

29

336857

MEMORIA DESCRIPTIVA

que se presenta para unir a la solicitud

d e

P A T E N T E D E I N V E N C I O N

formulada el 15 de Febrero de 1967, con el nº 336.857

e n

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION,
entidad norteamericana, establecida en Armonk, N.Y., Es-
tados Unidos de América,

por:

" UN MICROSCOPIO DE RAYOS X "

Este invento se refiere al campo de los mi-
croscopios de rayos X y, de un modo más especial, a un sis-
tema para ampliar el poder de resolución de los microsco-
pios de Rayos X.

5 Los actuales microscopios de rayos X tienen
un poder de resolución de unos 2.000 U.A.; es decir que
2.000 U.A. es la mínima separación lineal a que pueden es-
tar dos objetos pequeños vecinos y ser vistos como dos ob-
jetos diferenciables en el microscopio. El invento que se
10 describirá en lo que sigue amplía el poder de resolución



desde este límite actual hasta la región de 100 a 200 U.A., un aumento de 10 a 20 veces en el poder de resolución.

El esquema general para obtener el poder de resolución me-

5 jorado se basa en dos descubrimientos físicos, a saber, la

5 holografía y el efecto Borrmann.

La holografía es la ciencia de producir imá-
genes de objetos mediante reconstrucción de frentes de on-
das. En general, no es preciso implicar lentes en tal pro-
ducción y reconstrucción de imágenes. Los frentes de onda
10 que son registrados fotográficamente y posteriormente re-
construidos, son los debidos a la difracción de radiación
electromagnética por tales objetos. Descripciones relati-
vamente detalladas de la ciencia de la holografía aparecen
en los artículos publicados por D. Gabor en el "Proc. Royal
15 Soc." (Londres), 1949, vol. 197A, páginas 454 y siguientes,
por E.N. Leith y J. Upatnieks en el "Journal of the Opti-
cal Society of America" de 1962. vol. 52, páginas 1.123 y
siguientes y en las páginas 171-178 del número de 1965 de
la publicación "IBM Journal of Research and Development",
20 vol. 9, número 3.

En el efecto Borrmann, hay una transmisión
anómala de rayos X a través de un solo cristal perfecto cu-
yas caras opuestas son paralelas. Cuando un haz de rayos
X incide sobre tal cristal con un ángulo distinto al ángu-
25 lo de Bragg, tal haz sufre absorción, dependiendo del espe-
sor del cristal y de su composición. No obstante, cuando
un haz de rayos X entra en una cara paralelo al ángulo de
Bragg, y cuando todos los átomos del cristal están en los
planos a los que se debe la reflexión de Bragg, se obser-
30 van dos haces que salen de la cara opuesta paralela. Un



5 haz es difractado en la dirección hacia adelante, y el otro
haz es difractado hacia abajo con el doble del ángulo de
Bragg con respecto a la dirección hacia adelante. Por otra
parte, el haz transmitido que sufre ambas difracciones tie-
ne una absorción anómadamente baja si el cristal está sus-
tancialmente exento de dislocaciones. Tal cristal exento
de dislocaciones se denomina un cristal perfecto. Un estu-
dio del efecto Borrmann aparece en las páginas 681-683 del
número de Julio de 1964 de "Reviews of Modern Physics" vol.
10 36, número 3.

La técnica general para obtener el poder de
resolución mejorado de un microscopio de rayos X implica
un procedimiento en dos etapas. La etapa I implica la cons-
trucción de un holograma de rayos X del objeto que está
15 siendo ampliado, y la etapa II implica la reconstrucción
de ese holograma mediante radiación electromagnética cuya
longitud de onda es mucho mayor que la de los rayos X. El
holograma es producido enviando un haz coherente de rayos
X a través del objeto, cuyo diagrama de difracción de ra-
20 yos X es luego superpuesta sobre una onda de rayos X por-
tadora de referencia, con la cual interfiere. La onda por-
tadora tiene frentes de onda planos y es derivada de la
fuente que ilumina al objeto que produce el diagrama de di-
fracción. Una característica principal del invento compren-
25 de medios para hacer ese diagrama de interferencia suscep-
tible de ser registrada.

Aunque existen propuestas, anteriores a este
inventó, para obtener un microscopio holográfico de rayos X,
tales sistemas propuestos no eran usualmente factibles de-
30 bido a que: (a) no se podían producir dos haces de rayos

336857



X coherentes espacialmente de intensidad suficiente; y
(b) el diagrama de interferencia modulada que resultaba
de la recombinación del haz difractado procedente del ob
jeto con la onda portadora, implicaba frecuencias espacia
5 les que no podían ser registradas en la película de máxi
mo poder de resolución disponible. El presente invento
hace uso del efecto Borrmann para superar (a) y del efec
to de moiré de los rayos X en un cristal perfecto para su
perar los inconvenientes expuestos en (b).

10 En una realización preferida del invento, un
haz de rayos X incide sobre una cara de un cristal perfec
to, saliendo como dos haces divergentes de rayos X desde
una cara paralela de dicho cristal perfecto. Una segun
da parte o sección del cristal perfecto intercepta tales
15 dos haces divergentes, haciendo que cada haz intercepta
do salga de la segunda sección del cristal como dos haces
divergentes. Así, los haces que salen desde la segunda
sección del cristal son cuatro en número, dos que diver
gen y dos que convergen entre sí. El objeto a ser aumen
20 tado es colocado en uno de los haces convergentes y difrac
ta ese haz. Los haces convergentes difractado y no difrac
tado se unen o fusionan e interfieren en la superficie fron
tal de un tercer cristal, o tercera sección de cristal. El
diagrama de interferencia es modulada en amplitud y en fa
25 se mediante la difracción desde el objeto y, normalmente,
se haría un holograma registrando el diagrama así modulada.

No obstante, tal diagrama de interferencia de
rayos X implica frecuencias espaciales demasiado altas pa
ra ser resolubles mediante las películas o emulsiones foto
30 gráficas conocidas. La tercera sección de cristal del cris



tal inicialmente desarrollado es sometida a esfuerzo, ca-
lentada, o excitada de otro modo para alterar el espacia-
miento de los planos de la red de tal tercera sección de
cristal, siendo el espaciamiento resultante ligeramente
5 diferente del espaciamiento entre las franjas del diagra-
ma de interferencia. Como resultado, aparece un diagrama
de moiré o un diagrama de frecuencia diferencia, en el
haz de rayos X, que sale desde la tercera sección de cris-
tal; ese diagrama de moiré es modulada por la forma de di-
10 fracción del objeto. Estas frecuencias espaciales más ba-
jas (del diagrama de moiré modulada) son resolubles con
las emulsiones fotográficas o películas disponibles, y una
película colocada junto a tal diagrama de interferencia de
salida registrará un holograma desplazado en frecuencias
15 del objeto situado en la trayectoria del haz de rayos X
convergente indicado en lo que antecede. Tal holograma
puede ser entonces reproducido de una manera usual.

Un objeto de este invento es proporcionar un
nuevo microscopio de rayos X.

20 Todavía otro objeto es ampliar el poder de
resolución de un microscopio de rayos X.

Otro objeto es obtener un microscopio de ra-
yos X empleando los principios de la holografía.

25 Todavía otro objeto es emplear un cristal pu-
ro como convertidor de frecuencia de un diagrama de inter-
ferencia de rayos X.

Los anteriores y otros objetos, característi-
cas y ventajas del invento, se pondrán de manifiesto de la
descripción más detallada que sigue de realizaciones prefe-
30 ridas del invento, tal como se han ilustrado en los dibujos

que se acompañan.



En los dibujos:

La fig. 1 es una representación esquemática del invento.

5

La fig. 2 es una realización del microscopio holográfico de rayos X que opera de acuerdo con los principios del invento sobre los cuales está basado tal mi croscopio.

10

Las figs. 3 y 4 son esquemas según la técnica anterior de como es producido y reproducido un holograma, respectivamente.

15

La fig. 5 es una representación de un diagrama de forma de onda que entra por el lado izquierdo del cristal de más a la derecha de la fig. 1 y que sale por el lado derecho de tal cristal.

20

En la práctica del invento, se emplean tres cristales perfectos 2, 4 y 6 como elementos del microscopio de rayos X, estando los planos de los cristales en las dos primeras partes en perfecta coincidencia. Ejemplos de cristales que pueden usarse en la práctica del invento son los de silicio o los de germanio. Tales cristales se han elegido debido a que pueden ser obtenidos exentos de dislocaciones, y tienen estructuras tales que los átomos están en familias de planos adecuadas.

25

Un haz 8 de rayos X, de preferencia, aunque no necesariamente, monocromático, incide sobre el cristal 2 con el ángulo θ de Bragg. De acuerdo con el descubrimiento de Borrmann tal haz 8 experimenta dos difracciones, una es una difracción hacia adelante como se ha indicado mediante el haz 10, y la otra es una difracción hacia aba

30



jo como se ha representado mediante el haz 12. Ambos haces difractados el 10 y el 12 son monocromáticos y salen del cristal 2 con más y menos el ángulo θ de Bragg, con respecto a los planos de reflexión del cristal. Borrmann hizo también notar que la atenuación del haz 8 de rayos X a través del cristal 2 es mínima cuando tal haz entra en el cristal perfecto 2 con el ángulo de Bragg.

Los espaciamientos entre los cristales 2 y 4 son tales que los haces 10 y 12 incidirán sobre la cara 3 del cristal 4 y serán difractados como lo fué el haz inicial 8. Los haces 14 y 16 que convergen hacia el cristal 6 se utilizan para llevar a cabo la función de un microscopio de rayos X, mientras que los haces divergentes 18 y 20 se permite que salgan del área del microscopio y sean disipados con material absorbente adecuado, no representado.

El objeto 22 a ser ampliado es colocado en la trayectoria de uno de los dos haces 14 ó 16, habiéndose seleccionado la trayectoria 14 de haz únicamente para ilustrar el funcionamiento del invento, y tal objeto difracta el haz 14. El haz difractado 24 y el haz no difractado 16 se unen e interfieren en la superficie frontal 5 del cristal 6. El diagrama de interferencia es modulada en amplitud y en fase por la difracción procedente del objeto 22. Normalmente se haría un holograma registrando ese diagrama de interferencia modulada sobre una película 26 situada en la superficie 5. No obstante, el período de ese diagrama de interferencia de rayos X es tan pequeño, que las películas de que se dispone no pueden resolver ese diagrama. Con objeto de registrar un holograma de un diagrama de interferen-



cia de rayos X con periodos tan pequeños, se interpone el cristal 6 entre los haces 16 y 24 unidos o fusionados y la película 26. El cristal 6 actúa sobre el diagrama de interferencia para desplazarla a frecuencias espaciales más bajas, a la vez que retiene la información acerca del objeto 22 presente en la modulación del diagrama de interferencia. Tales frecuencias espaciales más bajas son fácilmente registrables sobre la película de que actualmente se dispone. El modo en que el cristal 6 efectúa tal conversión de frecuencia puede comprenderse mejor mediante la consideración de las figs. 2 y 5.

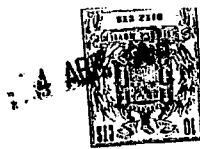
En la descripción que sigue, la expresión "un solo cristal o monocristal" incluirá al menos dos casos, a saber, el caso I en que la unidad completa de difracción de rayos X está cortada o conformada de otro modo a partir de un solo trozo de cristal perfecto. En el caso II, una pluralidad de cristales perfectos están situados en la relación apropiada entre sí para obtener las propiedades de difracción deseadas. En consecuencia, incluso aunque la descripción que sigue pudiera quedar restringida a una forma, únicamente para simplificar la descripción del invento, no se excluyen otras formas de configuraciones de cristal.

En la realización del invento, los cristales paralelos 2, 4 y 6 son originalmente hechos crecer como un solo cristal puro de silicio o germanio, o similar. Mediante el uso de sierras después del desarrollo de tal cristal sencillo o monocristal, este último es cortado y atacado químicamente y permanece en una pieza, como se ha ilustrado en la fig. 2. Unas dimensiones que pueden ser-



vir de ejemplo, aunque no de limitación, serían de $1/2$ cm para la altura de cada cristal, $1/2$ cm entre cristales 2 y 4 y entre los cristales 4 y 6, y cada cristal tendría $1/2$ mm de ancho. Los tres elementos de cristal 2, 4 y 6 están
5 contiguos con una base común 28, descansando los cristales 2 y 4 en contacto íntimo con un evacuador de calor 30 hecho de cobre o de cualquier otro material que tenga una elevada conductividad térmica, y el cristal 6 descansa en contacto íntimo con otro evacuador de calor 30'. Se han provisto
10 ranuras 32 y 34 de modo que se aisle térmicamente el cristal 6 de los cristales 2 y 4. Al cristal se le aplica energía, ya sea en forma de un esfuerzo axial mediante el tornillo 36, o bien variando la temperatura del evacuador de calor 30', por intermedio de la fuente de energía 38, de modo
15 que el cristal 6 toma una temperatura diferente de la de los cristales 2 y 4.

El cristal 6 opera como un analizador de la siguiente manera. Si el espaciamento de los planos p de la red en el cristal 6 es el mismo que el espaciamento entre las franjas del diagrama de interferencia que fué producida en la superficie 5 del cristal 6, los haces de rayos X 16 y 24 pueden pasar a través del cristal 6 del mismo modo que los haces 8, 10 y 12 pasaban a través de sus cristales respectivos, a saber, por el efecto Borrmann. El diagrama formado en la superficie 5 en ausencia de un objeto
20 22 de difracción es de franjas rectas. Si la separación de la red en el cristal 6 es diferente de tal separación de franjas, el campo transmitido en la superficie 7 presentará franjas de moiré cuya frecuencia espacial es la diferencia
25 30 entre las frecuencias espaciales del diagrama de la red y



del diagrama de las franjas. Puesto que el diagrama de moiré tendrá una frecuencia espacial suficientemente baja para ser resoluble mediante películas de un poder de resolución de aproximadamente 1.000 pares de líneas mm, puede emplearse una película 26 para registrar tales franjas. En presencia de un objeto 22, el diagrama de difracción que modula el diagrama de interferencia original de rayos X en la superficie 5 modula también el diagrama de moiré de rayos X formada en la superficie 7 del cristal 6; tal diagrama de moiré modulada puede ser fotografiada, produciendo un holograma que puede ser reconstruido mediante luz visible coherente usual, a saber, un haz láser. Durante la reconstrucción usando una radiación de longitud de onda mayor que la longitud de onda de los rayos X, la imagen del objeto original será ampliada en la relación de una longitud de onda de reconstrucción a la longitud de onda de rayos X. Tal ampliación puede ser fácilmente de un factor de 1.000.

Con objeto de hacer el espaciamiento de la red del cristal 6 diferente al espaciamiento de la red de los cristales 2 y 4, se varía la temperatura del baño térmico 30' de modo que la temperatura del cristal 6 sea diferente a las de los cristales 2 y 4. Las ranuras 32 y 34 permiten aislamiento térmico entre el cristal 6 y los cristales 2 y 4. Si se desea, pueden aplicarse medios de regulación térmica TR al elemento 30 con objeto de mantener los cristales 2 y 4 a una temperatura constante T_1 , mientras se aplica calor para variar la temperatura del cristal 6 a T_2 , produciendo tal cambio en temperatura la alteración deseada en el espaciamiento de la red del cristal 6.

336857



Supongamos, como se ve en la Fig. 5 que el diagrama de interferencia de rayos X que aparece en la superficie 5 del cristal 6 está representada por la forma de onda W_1 y que D_{in} es la separación de franjas de ese diagrama de interferencia de rayos X. Sea D_{cr} el espaciamiento de la red entre planos de cristal adyacentes, y D_o el espaciamiento de franjas en el diagrama de interferencia de salida W_2 en la superficie 7. En este ejemplo ilustrativo, la diferencia entre D_{in} y D_{cr} se ha exagerado mucho. En realidad, las dos diferirán en una parte por cada 10.000.

Puede representarse la relación de las frecuencias espaciales de los diagramas de interferencia que inciden sobre el cristal 6 y que salen de este, mediante la relación

$$f_{out} = f_{in} - f_{cr} \quad (1)$$

en que la frecuencia espacial del diagrama de salida W_2 es igual a la frecuencia espacial del diagrama de entrada W_1 menos la frecuencia espacial de los planos de reflexión del cristal 6. La ecuación (1) puede expresarse como

$$\frac{2\pi}{D_o} = \frac{2\pi}{D_{in}} - \frac{2\pi}{D_{cr}} \quad (2)$$

El espaciamiento D_{cr} de la red del cristal 6 puede expresarse como una función de D_{in} , en que

$$D_{cr} = D_{in} (1 + \alpha \Delta T). \quad (3)$$

Por tanto, D_{cr} varía en función de la temperatura T y del coeficiente de dilatación térmica α , siendo el valor de α para el silicio de $2,5 \times 10^{-6}/^{\circ}C$.

Sustituyendo en la ecuación (2) el valor de D_{cr} por su valor equivalente de la ecuación (3) se obtiene



$$\frac{2\pi}{D_o} = \frac{2\pi}{D_{in}} - \frac{2\pi}{D_{in}}(1 + \alpha \Delta T) \quad (4):$$

Para valores muy pequeños del producto ($\alpha \Delta T$) se tiene que $\frac{1}{1 + \alpha \Delta T} \approx 1 - \alpha \Delta T$. Por consiguiente, la ecuación

4 puede escribirse de la siguiente manera.

$$\frac{2\pi}{D_o} = \frac{2\pi}{D_{in}} - \frac{2\pi(1 - \alpha \Delta T)}{D_{in}} \quad (5)$$

$$\frac{2\pi}{D_o} = \frac{2\pi \alpha \Delta T}{D_{in}} = f_{out} \quad (6)$$

Así, variando la temperatura del cristal 6 en una cantidad ΔT , puede obtenerse una frecuencia espacial suficientemente baja de la onda de salida W_2 para que sea compatible con la capacidad de resolución de las emulsiones de película conocidas. Puesto que las máximas frecuencias susceptibles de ser registradas en las películas actuales son de orden de 10^{+4} /cm, y el valor de Δ (para el silicio) es del orden de $2,5 \times 10^{-6}$ /°C, variaciones de unos 40°C o superiores en el cristal 6 producirán una variación suficiente en la frecuencia de salida de la forma de onda de entrada W_1 para hacer que esta última sea susceptible de que su información sea registrada como un holograma en una película.

Se dá también por entendido que otros cristales puros pueden ser modificados térmicamente como el silicio, con objeto de producir un holograma. Por otra parte, pueden aplicarse esfuerzos axiales al cristal 6 con objeto de obtener el mismo efecto que el producido por la variación de temperatura. Un tornillo 36 de aplicación de presión es un ejemplo de tal forma de comunicar un esfuerzo uniaxial al cristal 6, aunque pueden emplearse cuales-



quiera otras formas de aplicar esfuerzos uniaxiales.

Las figs. 3 y 4 ilustran lo que es antiguo en la técnica de la holografía, pero se describirán como auxiliares para comprender el funcionamiento del presente invento. En la fig. 3 se construye un holograma colocando un objeto 50 en el plano P_1X_1 , tal como una diapositiva enfrente de un haz 52 de luz monocromática de longitud de onda λ_1 ; el campo de difracción debido al objeto 50 es superpuesto sobre una onda de referencia o portadora 54 con la cual interfiere. La onda portadora 54 tiene frentes de onda planos y se deriva de la misma fuente que ilumina al objeto 50. El campo total resultante se registra fotográficamente sobre una película 56 que está en el plano P_2X_2 . La separación entre el objeto 50 y el plano P_2X_2 del holograma es D_1 .

En la reconstrucción del holograma (véase la fig. 4) el holograma desarrollado es iluminado exclusivamente por un haz divergente 58 de luz coherente (siendo una fuente adecuada un láser) de longitud de onda λ_2 que da lugar a un campo de difracción que contiene la imagen real del objeto 50 en el plano P_3X_3 . El ángulo de reconstrucción θ' está relacionado con el ángulo de incidencia θ del haz de referencia 56 mediante la relación $\text{sen } \theta' = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \text{sen } \theta$. Siendo D_2 la distancia de separación del holograma y el plano P_3X_3 de la imagen. La amplificación lateral M de la imagen es igual a $\frac{D_2 \lambda_2}{D_1 \lambda_1}$ en todas las direcciones paralelas al plano del holograma, y la amplificación longitudinal es $\frac{D_2}{D_1} M$ en la dirección perpendicular al plano del holograma.

La breve descripción de como se construye y

336857

4 ABR.



se reconstruye un holograma no está destinada a servir para otra finalidad que no sea la de dar a conocer al lector la naturaleza de un holograma cuando se usa luz visible. Un estudio considerablemente más detallado de los hologramas figura expuesto en la publicación antes mencionada del inventor, que apareció en el número de Mayo de 1965 de la publicación "IBM Journal of Research and Development". El presente invento se desvía del modo normal de construir hologramas debido a que los rayos X producen formas de interferencia que no son susceptibles de ser registradas por las películas de que actualmente se dispone.

En general, un holograma consistirá en un diagrama de interferencia de onda estacionaria de una cierta frecuencia espacial que ha sido modulada por el diagrama de difracción del objeto a ser registrado. La frecuencia espacial de esa onda estacionaria que sirve como frecuencia portadora es, cuando se usan rayos X para crear el holograma, demasiado alta para ser registrada por las películas de que actualmente se dispone, por lo que se refiere a sus capacidades de resolución. No obstante, las frecuencias de modulación de los diagramas de difracción son suficientemente bajas para que puedan ser registrables mediante las películas de que se dispone. La alteración del espaciamiento de la red de los planos atómicos del cristal 6 desplaza la frecuencia portadora y sus bandas laterales de información a una gama de frecuencias más bajas, que pueden ser registradas sobre la película 26. En efecto, el cristal 6 opera como el oscilador local de un circuito de radio que desplaza la portadora modulada a una frecuencia intermedia para ulterior tratamiento.



Se ha descrito aquí un nuevo microscopio de rayos X que amplía el poder de resolución desde el actual límite de 2.000 U.A. hasta una región de 100 a 200 U.A., y a distancias todavía menores, siendo sin embargo su uso compatible con películas cuyos poderes de resolución son muy inferiores al de 2.000 U.A. Ello se logra mediante el procedimiento relativamente sencillo de usar un primer cristal como un divisor de haz coherente que colima el haz de rayos X a 10^{-4} radianes, o más, y un segundo cristal a manera de un juego de espejos que refleja dos haces coherentes hacia atrás el uno hacia el otro, permitiendo que uno confeccione un holograma de un diagrama de interferencia de rayos X. El tercer cristal provee la función de un desplazador de frecuencia para desplazar la portadora y su modulación (que contiene la información acerca del objeto) a una gama de frecuencias espaciales que pueden ser registradas sobre la película. Entonces tiene lugar la reconstrucción holográfica de la manera bien conocida en la técnica, y se obtiene la amplificación debido a que la longitud de onda de reconstrucción es mayor que la longitud de onda de rayos X usados para construir el holograma.

Aunque el invento se ha ilustrado y descrito de un modo particular con referencia a realizaciones preferidas del mismo, comprenderán los expertos en la técnica que pueden efectuarse en él los anteriores y otros cambios, en forma y en detalles, sin desviarse del espíritu ni rebasar el alcance del invento.

Esta solicitud, que corresponde a la presentada en Estados Unidos de América, el 16 de Mayo de 1966, bajo el nº 550.482, se acoge a los beneficios del artícu-



lo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de ésta Patente de In-
5 vención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

1.- Un microscopio de rayos X que compre
de una fuente de rayos X, primeros medios para convertir
dicha fuente en un par de haces de rayos X monocromáticos
divergentes, segundos medios para convertir dichos haces
10 de rayos X divergentes en un par de haces de rayos X con-
vergentes que se unen o fusionan para formar un diagrama
de interferencia de onda estacionaria de una frecuencia
espacial dada, un objeto a ser amplificado situado en la
trayectoria de uno de dichos haces convergentes con obje-
15 to de producir un diagrama de difracción de dicho objeto,
modulando dicho diagrama de difracción a dicho diagrama
de interferencia, y medios para desplazar dicho diagrama
de interferencia a frecuencias espaciales más bajas pero
sin dejar de retener la información acerca del objeto pre
20 sente en la modulación del diagrama de interferencia.

2.- Un microscopio de rayos X según la rei
vindicación 1, en que dichos medios para desplazar dicho
diagrama de interferencia a frecuencias espaciales más ba
jas comprenden un cristal sustancialmente perfecto.

25 3.- Un microscopio de rayos X según la rei



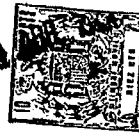
vindicación 2, en que se han provisto medios para alterar el espaciamento de la red de dicho cristal perfecto.

4.- Un microscopio de rayos X según la reivindicación 3, en que dichos medios para alterar el espaciamento de la red de dicho cristal perfecto son medios que aplican calor.

5.- Un microscopio de rayos X según la reivindicación 3, en que dichos medios para alterar el espaciamento de la red de dicho cristal son unos medios para aplicar esfuerzo uniaxial a dicho cristal.

6.- Un microscopio de rayos X que comprende una fuente de rayos X, primeros medios para convertir dicha fuente en un par de haces de rayos X monocromáticos divergentes, segundos medios para convertir dichos haces de rayos X divergentes en un par de haces de rayos X convergentes que se unen o fusionan para formar un diagrama de interferencia de onda estacionaria de una frecuencia espacial dada, un objeto a ser amplificado situado en la trayectoria de uno de dichos haces convergentes para producir un diagrama de difracción de dicho objeto, modulando dicho diagrama de difracción a dicho diagrama de interferencia, medios para desplazar dicho diagrama de interferencia a frecuencias espaciales más bajas pero sin dejar de retener la información acerca del objeto presente en la modulación de tal diagrama de interferencia, y medios que registran dicho diagrama de interferencia que tiene tales frecuencias espaciales más bajas.

7.- Un microscopio de rayos X que comprende una fuente de rayos X, tres cristales sustancialmente perfectos dispuestos paralelamente, incidiendo dicha fuente



de rayos X con el ángulo de Bragg sobre el primer cristal con objeto de producir dos haces divergentes que salen des de dicho primer cristal que inciden sobre dicho segundo cristal, produciendo dicho segundo cristal haces convergen
5 tes que inciden sobre dicho tercer cristal, y un objeto a ser amplificado situado en la trayectoria de uno de dichos haces convergentes.

8.- Un microscopio de rayos X que comprende una fuente de rayos X, tres cristales sustancialmente per-
10 fectos dispuestos paralelamente, incidiendo los rayos X de dicha fuente con el ángulo de Bragg sobre el primer cristal con objeto de producir dos haces monocromáticos de salida desde dicho primer cristal que son divergentes, estando si tuado dicho segundo cristal de modo que intercepte a dichos
15 haces divergentes y haga que dichos haces divergentes produzcan dos haces monocromáticos convergentes, un objeto a ser amplificado situado en la trayectoria de uno de dichos haces convergentes de modo que difracte a dicho haz, unién dose o fusionándose dicho haz difractado y dicho haz no di
20 fractado para producir un diagrama de interferencia en la superficie frontal de dicho tercer cristal, medios para al terar el espaciado de la red de sólo el tercer cristal para modificar dicho diagrama de interferencia, y una pelícu
25 la de registro situada en la superficie de dicho tercer cristal, a través de la cual emerge dicho diagrama de in-
terferencia modificado.

9.- Un microscopio de rayos X que compren-
de una fuente de rayos X, tres cristales sustancialmente perfectos dispuestos en relación de paralelos entre sí, in
30 cidiendo los rayos X de dicha fuente con el ángulo de Bragg

336857



sobre el primero de dichos cristales con objeto de producir dos haces de rayos X divergentes de salida desde dicho primer cristal que inciden sobre el segundo cristal, produciendo dicho segundo cristal haces convergentes que inciden sobre el tercero de dichos cristales, un objeto a ser amplificado situado en la trayectoria de uno de dichos haces convergentes, uniéndose o fusionándose dichos haces convergentes en dicho tercer cristal, medios para alterar el espaciamiento de la red de dicho tercer cristal, y medios para registrar el diagrama de interferencia que sale desde dicho tercer cristal.

10.- " UN MICROSCOPIO DE RAYOS X "

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

Esta Memoria consta de diecinueve hojas escritas por una sola de sus caras.

Madrid,

4 ABR. 1966

P. A.

Alfonso de Izaburu
Por Poder



336857

FIG. 1

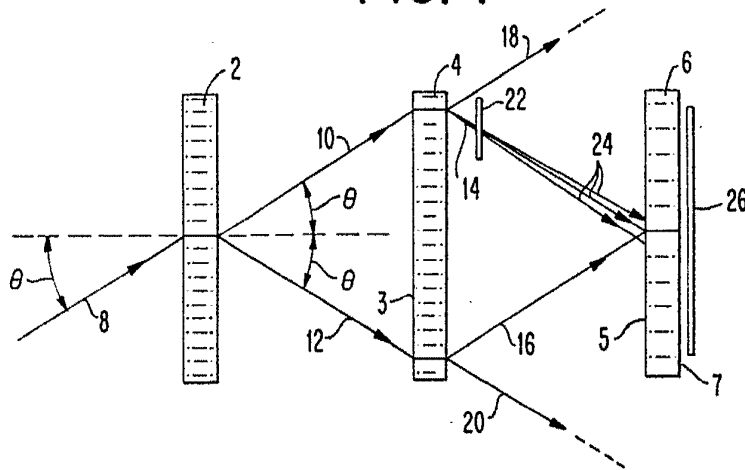
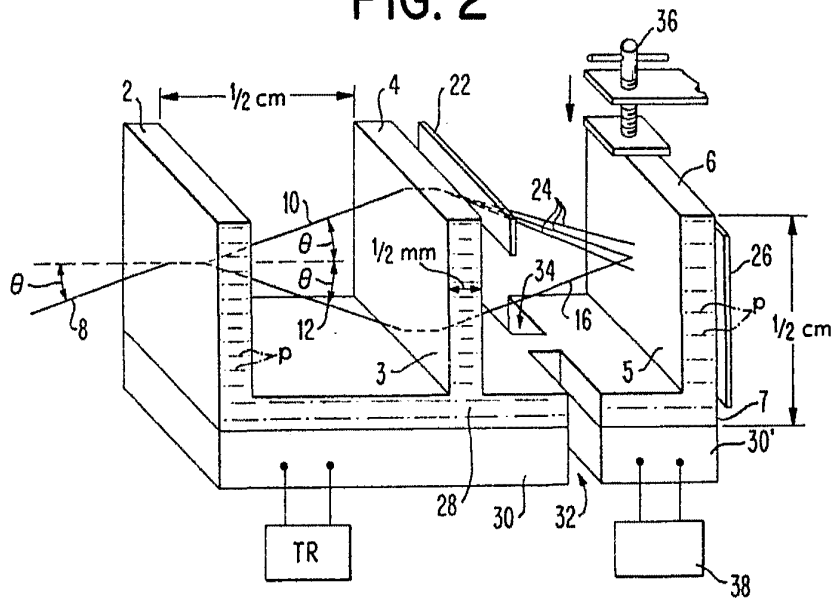


FIG. 2



Alberto de Elizabeth
Pat. Tech.



336857

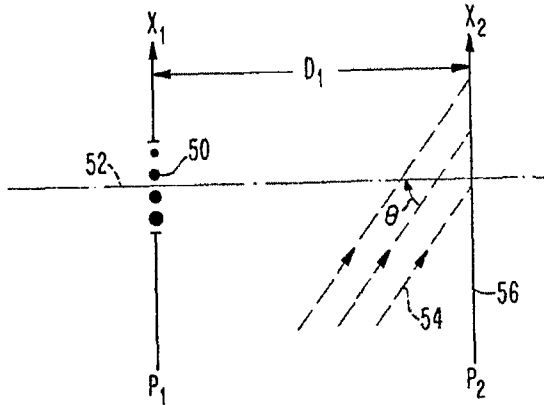


FIG. 3

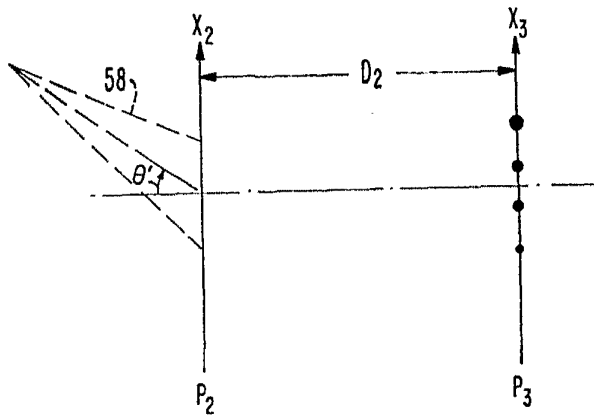


FIG. 4

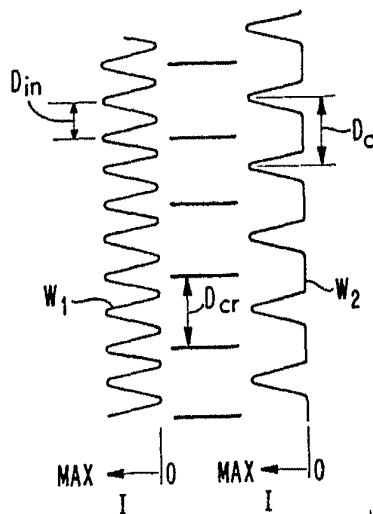


FIG. 5

Handwritten signature
L. S. ...
Per. ...