



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 277 395**

(51) Int. Cl.:
H01J 47/00 (2006.01)
H01J 47/02 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **98956848 .0**
(86) Fecha de presentación : **16.10.1998**
(87) Número de publicación de la solicitud: **0948803**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.1999**

(54) Título: **Detector de radiación de rendimiento muy elevado y sensor de imágenes de rayos X libre de paralaje planisférico.**

(30) Prioridad: **22.10.1997 US 956128**
09.09.1998 US 150046

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.07.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.07.2007

(73) Titular/es:
European Organization for Nuclear Research
1211 Genève 23, CH

(72) Inventor/es: **Sauli, Fabio**

(74) Agente: **Buceta Facorro, Luis**

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

Detector de radiación de rendimiento muy elevado y sensor de imágenes de rayos X libre de paralaje planisférico.

5 La presente invención se refiere a una técnica mejorada para la incorporación de un detector de radiación de rendimiento muy elevado que se pueda usar para la detección en la posición de radiaciones de ionización tales como partículas cargadas, fotones, rayos X y neutrones.

10 Los detectores de radiación que explotan el proceso de la ionización y la multiplicación de carga en gases se han usado con mejoras continuadas desde hace cien años. Los métodos para obtener grandes ganancias proporcionales "estables" en detectores gaseosos son un tema de investigación continuada en la comunidad de detectores.

15 Hace varios años, G. Charpak y F. Sauli introdujeron la cámara de múltiples pasos, designada en adelante como MSC, como un modo para vencer las limitaciones de ganancia en cámaras proporcionales de alambres múltiples y de placas en paralelo, designadas en adelante como MWPC.

20 En cámaras MSC, dos electrodos de rejilla en paralelo montados en la región de flujo de un detector de gas convencional y que se operan como multiplicadores de placas en paralelo permiten una amplificación previa del flujo de los electrones y transferirlos en el elemento de detección principal. Operada con una mezcla de gas fotosensible, la cámara MSC permite alcanzar ganancias suficientemente grandes para una fotodetección simple en detectores Cherenkov de formación de imágenes, en adelante designados como RICH. Para más detalles con respecto a las cámaras MSC y RICH, nos referimos a las siguientes publicaciones:

25 - G. Charpak y F. Sauli, *Cartas de Física*, Volumen 78 B, 1978, pág. 523, y

- M. Adams y al, *Métodos de Instrumentación Nuclear*, 217, 1983, 237.

30 Más recientemente, G. Charpak y Y. Giomataris han desarrollado un dispositivo detector de radiación mejorado designado en adelante como MICROMEGAS que es un detector de gas de ganancia elevada que usa como elemento de multiplicación una cámara de avalancha de placas en paralelo de intervalo estrecho.

35 En un punto de vista general, un detector de este tipo consiste en un intervalo en la gama de 50 a 100 μm que se lleva a cabo por extensión de un electrodo de malla micro metálica delgada en paralelo con un plano de lectura. G. Charpak y Y. Giomataris han demostrado unas capacidades de carga y de ganancia muy elevadas que se comprenden resultan de las propiedades especiales de avalanchas de electrodos en campos eléctricos muy elevados. Para más detalles en relación con el detector MICROMEGAS, referimos a la publicación editada por Y. Giomataris, P. Rebougeard, J. P. Robert y G. Charpak en *Métodos de Instrumentos Nucleares*, A 376, 1996, 29.

40 El punto principal de inconveniencia de los dos detectores descritos está en la necesidad de un estiramiento y de un mantenimiento de mallas en paralelo con una exactitud muy grande. La presencia de fuertes fuerzas de atracción electrostáticas incrementa el problema en particular para el gran tamaño de los detectores. Para vencer este inconveniente, se requieren estructuras de soporte pesadas y en el caso del detector MICROMEGAS es necesaria la introducción en el intervalo de líneas o pasadores aislantes con un espaciado reducido con la subsiguiente complicación de ensamblado y pérdida de eficiencia.

45 Otro dispositivo detector de radiación se desarrolló recientemente y fue propuesto por F. Bartol y al. *Diario de Física III* 6 (1996), 337.

50 Este dispositivo detector, en adelante designado como CAT por Contador con Orificios, consiste sustancialmente en una matriz de orificios que se perforan a través de una lámina de cátodo. La inserción de una hoja aislante entre el cátodo y los ánodos enterrados permite por tanto garantizar una buena uniformidad del intervalo y obtener unas ganancias elevadas.

55 Los detectores de radiación dirigidos más particularmente a dispositivos de formación de imágenes de rayos X planisféricos han sido también investigados hasta ahora. La labor más importante en relación con ese asunto en particular fue desarrollada por Georges Charpak en la Organización Europea para Investigación Nuclear en Ginebra (Suiza). Un primer desarrollo se refería a las propiedades para unas cámaras proporcionales con espacios de flujo esféricos. Una cámara de alambre proporcional equipada con un divisor resistivo adaptado para generar superficies equipotenciales esféricas apropiadas dentro del espacio de flujo de la cámara de alambres ha sido dada a conocer primero por G. Charpak, Z. Hajduk, A. Jeavons, R. Stubbs CERN, Ginebra, Suiza, Y R. Kahn, Centro Multidisciplinar Paris XII, Av. General de Gaulle, Créteil, Francia, y ha sido editada por *Instrumentos y Métodos Nucleares* 307 (1974) - Ginebra, 29 de julio de 1974.

65 Una cámara de alambres proporcional incorporada como una cámara de formación de imágenes de rayos X de gran apertura equipada con un espacio de flujo esférico ha sido también dada a conocer por G. Charpak, C. Demierre, R. Kahn, J-C. Standiard y F. Sauli en el CERN en Ginebra. Véase *Instrumentos y Métodos Nucleares* 141 (1977) 449-455, Compañía de Publicación North-Holland. Un lugar de flujo esférico se da a conocer para incorporar los electrodos de entrada y de salida de forma esférica con una aceptación angular para rayos X a 90°. La conexión de la

cámara proporcional de lectura y de un espacio de flujo esférico es dada a conocer como que consiste en un espacio de transferencia (T), cuya pared lateral comprende un divisor resistivo adaptado para generar superficies equipotenciales esféricas de radio incremental hasta el primer electrodo de cátodo de la cámara proporcional de lectura.

- 5 Un análisis general de varios métodos de corrección de errores de paralaje en detectores gaseosos para rayos X y UV ha sido publicado por G. Charpak, CERN, Ginebra, Suiza. Véase Instrumentos y Métodos Nucleares 201 (1982) 181-192, Compañía de Publicación North Holland.

- 10 Más recientemente, P. Rehak, G. C. Smith y B. Yu, Laboratorio Nacional Brookhaven, Uptown N.Y. 11973 presentaron un método para la reducción del ensanchado de paralaje en detectores sensibles a la posición basados en gas en el Simposio de Ciencia Nuclear IEEE de 1996, Anaheim, CA, 2-9 de noviembre de 1996 y publicado como Transacciones IEEE sobre Ciencia Nuclear, volumen 44, número 3, 1997, 651-655.

- 15 Aunque el espacio de flujo para fotones está confinado dentro de un electrodo de entrada y el plano de los alambres de cátodos de la cámara de lectura es plano y paralelo, la ventana de entrada de la cámara de lecturas está además provista con un patrón conductor particular adaptado para introducir un curvado progresivo de las superficies equipotenciales, las líneas del campo eléctrico cruzan por tanto estas superficies equipotenciales en un ángulo recto, sea cual sea la dirección de colisión de los rayos X que emanan del punto focal, para corregir y reducir cualquier error de paralaje.

- 20 En un punto de vista general, los sensores de imágenes de rayos X antes mencionados pueden resultar satisfactorios debido a que el error de paralaje se reduce ahora a un porcentaje pequeño. La incorporación de la ventana de entrada de la cámara de lectura con el patrón conductor adaptado para proporcionar una corrección completa del error de paralaje es bastante difícil de implementar, ya que el patrón real y la tensión correspondiente que se ha de aplicar a estos patrones conductores son tales que el campo eléctrico es aproximadamente radial solo cerca de la ventana de entrada del patrón de anillo, mientras que se hace sustancialmente paralelo en la aproximación del segundo electrodo, equipotencial que define el volumen de conversión. Como consecuencia, el error de paralaje se incrementa por tanto con la penetración de los rayos X de conversión.

- 30 Un multiplicador de electrones de gas también se da a conocer por:

- R. Bouclier *et al.*: "El Multiplicador de Electrones de Gas (GEM)" *Ciencia Nuclear Trans IEEE*, volumen 44, número 3, 1996, páginas 646-650, XP002093446 Estados Unidos;

- 35 - R. Bouclier *et al.*: "Nuevas observaciones con el multiplicador de electrones de gas (GEM)" Instrumentos nucleares y métodos en la investigación física, sección A, aceleradores, espectrómetros, detectores y equipos asociados; volumen 396, números 1-2, 1 de septiembre de 1997, páginas 50-66, XP 00409782.

- 40 Aunque los multiplicadores de electrones de gas correspondientes del modo que se dan a conocer son prometedores en las labores anteriormente mencionadas, porque tienen un modo de operación muy fino, no están aun integrados a un detector de radiación de operación completa adaptado para detectar y localizar de modo exacto cualquier fenómeno de avalancha de electrones que ocurra dentro de un medio para formar una imagen fina.

- 45 Mientras que sin embargo se da a conocer la detección del fenómeno de avalancha por Allemand *et al.*: "Nuevo detector de localización", Instrumentos y métodos nucleares, volumen 137, 1976, páginas 141-149, XP 002093949, la localización de avalanchas del modo dado a conocer tiene lugar dentro de un detector cilíndrico por el cálculo del centro de gravedad de las cargas producidas durante el fenómeno de avalanchas alrededor de un alambre de ánodo.

- 50 Más particularmente, son necesarios dos cátodos elementales de forma complementaria que rodeen el alambre del ánodo para generar una señal que sea función del ángulo sólido y por tanto de la superficie del cátodo elemental.

- Un detector de este tipo no se puede usar para incorporar un detector de fenómenos de avalancha de posición múltiple, ya que los cátodos elementales proporcionados se adaptan para integrar cada uno de los acontecimientos de avalancha como su centro de gravedad.

- 55 Es por tanto un objeto de la presente invención proporcionar un detector de radiación de rendimiento muy elevado que venza las desventajas antes mencionadas de los detectores de radiación del tipo previo.

- 60 Es además otro objeto de la presente invención proporcionar un detector de radiación de rendimiento muy elevado que resulte tener tanto la sencillez de la cámara MSC como las ventajas de campo elevadas de los detectores de radiación Micromegas y Cat, pero que sea mecánicamente mucho más sencillo de implementar y más versátil en su uso.

- 65 Es por tanto otro objeto de la presente invención proporcionar un detector de radiación de rendimiento muy elevado en el cual se obtenga un grado muy elevado de resolución y de exactitud gracias a un coeficiente de transferencia de cargas eléctricas que sustancialmente se iguale a la unidad.

ES 2 277 395 T3

Es por tanto otro objeto de la presente invención proporcionar un detector de radiación con un factor de amplificación sustancialmente constante para contar cargas de hasta 10^5 Hz/mm².

Más particularmente, de acuerdo con la presente invención, se proporciona un detector de radiación en el cual se liberan los electrones primarios en un gas por las radiaciones de ionización y de flujo a un electrodo colector por medio de un campo eléctrico. El detector de radiación de la invención incluye un multiplicador de electrones de gas que consta al menos de una matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico donde estas áreas de condensación del campo eléctrico están distribuidas dentro de una superficie sólida que es sustancialmente perpendicular al campo eléctrico. Cada una de las áreas de condensación del campo eléctrico está adaptada para producir una mejora de la amplitud del campo eléctrico local adecuada para generar en el gas una avalancha de electrones de cada uno de los electrones primarios. El multiplicador de electrones de gas opera por tanto como un amplificador de ganancia dada para los electrones primarios.

Los objetos, las ventajas y otras características particulares de la presente invención se harán más aparentes con la lectura de la siguiente descripción no restrictiva de unas realizaciones preferidas de ello que se dan únicamente a modo de ejemplo con referencia a los dibujos que lo acompañan.

En los dibujos adjuntos:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de una realización preferida de un detector de radiación de acuerdo con la presente invención que tiene una forma cilíndrica;

- la figura 1b es una vista en perspectiva de una realización en particular de un detector de radiación de acuerdo con la presente invención que tiene una forma planar;

- la figura 1c es una vista en perspectiva de una realización en particular de un detector de radiación de acuerdo con la presente invención que tiene una forma esférica;

- la figura 2a es una vista en sección transversal a lo largo de un plano de sección designado como plano (P) que se representa con una línea oculta en las figuras 1a y 1b;

- la figura 2b es una vista en sección transversal a lo largo de un plano de sección designado como el plano (P) que se representa en una línea oculta para la figura 1c;

- la figura 3a es un diagrama que representa las líneas del campo eléctrico para la figura 2a;

- la figura 3b es un diagrama que representa las líneas del campo eléctrico para la figura 2b;

- la figura 4a es una vista frontal que representa un detalle de la figura 1b, tal como un detalle que consiste en un multiplicador de electrones de gas que consta de una matriz de áreas de condensación del campo eléctrico;

- la figura 4b es una vista de un detalle de la figura 4a en la cual la matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico se muestra de un modo no limitativo para consistir en orificios pasantes de perforación circular;

- las figuras 4c, 4d, 4e y 4f muestran unas realizaciones particulares de matrices provistas con orificios pasantes taladrados de diferentes formas y pasos;

- la figura 5a es una vista en perspectiva de un detalle de la figura 4b en el cual el modo de operación del multiplicador de electrones de gas en un detector de radiación, de acuerdo con la invención opera para generar una avalancha de electrones de un electrón primario;

- la figura 5b es una vista en sección transversal a lo largo de un plano de sección que se designa como plano (R) representado en una línea oculta en la figura 5a, en la cual las líneas del campo eléctrico y las líneas de potencial eléctrico están representadas al nivel de un área de condensación del campo eléctrico local donde las líneas potenciales están representadas en líneas sólidas y la línea del campo eléctrico está representada en líneas ocultas;

- la figura 5c es un diagrama que representa la distribución del campo eléctrico dentro del área de condensación local mostrada en la figura 5b, el campo eléctrico está trazado con referencia a un eje simétrico (X'X) mostrado en la figura 5b;

- las figuras 6a y 6b son cada una, una vista esquemática de un detector de radiación de acuerdo con la invención en el cual más de una matriz de áreas de condensación del campo eléctrico se usan para incorporar tal detector de radiación;

- la figura 7a es una vista esquemática de un multiplicador de electrones de gas de acuerdo con la presente invención que se inserta en un detector de radiación en particular, el multiplicador de electrones de gas de la invención opera por tanto como un amplificador previo para los electrones primarios;

- la figura 7b es una vista esquemática que representa sucesivos multiplicadores de electrones de gas de acuerdo con la presente invención que se integran en particular dentro de un detector de radiación principal, los multiplicadores de electrones de gas sucesivos operan por tanto como unos amplificadores previos separados para los electrones primarios;

- la figura 8a es una diagrama que representa el factor de amplificación que se obtiene para varias mezclas de gas que llenan un detector de radiación de acuerdo con la invención, se traza con este factor de amplificación con respecto al potencial de tensión que se aplica a una matriz de áreas de condensación del campo eléctrico local;

- la figura 8b es un diagrama que representa la altura de impulsos relativa obtenida de un detector de radiación de acuerdo con la invención que se forma por medio de una cámara MSGC en la cual se inserta un multiplicador de electrones de gas del modo indicado en la figura 7a y se traza la altura de impulsos relativos con respecto a la cuenta por unidad expresada en Hz/mm²;

- la figura 8c es un diagrama de unas medidas comparativas de la amplificación previa o el factor de amplificación de un multiplicador de electrones de gas de acuerdo con la invención en el caso de una mezcla seca de argón y dióxido de carbono y una mezcla húmeda del último se usa como gas que llena el detector de radiación de acuerdo con la invención, y se traza con el factor de amplificación o de amplificación previa con respecto al tiempo expresado en minutos;

- la figura 8d es una realización preferida para un área de condensación de campo eléctrico local en la cual la mejora del campo eléctrico a lo largo del eje central de simetría de esta área de condensación del campo eléctrico local se incrementa más además gracias a las cargas eléctricas permanentes que se implantan en zonas particulares de esta área de condensación del campo eléctrico local;

- la figura 9a es una vista frontal de un detector de radiación de acuerdo con la presente invención que está particularmente adaptado para que se use para experimentos cristalográficos;

- las figuras 9b y 9c son vistas frontales que representan una realización preferida de un detector de radiación de acuerdo con la presente invención que está adaptado más particularmente para la detección de radiaciones de ionización que se generan por las partículas en colisión aceleradas dentro de la vía del anillo de colisión de un acelerador del tipo sincrotrón, estas partículas aceleradas tienen por tanto unos niveles de energía muy altos;

- la figura 10 es una vista en sección transversal como la figura 3a de una realización no limitativa del detector de radiación de la invención que se dirige más particularmente a la detección de fotones.

En la presente especificación se da ahora a conocer el detector de radiación de acuerdo con la invención como un ejemplo no limitativo. Particularmente, se debería tener en cuenta que el detector de radiación de acuerdo con la invención se puede usar con las mismas ventajas en muchos tipos de aplicaciones tales como la radiografía, la medicina de formación de imágenes, y en un sentido más general cualquier tipo de radiación que se lleva a efecto para liberar unos electrones primarios en un gas.

El detector de radiación de acuerdo con la invención se da por tanto a conocer con referencia a las figuras 1a, 1b y 1c.

En los dibujos adjuntos, las mismas referencias designan los mismos elementos mientras que las dimensiones relativas de estos elementos no están representadas por el bien de una mejor comprensión del conjunto.

Del modo indicado en la figura 1a, el detector de radiación, de acuerdo con la invención es un detector del tipo en el cual los electrones primarios se liberan en un gas por radiaciones de ionización con estos electrones primarios que se hacen fluir a un electrodo colector por medio de un campo eléctrico. En las figuras antes mencionadas, el vector \vec{E} designa el campo eléctrico, (CE) designa el electrodo colector.

En general, el detector de radiación de la invención puede constar de un vehículo al que se refiere como (V) que contiene el gas en el cual los electrones primarios se liberan por una radiación de ionización incidente. En las figuras 1a, 1b y 1c, la radiación de ionización se designa como rayos X o rayos gamma que se generan de una fuente a la que se refiere como (S). Los rayos X o rayos gamma generados por la fuente (S) entran por tanto en el detector de radiación de la invención a través de una ventana de entrada a la que se refiere como (IW) y generan electrones primarios que se liberan en el gas contenido dentro del vehículo (V). La ventana de entrada (IW) tiene una superficie interior con un revestimiento metálico que consiste en general de una película metálica delgada, la cual, en operación, se pone a un potencial de flujo designado en adelante como (VD). Del modo indicado en la figura 1a, por ejemplo, el electrodo colector (CE), y la ventana de entrada (IW) y el electrodo de flujo (DE) pueden bien formar el vehículo (V) para contener el gas en el cual los electrones primarios se liberan por tanto con la colisión de la radiación de ionización. Estructuras ligeras a las que se refiere como (F₁, F₂) se pueden usar para formar el vehículo (V).

Como se muestra en las figuras 1a, 1b o 1c, el vehículo (V) está provisto además de una entrada de gas en adelante designada como (GI), y una salida de gas designada como (GO), las dos consisten en un tubo minúsculo de rosca que permite el llenado del vehículo (V) con una mezcla de gas en particular o gas dedicado como se dará a conocer en

mayor detalle más adelante en la descripción. La entrada de gas (GI) y la salida de gas (GO) pueden bien estar situadas en lados opuestos del vehículo (V) para asegurar el llenado adecuado de gas y su circulación.

Del modo indicado claramente en las figuras 1a, 1b y 1c, el detector de radiación de acuerdo con la invención incluye además un multiplicador de electrones de gas, en adelante designado como (GEM) y que lleva la referencia (1), este multiplicador de electrones de gas (1) que consta de al menos una matriz de áreas de condensación del campo eléctrico donde estas áreas de condensación del campo eléctrico designadas se indican cada una como (1_i).

En las figuras antes mencionadas, las áreas de condensación del campo eléctrico se distribuyen dentro de una superficie sólida que es sustancialmente perpendicular al vector del campo eléctrico (\vec{E}). Cada una de las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i) se adapta para producir una mejora de la amplitud del campo eléctrico local que sea adecuada para generar en el gas una avalancha de electrones de cada uno de los electrones primarios. El multiplicador de electrones de gas (1) opera por tanto como un amplificador de una ganancia dada para estos electrones primarios mientras que el electrodo colector (CE) permite una detección de la avalancha de electrones que se ha de llevar a cabo, del modo que se da a conocer más adelante en la especificación. Del modo indicado en las figuras 1a, 1b y 1c, la superficie sólida que forma la matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico pueden bien tener unas formas diferentes donde la forma del vehículo (V) que contiene el gas se adapta correspondientemente del modo indicado en las figuras antes mencionadas. Por tanto, en la figura 1a, la superficie sólida que incorpora el multiplicador de electrones de gas tiene una forma cilíndrica donde tanto la ventana de entrada (IW) como el electrodo de flujo asociado (DE) junto con el electrodo colector (CE) tienen la misma forma cilíndrica para desarrollar un vector de campo eléctrico radial (\vec{E}) que es sustancialmente perpendicular a esta superficie sólida cilíndrica que forma el multiplicador de electrones de gas (1).

En la figura 1b, por lo contrario a la figura 1a, el multiplicador de electrones de gas se forma por una superficie sólida que tiene una forma planar donde la ventana de entrada (IW) y su electrodo de flujo (DE) asociado junto con el electrodo colector (CE) están en paralelo entre sí, para formar una estructura planar. En consecuencia, el vector del campo eléctrico, el vector (\vec{E}), que se desarrolla entre el electrodo colector (CE) y la ventana de entrada y el electrodo de flujo (DE), son sustancialmente perpendiculares a la superficie sólida planar que incorpora el multiplicador de electrones de gas (1).

En la figura 1c, la superficie sólida que incorpora el multiplicador de electrones de gas (1) tiene una forma esférica donde esta superficie sólida está delimitada por intersecciones planares de esta superficie sólida. De la misma forma como en las figuras 1a y 1b, el electrodo colector (CE) y la ventana de entrada (IW) y su electrodo de flujo asociado (DE) tienen una forma esférica para desarrollar un vector de campo eléctrico (\vec{E}) que es sustancialmente perpendicular a la superficie sólida esférica correspondiente que incorpora el multiplicador de electrones de gas (1).

Del modo indicado en las figuras 1a, 1b y 1c, cada área de condensación del campo eléctrico (1_i) está representada para una mejor comprensión como consistente en un orificio en el cual la mejora de la amplitud del campo eléctrico local generado es sustancialmente simétrica en relación con un eje de simetría de esta área local de condensación. Esta mejora de la amplitud del campo eléctrico local está por tanto sustancialmente en un máximo en el centro de simetría de cada área local de condensación (1_i). De acuerdo con un aspecto en particular del detector de radiación de la invención, las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i) tienen sustancialmente una forma idéntica y están distribuidas de modo regular dentro de la superficie sólida sea cual sea su forma del modo indicado en la figura 1a a 1c para formar el multiplicador de electrones de gas (1).

Ahora se darán más detalles en relación con la estructura y el modo de operación del multiplicador de electrones de gas (1) que forma el detector de radiación de la invención con referencia a las figuras 2a, 2b y 3a, 3b.

La figura 2a representa una vista en sección transversal del detector de radiación de acuerdo con la invención del modo indicado en la figura 1a o la figura 1b donde esta vista de sección transversal está tomado a lo largo del plano de intersección (P) que se muestra en línea oculta en las figuras 1a y 1b mientras que la figura 2b es una vista en sección transversal a lo largo del plano de intersección (P) correspondiente indicado en línea oculta en la figura 1c.

Las figuras 2a y 2b difieren solo en la cantidad que los mismos elementos de la figura 2b se curvan debido a la forma esférica de la superficie sólida que incorpora el multiplicador de electrones de gas (1) y el electrodo colector (CE), la ventana de entrada (IW) y su electrodo de flujo asociado (DE). En cualquier caso, el electrodo colector (CE) está considerado que consiste como un ejemplo de almohadillas o tiras metálicas que se coloca sobre un cuadro de circuitos impresos para permitir la detección de las avalanchas de electrodos del modo mencionado anteriormente en la especificación.

Del modo indicado en las figuras 2a y 2b en una realización preferida del multiplicador de electrones de gas que forma el detector de radiación de la invención, la matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico (1), puede constar de un aislador de revestimiento metálico en lámina, al que se refiere como (10), en cada una de sus caras para formar un revestimiento metálico primero y segundo, a los que se refiere como (11 y 12) respectivamente, donde estos revestimientos de metal ponen en sándwich la lámina aislante (10) para formar una estructura en sándwich regular. La matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico además consta de una pluralidad de orificios pasantes

taladrados, a los que se refiere como (1_i), que atraviesan la estructura en sándwich regular del modo indicado en las figuras 2a y 2b para formar estas áreas de condensación del campo eléctrico.

Además, se adaptan unos medios de desviación para desarrollar un potencial de tensión de desviación que se aplica al primer y segundo revestimiento metálico (11, 12) para generar al nivel de cada uno de los orificios pasantes taladrados una área de condensación de campo eléctrico (1_i). En las figuras 2a y 2b, los medios de desviación se indican como (2) y se adaptan para desarrollar un potencial de diferencia indicado como (VGEM).

El modo de operación del detector de radiación de acuerdo con la invención y más particularmente el modo de operación del multiplicador de gas (1) que se muestra en las figuras 2a y 2b se da ahora a conocer con referencia a la figura 3a y la figura 3b.

Hablando en general, con la estructura en sándwich regular que se pone en operación sustancialmente perpendicular al vector del campo eléctrico (\vec{E}), el primer revestimiento metálico (11) forma por tanto una cara de entrada para los electrones de flujo mientras que el segundo revestimiento metálico (12) forma una cara de salida para cualquier avalancha de electrones que se genere al nivel de cada orificio pasante taladrado que forma una de las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i).

Con referencia a la figura 3a, las líneas del campo eléctrico que llevan el vector del campo eléctrico (\vec{E}) están representadas entre el electrodo de flujo (DE) y el multiplicador de electrones de gas (1), respectivamente el último y el electrodo colector (CE) mientras que las líneas del campo eléctrico que llevan el vector del campo eléctrico (\vec{E}') están representados entre el multiplicador de electrones de gas (1) y el electrodo colector (CE). Con el primer revestimiento metálico (11) y el segundo (12) colocados a un potencial de tensión conveniente, es decir un valor de diferencia de potencial de tensión continua, cada una de las áreas de condensación del campo eléctrico local (1_i), es decir cada orificio pasante taladrado, se comporta como un dipolo que de hecho superpone otro vector de campo eléctrico (\vec{E}') con este otro campo eléctrico que se dirige sustancialmente a lo largo de un eje de simetría de cada orificio pasante taladrado. Se debería tener en cuenta que las líneas del campo eléctrico están por tanto distorsionadas del modo indicado en la figura 3a o 3b al nivel de cada una de las áreas de condensación del campo eléctrico local (1_i).

Por el bien de la claridad y una mejor comprensión, las figuras 3a y 3b se muestran en ausencia de cargas eléctricas dentro de la zona de flujo y la región de detección que en tal caso corresponde completamente con la ausencia de radiaciones de ionización. Por ejemplo, cualquier superficie sólida virtual designada en adelante como (FT) que está delimitada por las líneas de campo eléctrico más exteriores que alcanzan una área de condensación del campo eléctrico local dado, del modo indicado en la figura 3a por ejemplo, delinea un tubo de campo eléctrico (FT) en el cual el flujo del campo eléctrico presenta un carácter conservador. Como consecuencia, está claro para cualquiera con unos conocimientos corrientes en la técnica correspondiente que la mejora del campo eléctrico al nivel de cada área de condensación del campo eléctrico local (1_i), se da por tanto correspondientemente con cualquier superficie a través de la que pasa el vector del campo eléctrico condensado (\vec{E}') que está en relación directa con la mejora del campo eléctrico resultante que por tanto es igual a la suma del vector de campo eléctrico original (\vec{E}) y el vector de campo eléctrico superpuesto (\vec{E}).

Debido al carácter simétrico de la estructura en sándwich con respecto al plano de simetría al que se refiere como plano (Q) en la figura 3a, cualquier superficie sólida virtual formada por las líneas de campo eléctrico más al exterior que alcanzan un área de condensación de campo eléctrico local (1_i) correspondiente se transfiere sustancialmente como una superficie sólida virtual simétrica formada por la línea del campo eléctrico que abandona la misma área de condensación de campo eléctrico local en la región de detección, del modo indicado en la figura 3a con respecto al mismo tubo de campo eléctrico (FT). Como consecuencia, se cumplen las previstas relaciones dadas entre el potencial de diferencia de tensión que se aplica al primer revestimiento metálico (11) y el segundo (12) que ponen en sándwich la lámina aislante (10) lo que se explicará más tarde en la especificación, está claro por tanto que la superficie sólida distorsionada de las líneas del campo eléctrico de la región de flujo está completamente restaurada dentro de la región de detección del modo indicado en la figura 3a. Se enfatiza además que mientras que el campo eléctrico (\vec{E}) dentro de la región de flujo y el campo eléctrico (\vec{E}'') dentro de la región de detección están sustancialmente en paralelo, pueden bien tener una amplitud de un valor diferente. Como ejemplo, la amplitud del campo eléctrico de la región de detección ($|\vec{E}''|$) se puede establecer a un valor mayor que la amplitud de campo eléctrico de la región de flujo ($|\vec{E}|$) para incrementar la velocidad de transferencia al electrodo colector para obtener por tanto unas señales más rápidas. Ocurre la misma situación en la figura 3b con la forma general de las líneas de campo eléctrico que se modifican solo por la forma esférica de la estructura de sándwich y más particularmente su forma circular del modo representado en la figura 3b.

Una realización preferida del multiplicador de electrones de gas que incorpora un detector de radiación de acuerdo con la presente invención se da ahora a conocer con referencia a las figuras 4a, 4b y más generalmente las figuras 4c a 4f. Del modo indicado por ejemplo en la figura 4a, el multiplicador de electrones de gas (1) puede consistir en una lámina aislante delgada a la que se refiere con (10) que es un revestimiento metálico en cada una de sus caras, se refiere por tanto al revestimiento metálico como (11 y 12) con referencia a las figuras 2a y 2b, la estructura en sándwich está por tanto formada, estando además atravesado más por una matriz regular de orificios minúsculos a las que se refiere como (1_i). Los valores típicos son de 25 a 500 μm de espesor para la lámina con el centro de los orificios minúsculos que están separados a una distancia comprendida entre 50 y 300 μm . Los minúsculos orificios pueden bien

5 tener un diámetro que está comprendido entre 20 y 100 μm . La matriz de los minúsculos orificios (1_i) se forma en general en el área central de una lámina aislante con una forma regular del modo indicado en la figura 4a. La lámina aislante (10) está por tanto provista con electrodos en cada una de sus caras a las que se refiere como (120 y 110), estos electrodos están por tanto adaptados para aplicar una diferencia de potencial entre los dos lados metálicos de la malla que incorpora la matriz de los minúsculos orificios. Por tanto la malla de compuesto se puede fabricar con tecnologías convencionales que se describirán más tarde en la descripción, es sencilla de instalar, fuerte y resistente a descargas accidentales.

10 La malla del modo indicado en la figura 4a se puede llevar a cabo por una tecnología de circuitos impresos convencionales. Como ejemplo, se imprimen dos películas o máscaras idénticas con el patrón de orificios deseados y se solapan en cada lado de la lámina aislante de revestimiento metálico (10) que se reviste previamente con una ligera resina sensible. La lámina aislante (10) puede consistir en un polímero tal como Kapton o similar, Kapton es una marca comercial registrada de Dupont de Nemours. Las exposiciones a la luz ultravioleta y el desarrollo de la resina expone
15 Las láminas se sumergen entonces dentro de un solvente adecuado para el polímero usado y los orificios hechos dentro de las láminas desde los dos lados por mordiente químico. Todo el proceso usa procedimientos industriales comunes y bien conocidos aunque un control preciso del parámetro del mordiente es esencial para obtener una malla reproducible. El método antes mencionado es adecuado para permitir la fabricación de la malla de una lámina aislante de un espesor comprendido entre 20 y 100 μm por ejemplo. Para las láminas aislantes de un espesor mayor, es decir de un
20 espesor comprendido entre aproximadamente 100 a 500 μm , también se pueden usar métodos standard alternativos de fabricación como el mordiente de plasma o la perforación láser y proporcionan resultados similares. Un método de interés particular parece ser la perforación láser ya que el proceso de la perforación de orificios se puede computar y controlar correspondientemente para obtener matrices de orificios minúsculos de una forma adaptada con respecto a la aplicación correspondiente.

25 Un detalle de la malla obtenida de esta forma está representado en la figura 4b. Aunque los orificios minúsculos mostrados en la figura 4b tienen una forma circular, bien pueden tener formas diferentes como se dará por tanto a conocer con referencia a las figuras 4c, 4d y 4e.

30 Estas figuras consisten en una vista frontal de la malla junto con una vista en sección transversal de esta vista frontal a lo largo de un plano que contiene el centro de simetría de dos orificios minúsculos sucesivos que forman la matriz de orificios minúsculos en la vista frontal correspondiente. Con referencia a las figuras 4b, 4c, 4d y 4e, cada orificio minúsculo está considerado como que esta incluido dentro de un diámetro de apertura del agujero que está comprendido entre 20 y 100 μm . Mientras que los orificios minúsculos del modo indicado en la figura 4b tienen una
35 forma circular con la dimensión más exterior de los orificios que se corresponde completamente con su diámetro de apertura, por lo contrario, los orificios minúsculos que se muestran en las figuras 4c y 4d corresponden completamente a agujeros cuadrados con ángulos redondeados donde los ángulos redondeados se corresponden con el diámetro de apertura del agujero del orificio.

40 Los ángulos redondeados permiten reducir el fenómeno de descargas eléctricas erráticas.

En la figura 4e, los orificios minúsculos están representados para corresponderse por completo con los orificios minúsculos que se muestran en la figura 4b. En las figuras 4c, 4d y 4e, los parámetros (P, D, d, T y S) designan:

45 (P) la distancia que separa dos centros de orificios minúsculos sucesivos;

(D) la dimensión más exterior de cualquier orificio minúsculo cuadrado;

(d) la dimensión más interior de cualquier orificio minúsculo cuadrado;

50 (T) el espesor de la lámina aislante (10),

(S) el espesor del revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) que incorporan la estructura en sándwich.

55 Unos valores correspondientes de los parámetros antes mencionados (P, D, d, T y S) se dan por tanto para las figuras 4c y 4d donde estas dimensiones se expresan en micrómetros.

Del modo indicado como ejemplo en las figuras 4c y 4d, cada orificio pasante taladrado (1_i) consiste en un orificio pasante taladrado que está formado por un primer y segundo orificio tronco-cónico taladrado. El primer orificio pasante tronco-cónico taladrado se extiende desde un primer revestimiento metálico (11) a una superficie intermedia de la estructura en sándwich regular a la que se refiere como el plano (Q) en la figura 3a, 3b y 4c, 4e. El segundo orificio tronco-cónico taladrado se extiende desde un segundo revestimiento metálico (12) a la misma superficie intermedia a la que se refiere como el plano (Q), los dos orificios tronco-cónicos taladrados que tienen una primera abertura circular de un diámetro de un valor dado como se ha mencionado previamente en la descripción al nivel del revestimiento metálico correspondiente (11 o 12). Los dos orificios tronco-cónicos taladrados se unen entre sí al nivel de la superficie intermedia (Q) de la estructura en sándwich regular que forma por tanto el orificio pasante taladrado correspondiente (1_i) del modo indicado en las figuras 4c y 4e. Con el mismo paso (P) de un valor dado como se ha mencionado anteriormente en la descripción, los orificios pasantes taladrados (1_i) que son idénticos en su forma y están distribuidos

ES 2 277 395 T3

de modo regular sobre todas las caras del revestimiento metálico de la lámina aislante (10) forman por tanto la matriz de los orificios minúsculos que incorporan la matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico local en operación.

En la figura 4d, se muestra otra realización particular de la matriz de orificios minúsculos de la invención en la cual cada uno de los orificios pasantes taladrados (1_i) tiene una sección transversal a lo largo de un plano longitudinal de simetría de este orificio pasante taladrado que tiene una forma cónica.

Los parámetros correspondientes se indican ahora con respecto a las figuras 4c a 4e en las cuales:

(P, T y S) designan por completo los mismos parámetros como en las figuras 4c y 4e, y

(D_1) designa la dimensión más exterior de un orificio minúsculo formado al nivel del primer revestimiento (11), por ejemplo;

(D_2) designa la dimensión más exterior de un orificio minúsculo cuadrado que está formado al nivel del segundo revestimiento (12);

(d_1) designa la dimensión más exterior para el orificio pasante taladrado dentro de la lámina del aislante (10) al nivel del primer revestimiento (11);

(d_2) designa la dimensión más exterior para el orificio pasante cuadrado taladrado a través de la lámina del aislante (10) y al nivel del segundo revestimiento metálico (12).

Estas dimensiones se indican en micrómetros. Estos valores de parámetros solo se indican en adelante como ejemplos de tamaño con referencia a los cuadros I, II y III que están relacionados con la figura 4c, la figura 4d y las figuras 4e, 4f respectivamente.

Cuadro I

P	D	D	T	s
140	110	60	50	15
200	130	70	50	18

Cuadro II

P	D1	D2	d1	d2	T	s
200	160	120	75	60	50	5

Cuadro III

P	D	D	T	d
200	130	100	50	18

Cada uno de los orificios pasantes taladrados (1_i) del modo indicado en la figura 4d consta por tanto de una abertura circular primera y segunda o una abertura sustancialmente circular para unos valores dados que son diferentes entre sí y por tanto forman un diámetro de apertura de orificio primero y segundo de un valor diferente al nivel del revestimiento primero (11) y segundo (12).

La figura 4f se refiere a otra realización particular en la cual cada uno de los orificios pasantes taladrados tiene una forma completamente circular, por todo el recorrido de paso. Las dimensiones dadas en la figura 4f pueden por tanto bien corresponder a los o indicados en la tabla III, donde (d) es por tanto igual a (D). Tal matriz del modo indicado en la figura 4f se puede obtener por perforación con láser.

Un modo más detallado de operación del multiplicador de electrones de gas (1) que incorpora el detector de radiación de la invención se da ahora a conocer con referencia a las figuras 5a, 5b y 5c.

En operación, cuando se aplica una diferencia de potencial entre el primer y segundo revestimiento metálico (11 y 12) de la malla, se crean unos campos eléctricos localizados muy elevados como vector (E'), mencionado anteriormente en la descripción dentro del canal abierto en los orificios minúsculos, del modo indicado en las figuras 3a, 3b y 5a, 5b, 5c.

La mejora del campo eléctrico del modo indicado en las figuras 3a o 5a, 5b es suficientemente grande para inducir una multiplicación de avalancha de cualquier electrón primario que entra en uno de los tubos de campo (FT) de la región de flujo del modo indicado en las figuras 3a, 3b o 5a.

La figura 5b representa la distribución de las líneas del campo eléctrico y las líneas potenciales al nivel de una área de condensación del campo eléctrico del multiplicador de electrones de gas (1) que incorpora un detector de radiación de acuerdo con el objeto de la invención, donde las líneas del campo eléctrico están representadas en líneas sólidas y las líneas potenciales en líneas ocultas. Se enfatiza particularmente que proporcionada una diferencia de potencial (VGEM) dada es aplicada al revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) del multiplicador de electrones de gas (1) que incorpora un detector de radiación de acuerdo con la presente invención, ninguna línea de campo eléctrico alcanza ni el revestimiento metálico primero y segundo (11 y 12) ni la lámina del aislante (10) como se muestra claramente en la figura 5b.

También se enfatiza con referencia a la figura 5c que la distribución del campo eléctrico a lo largo de un eje de simetría designado como $X'X$ en la figura 5b o 3a, 3b es sustancialmente simétrica con respecto a la superficie intermedia (Q) que es el plano de simetría con respecto a la figura 5b del modo indicado en la figura 5c. Se debería tener en cuenta que como no termina ninguna línea de campo desde la región de flujo salvo por el límite matemático entre las células o el tubo de campo (FT) en el electrodo superior, cualquier área de condensación del campo eléctrico local (I_i) proporciona por tanto una transmisión completa de cualquier electrón de flujo como una avalancha de electrones, el multiplicador de electrones de gas (1) que incorpora la detección de radiación de la invención proporciona por tanto una transmisión de cargas eléctricas completa y, en consecuencia, una transparencia eléctrica que se iguala sustancialmente a 1. Esta transparencia eléctrica se debería distinguir a lo largo de la transparencia óptica de la malla que incorpora el multiplicador de electrones de gas (1) ya que esta transparencia eléctrica sustancialmente igual a 1 se obtiene para una transparencia óptica de la malla que se define como la relación entre la superficie total de todos los orificios minúsculos que incorporan las áreas de condensación de campo eléctrico local sobre la superficie total de la lámina aislante del revestimiento metálico y por tanto está comprendida entre un 10% y un 50%. Se enfatiza además que la elevada densidad de los canales, es decir de los orificios minúsculos, reduce por tanto las distorsiones de la imagen a valores que son comparables a la expansión intrínseca debido a la difusión.

Una realización particular del detector de radiación de la invención se da ahora a conocer con referencia a la figura 6a.

La ganancia o el factor de amplificación de la radiación está en una relación directa con el rendimiento del factor de amplificación por el multiplicador de electrones de gas del modo dado a conocer en la descripción. Este factor de amplificación está en una relación directa a la mejora del campo eléctrico y más particularmente al valor de amplitud del campo eléctrico a lo largo del eje simétrico de la simetría ($X'X$) de cada orificio minúsculo que incorpora una área de condensación del campo eléctrico junto con la longitud de vía de la avalancha dentro de una área de condensación de campo eléctrico local y en consecuencia, el espesor de la lámina aislante de revestimiento metálico (10). Tanto en cuanto el espesor está abierto para alcanzar 100 μm con los orificios minúsculos taladrados gracias a un proceso de láser, del modo indicado anteriormente en la descripción, el factor de amplificación que se define como una relación del número de electrones de la avalancha de electrones que entran en la región de detección a un electrón primario da como rendimiento estos valores hasta por encima de 1000. Con una ganancia, o factor de amplificación de este tipo, el electrodo colector (CE) se adapta para operar a una ganancia unitaria en el modo de ionización por ejemplo. En este caso, este electrodo puede consistir en una pluralidad de ánodos elementales del modo indicado por ejemplo en las figuras de 1a a 1c, cada ánodo elemental consiste por ejemplo en una tira o una vía de material conductor que permite una detección electrónica de cada avalancha de electrones. Cada ánodo elemental del modo indicado por ejemplo en las figuras 2a y 2b se coloca en un potencial de referencia tal como un potencial de base y está conectado por medio de a un capacitor (CA) a un amplificador (A) adaptado para entregar una señal de detección a un dispositivo de detección que no se muestra en las figuras antes mencionadas. El dispositivo de detección no se da a conocer porque es bien conocido por cualquier persona con conocimientos corrientes en la técnica correspondiente.

Gracias a su transparencia eléctrica antes mencionada que se iguala sustancialmente a uno, el detector de radiación de la invención puede bien estar adaptado para llevar a cabo una detección de una posición o bien mono-dimensional o bidimensional. Para tal propósito, del modo indicado como un ejemplo no limitativo en la figura 2a, el electrodo colector (CE) puede estar provisto con ánodos elementales (ST_i) que se colocan sobre la cara de una lámina aislante o un cuadro de circuitos impresos que se enfrenta al multiplicador de electrones de gas (1), en caso de una detección mono-dimensional, donde cada uno de estos ánodos elementales consiste en una tira conductora eléctrica, estas tiras están por tanto en paralelo y se extienden a lo largo de una primera dirección. En caso de una detección bidimensional sin embargo, puede haber provisto otros ánodos elementales (ST_i) en el otro lado de la lámina aislante, y que están separados de los primeros, para formar unas tiras conductoras eléctricas que se extienden en paralelo a lo largo de una segunda dirección transversal a la primera. Las tiras conductoras (ST_i) que se enfrentan al multiplicador de electrones de gas (1) están de preferencia separadas de modo regular entre sí para cubrir un 50% solo de la superficie total del electrodo colector (CE), para permitir que cualquier avalancha de electrones generada en frente de cualquier ánodo

elemental (ST_i) que se enfrenta al multiplicador de electrones de gas (1) induzca también una señal de detección correspondiente sobre los ánodos elementales correspondientes (ST_i) que están enmascarados parcialmente por los últimos. La ganancia de los amplificadores de detección (A) que incorpora cada circuito de detección con el capacitor (CA) y el resistor (RA) puede bien estar establecida a valores diferentes adaptados para cada juego de electrodos elementales, para introducir un buen equilibrio de la señal de detección inducida sobre cada juego de electrodos elementales.

Para mejorar el rendimiento de ganancia del multiplicador de electrones de gas que incorpora un detector de radiación de acuerdo con la invención del modo indicado en la figura 6a, se puede usar una pluralidad de matrices sucesivas de las áreas de condensación del campo eléctrico, estas matrices están en una relación de cascada sobre la corriente de electrones primarios, dos matrices a las que se refiere como (GEM_1 y GEM_2) se muestran solo a efectos de una mejor comprensión en la figura 6a. Estas matrices sucesivas se ponen en paralelo entre sí, es decir en ausencia de la intersección, para definir matrices homotéticas sobre un centro común (C) que forma el detector de radiación del modo indicado en la figura 6a. Del modo, indicado en esta figura, se espacian dos matrices sucesivas entre sí a un valor de distancia de separación dado en una dirección que es paralela al campo eléctrico correspondiente. En consecuencia, el electrodo de flujo (DE), la primera matriz o el primer multiplicador de electrones de gas (GEM_1), la segunda matriz o el segundo multiplicador de electrones de gas (GEM_2) y las matrices sucesivas junto con el electrodo colector (CE) definen entre ellas los campos eléctricos sucesivos a los que se refiere como vector (E_{10}), vector (E_{21}), vector (E_{22}) y similares, cada campo eléctrico sucesivo permite que cualquier electrón primario o electrón de una avalancha de electrones fluya como un electrón primario a lo largo de la distancia de separación gracias a su correspondiente campo eléctrico.

El multiplicador de electrones de gas formado por las matrices sucesivas del modo mostrado en las figuras 6a y 6b coopera por tanto como un amplificador, la ganancia de lo cual es el producto del rendimiento de ganancia para cada matriz sucesiva. La figura 6b de hecho representa una forma planar del detector de radiación mostrado en la figura 6a. Se recuerda además que para formas planares del modo indicado en la figura 6b, el centro común (C) se encuentra de hecho a una distancia infinita.

El detector de radiación de la invención del modo que se ha dado a conocer hasta ahora con referencia a las figuras 1a a 6b opera por completo como un amplificador, cuyo electrodo colector (CE) opera a una ganancia de unidad y por tanto se puede hacer de un simple circuito impreso de tiras, muy barato, para el cual se obtiene la ganancia total o el factor de amplificación solo del multiplicador de, electrones de gas, o bien de un multiplicador de electrones de gas simple o de uno múltiple del modo indicado en las figuras 6a y 6b.

Ahora se da a conocer otro modo de incorporar el detector de radiación de la invención, en el cual el multiplicador de electrones de gas (1) se inserta en un detector principal que tiene su propia ganancia con referencia a las figuras 7a y 7b. El detector principal, de un modo general, puede consistir en un ejemplo no limitativo, como una cámara de gas de micro-tiras, bien conocida, designada en adelante como (MSGC), o una cámara de alambres múltiples proporcional. Del modo indicado en la figura 7a en el caso de un (MSGC), el electrodo colector (CE) consiste ahora en unos electrodos de ánodo sucesivos designados como (AN) y electrodos de cátodo, a los que se refiere como (CO), que están intercalados y distribuidos sobre un soporte dieléctrico para formar el electrodo colector (CE). Cada uno de los electrodos de ánodo (AN) está conectado al potencial de referencia al que se refiere como el potencial de base a través del resistor (RA) y a un amplificador (A) para permitir la detección mientras que cada uno de los electrodos de cátodo (CO) está conectado a un generador de potencial de desviación (VC), la cámara (MSGC) tiene por tanto su propia ganancia dependiendo de la ganancia que es el rendimiento a través de la amplificación entre cada uno de los electrodos de cátodo y los electrodos de ánodo. Como se muestra más en la figura 7a, un multiplicador de electrones de gas (1) se inserta además entre el electrodo de flujo (DE) y el electrodo colector (CE) para definir una primera región de flujo, ($Flujo_1$), y una segunda región de flujo, ($Flujo_2$), que están separadas entre sí por el multiplicador de electrones de gas (1).

Mientras que los contadores proporcionales, las cámaras de alambres múltiples, y las cámaras de gas de micro-tiras, todos explotan el proceso básico de amplificación de la multiplicación de avalanchas de electrones, pero solo difieren en su geometría y sus rendimientos, el factor de amplificación máximo que se puede alcanzar con seguridad depende de muchos parámetros y está limitado por la probabilidad de una descarga peligrosa catastrófica en el caso de ganancias demasiado grandes, es decir que se usan unas tensiones demasiado elevadas.

Como ejemplo, la cámara de gas de micro-tiras que se hace con sus tiras metálicas delgadas y frágiles parece particularmente expuesta a daños por descarga. Los circuitos electrónicos sofisticados conectados a las tiras tales como el amplificador (A) del modo indicado en la figura 7a, también se pueden dañar de modo irreversible por estas descargas.

La inserción de un multiplicador de electrones de gas (1) del modo indicado en la figura 7a dentro de por ejemplo una cámara de gas de micro-tiras con el multiplicador de electrones de gas insertado en la vía de los electrones que fluyen en el gas bajo el efecto de un campo eléctrico moderado se lleva a cabo para tirar de los electrones primarios que se generan en la primera región de flujo, ($Flujo_1$), dentro de los orificios minúsculos que forman las áreas de condensación del campo eléctrico local y de multiplicarlos en una avalancha en el campo eléctrico local elevado y por tanto empujarlos afuera desde el otro lado, es decir en la segunda región de flujo, ($Flujo_2$), donde los electrones primarios se multiplican por un factor de muchos cientos.

El multiplicador de electrones de gas (1) de la invención opera por tanto como un amplificador previo de una ganancia dada para los electrones primarios corriente arriba del electrodo colector (CE) del detector de radiación.

Los potenciales de desviación proporcionados que se colocan en el electrodo de flujo (DE) y el electrodo colector (CE), particularmente en el electrodo de cátodo (CO) y el primer y segundo revestimientos metálicos (11 y 12) del multiplicador de electrones de gas (1) del modo indicado en la figura 7a son independientes, una configuración de este tipo permite una operación independiente del multiplicador de electrones de gas (1) y la cámara de gas de micro-tiras o la cámara proporcional de alambres múltiples al igual que una inyección controlada de electrones de ionización dentro del multiplicador de electrones de gas (1) de amplificación previa.

Tal modo de operación se llama modo de amplificación previa y se puede usar para incrementar ampliamente las cargas eléctricas que se han de detectar. Combinado con una cámara de gas de micro-tiras o de alambres múltiples, lo hace mucho más sencillo y más seguro para detectar pequeñas cantidades de cargas eléctricas. Mientras que la combinación de un multiplicador de electrones de gas (1) adaptado a una cámara proporcional de alambres múltiples o una cámara de gas de micro-tiras de una forma correspondiente se puede llevar a cabo con estas formas correspondientes con unas formas esféricas o cilíndricas, el modo de amplificación previa de operación del módulo de electrones de gas (1) de la invención parece del interés más alto en el caso de una cámara proporcional de alambres múltiples o de una cámara de gas de micro-tiras de una estructura planar, el multiplicador de electrones de gas (1) en tal caso corresponde también a una estructura planar del modo indicado en la figura 7a.

Según las figuras 6a o 6b en las que el multiplicador de electrones de gas opera en un modo de amplificación, que combina varios multiplicadores de electrones de gas sucesivos del modo indicado en la figura 7b parece de máximo interés en cuanto a que estos multiplicadores de electrones de gas estén adaptados para operar de modo independiente ya que es por tanto posible lograr unas grandes ganancias en incremento en una sucesión de elementos donde cada uno de los elementos está colocado de modo individual a un factor de amplificación moderado y por tanto intrínsecamente más seguro de operar. De modo indicado en la figura 7b, se muestran dos multiplicadores de electrones de gas sucesivos, a los que se refiere como (GEM₁) y (GEM₂) para incorporar un multiplicador de electrones de gas resultante donde cada multiplicador de electrones de gas (GEM₁, GEM₂) se ajusta para dar como rendimiento una ganancia o factor de amplificación de 100. El factor de amplificación resultante es por tanto el producto de cada ganancia, entonces, como consecuencia, tiene un valor que se iguala a 10.000.

Independiente de su modo de operación, para operar el detector de radiación de la invención que se muestra en las figuras 6a, 6b o 7a, 7b, los potenciales de tensión se pueden establecer a los siguientes valores:

- las tiras conductoras de los electrodos colectores (CE) de las figuras 6a o 6b al potencial de referencia al que se refiere como el potencial de base;

- el ánodo (AN) del electrodo colector (CE) de las figuras 7a o 7b al potencial de referencia.

Todos los otros potenciales de tensión se establecen con respecto al potencial de base o de referencia. Los siguientes valores potenciales se indican como un ejemplo no limitativo para una mezcla de gas A-CO₂ (argón-dióxido de carbono), del modo indicado en la figura 8a, dada la geometría del multiplicador de electrones de gas que incorpora una lámina aislante (10) de un espesor de 50 μ m y orificios minúsculos de 100 μ m de diámetro, este multiplicador de electrones de gas se opera con esta mezcla de gas que está a una presión atmosférica. El cambio de cualquier parámetro implicaría unos cambios correlativos en las gamas de los valores del potencial de la tensión.

- el potencial de cátodo (VC) a cada electrodo de cátodo (CO) en la figura 7a o 7b, $V_c = -500$ V;

- (V_4) se establece entre -100 V y -1000 V

- (V_3) se establece entre -600 V y -1500 V con $V_{GEM} = -500$ V

- (V_2) se establece entre -1600 V y -2300 V

- (V_1) se establece entre -2100 V y -2800 V con $V_{GEM} = -500$ V

Las distancias que separan el multiplicador de electrones de gas del electrodo de flujo, o el electrodo (CE) sucesivo se establecieron a 3 mm.

Un detector de etapas múltiples de acuerdo con la invención que opera en o bien el modo de amplificación o el modo de amplificación previa es por tanto funcionalmente equivalente a un foto-multiplicador de dinodos múltiples, salvo que opera en un entorno gaseoso, mientras que cada elemento de matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico local tiene una ganancia mucho más grande.

Comparado con dispositivos de gas similares llevados a cabo con mallas metálicas extendidas en paralelo, las llamadas placa paralela y cámaras de pasos múltiples, el multiplicador de electrones de gas que es el objeto de la invención es completamente auto-estable ya que el intervalo de multiplicación y por tanto la ganancia se mantienen sustancialmente constantes por el espesor fijo de la lámina aislante independiente del lugar preciso del multiplicador

de electrones de gas dentro del detector o del detector principal. Además, no se necesitan unas estructuras de soporte pesadas, esto simplifica en gran medida la construcción e incrementa la fiabilidad mientras que reduce los costes.

Las mediciones experimentales extensivas se 1 llevaron a cabo con varios tipos y modelos de multiplicadores de electrones de gas, como mallas independientes que operan en un modo de amplificación o en combinación con los detectores principales y se han descrito en los documentos que se relacionan a continuación:

- Métodos de Instrumentos Nucleares, Métodos en la Investigación Física, A386 (1997)531; F. Sauli;

- Ciencia Nuclear de Trans. IEF NS-(1997); R. Bouclier, M. Capeans, W. Dominik, M. Hoch, J-C. Labbe, G. Million, L. Rope-Lewski, F. Sauli y A. Sharma;

- CERN-PPE/97-32; R. Bouclier, W. Dominik, M. Hoch, J-C. Labbe, G. Million, L. Ropelewski, F. Sauli, A. Sharma y G. Manzin;

- Progreso con los Multiplicadores de Electrones de Gas, CERN-PPE/97-73; C. Buettner, M. Capeans, W. Dominik, M. Hoch, J-C. Labbe, G. Manzin, G. Million, L. Ropelewski, F. Sauli, A. Sharma.

Durante estas mediciones experimentales, se han observado unos factores de amplificación previa por encima de 100 en muchos gases y mezclas de gas de gases nobles tales como helio, argón, xenón o similares con amortiguadores orgánicos o inorgánicos como dióxido de carbono, metano y éter de dimetilo. La figura 8a da algunos ejemplos del factor de amplificación del multiplicador de electrones de gas que se traza en relación con la diferencia de potencial que se aplica al primer y segundo revestimientos metálicos (11 y 12) que incorpora un multiplicador de electrones de gas (1) de acuerdo con la invención. Los resultados experimentales del modo indicado en la figura 8a se indican para una primera mezcla de:

Argón y éter de dimetilo, en adelante designado como A_DME con un 90% de argón y un 10% de (DME);

Argón y dióxido de carbono, en adelante designado como A_CO₂ con una relación de un 90% de argón y un 10% de CO₂;

Helio y metano, en adelante designado como He_CH₄ con una relación de un 70% de helio y un 30% de metano;

Argón y éter de dimetilo, en adelante designado como A_DME con una relación de un 50% de argón y un 50% de (DME).

Las relaciones anteriores se indican como relaciones de volumen.

La diferencia de tensión que se aplicó al primer revestimiento metálico (11) y al segundo (12) estaba comprendida entre 200 y aproximadamente 600 voltios, en adelante designada como V_{GEM}.

La mayoría de las mediciones se han llevado a cabo a una presión atmosférica conveniente para la fabricación y la operación de detectores ligeros y seguros pero un rendimiento correcto a una presión entre unos pocos milibares y 10 bares revelaron satisfactorios.

Una propiedad fundamental del multiplicador de electrones de gas que incorpora un detector de radiación de acuerdo con la invención parece ser la amplia gama de fuerzas de campos eléctricos que se pueden aplicar por encima de la malla que forma la matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico local sin afectar al rendimiento real de la ganancia. Tal propiedad parece ser de la mayor importancia debido a que hace al multiplicador de electrones de gas de la invención casi insensible a grandes variaciones mecánicas en los electrodos que lo rodean. Como consecuencia, tal propiedad permite la elección del campo de flujo para los requerimientos físicos óptimos como el valor de la velocidad de flujo de los electrones, la difusión y el tiempo de recogida.

Una preocupación de aplicación de una carga elevada es el comportamiento del multiplicador de electrones de gas que incorpora el detector de radiación de acuerdo con la presente invención bajo una condición de grandes corrientes detectadas. Mientras que la mayoría de las cargas eléctricas, electrones e iones positivos, fluyen suavemente en el canal de gas abierto sin afectar a la operación, algunas cargas de dispersión se pueden acumular en la superficie del aislador donde estas cargas de dispersión distorsionan el campo y por tanto la ganancia obtenida de esta forma. Se ha demostrado sin embargo que una conductividad de superficie muy pequeña en el canal, que se obtiene simplemente por la adición al gas de una cantidad pequeña, que no excede de un 1%, de vapor de agua, estabiliza completamente la operación hasta los flujos de rayos X detectados de 10⁷ Hz cm⁻² o más.

Otros métodos para incrementar la conductividad de superficie al valor deseado se han investigado tal como la implantación de iones o la evaporación al vacío de capas semiconductoras. Por tanto se ha observado que el uso de una lámina polimérica que incorpora la lámina aislante (10) con una resistividad intrínseca entre 10¹² y 10¹³ Ω x cm solucionaría de modo adecuado el problema de carga de un modo natural.

Como consecuencia, como se muestra en la figura 8d, cada orificio minúsculo u orificio pasante taladrado (1:) está provisto con una superficie lateral interna que está delimitada por la lámina aislante (10). Como se muestra claramente en la figura 8d, esta superficie lateral consta de preferencia de una zona local con una resistividad intrínseca entre 10^{12} y $10^{13} \Omega \times \text{cm}$. De un modo no limitativo, como se muestra en la figura 8d, esta zona local está considerada que cubre la porción extrema del orificio pasante tronco-cónico taladrado en el cual las cargas eléctricas tales como los iones positivos se han introducido por ejemplo por medio de una implantación de iones.

Con referencia a la figura 8d, está claro para alguien con unos conocimientos corrientes en la técnica correspondiente que, gracias a la presencia de las cargas eléctricas positivas que se implantan en la parte extrema del perfil tronco-cónico de la lámina aislante donde éstas cargas eléctricas se distribuyen sustancialmente con la misma concentración por toda la periferia del orificio minúsculo, es decir en la vecindad del plano medio o plano de simetría (Q) que ya se mencionó con referencia a la figura 5b, las líneas del campo eléctrico se hacen muy estrechas al nivel del plano intermedio o plano de simetría (Q) mostrado en la figura 8d donde el campo eléctrico se está incrementando de esta forma correspondientemente gracias al carácter conservador de su flujo dentro de la superficie sólida modificada o el tubo de campo (FT) por medio de la presencia de las cargas eléctricas implantadas.

Para detectar la cantidad de cargas eléctricas que se liberan dentro de un gas por unos rayos X blandos o partículas rápidas, alrededor de 100 electrones, unos factores de amplificación de 10000 o así son necesarios, dadas las limitaciones de los modernos componentes electrónicos altamente integrados. Esto se puede lograr con seguridad por la combinación de una malla de multiplicador de electrones de gas con un factor de amplificación de 100 junto con una cámara de gas de micro-tiras o de alambres múltiple operado con seguridad también a una ganancia de 100. La naturaleza discreta de los electrodos en el detector principal que son alambres o tiras permite entonces lograr la localización de la avalancha de electrones.

También está claro para alguien con conocimientos corrientes en la técnica correspondiente que esto también se puede lograr por medio de un detector de radiación que opera como un amplificador en el cual el electrodo colector (CE) se pone a una ganancia unitaria tanto en cuanto el multiplicador de electrones de gas (1) sea suficientemente grueso para dar como rendimiento el valor correspondiente del factor de amplificación igual a 10000 donde el espesor de la estructura sándwich está por tanto abierto para alcanzar un espesor sustancialmente igual a $500 \mu\text{m}$, o por un multiplicador de electrones de gas de una etapa múltiple, del modo indicado en la figura 6a o 6b por ejemplo.

Otra propiedad fundamental del multiplicador de electrones de gas que incorpora el detector de radiación de la invención es su capacidad de una carga elevada mientras que la ganancia o la altura de impulsos relativos del detector de radiación se mantiene sustancialmente a un valor constante sobre toda la gama de cargas.

Mientras que la ganancia del multiplicador de electrones de gas de acuerdo con la presente invención se ha definido como la relación del número de electrones en la avalancha de electrones que sale de la cara de salida al número de electrones de los electrones primarios o los electrones que entran en la cara de entrada al nivel de cada área de condensación local de la matriz que incorpora el multiplicador de electrones de gas, un modo de operación para evaluar tal ganancia puede consistir, como un ejemplo, para medir el factor de amplificación previa o el factor de amplificación que se define como una relación de la altura de impulsos más probable entre los espectros transferidos y directos para la línea de 5,9 keV radiada por una fuente externa de ^{55}Fe .

Como se muestra en la figura 8b, la altura de impulsos relativos (PH) se traza con respecto a la carga expresada en Hz/mm^2 en tres modos de operación de un multiplicador de electrones de gas insertado dentro de un detector principal que consiste en una cámara de gas de micro-tiras en las siguientes situaciones:

- solo una cámara de gas de micro-tiras,
- solo un multiplicador de electrones de gas, y
- una cámara de gas de tiras múltiples y un multiplicador de electrones de gas unidos.

Los resultados que se muestran en la figura 8b confirman claramente la capacidad de altas cargas porque la ganancia de carga permanece esencialmente constante dentro de un porcentaje reducido hasta la carga máxima que se podría lograr, alrededor de $10^5 \text{ Hz}/\text{mm}^2$, independiente del modo de operación, demostrando por tanto la ausencia de la carga inducida por iones a corto plazo o los efectos de espacio de carga en las áreas de condensación de campo eléctrico local.

También se debería observar que la fracción de iones que receden dentro y a través de las áreas de condensación del campo eléctrico local del multiplicador de electrones de gas depende de las tensiones aplicadas. En el modo de operación de la ganancia unitaria de la cámara de gas de micro-tiras donde el multiplicador de electrones de gas está operativo solo, no se producen iones positivos en el volumen de gas más bajo y presumiblemente no hay problemas de envejecimiento y de carga del sustrato.

Otra propiedad fundamental del detector de radiación de acuerdo con la presente invención que se incorpora por medio de un multiplicador de electrones de gas se refiere por completo a la ausencia de desviaciones de ganancia dependientes del tiempo.

Mientras que la presencia de un material aislante cerca de los canales de multiplicación o los orificios minúsculos, está abierta para la introducción de la posibilidad de desviaciones de ganancia dinámicas debido a la deposición de cargas eléctricas y la modificación consecuente de los campos eléctricos, esta desventaja se puede vencer por tanto por completo como ya se ha mencionado anteriormente en la descripción, o bien por el uso de una mezcla de gas húmeda en la cual se ha introducido una porción dada de vapor de agua o por dar valores particulares de conductividad eléctrica a unas zonas dadas de la parte interna de cada orificio minúsculo que forma una área de condensación de campo eléctrico local correspondiente, del modo mencionado anteriormente en la descripción.

Con respecto a esta última solución que consiste por ejemplo en la implantación de iones positivos como se muestra en la figura 8d, también se enfatiza que se origina que se repelen las cargas positivas que se generan posiblemente por la avalancha de electrones hacia el eje de simetría (X^+X) del modo indicado en la figura 8d, permitiendo con ello que se reduzca el fenómeno de carga de la superficie lateral interna de la lámina aislante porque los electrones de la avalancha de electrones están poco afectados por la presencia de los iones implantados. Las cargas eléctricas residuales que se cargan por la superficie lateral interna de la lámina aislante ha reducido por tanto drásticamente su contribución a la distorsión del campo eléctrico total, por tanto el fenómeno de carga se vence.

La figura 8c muestra la variación del factor de amplificación de impulsos de un multiplicador de electrones de gas (1) de acuerdo con el objeto de la presente invención, donde este factor de amplificación está trazado a lo largo del tiempo durante el cual el multiplicador de electrones de gas (1) está conectado realmente, expresándose el tiempo en minutos.

La curva (I) correspondiente se da para un multiplicador de electrones de gas operado con una diferencia de potencial aplicada al revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) de la estructura en sándwich que se puso a 420 voltios con el detector de radiación llenado con una mezcla de gas de argón y dióxido de carbono a una relación de un 72%/28%.

El fenómeno de carga surge para llevar a cabo el incremento del factor de amplificación de impulsos para un valor inicial que se iguala a 40 hasta un valor mayor que o sustancialmente igual a 52 después de 20 minutos que está conectado el detector de radiación.

La curva correspondiente (II) se da para el mismo detector de radiación como el que se usó para obtener la curva (I) salvo que la mezcla de gas está además provista de vapor de agua a un 0,35% de adición.

La curva (II) muestra claramente el carácter completamente constante del factor de amplificación de impulsos que se iguala sustancialmente a 40 mientras que el detector de radiación de la invención está conectado, que es del principio al final del experimento, 50 minutos más tarde.

Se debería entender por tanto que después de la adición del vapor de agua, la resistividad inter-electrodos de la malla del multiplicador de electrones de gas se reduce gradualmente por un factor de 10, desde 100 a 10 G Ω , y luego permanece constante. Teniendo en cuenta el área total de los canales y en particular de los orificios minúsculos que incorporan los últimos, esto indica claramente que una resistividad de superficie de alrededor de 10^{16} Ω /cuadrado es suficiente para eliminar el fenómeno de carga como las cargas más elevadas. El valor original de resistividad al igual que el final después de la introducción del agua depende del área total y del número de orificios minúsculos. Los valores precedentes se refieren a un multiplicador de electrones de gas (1) de 10 x 10 cm² provisto con aproximadamente 5 x 10⁵ orificios minúsculos.

Realizaciones particulares bien adaptadas a unas aplicaciones específicas se describen ahora con referencia a las figuras 9a, 9b y 9c.

Cada una de las realizaciones antes mencionadas está bien adaptada para operar o bien en el modo de amplificación o de amplificación previa del modo dado a conocer anteriormente en la descripción. Se enfatiza además que el modo de amplificación puede bien ser preferido para aplicaciones en las cuales se han de investigar unas radiaciones de ionización de un nivel de energía muy elevado.

Correspondientemente, la figura 9a muestra el detector de radiación de la invención en el cual está provista la estructura en sándwich que forma un multiplicador de electrones de gas (1) y que tiene una forma esférica. Este detector de radiación puede bien corresponder al que se muestra en la figura 1c con la forma externa del detector de forma circular del modo indicado en la vista frontal de la figura 9a. Este detector, de radiación está adaptado para ensayos cristalográficos en los cuales los rayos X se dirigen a un cristal, el detector de radiación de la invención está por tanto adaptado para permitir una detección por completo del patrón de difracción generado por la colisión de los rayos X sobre el cristal. Como se muestra claramente en la figura 9a, los orificios pasantes taladrados que forman las áreas de condensación del campo eléctrico están distribuidos de modo regular solo sobre una parte de las caras del revestimiento metálico de la lámina aislante para formar al menos una zona de detección ciega a la que se refiere como (BZ) para el detector de radiación. La zona de detección ciega tiene por tanto una forma sustancialmente esférica y está situada en la parte central de la estructura en sándwich con los orificios pasantes taladrados distribuidos alrededor de esta zona de detección ciega para permitir solo la detección del patrón de difracción de esta zona de detección ciega. Particularmente en el caso que el detector de radiación de la invención del modo indicado en la figura 9a se use en el modo de amplificación, es decir en ausencia de una cámara de micro-tiras o de alambres múltiples como

el amplificador final, permite adaptar la forma del electrodo colector (CE) a las necesidades donde este electrodo por ejemplo consiste en tiras, almohadillas o anillos, los anillos están particularmente adaptados en el caso de mediciones de difracción de cristal. En la figura 9a, se muestran los anillos que forman el electrodo colector (CE) en línea oculta para una mejor comprensión y claridad de los dibujos.

Las figuras 9b y 9c se ocupan de los detectores de radiación de acuerdo con la presente invención, que son adaptados y más particularmente adecuados para aceleradores compuestos de dos sincrotrones o aceleradores de anillos de colisión de partículas de energía muy elevada como la que está funcionando en el CERN (Centro Europeo de Investigación Nuclear) en Ginebra, Suiza. En las figuras 9b y 9c el acelerador de anillos de colisión, debido a su muy elevado radio de curvatura, está representado como una porción recta. Como se muestra en las figuras 9b y 9c, el multiplicador de electrones de gas que incorpora el detector de radiación de acuerdo con la invención consta de una superficie sólida hecha de superficies sólidas elementales adyacentes, cada superficie sólida elemental forma un multiplicador de electrones de gas elemental que consta de al menos una matriz de área de condensación de campo eléctrico para formar detectores elementales a los que se refiere como (RD₁ a RD₉). Los detectores elementales se unen entre sí para formar un detector de radiación tridimensional que rodea el acelerador de anillos de colisión del modo indicado en las figuras 9b y 9c.

El detector tridimensional mostrado en la figura 9b tiene una forma esférica y está formado de detectores de radiación elementales que tienen cada uno una forma esférica y corresponden por completo al detector de radiación de acuerdo con la presente invención que se muestra en la figura 1c con unos detectores elementales (RD₁, RD₂, RD₃ y RD₄) diseñados para formar un casquete mientras que los otros detectores elementales están diseñados como parte de un volumen correspondiente con una forma esférica. Los detectores elementales (RD₂ y RD₃) pueden bien estar provistos con una zona de detección ciega central, como ya se ha indicado en la figura 9a, esta zona de detección ciega está además taladrada para permitir que el acelerador de anillos de colisión pase a través de ello. Cada detector de radiación elemental puede estar fabricado como el detector de radiación mostrado en la figura 1c por termo-formación de todas las partes que lo constituyen, tales como la ventana de entrada y el electrodo de flujo, la estructura en sándwich y el electrodo de colisión (CE) junto con las estructuras intermedias que son necesarias para formar cualquier detector de radiación o detector de radiación elemental de acuerdo con la presente invención. Del modo indicado en la figura 1a o 1c, para incorporar un detector de radiación elemental del modo indicado en la figura 9b o 9c, la entrada de gas y la salida de gas (GI y GO) se pueden retirar y sustituir por orificios pasantes taladrados donde los orificios pasantes taladrados forman la entrada de gas y la salida de gas de dos detectores de radiación elementales adyacentes y vecinos, tales como (RD₂ y RD₃) en la figura 9b, estos orificios pasantes taladrados están colocados para que se enfrenten el uno al otro y para estar sellados por medio de juntas en (O). Los electrodos terminales que se adaptan para aplicar el potencial diferencial a la cara de entrada y la cara de salida formadas por el revestimiento metálico primero y segundo (11 y 12) del modo indicado en las figuras 1a y 1c, se reducen y se adaptan para permitir una mayor interconexión del revestimiento metálico primero y segundo respectivamente de dos detectores de radiación elementales adyacentes y sucesivos, aplicándose por tanto la misma tensión de potencial diferencial a cada multiplicador de electrones de gas que incorpora cada detector de radiación elemental que dan como consecuencia un rendimiento de la misma ganancia.

Como se muestra más en la figura 9a, una entrada de gas (GI), y una salida de gas (GO) generales están provistas de preferencia situadas cerca de la zona ciega en la vecindad del acelerador de anillos de colisión. Lo mismo para los electrodos (110 y 120), uno de estos electrodos está solo previsto por tanto para permitir que se aplique una misma potencia de tensión de diferencia (VGEM) a cada revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) elementales.

La figura 9c está dirigida a un detector de radiación tridimensional que tiene una forma sustancialmente cilíndrica en las extremidades del cual están a tope dos detectores de radiación semi-esféricos elementales. Los dos detectores de radiación semi-esféricos elementales pueden bien consistir en uno o varios detectores de radiación elementales designados en adelante como (RD₁, RD₂, RD₈ y RD₉), donde los detectores de radiación elementales (RD₁ y RD₉) juegan el mismo papel que los detectores elementales (RD₂ y RD₃) en la figura 9b. La longitud de la parte cilíndrica del modo indicado en la figura 9c puede extenderse a lo largo del acelerador de anillos de colisión durante varios metros donde esta parte cilíndrica consiste en varios detectores de radiación elementales adyacentes designados en adelante como (RD₃ a RD₇). Para permitir que se operen detectores de radiación tridimensionales de grandes dimensiones, la parte interior de estos detectores, del modo indicado en las figuras 9b y 9c pueden bien estar llenados afuera de la ventana de entrada de cada detector de radiación elemental con una espuma que es sustancialmente transparente a los rayos X o gamma de una energía muy elevada.

Se ha dado a conocer por tanto un detector de radiación de una eficiencia muy elevada, de acuerdo con la presente invención, en el cual se puede usar un multiplicador de electrones de gas en el campo de los experimentos de partículas elementales.

Hablando en general, la incorporación de un detector de radiación de acuerdo con la invención que opera en un modo de amplificación previa con el multiplicador de electrones de gas montado dentro de una cámara de gas de micro-tiras por ejemplo, permite operar un dispositivo tan sofisticado pero frágil en unas condiciones mucho más seguras.

De hecho se llevaron a cabo varios nuevos experimentos que incorporan un multiplicador de electrones de gas de acuerdo con el objeto de la invención.

ES 2 277 395 T3

Un primer nuevo experimento aprobado, en adelante designado como HERA-B en DESY en Hamburgo, Alemania, (DESY, para Sincrotrón de Electrones Alemán) calificó y adoptó el multiplicador de electrones de gas de la invención, para mejorar la fiabilidad del detector de localización principal de una carga elevada.

5 Un segundo nuevo experimento aprobado, en adelante designado como COMPASS en CERN, adoptó la tecnología de multiplicador de electrones de gas de acuerdo con la invención por motivos similares.

Otro nuevo experimento propuesto designado como FELIX y dirigido en el CERN (Centro Europeo de Investigación Nuclear) en Ginebra se lleva a cabo para mejorar los detectores de radiación que operan en el modo de
10 amplificación en la geometría cilíndrica.

Otro detector, en adelante designado como HELLAZ, está propuesto para el experimento de grandes rayos cósmicos en el laboratorio italiano bajo el GRAN SASSO con el objetivo de lograr ganancias suficientemente grandes para detectar electrones individuales.

15 Otro uso particular del multiplicador de electrones de gas de la invención también puede consistir en evitar la transmisión de electrones y/o iones a través del control de tensiones externas. Como se muestra por ejemplo en la figura 2a o 2b, la fuente de desviación (2) puede bien consistir en dos generadores de tensión de detención de una polaridad opuesta que se puede conmutar por medio de un conmutador común (K). La operación del conmutador
20 (K) permite que se invierta el potencial de tensión diferencial (VGEM) para permitir que se evite la transmisión de electrones y/o de iones, operando la estructura en sándwich por tanto como una portilla activa, por tanto el campo eléctrico mejorado es suficientemente fuerte para repeler las cargas eléctricas dadas de iones o electrones.

Otra realización del detector de radiación de acuerdo con el objeto de la presente invención se da ahora a conocer
25 con referencia a la figura 10.

Esta realización está dirigida más particularmente a un detector de radiación para fotones que se emiten por una fuente externa.

30 El principio de operación del multiplicador de electrones de gas (1) que es el objeto de la presente invención que opera como un detector de fotones se basa en las propiedades específicas siguientes de su estructura:

- una transparencia eléctrica controlada, de 0 a 1, que de hecho depende de los potenciales de tensión que se aplican sobre varios electrodos de una estructura compuesta que opera o bien como un amplificador o como un amplificador
35 previo y que incluye por tanto un multiplicador de electrones de gas del modo dado a conocer anteriormente en la descripción;

- una transparencia óptica de geometría controlada de aproximadamente un 10% a un 50% que se obtiene por patrones apropiados durante la fabricación;

40 - una operación demostrada con una ganancia en gases puros e inertes que resulte de hecho inofensiva para los materiales foto-catódicos y la existencia de materiales foto-catódicos que operan en muchas longitudes de onda en particular, o bien visibles o invisibles que tienen una eficiencia de gran quantum y una supervivencia larga en un entorno gaseoso.

45 Se muestra en la figura 10 la esquemática de un foto-cátodo inverso, un multiplicador de electrones de gas, un detector de fotones de acuerdo con el objeto de la presente invención junto con sus características correspondientes y sus líneas de campo eléctrico.

50 Como se ha dado a conocer anteriormente en la descripción con referencia a la figura 3a, por ejemplo, el detector de radiación para los fotones que es el objeto de la presente invención consiste en un vehículo, que no se muestra en la figura 10 por el bien de una mejor comprensión, donde este vehículo se llena con un gas adaptado para generar una avalancha de electrones de un electrón primario a través de un campo eléctrico.

55 Está además provista una ventana de entrada (IW) que está asociada con un electrodo transparente indicado como (C), esta ventana de entrada y el electrodo transparente están adaptados para transmitir los fotones dentro del gas contenido por el vehículo. La ventana de entrada (IW) y el electrodo transparente (C) están hechos de un material que es sustancialmente transparente a la longitud de onda de los fotones. Se puede usar una tecnología bien conocida para unir la ventana de entrada (IW) y el electrodo transparente (C), por este motivo solo se ha representado el electrodo
60 transparente con una línea oculta en la figura 10.

Como se muestra más adelante en la figura antes mencionada, una capa foto-catódica, indicada como (PhC), se enfrenta al electrodo transparente (C) donde esta capa foto-catódica está adaptada para generar un foto- electrón como un electrón primario bajo colisión de cada uno de los fotones sobre esta capa foto-catódica.

65 Está además provisto un multiplicador de electrones de gas (1) para incluir al menos, del modo mencionado anteriormente en la descripción, una matriz de áreas de condensación de campo eléctrico que está formada del aislador de revestimiento metálico de lámina (10) provisto con un revestimiento metálico (11 y 12) sobre sus caras, donde el

revestimiento metálico (11) se enfrenta al electrodo transparente (C). Como se muestra claramente en la figura 10, la capa foto-catódica (PhC), los revestimientos metálicos (11 y 12) junto con la lámina aislante (10) forman por tanto una estructura regular en sándwich del modo mencionado anteriormente en la descripción. Además, una pluralidad de orificios pasantes taladrados marcados con la referencia (1_i) atraviesan por tanto la estructura regular en sándwich donde cada uno de los orificios pasantes taladrados está adaptado para que se adapten para permitir un flujo libre a través de ello para el gas y cualquier partícula cargada eléctricamente generada dentro del último. De hecho, para incorporar el multiplicador de gas de electrones (1) del modo indicado en la figura 10, se puede bien tener primeramente un aislante de revestimiento metálico provisto con unos revestimientos metálicos (11 y 12) sobre una de las caras del cual se deposita una capa de un material fotosensible para formar la capa foto-catódica (PhC). Por tanto se pueden perforar los orificios pasantes taladrados de acuerdo con cualquiera de las técnicas que se dan a conocer de hecho en la descripción.

Del modo indicado en la figura 10, la ventana de entrada (IW) y el electrodo transparente (C) están separados entre sí para formar una región de transporte que opera de un modo similar a la región de flujo de la figura 3a, como se dará a conocer en mayor detalle a continuación en la descripción.

En el lado del fondo del vehículo, el detector de la invención incluye además una unidad de detección adaptada para llevar a cabo una detección de posición de cualquier avalancha de electrones generada dentro de la región de detección que se forma entre el multiplicador de electrones de gas (1) y la unidad de detección del modo indicado en la figura 10. Por el bien de una mejor comprensión, la unidad de detección está representada como un electrodo colector (CE) del modo mencionado anteriormente con referencia a las figuras 2a o 3a. Se enfatiza además, aunque no está representada por el bien de una mejor comprensión en la figura 10, que la unidad de detección puede bien incluir otro multiplicador de electrones de gas para formar un multiplicador de electrones de gas de etapas múltiples, como se ha mencionado anteriormente en la descripción o una cámara de micro-tiras o incluido una cámara de alambres múltiples por ejemplo.

Por lo contrario, del modo indicado en la figura 10, el electrodo superior del electrodo colector (CE) está provisto con ánodos elementales, cada uno de los cuales está indicado con (ST_i), donde estos ánodos elementales consisten por ejemplo en tiras conductoras eléctricas en paralelo que se colocan sobre una lámina aislante indicada como (CEF). Unos circuitos electrónicos que consisten en un resistor (RA), un capacitor (CA) y un amplificador (A) están además provistos del modo mencionado anteriormente en la descripción.

Como se muestra además en la figura 10, un circuito de desviación, al que se refiere como (B_1), está provisto y adaptado para mantener el electrodo transparente (C) y el primer revestimiento metálico (11) sustancialmente al mismo valor de potencial de tensión con respecto al valor de potencial de referencia para permitir la extracción de cualquier foto electrón que se genera por la capa foto-catódica (PhC) bajo colisión sobre el último de cada uno de los fotones emitidos. El circuito de desviación (B_1) está representado por tanto como un conductor de corto circuito.

Otro circuito de desviación, al que se refiere como (B_2), está provisto para desarrollar un potencial de tensión de desviación, al que se refiere como (VGEM), que se aplica entre los revestimientos metálicos (11 y 12) para formar al nivel de cada uno de los orificios pasantes taladrados una de las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i), del modo mencionado anteriormente en la descripción. La aplicación de una tensión de este tipo permite por tanto generar un campo eléctrico condensado indicado como vector (\vec{E}') dentro de cada una de las áreas de condensación del campo eléctrico.

Otro circuito de desviación, al que se refiere como (B_3), está además provisto para desarrollar un potencial de tensión de desviación que se aplica de hecho entre el revestimiento metálico (12) y el electrodo colector (CE) y más particularmente electrodos elementales, a los que se refiere como (ST_i) en la figura 10, para permitir la detección de la avalancha de electrones, como se explicará en adelante.

Al principio, se recuerda que cada ánodo elemental (ST_i) que forma parte del electrodo colector (CE) está establecido sustancialmente como un potencial de referencia gracias al resistor (RA) que es un resistor de un valor muy elevado que conecta cada ánodo elemental correspondiente al potencial de referencia.

El modo de operación del detector de radiación para fotones del modo indicado en la figura 10 se explica ahora con referencia a esta figura.

Manteniendo el electrodo transparente (C) y el revestimiento metálico (11) que se enfrenta al electrodo transparente sustancialmente al mismo valor de potencial de tensión por medio de los medios de desviación, (B_1) se lleva a cabo para poner el vector (\vec{E}) del campo eléctrico, del modo indicado en la figura 3a, a un valor que se iguala sustancialmente a 0.

Como consecuencia, cada vector de campo eléctrico condensado (\vec{E}') generado dentro de cada área de condensación del campo eléctrico, que es por tanto un campo eléctrico con un valor de amplitud muy elevado, opera por tanto dentro de la región delimitada entre el electrodo transparente (C) y el revestimiento metálico (11) y la capa foto-catódica (PhC) para transportar cada uno de los electrones fotónicos a una área de condensación del campo eléctrico dada que es la más cercana a la región de colisión de este fotón dentro del tubo de llenado (FT) que se genera de

hecho entre el revestimiento metálico (11) y el electrodo colector (CE), del modo indicado en la figura 10. Anulando el vector de campo eléctrico (\vec{E}) con su amplitud establecida al valor cero en la vecindad del electrodo transparente (C) del modo indicado en la figura 10 por tanto se lleva a cabo la sustitución de una región de transporte a la región de flujo que se ha representado en la figura 3a. Como consecuencia, el tubo de campo (FT) se pliega por tanto hacia atrás hacia el revestimiento metálico (11) con cualquier electrón fotónico que por tanto se transporta dentro de una área de condensación del campo eléctrico (1_i) correspondiente. El vector de campo eléctrico condensado (\vec{E}') opera por tanto para generar de este electrón fotónico considerado como un electrón primario una avalancha de electrones dentro del orificio pasante taladrado correspondiente con esta avalancha de electrones que se pasa por tanto a través de este orificio pasante taladrado a la región de detección, del modo indicado en la figura 10. La avalancha de electrones se somete por tanto a la detección gracias al vector de campo eléctrico (\vec{E}'') y los ánodos elementales (ST_i) del electrodo colector (CE).

Para distancias que separan por una parte el electrodo transparente (C) de la capa foto-catódica (PhC) y por otra parte el revestimiento metálico (12) de los ánodos elementales ST_i , que definen por tanto la región de transporte y la región de detección, que tienen el mismo valor que los mencionados anteriormente con referencia a la figura 3a, los valores de potencial de tensión correspondiente pueden bien establecerse a valores similares. Como consecuencia, el valor de potencial (VGEM) puede bien establecerse a 500 voltios mientras que el valor de potencial aplicado entre el revestimiento metálico (12) y los ánodos elementales (ST_i) puede establecerse a 1000 voltios, donde este valor se da como ejemplo.

Como se muestra además en la figura 10, la detección de la posición de cualquier avalancha que se pasa a través de cualquier área de condensación de campo eléctrico (1_i) se puede llevar a cabo de preferencia como una detección bidimensional. En tal caso, mientras que la cara interior del electrodo colector (CE) está provisto con un primer juego de ánodos elementales (ST_i), la cara exterior del mismo electrodo colector (CE) está provista por tanto con otro juego de ánodos elementales, a los que se refiere como (ST_j), que consiste también en tiras conductoras eléctricas en paralelo, donde cada uno de los juegos de ánodos elementales (ST_i y ST_j) se extienden a lo largo de diferentes direcciones transversales para permitir la detección bidimensional en las direcciones correspondientes.

En el caso de que se use otro multiplicador de gas de electrones para incorporar un detector de radiación de etapas múltiples para fotones, los electrones multiplicados por el campo elevado en el orificio en el proceso de avalancha fluyen al segundo elemento de amplificación para incrementar más la amplificación.

Una propiedad fundamental del detector de radiación para fotones o bien como una versión de etapa simple o múltiple, que no se puede obtener con ningún otro detector de gas conocido, es que los fotones secundarios producidos durante el proceso de avalancha de electrones, tanto primario en los orificios pasantes taladrados que forman cada una de las áreas de condensación del campo eléctrico del multiplicador de electrones de gas y secundario en el elemento de segunda etapa, no pueden calentar la capa foto-catódica (PhC), evitando con ello la inducción de la emisión secundaria.

El elevado campo de dipolo que se crea dentro de los orificios pasantes taladrados permite por tanto obtener una eficiencia de recogida, es decir la transparencia eléctrica cerca de la unidad con una transparencia óptica cerca de cero.

La gran relación del área total al área de orificios implica también que la mayor parte de la superficie de revestimiento metálico (11) se pueda revestir por tanto con material fotosensible con una eficiencia de quantum geométrico cerca de 1. La configuración de campo que se obtiene con una gran diferencia de potencial entre el revestimiento metálico (12) y los ánodos elementales (ST_i) es tal que solo una fracción pequeña de los iones positivos que se producen en la etapa final de amplificación puede alcanzar por tanto realmente la capa foto-catódica (PhC) reduciéndose por tanto los efectos dañinos.

El detector de radiación para fotones de acuerdo con el objeto de la presente invención permite por tanto obtener de modo simultáneo:

- una gran eficiencia de quantum sobre unas áreas extendidas,
- grandes ganancias sin retro-alimentación de fotones y una retroalimentación muy reducida de iones.

La ganancia total combinada de los dos elementos de amplificación en caso de un multiplicador de electrones de gas de etapas múltiples puede por tanto establecerse a un valor suficiente para la detección y localización de electrones fotónicos que abren por tanto el camino a numerosas aplicaciones científicas, técnicas o industriales como la formación de imágenes CHERENKOV, intensificadores de imágenes, análisis de fluorescencia en la gama visible y cerca de ultravioleta, o cualquier aplicación que requiere la detección y la localización de fotones sobre unas áreas extendidas.

La construcción rígida y sencilla de los detectores de multiplicador de electrones de gas de acuerdo con el objeto de la presente invención, o bien en el modo de amplificación previa o de amplificación, los hace interesantes para las aplicaciones en muchos campos donde se puede explotar una localización y una detección de alta y de baja carga se puede explotar para diagnósticos industriales o médicos.

Al final, mientras que las tecnologías presentes que se usan para la fabricación del multiplicador de electrones de gas que incorpora los detectores de radiación de la invención consisten en la perforación de orificios en un revestimiento metálico por mordiente químico, mordiente de plasma o perforación láser, desarrollos futuros pueden consistir en el recubrimiento una malla aislante con orificios estrechos como por ejemplo filtros de micro-poros, con conductores.

El diagnóstico médico cubre los campos médicos correspondientes tan amplios como:

- cromatografía beta y radio, electroforesis en el cual unas preparaciones anatómicas o difusiones de papel secante contienen moléculas etiquetadas con isótopos que emiten electrones, la distribución de una actividad bidimensional medida en muestras sobre portaobjetos, que proporciona información sobre el tejido en moléculas etiquetadas de recogida o en el peso molecular de sustancias que se difunden sobre un soporte bajo el efecto del campo eléctrico;

- El análisis fluorescente dependiente de la posición, en el cual se puede explotar la capacidad de obtención de modo simultáneo de información sobre la energía y el punto de emisión de rayos X blandos sobre áreas extendidas, para el análisis de materiales en la certificación de arte y en la arqueología;

- La cristalografía de proteínas que se lleva a cabo en una geometría esférica para la cual los detectores de multiplicadores de electrones de gas pueden trazar sin distorsiones de paralaje tanto la posición y la intensidad del patrón de difracción de moléculas cristalizadas. Las cargas elevadas se pueden lograr en las facilidades de radiación de sincrotrón dedicadas;

- La mamografía en la cual un multiplicador de electrones de gas de acuerdo con la invención, cuando se conecta a un convertidor de emisión de electrones secundarios, puede trazar de modo eficaz el perfil de absorción de los rayos X que se usan para la radiografía de tejidos blandos, con una resolución inferior al milímetro;

- Un diagnóstico de haz de flujo elevado que se usa para una terapia en la cual los haces de partículas cargadas de flujo elevado se pueden certificar completamente en perfiles de pérdida de energía y espacial antes o durante la exposición. En tal aplicación, por tanto es posible el control dinámico de las características del haz.

Otra posibilidad del detector de radiación de la invención también se refiere a la posibilidad de adaptar el multiplicador de electrones de gas a aplicaciones o necesidades específicas y en particular su realización con recortes especiales como para el acercamiento de tubos de haz de vacío en aceleradores o similar.

REIVINDICACIONES

1. Un detector de radiación en el cual se liberan electrones primarios en un gas por radiaciones de ionización y se hacen fluir a un electrodo colector (CE) por medio de un campo eléctrico (\bar{E}), el mencionado detector de radiación incluye un multiplicador de electrones de gas (1) que consta al menos de una matriz de áreas de condensación de campo eléctrico (1_i), las mencionadas áreas de condensación del campo eléctrico (1_i) se distribuyen dentro de una superficie sólida que es sustancialmente perpendicular al mencionado campo eléctrico (\bar{E}), cada una de las áreas de condensación (1_i) está adaptada para producir una mejora de la amplitud del campo eléctrico local adecuado para generar en el gas indicado una avalancha de electrones de uno de los electrones primarios mencionados, el multiplicador de electrones de gas (1) indicado opera por tanto como un amplificador de una ganancia dada para los electrones primarios mencionados, la superficie sólida indicada es planar, esférica o cilíndrica de forma, el electrodo colector mencionado está adaptado para operar a una ganancia unitaria, en el modo de ionización, el mencionado electrodo colector (CE) consiste al menos en una pluralidad de ánodos elementales (ST_i) que permiten una detección electrónica de cada avalancha de electrones.

2. El detector de radiación de la reivindicación 1, en el cual la mencionada mejora de amplitud (\bar{E}') del campo eléctrico local (\bar{E}) generado por cada una de las áreas locales de condensación (1_i) es sustancialmente simétrica en relación con un eje de simetría del área local de condensación (1_i) indicada, la mejora de la amplitud del campo eléctrico local (\bar{E}') indicada está por tanto a un máximo en el mencionado centro de simetría del área local de condensación (1_i) indicado.

3. El detector de radiación de la reivindicación 1, en el cual las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i) indicadas son sustancialmente idénticas de forma y están distribuidas de modo regular dentro de la superficie sólida mencionada para formar la matriz indicada.

4. El detector de radiación de la reivindicación 1, en el cual la mencionada matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico consta de:

- un aislador de revestimiento metálico de lámina (10) en cada una de sus caras para formar un revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) que pone en sándwich el aislador (10) indicado para formar una estructura en sándwich regular;
- una pluralidad de orificios pasantes taladrados que atraviesan la estructura en sándwich regular indicada;
- unos medios de desviación (2) adaptados para desarrollar un potencial de tensión de desviación que se aplica al revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) indicados para generar al nivel de cada uno de los orificios pasantes taladrados mencionados una de las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i) indicadas.

5. El detector de radiación de la reivindicación 4, en el cual la mencionada estructura en sándwich regular se pone en operación de modo sustancialmente perpendicular al campo eléctrico (\bar{E}) indicado, el mencionado primer revestimiento metálico forma una cara de entrada para los electrones de flujo indicados y el mencionado segundo revestimiento metálico (12) forma una cara de salida para cualquier avalancha de electrones generada al nivel de cada orificio pasante taladrado que forma una de las áreas de condensación del campo eléctrico indicado.

6. El detector de radiación de la reivindicación 5, en el cual los orificios pasantes taladrados indicados son sustancialmente idénticos y bastante circulares de forma cuando se considera a lo largo de una dirección sustancialmente perpendicular a la mencionada estructura en sándwich regular.

7. El detector de radiación de la reivindicación 5, en el cual cada uno de los orificios pasantes taladrados indicados está formado por un primer y un segundo orificio taladrado tronco-cónico, el mencionado primer orificio pasante taladrado tronco-cónico se extiende sustancialmente desde el primer revestimiento metálico (11) indicado a una superficie intermedia (Q) de la mencionada estructura en sándwich regular y el segundo orificio pasante taladrado tronco-cónico indicado se extiende sustancialmente desde el mencionado segundo revestimiento metálico (12) a la superficie intermedia (Q) indicada de la mencionada estructura en sándwich regular, los orificios pasantes taladrados tronco-cónicos primero y segundo indicados constan cada uno de una primera abertura circular de un diámetro de un primer valor indicado al nivel de la mencionada cara de entrada (11) y de salida (12) respectivamente y una segunda abertura circular de un diámetro de un segundo valor indicado, menor que las primeras, la mencionada segunda abertura circular de los orificios pasantes tronco-cónicos primero y segundo indicados se unen al nivel de la mencionada superficie intermedia (Q) de la estructura en sándwich regular indicada para formar los mencionados orificios pasantes taladrados.

8. El detector de radiación de la reivindicación 4, en el cual los mencionados orificios pasantes taladrados tienen una forma idéntica y están distribuidos de modo regular sobre todas las caras del revestimiento metálico (11, 12) de la lámina aislante indicada.

9. El detector de radiación de la reivindicación 4, en el cual los mencionados orificios pasantes taladrados tienen una forma idéntica y están distribuidos de modo regular sobre una parte de las caras del revestimiento metálico (11, 12) de la lámina aislante (10) indicada para formar al menos una zona de detección ciega para el mencionado detector de radiación.

10. El detector de radiación de la reivindicación 1, en el cual la mencionada superficie sólida consiste en unas superficies sólidas elementales adyacentes, cada una de las superficies sólidas elementales indicadas forma por tanto un multiplicador de electrones de gas elemental (1) que consta al menos de una matriz del área de condensación del campo eléctrico.

11. El detector de radiación de la reivindicación 1, que consta de una pluralidad de matrices sucesivas (GEM_1 , GEM_2) de las áreas de condensación del campo eléctrico, las mencionadas matrices sucesivas (GEM_1 , GEM_2) se colocan en paralelo entre sí para definir unas matrices homotéticas sobre un centro común (C) que forma el mencionado multiplicador de electrones de gas y dos matrices sucesivas (GEM_1 , GEM_2) de las matrices sucesivas indicadas que están separadas entre sí a un valor de distancia de la separación indicado en una dirección en paralelo al campo eléctrico indicado que forma un primer campo eléctrico para definir entre ellos los campos eléctricos sucesivos (E_{10} , E_{21} , E_{22}) y para permitir que cualquier electrón de una avalancha de electrones fluya como un electrón primario a lo largo de la distancia de separación indicada por medio de su campo eléctrico correspondiente, el multiplicador de electrones de gas indicado opera por tanto como un amplificador cuya ganancia es el producto del rendimiento de ganancia de cada matriz sucesiva.

12. El detector de radiación de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual la matriz indicada de las áreas de condensación del campo eléctrico consta de:

- un aislador de revestimiento metálico de lámina (10) en cada una de sus caras para formar un revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) que pone en sándwich el aislador indicado, para formar una estructura en sándwich regular;
- una pluralidad de orificios pasantes taladrados que atraviesan la mencionada estructura en sándwich regular, cada uno de los orificios pasantes taladrados tiene un diámetro de apertura del agujero comprendido entre $20\text{ }\mu\text{m}$ y $100\text{ }\mu\text{m}$.

13. El detector de radiación de la reivindicación 12, en el cual la lámina aislante (10) mencionada está hecha de un material polímero de un espesor que está comprendido entre $25\text{ }\mu\text{m}$ y $500\text{ }\mu\text{m}$, los mencionados orificios pasantes taladrados están espaciados entre sí a una distancia comprendida entre $50\text{ }\mu\text{m}$ y $300\text{ }\mu\text{m}$.

14. El detector de radiación de la reivindicación 12, en el cual cada orificio pasante taladrado de la mencionada pluralidad de orificios pasantes taladrados está provisto con una superficie lateral interna delimitada por el aislador indicado, la superficie lateral mencionada consta de al menos una zona local en la cual se implantan unas cargas eléctricas (q^+) permanentes, las mencionadas cargas eléctricas permanentes están distribuidas dentro del aislador indicado y la zona local del mismo para mejorar más y estabilizar el campo eléctrico mencionado al nivel de cada área (1_i) de condensación del campo eléctrico correspondiente.

15. El detector de radiación de la reivindicación 12, en el cual cada orificio pasante taladrado de la mencionada pluralidad de orificios pasantes taladrados está provisto con una superficie lateral interna delimitada por el aislador indicado, la mencionada superficie lateral consta al menos de una zona local de conductividad eléctrica comprendida entre 10^{15} y $10^{16}\text{ }\Omega/\text{cuadrado}$.

16. El detector de radiación de la reivindicación 12, en el cual cada orificio pasante taladrado de la mencionada pluralidad de orificios pasantes taladrados tiene una sección transversal a lo largo de un plano de simetría longitudinal del orificio pasante taladrado indicado que tiene una forma cónica, cada uno de los orificios pasantes taladrados indicado consta de una primera y una segunda abertura circular de un valor dado diferentes entre sí que forman por tanto un diámetro primero y segundo de apertura del agujero de un valor diferente, el detector de radiación indicado además consta de unos medios de desviación directo e inverso controlables adaptados para desarrollar una tensión de desviación directa e inversa respectivamente que se aplican al mencionado revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) para generar al nivel de cada uno de los orificios pasantes taladrados indicados una de las mencionadas áreas de condensación del campo eléctrico que por tanto se invierte funcionalmente.

17. Un detector de radiación para fotones emitidos por una fuente externa, el mencionado detector de radiación consta al menos, en un recipiente que contiene un gas adaptado para generar una avalancha de electrones desde un electrón primario a través de un campo eléctrico, de:

- una ventana de entrada (IW) y un electrodo transparente (C) colocado sobre la cara interior de la mencionada ventana de entrada (IW), la ventana de entrada indicada y el electrodo transparente (C) están adaptados para transmitir los fotones indicados dentro del gas mencionado;

- una capa foto-catódica (Phc) que se enfrenta al electrodo transparente (C) indicado, la capa foto-catódica (Phc) indicada se adapta para generar un electrón fotónico como un electrón primario bajo colisión de cada uno de los mencionados fotones del mismo;

- un multiplicador de electrones de gas (1) que consta de al menos una matriz de áreas de condensación de campo eléctrico (1_i), la mencionada matriz de las áreas de condensación del campo eléctrico consta de:

un aislador de revestimiento metálico de lámina (10) en cada una de sus caras para formar un revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) sobre el aislador de lámina (10) indicado, la capa foto-catódica (Phc) indicada se coloca sobre el mencionado revestimiento metálico primero (11) para que se enfrente al electrodo transparente (C) indicado, la mencionada capa foto-catódica (Phc), el revestimiento metálico primero (11) y segundo (12) forman por tanto una estructura en sándwich regular con la lámina aislante (10) indicada,

una pluralidad de orificios pasantes taladrados que atraviesan la mencionada estructura en sándwich regular, cada uno de los orificios pasantes taladrados permite por tanto un flujo libre a través de ellos para el gas y cualquier partícula cargada eléctricamente generada dentro del mismo;

- unos primeros medios de desviación (B1) adaptados para mantener el electrodo transparente (C) indicado y un primer revestimiento metálico (11) sustancialmente al mismo valor de potencial de tensión, para permitir la extracción de cualquier foto-electrón generado por la capa foto-catódica indicada bajo la colisión de cada uno de los mencionados fotones;

- unos segundos medios de desviación (B2) adaptados para desarrollar un potencial de tensión de desviación que se aplica entre el mencionado revestimiento metálico primero (11) y segundo (12), para formar al nivel de cada uno de los orificios pasantes taladrados una de las áreas de condensación del campo eléctrico (1_i) mencionadas, en la cual se genera un campo eléctrico condensado (E'), el mencionado campo eléctrico condensado opera por tanto para llevar cada uno de los electrones fotónicos a una área de condensación del campo eléctrico (1_i) dada y luego generar del mencionado electrón fotónico indicado considerado como un electrón primario una avalancha de electrones que se pasa a través del orificio pasante taladrado indicado que forma la mencionada área de condensación del campo eléctrico (1_i);

- un electrodo colector (FCE) que consiste en al menos una pluralidad de ánodos elementales (ST_i), el electrodo colector indicado se enfrenta al mencionado segundo revestimiento metálico (12) y está espaciado de ello para definir una región de detección dentro del recipiente indicado;

- unos terceros medios de desviación (B3) adaptados para desarrollar un potencial de tensión de desviación que se aplica al electrodo colector indicado (FCE) para permitir la detección de la avalancha de electrones indicada.

18. El detector de radiación de la reivindicación 17, en el cual el electrodo colector (FCE) indicado consta en una lámina aislante de:

- un primer juego de ánodos elementales (ST_i) colocado sobre una primera cara de la mencionada lámina aislante, la primera cara indicada de la lámina aislante mencionada y el primer juego de ánodos elementales (ST_i) que se enfrenta al multiplicador de electrones de gas (1) indicado, el mencionado primer juego de ánodos elementales (ST_i) consiste al menos de una pluralidad de tiras conductoras eléctricas en paralelo que se extienden a lo largo de una primera dirección dada;

- un segundo juego de ánodos elementales (ST_j) colocado sobre una segunda cara de la mencionada lámina aislante, los mencionados primer y segundo juegos (ST_i) de ánodos elementales están por tanto separados por la lámina aislante indicada, el mencionado segundo juego (ST_j) de ánodos elementales consiste al menos en una pluralidad de tiras conductoras eléctricas en paralelo que se extienden a lo largo de una dirección dada, transversal a la primera,

los mencionados juegos primero (ST_i) y segundo (ST_j) de ánodos elementales permiten por tanto una detección de la avalancha de electrones indicada a lo largo de las mencionadas direcciones segunda y primera respectivamente para formar un detector de radiación bi-direccional.

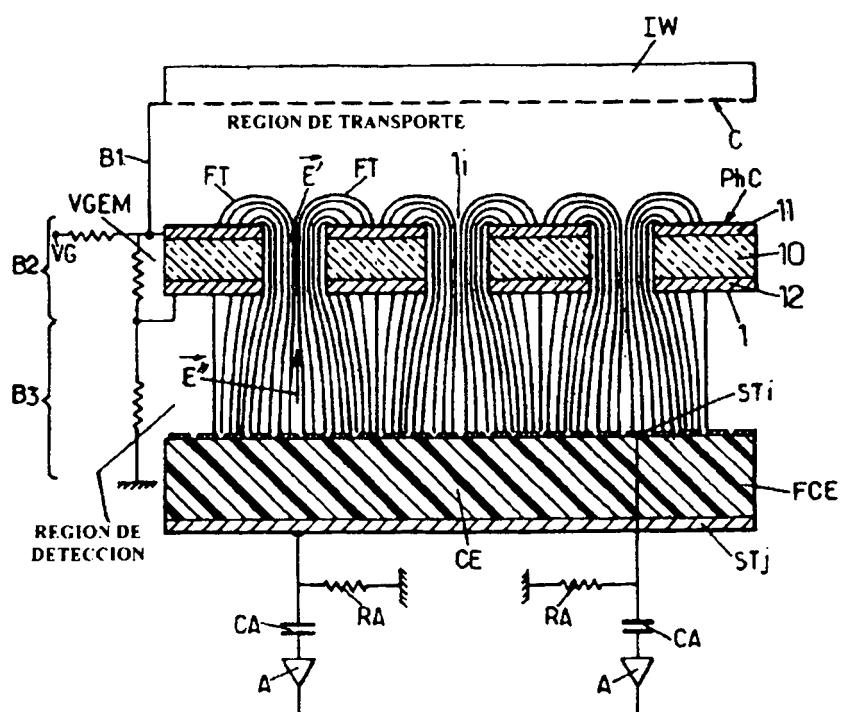
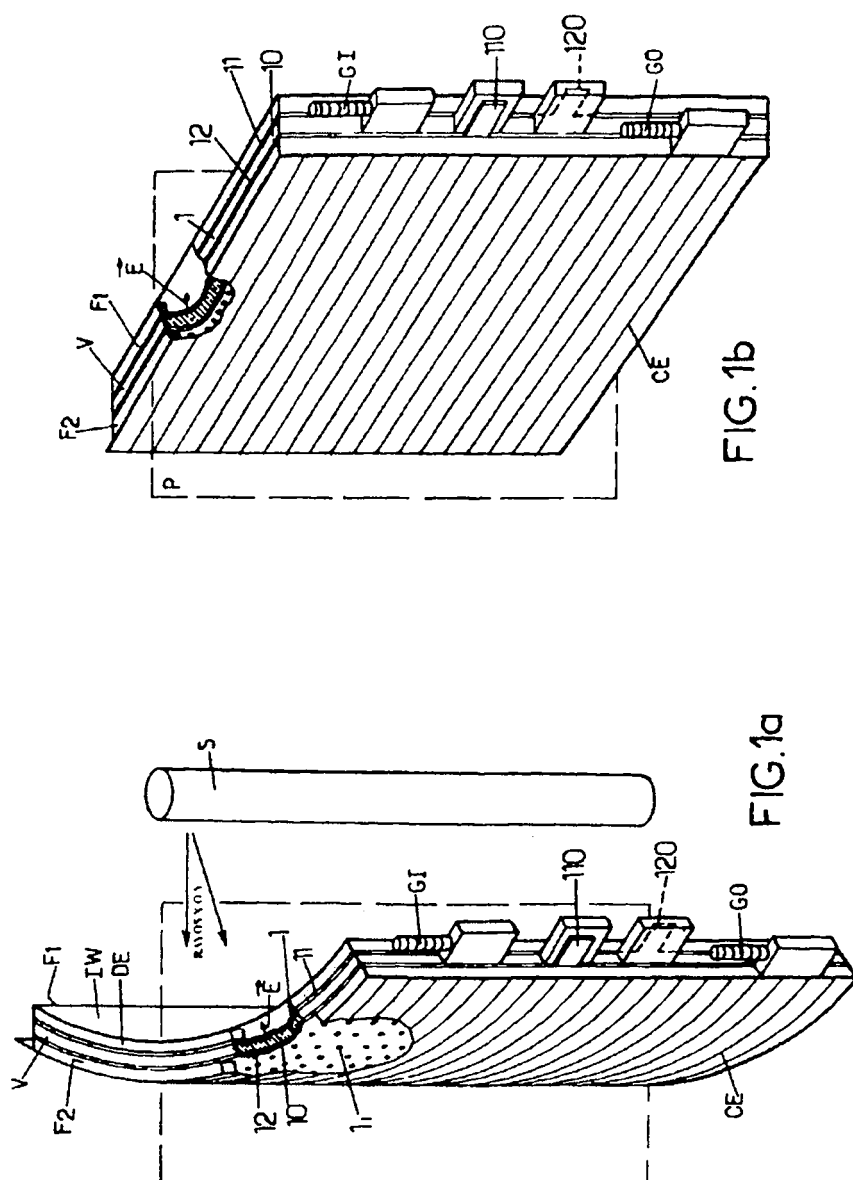
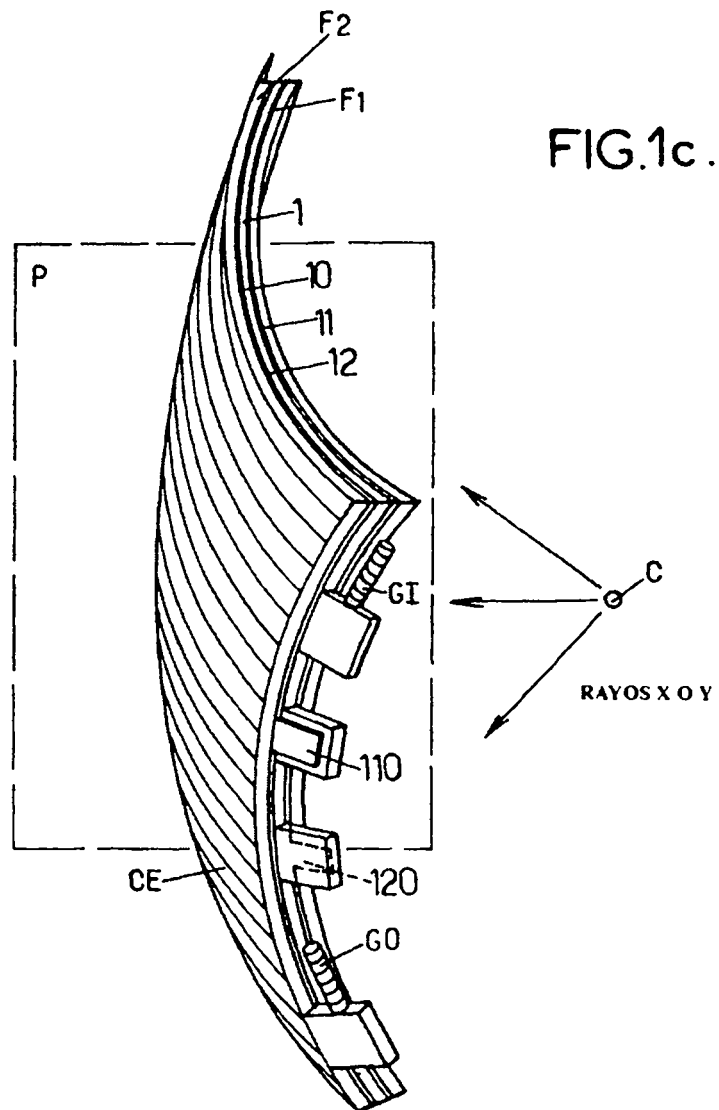
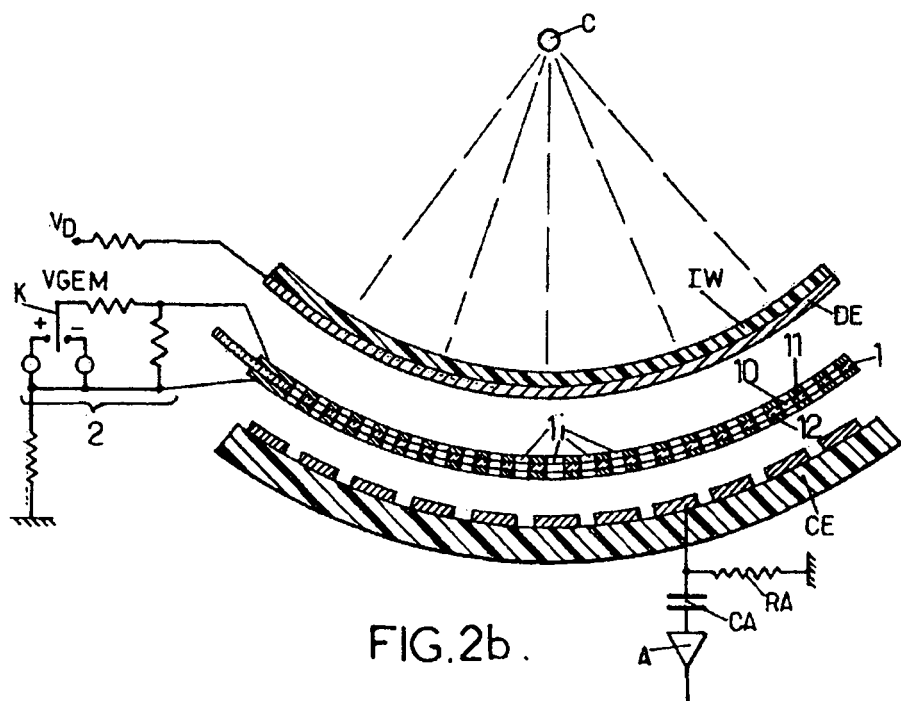
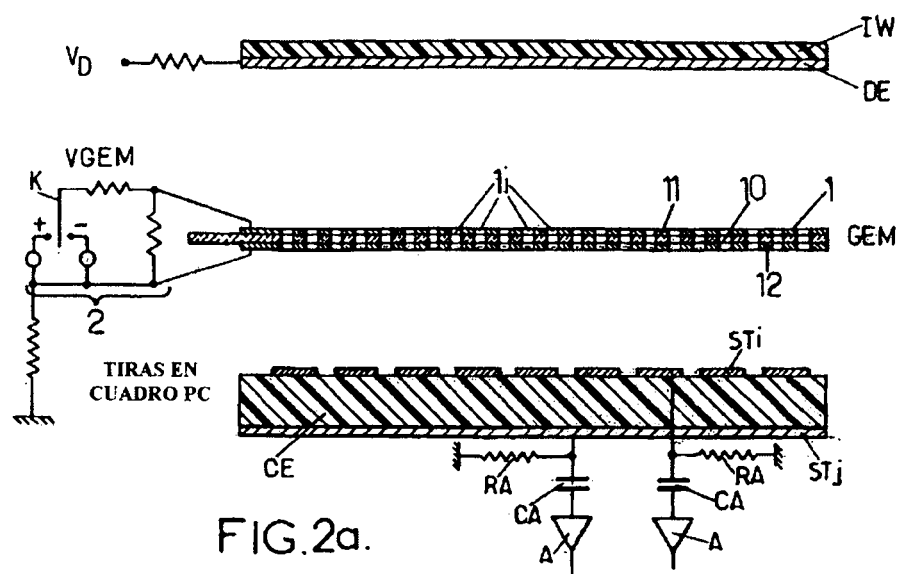
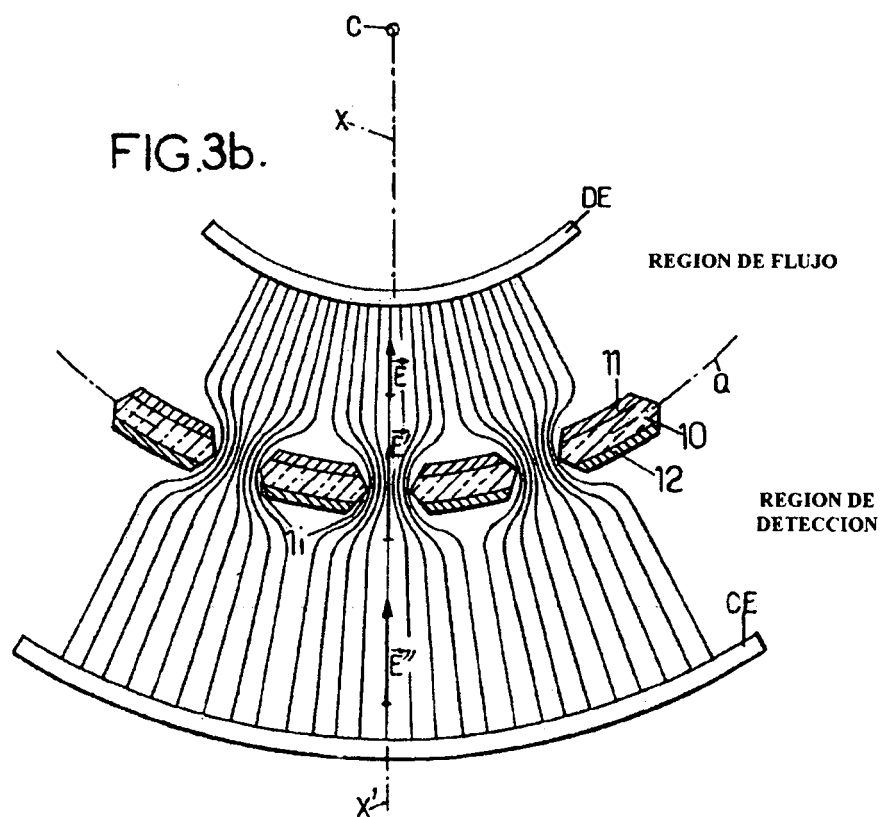
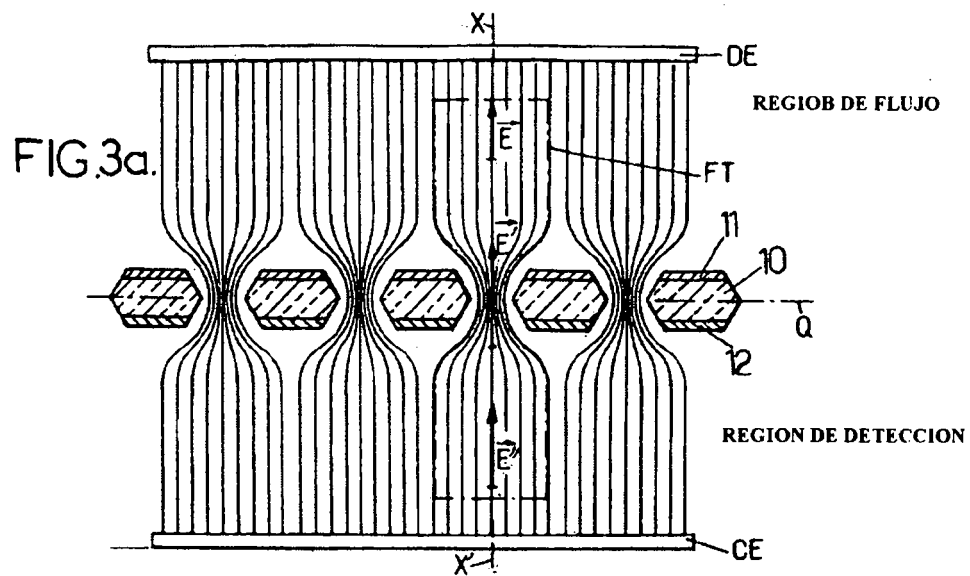


FIG.10.









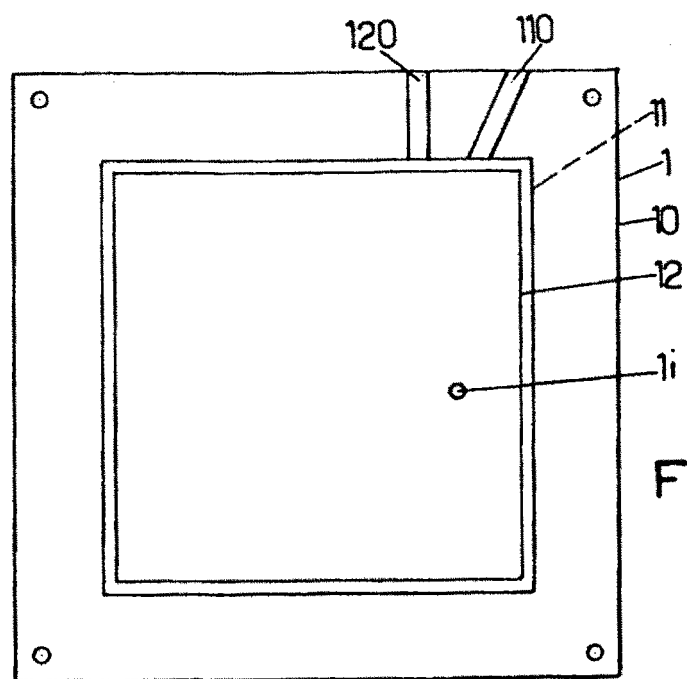


FIG. 4a.

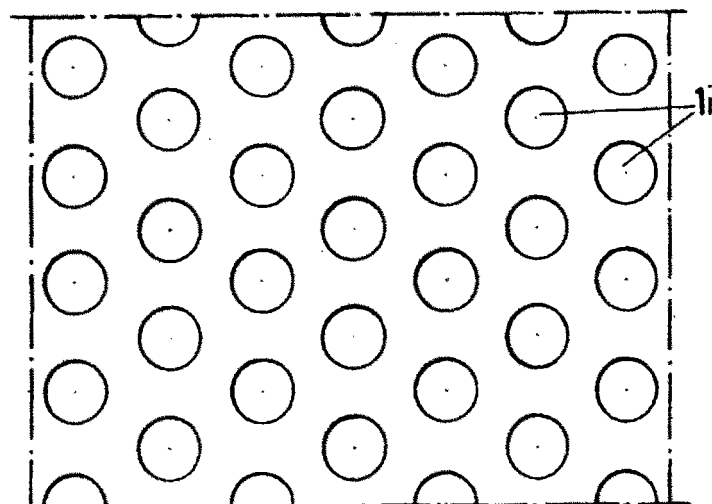


FIG. 4b.

FIG.4c.

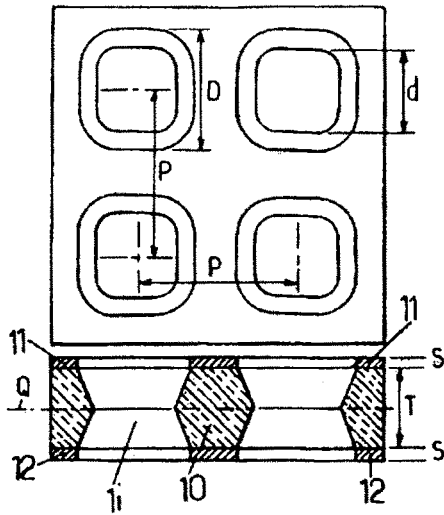


FIG.4d.

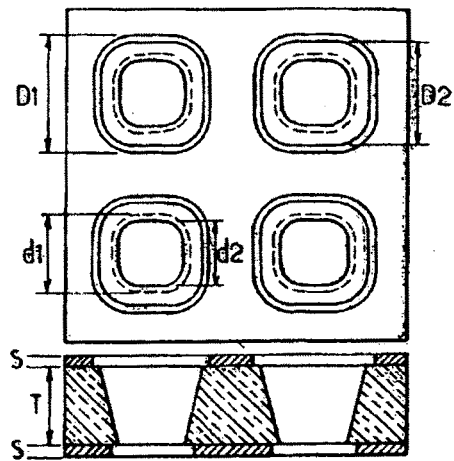


FIG.4e.

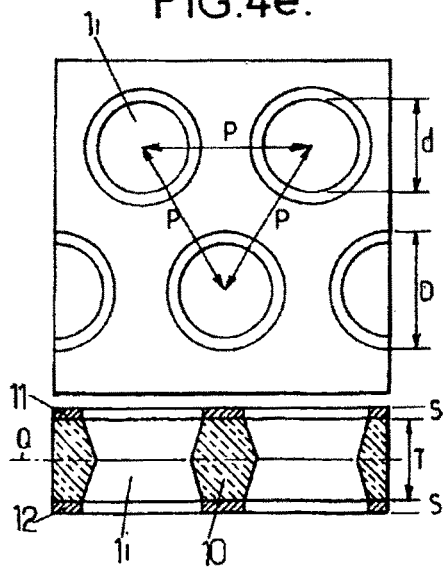
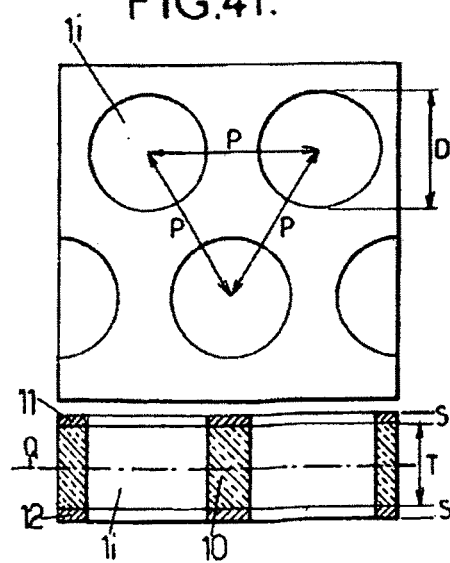
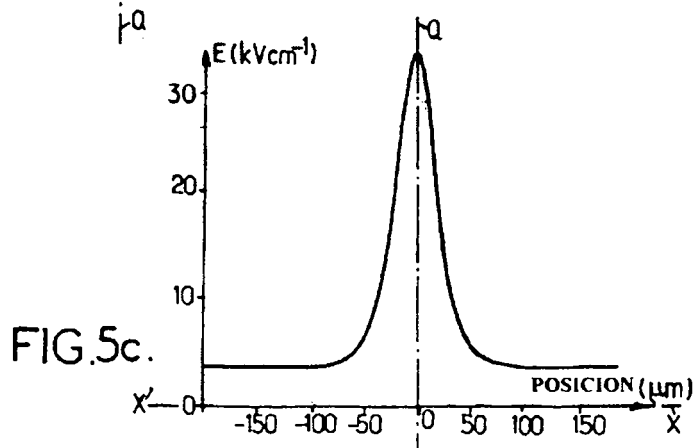
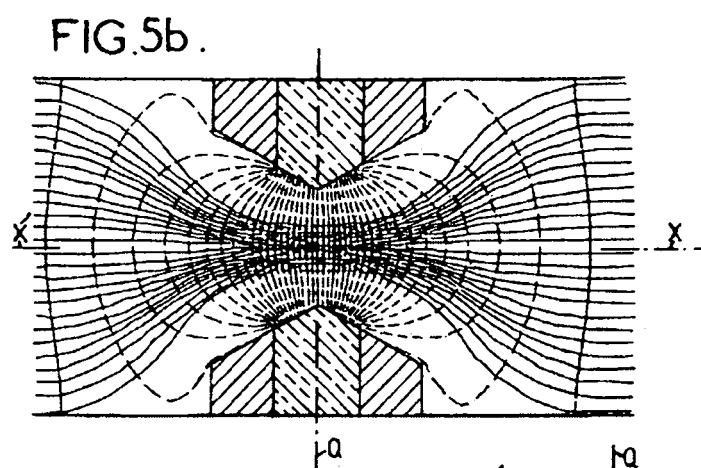
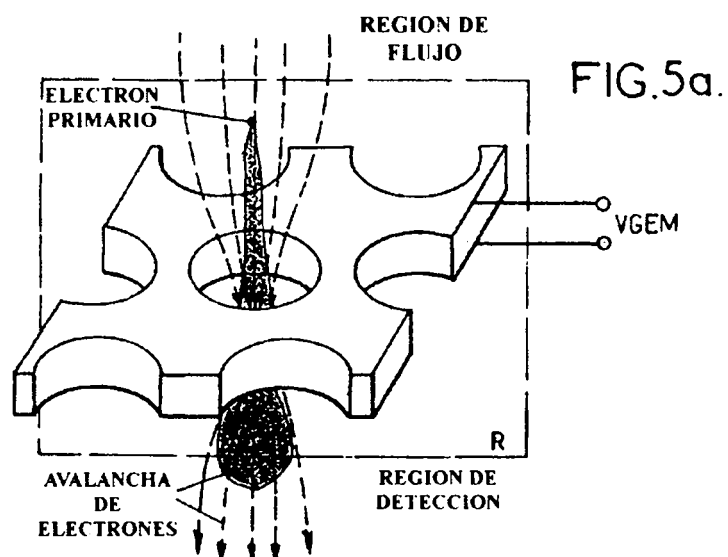
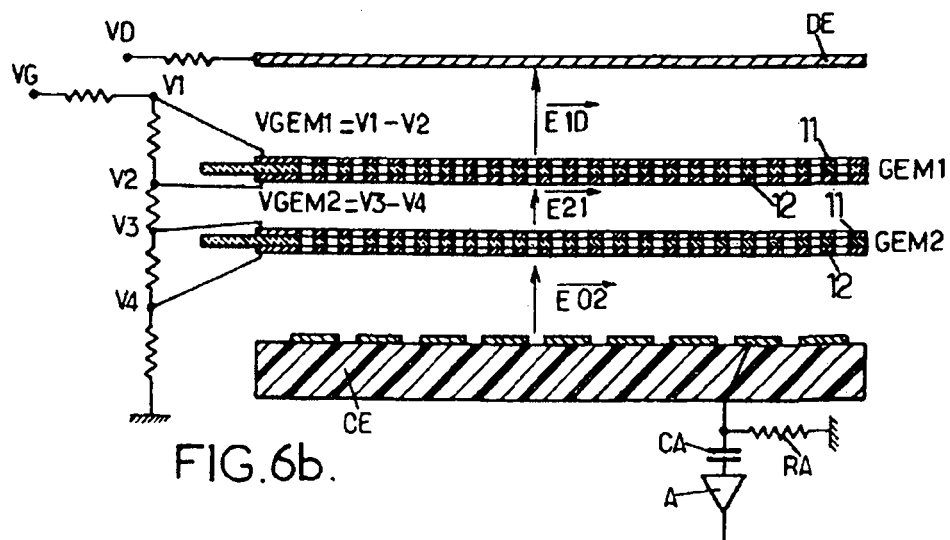
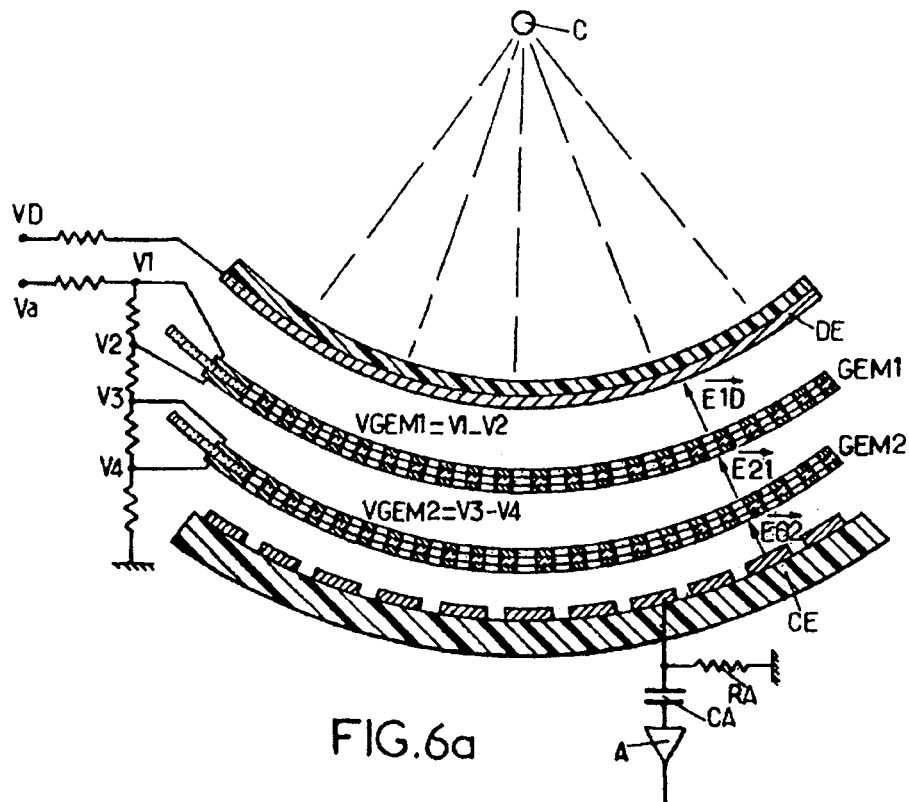
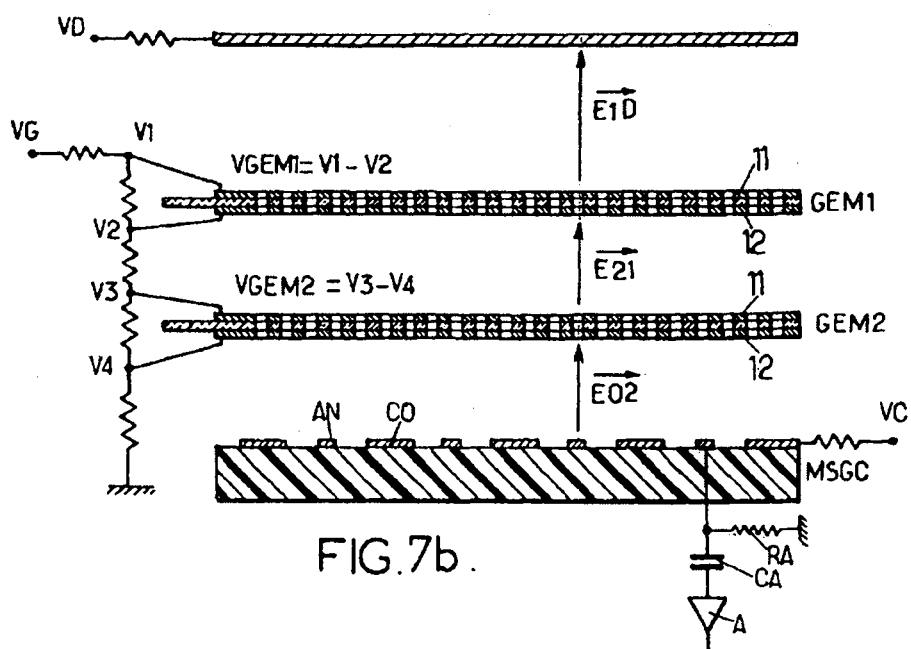
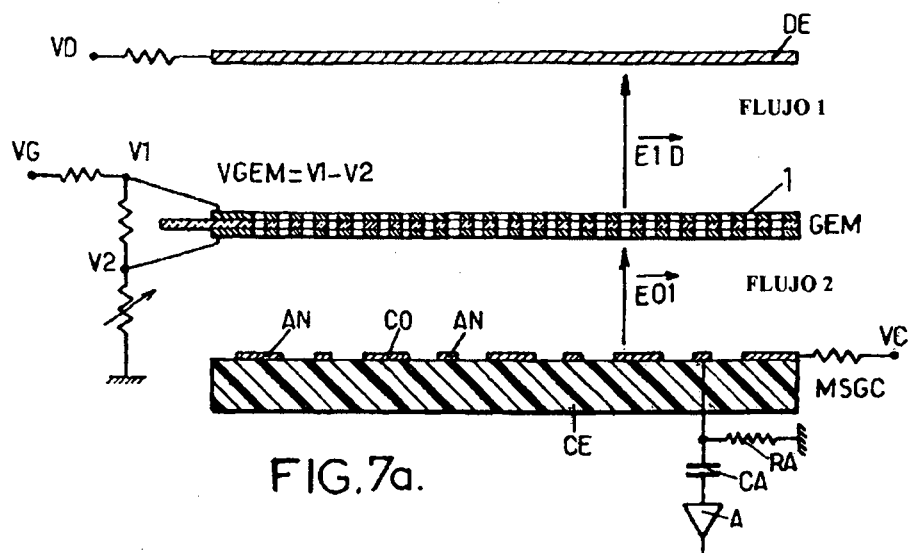


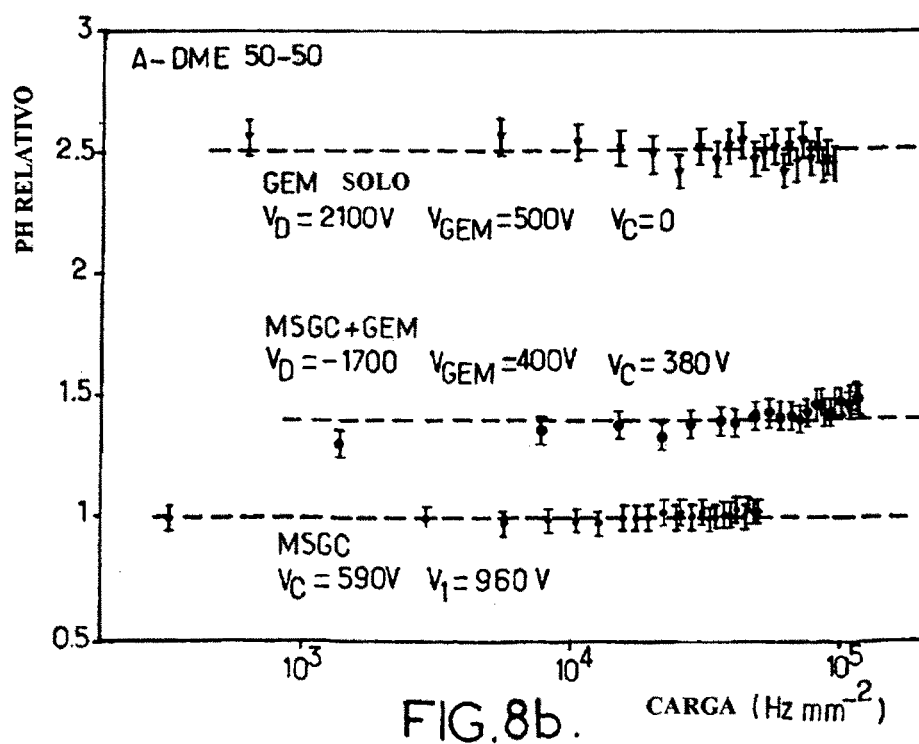
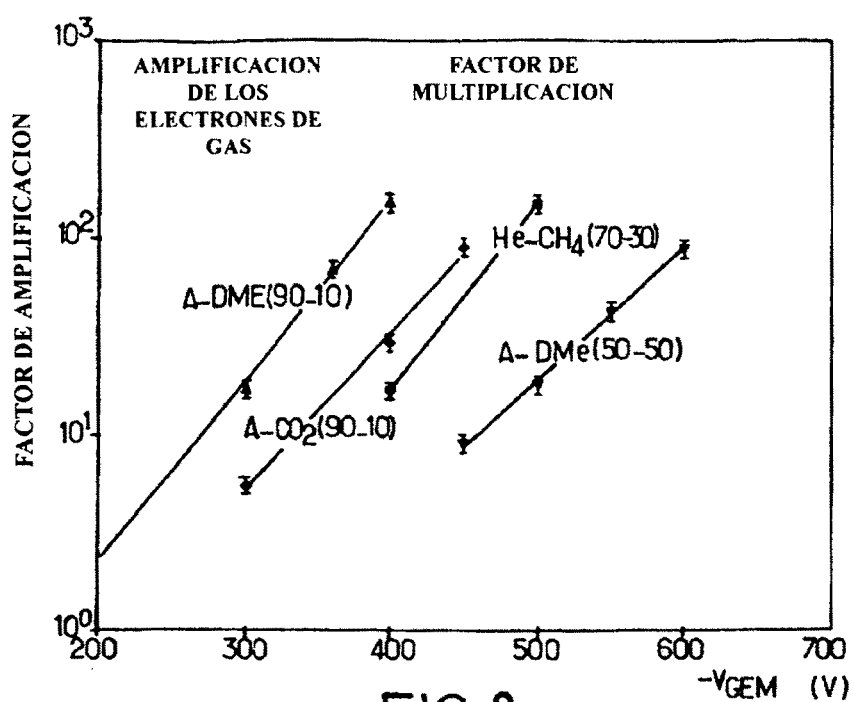
FIG.4f.











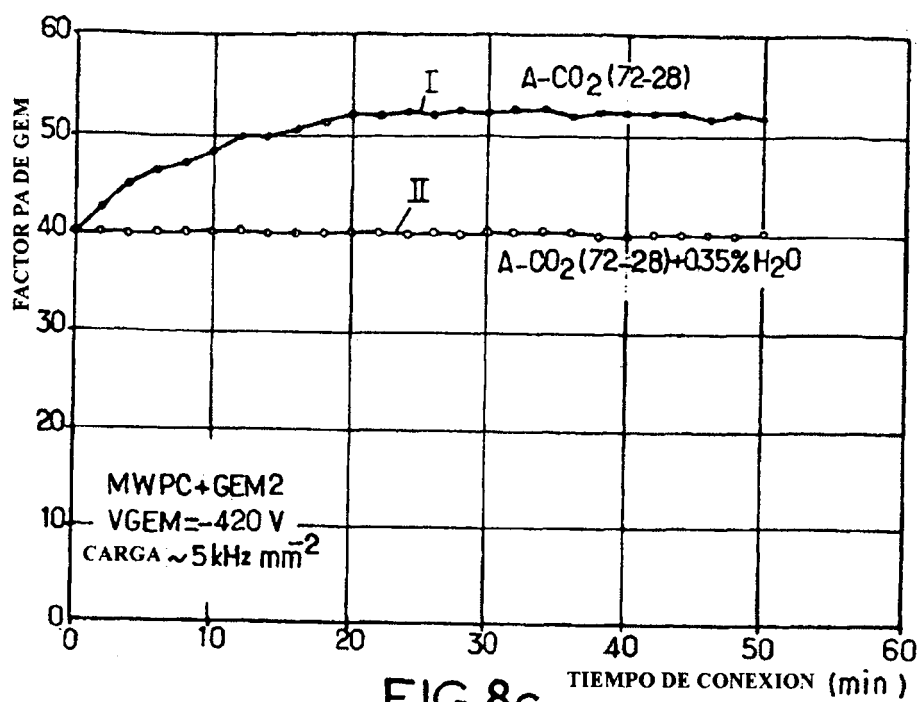


FIG.8c.

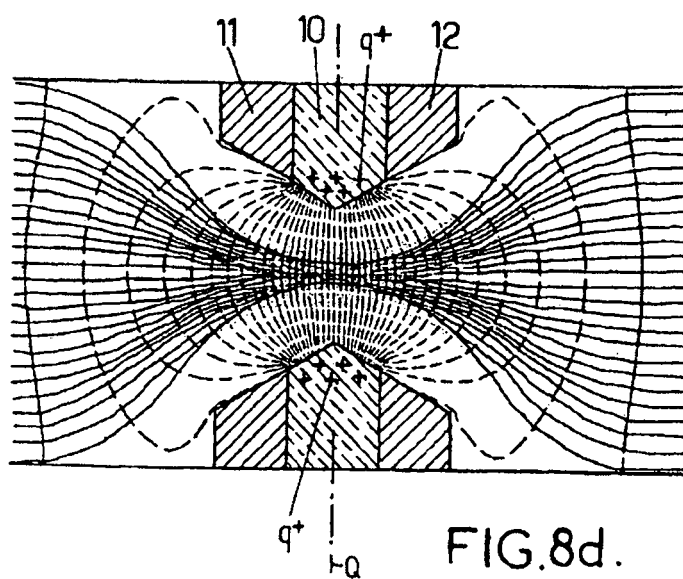
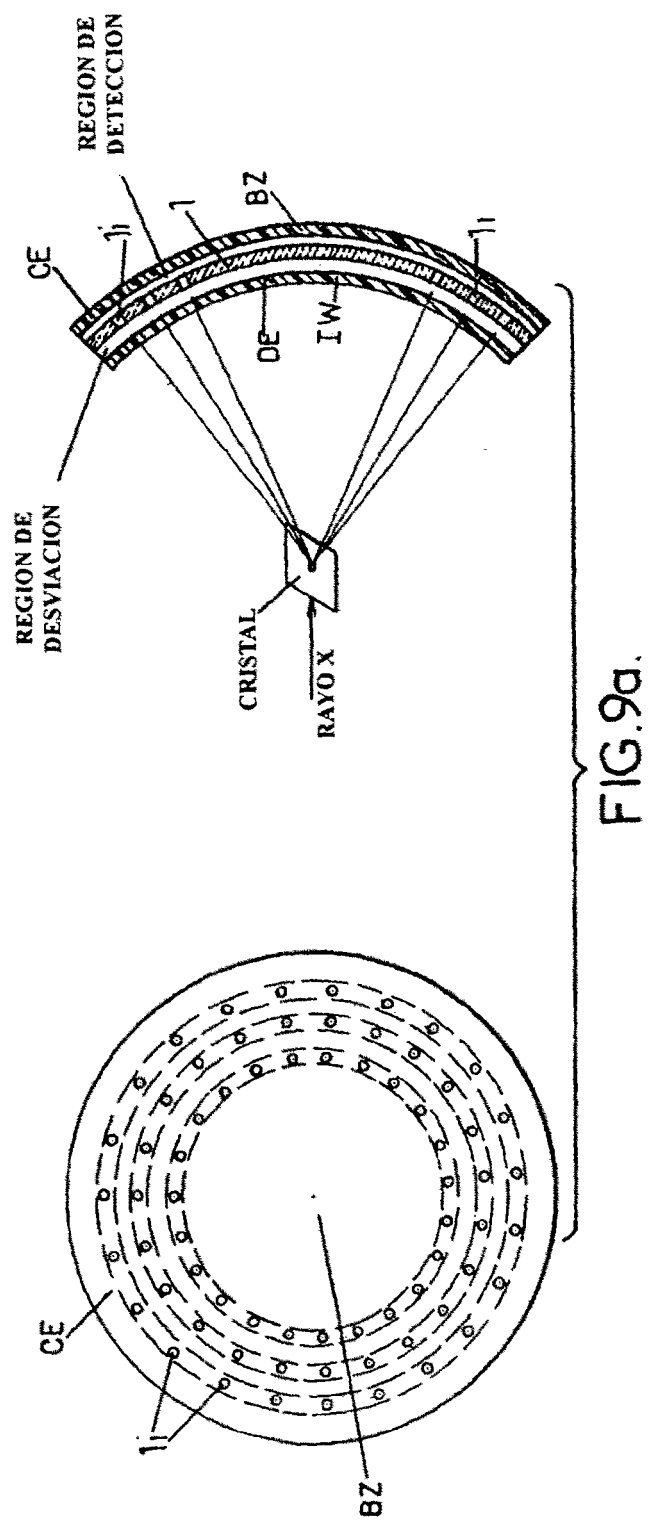


FIG.8d.



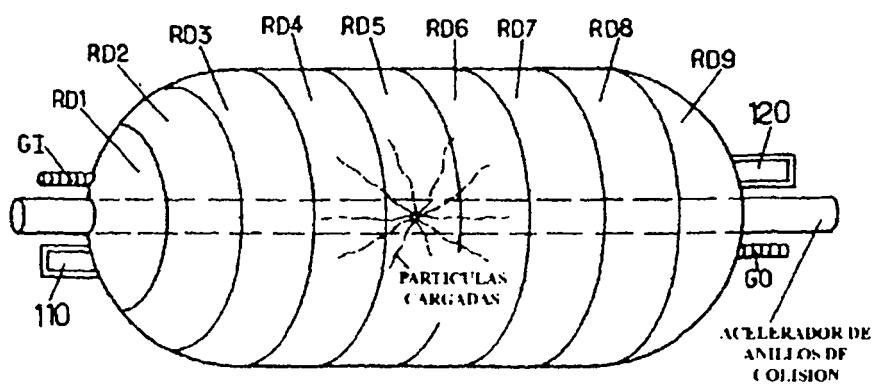
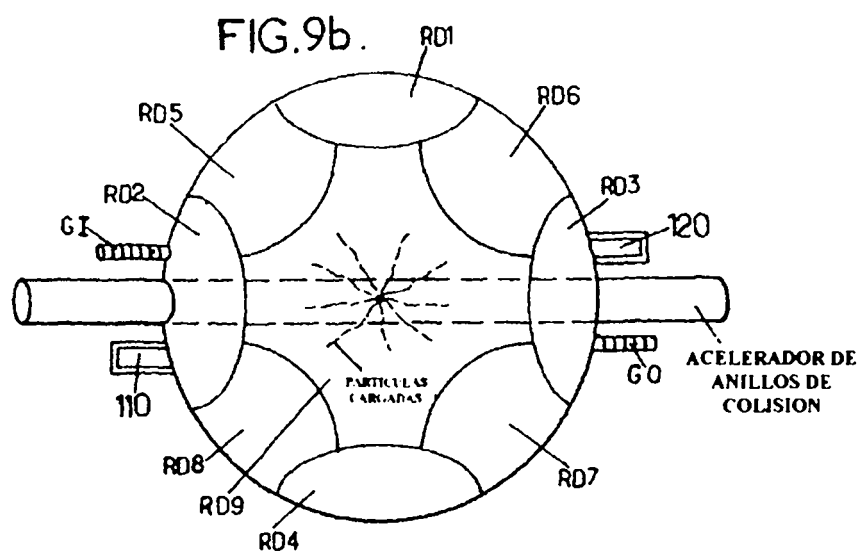


FIG.9c.