

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

(10) ES	(11) NUMERO	(12) A 1
(12) A 1	460984	
(13) FECHA DE PRESENTACION	22-7-77	

PATENTE DE INVENCION

A1 460984 780501 H01J 9/20

(30) PRIORIDADES:	(32) FECHA	(33) PAIS
(31) NUMERO		
571.950	28-4-75	Estados Unidos

(47) FECHA DE PUBLICIDAD	(51) CLASIFICACION INTERNACIONAL	(62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H01J	No 447.428 del 28-4-76

(54) TITULO DE LA INVENCION

METODO PARA REALIZAR UNA PANTALLA FLUORESCENTE PARA RAYOS X MEJORADA.

(71) SOLICITANTE (S)

GENERAL ELECTRIC COMPANY

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1 River Road, Schenectady, New York 12305 - Estados Unidos.

(72) INVENTOR (ES)

Stanley Joseph Lubowski y Robert Kessler Swank, ambos de nacionalidad estadounidense.

(73) TITULAR (ES)

(74) REPRESENTANTE

DON BERNARDO UNGRIA GOIBURU

OF.

**POOR  
QUALITY**

El invento se refiere a una pantalla fluorescente utilizada en aparatos de rayos X para transformar los rayos X en una forma de luz visible. En particular, la pantalla fluorescente mejorada según el invento es particularmente adecuada para ser utilizada en la extremidad de entrada de un tubo intensificador de imagen de rayos X. Dichos tubos intensificadores de rayos X se utilizan típicamente en máquinas de rayos X de uso médico, para reducir la cantidad de radiaciones X que atraviesan el órgano del cuerpo sometido a observación. Dichos intensificadores de imagen de rayos X incluyen típicamente una placa frontal en la extremidad de entrada detrás de la cual se halla una capa o pantalla fluorescente destinada a absorber los fotones de rayos X incidentes y emitir fotones luminosos. Inmediatamente detrás de esta pantalla fluorescente se halla un fotocátodo o capa fotoemisora que absorbe los fotones luminosos procedentes del elemento fluorescente y emite fotoelectrones. Estos fotoelectrones son acelerados y concentrados en el interior del tubo intensificador de imagen de rayos X (en el cual se ha hecho el vacío) para formar una "imagen" en una segunda pantalla fluorescente situada a la salida o en la extremidad posterior del tubo. Ya que la capa o pantalla fluorescente original o de entrada emite numerosos fotones de luz por cada fotón de rayos X absorbido, y ya que los fotoelectrones procedentes del fotoemisor y que son producidos por estos fotones son acelerados en el interior del tubo, puede obtenerse una imagen relativamente brillante a la salida del tubo.

El brillo de la imagen final es parcialmente función del espesor de la capa fluorescente original en el lado de entrada del tubo, porque cuanto más espesa es esta capa mayor es la absorción por ella de los rayos X originales. Por otra parte, conforme se hace más gruesa esta capa, la resolución y el contraste dismi-

yen porque los fotones luminosos emitidos en respuesta a la absorción de un solo fotón de rayos X salen de la superficie de la pantalla fluorescente en un punto cada vez más alejado en la dirección transversal, conforme va aumentando el espesor. Esta dispersión lateral es producida por dos factores: en primer lugar, la pantalla fluorescente emite fotones de luz en todas las direcciones a partir del punto donde el fotón de rayos X es absorbido; y en segundo lugar, incluso los fotones de luz que se desplazan más o menos perpendicularmente a la superficie pueden ser desviados (por lo menos en cierto grado) en la dirección lateral antes de alcanzar la superficie. Por tanto, el efecto real de la capa o de la pantalla fluorescente en la extremidad de entrada de un tubo intensificador de imagen de este tipo, es un compromiso entre la absorción deseada (elevada) de los rayos X que puede obtenerse a partir de capas gruesas y la resolución y contraste necesarios o deseados (elevados) que aumentan cuando se reduce el espesor de la pantalla fluorescente. De todos modos, sería conveniente aumentar el espesor de la pantalla fluorescente sin reducir la resolución y el contraste. En términos generales, esto puede obtenerse limitando la longitud del trayecto lateral de los fotones de luz dentro de la pantalla fluorescente, y se han propuesto ya ciertas técnicas para obtener este efecto. Por ejemplo, en las patentes de los Estados Unidos, números 3.783.297, 3.783.298 y 3.783.299, se describen pantallas fluorescentes para entrada de tubos intensificadores de imagen de rayos X dotadas de medios para reducir la dispersión lateral de la luz dentro de la pantalla fluorescente (así como métodos para fabricar dichos aparatos). El invento se refiere al mismo problema de la reducción de la dispersión en la dirección lateral de los fotones de luz dentro de la pantalla fluorescente. Sin embargo, la estructura según el invento, difiere

re de las tres patentes mencionadas más arriba porque el material de la pantalla propiamente dicha (por ejemplo yoduro de cesio dopado) contribuye, por lo menos parcialmente, a inhibir la dispersión lateral de la luz. De manera similar, la técnica de realización de una pantalla de este tipo es totalmente diferente de la que se describe en las tres patentes mencionadas más arriba. De manera particular, el yoduro de cesio se deposita en forma de vapor (por ejemplo en un evaporador bajo vacío) sobre un sustrato (que tiene preferentemente un perfil tal que presente plataformas en relieve sobre las cuales el material se depositará preferentemente) de tal modo que forme una serie de columnas o postes de material fluorescente con un espacio alrededor de cada una de dichas columnas. De este modo, los fotones de luz generados en el interior de cada columna individual de la pantalla fluorescente tenderán a mantenerse en ella debido a la reflexión total interna a no ser que el fotón choque con una superficie, bajo un ángulo de incidencia moderadamente pequeño (medido con relación a la perpendicular a la superficie). De este modo, una columna relativamente alta o larga tendrá tendencia a actuar como "conducto de luz" para aumentar la proporción de los fotones de luz generados que salen de la superficie superior (considerando la columna como extendiéndose hacia arriba a partir del sustrato) y reduciendo el número de los fotones que salen de la columna en la dirección lateral (es decir a través de cualquier superficie generalmente vertical y perpendicular a la superficie superior). Con el objeto de reducir todavía más el porcentaje de los fotones de luz que pueden escaparse a través de dichas superficies verticales (chocando con la superficie bajo unos ángulos inferiores al ángulo crítico), se llena preferentemente el espacio formado entre cada una de las columnas individuales con un material que actúa para inhibir dicha dispersión

lateral. Preferentemente, este material es un material fuertemente reflectante (en lugar de absorbente) de modo que una mayor proporción de los fotones que se escapan a través de las paredes laterales de las columnas sean reflejados de nuevo hacia las columnas en lugar de ser solamente eliminados (como sería el caso por ejemplo si el material situado entre las columnas fuera principalmente un material capaz de absorber estos fotones). De manera ideal, el material situado entre las columnas no es solamente un material reflectante, sino también por sí mismo un material fluorescente (es decir, capaz de absorber los fotones de los rayos X y producir sus propios fotones luminosos). Mediante la formación y el tratamiento adecuados del material fluorescente depositado, es posible hacer que las columnas sean sustancialmente transparentes y presenten superficies relativamente lisas para aumentar la cantidad total de fotones de luz que alcanzan la superficie superior, (la cual es la superficie adyacente a la capa fotoemisora del tubo intensificador de rayos X). Además la incorporación de un material fuertemente reflector entre las columnas individuales aumenta sustancialmente la proporción de los fotones de luz que se desplazan de manera generalmente lateral y que salen finalmente de la superficie superior de la misma columna en la cual han sido generados. Por tanto, una pantalla fluorescente realizada de acuerdo con el invento, no solamente inhibe la dispersión de los fotones en la dirección lateral (la cual reduce tanto la resolución como el contraste), sino que de hecho hace volver la mayoría de estos fotones desviados lateralmente hacia la misma zona de la columna (muy pequeña) en la cual han sido generados de tal manera que la mayoría de ellos salen finalmente de la superficie superior deseada de esta misma columna, aumentando así el rendimiento de la pantalla.

Las ventajas del invento podrán entenderse claramente leyendo la siguiente descripción detallada de un modo de realización del invento que se da a título de ejemplo, conjuntamente con los dibujos adjuntos, en los cuales:

5                    la figura 1 es una vista en sección transversal algo esquemática de un tubo intensificador de rayos X convencional, que indica como se utiliza normalmente;

10                    la figura 2, constituida por 2a-2h, es un diagrama del proceso de fabricación que ilustra las varias operaciones que se efectúan para fabricar una pantalla fluorescente de acuerdo con el invento;

15                    la figura 3 constituida por las figuras 3a-3h representa la pantalla fluorescente en cada una de sus varias fases de fabricación, tal como aparece después de realizar la fase correspondiente de la figura 2;

                    la figura 4 es una vista en sección transversal y en alzado, algo esquemática, de un evaporador de pared caliente bajo vacío, utilizado para la fabricación de una pantalla fluorescente, según el invento; y

20                    la figura 5 es una representación gráfica en la cual se compara una pantalla fluorescente realizada de acuerdo con el invento, con dos pantallas fluorescentes convencionales de capa sólida, hechas de la misma sustancia química.

25                    La figura 1 representa un tubo intensificador de imagen de rayos X convencional, que incluye una envoltura de vidrio 10 en el interior de la cual se ha hecho el vacío. En la extremidad de entrada de la envoltura o tubo 10, una placa frontal 10a soporta en su superficie interna una capa fluorescente de espesor uniforme incluido entre aproximadamente 125 y 300 micrones  
30                    (5 a 12 milésimas de pulgada). En variante, puede situarse una

capa ópticamente opaca, pero permeable a los rayos X 11a entre la placa frontal 10a y la pantalla fluorescente 11 para impedir la entrada de la luz incidente sin impedir el paso de los rayos X que se desplazan en el tubo de la manera indicada por las flechas en la parte izquierda de la figura. Dicha fina capa opaca 11a puede ser, por ejemplo, una capa de cartón o de fina chapa de aluminio (u otro metal de peso atómico relativamente reducido). En la superficie interna de la capa fluorescente 11, se deposita una película extremadamente fina 12 de un material fotoemisor (con un espesor de aproximadamente 100 Angstroms). De este modo, los rayos X absorbidos por la pantalla fluorescente 11 producen la emisión de fotones de luz (se emiten numerosos fotones por cada fotón de rayos X absorbido), y estos fotones de luz son transformados a su vez por la capa fotoemisora 12 (mediante absorción y reabsorción) en fotoelectrones. Aquellos fotoelectrones que se desplazan de manera general hacia la derecha en la figura 1, son concentrados por el primer electrodo 13a, que pueden someterse a un potencial de varios centenares de voltios y son acelerados hacia una segunda pantalla fluorescente 14 depositada en la superficie interna de la extremidad posterior o de salida 10b de la envoltura de vidrio por el electrodo 13b que está sometido a un potencial de varios millares de voltios (por ejemplo 25 kilovoltios). Los electrodos 13a y 13b tienen una forma adecuada y se mantienen a un potencial apropiado para realizar una concentración "óptica" de los fotoelectrones acelerados sobre la pantalla 14, de modo que se forme una versión más brillante de la imagen que aparece en la primera pantalla fluorescente 11, sobre la pantalla de salida 14, pudiendo dicha imagen ser observada directamente por el usuario (por ejemplo un médico).

Es evidente que cuanto más importante es el porcen

taje de los rayos X entrantes que son absorbidos por la pantalla fluorescente original de entrada 11 (y por tanto cuanto más importante es el número de fotones luminosos emitidos por ella), cuanto más elevada será la relación señal-ruido de la imagen). Por otra parte, como se ha dicho más arriba, cuanto más gruesa es la pantalla fluorescente 11, tanto más importante es la degradación de la resolución y del contraste de la imagen, ya que los fotones de luz generados en el interior de la capa fluorescente y que se desplazan lateralmente, (es decir con un ángulo importante con relación a la superficie de la pantalla fluorescente) emergen parcialmente en unas posiciones que no corresponden a las posiciones de los rayos X que habían producido originalmente su emisión. El invento mejora la resolución (y el contraste) facilitada por una pantalla fluorescente de un espesor dado o, en variante, permite la utilización de una pantalla fluorescente de entrada más gruesa y por tanto más absorbente, (de los rayos X) sin perjuicio de la elevada resolución y del elevado contraste (o en variante, mejora dicha absorción por medio de un espesor ligeramente más importante y mejora la resolución y el contraste limitando el desplazamiento de los fotones de luz en una dirección lateral). Aunque el fenómeno básico del invento sea algo similar al de las patentes de los Estados Unidos, número 3.783.298 y 3.783.299 mencionadas más arriba, por ejemplo, tanto la estructura real y las técnicas de fabricación de la pantalla fluorescente son sustancialmente diferentes. En resumen, la pantalla fluorescente según el invento, está constituida por un conjunto de pequeñas columnas separadas que se extienden de manera generalmente perpendicular respecto a la superficie general de la pantalla, de tal manera que los fotones de luz generados en cada columna individual, tienden a permanecer en ella y por tanto emergen de ella muy cerca del punto de



su emisión original (es decir, el emplazamiento donde había sido absorbida la radiación X original). Además, los espacios formados entre las pequeñas columnas individuales se llenan preferentemente con un material altamente reflectante, de modo que aquellos fotones luminosos que podrían escaparse de los costados de las columnas, no solamente no pueden hacerse sino que de hecho están obligados a volver a la columna y (por lo menos en la mayoría de los casos) salen finalmente por la parte superior de la columna (es decir, hacia la derecha en la figura 1) para contribuir al brillo de la imagen sin producir ningún efecto perjudicial sobre la resolución y el contraste de la pantalla. Una manera preferida según la cual una pantalla fluorescente de acuerdo con el invento puede ser fabricada, se ilustra a título de ejemplo por medio del diagrama de fabricación de la figura 2, conjuntamente con las representaciones estructurales analógicas de los productos resultantes de cada una de estas fases de fabricación en la figura 3. La primera operación consiste en formar una configuración tridimensional en el substrato sobre la cual se deposita a continuación el yoduro de cesio; en particular, el substrato puede estar constituido por una chapa de aluminio que se forma mediante troquelado para obtener la configuración tridimensional que se ilustra en la figura 3a. En un modo de realización particularmente satisfactorio de la pantalla fluorescente según el invento, se ha dado al aluminio una configuración tal que presente porciones 20 sustancialmente cuadradas, con unos lados de aproximadamente 100 micrones (4 milésimas de pulgada) separados por unas zonas huecas 22 con una extensión lateral 24 de aproximadamente 25 micrones, estando la superficie 24 situada aproximadamente 35 micrones más bajo que la superficie superior 26 de las porciones en relieve o porciones de plataforma del substrato. Aunque en la vista en alzado de la figu

ra 3 se ven solamente una serie de porciones en relieve 20, 22, se entiende naturalmente que en la chapa están formadas un gran número de dichas hileras de porciones en relieve y huecas, las unas detrás de las otras, situándose naturalmente una porción hueca detrás de cada una de las porciones en relieve cuadradas 20, en el sentido perpendicular al plano del dibujo. De manera similar, las porciones que se ilustran en número reducido son evidentemente tan solo unos ejemplos de las numerosas porciones situadas en la dirección que se extiende en el plano del papel. Por tanto, visto desde la parte superior, el substrato tendrá el aspecto general de un tablero de ajedrez, salvo que en lugar de las líneas formadas entre los varios cuadros del tablero estarían las zonas huecas 22. A continuación, se sitúa el substrato en un evaporador bajo vacío de modo que se deposite preferentemente yoduro de cesio en forma de vapor sobre las porciones en relieve 20, sin que se deposite sustancialmente en las porciones huecas 22. Se ha demostrado que era preferible utilizar un evaporador llamado evaporador de paredes calientes bajo vacío para obtener este resultado. Este evaporador se ilustra esquemáticamente en la figura 4, en la cual se ilustra esquemáticamente una fuente de yoduro de cesio por medio de un "bote" 30 que contiene polvo de yoduro de cesio en 32, y que se calienta por cualquier medio adecuado, por ejemplo según se ilustra esquemáticamente, con una bobina de calentamiento 34. El evaporador es del tipo de pared caliente, en el cual la pared interna 36 se mantiene a una temperatura suficientemente elevada para que el vapor de yoduro de cesio que se desplaza en unas líneas que chocan con las paredes laterales, tales como 35, 37, alcance sin embargo la proximidad de la otra extremidad de la cámara en la cual está dispuesto el substrato 18 con ángulos de incidencia bastante elevados (con relación a la perpendicular a la super-

ficie del substrato). Los trayectos directos desde el bote hasta el substrato (que producirían el depósito con ángulos de incidencia relativamente pequeños) están preferentemente bloqueados por un deflector 38. Por tanto, el yoduro de cesio se depositará en el substrato, el cual se mantiene a una temperatura incluida en la gama de 50-150°C, solamente con unos ángulos de incidencia bastante elevados, y esto está destinado a mejorar la forma deseada de crecimiento del yoduro de cesio depositado, de modo que forme unas torres o columnas 40 solamente en las porciones en relieve 20 del substrato 18, según se representa en la figura 3b. Se ha demostrado que era práctico depositar el yoduro de cesio en el substrato en un evaporador de pared caliente bajo vacío de este tipo, a una velocidad generalmente elevada, concretamente que corresponde a un espesor de 50 micrones aproximadamente cada minuto. De este modo, tan solo después de 2½ minutos aproximadamente, el yoduro de cesio forma torres o columnas 40 de 125 micrones (5 milésimas de pulgada) de altura según se representa en la figura 3b. Se observará que sustancialmente no se deposita ningún material en las zonas huecas, en parte debido a la acción de apantallamiento de las porciones en relieve 20 del propio substrato y en parte (cuando se ha empezado a formar el depósito) debido al efecto de apantallamiento análogo y todavía más importante de las propias columnas 40. Se observará igualmente en la figura 3b que conforme se está efectuando el depósito, las columnas tienen tendencia a ensancharse particularmente cerca de su parte superior cuando han alcanzado una altura de aproximadamente 125 micrones; por tanto, como podrá verse más adelante, se detiene en este punto la formación del depósito principalmente para evitar este ensanchamiento que se indica en 42, 44, de modo que no llegue hasta el punto de cerrar virtualmente el intervalo entre dos columnas ad-

yacentes.

Para reducir este ensanchamiento (en 42, 44 en la figura 3b) en la parte superior de las columnas, así como para aumentar, por lo menos en cierto grado, la separación entre columnas adyacentes (véase 46 en la figura 3b), la pantalla compuesta de substrato y de yoduro de cesio parcialmente depositado, se calienta en el vacío a 450-500°C durante 20 minutos aproximadamente (a la temperatura acelerada indicada) o de una hora (si se utiliza la parte inferior de esta gama de temperaturas). Dicho tratamiento térmico puede realizarse en el mismo evaporador de pared caliente bajo vacío (véase figura 4) simplemente elevando la temperatura general en el interior del recinto hasta la gama de temperatura deseada mientras se hace funcionar la bomba de vacío para mantener un vacío sustancialmente completo. El yoduro de cesio en 32 y/o su recipiente 30 habrán sido naturalmente retirados o agotados anteriormente. El efecto de este calentamiento es el de aglomerar el yoduro de cesio en la columna formando granos más perfectos, de tal manera que tanto la altura, y lo que es más importante, el ancho de la columna disminuyan ligeramente después de dicho tratamiento. Además, incluso en la gama de temperaturas de 450-500°C, una cierta cantidad del yoduro de cesio depositado se sublima, produciéndose dicha sublimación principalmente a partir de la superficie superior de las columnas y en particular a partir de las esquinas (véase 42, 44 en la figura 3b). Por tanto, la pantalla, después de este tratamiento térmico, tendrá generalmente la forma que se ilustra en la figura 3c, en la cual las columnas 40 ya no tienen las esquinas prolongadas en su parte superior (comparar 42, 44 en la figura 3b) sino que tienen una superficie superior 48 con una tendencia a presentar una forma redonda. Particularmente, la superficie 48 tiene sustancialmente

la misma altura en su centro que la columna 40 de la figura 3b (salvo el ligero encogimiento producido por la compactación indicada más arriba), pero las porciones marginales tales como 52, 54 son sustancialmente a la vez más bajas y algo redondeadas con relación a las esquinas correspondientes (42, 44) antes del tratamiento térmico. Además, el espacio entre las columnas en 46' es por lo menos algo superior, también debido a la compactación de las columnas durante el tratamiento térmico; por otra parte, la tendencia de las columnas a acercarse las unas a las otras en su parte superior, se elimina sustancialmente, tanto debido a esta compactación como debido al hecho de que una parte importante de la materia situada cerca de las esquinas de la extremidad superior de las columnas ha sido retirada por la tendencia a la sublimación indicada más arriba. Aunque las columnas tienen todavía la misma altura total de 125 micrones (4 milésimas de pulgada) que antes de la operación de calentamiento de las figuras 2c y 3c, en el ejemplo particular del invento se desea obtener columnas de aproximadamente 250 micrones (10 milésimas de pulgada) de alto. A este efecto, se repiten las operaciones ilustradas en las figuras 2b y 3b, pero utilizando la estructura en forma de columna que se representa en la figura 3c "como substrato" sobre el cual se deposita el yoduro de cesio adicional. De este modo, la pantalla parcialmente fabricada de la figura 3c (que según se ha indicado más arriba ha sido calentada en el mismo evaporador de pared caliente bajo vacío que se ilustra en la figura 4) se utiliza ahora para depositar en ella una cantidad suplementaria de yoduro de cesio exactamente de la misma manera que la que se ha descrito anteriormente con relación a las figuras 2b y 3b. Más precisamente, la temperatura del dispositivo parcialmente terminado de la figura 3c se mantiene aproximadamente en 50-150°C mientras se deposi-

ta en él yoduro de cesio a una velocidad relativamente elevada (50 micrones de espesor por minuto) hasta obtener una altura total de la columna de aproximadamente 250 micrones (es decir que se añade un depósito suplementario de 125 micrones de espesor).

5 El producto resultante se representa en la figura 3d en la cual la columna original está indicada en 40' y su parte superior original está indicada por las líneas de puntos en 48, ya que esta línea no solamente representa la demarcación entre el yoduro de cesio anteriormente depositado y el yoduro de cesio recientemente depositado, sino también significa físicamente que el yoduro de cesio debajo de esta línea ha sido ya compactado en cierto grado por la operación de calentamiento de las figuras 2c y 3c, mientras que el material situado encima de la línea en 60 no ha sido todavía compactado. Como en el caso análogo que se ilustra en la

10 figura 2b, el material que se acaba de añadir tiene tendencia a formar una columna que se ensancha progresivamente conforme va aumentando su altura, con una tendencia particular a ensancharse muy cerca de la parte superior formando unas esquinas, tales como 62, 64. Para ensanchar el intervalo 66 entre las partes 60 recién formadas de la columna y para eliminar igualmente, por lo menos parcialmente el material cerca de las "puntas" de las "esquinas" 62, 64, la pantalla parcialmente fabricada de la figura 3d se somete a un tratamiento de la manera descrita más arriba.

Por tanto, la pantalla parcialmente fabricada de

25 la figura 3d que tiene su espesor completo , se calienta a 450-500°C durante un tiempo que puede variar entre 20 minutos y una hora para ensanchar el espacio 66 y eliminar las esquinas 62, 64 (véase figura 3d) con el objeto de obtener la estructura que se ilustra en la figura 3e. Mas específicamente, la porción superior

30 60' de cada una de las columnas es ahora algo más estrecha que

antes de la operación de calentamiento y las "esquinas" anteriormente existentes (véase 62, 64 en la figura 3b) han desaparecido por sublimación dejando una superficie superior relativamente redonda 68, en la columna. Se observará que la línea de demarcación, originalmente designada por 48, entre la parte 40' depositada en primer lugar y la parte 60' depositada en segundo lugar de cada columna está designada ahora por 48' en la figura 3c, ya que el material en cada lado de esta línea de demarcación, es ahora idéntico y que esta línea de demarcación es por tanto de naturaleza sustancialmente imaginaria.

Se observará que la curvatura de la superficie superior intermedia 48 (figura 3c) representada por la línea de puntos 48' y de la superficie superior análoga 68 en la figura 3e, ha sido algo exagerada, ya que esta superficie es de hecho más plana que lo que se representa; esto se debe al deseo de poner el acento sobre la diferencia que existe entre las superficies 48, 68, respectivamente y las superficies originales dotadas de las esquinas 52, 54 y 62, 64 en las figuras 3b y 3d, respectivamente. Por otra parte, el techo o intervalo entre las columnas después del tratamiento térmico (en 46', 66', respectivamente) en las figuras 3c y 3e es sustancialmente más importante, por lo menos cerca de la parte superior que el intervalo correspondiente 46, 66, (respectivamente figuras 3b y ed), aunque esto no se vea claramente en el dibujo. En particular, el tratamiento térmico a 450-500°C produce un encogimiento de aproximadamente 10% del volumen, debido a la eliminación de los vacíos que se forman durante la operación de formación del depósito a temperatura más baja en la fase de fabricación anterior. Este efecto de encogimiento por si solo, es capaz de producir el ensanchamiento de la parte superior de los intervalos, los cuales habían desaparecido casi

completamente en la parte superior como puede verse en las figuras 3b y 3d, haciendo que aumenten hasta 10 a 15 micrones aproximadamente. La sublimación de una cierta parte de la materia a partir de toda la superficie de cada una de las columnas, pero más particularmente a partir de la zona que constituía las esquinas 42, 44

5 en las figuras 3b y 62, 64 en la figura 3d produce un ensanchamiento suplementario de la parte superior de estos surcos o intervalos, de tal manera que los surcos tienen un valor ahora muy parecido a la anchura original (concretamente 25 micrones) de las

10 depresiones formadas en el substrato 18. Evidentemente, las operaciones de formación de depósito a temperatura relativamente baja, (figuras 2b y 3b y figuras 2d y 3d) y las operaciones de calentamiento o tratamiento térmico (figuras 2c y 3c y figuras 2e y 3e)

15 pueden repetirse secuencialmente tantas veces como sea necesario para obtener el espesor deseado del yoduro de cesio, manteniendo sin embargo el yoduro de cesio en columnas separadas. En el modo de realización específico que se ilustra y describe particularmente, se deseaba formar una capa o pantalla fluorescente de 250 micrones (10 milésimas de pulgada) de espesor, y se ha comprobado

20 que se necesitan para ello tan solo dos ciclos de formación de depósito y de tratamiento térmico. Evidentemente, la cantidad de materia (es decir la altura de la columna formada) en una sola fase de formación de depósito, está limitada por el hecho de que las partes superiores de las columnas tienden a cerrar el intervalo después de efectuarse el depósito de una cierta cantidad de

25 yoduro de cesio (véanse figuras 3b y 3d). Evidentemente, es posible depositar en una operación un espesor inferior a 125 micrones, pero estas cantidades más pequeñas depositadas en cada operación conducen a una pérdida de tiempo y de equipo, mientras que

30 un intento de depositar una capa sustancialmente superior a 125



micrones da lugar a la formación de columnas que se unen en su parte superior.

Suponiendo que se ha alcanzado la altura deseada de las columnas (como en el modo de realización que se ilustra a título de ejemplo en la figura 3e) se somete la pantalla a una operación de recocido a una temperatura de  $650^{\circ}\text{C}$  aproximadamente, (temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del yoduro de cesio) en una atmósfera de argón (aproximadamente a la presión atmosférica), la cual tiende a suprimir la sublimación del yoduro de cesio. En esta fase de calentamiento final, se eliminan la mayoría de las pequeñas burbujas dispersas que se han producido como consecuencia de la unión de las cavidades durante las operaciones anteriores. Aunque la reducción de volumen de las columnas sea extremadamente pequeña, debido a la eliminación de estas burbujas, relativamente pequeñas, la materia de las columnas que era sustancialmente traslúcida, pasa a ser sustancialmente transparente. Por tanto, la diferencia principal entre la estructura de la figura 3f que ilustra la estructura después de someterla a la operación de calentamiento a la temperatura de la figura 2f y de la figura 3e antes de esta operación de calentamiento, consiste principalmente en un ligero aplanamiento de la superficie superior 78 de la porción alta 70 de la columna, más el hecho de que las columnas son ahora transparentes. Ya que esta operación de calentamiento final a alta temperatura requiere de dos a tres horas de tratamiento a  $615^{\circ}\text{C}$ , este calentamiento final se efectúa preferentemente en un horno separado, en lugar de ocupar durante todo este tiempo el evaporador de vacío de pared caliente. Sin embargo, como se ha dicho anteriormente, todas las demás fases pueden acoplarse convenientemente en el mismo evaporador de pared caliente, sin necesidad de cambiar la pantalla entre las

fases. Durante el calentamiento de la etapa final de las figuras 2f, 3f, el activador (tal como talio), puede ser añadido. Alternativamente, algunos agentes dopantes no tóxicos y más compatibles, tal como sodio, pueden incorporarse al yoduro de cesio en cualquier fase (preferentemente en la fase anterior).

Después de la fase de calentamiento final, los espacios entre las columnas se rellenan preferentemente con un material adecuado para asegurar que la luz que se forma en el interior de cada columna cuando la pantalla fosforescente está funcionando, no pueda escapar de una columna y llegar a la otra columna (causando así el tipo de difusión lateral, cuya prevención es el principal objeto del invento. Como se ven en las figuras 2g y 3g, dicho material se emplea para llenar los espacios entre las columnas, como se indica en 76. El material utilizado puede ser simplemente una sustancia muy deflectora, tal como dióxido de titanio finamente molido, que puede, bien incorporarse por ejemplo en una resina de silicona, o bien preferentemente depositarse bajo la forma de una suspensión en cloroformo de metilo de modo que sea sustancialmente pura después de evaporarse el líquido. En variante, y probablemente de manera preferida, el material puede elegirse en un grupo de materias dotadas de un poder reflectante relativamente elevado, que también son relativamente fluorescentes, de modo que pueda transformar los rayos X en fotones de luz. Estas materias incluyen el  $Gd_2O_2S$  y el  $La_2O_2S$ ; y dicha sustancia fluorescente y reflectante estará soportada por un vehículo constituido por una resina de silicona o se depositará simplemente en los intervalos bajo la forma de una suspensión en un líquido volátil (el cual se evapora a continuación). Ya sea dicho material situado en 76 una sustancia solamente reflectante, o (preferentemente, una materia a la vez reflectante y fluores-

cente, esta materia asegura que la luz generada en el interior de cada una de las varias columnas 70 no pueda penetrar en una columna adyacente, lo que aumenta sustancialmente la resolución de la pantalla fluorescente. Por tanto, el hecho de que los intervalos existen entre las varias columnas (de modo que la luz generada en el interior de cada columna sea mantenida por lo me-  
5 nos parcialmente en ella debido a las reflexiones internas sobre las superficies laterales de las columnas) y más particularmente la calidad reflectante del material situado en 76 que asegura que la luz no puede escaparse de una columna (como sería el caso de rayos que se desplazan cerca de la perpendicular a la su-  
10 perficie), impiden la dispersión lateral de esta luz desde una columna a otra columna. Por consiguiente, es posible dar a la pantalla fluorescente un espesor casi doble del valor convencio-  
15 nal (es decir la altura de las columnas en las varias figuras), obteniéndose así pantallas con una capa fluorescente de aproximadamente 250 micrones (10 milésimas de pulgada) con una resolución igual o superior, lo que facilita aproximadamente un 50% más de intensidad (es decir absorción de rayos X y emisión de fotones).

20 La operación final de la fabricación de la pantalla fluorescente propiamente dicha consiste simplemente en añadir un revestimiento superficial transparente que se representa por 80 en la figura 3h para formar una superficie plana y lisa sobre la cual puede situarse la capa fotoemisora (véase figura 1  
25 en 12). El revestimiento transparente 80 puede estar constituido por una resina de silicona que se aplica de cualquier manera convencional. Se observará que ninguna de las figuras 3a-3h está estrictamente a escala, aunque las dimensiones relativas de las columnas de yoduro de cesio y los espacios o intervalos formados  
30 entre éstas, sean por lo menos aproximadamente proporcionales a

las dimensiones reales, como puede comprobarse tomando como base los varios datos numéricos proporcionados en la descripción que antecede. De manera similar, las dimensiones relativas de la figura 1 no están a escala, en particular por lo que se refiere a la capa fluorescente y al revestimiento fotoemisor 11, 12, respectivamente, con relación al espesor de la placa frontal 10a del tubo intensificador de imagen representado aquí.

Las ventajas relativas de la utilización de una pantalla fluorescente constituida por pequeñas columnas separadas hechas de material fluorescente de acuerdo con el invento, pueden verse fácilmente examinando la figura 5, la cual es un gráfico de función de transferencia de modulación de dos pantallas de yoduro de cesio convencionales de espesor diferente (de capa sólida) y de una sola pantalla de yodo de cesio con estructura del tipo de columnas según el invento. Los datos para las tres curvas han sido obtenidos exactamente en las mismas condiciones partiendo de pantallas fluorescentes utilizadas con la misma capa fotoemisora (idéntica por lo que a material y espesor se refiere) y en el mismo tubo intensificador de imagen de rayos X y otro aparato de rayos X. La curva superior de las dos curvas de trato continuo en 82, representa los datos de transferencia de modulación para una pantalla de yoduro de cesio sólida convencional de 125 micrones de espesor (siendo esta capa la que se utiliza más corrientemente en los aparatos comerciales existentes). La curva 84 superior trazada con línea de puntos, representa los datos de transferencia de modulación para una pantalla fluorescente de yoduro de cesio de 250 micrones de espesor, realizada de acuerdo con el invento. Como puede verse fácilmente, comparando las curvas 82 y 84, la pantalla fluorescente más gruesa estructurada según el invento presenta un contraste más eleva

do para separaciones de pares de líneas de hasta 3,5 pares por milímetro (aproximadamente 90 pares de líneas por pulgada). Además de esta mejora de contraste para todas las frecuencias espaciales que se utilizan prácticamente, la cual constituye una mejora en la resolución aparente, la pantalla fluorescente de yoduro de cesio más gruesa, según el invento, tiene evidentemente un brillo más importante para una intensidad dada de rayos X incidentes. Por consiguiente, la absorción cuántica de una pantalla fluorescente estructurada de 250 micrones (10 milésimas de pulgada) de acuerdo con el invento, es de 0,55, mientras que una pantalla fluorescente de capa sólida convencional de 125 micrones (5 milésimas de pulgada) presenta una absorción cuántica de tan solo 0,30. Por tanto, una pantalla práctica de acuerdo con el invento, presenta una mejora de aproximadamente 50% y por tanto se necesita tan solo las dos terceras partes de las "dosis" de radiaciones para obtener la misma relación de señal/ruido, así como una mejora importante de la resolución práctica en la gama normalmente interesante. La curva inferior en línea continua 86 representa una pantalla fluorescente de yoduro de cesio de capa sólida de 250 micrones (10 milésimas de pulgada) que se incluye tan solo a título de comparación (es decir que no representa ninguna pantalla normalmente utilizada en instrumentos comerciales). Aunque una pantalla fluorescente con una capa sólida tan gruesa tiene naturalmente una "absorción cuántica" superior a 0,5 se observará fácilmente en la curva 86 que su resolución aparente y su contraste son muy inferiores a los de las otras curvas. Por ejemplo, con una relación de contraste de 0,3 la capa fluorescente estructurada de 250 micrones, según el invento, presenta una resolución de 2,8 pares de líneas por milímetro, una capa fluorescente sólida convencional de 125 micrones de espesor presenta una

capacidad de separación de 2,6 pares de líneas por milímetro, mientras que la capa fluorescente sólida de 250 micrones de espesor puede separar tan solo 1,3 pares de líneas por milímetro (es decir aproximadamente 71, 66 y 33 pares de líneas por pulgada, respectivamente. Desde un punto de vista diferente, si se desea obtener una resolución de por lo menos dos pares de líneas por milímetro (es decir un poco más de 50 líneas por pulgada), la pantalla fluorescente estructurada según el invento, presenta una relación de contraste de 0,45, la pantalla fluorescente convencional sólida de 125 micrones presenta un contraste de 0,38 mientras que una pantalla fluorescente de 250 micrones de espesor presentaría un contraste solamente 0,18. Por consiguiente, cuando se compara la pantalla fluorescente estructurada según el invento, de 250 micrones de espesor, con la capa de yoduro de cesio del mismo espesor y del mismo brillo de la curva 86, se observa fácilmente una diferencia muy importante en las capacidades de resolución-contraste. Cuando se compara la pantalla fluorescente de acuerdo con el invento (curva 84) con la pantalla fluorescente de capa sólida convencional de 125 micrones de espesor, se obtiene una mejora sustancial en la absorción, lo mismo que una mejora apreciable en sus características de transferencia de modulación (es decir de su resolución y contraste relativos) en toda la gama prácticamente interesante (es decir hasta aproximadamente 3,5 pares de líneas por milímetro, o aproximadamente 90 pares de líneas por pulgada).

Por consiguiente, una pantalla fluorescente según el invento presenta no solamente una absorción cuántica más elevada o un rendimiento más importante que conduce a la obtención de una imagen dotada de una relación señal/ruido más elevada, sino que además presenta una resolución y un contraste mejorados

con relación a una pantalla fluorescente sólida de tipo convencional, (con la mitad de espesor). En otras palabras, la inhibición de la dispersión lateral de los fotones de luz generados en el interior de las columnas individuales de la pantalla fluorescente según el invento es tan importante, que la resolución es prácticamente superior a la de una pantalla fluorescente de diseño convencional y que presenta solamente un espesor igual a la mitad. Cuando la pantalla fluorescente según el invento se compara con una pantalla fluorescente de capa sólida del mismo espesor, aparece una diferencia de resolución y contraste extremadamente marcada como puede verse comparando las curvas 84 y 86 de la figura 5. Por tanto, la pantalla según el invento presenta a la vez una mejor relación señal/ruido y prácticamente una resolución y un contraste más elevado que las pantallas convencionales existentes y presenta una diferencia extremadamente notable en resolución y contraste con relación a una pantalla realizada de la manera convencional y que tiene un espesor doble del espesor comercial normal (con el objeto de obtener sustancialmente la misma absorción que la pantalla de acuerdo con la estructura del invento). Evidentemente, para aplicaciones particulares, puede darse a la pantalla fluorescente de acuerdo con el invento, un espesor intermedio (por ejemplo superior a 125, pero inferior a 250 micrones) para obtener una "combinación" diferente de mejora de absorción y de mejora de resolución-contraste. De este modo, si se hace que la pantalla realizada de acuerdo con el invento tenga columnas de solamente 125 micrones de alto y preferentemente unas dimensiones laterales reducidas de manera similar (por lo que a anchura y separación se refiere) como puede obtenerse fácilmente reduciendo la configuración de tablero de ajedrez formada en el substrato, es evidente que la pantalla resultante presentará una resolución y un contras

te fuertemente mejorados con relación a una pantalla sólida convencional de 125 micrones de espesor (pero en general no presentará ninguna mejora de la absorción). Inversamente, es posible realizar una pantalla de acuerdo con el invento dándole un espesor superior a 250 micrones para aumentar el brillo todavía más sin reducir necesariamente la resolución y el contraste prácticos (por ejemplo hasta dos pares de líneas por milímetro) debajo de los valores facilitados por una pantalla fluorescente convencional sólida de 125 micrones. Por consiguiente, el espesor de 250 micrones del modo de realización que se describe aquí a título de ejemplo, se considera como la solución que permite obtener a la vez una mejora sustancial de la absorción y por lo menos una mejora moderada de la calidad de la imagen, aunque este modo de realización sea tan solo un ejemplo ya que es posible que se considere más importante ya sea aumentar la absorción, ya sea mejorar la calidad de la imagen, conduciendo a realizar una pantalla más gruesa o más delgada, respectivamente, que la pantalla de 250 micrones del ejemplo.

Aunque el invento haya sido descrito en su utilización en su ambiente preferido, principalmente como pantalla fluorescente para tubo intensificador de imagen de rayos X del tipo general ilustrado en la figura 1, la pantalla fluorescente según el invento puede también ser utilizada en pantallas intensificadoras radiográficas, en particular del tipo en el cual una pantalla fluorescente se sitúa entre una fuente de rayos X y una película (situándose generalmente el sujeto o el objeto sometido a los rayos X entre la fuente de rayos X y la combinación de pantalla fluorescente-película). Ya que el invento puede ser utilizado para cualquier aplicación análoga, el invento no se limita a una pantalla fluorescente útil solamente en un tubo intensificador de



rayos X. Por otra parte, aunque se haya descrito e ilustrado en la memoria materiales específicos, condiciones determinadas (ta-  
les como temperatura y otras) así como los aparatos de fabrica-  
ción sugeridos, está claro que todos ellos pueden ser alterados  
5 en cierto grado, particularmente debido al hecho de que estas  
variaciones son algo interdependientes. Por tanto, el modo de  
realización estructural del ejemplo y el método particular de  
fabricación del mismo se dan solamente a título de ejemplo y no  
definen los límites del invento.

10 TRADUCCION DE LAS INSCRIPCIONES DE LAS FIGURAS

Figura 1

- A. Capa fluorescente
- B. Vacío
- C. Fotoemisor
- 15 D. Rayos X
- E. Técnica anterior

Figura 2

- a. Formar el substrato
- b. Depositar C<sub>g</sub>I en substrato
- 20 c. Calentar a 450-500°C
- d. Efectuar un nuevo depósito
- e. Calentar de nuevo a 450-500°C
- f. Calentar a 615°C
- g. Llenar espacios
- 25 h. Revestir superficie superior

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

REIVINDICACIONES

- 1. - Metodo para realizar una pantalla fluorescente para  
30 rayos X mejorada del tipo que absorbe un tipo de radiación y emite

do

un tipo diferente de radiación, que incluye las operaciones que consisten en:

5                    preparar un sustrato generalmente plano para que forme un gran número de porciones relativamente sobreelevadas, separadas cada una por una porción relativamente rebajada, en una zona sustancial de dicho sustrato;

10                   depositar un material fluorescente sobre dicho sustrato estructurado con ángulos importantes con relación a la perpendicular a dicho sustrato de modo que solamente dichas porciones sobreelevadas sean cubiertas por un espesor importante de dicho material fluorescente y que dichas porciones rebajadas no reciban sustancialmente ningún material fluorescente, lo que permite obtener una capa fluorescente constituida por columnas de material fluorescente sustancialmente separadas las unas de las otras; y

15                   tratar finalmente dicha pantalla fluorescente del tipo de columnas para que el material fluorescente de la misma pase a ser sustancialmente transparente mediante la eliminación sustancial de todas las pequeñas burbujas que podría producir una dispersión de las variaciones en el interior del material ,

20                   formándose así una pantalla fluorescente que incluye una serie de columnas de material fluorescente separadas y sustancialmente transparentes.

25                   2. - Método según la reivindicación 1, caracterizado porque dicho material fluorescente está constituido por yoduro de cesio.

30                   3. - Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque dicho material fluorescente está constituido por yoduro de cesio dotado por un metal elegido en el grupo que consiste en talio y sodio.

6

4. - Método según las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque dicho material fluorescente se deposita por medio de un evaporador de pared caliente, de modo que la mayor parte del material fluorescente que llega a dicho sustrato rebote en las paredes laterales del evaporador y caiga sobre dicho sustrato con un ángulo relativamente importante con relación a la perpendicular al sustrato.

5. - Método según las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque después de depositar dicho material fluorescente, pero antes del tratamiento final, dicha capa fluorescente del tipo de columna se trata para aumentar la distancia de separación de dichas columnas fluorescentes.

6. - Método según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha fase de tratamiento intermedia consiste en calentar dicha composición de sustrato y material fluorescente hasta una temperatura incluida entre 450 y 500°C durante 20 a 60 minutos.

7. - Método según la reivindicación 5, caracterizado porque dichas operaciones de formación de depósito y de tratamiento intermedio se repiten por lo menos una vez antes de realizar dicha operación de tratamiento final.

8. - Método según las reivindicaciones 1-7, caracterizado porque dicha fase de tratamiento final consiste en calentar dicho material fluorescente durante un periodo de tiempo sustancial a una temperatura próxima a la temperatura de fusión en condiciones que limitan dicha tendencia a la sublimación.

9. - Método según la reivindicación 8, caracterizado porque dicho material fluorescente es yoduro de cesio y dicho tratamiento final consiste en calentar hasta 615°C aproximadamente durante 2-3 horas aproximadamente en atmósfera de gas

40

inerte.

10. - Método según las reivindicaciones 1-9, caracterizado porque después de dicha parte de tratamiento final, los espacios formados entre dichas columnas de material fluorescente se llenan con una sustancia que refleja fuertemente la radiación emitida por dicho material fluorescente, de modo que la radiación que se escapa de una pared lateral de una columna sea reflejada de nuevo hacia la columna de origen.

11. - Método según la reivindicación 10, caracterizado porque dicha sustancia reflectante está constituida por dióxido de titanio ( $TiO_2$ ).

12. - Método según la reivindicación 10, caracterizado porque dicha sustancia reflectante está constituida por un segundo material fluorescente que presenta también propiedades reflectantes.

13. - Método según la reivindicación 12, caracterizado porque dicha sustancia reflectante fluorescente se elige en el grupo que consiste en oxisulfuro de gadolinio ( $Gd_2O_2S$ ) y oxisulfuro de lantano ( $La_2O_2S$ ).

14. - Método según las reivindicaciones 10-13, caracterizado porque después de dicha operación de relleno de los espacios, se efectúa un revestimiento de material transparente encima de dichas columnas y de dicha sustancia reflectante, para formar una superficie superior plana relativamente lisa.

15. - Método según las reivindicaciones 1-14, caracterizado porque dichas porciones elevadas de dicho substrato miden algunas centésimas de milímetro, y dichas porciones rebajadas y su profundidad relativa miden aproximadamente 0,025 mm.

16. - Se reivindica por último como objeto so-

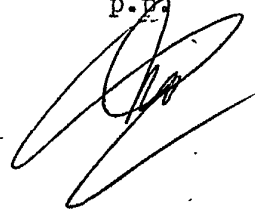
bre el que ha de recaer la Patente de Invencion que se solicita: METODO PARA REALIZAR UNA PANTALLA FLUORESCENTE PARA RAYOS X MEJORADA.

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

Madrid, 22 de Julio de 1.977

BERNARDO UNGRIA

P. E.



10

15

20

25

30



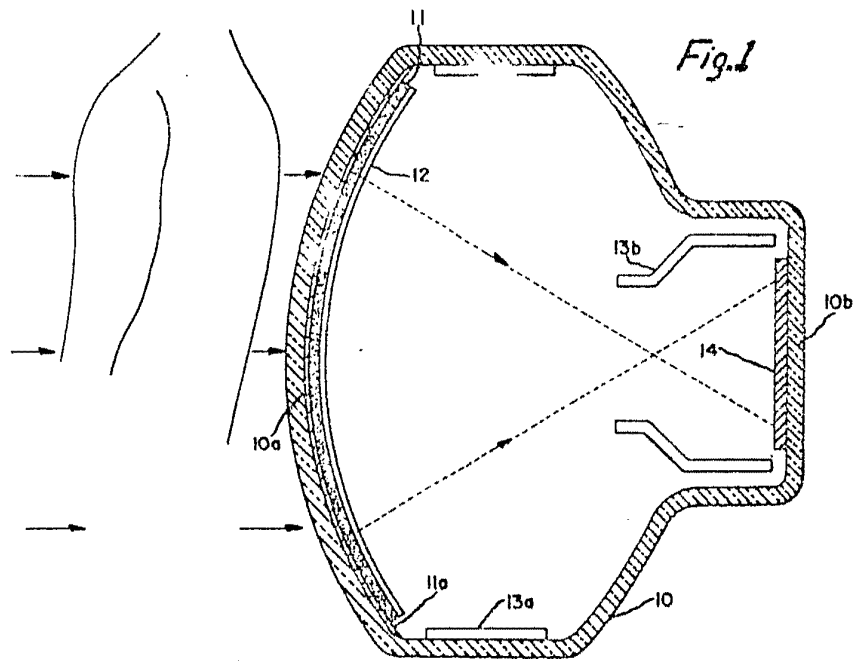
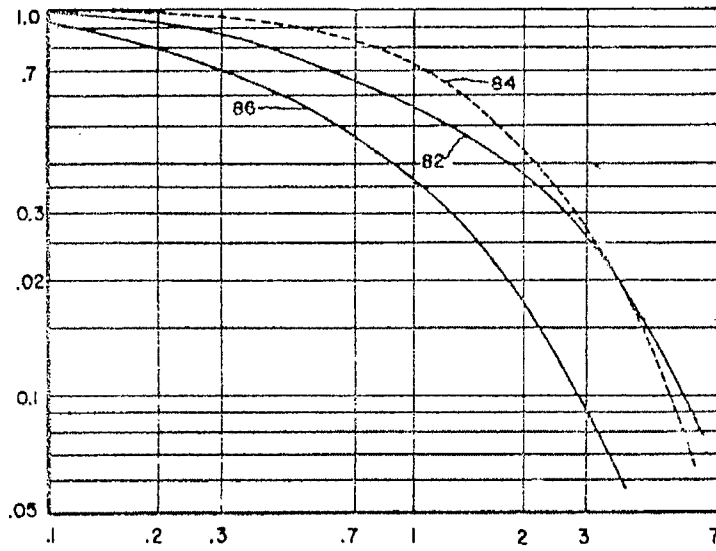


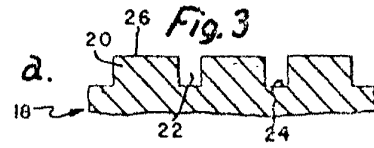
Fig. 5



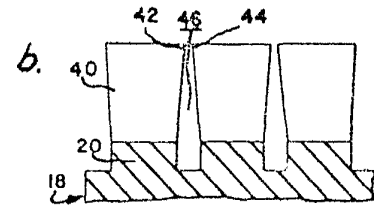
Patented June 1, 1937

*[Handwritten signature]*

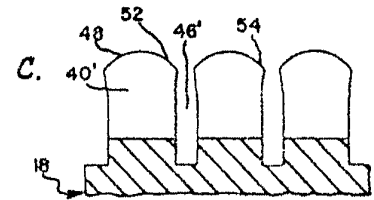
a. Fig. 2



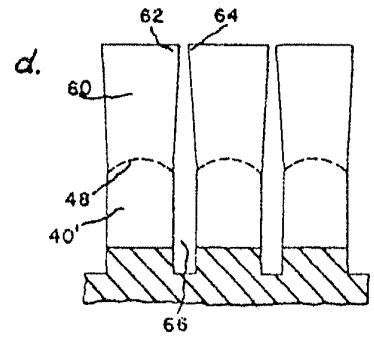
b.



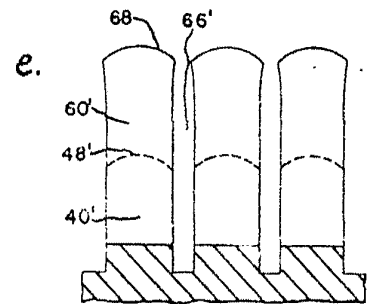
c.



d.

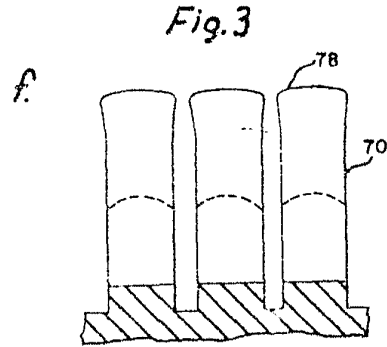


e.

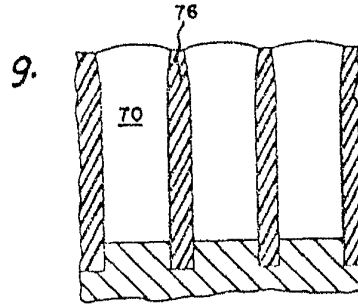


GENERAL ELECTRIC JOINT  
U.S. PATENT OFFICE, WASHINGTON, D.C. 20540

f. Fig.2

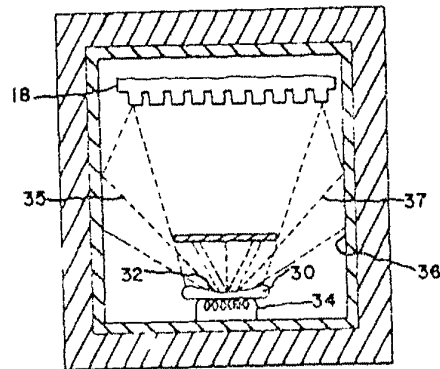


g.

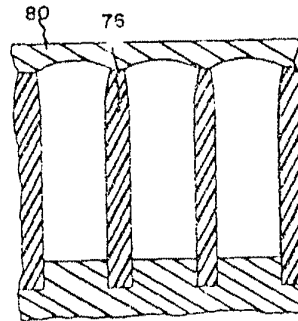


h.

Fig.4



h.



BOJANA VUKOBRA  
 Madrid, 23 de Julio de 1.977  
 BORRILLINO UNGELA