



P - 35.515

Docket 10.945 WA

(Method)

341939

Memoria descriptiva

para solicitar PATENTE DE INVENCION, en ESPAÑA **por 20 años**

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

entidad / de nacionalidad: norteamericana

con domicilio en Armonk, Nueva York, N.Y., Estados Unidos
de América

por: "UN METODO DE HACER UN REGISTRO FOTOGRAFICO DE FRENTES
DE ONDA ELECTROMAGNETICOS PROCEDENTES DE UN SUJETO"
(Clase Internacional G03b).

17-7-67



La presente invención se refiere a un dispositivo óptico y más en particular a métodos para hacer el dispositivo y a métodos para utilizar el dispositivo para hacer hologramas de objetos tridimensionales en luz incoherente o para producir imágenes reales tridimensionales con luz coherente o incoherente.

Un holograma es el nombre que se da a una película fotográfica que tiene un modelo o diagrama de interferencia registrado sobre ella. El modelo de interferencia es producido por una fuente de luz coherente que se divide en dos haces, uno de los cuales se dirige sobre la lámina de película fotográfica y el otro de los cuales se dirige sobre un sujeto. El haz dirigido sobre el sujeto se dispersa y refleja sobre la lámina de película con ondas de variada orientación y curvatura del frente de onda. Las ondas de luz dispersa y el haz sin alterar se reúnen en la película donde sufren interferencias formando modelos de zonas iluminadas y oscuras que se registran fotográficamente.

Cuando se dirige una fuente de luz coherente a través de la lámina de película con modelo, se difracta en una pluralidad de órdenes de difracción. Al menos uno de estos órdenes de difracción duplica las ondas que se reflejaron originalmente desde el sujeto, y una persona que mire la película, ve el sujeto del holograma en tres dimensiones, apareciendo el sujeto detrás del holograma a una distancia igual a la distancia original entre el sujeto y la película. Si el observador cambia su posición y mira el holograma desde un ángulo diferente, cambia la perspectiva tridimensional y el observador puede



así mirar en torno de un objeto en el primer plano para
ver un objeto detrás de él. Si el haz de referencia es
suministrado desde el dorso de la placa holográfica, se
obtiene un holograma consistente en múltiples capas, co-
rrespondiendo cada capa a un antinodo del modelo de on-
das constante establecido por el sujeto y haces de refe-
rencia que se mueven en direcciones opuestas. Tal hologra-
ma puede verse por reflexión en luz incoherente o blanca,
ya que las múltiples capas reflejarán solamente un color
hacia el ojo del observador. Si se utilizan durante el
registro luces laser con los tres colores primarios, re-
sultará una reconstrucción holográfica en luz natural
de tres colores. Se da un tratado completo sobre holo-
grafía básica en el libro "An Introduction to Coherent Op-
tics and Holography", de George W. Stroke, derecho de
autor 1966 por Academic Press Inc., Library of Congress
Catalog Card Number 65-28633.

Hasta ahora, la producción de un hologra-
ma requería que el sujeto fuerailuminado con luz muy
coherente, siendo el laser la fuente de luz coherente
actualmente más aceptable. El requisito de disponer de
un rayo laser para producir el holograma presenta muchos
inconvenientes. Un laser es relativamente costoso y su
rayo puede ser nocivo para un sujeto humano. Asimismo,
el proceso de hacer un holograma requiere un equipo de
precisión interferométrica. Además, el requisito de po-
der disponer de un laser, limita los posibles sujetos
para el holograma. Sería mucho más preferible que el
holograma pudiera hacerse con luz incoherente o blanca,
tal como luz solar o iluminación artificial fácilmente



disponible. Sería también deseable disponer, con la iluminación incoherente, de un registro en patrón fotográfico del sujeto desde el que podrían producirse fácilmente un gran número de hologramas idénticos. La presente invención logra estos y otros objetivos del modo siguiente.

Un objeto de la presente invención es crear un método de producir un holograma tridimensional observable en luz laser o blanca utilizando una iluminación incoherente del sujeto.

Otro objeto de la presente invención es crear un método de producir un registro fotográfico de muestras de frentes de onda de un sujeto, desde el que puede proyectarse con luz incoherente o coherente una imagen real del sujeto o desde el que puede producirse un holograma del sujeto.

Un objeto más de la presente invención es crear un sistema para hacer un holograma utilizando iluminación incoherente del sujeto.

Todavía otro objeto de la presente invención es crear un sistema para registrar fotográficamente puntos de muestreo de frentes de onda de un sujeto, desde los que puede proyectarse una imagen real del sujeto con luz incoherente o coherente o desde los que puede hacerse un holograma.

Todavía unobjeto más de la presente invención es crear un dispositivo óptico que incorpora muestras fotográficamente registradas de frentes de onda electromagnéticos.

Otro objeto de la presente invención es crear un dispositivo óptico como el descrito, incluyendo



en una sola construcción un grupo de lentes asociadas.

Los precedentes y otros objetos, características y ventajas de la invención se desprenderán de la siguiente descripción más detallada de realizaciones preferidas de la invención, ilustradas en los dibujos adjuntos.

En los dibujos:

La figura 1 es un dibujo esquemático que ilustra los elementos y el método para registrar fotográficamente los frentes de onda electromagnéticos desde un sujeto iluminado con luz incoherente siguiendo los principios de la presente invención.

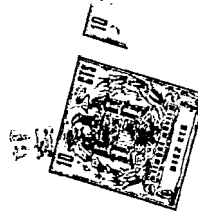
La figura 2 es una vista lateral detallada de una parte del grupo de lentes ilustrado en la figura 1.

La figura 3 es una vista frontal detallada de una parte de un grupo de lentes ilustrado en la figura 1.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un sistema para producir un holograma observable por reflexión y en luz incoherente o blanca utilizando el dispositivo de almacenaje de frentes de onda registrados de la figura 1.

La figura 5 es un diagrama esquemático de otro sistema para producir un holograma observable en luz coherente utilizando el dispositivo de almacenaje de frentes de onda registrados de la figura 1.

La figura 6 es un diagrama esquemático de un sistema para proyectar una imagen real con el dispositivo de almacenaje de frentes de onda registrados de la figura 1.



La figura 7 es un dibujo esquemático de un dispositivo óptico mejorado, que puede utilizarse para registrar fotográficamente los frentes de onda electromagnéticos desde un sujeto iluminado con luz incoherente o blanca.

5
10
15
20
Antes de dar una descripción detallada de la presente invención, se discutirá cierta información básica relacionada con la holografía. Holografía es el nombre sugerido como la descripción de un proceso en el que se utilizan hologramas como ayudas para la formación de una imagen. Otro término empleado es el de formación de imágenes de la reconstrucción de frentes de onda, en el que la reconstrucción de frentes de onda se refiere a un proceso en el que la amplitud y la fase de un frente de onda electromagnético disperso se registra (por ejemplo, fotográficamente) junto con un fondo coherente adecuado de tal manera que sea posible producir en un instante posterior una reproducción de la distribución del campo electromagnético del frente de onda original. El fondo coherente es necesario para el registro de los valores negativos y complejos de la distribución del campo eléctrico sobre el holograma.

25
30
El frente de onda electromagnético disperso se obtiene dispersando la luz coherente dirigida sobre un sujeto, y la amplitud y la fase del frente de onda electromagnético disperso son función de la posición y geometría del sujeto. El frente de onda electromagnético interfiere con el fondo coherente en la placa fotográfica, y la interferencia produce modelos de franjas que se registran. Los modelos de franjas son función



de los ángulos entre el frente de onda disperso y el fondo coherente. El registro fotográfico es el holograma, y cuando se dirige una fuente de luz coherente a través del holograma, se produce una imagen virtual tridimensional del sujeto, que tiene perspectiva.

5

Si se aplica el fondo coherente a un lado de la placa fotográfica y se aplica el frente de onda disperso desde el sujeto al otro lado de la placa fotográfica, se produce una pluralidad de capas de modelos de interferencia holográfica en la emulsión de la película.

10

Cuando se dirige luz blanca ordinaria sobre el holograma, se produce una imagen tridimensional por reflexión en el ángulo de Bragg. Este tipo de técnica se denominará método de Lippmann-Bragg y se describe en el artículo "Three

15

New Advances in Optical Holography", de G.W. Stroke en WB14, Bulletin of the Optical Society of America, marzo de 1966, y en Physics Letters, volumen 20, número 4, 1 de marzo de 1966, en el artículo "White Light Reconstruction of Holographic Images Using the Lippmann-Bragg Diffraction Effect", de G.W. Stroke y A.E. Labeyrie.

20

En la presente invención, el frente de onda procedente del sujeto se producirá por luz incoherente o blanca, y el frente de onda se registra fotográficamente en forma codificada sobre un dispositivo óptico simple. El dispositivo óptico, que tiene una versión de almacenaje del frente de onda en forma codificada, puede emplearse de dos maneras. En primer lugar, puede dirigirse luz blanca o luz coherente a través del dispositivo óptico para formar una imagen real del sujeto sobre una pantalla y, en segundo lugar, puede utilizarse

25

30

17-767



es la longitud focal de las lentes 14. El frente de onda disperso procedente del sujeto se registrará sobre la lámina de emulsión 16, esto es, la curvatura, la orientación de la curvatura y la intensidad de cada punto del sujeto con respecto al plano de la lámina de emulsión 16 se registrarán en forma de una pluralidad de muestras espacialmente distribuidas sobre la lámina de emulsión 11 en virtud de la acción de la pluralidad de lentes. Así, la curvatura, la orientación de la curvatura y la intensidad del punto P1 se registran sobre la emulsión fotográfica 16 en términos de los puntos $P1'_i$ a $P1'_j$ y el punto P2 en términos de los puntos $P2'_i$ a $P2'_j$. Haciendo referencia a la figura 2 que muestra las lentes 14A y 14B de la figura 1, se ve que los puntos $P1'_i$ y $P1'_j$ corresponden al punto P1 del objeto registrado en determinados sitios de la placa fotográfica 16 con respecto al eje de la lente 14A y al eje de la lente 14B como se muestra por las distancias d_1 y d_2 . Asimismo, los puntos $P2'_i$ y $P2'_j$ están situados a diferentes distancias (sobre la placa fotográfica 16) de los ejes de las lentes 14A y 14B, respectivamente. Asimismo, todos los puntos de los frentes de onda precedentes del sujeto se registran en puntos diferentes sobre las zonas de la emulsión de por detrás de todas las lentes separadas de la lámina 12 para proporcionar un modelo o diseño espacial global de muestras de los frentes de onda procedentes del sujeto 10 sobre la lámina de emulsión 16. En otras palabras, la curvatura del frente de onda que sale de cualquier punto P del objeto, así como la orientación absoluta de esa curvatura con respecto a la curvatura de la emulsión 16,



se registran únicamente en forma de una serie de puntos, teniendo cada punto una posición relativa apropiada con respecto al eje de la lente que pertenece. La transmisibilidad de estos puntos sobre la lámina de emulsión revelada 16 lleva la información acerca del brillo del punto correspondiente del objeto. Como esto es así para todos los puntos del objeto, la lámina de emulsión revelada 16 llevará toda la información necesaria para reconstruir la imagen holográfica del objeto tridimensional.

Después de la exposición al sujeto, se revela la lámina de emulsión 16 utilizando un proceso de inversión fotográfica convencional de manera que se obtiene un positivo fotográfico consistente en una pluralidad de puntos de transparencia variable. Este registro fotográfico de los frentes de onda del sujeto puede emplearse ahora para producir un holograma. Haciendo referencia a la figura 4, la lámina de lentes 12 y la lámina de emulsión revelada 16 están situadas cerca de una fuente de luz coherente 18 (que puede ser un laser) y el rayo de luz coherente pasa a través de la lámina de emulsión 16 y la lámina de lentes 12 sobre una placa fotográfica 20 sin revelar que está situada a una distancia "f" de la lámina de lentes 12. La propia emulsión proporciona la dispersión necesaria para llenar las aberturas de las lentes individuales, pero puede ser deseable disponer de una cantidad mayor de dispersión, por ejemplo, por una lámina de vidrio deslustrado, entre la fuente de luz y la lámina de emulsión 16. Se dirige un rayo de referencia de luz coherente sobre el otro lado de la



placa fotográfica 20 desde la fuente 22. El resultado es que se produce un holograma por la interferencia en la placa fotográfica 20 entre un frente de onda del sujeto reconstruido producido por la iluminación de las muestras de frentes de onda almacenados en la lámina de emulsión 16, dirigida a través de la lámina de lentes 12, y el rayo de referencia coherente procedente de la fuente 22. El holograma resultante producido es el mismo que se habría producido utilizando el sujeto directamente. Ha de observarse que el sujeto no es preciso para producir el holograma en la placa 20 desde la lámina de emulsión 16 como se muestra en la figura 4. Ha de observarse además que el holograma en la placa 20 se produjo utilizando el efecto de difracción Lippmann-Bragg caracterizado por aplicar el rayo de referencia al lado opuesto de la placa 20. Esto produce un holograma que puede verse utilizando luz blanca como se describe en el artículo de Physics Letters anteriormente citado.

Haciendo referencia a la figura 5, se ilustra una manera alternativa de generar un holograma a partir de las imágenes de frentes de onda almacenados en la lámina de emulsión 16. En este caso, el rayo coherente de referencia se aplica al mismo lado de la placa fotográfica 20 que la iluminación a través de la lámina de emulsión 16, situándose la placa fotográfica 20 a una distancia de la lámina de lentes 12 que es menor que la distancia a la que se colocó el sujeto original cuando se expuso la lámina de emulsión 16 (véase la figura 1). En la figura 5, se dirige una imagen real del sujeto original (mostrado en líneas de trazos) a través de la pla-



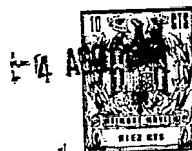
ca fotográfica 20 donde el campo óptico intermedio interfiere con la fuente de referencia coherente para producir el holograma. El holograma producido en la figura 4 es observable solamente en luz coherente y, por tanto, el método mostrado en la figura 4 no se prefiere necesariamente al de la figura 3, y se muestra en interés de una descripción completa de la presente invención.

Las figuras 4 y 5 ilustran cómo puede emplearse la información de frentes de onda fotográficamente almacenada en la lámina de emulsión 16 para producir un holograma visible en luz blanca (figura 4) o en luz coherente (figura 5). En la descripción de la figura 5 se indicó que dirigiendo luz coherente a través de la lámina de emulsión revelada 16 se producía una imagen real a una distancia de la lámina de lentes 16 igual a la distancia a que estaba situado el sujeto original (en la figura 1). Otra importante característica del uso de la emulsión revelada 16 se muestra en la figura 6. En la figura 6, una pantalla de proyección 24 está situada en la zona en que se produce la imagen virtual; aparece sobre la pantalla una imagen real del sujeto que tiene propiedades tridimensionales cuando la lámina de emulsión y la lámina de lentes tienen luz incoherente o luz blanca ordinaria procedente de la fuente 26 dirigida a través de ellas. Así, la emulsión revelada y la lámina de lentes pueden emplearse como diapositiva de proyección tridimensional. La pantalla de proyección se hace móvil de modo que pueda situarse en diversas secciones transversales de la imagen tridimensional. A medida que se mueve de un lado a otro la pantalla de proyección, están en el



foco y son observables diferentes secciones transversales de la imagen. Otra manera de observar la imagen real tridimensional es proyectarla en una caja que contiene un dispersor de baja absorción tal como humo u otro gas denso. Se ve, por tanto, que la lámina de emulsión l6 de frentes de onda almacenados puede utilizarse para producir hologramas como se muestra en las figuras 4 y 5 o puede utilizarse para proyectar imágenes reales tridimensionales del sujeto utilizando luz coherente o incoherente como se muestra en la figura 6.

Haciendo referencia a la figura 7, se muestra un dispositivo mejorado para almacenar la información en frentes de onda procedente de un sujeto. En la figura 7 están dispuestas en oposición y en contacto una con otra una primera lámina 28 de lentes de ojo de mosca y una segunda lámina 30 de lentes de ojo de mosca, y se produce una sola estructura pegando las dos láminas de lentes entre sí con un aglutinante epóxico transparente 32 de índice de refracción más bajo. El uso de dos láminas de lentes mejora las cualidades ópticas globales. Los índices de refracción de las lentes de las láminas 28 y 30 son n_1 y n_3 , respectivamente, y el índice de refracción del aglutinante es n_2 , y $n_1 > n_2$ y $n_3 > n_2$. Una lámina de emulsión está montada sobre el dorso del par de lentes. La estructura de las láminas de lentes y de emulsión de la figura 7 puede exponerse como se muestra en el sistema de la figura 1 y después de la exposición se revela la lámina de emulsión y se la vuelve a montar sobre el par de lentes y puede utilizarse para formar un holograma como se mues-



tra en los sistemas de las figuras 3 y 4 o para formar una imagen real como se muestra en el sistema de la figura 5.

5 En la técnica es conocida la producción de hologramas en colores naturales. El artículo "Recent Advances in Multicolor Waveform Reconstruction", de A.A. Friesem y R.J. Fedorowicz en Applied Optics, volúmen 5, número 6 (junio de 1966), y el artículo en
10 Applied Physics Letters, volúmen 7, página 56 (1965), de K. S. Pennington y L. H. Lind, describen esta tecnología. Esta invención es igualmente aplicable a la producción de hologramas tridimensionales en colores naturales.
15 Con objeto de lograr esto es necesario únicamente que la lámina de emulsión 16 (figura 1) sea una lámina de emulsión de color reversible tal como una película Kodachrome de Eastman-Kodak de modo que se registren en tres colores primarios las imágenes individuales bajo
20 la lámina 12 de lentes de ojo de mosca. Después de revelarse en inversión (como positivo) tal emulsión expuesta, el holograma puede hacerse sobre una emulsión en blanco y negro exactamente como se describe en la figura 1, excepto que la exposición ha de hacerse con tres fuentes
25 de luz coherente en sucesión, suministrando las tres fuentes luz coherente de tres colores primarios aditivos. Como en este caso es preferible un holograma visible en luz blanca, se suministrarán siempre desde atrás los haces de referencia. Esto es posible con la



estructura de la figura 4 seleccionando las fuentes coherentes 10 y 22 de un laser multicolor, tal como un laser de gas noble ionizado, que está equipado con filtros para producir haces rojo, verde y azul en sucesión.

5 En conclusión, se han descrito dispositivos ópticos y métodos mejorados para hacer hologramas de objetos tridimensionales. Se han creado un dispositivo singular para almacenar muestras de frentes de onda y métodos de hacer semejante dispositivo singular. Este singular dispositivo de almacenaje óptico puede emplearse para fines de formar hologramas o para la presentación de imágenes reales. Ha de observarse que la invención se ha descrito en relación con objetos tridimensionales; sin embargo, pueden utilizarse también como sujetos, si se desea, objetos bidimensionales, tales como materiales impresos, que son casos especiales de objetos tridimensionales. Deberá entenderse además que se ilustraron esquemáticamente algunos de los elementos de la presente invención y que pueden emplearse técnicas conocidas para realizar la función. En particular, se emplea generalmente una sola fuente de iluminación (es decir, laser o similar) con prismas de escisión y reflexión de haz para producir la pluralidad necesaria de trayectorias de luz.

10

15

20

25 Aunque se ha representado y descrito en particular la invención con referencia a realizaciones preferidas de la misma, los versados en la técnica entenderán que pueden hacerse en ellas diversos cambios de forma y de detalles sin apartarse del espíritu y alcance de la invención.

17-7-67

341939



Esta solicitud que corresponde a la presentada en los Estados Unidos de América, el día 20 de junio de 1966, bajo el nº 558.871, se acoge a los beneficios del art. 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 esta solicitud de Patente de Invención, en España, por VEINTI años, son los siguientes:

1.- Un Método de hacer un registro fotográfico de frentes de onda electromagnéticos procedentes de un sujeto, que comprende las operaciones de: iluminar un sujeto con luz incoherente, dirigir los frentes de onda dispersos procedentes de dicho sujeto a través de una pluralidad de lentes adyacentemente agrupadas en un plano, registrar los frentes de onda dispersos dirigidos a través de dicho grupo de lentes sobre una lámina de emulsión fotográfica para exponer la emulsión, y revelar la lámina de emulsión fotográfica expuesta.

2.- Un método según la reivindicación 1, que incluye además la operación de dirigir un primer haz de luz coherente a través de dicha lámina de emulsión fotográfica revelada y dicho grupo de lentes sobre una segunda lámina de emulsión fotográfica, y la operación de dirigir un segundo haz de luz coherente directamente sobre dicha lámina de emulsión fotográfica simultáneamente con dicho primer haz para exponer dicha segunda lámina de emulsión fotográfica, y la operación de revelar dicha segunda lámina de emulsión fotográfica para producir un holograma.

3.- Un método según la reivindicación



2, en el que los haces coherentes primero y segundo se dirigen sobre el mismo lado de dicha segunda lámina de emulsión fotográfica.

5 4.- Un método según la reivindicación 2, en el que los haces coherentes primero y segundo se dirigen sobre lados opuestos de dicha segunda lámina de emulsión fotográfica.

10 5.- Un método según la reivindicación 1, que incluye además la operación de dirigir un haz de luz incoherente a través de dicha lámina de emulsión fotográfica revelada y dicho grupo de lentes sobre una pantalla de proyección móvil para producir una imagen real tridimensional de dicho sujeto sobre dicha pantalla de proyección.

15 6.- Un método según la reivindicación 1, que comprende la operación de: iluminar un sujeto con luz blanca incoherente, dirigir los frentes de onda dispersos procedentes de dicho sujeto a través de una pluralidad de lentes adyacentemente agrupadas en un plano, registrar los frentes de onda dispersos dirigidos a través de dicho grupo de lentes sobre una lámina de emulsión fotográfica tipo color para exponer la emulsión, revelar la lámina de emulsión fotográfica expuesta, dirigir un primer haz de luz coherente de un primer color individual a través de dicha lámina de emulsión fotográfica
25 revelada y dicho grupo de lentes sobre una lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro, dirigir un segundo haz de luz coherente del mismo color que dicho primer haz sobre dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro simultáneamente con dicho primer haz,
30



dirigir un tercer haz de luz coherente de un segundo color individual a través de dicha lámina de emulsión fotográfica revelada y dicho grupo de lentes sobre dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro, dirigir un cuarto haz de luz coherente del mismo color que dicho tercer haz sobre dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro simultáneamente con dicho tercer haz, dirigir un quinto haz de luz coherente de un tercer color individual a través de dicha lámina de emulsión fotográfica revelada y dicho grupo de lentes sobre dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro, dirigir un sexto haz de luz coherente del mismo color que dicho quinto haz sobre dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro simultáneamente con dicho quinto haz, exponer dichos haces primero, segundo, tercero, cuarto, quinto y sexto a dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro, y revelar dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro para producir un holograma multicolor.

7.- Un método según la reivindicación ó, en el que dichos haces primero, tercero y quinto se dirigen sobre el lado de dicha lámina de emulsión fotográfica tipo blanco y negro opuesto al lado sobre el que se dirigen los haces segundo, cuarto y sexto.

8.- Un método de hacer un registro fotográfico de frentes de onda electromagnéticos procedentes de un sujeto.

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 a máquina por una sola cara.

5

Madrid,

4 AGO. 1954

P.A.

[Handwritten signature]
A. JORDA DE...
P. A. JORDA

17-7-67

fb.

- 19 -

341939



341939

FIG. 1

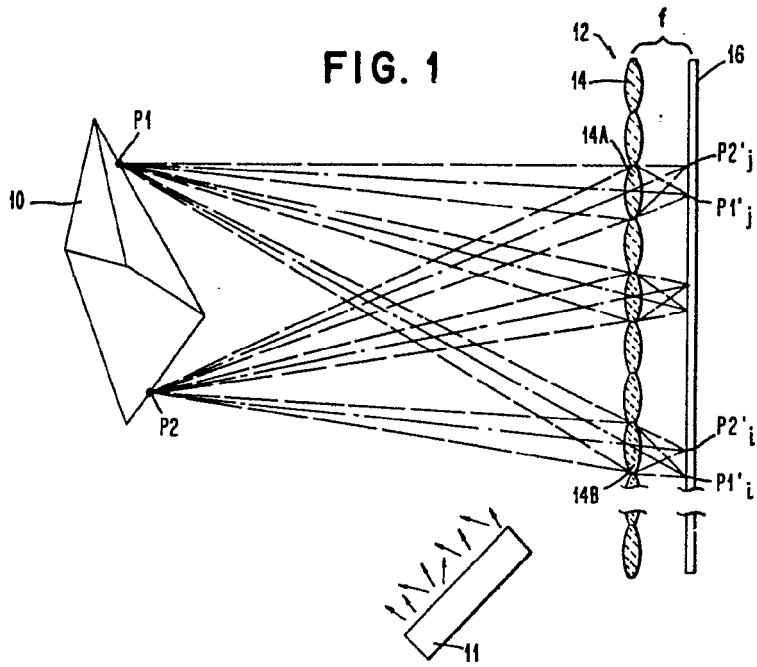
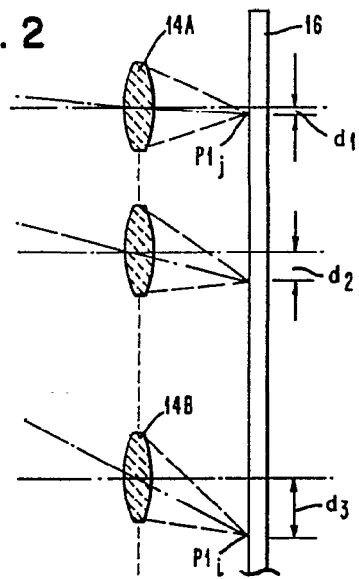


FIG. 2



[Handwritten signature]

341939

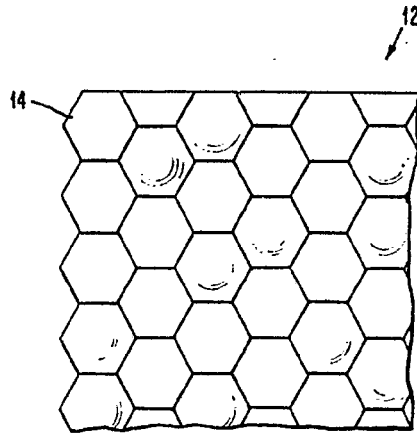


FIG. 3

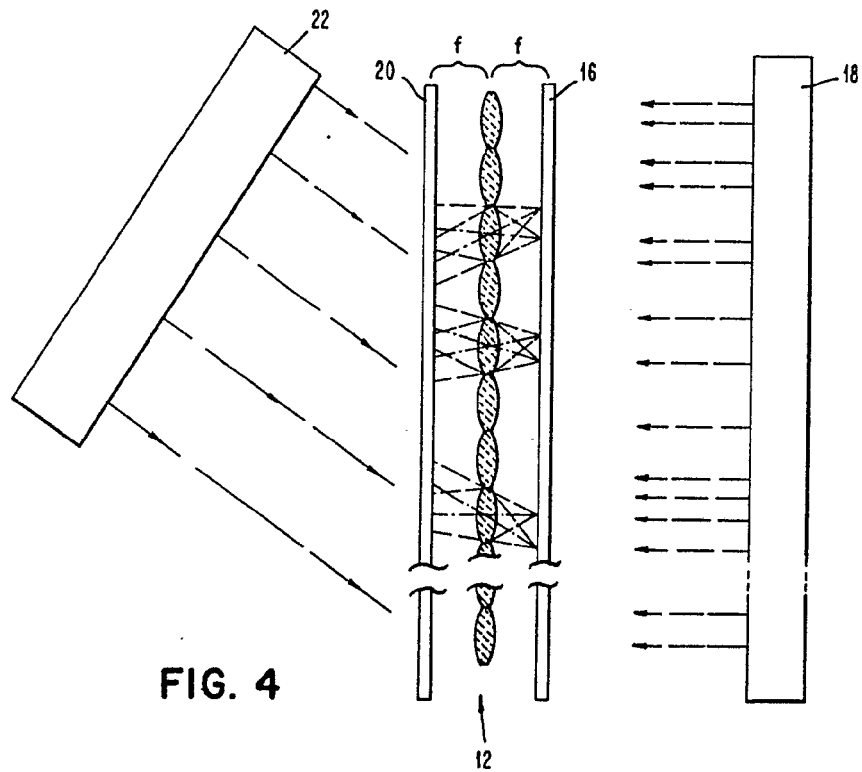


FIG. 4

[Handwritten signature or initials]



341939

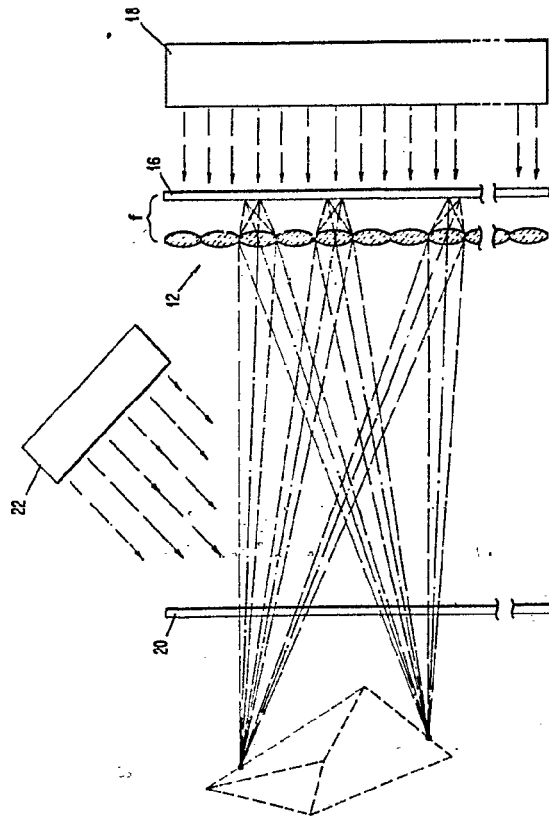


FIG. 5

341939

Handwritten signature or initials in the bottom right corner.

341939

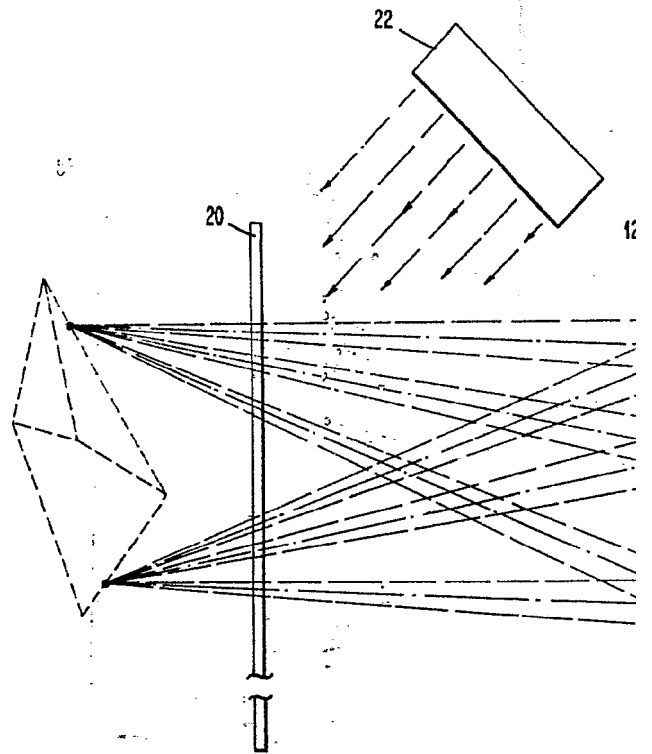
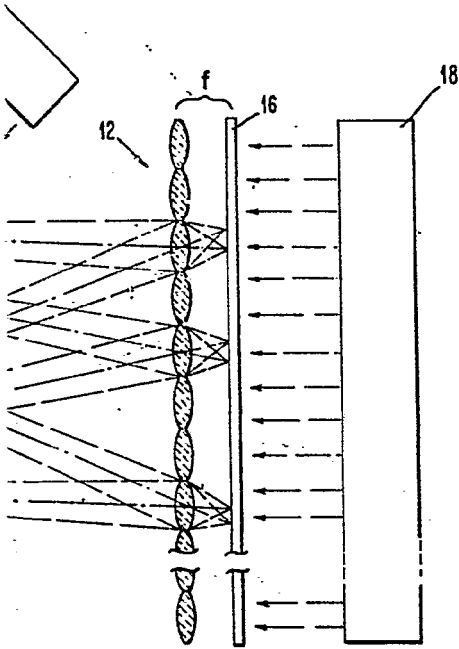


FIG. 5



341939



[Handwritten signature]



341939

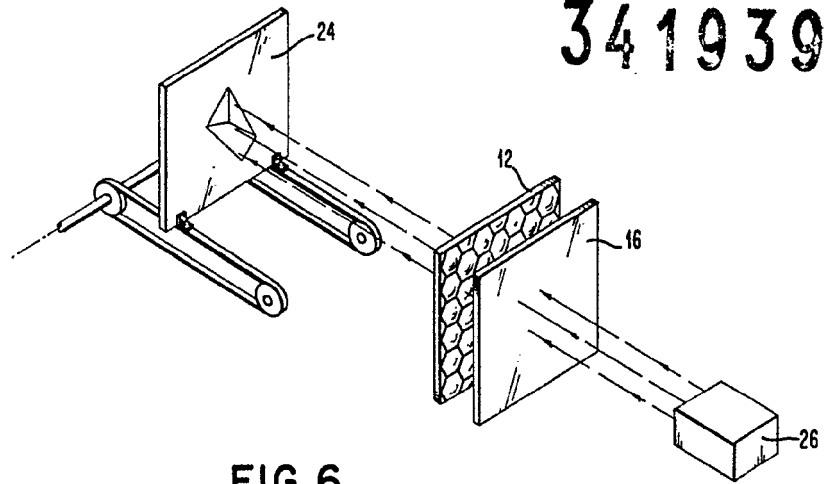
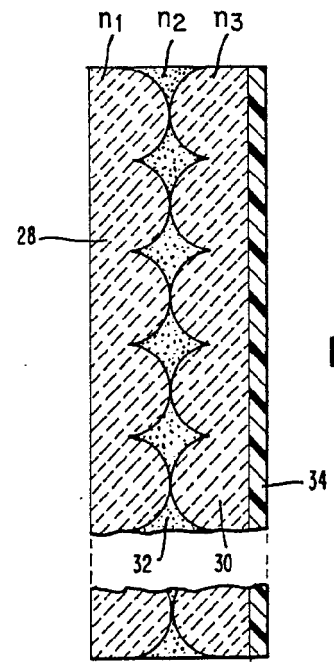


FIG. 6



$$n_1 > n_2$$
$$n_3 > n_2$$

FIG. 7

[Handwritten signature]