de excitación U_{rf} durante un impulso I_y una energía E_y de los electrones acelerados a la salida de la estructura de hiperfrecuencias.

10 11. Procedimiento para la implementación de un dispositivo de hiperfrecuencias de aceleración de electrones según la reivindicación 10, incluyendo el cañón (50) de electrones una rejilla (100) de control de la corriente del haz de electrones, **caracterizado porque** consiste además en controlar la corriente del haz de electrones para controlar los electrones a la salida de la estructura de hiperfrecuencias.

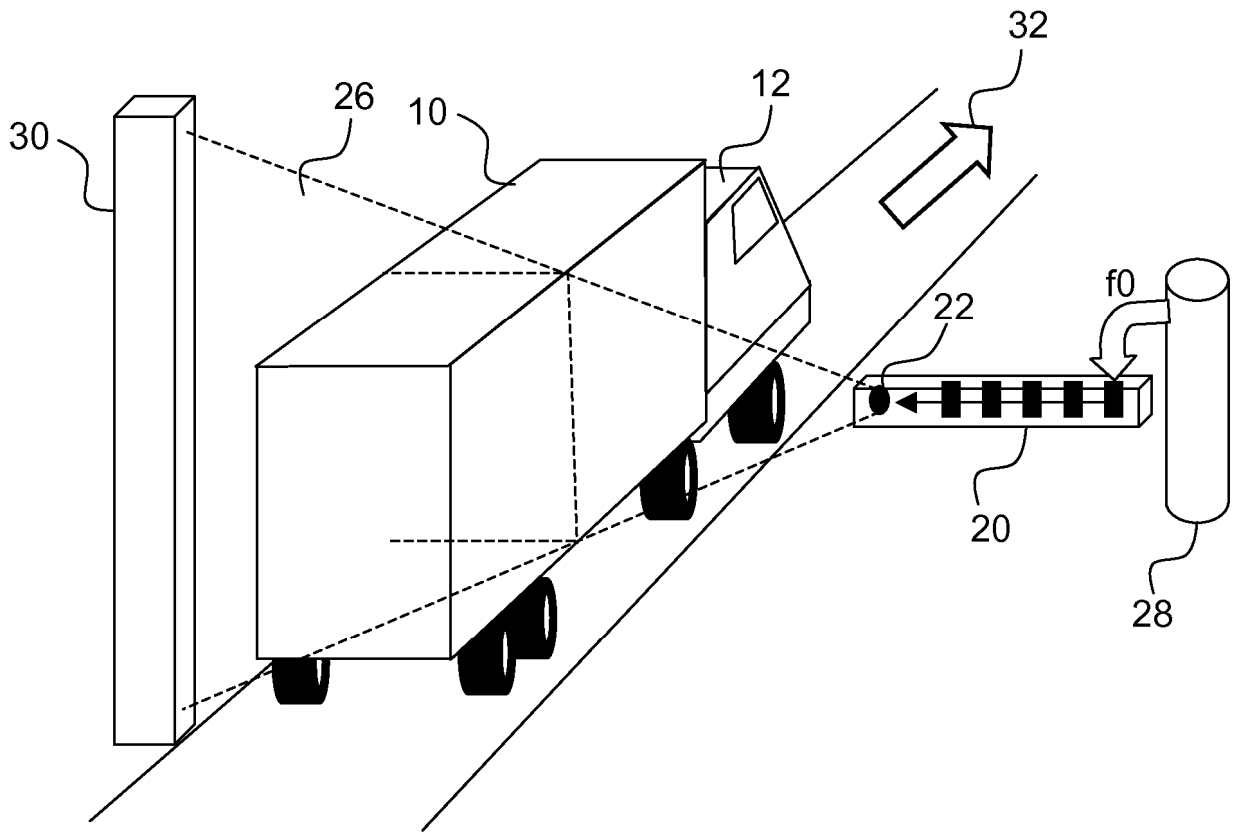


FIG.1

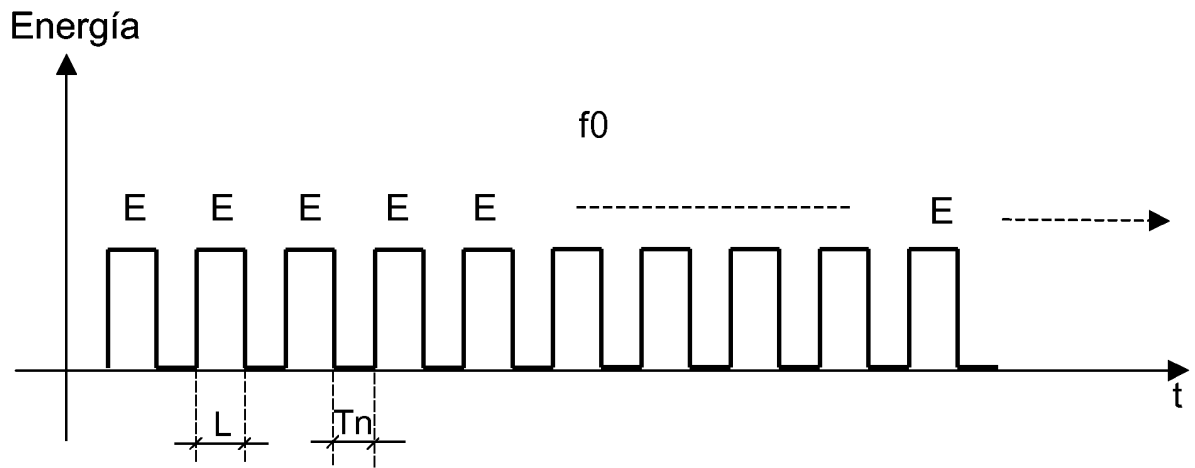


FIG.2a

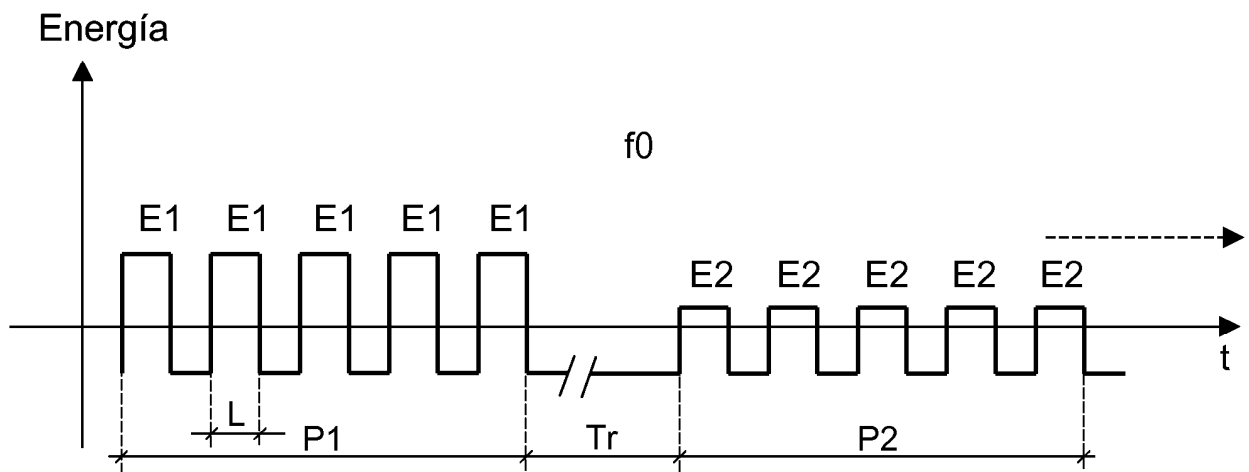


FIG.2b

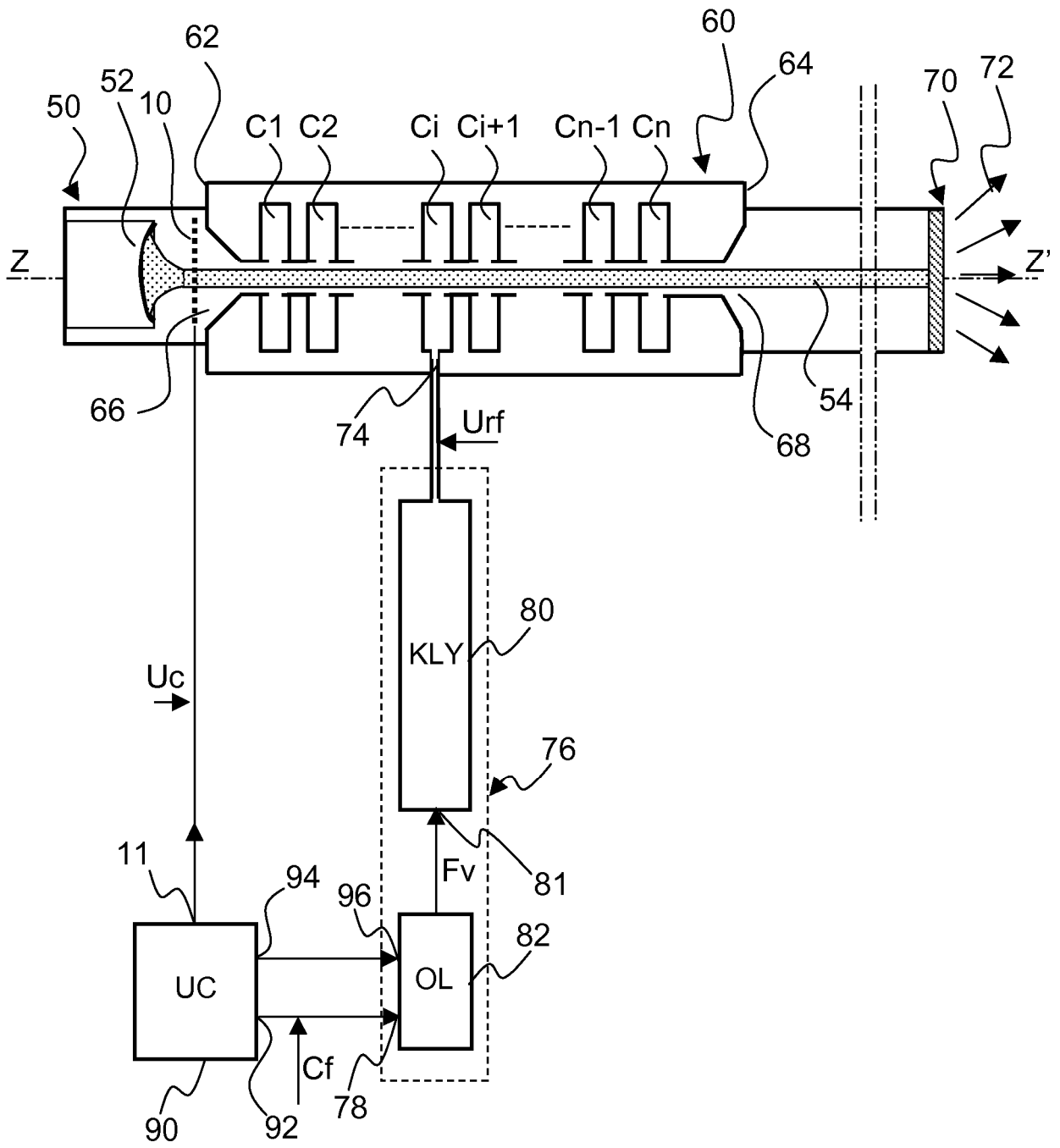


FIG.3a

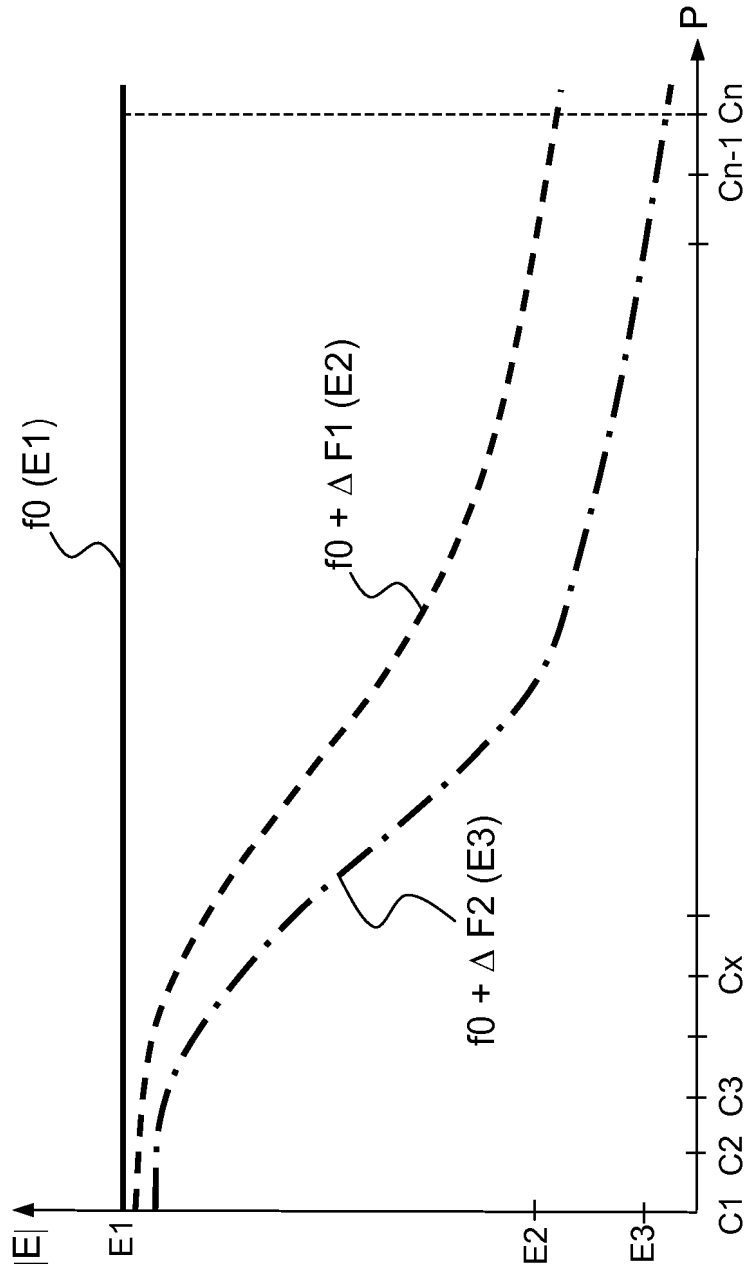


FIG.3b

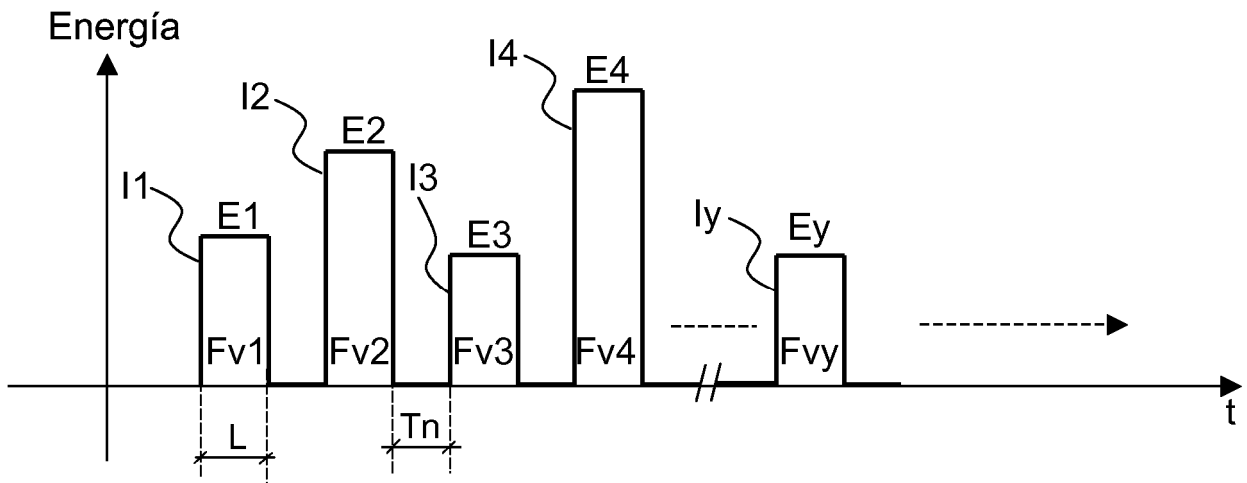


FIG.4

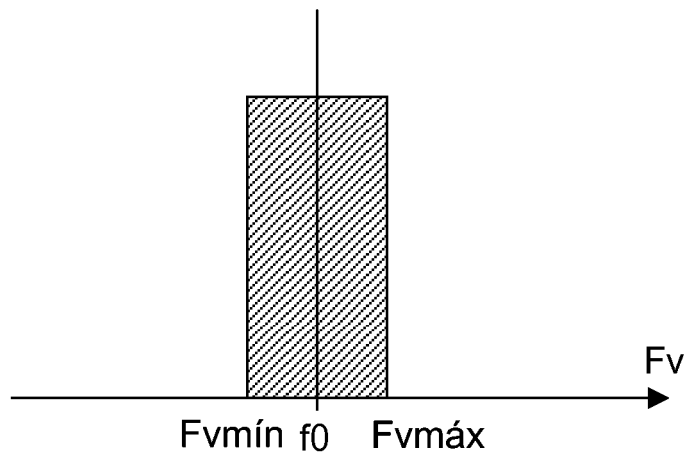


FIG.5