

MINISTERIO DE INDUSTRIA  
REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL



ESPAÑA

18 ES	11 446703	10 A1
22	FECHA DE PRESENTACION 3-4-1976	

P.- 62.673

PHD 75-045  
Spain HK/EV

PATENTE DE INVENCION

30 PRIORIDADES: 31 NUMERO	32 FECHA	33 PAIS
P 25 14 988.6	5-4-75	R.F.A.

47 FECHA DE PUBLICIDAD	51 CLASIFICACION INTERNACIONAL G03 B, A61B	62 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
------------------------	---	--------------------------------------

64 TITULO DE LA INVENCION "UN METODO DE REPRODUCCION ESTRATIFICADA DE OBJETOS TRIDIMENSIONALES POR MEDIO DE VARIAS IMAGENES DE SUPERPOSICION CODIFICADAS" 14 FEB. 1977
--

71 SOLICITANTE (S) N.V. PHILIPS 'GLOEILAMPENFABRIEKEN
--

DOMICILIO DEL SOLICITANTE Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda
--

72 INVENTOR (ES) Ulf Tiemens
---------------------------------

73 TITULAR (ES)
-----------------

74 REPRESENTANTE DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ
--

El invento se refiere a un método de reproducción estratificada de objetos tridimensionales por medio de varias imágenes de superposición codificadas, registradas simultáneamente de diferentes planos de imagen, siendo irradiado el objeto desde direcciones diferentes.

Han sido propuestos métodos con los cuales pueden ser descodificadas capas de un objeto tridimensional irradiado a partir de una única imagen de superposición codificada (solicitudes de Patente Alemanas P24 14 322.4, P 24 31 700.8, P 24 32 595.9). Estos métodos permiten la reconstrucción tridimensional de un objeto por reproducción estratificada. Sin embargo, la relación señal-ruido es entonces relativamente desfavorable.

El invento tiene por objeto descodificar un número de  $n$  imágenes de superposición de un objeto registradas simultáneamente de modo que ha de ser seleccionada por síntesis aleatoria una capa de la imagen tridimensional, mejorándose al mismo tiempo la relación señal-ruido.

Este objeto se consigue por cuanto son registradas imágenes de superposición del objeto en forma codificada por medio de un gran número de  $m$  fuentes desde direcciones diferentes en un número de  $n$  planos que están situados uno debajo del otro, siendo la descodificación de estas imágenes para la reproducción estratificada del objeto tridimensional tal que para cada capa individual cada una de las  $n$  imágenes de superposición de registro simultáneo, cuyas escalas han sido adaptadas entre sí, es desplazada, simultánea o consecutivamente y sumada sobre un único medio de registro un número de veces, correspondiente al número de  $m$  fuentes durante el registro del objeto.

Debido a que un número de  $n$  imágenes de superposición que están situadas una debajo de otra a una distancia dada entre sí son registradas simultáneamente, es también posible una distribución de fuentes que es favorable para la descodificación. Una distribución de fuentes  
5 adecuadas es, por ejemplo, una distribución estadística o no redundante como se describe por M.J.E. Colay en la publicación "Journal of the Optical Society of America", volumen 61, página 272, 1971. Para la descodificación de  
10 las imágenes de superposición, se utiliza una propiedad matemática de estas distribuciones, es decir el hecho de que la función de autocorrelación de las mismas se aproxima a una función Delta de acuerdo con la estadística de Dirac.

Este método puede ser utilizado para diagnóstico  
15 médica por Rayos X, en especial para la presentación visual de objetos tridimensionales en movimiento, tales como el corazón latiendo que se mueve rápidamente. El objeto en movimiento es entonces expuesto simultáneamente por tubos de  
20 rayos X diferentes desde posiciones diferentes y es registrado sobre películas de rayos X, dispuestos una debajo de otra, de acuerdo con la técnica de exposición consecutiva, y se descodifica subsiguientemente en todas las capas utilizando el método de acuerdo con el invento después del revelado de las películas.  
25

El dispositivo de acuerdo con el invento puede ser utilizado particularmente con ventaja en combinación con un método óptico holográfico de realización de imágenes por  
30 capas como se describe en la solicitud de Patente Alemana P 24 19 259.4. Las imágenes primarias correspondientes a

direcciones diferentes que se requieren son entonces sustituidas por las imágenes en perspectiva sintetizadas obtenidas. Es así posible combinar las ventajas de ambos dispositivos.

5                   Mientras que el método de acuerdo con el invento produce imágenes en perspectiva a partir de varias imágenes de superposición simultáneas registradas en una fase de acuerdo con la técnica de exposición consecutiva, el método holográfico-óptico puede producir, por medio de componentes ópticos adecuados, capas de una profundidad y posición arbitrarias y también capas inclinadas dentro del objeto, continuamente bien enfocadas sobre una pantalla fija; cuando se hace uso de luz espacialmente coherente en el plano de Fourier de un objetivo adecuado, puede también producirse la transformada espacial de Fourier de la imagen de capa transmitida.

10

15

En vez del registro de  $m$  imágenes en perspectiva diferentes, asignadas a  $m$  direcciones de registro, es posible alternativamente, desplazando y sumando cada vez  $n$  imágenes de superposición simultáneas, utilizar una descodificación secuencial de las imágenes individuales de superposición simultáneas cada vez para la misma capa del objeto, efectuándose la descodificación por medio de un holograma puntual realizado por medio de un haz de referencia plano y la iluminación de una máscara perforada en el haz convergente (véase también la Solicitud de Patente Alemana P 24 14 322.4). Las imágenes de capa descodificadas independientemente pueden también ser sumadas para formar una imagen global estratificada.

20

25

30                   Las imágenes de superposición codificadas simultá-

neamente son obtenidas por cuanto un objeto es irradiado simultánea o consecutivamente desde  $m$  fuentes de rayos X separadas espacialmente, almacenándose las proyecciones simultáneamente sobre  $n$  materiales de registro que están dispuestos uno debajo del otro a la misma distancia mutua. Cada una de las  $n$  imágenes de superposición codificadas simultáneamente contienen la información del objeto tridimensional, codificada por un gran número de fuentes desde direcciones diferentes desde las cuales es irradiado el objeto. La posición mutua de las imágenes individuales dentro de las imágenes de superposición difiere en las  $n$  imágenes de superposición simultánea; esto se utiliza para obtener un efecto de desenfoque durante la suma de las imágenes de superposición simultánea a fin de formar una imagen en perspectiva sintetizada.

Cada imagen individual de las  $n$  imágenes de superposición simultáneas puede ser descodificada de acuerdo con el mencionado método.

Las imágenes de superposición codificadas simultáneamente son realizadas durante una fase inicial. Se irradia entonces un objeto tridimensional, simultánea o consecutivamente, desde  $m$  direcciones diferentes y se registra en la forma de  $n$  imágenes de superposición simultánea sobre un número de  $n$  soportes de registro que están dispuestos uno debajo del otro. Para el registro simultáneo de diferentes imágenes de superposición simultánea, puede hacerse uso eficazmente de un dispositivo de capas simultáneas en combinación con una disposición de lámina de película sensible, como está disponible para los aparatos usuales de tomografía.

Debido a que la escala de las  $n$  imágenes de superposición simultáneas difiere mutuamente de acuerdo con su posición en el dispositivo de capas, las escalas son adaptadas entre sí durante una segunda fase.

5 Durante una tercera fase tiene lugar la primera operación de suma de las  $n$  imágenes de superposición simultáneas que tienen la misma escala, de modo que se obtienen  $m$  imágenes en perspectiva sintetizadas. Para este fin, se disponen las  $n$  imágenes de superposición una sobre otra y se suman de modo que solamente coinciden las imágenes registradas por una de las  $m$  fuentes diferentes. En la imagen en perspectiva así producida, la imagen registrada desde una única dirección parece estar bien enfocada, mientras que todas las otras imágenes son confusas.

10 15 Subsiguientemente, se suman nuevamente las  $n$  imágenes de superposición simultánea de la forma descrita, de modo que esté bien enfocada la imagen correspondiente a otra dirección. De este modo, se obtiene un número de  $m$  imágenes en perspectiva que corresponde al número de fuentes utilizada para la codificación.

20 Cuando se hace uso de una distribución no redundante de  $m$  fuentes puntuales, la primera operación de suma produce una imagen de proyección desde una dirección que tiene la amplitud  $n$ , rodeada por  $m-1$  figuras confusas que consisten en un total de  $n.(m-1)$  imágenes de proyección procedentes de todas las otras direcciones, que tienen la amplitud  $1$ .

25 30 Durante una cuarta fase se efectúa una segunda operación de suma, es decir la suma de  $m$  imágenes en perspectiva a fin de formar imágenes estratificadas. La profun-

didad de capa, correspondiente a un desplazamiento dado de las imágenes individuales entre sí, puede ser escogida entonces aleatoriamente.

5 La superposición  $n$  veces de las  $m$  imágenes en perspectiva y simultáneamente un desplazamiento que corresponde a la profundidad de la capa produce una imagen de la capa deseada que tiene la amplitud  $m.n$  y, además,  $m$  imágenes secundarias de amplitud  $n$  que contienen la información de las otras capas y que no contienen ninguna información con-  
10 cerniente a la capa producida, y también  $n.(m-1)$  figuras borrosas que consisten igualmente en un total de  $m.n(m-1)$  imágenes de proyección desde la totalidad de las otras direcciones, que tienen la amplitud  $1$ .

15 Las  $m$  imágenes secundarias en la imagen estratificada son desenfocadas ópticamente por medio de la distribución no redundante de las fuentes, mientras que las  $m.n(m-1)$  imágenes de proyección tienen una amplitud de valor  $1$  despreciable durante la segunda operación de suma y son suprimidas casi totalmente.

20 A continuación se describirán con detalle algunas realizaciones preferidas de acuerdo con el invento.

La figura 1 representa diagramáticamente el registro de las imágenes de superposición de registro simultáneo,

25 La figura 2 representa la adaptación de escalas de las imágenes de superposición de registro simultáneo,

La figura 3 representa la formación de las imágenes en perspectiva sintetizada,

La figura 4 representa la formación de las imágenes estratificadas,

30 La figura 5 representa diagramáticamente una disposición óptica para la formación de imágenes en perspectiva, y

La figura 6 representa diagramáticamente una disposición para formar una imagen real tridimensional del objeto.

Se describirá el método en forma simplificada, teniendo en cuenta solamente  $m = 4$  posiciones de registro para la formación de solamente  $n = 3$  imágenes de superposición de registro simultáneo. Será obvia la ampliación a más de cuatro direcciones y más de tres imágenes de superposición de registro simultáneo.

La figura 1 representa el registro de las  $n$  imágenes de superposición de registro simultáneo. El objeto  $O$  es irradiado por medio de una distribución  $m_1 - m_4$  de fuentes, por ejemplo, cuatro tubos de rayos X. Para simplificación más, se consideran solamente dos planos  $E_1$  y  $E_2$  que tienen los símbolos  $e$  y  $f$ . En los tres planos  $B_1, B_2$  y  $B_3$  de imagen, a las distancias  $l_1$  y  $l_2$ , se forman las imágenes  $S_i U_1', S_i U_2'$  y  $S_i U_3'$  de superposición en las cuales se forma la imagen cuadruplicada de cada uno de los dos planos  $E_1$  y  $E_2$  del objeto. La imagen  $S_i U_1'$  de superposición de registro simultáneo contiene las imágenes  $e_1' f_1'; e_2' f_2'; e_3' f_3'$  y  $e_4' f_4'$ ; la imagen  $S_i U_2'$  contiene  $e_1'' f_1''; e_2'' f_2''; e_3'' f_3''$  y  $e_4'' f_4''$ ; y la imagen  $S_i U_3'$  contiene  $e_1''' f_1'''; e_2''' f_2'''; e_3''' f_3'''$  y  $e_4''' f_4'''$ .

Debido a que las imágenes individuales de superposición de registro simultáneo tienen una escala diferente, a causa de las distancias  $l_1$  y  $l_2$ , cuando se utiliza esta técnica de registro las escalas deben ser compensadas como se representa en la figura 2. Es importante que se igualen las escalas de las imágenes  $e$  y  $f$  que difiere de la imagen de superposición a la de la imagen de superposición. Las

imágenes  $e_1' f_1'$ ,  $e_2' f_2'$  en  $S_{iU_1}'$ ;  $e_1'' f_1''$ ,  $e_2'' f_2''$  en  $S_{iU_2}'$  y  $e_1''' f_1'''$ ,  $e_2''' f_2'''$  son adaptadas a  $e_1 f_1$  y  $e_2 f_2$  en las imágenes  $S_{iU_1}$ ,  $S_{iU_2}$  y  $S_{iU_3}$ . Se consigue así que la escala de las imágenes individuales sea la misma, pero la distancia  $g_1$ ,  $g_2$  y  $g_3$  de las imágenes  $e_1 f_1$  y  $e_2 f_2$  cambia mutuamente.

Es así posible obtener una imagen en perspectiva sintetizada como se ilustra en la figura 3. Las tres imágenes  $S_{iU_1} - S_{iU_3}$  de superposición de registro simultáneo son sumadas de modo que cada vez una imagen, por ejemplo  $e_1 f_1$ , coincide en la imagen  $P_1$ , mientras que todas las demás imágenes  $V$  están representadas desenfoadas linealmente. Después de tres operaciones de suma adicionales, utilizando las mismas imágenes de superposición de registro simultáneo, se obtienen las imágenes  $P_2$ ,  $P_3$  y  $P_4$  en perspectiva con las imágenes  $e_2 f_2$ ,  $e_3 f_3$  y  $e_4 f_4$  enfocadas.

La figura 4 representa la formación de las imágenes estratificadas a partir de las imágenes en perspectiva. Con el fin de reproducir un plano dado del objeto  $U$  en la figura 2, por ejemplo el plano  $E_1$  que tiene el símbolo  $e$ , como imagen de capa, son sumadas las imágenes  $P_1 - P_4$  en perspectiva de un modo desplazado mutuamente, de modo que los símbolos  $e_1 - e_4$  coincidan y que en definitiva aparezca la imagen  $e$  de capa con amplitud máxima, mientras que los demás detalles de las imágenes asociadas, por ejemplo  $f_1 - f_4$  de amplitud media sean desenfoadas ópticamente por medio de la distribución de fuentes no redundantes. Además, la imagen de capa contiene todas las demás imágenes  $V$  en perspectiva que están presentes dentro de las figuras desenfoadas en las imágenes en perspectiva y que aparecen como fondo de amplitud mínima.

La figura 5 representa diagramáticamente una realización factible de un dispositivo para formar imágenes en perspectiva, omitiéndose en la misma la adaptación de escalas de otro modo utilizada. Las imágenes  $S_i U_1$  y  $S_i U_3$  (figura 1 de superposición de registro simultáneo están situadas en los planos 1, 2 y 3 originales que corresponden a los planos  $P_1$ ,  $P_2$  y  $P_3$  de la figura 1 y están iluminados desde atrás. Por medio de un objetivo 5 adecuado, se obtienen las imágenes en el plano 6 de imagen de la totalidad de las  $n$  imágenes de superposición de registro simultáneo (imágenes  $S_i U_1$ ,  $S_i U_2$ ,  $S_i U_3$ ). Con el fin de obtener una profundidad de foco adecuada, se utiliza un diafragma 7 de modo que la imagen 8 es una superposición de todas las imágenes de superposición de registro simultáneo. Si la posición 9 del objetivo corresponde, por ejemplo, a la posición  $m_2$  en la figura 1, la referencia 8 corresponderá a la imagen en perspectiva sintetizada para la dirección  $m_2$ . Cuando el objetivo 5 es desplazado en el plano 10 a una posición  $m$  arbitraria que corresponde a la dirección de otra fuente de la distribución de fuentes durante el registro de las imágenes de superposición de registro simultáneo, se obtiene una imagen en perspectiva sintetizada adicional para la dirección correspondiente.

La figura 6 representa como puede reconstruirse una imagen real tridimensional del objeto por medio de las imágenes en perspectiva sintetizadas. Se obtiene la imagen en el plano 23 de las imágenes 13, 14 y 15 en perspectiva en el plano 16 simultáneamente por medio de lentes 17, 18 y 19 cuyas posiciones 20', 21 y 22 corresponden a las posiciones de registro durante la formación de las imágenes

de superposición de registro simultáneo. Cuando la profundidad de foco de las lentes 17, 18 y 19 es adecuada, aparece en la región de superposición de las imágenes 24 la imagen real del objeto registrado. Esta imagen puede ser puesta de manifiesto por medio de un detector 26, por ejemplo, una placa de vidrio esmerilado.

#### REIVINDICACIONES

Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención, en España, por VEINTE años, son las que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

1ª.- Un método de reproducción estratificada de objetos tridimensionales por medio de varias imágenes de superposición codificadas, registradas simultáneamente, de diferentes planos de imagen, siendo irradiado el objeto desde direcciones diferentes, caracterizado porque se registran imágenes de superposición del objeto en forma codificada por medio de un gran número de  $m$  fuentes desde direcciones diferentes en un número de  $n$  planos que están situados uno debajo del otro, realizándose la descodificación de estas imágenes para la reproducción estratificada del objeto tridimensional de modo que para cada capa indi-

vidual cada una de las  $n$  imágenes de superposición simultáneas, cuya escala ha sido adaptada con relación mutua a las demás, es desplazada, simultánea o consecutivamente, y sumada sobre un único medio de registro un número de veces correspondiente al número  $m$  de fuentes durante el registro del objeto.

2ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado porque se suman cada una de las  $n$  imágenes sobre un medio de registro desplazadas  $m$  veces entre sí de acuerdo con las  $m$  direcciones, produciéndose así  $m$  imágenes sintetizadas que constituyen la imagen de la información procedente cada vez de una dirección con nitidez y que hacen confusa la información procedente de las demás direcciones, sumándose las  $m$  imágenes en perspectiva de un modo tal que presentan un desplazamiento de  $m$  veces entre sí, de modo que se obtiene una capa arbitraria a seleccionar de acuerdo con el desplazamiento de las imágenes en perspectiva dentro del objeto tridimensional.

3ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª, caracterizado porque se superponen las  $n$  imágenes registradas simultáneamente y se suman  $m$  veces, simultánea o consecutivamente, por medio de una máscara de perforaciones cuyas coordenadas de perforación corresponden a la imagen puntual de la distribución de fuente registrada por una cámara con diafragma, de modo que cada vez la misma capa del objeto es descodificada  $n$  veces, siendo sumadas las  $n$  capas descodificadas para formar una imagen estratificada.

4ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2ª, caracterizado porque la adaptación mutua de escalas de las  $n$  imágenes de superposición simultánea se efectúa geomé-

trica y ópticamente por medio de un objetivo adecuado por cuanto la relación de imagen para las imágenes individuales de superposición simultánea se varía de acuerdo con la diferencia de escala.

5           5ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2ª, caracterizado porque la adaptación mutua de escalas de las  $n$  imágenes de superposición simultánea se realiza electrónicamente por medio de una unidad de corrección electrónica.

10           6ª.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 4ª y una de las reivindicaciones siguientes, caracterizado porque el desplazamiento y la suma de las  $n$  imágenes de superposición simultánea se realiza por medio de componentes ópticos.

15           7ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª y una de las reivindicaciones siguientes, caracterizado porque se forma la imagen de cada una de las  $m$  imágenes en perspectiva sintetizadas durante una fase mediante la proyección simultánea de la totalidad de las  $n$  imágenes de superposición simultánea en su posición original por medio  
20 de un objetivo, al tiempo que se conserva la geometría de registro original, correspondiendo la posición del objetivo durante el registro a la posición de la fuente para la cual se sintetiza la imagen en perspectiva pertinente.

25           8ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª y una de las reivindicaciones siguientes, caracterizado porque se obtienen las  $m$  imágenes en perspectiva sintetizadas desplazando y sumando las  $n$  imágenes de superposición simultánea  $n$  veces mediante medios ópticos adecuados.

30           9ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación

5 1ª y una de las reivindicaciones siguientes, caracterizado porque se combina con un método holográfico-óptico en el cual las imágenes primarias, registradas incoherentemente en una matriz de imagen o registradas coherentemente en un medio de registro, son irradiadas por ondas luminosas monocromáticas coherentes de haz paralelo, o incoherente de incidencia oblicua asignadas a las mismas, de modo que en la región de superposición de las ondas luminosas se ilumina un holograma de capa que es ajustable arbitrariamente y  
10 que está construido como pauta de interferencia de dos ondas luminosas de haz paralelo e incidencia oblicua, por cuanto la serie requerida de imágenes primarias procedentes de direcciones diferentes de un objeto tridimensional es sustituida por las imágenes en perspectiva sintetizadas.

15 10ª.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1ª y una de las reivindicaciones siguientes, caracterizado porque las m imágenes en perspectiva sintetizadas son proyectadas simultáneamente en el plano de objeto original desde m direcciones, correspondientes a las posiciones de registro durante la formación de las n imágenes de superposición simultánea, por medio de m lentes adecuadas, produciendo la superposición de la totalidad de las m imágenes en perspectiva una imagen real tridimensional del objeto que puede ser estratificada por medio de una superficie  
20 detectora.

25 11ª.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizado porque el desplazamiento y suma de las n imágenes de superposición simultánea se realiza mediante la escritura consecutiva de las mismas en un tubo de almacenamiento de imagen.  
30

5 12ª.- Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizado porque las  $n$  imágenes de superposición simultánea son almacenadas electrónicamente, siendo efectuada la adaptación mutua de escalas de las  $n$  imágenes, el desplazamiento y la suma de estas imágenes, por un computador electrónico.

10 13ª.- Un método de reproducción estratificada de objetos tridimensionales por medio de varias imágenes de superposición codificadas.

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

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

15 Madrid, 27.ABR.1976

P.A.

Fernando de Elzaburu  
Por Poder



20

25

30

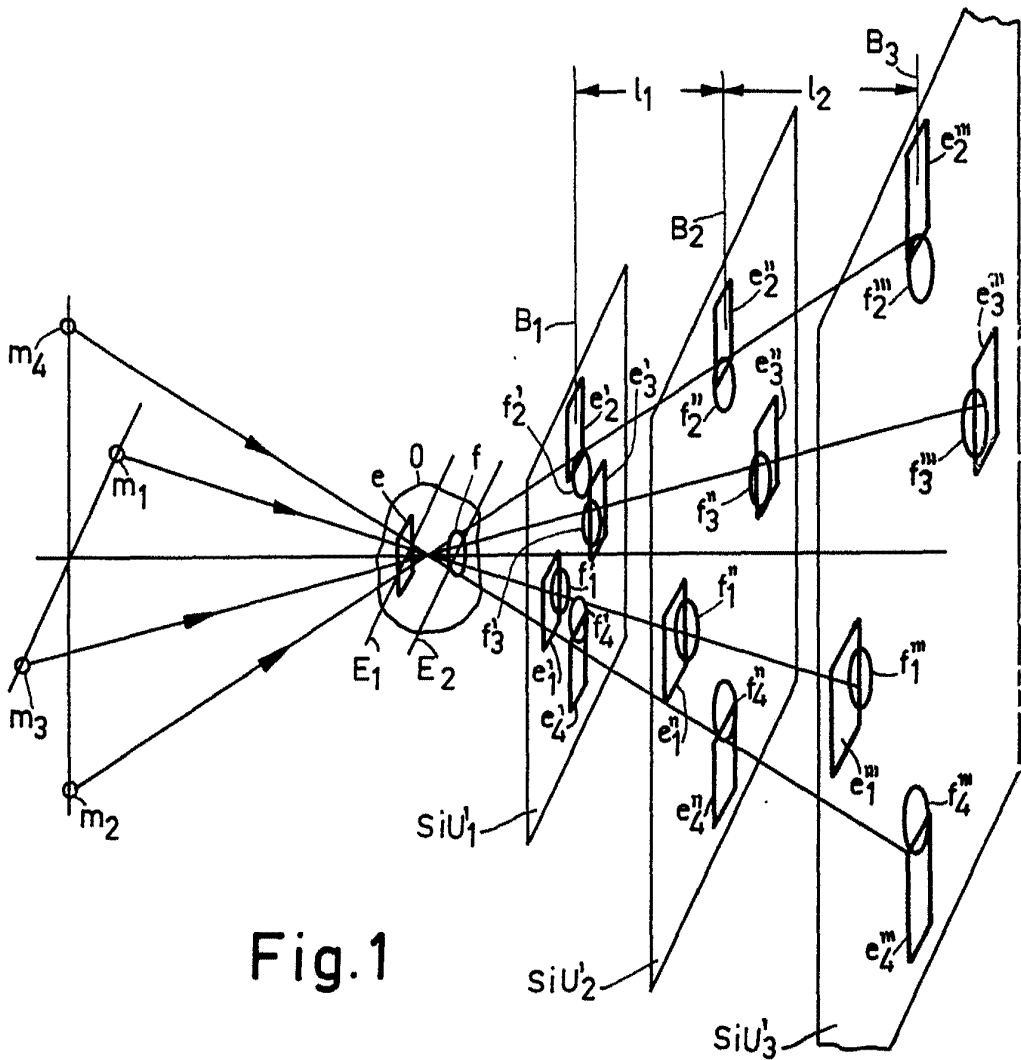


Fig. 1

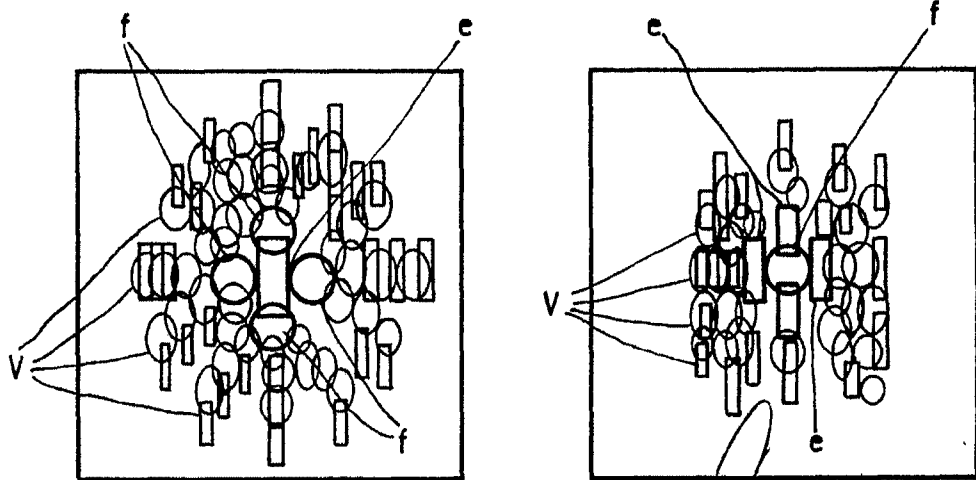


Fig. 4

Fernando de Elizaburu  
Por Poder.

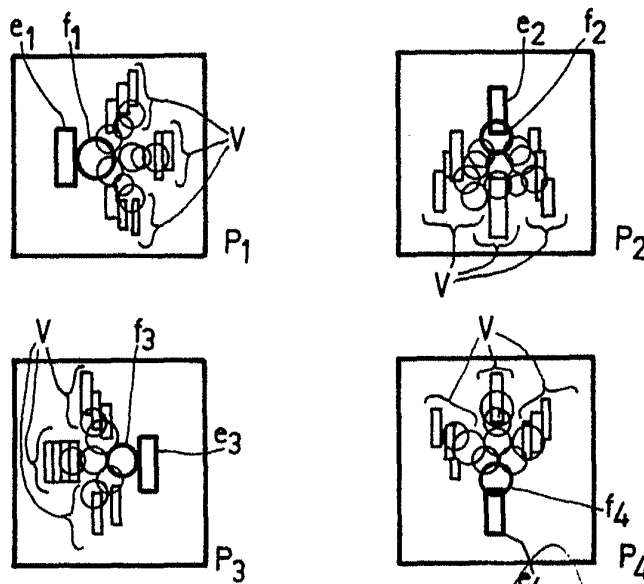
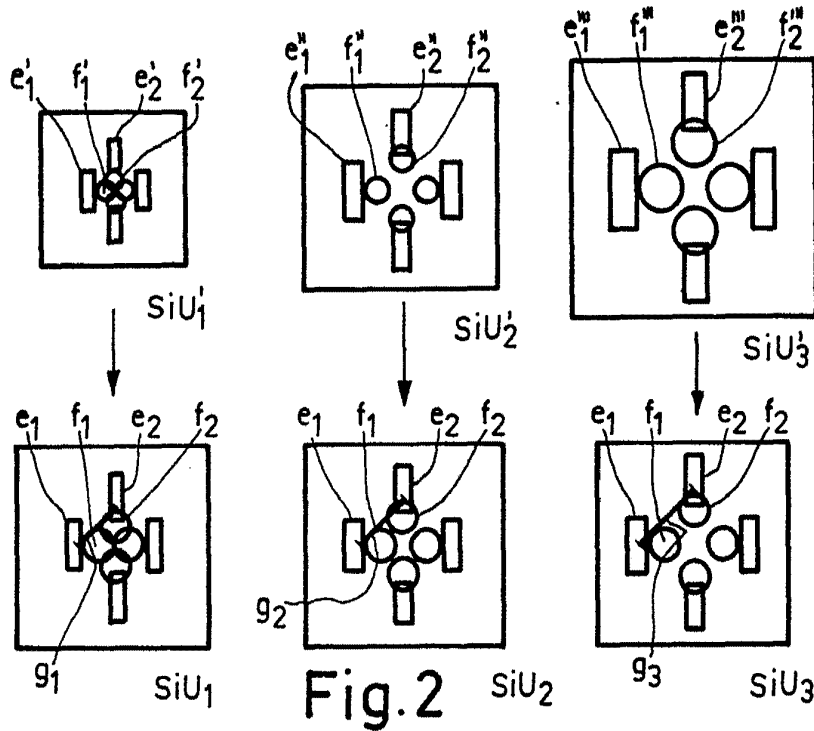


Fig. 3

Fernando de Lizauru  
Por Poder.

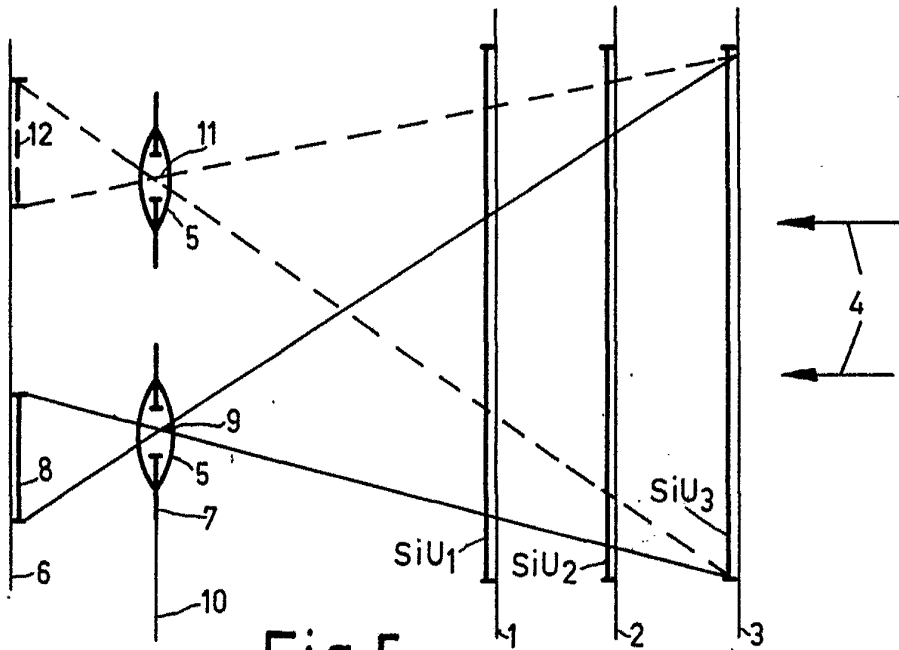


Fig. 5

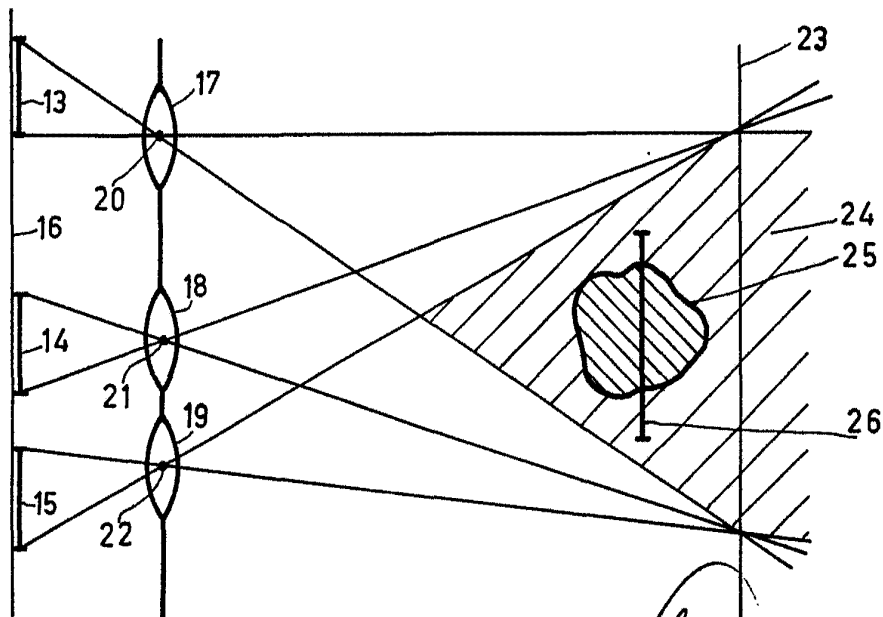


Fig. 6

Fernstudie Lissabon  
Por Poder.