

28 ENE. 1975

433668

P.- 59.461

JM/CGR 122/SCH

Int. Cl.:

G01T, A61B

MEMORIA DESCRIPTIVA

para solicitar PATENTE DE INVENCIÓN por 20 años

a nombre de COMPAGNIE GENERALE DE RADIOLOGIE

entidad francesa

establecida en 13, Square Max-Hymans, Paris 75015,
Francia

por: "APARATO DE ESCINTIGRAFIA HIBRIDA DE BARRIDO PARA LOCALIZAR RADIACIONES PROCEDENTES DE UN OBJETO "
(Clase Internacional G01t, A61b)

25.1.75

El presente invento se refiere a aparatos de escintigrafía híbrida o de exploración escintigráfica por barrido que permiten especialmente establecer escintigramas de reparto de un radioisótopo introducido en el interior de una parte o de la totalidad del cuerpo humano por medio de un barrido en un sentido longitudinal de éste.

Los dispositivos conocidos de este tipo, descritos, por ejemplo, en un artículo de DAVIS y MARTONE titulado "The Hybrid Radio-Isotope Scanner", páginas 114-127 de la revista americana Journal of Nuclear Medicine, Vol. 7, del año 1966, y en la patente americana número 3.688.113 solicitada el 22 de junio de 1970, comprende esencialmente un colimador que delimita la zona de radiación interesada al nivel de la fuente, un cristal colocado detrás de este colimador y cuya longitud es netamente mayor que la anchura, pudiendo ser su sección transversal circular o rectangular. Las radiaciones que atraviesan el colimador son convertidas en luz por el escintilador bajo la forma de escintilaciones bien localizadas en el volumen de éste. La posición de la escintilación en el sentido de la longitud del cristal es determinada con ayuda de dos fotomultiplicadores colocados, cada uno, en cada extremo del cristal, y que convierten la luz recibida por su fotocátodo en impulso eléctrico.

Debido a que el cristal es considerado, en el sentido de su longitud, como un conducto de luz y posee una atenuación

nuación aproximadamente exponencial de la luz, la suma y la diferencia de los logaritmos de las amplitudes de los impulsos recogidos en los ánodos de los fotomultiplicadores están linealmente ligadas, respecto a la suma, a la amplitud de la escintilación, y respecto a la diferencia, a la posición de la escintilación. Estas magnitudes, amplitud y posición de la escintilación, son fundamentales, porque permiten, la primera, medir la energía de la radiación incidente y, en consecuencia, eliminar las radiaciones parásitas y, la segunda, determinar la distribución de la sustancia radioactiva en el objeto examinado.

La precisión de la determinación de estas magnitudes es, pues, una característica fundamental de este tipo de dispositivo. Esta precisión depende directamente del número N de fotoelectrones emitidos por los fotocátodos de los fotomultiplicadores, por una relación que hace intervenir la inversa de la raíz cuadrada de este número N . Implicando el principio del método descrito en los documentos citados, necesariamente, un proceso de atenuación exponencial de la luz, el número de fotones que alcanzan los fotocátodos es considerablemente reducido con relación al realmente emitido en el curso de la escintilación. Por lo demás, el coeficiente de atenuación exponencial aparece en las fórmulas que dan la variación sobre las medidas en energía y en posición, en función de la posición de escintilación. Esto conduce a una va-

riación de la resolución espacial - precisión de la localización - y de la resolución en energía - precisión de la medida en energía - en función de la posición de la escintilación. En tal aparato, la longitud del cristal está limitada por esta atenuación casi exponencial de la luz a una dimensión generalmente inferior a la anchura de un cuerpo humano.

Todo aparato conocido de este tipo, descrito en la patente francesa 1.524.742 del 29 de mayo de 1967, y que corresponde a la patente americana número 3.509.341, incluye un dispositivo de exploración que comprende esencialmente un conjunto lineal compuesto de varios canales yuxtapuestos, cada uno de los cuales comprende un colimador, un cristal de escintilación, un conducto de luz y un fotomultiplicador. Los cristales están separados uno de otro por superficies reflectantes, para que la luz generada en cada uno de ellos no alimente más que el fotocátodo del fotomultiplicador asociado. Cada uno de los colimadores está focalizado sobre un punto exterior único, de manera que el conjunto proporcione la imagen escintigráfica de varios focos distintos dispuestos sobre una recta paralela al eje del conjunto, a distancias iguales a la anchura de los cristales. Tal dispositivo no permite explorar una parte o la totalidad del cuerpo por medio de un barrido único perpendicularmente a la recta que une los focos, sino que requiere igualmente des-

plazamientos paralelamente a esta recta.

El dispositivo según el presente invento permite evitar los inconvenientes de los diversos dispositivos mencionados más arriba. En este, en efecto, la resolución espacial y la resolución en energía están muy mejoradas y son muy constantes en toda la longitud útil del cristal y, por consiguiente, permite obtener un escintigrama del cuerpo entero por medio de un barrido único paralelamente al cuerpo, porque la longitud del cristal o de una yuxtaposición de varios cristales en longitud, no está limitada.

Según el invento, un aparato de escintigrafía híbrida de barrido para localizar radiaciones procedentes de un objeto y que incluye: una barra escintiladora de forma alargada que transforma radiaciones incidentes en escintilaciones luminosas; un colimador dispuesto en la proximidad de la barra con objeto de transmitir radiaciones a ésta definiendo al nivel del objeto un campo de radiación lineal, paralelo al eje de la barra; y una pluralidad de fotomultiplicadores, cuyos fotocátodos están acoplados a la barra por medio de conductos de luz; dicho aparato está caracterizado esencialmente por el hecho de que dicha barra escintiladora incluye una cara lateral plana y transparente que se extiende en toda su longitud y diferente de la que está próxima al colimador, estando las otras caras laterales de la barra deslustradas y recubiertas de un material que

difunde la luz, por el hecho de que dicha cara transparente está unida por medio de una junta óptica a dicho conducto de luz de forma alargada, cuya cara opuesta a la unida a la cara transparente está unida por medio de juntas ópticas a las fotocátodos de dichos fotomultiplicadores, y por el hecho de que dichos fotomultiplicadores están dispuestos de manera equidistante a lo largo del conducto de luz enfrente de dicha cara transparente de la barra, con el fin de detectar escintilaciones producidas por la barra; incluyendo dicho aparato, además, un circuito de cálculo electrónico clásico que localiza las escintilaciones a lo largo de la barra en función de las señales proporcionadas por el conjunto de dichos fotomultiplicadores.

El invento será mejor comprendido, y otras de sus características y ventajas resaltarán de la descripción que sigue y de los dibujos anejos, dados a título de ejemplos, en los cuales:

La figura 1 representa en perspectiva una barra escintilante de forma alargada utilizable en un aparato conforme al invento;

la figura 2 es un diagrama que representa la cantidad relativa de luz medida en la cara lateral transparente 2 de la barra 1 de la figura 1, en función de la coordenada X paralela al eje de ésta, desplazando un fotomultiplicador a lo largo de esta cara, cuando se produce una escin-

tilación a una distancia X_g de uno de los extremos de la barra 1;

la figura 3 representa en corte longitudinal el conjunto de la cabeza de barrido y, en forma de diagrama funcional simplificado, el circuito de elaboración de los escintigramas;

la figura 4 representa un corte transversal según $\bar{B}\bar{B}$ de la cabeza de barrido;

la figura 5 muestra en perspectiva una pieza conductora de luz 9 de la figura 3;

la figura 6 es el diagrama funcional de un aparato de escintigrafía híbrida conforme al invento, utilizando un primer modo de realización de un circuito de cálculo electrónico de la coordenada;

la figura 7 es el diagrama funcional de un aparato de un segundo modo de realización, en sí conocido, de tal circuito de cálculo.

En la figura 1 se ha ilustrado en perspectiva una barra escintilante 1 formada por un cristal de yoduro de sodio (NaI) activado con talio (Tl) de estructura homogénea. El cristal 1 presenta una longitud L netamente mayor que su anchura W y su altura H y una sección transversal rectangular en el modo de realización ilustrado aquí. Hay que señalar que la sección transversal puede ser igualmente trapezoidal o semicircular; en el primer caso, la cara

de la anchura mayor, y en el segundo, la cara plana, están dispuestas enfrente de los tubos fotomultiplicadores destinados a transformar las escintilaciones luminosas generadas por rayos gamma en impulsos eléctricos y a determinar por medio de un circuito de cálculo la posición de cada escintilación.

El cristal escintilador 1 incluye una cara 2 plana y transparente a la luz que está generalmente en contacto óptico con una placa de protección transparente de un material conductor de luz y otras tres caras 3, 4 y 5 deslustradas y recubiertas de una capa 7 de material que difunde la luz (de color blanco), tal como el óxido de magnesio (MgO) o de aluminio (Al_2O_3).

La figura 2 ilustra la distribución (curva A) de la luz que sale de la cara transparente 2 del cristal 1 y medida con ayuda de un fotomultiplicador (no representado) que tiene un fotocátodo circular cuyo diámetro es próximo a la anchura W del cristal 1, cuando una escintilación 6 es producida por medio de una fuente, constituida por puntos, de rayos gamma y de un colimador (no representado) a una distancia X_s de un extremo ($X = 0$) de la barra 1. Esta distribución, donde el valor A indica la cantidad relativa de luz con relación a su valor máximo, es una curva en forma de campana estrecha y centrada sobre la coordenada X_s de la escintilación. Para efectuar esta medida, el

fotomultiplicador ha sido desplazado a lo largo de la barra 1, paralelamente al eje de ésta. Cuando se interpone un conducto de luz entre la barra 1 y el fotocátodo del fotomultiplicador de medida, con el fin de alejarla de la cara transparente 2, la anchura de la curva A (campana) aumenta en función de la distancia entre la cara 2 y el fotocátodo, porque la cantidad de luz medida por el fotocátodo es proporcional al ángulo sólido de un cono cuyo vértice está localizado en el punto 6 de la excintilación y cuya base está definida por la periferia del fotocátodo. Este ensanchamiento de la curva de distribución puede ser utilizado para asegurar una restitución más lineal de la coordenada X por la combinación de las señales eléctricas proporcionadas por una pluralidad de fotomultiplicadores (véase figura 3) ópticamente acoplados a la cara transparente 2.

En la figura 3, se ilustra en corte longitudinal el conjunto de la cabeza de barrido en un aparato de escintigrafía híbrida que incluye una barra escintiladora descrita más arriba y representada en la figura 1, así como en forma de diagrama funcional simplificado, un circuito de elaboración de escintigramas.

En la figura 4, se ha representado un corte transversal según $\bar{B}\bar{B}$ de la cabeza de barrido de la figura 3.

Esta cabeza de barrido B según el invento comprende una barra escintiladora 1 de la figura 1, de una longitud L

que puede llegar, por ejemplo, hasta 60 centímetros, lo que es generalmente suficiente para una escintigrafía del cuerpo entero. Las dos caras 10, 11 (figura 1) del cristal 1, que son perpendiculares a su eje longitudinal y están situadas, respectivamente, en sus extremos opuestos, son transparentes (pulidas) y están unidas por medio de juntas ópticas a piezas 9 hechas de un material conductor de luz que tiene un índice de refracción muy próximo al de la barra escintilante. Estas piezas 9, ilustradas por las figura 5, son de sección esencialmente idéntica a la del cristal 1 y de longitud inferior o igual al diámetro del fotocátodo de los tubos fotomultiplicadores utilizados en el montaje y son hechas, de preferencia, utilizando cristales de yoduro de sodio (NaI) no activado, cuando la barra 1 es de yoduro de sodio activado con talio. Las caras laterales de estas piezas conductoras de luz 9 situadas, respectivamente, en la prolongación de las caras 3, 4 y 5 del cristal 1, están igualmente deslustradas y revestidas con la misma capa difusora 7 (de color blanco) que recubre las caras 3, 4 y 5. La cara lateral superior 12 de la pieza 9, situada en la prolongación de la cara transparente 2 del cristal, es también perfectamente transparente. La cara transversal 13 interior de las piezas 9 destinadas a ser unidas a una de las caras transversales 10 u 11 (figura 1) del cristal por medio de una junta óptica clásica (utilizando, por ejemplo, cola especial transparente,

bálsamo del Canada o un aceite con silicona), es también perfectamente transparente (pulida), mientras que la cara transversal exterior 14, que constituye los extremos opuestos de un conjunto compuesto de una barra escintilante 1 y de dos piezas conductoras 9, está deslustrada y recubierta de una capa 15 de un material que absorbe la luz (de color negro, tal como un barniz llamado "aquadag"). La prolongación de la barra escintilante 1 por piezas 9 no escintilantes pero conductoras de luz que no reciben por otro lado radiación gamma, permite obtener, por una parte, una mejora de la condición lineal de respuesta del conjunto de la cabeza de barrido y, por otra parte, la uniformidad de la respuesta en los bordes del campo de detección. El conjunto compuesto del cristal 1 y de dos piezas conductoras 9, está contenido en una caja cerrada, estanca a la humedad (siendo el NaI hidróscópico), cuya parte adyacente a las caras transparentes 2 y 12 del cristal 1 y de las piezas 9 es una placa rectangular 16 de un material conductor de luz unida a estas caras transparentes por una junta óptica, y el resto 17 de la cual es metálico, opaco a la luz visible y transparente a los rayos X o gamma.

Un colimador longitudinal 18 de un material opaco a la radiación gamma (tal como el plomo, el tungsteno o el oro) y que incluye numerosas aberturas alargadas 19 esencialmente perpendiculares al eje longitudinal de la barra 1 y,

en las figuras 3 y 4, igualmente a la cara lateral inferior 4 (figura 1) de ésta.

5 Estas aberturas 19 de sección rectangular están formadas aquí por medio de cuatro paredes exteriores que delimitan un espacio de sección horizontal rectangular alargada cuya anchura varía con la altura, de uno o varios tabiques longitudinales 20 y de numerosos tabiques transversales 21 perpendiculares a los tabiques 20. La longitud de este espacio que se estrecha hacia abajo y que incluye las aberturas 19, se extiende en una longitud L igual a la del cristal 1, cuya inferior 4 está enfrente de los extremos superiores de estas aberturas, estando las piezas conductoras de luz 9 enfrente de los bordes opacos 22 del colimador 18.

15 Siendo la sección transversal del espacio delimitado por las paredes laterales del colimador 18 trapezoidal con la base mayor en la proximidad de la cara 4 del cristal 1, el colimador delimita un campo lineal C al nivel del objeto radioactivo, focalizado sobre una línea recta paralela al eje longitudinal de la barra escintiladora y situado a una distancia F del borde inferior del colimador 18.

20 Un número predeterminado, función de la longitud de la barra escintilante 1, por ejemplo, doce fotomultiplicadores 101 a 112 para una barra 1 de 60 centímetros de larga, están acoplados a la cara transparente 2 de ésta y a las caras 12 de las piezas 9 por medio de la placa conductora de

25

luz 16, de preferencia por medio de una junta óptica entre los fotocátodos y la cara superior de esta placa 16; las porciones de la placa 16 que no están en contacto con los fotomultiplicadores, el cristal 1 y las piezas 9, están hechos opacos a la luz, así como las envolventes de vidrio de los fotomultiplicadores. Los fotomultiplicadores 101 y 112 que están situados, respectivamente, en los dos extremos de la cabeza de barrido 8, tienen fotocátodos situados, por lo menos en parte, enfrente de las caras superiores transparentes (en 12, figura 5) de las piezas conductoras de luz 9.

Cada uno de los fotomultiplicadores 101 a 112 incluye una salida que proporciona, en respuesta a una escintilación producida en la barra 1, una señal cuya amplitud es proporcional a la intensidad de la luz recibida por el fotocátodo respectivo. Estas salidas alimentan un primer circuito 3C llamado de combinación, que incluye preamplificadores y dispositivos que aseguran la combinación de las señales procedentes de fotomultiplicadores, ya sea con ayuda de redes de resistencias, de circuitos de adición, y de sustractores, un modo de realización de los cuales ha sido representado en la figura 6, ya sea con ayuda de líneas de retardo, de circuitos electrónicos de puesta en forma y de medida de tiempo, un modo de realización de los cuales ha sido representado en la figura 7.

El primer circuito 30 incluye dos primeras salidas 31 y 32 que alimentan un circuito de cálculo 40 que proporciona, en forma de señales eléctricas, la coordenada X de la escintilación y, por consiguiente, de la fuente de la radiación que irradia la barra escintiladora 1, y una segunda salida 33 que alimenta un analizador o discriminador de amplitud de los impulsos 50 que selecciona las escintilaciones que corresponden a la radiación incidente directa y elimina las escintilaciones parásitas y las debidas a la radiación difundida que presentan una luminosidad menor o generalmente diferente de las primeras. Las amplitudes de los impulsos que corresponden a las escintilaciones debidas a la radiación directa se encuentra en el interior de una gama predeterminada, incluyendo el analizador regulaciones que permiten elegir esta gama en función de la naturaleza del radioisótopo que constituye la fuente de la radiación a localizar.

El analizador de amplitud 50 proporciona señales impulsionales a un primer circuito de mando 60 que permite validar el cálculo de la coordenada X cuando la amplitud del impulso que recibe está situada en el interior de esta gama mencionada. El circuito de mando 60 alimenta, por una parte, el circuito de cálculo 40 y, por otra parte, un segundo circuito de mando 70 que proporciona señales de mando a un dispositivo 80 de visualización o de registro de

las coordenadas de las escintilaciones medidas por la cabeza de barrido 6, que se desplaza con una velocidad constante perpendicularmente al eje longitudinal del cristal 1. Además de estas señales de mando, el dispositivo 80 recibe señales que corresponden a la coordenada X proporcionada por el circuito de cálculo 40 y señales que corresponden a la coordenada Y que indican la posición de la cabeza de barrido 8 y que es proporcionada por un convertidor mecánico - eléctrico 90 acoplado a un mecanismo (no representado) de arrastre del desplazamiento de la cabeza, que puede ser realizado de manera clásica.

La figura 6 ilustra un modo de realización del circuito 30 utilizando un circuito de adición que comprende una red de resistencias para combinar las señales proporcionadas por los diferentes fotomultiplicadores 101 a 112. Un circuito que utiliza un principio análogo para la determinación de las coordenadas X e Y ha sido descrito en la patente norteamericana número 3.011.057 solicitada el 2 de enero de 1958 y que se refiere a una cámara de escintilación.

Entre las ventajas de una red de resistencias, se pueden señalar la facilidad y, por consiguiente, el pequeño coste de la realización, así como la gran rapidez de la elaboración de las coordenadas que aseguran a tal sistema un tiempo muerto mínimo.

El circuito de combinación 30 de la figura 1 comprende esencialmente doce preamplificadores clásicos 31 de poco ruido, alimentados, respectivamente, por las salidas (ánodo) de los fotomultiplicadores 101 a 112. La salida de cada uno de los preamplificadores 31 alimenta, por una parte, un amplificador de umbral 32, 33 compuesto, por ejemplo, de un amplificador diferencial 32 y de un diodo 33 en cascada y, por otra parte, una resistencia 34 de valor R_{34} unida a la entrada de un primer amplificador operacional 35 que incluye una resistencia de contrarreacción 36 de valor R_{36} conectada entre su salida y su entrada. Las doce resistencias 34 que constituyen una primera red de adición que una, respectivamente, las salidas de todos los preamplificadores 31 a la entrada única del amplificador operacional 35, forman con éste un primer circuito de adición, cuya salida 350 proporciona una señal proporcional a la suma de las señales S de los fotomultiplicadores y, por consiguiente, a la energía de la radiación gamma que genera las escintilaciones.

Esta señal S proporcional a la energía de la radiación, es aplicada al analizador de amplitud 50 citado para no registrar más que las escintilaciones cuya intensidad luminosa se encuentra en el interior de la gama de energías que corresponde al radioisótopo utilizado.

Las doce entradas de señal inversoras (-) de los amplificadores diferenciales 32 son alimentadas, respectivamente, por las salidas de los doce preamplificadores 31, mientras que sus entradas de umbral no inversoras (+) están unidas en paralelo al borne positivo de una fuente de tensión 320 que proporciona una tensión de umbral E_s . Proporcionan, pues, en sus salidas, tensiones positivas, cuando su entrada de señal recibe tensiones que rebasan en valor absoluto la tensión de umbral E_s , o tensiones negativas, cuando su señal de entrada es inferior en valor absoluto a esta tensión E_s . Los diodos 33 conectados aguas abajo de los amplificadores 32 eliminan las tensiones negativas y no dejan pasar, pues, más que señales cuyas amplitudes en la entrada son superiores a E_s . Por consiguiente, las señales procedentes de los fotomultiplicadores alejados del lugar de la escintilación y, por consiguiente, poco iluminados y que dan por este hecho, origen a fluctuaciones del número de fotoelectrones emitidos, así como las señales parásitas y los ruidos debidos a la difusión de la luz de la radiación gamma en el cristal 1, multiplicadas por coeficientes de localización, que constituyen fuentes de error en el cálculo de la coordenada X, son en gran parte eliminadas. El amplificador de umbral multiplica, pues, la señal de entrada S_2 por un coeficiente K_i ($i = 1$ a 12) que toma el valor 0 ó + 1, según la amplitud de S_i . Es posible

por otra parte, aplicar tensiones de umbral diferentes a cada uno de los amplificadores 32. Los doce diodos 33, cuyos cátodos constituyen las salidas respectivas de los amplificadores de umbral, alimentan, respectivamente, una primera 300 y una segunda 380 redes de adición resistivas. La primera red de adición incluye doce resistencias 301 a 312 de valores diferentes R_{301} a R_{312} elegidas en función de la posición X_i ($i = 1$ a 12) de los fotomultiplicadores 101 a 112 que las alimentan por medio de los elementos 31, 32 y 33. Las resistencias 301 a 312 unen, pues, cada uno de los diodos 33 a la entrada única de un segundo amplificador operacional 37 que incluye una resistencia de contrarreacción 39 de valor R_{39} . Cada una de las señales S_i proporcionada por los amplificadores de umbral es multiplicada, pues, por un coeficiente llamado de localización $a_i = \frac{R_{39}}{R_i}$ ($i = 1$ a 12) que están linealmente ligado a la posición X_i de los centros respectivos de los fotocátodos de los fotomultiplicadores 101 a 112, es decir, $a_i = b X_i$, donde b es una constante, las señales S_i se encuentran, pues, multiplicadas a la salida por un coeficiente proporcional a la coordenada X_i de la posición del fotomultiplicador que los proporciona. El segundo amplificador operacional proporciona, pues, una señal

$$N = \sum_{i=1}^{12} K_i a_i S_i = b \sum_{i=1}^{12} k_i X_i S_i$$

La segunda red de adición 380 está compuesta de doce resistencias de igual valor R_{380} , que unen cada uno de los diodos 33 a la entrada única de un tercer amplificador operacional 38 que incluye una resistencia de contrarreacción de valor R_{381} . El tercer amplificador operacional 38 proporciona, pues, en su salida, una señal $D = c \sum_{i=1}^{12} k_i S_i$, donde $c = \frac{R_{381}}{R_{380}}$ es una constante.

Se puede mostrar que la relación $Q = N/D$ de las señales N y D , suministradas, respectivamente, por los amplificadores operacionales segundo 37 y tercero 38, es decir $Q = d \frac{K_1 X_1 S_1 + \dots + K_{12} X_{12} S_{12}}{k_1 S_1 + \dots + k_{12} S_{12}}$, donde $d = b/c$ que son constantes, es una relación casi lineal de la coordenada X de la escintilación.

Las salidas 371 y 382 que proporcionan, respectivamente, las señales N y D , alimentan, respectivamente, dos entradas idóneas de un divisor analógico 41 que efectúa por la división de las señales de entrada el cálculo de la relación Q y, por consiguiente, de la coordenada X de la escintilación.

La figura 7 representa un circuito de combinación 30 y de cálculo 42, que utiliza una línea de retardo para combinar las señales procedentes de los fotomultiplicadores, cuyo principio ha sido descrito en la patente norteamericana

número 3.691.379 solicitada el 12 de Octubre de 1970.

La utilización de las líneas de retardo permite excluir del cálculo de la coordenada los fotomultiplicadores alejados de la escintilación y, por consiguiente, eliminar los efectos citados de la multiplicación de los ruidos y de las señales parásitas procedentes de los fotomultiplicadores poco iluminados por los coeficientes de la localización, pero origina tiempos muertos determinados por el tiempo de propagación de los impulsos en la línea de retardo.

En el circuito de la figura 7, los fotomultiplicadores 101 a 112 alimentan igualmente preamplificadores 31, cuyas salidas respectivas alimentan, por una parte, un primer circuito de adición 34, 35 y 36 análogo al de la figura 6 y, por otra parte, generadores de corriente 331 a 342.

Cada uno de estos generadores de corriente 331 a 342 presentan una impedancia de salida elevada para no desadaptar la línea de retardo 340 que alimenta por medio de una de estas derivaciones o tomas 341 a 362. Estas tomas 341 a 362 de la línea de retardo 340 están espaciadas de manera que el intervalo de retardo sufrido por las señales inyectadas a través de ellas sea proporcional a las coordenadas X_i respectivas de los centros de los fotocátodos de los fotomultiplicadores 101 a 112.

Los bornos 363 y 364 situados en los dos extremos de la línea de retardo 340 constituyen las salidas respectivas de ésta y son cargados respectivamente con ayuda de resistencias 365 y 366, cuyo valor es igual a la impedancia característica Z_0 de la línea 340. Son los fotomultiplicadores más próximos a la escintilación los que producen señales de mayor amplitud, cuyo conjunto produce dos impulsos en las salidas 365 y 366 respectivas de la línea de retardo 340, cuyos instantes t_1 y t_2 de aparición de los máximos respectivos son función de la posición de la escintilación en el cristal 1.

Estas salidas 365 y 366 alimentan, respectivamente, circuitos de puesta en forma 367 y 368, que transforman señales monopolares en señales bipolares simétricas con ayuda de una red que incluye líneas de retardo (véase la patente americana número 3.691.379) o de un circuito diferenciador con el fin de obtener en cada una de las señales un paso por cero correspondiente en el tiempo a los instantes t_1 y t_2 de la aparición de los máximos de amplitud de las señales de salida de la línea de retardo 340, con el fin de determinar estos instantes con precisión.

Los circuitos de puesta en forma 367 y 368 alimentan, respectivamente, dos detectores de pasos por cero 369 y 370 que proporcionan impulsos en los instantes de los pasos por cero de sus señales de entrada, es decir, en los instan-

tes t_1 y t_2 .

Los detectores de los pasos por cero 369 y 370 alimentan un circuito de cálculo de la diferencia de tiempos 42 entre los instantes t_1 y t_2 , siendo esta diferencia $t_2 - t_1$ proporcional a la coordenada X de la escintilación. El circuito de cálculo 42 recibe, por otra parte, del analizador de amplitud 50 (por medio del circuito de mando 60) un impulso en el instante t_0 , resultando este impulso de la adición de las señales de todos los fotomultiplicadores 101 a 112; correspondiendo el tiempo t_0 al instante de la producción de la escintilación en el cristal 1.

Para calcular la diferencia de tiempo, el circuito de cálculo 42 incluye convertidores tiempo-amplitud que comprenden, por ejemplo, un generador de dientes de sierra y que proporcionan señales cuya amplitud es proporcional a la diferencia de tiempo entre la señal en el instante t_0 que manda el comienzo del diente de sierra lineal y la aparición de un impulso proporcionado en el instante t_1 y/o t_2 por uno de los detectores de paso por cero 369 ó 370, así como un amplificador diferencial que proporciona una señal proporcional a la diferencia de las amplitudes respectivas del diente de sierra en los instantes t_1 y t_2 .

Se observará aquí que, para determinar la coordenada de la escintilación, basta no utilizar más que una de las salidas de la línea de retardo 340, un solo circuito de

puesta en forma y detector de pasos por cero, efectuando el circuito de cálculo 42 únicamente la conversión tiempo-amplitud para $t_1 - t_i$.

5 Se observará igualmente que el dispositivo de visualización y de registro de las coordenadas 80 se realiza de manera clásica y puede comprender, pues, un osciloscopio cuyas placas de desviación reciben, respectivamente, la coordenada X del circuito de cálculo 40 (figura 3), 41 (figura 5) ó 42 (figura 7), la coordenada Y del
10 convertidor mecánico-eléctrico 90 acoplado al mecanismo de barrido y la señal de mando del haz mandado por el analizador de amplitud 50 que permite desbloquear el haz de electrones del tubo de rayos catódicos del osciloscopio. El dispositivo 80 puede comprender igualmente un calculador
15 electrónico de memoria de masa que permite el almacenaje de las coordenadas de una escintilación bajo una forma numérica.

20 El aparato que se ha descrito más arriba e ilustrado en las figuras 3, 6 y 7 anejas, es un escintígrafo híbrido de barrido, que puede ser utilizado para proporcionar una imagen de la distribución de un radioisótopo que marca una molécula biológica cuyo ejemplo es la detección de las lesiones o de las metástasis oseas.

25 La construcción de tal aparato es sencilla, porque solo es necesario un movimiento mecánico: la cabeza

5 detectora está fijada a un carro móvil sobre un carril pa-
ralelo al lecho del paciente. El dispositivo descrito puede
ser utilizado para cualquier aplicación en que la distribu-
ción de una sustancia radioactiva debe ser determinada con
precisión sobre grandes dimensiones.

10 La presente solicitud, que corresponde a la pre-
sentada en Francia, el 10 de Enero de 1974, bajo el número
7400812, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vi-
gente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15 REIVINDICACIONES

20 Los puntos de invención propia y nueva que se pre-
sentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de
Invención en España, por VEINTE años, son los que se reco-
gen en las reivindicaciones siguientes:

25 1ª.- Aparato de escintigrafía híbrida de barrido
para localizar radiaciones procedentes de un objeto y que

incluye una barra escintiladora de forma alargada que transforma variaciones incidentes en escintilaciones luminosas; un colimador dispuesto en la proximidad de la barra con objeto de transmitir radiaciones a ésta definiendo al nivel del objeto un campo de radiación lineal, paralelo al eje de la barra; y una pluralidad de fotomultiplicadores cuyos fotocátodos están acoplados a la barra por medio de conductos de luz; estando caracterizado dicho aparato por el hecho de que dicha barra escintiladora incluye una cara lateral plana y transparente que se extiende en toda su longitud y diferente de la que está próxima al colimador, estando las otras caras laterales de la barra declustradas y recubiertas de un material que difunde la luz, por el hecho de que dicha cara transparente está unida por medio de una junta óptica a dicho conducto de luz de forma alargada, cuya cara opuesta a la unida a la cara transparente, está unida por medio de juntas ópticas a los fotocátodos de dichos multiplicadores, y por el hecho de que dichos fotomultiplicadores están dispuestos de manera equidistante a lo largo del conducto de luz enfrente de dicha cara transparente de la barra, a fin de detectar escintilaciones producidas por la barra; incluyendo, además, dicho aparato, un circuito de cálculo electrónico clásico que localiza las escintilaciones a lo largo de la barra en función de las señales suministradas por el conjunto de dichos fotomultiplicadores.

2ª.- Aparato de escintigrafía según la reivindicación 1ª, caracterizado por el hecho de que, siendo transparentes las caras transversales situadas en el extremo de la barra, incluye, además, dos piezas conductoras de luz de un material que tiene un índice de refracción próximo al de la barra y dispuestas en la prolongación de ésta; presentando dichas piezas una sección idéntica a la de la barra y una longitud inferior o igual a la longitud de ésta y que comprende: una primera cara transversal transparente y unida por medio de una junta óptica a una de las caras transversales de la barra, una segunda cara transversal opuesta a la primera, deslustrada y recubierta de un material que absorbe la luz, una cara lateral transparente, situada en la prolongación de la cara transparente de la barra y unida por una junta óptica a una de las prolongaciones de dicho conducto de luz, estando las otras caras laterales de dichas piezas deslustradas y recubiertas de un material difusor, y por el hecho de que dichas prolongaciones del conducto de luz están unidas, respectivamente, por sus caras opuestas, a las caras transparentes de dichas piezas a al menos una parte de los fotocátodos de dos fotomultiplicadores dispuestos, respectivamente, al menos en parte, enfrente de dichas piezas conductoras de luz; no dirigiendo dicho colimador la radiación incidente más que sobre la barra, permitiendo dichas piezas situadas en la prolongación de ésta eliminar la falta de linealidad

de la localización en la proximidad de los dos extremos de la barra.

5 3^a.- Aparato de escintigrafía según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, del tipo en el cual el circuito de cálculo electrónico incluye preamplificadores alimentados, respectivamente, por dichos fotomultiplicadores, un primer circuito de adición que adiciona con ayuda de una red de resistencias de igual valor las señales procedentes de todos los preamplificadores, alimentando dicho primer circuito de adición un analizador de amplitud que selecciona señales cuya amplitud se sitúa en una gama pre-determinada que corresponde a la energía de la radiación incidente transformada en energía luminosa por dicha barra escintilante, caracterizado por el hecho de que dichos preamplificadores alimentan, respectivamente, amplificadores de umbral que transmiten las señales procedentes de los fotomultiplicadores únicamente cuando en longitud rebasa un valor de umbral previamente regulado; dichos amplificadores de umbral alimentan, respectivamente, un segundo circuito adionador-multiplicador que incluye un amplificador operacional cuya entrada está unida a la salida respectivas de estos por medio de las resistencias de valores diferentes elegidas en función de la posición de los fotomultiplicadores a lo largo de la barra escintilante, con el fin de multiplicar, respectivamente, las señales procedentes de

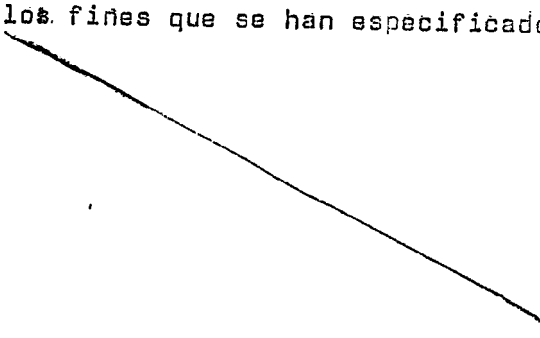
los fotomultiplicadores por coeficientes proporcionales a la coordenada de localización de los centros de sus fotocátodos respectivos; alimentando, por otra parte, dichos amplificadores de umbral, un tercer circuito adicionador que incluye un amplificador operacional cuya entrada está unida a las salidas respectivas de los amplificadores de umbral por medio de resistencias de igual valor y por el hecho de que dicho circuito de cálculo incluye, además, un circuito divisor analógico que efectúa la división entre las amplitudes de las señales procedentes, respectivamente, del segundo y del tercer circuitos adicionadores, siendo la relación entre estas dos amplitudes proporcional a la coordenada de la escintilación producida por una radiación.

4ª.- Aparato de escintigrafía según una cualquiera de las reivindicaciones 1ª y 2ª, del tipo en el cual el circuito de cálculo electrónico incluye preamplificadores alimentados, respectivamente, por dichos fotomultiplicadores, un circuito adicionador que adiciona las señales procedentes de todos los preamplificadores, alimentando dicho circuito adicionador un analizador de amplitud que proporciona una señal en el instante de la producción de una escintilación en la barra cuando la energía de ésta corresponde a la radiación incidente detector, caracterizado por el hecho de que dicho circuito de cálculo incluye, además, una línea de re-

5 tardo adaptada en sus dos extremos y que comprende tomas alimentadas, respectivamente, por dichos preamplificadores por medio de generadores de corrientes de impedancia de salida de barra y dispuestos uniformemente a lo largo de la línea, de manera que los retardos que sufren las diferentes señales inyectadas por medio de dichas tomas sean proporcionales, respectivamente, a las coordenadas de localización de los centros de los fotocátodos de fotomultiplicadores que las proporcionan, proporcionando las salidas de la línea de retardo señales que presentan máximos respectivos en instantes cuyas diferencias de tiempo con relación al instante de producción de la escintilación son proporcionales, respectivamente, a las distancias del lugar de producción de la escintilación con relación a los extremos de la barra escintilante.

10
15 5^a.- Aparato de escintigrafía híbrida de barrido para localizar radiaciones procedentes de un objeto.

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.



Esta Memoria consta de treinta hojas escritas a
máquina por una sola cara.

Madrid,

28 ENE. 1975

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Poder.



5

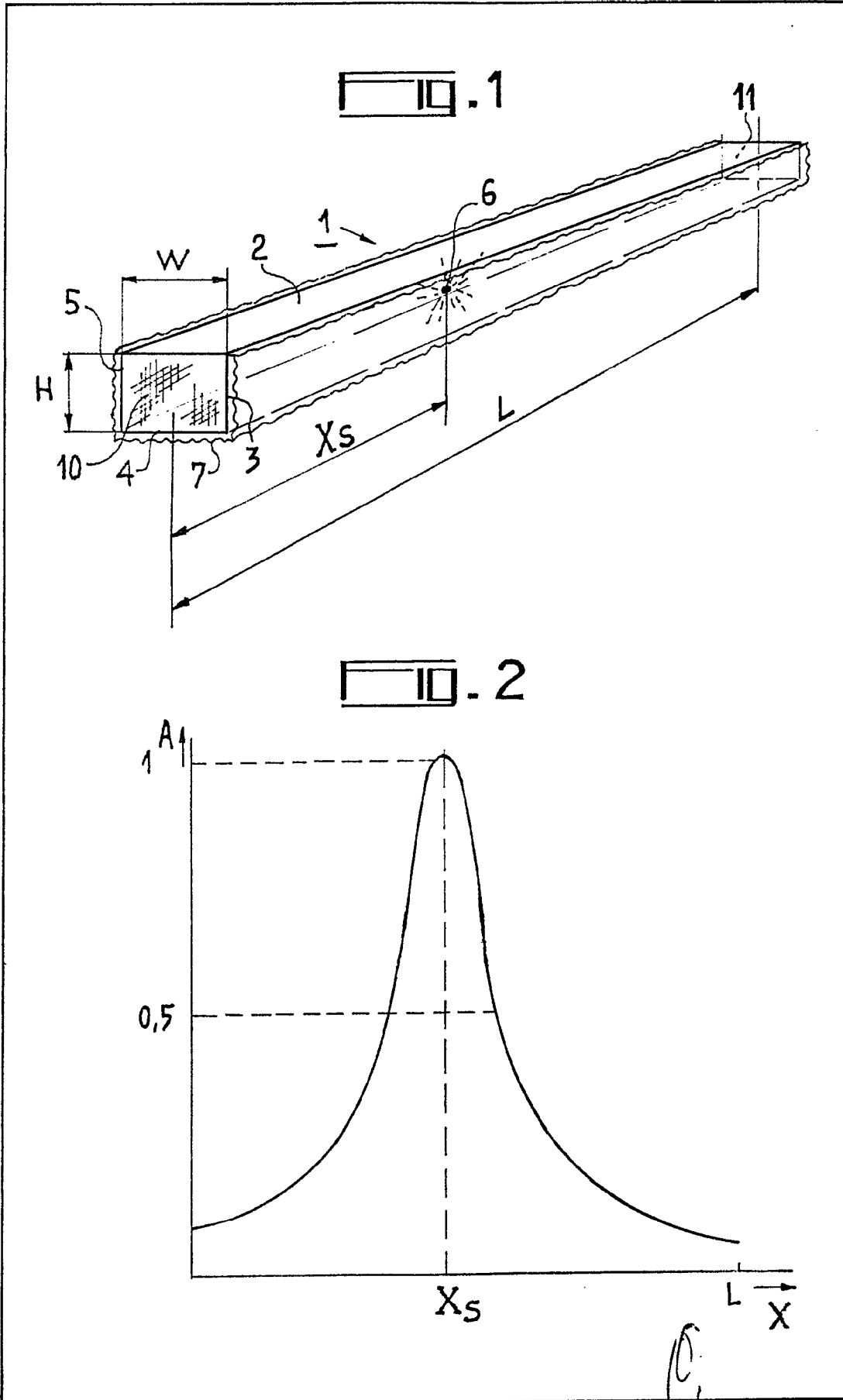
10

15

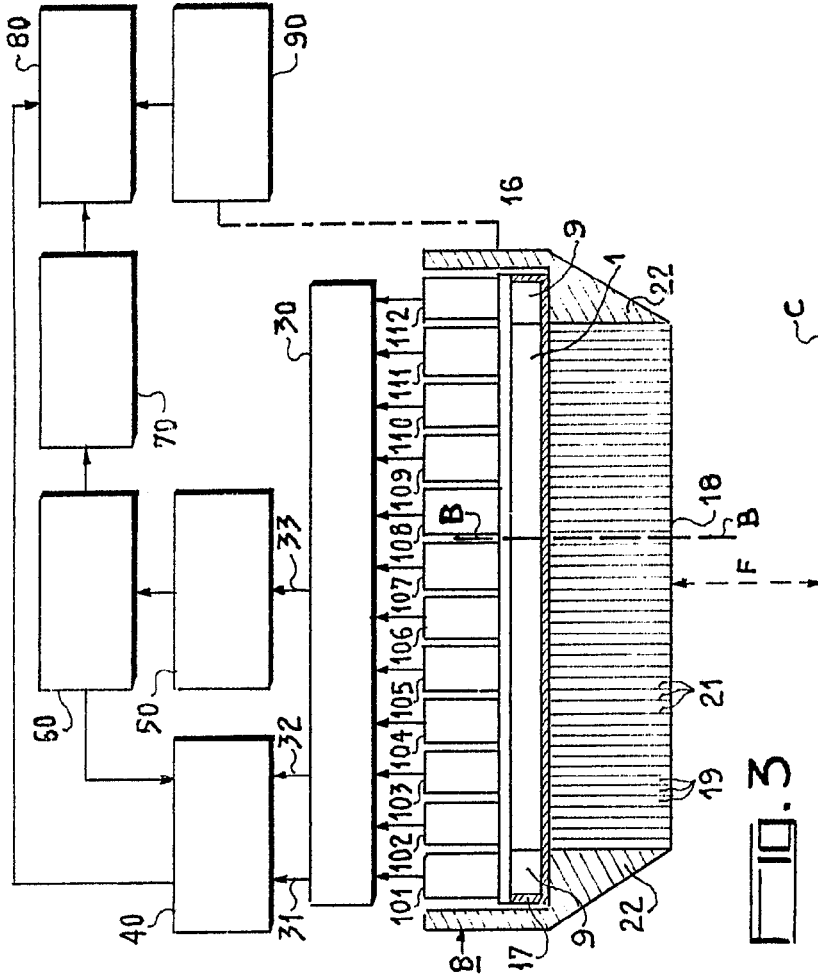
20

25

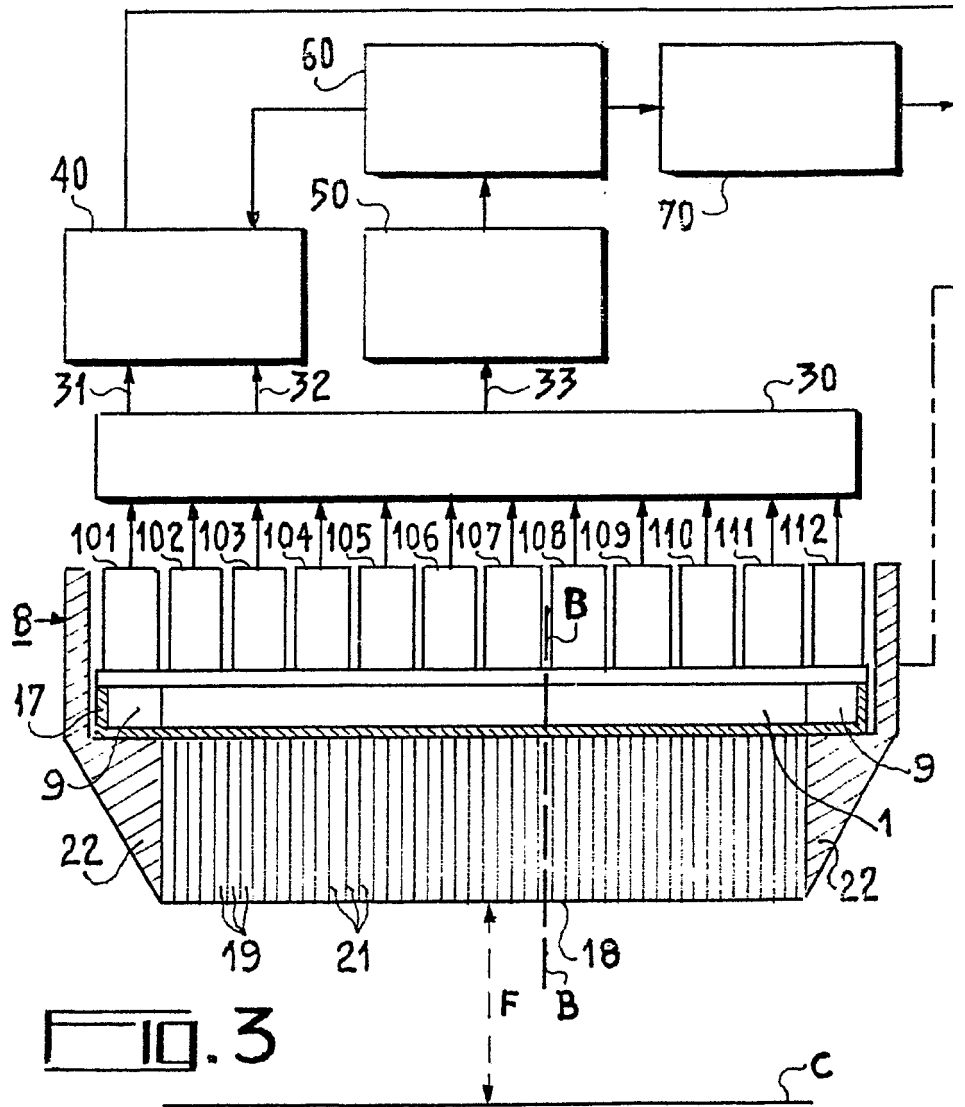
5.1.75/CMA.

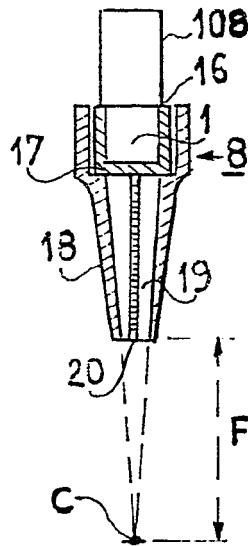
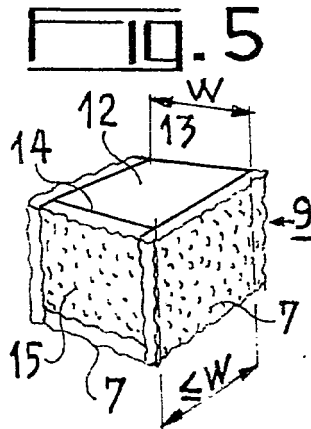
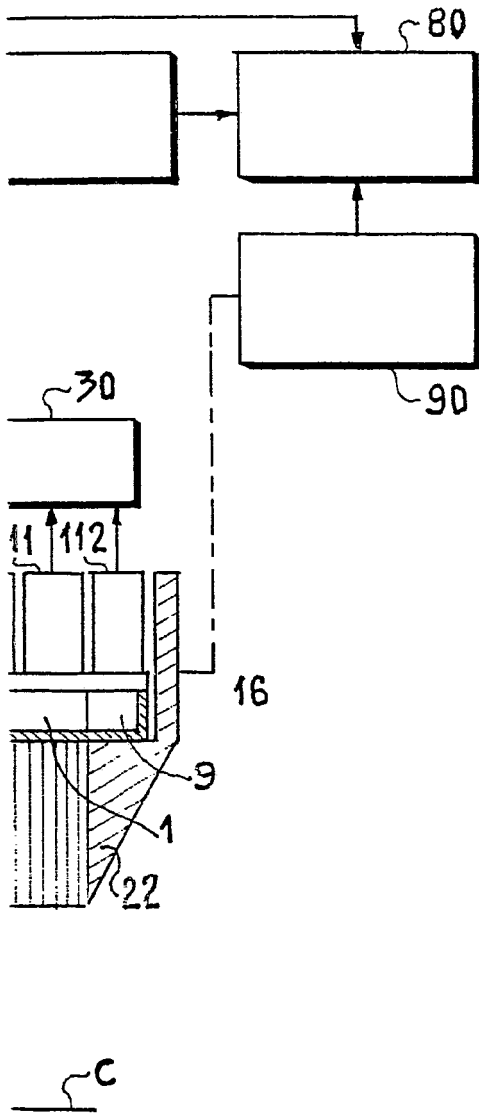


Alberto de Euzenat
Por Poder.

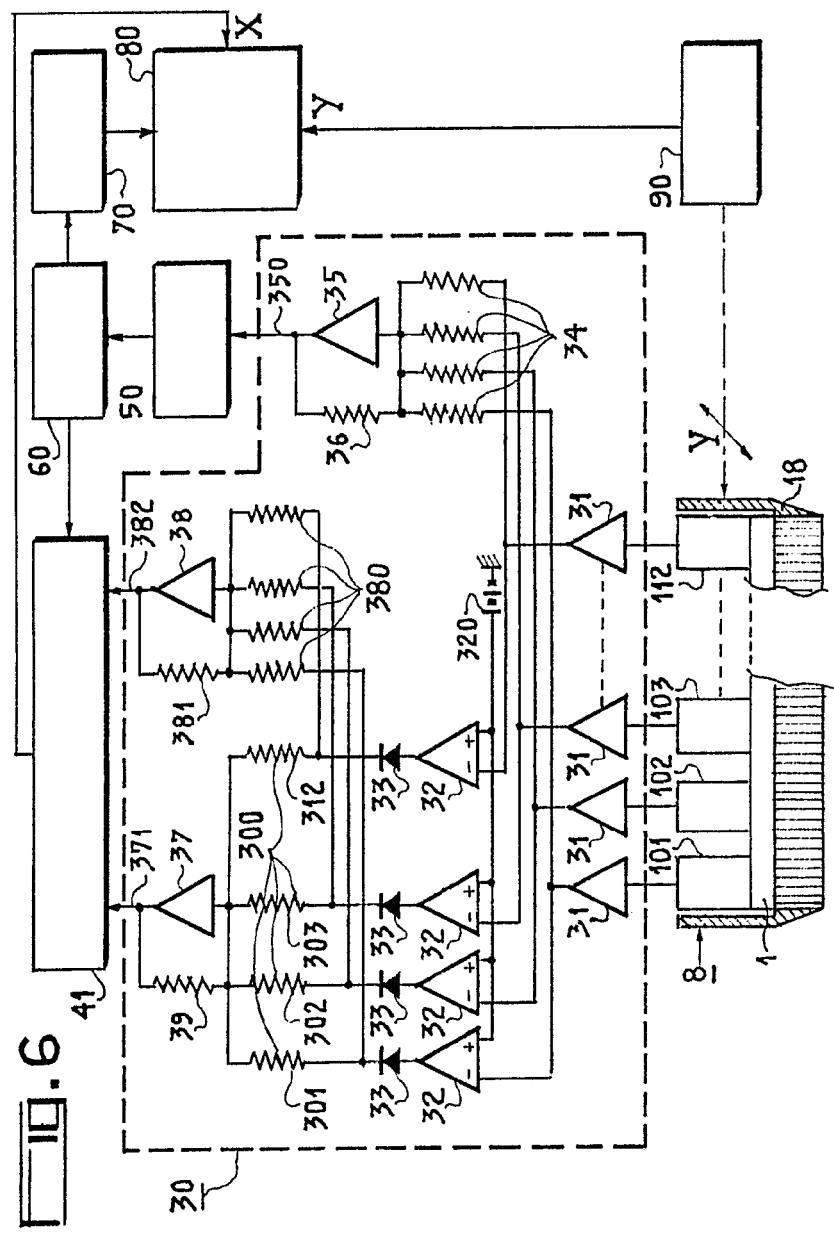


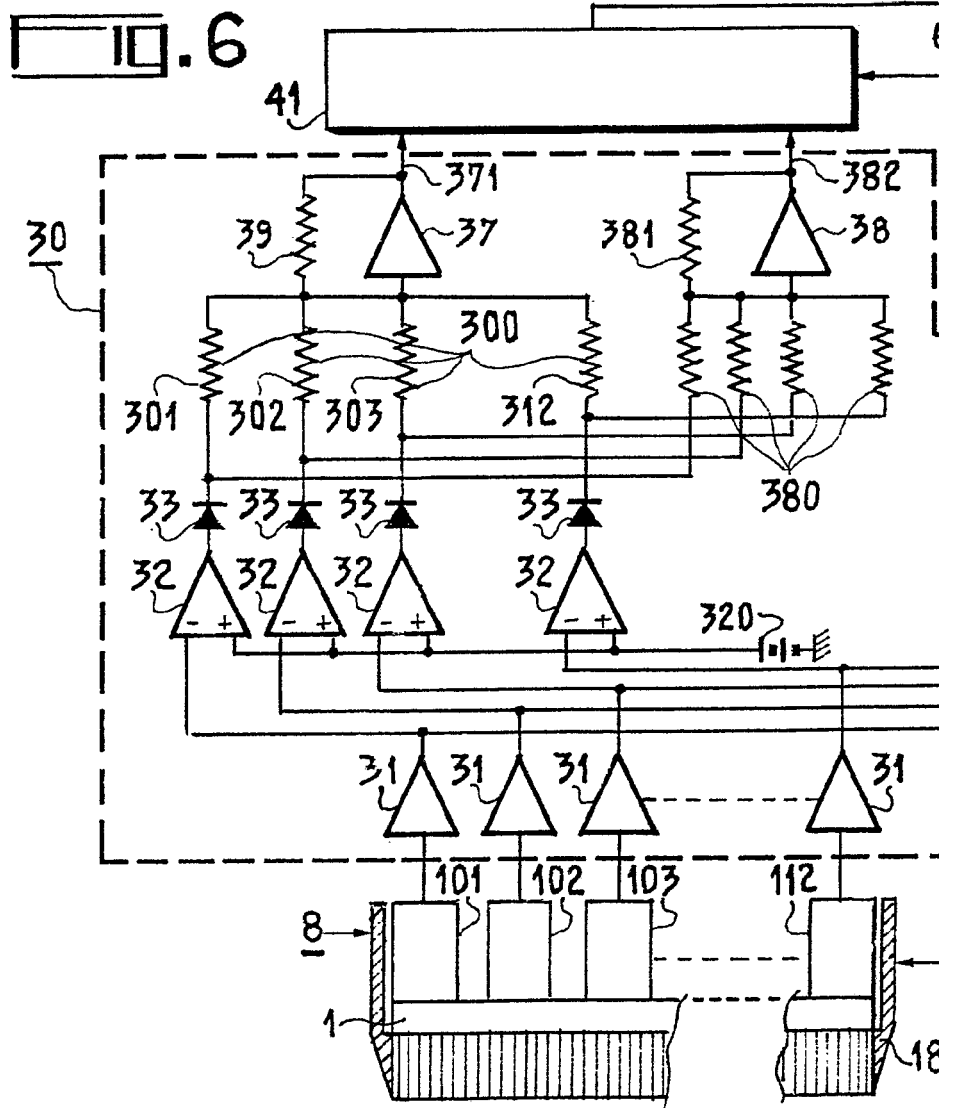
Alberto de E...
Por Podar...

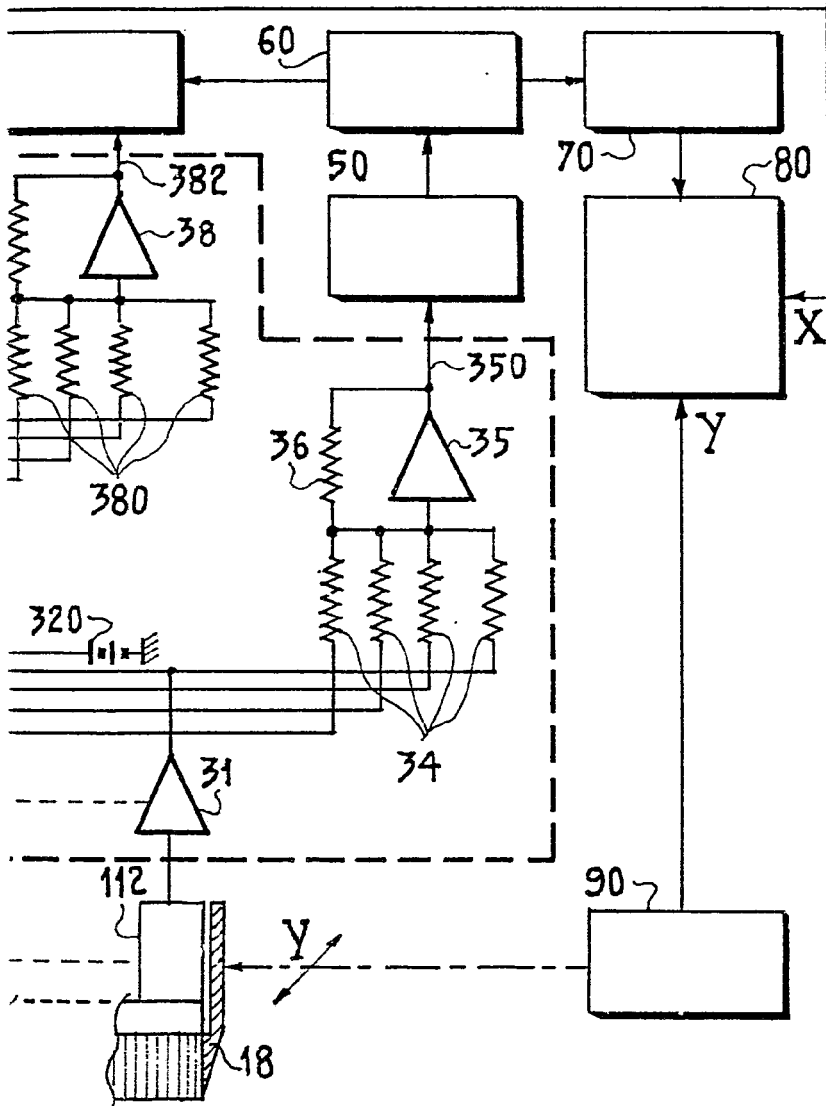




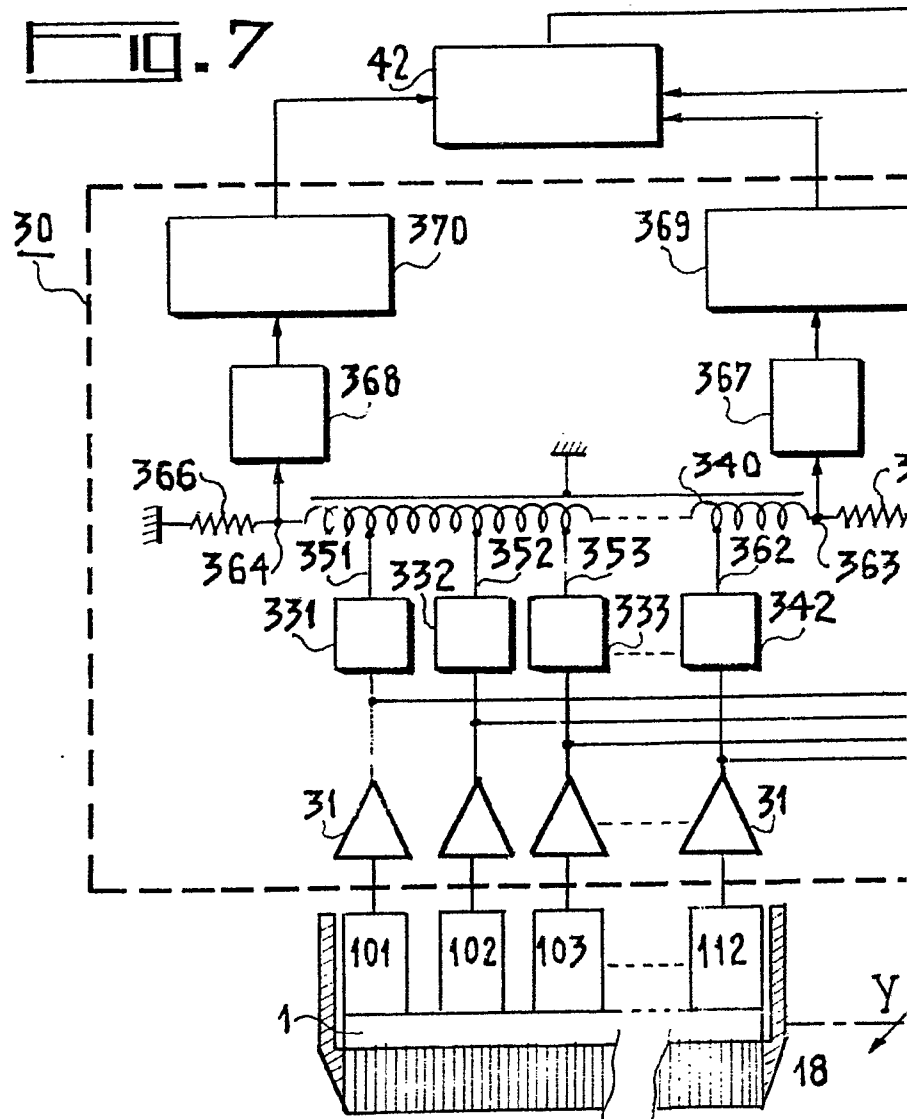
Alberto de Elencard
Por Poder

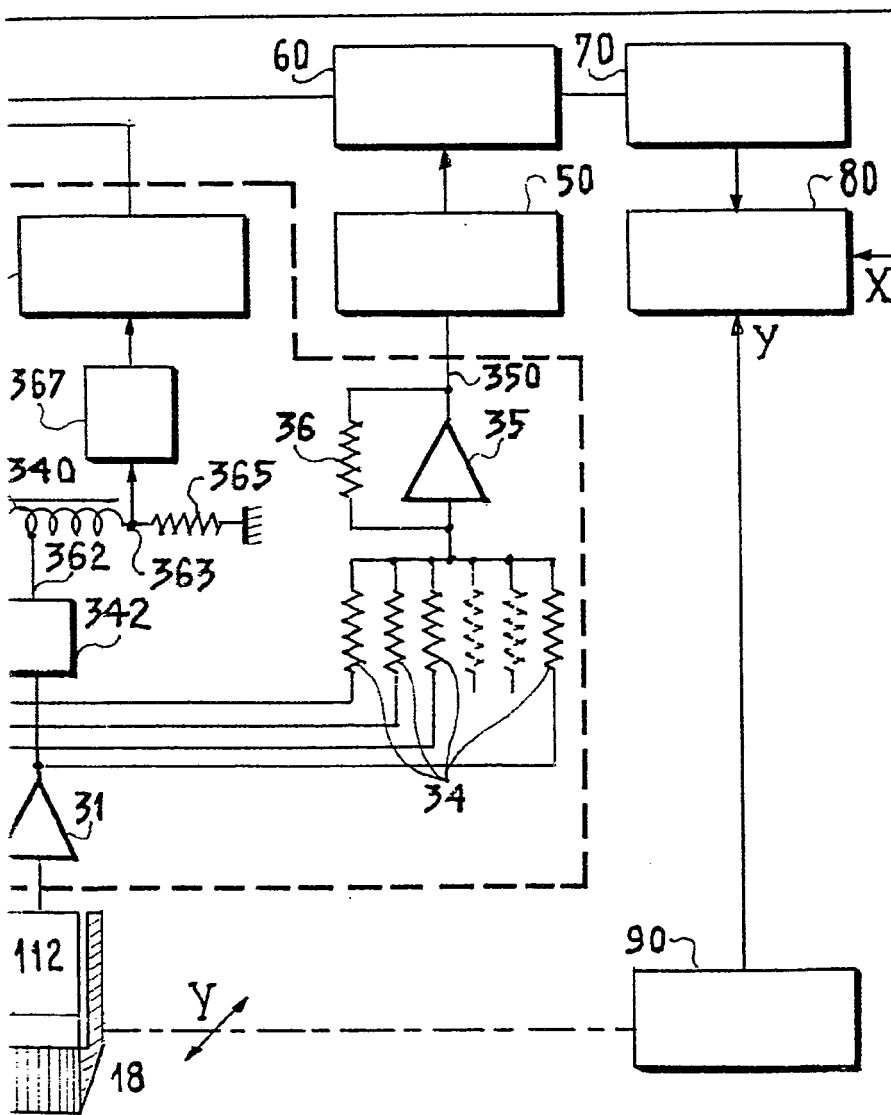






Alberto de Elizabury
Por Poder.





Alberto de Eizaburu
Por Poder