

Docket 10.946



MEMORIA DESCRIPTIVA
que se presenta para unir a la solicitud
de

PATENTE DE INVENCION

formulada el 12 de Agosto de 1.966, con el N^o 330.179

en

E S P A Ñ A

por VEINTE años

a nombre de INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION,
entidad norteamericana, establecida en Armonk, N.Y., Esta-
dos Unidos de América, por:

"UN PROCEDIMIENTO PARA EL TRATAMIENTO DE INFORMACION EMPLEAN
DO HOLOGRAMAS"

El presente invento se refiere a un dispositivo
óptico y de un modo más especial a dispositivos hológrafos
para producir modelos de imagen de salida en respuesta a
diferentes frentes de onda de modelo de entrada.

5 Un holograma es el nombre dado a una película fo-
tográfica que tiene registrado sobre ella un modelo de in-
terferencia. El modelo o patrón de interferencia es produ-
cido usualmente por una fuente de luz coherente la cual es
normalmente dividida en dos haces, uno de los cuales es di-
rigido sobre la hoja de película fotográfica, y el otro de



los cuales es dirigido a un sujeto. El haz dirigido al sujeto es dispersado sobre la hoja de película con ondas de diversas orientaciones y curvaturas de frentes de onda. Las ondas de luz dispersa y el haz no perturbado son reunidos en la película donde interfieren en forma de patrones o modelos de zonas de luz y de sombra, las cuales son registradas fotográficamente.

Cuando se dirige una fuente de luz coherente a través de la hoja de película que contiene el patrón o modelo, es difractada en una serie de órdenes de difracción. Uno al menos de esos órdenes duplican las ondas que originalmente fueron reflejadas desde el sujeto, y una persona que esté viendo la película ve el sujeto del holograma en tres dimensiones, apareciendo el sujeto detrás del holograma a una distancia igual a la distancia original del sujeto a la película. Si el espectador cambia su posición y ve el holograma desde un ángulo diferente, la perspectiva tridimensional cambia y el espectador puede así mirar en torno a un objeto en primer plano para ver un objeto que hay detrás de él.

La teoría de los hologramas y los datos experimentales en lo que respecta a su formación y reconstrucción ha sido dada a conocer en la bibliografía y puede encontrarse información detallada de la misma en las siguientes publicaciones:

(1) The Proceedings of the Royal Society, (Memorias de la Royal Society), Sección A, Volumen 197, 1949, en las páginas 454-487;

(2) Proceedings of the Physical Society (Memorias de la Physical Society), Sección B, Volumen 64, 1951, en las páginas 449-469;



(3) "The Formation of The Diffraction Image With Electrons in the Gabor Diffraction Microscope" (La Formación de la Imagen de Difracción con Electrones en el Microscopio de Difracción de Gabor)" M.E. Haine y T. Mulvey, Journal of the Optical Society of America, Volumen 42, Nº 10, Octubre 1952, en las páginas 763-773; y

(4) "Image Formation By Reconstructed Wave fronts. I. Physical Principles and Methods of Refinement" (Formación de Imágenes mediante frentes de Onda Reconstruidos. I. Principios Físicos y Métodos de Refino"), Paul Kirkpatrick y Hussen M.A. El-Sum, Journal of the Optical Society of America, Volumen 46, Nº 10, Octubre 1956, en las páginas 825-831.

Además, puede encontrarse información adicional en la patente para los EE.UU. Nº 2.770.166 expedida con fecha 13 de Noviembre de 1956 a B. Gabor, titulada "Improvements in and Relating to Optical Apparatus for Producing Multiple Interference Patterns" ("Mejoras en y referentes a Aparatos Opticos para producir patrones o modelos de interferencia múltiples") y en la patente para los EE.UU. Nº 3.083.615, expedida con fecha 2 de Abril de 1963 a H. M. El-Sum titulada "Optical Apparatus for Making and Reconstructing Hologram" ("Aparato Optico para confeccionar y reconstruir Hologramas").

En el presente invento se proporciona un nuevo holograma el cual está formado mediante la interferencia de un primer patrón de ondas electromagnéticas y un segundo patrón o modelo de ondas electromagnéticas y se han provisto medios tales que el holograma puede ser irradiado con un patrón de ondas electromagnéticas correspondientes al primer patrón para reconstruir el segundo patrón de ondas electromagnéticas, y viceversa.

19 06



Una primera pluralidad de patrones separados pueden ser aplicados a partes separadas de la placa holográfica, cada uno de los cuales forma un holograma separado con patrones o modelos separados de una segunda pluralidad, tales que cuando la placa holográfica resultante es irradiada con un patrón correspondiente a uno de la primera pluralidad de patrones, el asociado de la segunda pluralidad de patrones es reconstruido, y viceversa.

Un objeto del presente invento es proporcionar un dispositivo óptico mejorado para producir y reconstruir hologramas.

Otro objeto del presente invento es proporcionar un sistema óptico que incluye un holograma para reconstruir un primer patrón de frentes de onda por irradiación del holograma con un segundo patrón de frentes de onda.

Todavía otro objeto del presente invento es proporcionar un sistema óptico mejorado para traducir primeros patrones y segundos patrones empleando un holograma que tiene un patrón de interferencia almacenado producido por los patrones primero y segundo.

Otro objeto del presente invento es proporcionar un sistema óptico para traducir modelos o patrones y símbolos en códigos asociados.

Otro objeto del presente invento es proporcionar un sistema holográfico para reconocimiento de caracteres de letras y símbolos y para generar una palabra de código única en respuesta a cada muestra de letra y símbolo.

Todavía otro objeto del presente invento es proporcionar un sistema holográfico para reconocimiento de caracteres en que se emplean técnicas de sustracción de luz para hacer



resaltar las diferencias entre caracteres diferentes.

Todavía otro objeto del presente invento es proporcionar un sistema hológrafo que incluye un dispositivo de código para irradiar una placa hológrafa, con patrones de frentes de onda codificados.

Y otro objeto del presente invento es proporcionar un dispositivo de interpretación de caracteres de registro relativamente invariante.

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas del invento se pondrán de manifiesto de la descripción que sigue más particular de realizaciones preferidas del invento, tal como se han ilustrado en los dibujos que se acompañan.

En los dibujos:

La figura 1 es un dibujo esquemático de un sistema óptico para producir hologramas de acuerdo con los principios del presente invento.

La figura 2 es un dibujo esquemático simplificado derivado del de la figura 1.

La figura 3 es un esquema de un detalle de la fig. 1 en que se ha modificado la disposición del sistema óptico para fines de explicación.

La figura 4 es una vista frontal de una placa iluminadora usada en el sistema de la fig. 1.

La figura 5 es una vista de una placa de código para uso en el sistema de la fig. 1 en que se ilustra una disposición de palabras de código representativas de caracteres.

La fig. 6 es una representación de una placa de holograma para uso con el sistema de la fig. 1 designando una posición individual asociada con una palabra de código



seleccionada.

La fig. 7 ilustra una representación de señales luminosas en el plano de observación de la fig. 1 para la placa de código y el holograma de las fig. 5 y 6.

5 Las figuras 8, 9 y 10 representan esquemáticamente una placa de código, una placa de holograma y un circuito lógico de lectura de salida, respectivamente, de otra realización del presente invento.

10 La fig. 11 es un diagrama esquemático de una realización alternativa para formar hologramas de acuerdo con los principios del presente invento.

Las figs. 12A, 12 B, 12C, 12D son detalles de placas iluminadoras y 13A, 13B son detalles de placas de código empleadas en el sistema de la fig. 11.

15 La fig. 14 es un diagrama esquemático de una realización de un sistema para leer o interpretar hologramas producidos por el sistema de la fig. 11.

20 Las figs. 15A, 15B, 16A, 16B, 17A y 17B y 18A a 18F se han proporcionado como ayuda para explicar los fenómenos que ocurren en el funcionamiento del presente invento.

Las figs. 19A y 19B son vistas parciales de otra forma de discriminadores empleados en una realización del presente invento.

25 La fig. 20 ilustra un tipo de sistema óptico reductor para uso en una realización del presente invento.

La fig. 21 es un dibujo esquemático de detalles de un circuito lógico para uso en un sistema como el representado en la fig. 10.

30 Las figs. 22A, 22B, 22C, 23A, 23B, 23C, 23D,



24A, 24B, y 25A, 25B, 25C ilustran cuatro ejemplos de discriminadores entre signos de características sólo ligeramente diferenciadoras.

5 La fig. 26 ilustra un esquema preferido de aceptación-rechazamiento para discriminadores debidamente diseñados.

La fig. 27 es una tabla de discriminadores que satisfacen el criterio de la fig. 26 para los 10 números del 0 al 9.

10 La fig. 28 es un dibujo esquemático de un dispositivo de lectura e interpretación de gran velocidad para hojas impresas o escritas a máquina.

15 Con referencia a la fig. 1, se ha representado un sistema para formar y reconstruir hologramas de acuerdo con el presente invento que incluye, una fuente de luz coherente 10, de preferencia un láser, la cual es dirigida a través de y dividida por un prisma 12 de escisión del haz. La parte del haz coherente transmitida a través del prisma 12 es reflejada por un prisma reflectante 14 a través de una lente de campo 16, una placa iluminadora 18, una máscara 19, una lente colimadora 20, y otro prisma 22 de escisión del haz a un sujeto 24, al que se hace referencia como un signo o discriminador, soportado por un apoyo 26. Una máscara 27 que tiene una ventanilla, está colocada entre 20 el prisma 22 y el apoyo 26 para proporcionar un área de sujeto definida. La parte de haz es reflejada por el signo o discriminador sujeto y es transmitida de vuelta a través del prisma 22 de escisión del haz a través de otro prisma 28 de escisión del haz y de la lente 30, la cual está colocada de manera que su plano focal posterior (el plano de 25 30

19 OCT



Fraunhofer o de Fourier) coincida exacta o aproximadamente con la emulsión de una placa fotográfica 32. El medio sobre el cual está situado o impreso el signo o discriminador, sujeto, es un medio grafico adecuado que se describirá más adelante.

5

La otra parte del haz procedente de la fuente 10 que es reflejada por el primer prisma 12 de escisión del haz continúa a través de una lente de campo 34, a través de una placa 36 marcadora o de código, de una placa 37 marcadora o de código, del prisma 28 de escisión del haz y de la lente 30 para ser también dirigida a la emulsión de la placa fotográfica 32. Obsérvese que delante de la placa fotográfica 32 hay situadas una máscara 29, a la que se designa como "reductora de fondo" y una máscara 31, a la que se designa como "máscara de orden cero". Estas máscaras tienen funciones específicas y se describirán más detenidamente en el estudio que sigue.

10

15

La función que realiza el sistema de la fig. 1 puede comprenderse mejor con referencia a la fig. 2. En la fig. 2, un sujeto 24 está representado simbólicamente como una letra A la cual se supone que es irradiada por luz coherente procedente de una fuente 11, las reflexiones de la cual inciden en una placa 32 de emulsión fotográfica. Al llegar a este punto en el estudio, si la placa 32 fuese también irradiada con un haz de referencia coherente, se formaría un holograma usual y cuando se revelase la placa y fuese de nuevo irradiada con el haz de referencia coherente, se produciría una imagen reconstruida del sujeto. En la fig. 2, sin embargo, no se emplea un haz de referencia coherente, sino que en lugar de ello se usa un segundo patrón, por ejemplo, una pluralidad de fuentes puntuales coherentes individuales 35, 39, y 43, las cuales, en un sentido amplio,

20

25

30



representan haces producidos por la placa 36 de código de la fig. 1, como se pondrá de manifiesto más adelante. Entonces, cuando se revela la placa fotográfica, y se irradia con un patrón correspondiente al del sujeto "A", se produce una imagen reconstruida del patrón de fuentes puntuales individuales 35, 39 y 41. De ello se sigue que si se irradian sucesivamente una serie de sujetos individuales diferentes en partes separadas de la placa 32 simultáneamente con disposiciones separadas y de combinaciones diferentes de las fuentes puntuales individuales (es decir, codificadas), se forma un holograma resultante con patrones de interferencia separados para cada combinación de disposición de sujeto y punto. Así, cuando se revela la placa y se irradia con un patrón correspondiente a uno de los patrones sujeto, se produce una imagen de la correspondiente asociada de las combinaciones de fuentes puntuales individuales. El holograma puede pues ser considerado, en un aspecto, como un traductor para convertir un patrón o modelo en otro patrón o modelo, por ejemplo, para convertir caracteres numéricos y de letras en códigos interpretables o legibles ópticamente.

En las realizaciones a describir del presente invento, uno de los elementos es un holograma múltiple compuesto de una pluralidad de hologramas elementales que se llamarán "engramas". Los engramas ocupan pequeñas fracciones del holograma total, y están dispuestos lado a lado, pero más de uno de ellos pueden ser fotografiados unos sobre otros. Cada engrama es la fotografía de interferencia de un patrón sujeto que se llamará un "signo" o "discriminador" con uno o varios haces de referencia que se llamarán "haces marcadores". Los haces marcadores son planos o esféricos y parten



de pequeñas fuentes, que se llamarán "marcadores", las cuales pueden ser consideradas como fuentes puntuales. En las realizaciones, los haces marcadores y los marcadores son provistos mediante la operación del código o placa marcadora 37, como se ha ilustrado en la fig. 1.

En el caso más simple los discriminadores pueden ser las letras, los números u otros signos que a su vez hayan de ser identificados. En este caso, el engrama de un sujeto, por ejemplo, el signo "X" se forma mediante la interferencia de una onda que sale desde el signo "X" con el haz marcador. La onda que ilumina "X" al tomarse el holograma, es al menos aproximadamente plana y sale en primer lugar de una fuente puntual, que se denominará la "iluminadora" asociada con "X". La fuente puntual iluminadora es producida por la placa iluminadora 18 de la fig. 1 que produce haces iluminadores. El sistema óptico está dispuesto de tal manera que la figura de difracción completa del signo "X" está encerrada dentro del área de su engrama. Después de formado o "tomado" el holograma, es leído o interpretado con el mismo dispositivo que el usado para tomar el holograma, o con uno que es su equivalente óptico, con la diferencia de que no hay haces marcadores. En el modo de lectura, el signo o discriminador que ha de ser identificado (por ejemplo "X") es iluminado simultáneamente con todos los haces iluminadores, de manera que todos los engramas son iluminados. Según los principios de la holografía, la figura de difracción de un signo "X" que está comprendida en su propio engrama, dará como resultado tres haces difractados que emergen. Uno de estos lleva la imagen de la "X", algo modificada. Un segundo haz es idéntico o casi idéntico al haz marcador, o grupo de haces marcadores, con los cuales fué producido el engrama,



y lleva las imágenes del marcador o del grupo de marcadores. En las realizaciones del invento, esta imagen es enfocada en un plano de observación, y se usa para identificar el signo. Así, en la fig. 1, una lente de observación 33 está situada en el plano de observación de manera que puedan observarse las imágenes de los marcadores. Un tercer haz o grupo de haces es similar al segundo, pero parte desde el engrama en direcciones simétricas como las del segundo con respecto al primer haz. Este se denominará el "haz gemelo", y es, en general, de una calidad inferior a la del segundo por lo que respecta a la identificación de signos.

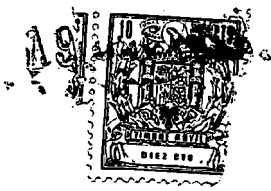
Tal como se ha descrito el sistema, con engramas formados con los signos o los propios discriminadores, funciona satisfactoriamente pero puede ser mejorado. Puede ocurrir que en algunos juegos de signos las diferencias no sean suficientemente grandes como para permitir una discriminación satisfactoria. Podrán responder otros engramas distintos a los de la "X", aunque en su mayor parte con menores intensidades, pero puede suceder, como por ejemplo cuando se presenta un engrama de "F" con una "E", que el engrama del signo equivocado proporcione un marcador de plena intensidad. En una forma preferida del invento que se describirá, está dificultad se supera asignando, siempre que sea necesario, varios discriminadores, cada uno con su propio engrama a un signo, los cuales, en combinación, diferencian satisfactoriamente ese signo de todos los demás del juego o familia. Esos discriminadores son patrones, los cuales están compuestos a partir del signo que ha de ser identificado y de aquellos frente a los cuales ha de ser discriminado por dos métodos, utilizados sólo o en combinación. En el primer método el discriminador contiene solamente las partes distin-



5 tivas de los trazos que forman la letra o letras a ser iden-
tificadas, y no contiene las demás. Por ejemplo, la letra
"L" se diferencia de la "I" por su trazo inferior. En el
segundo método, más potente, aquellas características de
los signos frente a las cuales se desea discriminar, son
equilibradas comunicándoles amplitudes de luz parcialmente
positivas y amplitudes parcialmente negativas. En una pro-
piedad bien conocida de la luz coherente, pero que hasta el
10 presente no había sido usada para la finalidad de formar
hologramas, que puede sustraerse luz superponiendo ondas
luminosas que difieren en fase en media longitud de onda.
En el presente invento esto se utiliza cubriendo aproxima-
damente la mitad de los trazos de los signos que se desea
rechazar con una placa de fase, que produce un retardo
15 de media longitud de onda. Por ejemplo, una "F" puede ser
discriminada frente a una "E" cubriendo el trazo inferior
de la "E", que no está presente en la "F", con una placa
de fase de media onda al tomar el engrama. En lo que sigue
se expondrán ejemplos más complicados.

20 Como ya se ha dicho, el sistema del presente
invento opera en dos modos, siendo el primero el modo en
el cual se forma el holograma, el cual se denomina modo
de toma, y el modo en el cual se reconstruye la imagen
de un patrón, el cual se denomina modo de lectura.

25 En el modo de toma, los componentes del sistema
incluyen una fuente de luz coherente, de preferencia un
láser y medios para dividir su luz en dos ramas. Una rama
contiene un elemento designado como la placa iluminadora
(tal como la placa 18, Fg. 1). Esta subdivide la luz en
30 una serie de pequeños haces que cada uno emana de una
fuente puntual real o virtual. Puede conseguirse por medio
de una placa lenticular, que contenga tantos lenticulos



como engranes tiene el holograma, y en la misma disposición. Las áreas entre los lenticulos son oscurecidas. Una lente de campo que respalda a la placa iluminadora (es decir, la lente 16 de la fig. 1) está dispuesta de tal modo que todos los rayos principales que pasan a través de los centros ópticos de los lenticulos están enfocados en el centro de una ventanilla que contiene el signo o discriminador. Otra lente (la lente 20 de la fig. 1) está dispuesta con la placa lenticular en su plano focal anterior, de manera que todas las ondas iluminadoras son exacta o aproximadamente planas cuando inciden en la ventanilla.

La otra rama óptica contiene un elemento que se denominará la placa de código o placa marcadora (tal como la placa 36, Fig. 1). Esta es también una placa lenticular, similar a la placa iluminadora, pero las fuentes puntuales formadas por esta no es preciso que tengan la misma disposición. Para simplificar las explicaciones, en todos los ejemplos que se darán más adelante la placa de código o una imagen virtual de la misma está en el plano de la ventanilla, pero esto, aunque conveniente, no es esencial. La placa de código o su imagen ocupan de preferencia solo la mitad del plano en la ventanilla, para evitar confusiones con los marcadores gemelos.

Las dos ramas de luz, es decir, las ondas iluminadoras que han pasado a través de la ventanilla y del discriminador en ella, y las ondas marcadoras que no han pasado a través de ella, no es preciso que se reúnan hasta que alcancen la placa fotográfica, pero para simplificar las explicaciones y el dispositivo, en todos los ejemplos que se dan se usa una lente común para ambas, dispuesta de manera que la placa fotográfica está exacta o aproximadamente en su plano focal posterior. Esta se ha representado como la lente 30



en la fig. 1.

5 Al tomar el holograma, se presentan en la ventanilla un discriminador o signo tras otro, con su propio haz iluminador individual y con el haz o haces marcadores que corresponden a un engrama. El resto de la placa iluminadora, de la placa de código y de la placa fotográfica está cubierto por máscaras, tales como la máscara 19 para la placa iluminadora 18 y la máscara 37 para la placa marcadora 36 en la fig. 1. Engrama tras engrama se toman en sucesión, hasta que queda completo el juego de engramas en discriminación.

10 En el modo de lectura el sistema consiste esencialmente en los mismos elementos que en el modo de toma y se describirá como tal, pero puede ser asimismo simplificado, pues no se necesita placa de código en el modo de lectura, y una fuente luminosa ordinaria más o menos monocromática, tal como una lámpara de mercurio con un filtro, puede poseer suficiente coherencia para la lectura. Según los principios de la holografía, la longitud de onda de lectura no es preciso que sea la misma que la usada para la toma. El medio sobre el cual está situado el signo discriminador que hace de sujeto, como anteriormente se ha visto, es un medio gráfico adecuado tal como una película, una escritura a máquina o una impresión sobre un material plástico, o un papel abrillantado o hecho transparente por aceitado, el cual se hace que se mueva por detrás de una ventanilla. Un sistema de lentes produce una imagen de los marcadores en el plano que es el conjugado de la placa marcadora original. Los marcadores asociados con el signo en la ventanilla son observados en pequeñas aberturas, de dimensiones convenientes,



que se verán más adelante. Estos pueden ser leídos colectivamente con una cámara electrónica, la cual explora la totalidad del plano entre dos signos consecutivos, o, alternativamente, con elementos fotosensores individuales, asociados uno con cada marcador, cuya salida es alimentada a circuitos lógicos, conocidos en la técnica, de los cuales se darán ejemplos más adelante.

El sistema, tal como se ha descrito, es un discriminador potente, debido a que la capacidad de almacenamiento de una placa fotográfica es muy grande. Una placa fotográfica de alta definición capaz de registrar 1.000 líneas ópticas por milímetro, que mida 50 mm por 50 mm, puede acomodar 2.500 engramas, cada uno con un área de un milímetro cuadrado, capaz para registrar 1.000 x 1.000 datos, lo que es más que suficiente e incluso para los caracteres más complicados. Por otra parte, cada área elemental puede acomodar varios engramas distintos solapándose, siempre que éstos tengan distintas ondas marcadoras, ya que en la toma cada onda de carácter interfiere solamente con su propia marcadora simultánea. Las demás solamente producen un fondo. Por consiguiente, una sola placa de holograma puede acomodar los discriminadores para varios tipos, o diversas variedades de escritura.

Refiriéndonos de nuevo a la fig. 1, el sistema representado proporciona el resultado de formar un holograma sobre una placa fotográfica, estando formado el holograma por un primero y un segundo patrón de frentes de onda los cuales, en la realización descrita, están derivados un patrón de un símbolo impreso, y el otro patrón es producido por una ordenación coficcada de fuentes de formas de onda individuales. Como ya se describió, un solo haz coherente proceden-



5
tode la fuente 10 es dividido y reflejado a través de lentes de campo separadas (16 y 34, respectivamente) a una placa iluminadora 18 y a una placa de código o marcadora 36, respectivamente. Al describir la acción de la placa iluminadora 18, se hace referencia a la fig. 3 la cual ilustra los elementos con mayor detalle y con los caminos ópticos enderezados para mayor claridad.

102
15
20
25
30
En la fig. 3, la parte de haz iluminador de haz de luz coherente es dirigida a través de la lente de campo 16 y a través de la placa iluminadora 18. La placa iluminadora 18, una vista frontal de la cual se ha ilustrado en la fig. 4, es una placa que contiene una pluralidad de lentes de forma lenticular formadas en una ordenación, siendo opacas las áreas que hay entre las lentes de forma lenticular. Cada una de las lentes de forma lenticular de la placa iluminadora 18 forma una imagen del foco, y cada una emite un haz iluminador separado que se designará como haz estrecho, de divergencia suficiente para iluminar toda la ventanilla en la máscara 27. La lente de campo 16 hace que el radio central de cada haz estrecho divergente incida en el centro de la ventanilla en la máscara 27. Así, la placa iluminadora 18 subdivide la luz procedente de la fuente 10 con una serie de fuentes puntuales individuales. La placa iluminadora 18 puede asimismo estar formada a partir de una hoja de plástico realzada en que las áreas entre las partes realzadas se han hecho opacas. La placa iluminadora 18, por estar fija en el plano focal de la lente colimadora 20, su imagen está alejada hasta el infinito, de manera que los haces estrechos emergen de la lente colimadora 20 como haces paralelos, y el signo o discriminador sujeto en la ventanilla de la máscara 27 es por consiguiente iluminado



por una pluralidad de ondas paralelas.

5 Cuando toda la placa iluminadora 18 está enmasca-
rada (como por ejemplo, mediante la máscara 19 en la fig. 1)
con la excepción de una abertura 13 sobre una seleccionada
de las lentes de forma lenticular, el único haz estrecho re-
sultante iluminará el sujeto en la ventanilla de la máscara
27 y será reflejado a través del prisma 28 y la lente 30 a una
10 parte de la emulsión de la placa fotográfica 32 que está en
el plano de Fourier de la lente 30 (representado en la fig.
1). El haz estrecho reflejado estará situado en una parte de
la placa fotográfica 32 (representada también en la fig. 1)
correspondiente a la posición de la lente de forma lenticu-
lar no enmascarada de la placa iluminadora 18 que produjo
15 el haz estrecho. De ello se sigue que si cada una de las len-
tes de la placa iluminadora 18 está sin enmascarar en orden
con diferentes signos situados sucesivamente en la ventani-
lla de la máscara 27 (o al mismo tiempo con una pluralidad
de signos en la ventanilla de la máscara 27) serán consiguien-
20 temente expuestas una pluralidad de partes correspondientes
de la placa fotográfica 32.

25 Como ya se dijo anteriormente, con referencia
a la fig. 1, la otra parte del haz procedente de la fuente
10 es reflejada a través de una lente de campo 34 a una pla-
ca de código 36 la cual tiene una máscara asociada 37. La
placa de código es similar en construcción a la placa ilumi-
nadora 18 en cuanto es una hoja opaca que contiene una or-
denación de pequeñas lentes o un equivalente similar. No
obstante, las lentes en la placa 36 están dispuestas en
30 forma codificada. Ello puede verse más claramente con referen-
cia a la fig. 5. En la fig. 5, las palabras de código sobre



la placa están representadas por la presencia y la ausencia de lentes. Cada palabra de código consiste en 9 dígitos de los cuales tres están siempre en blanco. Hay 35 palabras de código distintas, la palabra de código 36 en la última fila en la parte inferior de la placa de código a la derecha no está incluida en el código y puede usarse para fines de verificación. La palabra de código que está circundada, por ejemplo puede corresponder a la letra "h".

Con referencia a la fig. 1, el haz reflejado por el prisma 12 pasa a través de la lente decampo 34 y luego pasa a través de la placa de código 36 la cual está enmascarada mediante la máscara 37 como se ha descrito con relación a la fig. 5, para permitir que pase la iluminación a través de solamente una palabra de código. Así, seis de cada nueve fuentes de luz individuales situadas de manera única están dirigidas al prisma 28 y son reflejadas a través de la lente de campo 30 a la emulsión de la placa fotográfica 32, al mismo tiempo que está siendo reflejado un haz estrecho desde el signo o discriminador sujeto en la ventanilla de la máscara 27 a través del prisma 28 y la lente 30 también a la emulsión de la placa fotográfica 32. La máscara 19 para la placa iluminadora 18 y la máscara 37 para la placa de código 38 están dispuestas de manera que la reflexión desde el signo sujeto o discriminador en la ventanilla de la máscara 27 y la palabra de código que está siendo transmitida a través de la placa de código 36 y la máscara 37, son dirigidas a la misma área de la placa fotográfica 32, de manera que hay un patrón de interferencia holográfico que es registrado en la placa fotográfica formando un holograma en esa parte del área el cual, siendo una de muchos posibles



hologramas que pueden formarse en la placa 32, se designa como un engrama. Por ejemplo, si el signo sujeto o discriminador en la ventanilla de la máscara 27 fuese una letra "h" sobre material de fondo adecuado, se seleccionaría la máscara 37 de manera que la palabra de código en la placa de código 36 que representa la letra "h" estuviese sin enmascarar. Además, la placa iluminadora 18 estará enmascarada de tal modo que solo la lente de forma de lenticular del iluminador 18 estará descubierta con lo cual estará espacialmente enfocada sobre la placa fotográfica 32 en la misma posición que el foco de la palabra de código que pasa a través de la máscara 37. Por tanto, el signo sujeto que es la letra "h" es iluminado con un haz estrecho procedente de la placa iluminadora 18, el reflejo del cual es enfocado a una posición individual de la placa fotográfica 32, al mismo tiempo que los haces estrechos que constituyen la palabra de código para "h" desde la placa de código 36 son reflejados por el prisma 28 a través de la lente 30 a la misma parte individual de la placa fotográfica 32, con el resultado de que se forma un engrama hológrafo del patrón de interferencia entre la letra "h" y el patrón para la palabra de código de "h". Este procedimiento puede repetirse con una pluralidad de sujetos diferentes, por ejemplo diferentes letras o números que aparecen en la ventanilla 27 junto con sus palabras de código impresas asociadas seleccionadas de la placa de código 36, dando por resultado una pluralidad de engramas que se forman sobre la placa fotográfica 32.

Cuando se revela la placa fotográfica 32, es repuesta en la posición representada en la fig. 1 y está lista para ser "leída". En el modo de lectura, la placa de código 36



5
10
15
está o bien enmascarada por completo o bien se han retirado la totalidad de los elementos ópticos marcadores (máscara 37, placa 36 y lentes 34 y 12) de manera que la parte marcadora del haz procedente de la fuente luminosa 10 no alcanza al prisma 28. La máscara 19 sobre la placa iluminadora 18 es retirada por completo de manera que todos los haces estrechos emergen desde todas las lentes de la placa iluminadora 18 y son reflejados desde el sujeto en la ventanilla de la máscara 27. Cuando un signo o discriminador usado para generar un engrama cuando se formó el holograma aparece en la ventanilla de la máscara 27, los haces procedentes de la placa iluminadora son reflejados desde ella a la placa fotográfica 32 revelada y mediante el holograma se forma una imagen de la palabra de código asociada con ese sujeto que puede ser observada con la lente de observación 33.

20
25
30
El sistema de la fig. 1 es un ejemplo de un dispositivo que funciona mediante luz reflejada. También son adecuadas para el invento las diapositivas para uso con luz transmitida, en particular microfilm en negativo, con letras blancas sobre un fondo negro, pero la luz reflejada, como se ha descrito, tiene la ventaja de que todo el dispositivo de lectura puede ser dispuesto en un lado de la maquinaria para manipulación del papel. La escritura en cinta corriente o la impresión en papel blanco no es tan deseable, ya que el papel es basto por lo que se refiere a longitudes de onda de luz, y el mismo símbolo escrito a máquina o impreso sobre diferentes clases de papel produce diferentes frentes de onda. Si ha de usarse papel corriente, es preferible no usarlo directamente sino reproducir el símbolo primero por medio de un explorador de tubo de rayos catódicos de punto móvil, o



similar, sobre la pantalla de un dispositivo capaz de modular luz coherente. Ejemplos de esto son el tubo de rayos catódicos de película de aceite, y los tubos de rayos catódicos en los cuales el punto modula luz polarizada por medio de los efectos de Pockels o de Faraday. Es asimismo posible usar papel corriente, de preferencia en transmisión, si se ha hecho transparente por aceitado, de lo que se dará un ejemplo más adelante. Medios adecuados para la lectura en luz reflejada son el microfilm en negativo o las hojas de plástico transparentes recubiertas con una capa de negro que es retirada por el procedimiento de escritura a máquina o de impresión, respaldadas por un espejo en contacto con la cara que lleva la escritura. Pero también pueden ser leídos los signos y letras en negro sobre blanco. Estas son en cierto modo menos adecuadas, debido a que una "O" y una "Q" por ejemplo, tienen mucho fondo blanco en común que no lleva información, y por tanto la relación de señal a ruido es desfavorable. Pero esta relación puede ser mejorada considerablemente si se elimina el fondo uniforme blanco mediante una máscara que corta el "haz difractado de orden cero". Si, como se explicará en lo que sigue, se aplica tal máscara al holograma, el signo se ve por "un método de campo oscuro", es decir que el signo negro resaltará iluminado sobre un fondo oscuro. Mediante el Principio de Babinet, un símbolo negro, con la luz de orden cero eliminada, da la misma figura de difracción que el mismo símbolo en blanco, sobre un fondo negro, aparte de un cambio de fase de media onda que no tiene consecuencias.

Para resumir brevemente el funcionamiento del sistema de la fig. 1, el haz de luz coherente monocromática procedente de una fuente tal como un láser es dividido por un prisma 12 de escisión del haz. La parte transmitida es



reflejada por el prisma de reflexión 14 y pasa sucesivamente a través de la lente de campo 16, de la placa iluminadora 18, de la máscara 19, de una lente colimadora 20, y de otro prisma 22 de escisión del haz, para incidir en el signo llevado por el medio que está expuesto en la ventanilla de la máscara 27. Los elementos que se han descrito forman el tramo iluminador representado en la fig. 3, la cual muestra los elementos ópticos enderezados y a escala ampliada. La placa iluminadora 18, cuyo aspecto frontal se ha representado en la fig. 4, fué descrita como una placa transparente realzada con lenticulos en igual número que el de engramas y discriminadores que hay. Está realizada de preferencia, aunque no limitada a esa realización, como una pieza moldeada de plástico con las áreas ennegrecidas fuera de los lenticulos. Cada uno de los lenticulos forman una imagen del foco y emite un haz estrecho de divergencia suficiente para iluminar la ventanilla en la máscara 27. La lente de campo 16 es tal que hace que el rayo central de cada haz estrecho divergente incida en el centro de la ventanilla en la máscara 27. La lente colimadora 20 está distanciada de los focos de los haces estrechos por su propia longitud focal F , de manera que los haces estrechos divergentes emergen desde la lente 20 como haces paralelos. Dicho con otras palabras, la placa iluminadora 18 aparece en el infinito según se ve desde la ventanilla en la máscara 27. Al tomar los engramas, preferiblemente sólo uno de los iluminadores (es decir, de las lentes en la placa 18) actúa en cualquier momento determinado. Ofrece ciertas ventajas registrar cada discriminador simultáneamente en cuatro, seis o más engramas, formando un cuadrado, hexágono, etc., ya que con ello se ensacha la



base de difracción y se obtienen puntos marcadores más finos en la interpretadora o lectora, pero como contrapartida tiene el inconveniente de que la lectura de engramas espaciados precisa un más alto grado de coherencia que la lectura de un sólo engrama.

Se dijo que la lente 30 está dispuesta de manera que su plano focal posterior, (el plano de Fraunhofer o de Fourier) coincide exacta o aproximadamente con la emulsión de la placa fotográfica 32. Por consiguiente, todo haz paralelo que parte desde el plano del signo sujeto es enfocado en un punto de la emulsión. Por consiguiente, en ausencia de un signo, es decir, si la superficie del medio es un reflector plano, todo punto iluminador es enfocado en el punto correspondiente de la emulsión, el cual es el centro del engrama asociado. Este es el "haz difractado de orden cero" y con objeto de realizar la "operación en campo oscuro" anteriormente mencionada, es suficiente cubrir el punto de orden cero, o sea el centro del engrama. Ello se realiza convenientemente mediante una máscara de orden cero (a que anteriormente se ha hecho referencia y se ha representado en la fig. 1 como la máscara 31) en forma de una placa fotográfica con su emulsión en contacto con la emulsión de la placa de holograma, la cual es expuesta a todos los puntos iluminadores simultáneamente antes de tomar el holograma, con un espejo o espacio en blanco en la ventanilla, revelada y vuelta a poner en posición. Esta práctica es necesaria en el caso de signos en negro sobre blanco, pero es asimismo útil en todos los demás casos, ya que el haz de orden cero no lleva información, por lo que es aconsejable bloquear el centro de los engramas. La información está contenida por



completo en el área del engrama que circunda a este punto central.

5 En la toma de los engramas, solamente una pequeña área en torno a las marcas de orden cero de los puntos iluminadores que acaban de ser usados reciben luz procedente de la placa iluminadora 36, pero toda la placa 32 recibe luz procedente de la placa de código 36. Se evita usando otra máscara 29, llamada reductora de fondo, representada en la fig. 1. Esta tiene agujeros, correspondientes al patrón de puntos 10 iluminadores usados en la toma de los engramas idénticos, de un diámetro aproximadamente igual al tamaño del patrón de difracción de un símbolo medio, es decir de algunos milímetros. Cambiando éste, en correspondencia con la máscara 15 iluminadora 19, cada vez que se toma un nuevo juego de engramas idénticos, es posible reducir el fondo a un mínimo, y observar la regla óptima, según la cual se establece que debe haber sumas de luz aproximadamente iguales sobre cualquier área procedentes del objeto y procedentes de su palabra de código.

20 Cuando el holograma principal está completo, se revela y de preferencia se imprime con una medida de contraste total de dos, y se vuelve a colocar la impresión en la posición original. En el modo de lectura, la placa iluminadora 18 está realmente descubierta, mientras que la placa 25 de código 36 está por completo cubierta. Cuando un signo de símbolo es puesto en la ventanilla de la máscara 27, su palabra de código aparecerá también en su posición original. Esta tiene entonces que ser leída en un dispositivo de utilización tal como un computador. Hay muchas formas 30 de lograr esto, de las cuales solamente se describirán dos ejemplos.

En el primer método, se forma una imagen real

19 00



de la placa de código completa 36, tal como se ha ilustra-
do, por ejemplo en la fig. 5, con la lente de observación
33, representada en la fig. 1 en líneas de trazos, y esa
imagen se proyecta sobre la pantalla de una cámara elec-
trónica (no representada). El patrón se almacena sobre la
pantalla de la cámara electrónica, y es explorado por un
haz de electrones, de preferencia de tal modo que se comple-
te una exploración en algo menos del tiempo tomado por un
símbolo. La salida de esa cámara es enviada en primer lugar
a través de un discriminador de nivel, el cual registrará
solamente impulsos con un margen de seguridad por encima
del límite de ruido. Desde allí es enviada a un almacén,
tal como por ejemplo un almacén de núcleo de acceso aleatorio.
Este registra todos los impulsos que el discriminador de
nivel ha dejado pasar, pero a menos que se hayan obtenido
seis impulsos de una línea, el registro será borrado como
falso. Si han sido contados seis impulsos el registro es
aceptado y transferido al computador.

Si este procedimiento de exploración es llevado a ca-
bo en un tiempo aleatorio, podría suceder que fuese explorada
una palabra de código en cierto punto próximo al principio
de la fase cuando destella. En ese momento la carga en la
pantalla de la cámara no ha aumentado todavía hasta su nivel
máximo, y la palabra de código podría ser rechazada por el
discriminador de nivel como falsa. La exploración debe estar
por tanto sincronizada con los destellos, cuyos máximos se
producen siempre en el instante en que hay un símbolo en
el centro de la ventanilla. Ello puede lograrse, por ejemplo,
dividiendo una parte de la suma total de luz que va en las
palabras de código, y dirigiéndola a una célula fotoeléc-
trica. Esa célula percibirá el máximo de los destellos, e



iniciará la exploración con un retardo de quizás 0,15 del período del símbolo, el cual se completa luego en quizás 0,7 del citado período, antes de empezar el siguiente destello.

5 Es ventajoso aclarar la imagen sobre la pantalla de la cámara electrónica mediante una imagen intermedia, la cual lleva una máscara correspondiente al patrón de palabra de código, con agujeros muy finos.. La razón para esto es, que la intensidad de luz en el centro de los puntos de código es muy alta, pero la suma total de luz de un punto no es preciso que sea muy grande. Es posible registrar de 5 a 10.000 franjas sobre una placa fotográfica de 50 x 50 mm. de manera que la definición sea del orden de 5-10.000, y un punto de código sea paralelamente pequeño. Como el tamaño del punto luminoso en las cámaras electrónicas no es probable que sea inferior a 1/1.000 del campo, sin la máscara el punto luminoso podría recoger ruido en un área quizás cien veces mayor que un punto de código, y esto podría perjudicar las actuaciones.

20 En un segundo método de lectura, la luz en cualquier columna de la ordenación de código es sumada y conducida a un dispositivo fotoeléctrico separado. Ello puede hacerse, por ejemplo, disponiendo una serie de guías de luz de plástico con secciones transversales receptoras alargadas a través de la máscara descrita en el párrafo anterior, conduciendo cada guía de luz a su propio dispositivo fotoeléctrico. Cada uno de estos registra entonces una posición en el código. 25 El mismo efecto puede lograrse también, en lugar de con guías de luz, mediante un dispositivo óptico llamado en ocasiones un "ojo de mosca". En éste una placa reticular, con un lente-culo por palabra de código, o al menos uno por columna, cuyos 30



5
10
15
20

ejes ópticos están alternados de tal manera que las imágenes de los puntos de código en una columna son llevadas a juntarse en una pequeña área, mientras que las imágenes de las columnas están separadas, de manera que caen en las aberturas receptoras de los dispositivos fotoeléctricos. En el caso del código representado en la fig. 5, se precisa un mínimo de siete de tales detectoras, aunque es también más seguro usar además las dos columnas exteriores para confirmación. Cada uno de esos detectores tiene un discriminador de nivel, de modo que rechaza los impulsos de luz por debajo de un cierto nivel y un limitador de salida, de modo que cuando es aceptado un impulso de luz es enviado un impulso normalizado. Estos se suman en un discriminador, el cual entrará en acción solamente si hay seis impulsos simultáneos. Si estos aparecen, los impulsos de las células fotoeléctricas, provisionalmente almacenados en una memoria temporal, son dirigidos al computador. Este método exige un aparato más sencillo que el anteriormente descrito, pero tiene un poder discriminador algo menor, ya que solamente percibe la suma de luz de cada columna en lugar de la de cada punto de código por separado.

25
30

La teoría matemática del holograma compuesto es algo complicada, pero puede obtenerse un orden de estimación de magnitud del poder de discriminación de un modo sencillo. La teoría muestra que los mejores resultados se obtienen si se produce cada engrama de tal modo que el área usada para el engrama obtiene sumas de luz aproximadamente iguales desde el iluminador y desde la placa de código. En ese caso, en la reconstrucción la mitad aproximadamente de la luz aparecerá en el objeto, una cuarta parte en la reconstrucción de la palabra de código, y una cuarta



parte en la gemela de Fourier de ésta, la cual es en general borrada, y carece de utilidad para fines de reconocimiento. Por consiguiente, si hay 1.000 engramas diferentes en un holograma, cualquiera de ellos arrojará hasta $1/4.000$ de la luz en su palabra de código. Esto es cierto en la hipótesis, tomada como precaución, de que los engramas de una capa no colaboran en absoluto. Tomando cierto margen de seguridad por imperfecciones, y considerando que la luz en una palabra de código se distribuye entre aproximadamente 10 puntos de código, obtenemos así 10^{-5} de la luz en un punto de código. Pero con $5/10.000$ franjas a través del holograma, y en la media al menos $1/2.000$ franjas sobre un cuerpo de engramas idénticos, la definición de un punto de código es del orden de $0,5-1.10^{-3}$ de la anchura del patrón de código, es decir que la luz es concentrada en $0,25-1 \times 10^{-6}$ del área. Combinado con el hecho de que el fondo está grandemente reducido sobre el área en la cual se observan las palabras de código, se ve que hay una buena relación de señal a ruido, al menos del orden de 10-20 en cada punto de código. Se ve por tanto que una discriminación del orden de treinta y cinco símbolos, cada uno con treinta variedades, está sobradamente dentro de la capacidad de almacenamiento de una placa fotográfica de grano fino del orden de 50 x 50 mm.

El funcionamiento del presente invento puede explicarse más detalladamente con referencia a las figs. 5 a 10. Las figs. 5, 6 y 7 ilustran el caso simple en que un solo engrama, o un grupo de engramas idénticos, están asociados con cualquier signo del juego, y de discriminación suficiente. En este caso, un grupo de marcadores pueden estar



asociados con cualquier signo, con objeto de formar una
palabra de código en el lenguaje de la máquina. La fig. 5
es un ejemplo de una placa de código en que cada palabra
de código tiene nueve dígitos de los cuales tres están en
blanco. Hay treinta y cinco palabras de código distintas,
la treinta y seis en la última fila en la parte inferior
de la derecha está fuera del código y puede usarse para fines
de verificación. La línea que está encerrada en el círculo
puede corresponder al signo "h". En la fig. 6, que es una
representación del plano del holograma, éste puede corres-
ponder al engrama sombreado, es decir que este engrama está
marcado con los haces marcadores que salen desde los puntos
iluminadores que están asociados con "h". En la lectura,
cuando aparece una letra "h" en la ventanilla de la máscara
27 (fig. 1) solamente la fila correspondiente a "h" mostrara
en el plano de observación, es decir en el plano en el cual
están enfocados los haces marcadores, el complemento total
de seis puntos luminosos y tres espacios en blanco como se
ha ilustrado en la fig. 7. Además aparece la palabra de có-
digo gemela, en una posición simétrica central. Para evitar
interferencia de la palabra de código gemela con otras
palabras de código, la ventanilla de la fig. 5 puede estar
colocada en posición ligeramente asimétrica, de modo que la
palabra de código gemela puede ser oscurecida por una más-
cara reductora de fondo (la máscara 29 en la fig. 1) la
cual está perforada solamente en las posiciones en las
cuales pueden aparecer los puntos de código.

Este caso sencillo tiene ventajas en la lectura
de salida, ya que las filas pueden ser consecutivamente
exploradas por ejemplo mediante una cámara electrónica, como
anteriormente se ha descrito, con una exploración completa



entre dos letras, la cual alimenta los datos, es decir las señales luminosas, en una memoria temporal, desde la cual solamente el primer artículo es alimentado a un computador el cual tiene el complemento total de seis puntos luminosos y tres espacios en blanco. Pero solamente es aplicable en el caso en cierto modo excepcional de signos claramente diferenciados.

Las figs. 8, 9 y 10 ilustran otro esquema; el cual es aplicable a juegos de signos más difíciles. La fig. 8 ilustra la placa de código, en la cual los marcadores asociados con un signo tal como "h" están diferenciados, cuatro mediante puntos negros, uno mediante un punto en blanco fuertemente rebordeado. Cada uno de estos corresponde a un engrama en el holograma, como se ha ilustrado esquemáticamente en la fig. 9. Los engramas en la fig. 9 indicados por cuatro áreas sombreadas dan una respuesta positiva a "h", el quinto engrama, diferenciado mediante un cuadro en trazo grueso, dá un espacio en blanco. Consiguientemente, como se ha ilustrado en la fig. 10, en el plano de observación aparecen cuatro puntos luminosos y un espacio en blanco en posiciones homólogas a las posiciones de los cinco marcadores en el plano marcador. Estos son observadas por elementos fotosensibles individuales 41, 42, 43, 44 y 45, y los cuatro "síes" y el único "no" son alimentados a un circuito lógico 46, el cual produce entonces una señal distintiva o palabra de código que indica que el signo era una "h". Más adelante se efectuará una descripción del circuito lógico 46 y se darán las reglas recomendadas para disponer los marcadores.

Las figs. 11 y 14 ilustran realizaciones de dispo-



sitivos de toma y lectura de hologramas para luz transmitida, las cuales son diferentes de las previamente descritas y tienen las ventajas de su simplicidad y su mayor economía de luz. En la fig. 11, que es el dispositivo de toma, la luz procedente de un láser es enfocada en un punto E. Un espejo semirelector 48 forma de ésta una imagen de espejo L', mientras que la parte retransmitida cae sobre un espejo esférico 50 que produce la imagen real L'', en una perforación central de una placa iluminadora 52. L' sirve para la iluminación, L'' para los haces marcadores. La luz procedente de L' pasa a través de la lente de campo 54, de la placa de código 52 y de la lente colimadora 56 a la ventanilla 58 la cual contiene el discriminador que está de preferencia contenido en una placa fotográfica, y que se explicará con mayor detalle a continuación. El resto del tramo iluminador es el mismo que en el ejemplo anterior. La luz procedente de L'', en la perforación central de la placa iluminadora 52, pasa a través de la lente 56 incidiendo sobre la placa de código 60 que en este ejemplo ocupa solamente la mitad inferior del plano en el cual es presentado el discriminador. Un tope en una placa transparente 62 impide que la luz procedente de L'' llegue a la ventanilla 58. El resto del tramo marcador es el mismo que en el ejemplo anterior, y la máscara reductora de fondo 64, la máscara de iluminador 70 y la máscara de orden cero 66 tienen también funciones que se corresponden exactamente con respecto a la placa 68 del holograma.

Las figs. 12A, 12B, 12C y 12D muestran diversas variedades de placas iluminadoras. Como se ha ilustrado en la fig. 12A, los puntos iluminadores están dispuestos en un patrón hexagonal para mejor utilización del



5 área del holograma. La fig. 12B es el perfil de la placa del mismo tipo que antes, con pequeños lenticulos positivos. La fig. 12C muestra una placa que tiene lenticulos negativos. La fig. 12D es una placa con mejor economía de luz. Los lenticulos son mayores a fin de cubrir casi la totalidad del área en la disposición hexagonal de la fig. 12A, de manera que solamente haya de ser ennegrecida una pequeña parte de la superficie. Las figs. 13A y 13B ilustran la placa de código que es similar a las anteriormente descritas.

10 En el dispositivo de lectura, fig. 14, la disposición de la placa iluminadora 52 y de las lentes es la misma, pero la iluminación tiene lugar ahora en línea recta desde una fuente 72, la cual no es preciso que sea un láser, sino que puede ser, por ejemplo, una lámpara de mercurio con un filtro, proyectada sobre un orificio muy pequeño. La placa de código 60 y las máscaras se han retirado, y el discriminador está sustituido por la película 74 que ha de ser leída. Se añade un sistema de lentes 76 el cual produce una imagen del plano anteriormente ocupado por el plano marcador en el plano de observación o "descodificación". Este plano está enmascarado por una máscara 78, la cual tiene pequeñas aberturas correspondientes a la posición de las imágenes de marcador cuyos tamaños se especificarán más adelante. Cada abertura está provista de un elemento fotosensible individual tal como el elemento fotosensible 80. Dado que estos no pueden ser reducidos por debajo de un cierto tamaño, y puesto que una gran ampliación del plano de marcadores daría por resultado un aparato excesivamente largo, pueden usarse elementos ópticos de fibra para guiar la luz desde la abertura de marcador al elemento fotosensible individual.

15

20

25

30



19 061

Ya se dijo que se produce una imagen del propio signo en el plano de observación, donde este corta al eje óptico. Esta puede ser utilizada, como se pondrá de manifiesto más adelante en un ejemplo, para vigilar y corregir la posición de la línea que está siendo leída, y además para vigilar la intensidad de luz, y para dar la señal de "ausencia de signo". El marcador gemelo, que aparece en la mitad inferior del plano de observación, se utiliza sólo en el caso excepcional de signos de simetría central, tales como S, Z, ó H, o no se utiliza en absoluto.

Para mayor simplicidad se ha ilustrado el dispositivo de lectura de la fig. 14, con el mismo sistema óptico que el dispositivo de toma de la fig. 11, pero ello no es ni necesario ni, en general, demasiado conveniente. Una equivalencia óptica es suficiente. El dispositivo de toma y el dispositivo de lectura están enlazados entre sí por el mismo holograma, es decir que signos que se corresponden deben producir en ambos la misma figura de difracción. Es conveniente hacer los discriminadores usados en el dispositivo de toma bastante grandes, a fin de garantizar que son correctos en todos sus detalles. En el dispositivo de lectura es conveniente un tamaño pequeño, por ejemplo microfilm, para mantener bajo el coste del medio. La escritura de máquina de escribir de tamaño normalizado, por ejemplo, puede ser reducida aproximadamente treinta veces en microfilm de alta definición, en cuyo caso la longitud focal de la lente 82 en la fig. 14 puede ser tresinta veces menor en la lectora que en la tomadora, si se ha usado escritura a máquina normal en la tomadora. La longitud de onda usada en el dispositivo de lectura no es preciso que sea la misma que la usada en el dispositivo de toma. Por ejemplo, en la tomadora pueden usarse 6.328 \AA de un láser de helio y neón, y en la lectora la línea ver-



de del mercurio de $5.461 \overset{0}{\text{Å}}$. En este caso la longitud focal ha de ser reducida, no treinta veces, sino $30 \times 5.461/6.328 = 25,7$ veces, ya que la longitud de onda más corta es difractada con un ángulo menor.

5 El dispositivo de lectura puede diferir del dispositivo de toma también en otros aspectos. La lectura puede hacerse a una velocidad más rápida que aquella a la que el medio puede ser movido por detrás de una ventanilla, por ejemplo a la velocidad de 20 líneas por segundo. En este caso es conveniente iluminar una línea completa de la película en la lectora, y formar la imagen de la línea en 50 milisegundos. Es entonces el plano de la máscara de lectura móvil el que ocupa la posición de la película 74 en la fig. 14. El resto del dispositivo de lectura no es preciso que sea modificado, ya que la lente 82 mueve la imagen del signo hasta el infinito, y el iluminador está asimismo ópticamente en el infinito, por consiguiente la figura de difracción aparecerá en el mismo engrama, cualquiera que sea la posición de la abertura móvil. Puesto que las líneas han de ser exploradas en una línea recta, los agujeros de apertura están de preferencia dispuestos no en un disco, sino en la periferia de un tambor. La pequeña desviación de la abertura con respecto a un plano, debido a la curvatura del tambor, es de escasa importancia, y puede por otra parte hacerse mínima adaptando el tambor a la curvatura del campo de las lentes las cuales forman la imagen de la línea sobre la película en el tambor.

25 Una característica importante del presente invento es el uso de engramas discriminadores. Esto destaca las

30



diferencias en las señales de luz entre signos a ser aceptados y signos a ser rechazados mediante el uso de las diferencias en la forma de los signos para deducir la señal de luz para el signo equivocado, al tiempo que afectan a la señal para el signo correcto en la mínima medida posible.

Consideremos en primer lugar el caso en que las señales de luz son observadas en aberturas en el plano de observación, en las mismas posiciones en que aparecerían las imágenes de las fuentes puntuales marcadoras si éstas estuviesen presentes. La teoría demuestra que es conveniente hacer el diámetro de estas aberturas de observación igual o algo mayor que el grueso medio de una línea en el juego de signos a ser leídos. Por brevedad, ésta se llamará una "abertura pequeña". Otro resultado de la teoría es que en el dispositivo de la fig. 1 el engrama actúa a manera de una plantilla; casi equivalente a una plantilla en forma de un signo con el cual fué tomado el engrama, y colocado sobre la ventanilla en la posición original. Pero es una plantilla muy diferente de las que se han usado antes para reconocimiento de signos, en luz no coherente. La luz recogida por la pequeña abertura es proporcional no a las áreas que se solapan del signo original, es decir de A, y del signo presentado a ella en la lectura, o sea de B, sino al cuadrado de ese área. La razón es que las amplitudes de luz en la abertura pequeña está en fase y son proporcionales a las áreas que se solapan de A y B, y la intensidad de luz es proporcional al cuadrado de la suma de amplitudes. Esto, en sí mismo, constituye una ventaja. Tómese como unidad la señal de luz que aparece en la pequeña abertura cuando se presenta el engrama para A con A. Si, por ejemplo, B solapa a A



en la posición de mejor coincidencia sobre una mitad del área, la señal no será la mitad de la que era para A, sino una cuarta parte. Por lo que respecta a las partes que no se solapan de A y B, la teoría muestra que esa parte de la luz es difundida al exterior de la abertura pequeña.

Aunque esto es asimismo una ventaja, podría suceder que B cubriese toda el área de A, por ejemplo una "F" podría cubrir por completo a una "I". Esta ambigüedad se evita mediante el uso de engramas discriminadores, cuya construcción y funcionamiento pueden describirse brevemente como sigue. Consideremos una letra A que debe ser diferenciada de las letras B, C,, algunas de las cuales tienen solapamiento considerable con la A. Estas, no obstante, han de diferir en algún rasgo de la A, pues de lo contrario el ojo no podría diferenciarlas tampoco. Construyamos ahora engramas discriminadores con los signos A', A", como sigue. Imprimamos A y el signo del cual debe ser diferenciada, por ejemplo X, uno sobre otro, en la posición de máximo solapamiento. Compongamos a partir de ese signo A' asignando valores negativos a aquellas partes de X que no se solapan con este. El procedimiento físico mediante el cual pueden realizarse valores negativos se explicará a continuación. Suponiendo por el momento que esto puede lograrse, el engrama de A' cuando se presenta con una X dará una suma de amplitudes proporcional a

áreas de solapamiento de A y X menos áreas de X que sobresalen más allá de A. La intensidad de la señal luminosa será proporcional al cuadrado de esa diferencia. Como ejemplo, supongamos que X solapa $\frac{3}{4}$ del área de A, y que la parte de X que sobresale por fuera es de $\frac{1}{4}$ del área de A. El engrama A' así construido dará como respuesta la unidad completa para A, pero solamente $(0,667 - 0,25)^2 = 0,417^2 = 0,174$ para X, que constituye un margen de seguridad. Pode-



mos hacerlo todavía más seguro recortando $1/4$ de A en aquella parte de A que es común con X. Esto dá la respuesta de $0,75^2 = 0,56$ para A, pero 0,028 para X, una relación de 20:1.

Ahora puede describirse como se pueden asignar valores negativos a ciertas áreas de A'. Ello se hace invirtiendo la fase de la luz en las citadas áreas con relación al resto. Como se ha explicado antes, si se toma el engrama con una simple diapositiva, todas las amplitudes estarán en fase en la pequeña abertura de observación. Producimos entonces el engrama discriminador de A' cubriendo las citadas áreas de A' con una placa transparente que produce un retardo o avance de fase de media longitud de onda. Tanto en uno como en otro caso las fases quedan invertidas. Tal placa escalonada es conocida en la técnica, y puede ser producida exponiendo una emulsión de grano fino a una cierta suma de luz, y blanqueándola. La emulsión queda entonces completamente transparente, pero conserva escalones de una altura que puede ser controlada de un modo muy preciso mediante la exposición. Entonces se pone esa placa en contacto con la transparencia de A + X, en que si es necesario se oscurece una fracción de las partes que se solapan, durante la toma del engrama. Tanto la transparencia A + X como la placa escalonada pueden ser convenientemente producidas por reducción fotográfica de dibujos a escala suficientemente grande.

Ejemplos de tales engramas discriminadores, algunos de los cuales discriminarán además un signo frente a más de otro signo diferente, se describirán más adelante. Debe haber bastantes de tales engramas discriminadores para cualquier signo A, de manera que cualquier signo X distinto a A sea rechazado por al menos uno de ellos.

En una pequeña abertura de observación, tal como la que se ha supuesto hasta aquí, una intensa señal lumi-



nosa destella en el instante de total solapamiento de un signo consigo mismo. Pueden existir varios destellos más pequeños cuando se presenta otra señal al engrama, por ejemplo la V al engrama de A, pero estos pueden ser considerablemente reducidos por el método que se ha descrito. Una pequeña abertura de observación, con un diámetro igual o ligeramente superior a un grueso de líneas, sería plenamente suficiente para discriminación y podría tenerse la seguridad de que los signos habrán de obtener exactamente el ajuste de altura correcto cuando el texto a ser leído es pasado a través de la ventanilla, puesto que en ese caso habrá un instante de plena coincidencia. A fin de comprender lo que sucede si el ajuste de altura no es exacto, será necesario exponer algunos nuevos resultados de la teoría. Cuando un signo coincide por completo consigo mismo, toda la luz emitida estará contenida en un punto marcador con un diámetro del doble del grueso de la línea, con un máximo nítido en el centro. Si ahora el signo a ser leído es movido fuera de coincidencia, mediante un paso que puede ser en cualquier dirección, el punto marcador se dividirá. Un punto, correspondiente a aquellas partes de las trazas que permanecen en coincidencia, permanece, pero aparece un segundo punto marcador, de la misma forma que el primero, desplazado de este por la misma distancia y en la misma dirección que los signos. Las amplitudes para cada punto están en fase, pero las amplitudes de los dos puntos no están necesariamente en fase entre sí. Sin embargo, para pequeños desplazamientos, la diferenciade fases es pequeña, excepto en el caso en que ocurre que el frente de onda iluminador sea paralelo a las líneas que ahora se han separado. Si se evita esto, la

5

10

15

20

25

30

19 OCT



5 suma total de amplitudes recogidas por una abertura más an-
cha que admita ambos puntos marcadores será casi la misma
que en el caso de completa coincidencia. El caso a ser
evitado puede ilustrarse mediante las letras E y F. En este
caso, una línea horizontal es el rasgo distintivo. Debe
por tanto evitarse iluminar los engramas que discriminan
esas dos letras exactamente desde encima o exactamente des-
de debajo, de lo contrario se producirá una considerable
disminución en la intensidad de la señal cuando el ajuste
vertical no es perfecto.

10 Resulta por consiguiente que una abertura de ob-
servación más ancha tiene ciertas ventajas, ya que recoge
más luz, y da además respuesta a casi coincidencias. Pero
una abertura más ancha recoge también más luz difusa, y en
15 todo caso no compensaría hacerla más ancha en sentido hori-
zontal que la diferencia entre las letras más anchas y la
ventanilla. Una abertura ancha en sentido horizontal tiene
además ciertos inconvenientes para el diseño de engramas
discriminadores, que se ilustran más adelante. Por otra
20 parte, es ventajoso hacer la ventanilla suficientemente
ancha en sentido vertical para dar acomodo al punto despla-
zado si el ajuste vertical en altura no es perfecto. Es por
tanto preferible hacer las ventanillas de observación elíp-
ticas, con el eje largo en la vertical, e igual al eje corto
25 aumentado en la desalineación vertical esperada.

La un tanto extensa teoría matemática de los fenó-
menos ópticos que se producen en el dispositivo de acuerdo
con el invento, no es preciso presentarla aquí, pero se
incluye en lo que sigue un breve resumen de sus resultados
para facilitar la comprensión del funcionamiento y las me-
30 didas tomadas para su mejora. El resultado básico de la
teoría es que el engrama de un signo actúa aproximadamente



igual que una plantilla, es decir, como una transparencia del signo original superpuesto sobre el signo que es presentado en la ventanilla, pero con ciertas diferencias importantes que se explicarán paso a paso. Una coincidencia de esa "plantilla virtual" con el signo, dá por resultado la adición de amplitudes de luz en la imagen marcadora.

La fig. 15A ilustra seis etapas de una "A" recorriendo su propia plantilla virtual. El área coincidente se ha representado oscura. El área común en la fig. 15A se ha representado gráficamente en la fig. 15B (a. la derecha del valor máximo) como función del desplazamiento relativo. El destello de la intensidad de luz resultante es todavía más brusco, debido a que la intensidad en el caso de amplitudes sumadas en fase es el cuadrado de la suma de las amplitudes, es decir, proporcional al cuadrado del área coincidente.

La fig. 16A ilustra seis etapas de la plantilla de "A" siendo presentada con la letra B. Se ve en la fig. 16B que el máximo de área coincidente es aproximadamente tres veces menor que en el caso de A-A, y por tanto la intensidad máxima es aproximadamente nueve veces menor.

Las figs. 17A a 17F explican con más detalle lo que ocurre en el procedimiento, y explican además las diferencias importantes entre una plantilla real, como suele proponerse para reconocimiento de signos, y la plantilla virtual que es el equivalente de un engrama. La fig. 17A es la letra F en coincidencia total con su propia plantilla. La fig. 17B ilustra los fenómenos que aparecen en el plano de observación, dentro de la abertura marcadora. En este caso aparece un punto marcador en la posición cen-



5 tral original, el cual lleva aproximadamente la mitad de la energía luminosa total difractada en el haz marcador. La otra mitad aparece en un halo, pero éste está distribuida sobre un área hasta cuatro veces la de la imagen de la ventanilla, y su energía dentro de la pequeña apertura marcadora es tan pequeña que puede dejarse de tomar en consideración. El diámetro máximo del punto marcador es igual a la suma del grueso de línea de la plantilla y del signo, pero la distribución dentro del punto contiene un máximo acusado.

10 La fig. 17C muestra la letra F desplazada en la distancia d' a la derecha, con relación a la plantilla virtual. Las áreas coincidentes se han ilustrado sombreadas. Como demuestra la teoría, éstas producen un punto marcador en la posición central original, pero como el área coincidente es ahora de solamente la mitad del máximo, la suma de amplitudes en esa punto es también ahora aproximadamente la mitad de la máxima. La diferencia esencial entre una plantilla real y una virtual se manifiesta ahora en la aparición de un segundo punto marcador. Para comprender esto, en la fig. 17C las líneas de igual fase del haz marcador se han representado en líneas inclinadas. Estas son las líneas de intersección de los frentes de onda del haz marcador con el plano de la ventanilla. Los frentes de onda de igual fase están espaciados entre sí por una longitud de onda. Sea el ángulo del frente de onda con el plano de la ventanilla por ejemplo de 0,1 radianes; entonces las líneas de igual fase estarán espaciadas por 10 longitudes de onda. Habrá aproximadamente 30 de ellas a través de la anchura normal de línea de un signo normalizado de escritura de máquina, y aproximadamente una si

151

20

25

30



5 el signo se reduce 30 veces. La teoría demuestra que los puntos en la plantilla y en el signo que es presentado a ella que están sobre una línea de igual fase producen un punto marcador de la misma fase que la original, pero con la diferencia de que el nuevo punto marcador está ahora des-
10 plazado con relación al central por la distancia d' a la cual están espaciados los puntos, medida a lo largo de la línea de igual fase (véase la fig. 14D). Como en el caso F-F, todos los pares de puntos no coincidentes pero de igual fase tienen la misma distancia d' , toda la amplitud de las áreas no coincidentes está concentrada en un punto marcador. En el caso que se ha ilustrado, este lleva aproximadamente la mitad de la máxima suma de amplitudes. Pero aunque los dos puntos son coherentes e iguales en fase, están separados espacialmente y por consiguiente se suman sus intensidades y no sus amplitudes. La intensidad de luz en este caso ha disminuido por consiguiente a la mitad del máximo.

15 Puede resumirse brevemente diciendo que en el caso de un signo desplazado con respecto a su propia plantilla virtual, la luz en la abertura marcadora no se desvanece bruscamente, sino que es disminuída gradualmente por ir dejando de ser coherentes sus componentes. Puede usarse esto para mejorar la discriminación, ya que si los frentes de onda son exactamente o casi paralelos al trazo en cuestión, la disminución es muy rápida. Por otra parte, si se requiere una cierta tolerancia en la posición o en la forma de las letras, deben disponerse los frentes de onda con un ángulo no demasiado pequeño respecto a los frentes de onda. Estas son las reglas principales para la asignación de marcadores a signos.

20
25
30 Un ejemplo de la aplicación de estas reglas se ha



5 ilustrado en las figs. 17E y 17F. La letra F está en ellas desplazada verticalmente con respecto a su propia plantilla por algo más que un grueso de líneas. Las líneas de igual fase se han representado inclinadas 45° con la horizontal. Puesto que los dos puntos marcadores se solapan todavía parcialmente, la intensidad en este caso no disminuye a la mitad, sino que está más próxima a 0,6. Pueden obtenerse todavía mejores resultados con líneas casi verticales de igual fase; aproximadamente 0,7 para un desplazamiento del grueso de línea completo. Esto, mediante el criterio que se estudiará más adelante, es suficiente para reconocer signos ligeramente desplazados.

10 A fin de llegar a un compromiso entre la identificación clara y el reconocimiento de signos ligeramente desplazados o mal impresos, es una solución hacer las aberturas marcadores de unos tres gruesos de línea de ancho, con aproximadamente la misma altura, más o menos como se ha ilustrado en la fig. 17.

20 Como anteriormente se ha estudiado en términos generales, para la discriminación segura de todos los juegos salvo algunos excepcionales, no es suficiente producir un sólo engrama con el propio signo, sino que es necesario construir varios engramas con discriminadores apropiados. Esto puede ahora explicarse en un ejemplo en que se desea diferenciar las letras E y F entre sí, y discriminar además frente a las letras H, I, L y T las cuales están también compuestas de trazos horizontales y verticales. Como discriminador para E se selecciona el patrón representado en la fig. 18A el cual tiene dos líneas, del mismo signo, como se ha indicado sombreándolas, aunque son realmente líneas transparentes sobre un fondo oscuro como se ha ilus-

25

30

1900



trado en la fig. 18B. Este discriminador aceptará la E pero rechazará la F, y también la I, H, L y T, que pueden cubrir como máximo algo más de la mitad del área. Como anteriormente se ha explicado, este discriminador proporcionará además intensidad total de luz para una E que esté desplazada verticalmente, con tal que las líneas de igual fase no estén demasiado próximas a la horizontal.

Las figs. 18C y 18E muestran los dos discriminadores que son necesarios para diferenciar la F. En la fig. 18C el discriminador tiene dos barras horizontales, pero éstas son de signos opuestos, como se ha indicado sombreando una y dejando la otra en blanco. Físicamente esto significa ajustar una o la otra con una placa de retardo de media onda; no importa cual de ellas. Como se ha ilustrado en la fig. 18D, este discriminador rechazará la E, cuyas dos barras se compensan exactamente la una a la otra, pero aceptará la F. No obstante, también aceptará la L y la T. Con objeto de discriminar frente a estas dos, debe añadirse el discriminador de la fig. 18E como un discriminador adicional. Este responde a la barra central de la F, pero no responderá a la L ni a la T. Responderá también a la E y la H, pero como estas han sido ya rechazadas por el discriminador de la fig. 18C, la discriminación es completa.

Puede verse de estos ejemplos, y todavía más claramente de otros que se darán más adelante que las áreas en estos discriminadores pueden ser muy diferentes, lo que significa que sin más precauciones darán señales de "sí" de muy diferentes intensidades. Estas pueden igualarse o bien por diferente exposición de los engramas, más corta para las áreas discriminadoras grandes, más larga para las peque-



5 ñas, o bien respaldando las aberturas de observación con una placa fotográfica. Si esta es expuesta a los "sies" y revelada como un negativo con medida de contraste igual a la unidad, las señales transmitidas a través de la placa serán igualadas. Los dos métodos pueden también usarse en combinación.

10 Las figs. 19A y 19B ilustran el método físico mediante el cual pueden realizarse tales discriminadores, ilustrados a manera de ejemplo por el discriminador de la fig. 18C. Primero se toma una fotografía del discriminador de la fig. 18A y se revela. Segundo, se toma una fotografía en fase de la barra inferior sola, y se revela exponiendo una emulsión de grano fino con una cierta suma de luz y decolorándola. Alternativamente, la placa de fase puede producirse por ataque químico cuidadosamente controlado de una placa de vidrio cubierta con un elemento de fotoreserva. Finalmente se unen las dos placas. Puede observarse que la superficie del negativo en la fig. 19A no será jamás exactamente plana, ya que las emulsiones tratadas del modo ordinario muestran diferencias de grosor que son bastante proporcionales al tiempo de exposición, pero puesto que la barra inferior y la superior han recibido igual tratamiento, la diferencia en recorridos ópticos seguirá siendo de media longitud de onda.

15
20
25 Puesto que estos discriminadores tienen detalles bastante finos, es conveniente hacerlos a una escala más bien grande. Esto, sin embargo tiene el inconveniente de que los ángulos de difracción resultan muy pequeños, y en los sistemas ópticos que se han ilustrado en los anteriores ejemplos la longitud focal habría de hacerse muy grande. Esto se remedia, como se ha ilustrado en la fig. 20,



poniendo delante del discriminador 90 un sistema óptico reductor, por ejemplo un objetivo de microscopio, que reduce el tamaño A-B al tamaño menor A'-B' y aumenta los ángulos en proporción inversa.

5

La fig. 21 contiene ejemplos de circuitos lógicos que pueden usarse para tratar la información proporcionada por los discriminadores. Los bloques de la izquierda simbolizan los discriminadores y sus elementos fotosensibles individuales. En la fig. 21 el caso más sencillo es aquel en que una señal procedente del elemento sensible 92 de la X significa un "sí" a un signo X y un "no" a todo lo demás. En este caso el elemento sensible hace actuar a un circuito de disparo, aquí simbolizado por un simple interruptor 94. La posición superior significa "no", la inferior "sí".

10

15

El caso siguiente es aquel en que se proporciona una respuesta positiva de unos primeros medios discriminadores 96 para "X ó Y", la cual se escribe como es usual $X \vee Y$. En este caso se precisa otro discriminador 98 del tipo cuya respuesta positiva significa "X, no Y", lo que se representa como X, \bar{Y} . Un discriminador Y, \bar{X} resolvería igualmente el dilema "X ó Y".

20

El caso siguiente es un trilema, en que la respuesta positiva de los medios sensibles 100 es para "X ó Y ó Z". Esta es luego decidida mediante tres discriminadores binarios 102, 104 y 106 para X, \bar{Y} ; X, Z y Z, \bar{X} , respectivamente.

25

Se resuelve una señal de trilema $X \vee Y \vee Z$, procedente del elemento sensible 108, por medio de un discriminador 110 para X, \bar{Y} , cuya respuesta positiva significa "X, no Y ni Z", y por un discriminador binario 112 para

30



Y, Z. Pueden construirse circuitos lógicos para casos más complicados mediante reglas bien conocidas en la técnica.

Las figs. 22 a 25 son nuevos ejemplos de discriminadores. En el caso representado en las figs. 22A a 22C, debe diferenciarse una " O " (O mayúscula) de un "0" (cero) de forma algo más estrecha, pero de la misma altura. En la figura 22C se ha representado una solución. Una " O " arrastrada a través de la plantilla sombreada marcada con "p", que significa positivo, proporciona un destello grande. Por otra parte el cero, aunque coincide con una parte grande con el área "p", restará una u otra de las dos barras verticales negativas marcadas con "n" y por consiguiente producirá una respuesta mucho menor.

La fig. 23 ilustra la discriminación particularmente difícil entre "l" y "I", en un trazo fino delgado. La discriminación se hace recortando primero todas las partes coincidentes, como se ha indicado mediante el contorno rayado. Por otra parte, al trazo fino distintivo de la unidad se le asigna un valor positivo, y se añade una bandera tal que en la posición de máxima coincidencia, como la ilustrada en la fig. 23C, el signo unidad dé una respuesta positiva, mientras que la I en la misma posición, y también a la derecha y a la izquierda de ella, dé una respuesta muy pequeña o nula, como se ha ilustrado en la fig. 23D.

La fig. 24 ilustra otro caso difícil, la discriminación entre "0" y "Q". La fig. 24A es un discriminador que responde a "Q" pero no a "0" puesto que para "0" las mitades superior e inferior se equilibran, La fig. 24B es un discriminador que responde a la "0" pero no a la "Q", ya que para la "Q" las partes en torno al rasgo se equilibran, mientras que para la "0" resulta un desequilibrio. La discriminación puede hacerse más nítida



dejando fuera los flancos laterales de las letras en ambos patrones.

5 También puede elaborarse otra discriminación entre "O" y "Q" haciendo uso del hecho de que la "O" es simétrica respecto al centro mientras que la "Q" no lo es. La teoría matemática demuestra que para signos simétricos respecto al centro el marcador y el marcador gemelo son exactamente simétricos. Por consiguiente, si se sitúan discriminadores idénticos en la posición del marcador y de su gemelo, éstos darán una diferencia no nula para un signo asimétrico tal como la "Q".

10 Otro método de discriminar entre signos que tienen sólo pequeñas diferencias, se ha ilustrado en la fig. 25. Un "2" y una "Z" difieren sólo ligeramente, en particular en ciertos tipos y formas de escritura. Pero la única línea inclinada en la fig. 25C con las líneas de marcadores de igual fase paralelas a ella es un discriminador poderoso, ya que dará un destello fuerte solamente para la "Z", y no para el "2". También en este caso la comparación con el marcador gemelo añade además una característica discriminadora, ya que la "Z" es simétrica respecto al centro mientras que el "2" no lo es.

15 La fig. 26 ilustra una norma preferida para discriminación. Una respuesta "sí" debe dar un destello de intensidad de luz al menos cuatro veces mayor que un "no", para una letra normal. Esto significa que la máxima área coincidente resultante de sustraer las áreas positivas y negativas en el discriminador, debe ser al menos doble para el signo aceptado y para uno rechazado, ya que las amplitudes coherentes deben ser elevadas al cuadrado para obtener inten-

19 OCT 1954



5 sidades de luz. El nivel de decisión para el cual el circuito "sí-no" es activado o no, está pues establecido a la mitad del "sí" normal, es decir, al doble del "no" normal. Esto deja una amplitud de 2:1 para signos no normalizados o mal impresos. Pueden obtenerse mayores coeficientes de seguridad, a costa de usar más discriminadores.

10 La fig. 27 es una tabla de discriminadores que pueden usarse para diferenciar los diez números "0" a "9" y que satisfacen el criterio anterior. Cada fila contiene aquellos discriminadores que aceptan el número de la izquierda, pero rechazan el número en la columna del discriminador. Recíprocamente, las columnas contienen todos los rechazadores. La diagonal contiene los propios números. No hay necesidad de usar éstos también como discriminadores, ya que los demás de la misma fila efectuarán la selección completa, con la excepción del "7" el cual es un discriminador suficiente por sí mismo frente a todos los demás números.

15 Algunos de los discriminadores aparecen solo una vez en una fila, por ejemplo 5-6 y 6-5, otros, por ejemplo, 20 0-5 y 0-6, ó 0-8 y 0-9 son idénticos. Para aquellos que se presentan dos veces en una fila solamente es preciso hacer un engrama. Contando éstos sólo una vez, obtenemos para el número de discriminadores para el juego de los diez números:

25 Números 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9
Discriminadores 2 1 1 2 1 3 3 1 3 4

30 en total 21 engramas. Estos son aún lógicamente redundantes, ya que usando un circuito lógico algo más complicado, podríamos eliminar todos aquellos discriminadores que están por debajo de la diagonal principal, y que no se presentan a



la derecha de ella. La razón es que si se usan solamente los discriminadores que hay en la diagonal y por encima de ésta, éstos han respondido ya "no" a la cuestión de si un número podría no ser confundido con otro de menor valor, y por tanto puede limitarse la cuestión a aquellos mayores que el número dado, y éstos están a la derecha de la diagonal. De este modo pueden rechazarse 7 de los discriminadores, y llegarse al número mínimo de 14.

Similares economías considerables pueden lograrse asimismo en la discriminación de letras. Por ejemplo, si el problema consiste en reconocer las letras mayúsculas, pueden separarse primero el grupo que contiene solamente trazos horizontales y verticales, E, F, I, H, L y T, y el grupo que contiene líneas rectas inclinadas, A, K, M, N, V, W, X y Z, lo que deja solamente 11 para el grupo que contiene líneas curvas.

Habiéndose así descrito los principios ópticos y lógicos de los dispositivos de acuerdo con el invento, puede darse un ejemplo del modo de combinar estos con la maquinaria de manipulación de papel, la cual es necesaria excepto en el caso en que el material a ser tratado se copie primero en microfilm o similares. La fig. 28 es un dispositivo para la lectura a gran velocidad de escritura a máquina o impresa de tamaño normal. Por lo que respecta a los componentes ópticos y electrónicos, los sistemas tales como el descrito pueden leer signos a una velocidad de 2.000 por segundo o más, pero esto significa unas 20 líneas o más por segundo, y no es fácil conseguir que el papel se desplace yendo y viniendo a esa velocidad. En el dispositivo ilustrado en la fig. 28 el papel es explorado heli-



coidalmente, línea tras línea sobre un cilindro transparente giratorio 120. Puesto que éste gira a 20 o más revoluciones por segundo, y puede leer una página en dos segundos o menos, no es posible detener la rotación después de cada hoja. El cilindro 120 se mantiene por tanto girando continuamente. Se mueve hacia adelante en dirección axial durante la exploración, y luego hacia atrás durante el período en que la hoja explorada es rechazada y una nueva introducida. No hay dificultad en invertir el movimiento axial, por ejemplo mediante una rosca a izquierdas 121 y una rosca a derechas 123 con tuercas 122 y 124 que embragan alternadamente, como se ha ilustrado.

Las hojas deben ser introducidas con tal ángulo que las líneas formen líneas helicoidales sobre el cilindro, con un paso igual al espaciado de líneas, de manera que una línea se cierre con la siguiente. Ello se logra por medio de una corredera 125 ligeramente inclinada y un rodillo de presión 128, inclinado también con relación a las líneas generadoras en el ángulo de paso. Es preferible material transparente plástico, pero también puede usarse papel corriente si se humedece con un líquido, tal como un aceite, con un índice de refracción muy próximo, al de la celulosa. En el punto R de lectura, un área algo mayor que la de una letra es iluminada por una disposición óptica esencialmente idéntica a la de la fig. 14. En esa área el papel es oprimido contra el cilindro 120 por el disco giratorio transparente 130. Este está ligeramente engrosado en el radio de R y junto a éste, de manera que no hace contacto en ningún otro sitio. El eje geométrico 131 del disco 130 está por encima de la línea general que pasa por R, de manera que el radio



trazado desde el eje geométrico hasta R forma el ángulo de
paso con la línea generadora. Esto garantiza que el movi-
miento del disco en el punto R será tangencial a la hélice, de
manera que el papel es oprimido entre dos miembros transpa-
rentes que se mueven con él. La presión es proporcionada
por los dos rodillos de presión 132 y 134 por encima y por
debajo de R. La presión sobre el cilindro 120 es absorbida
por la corona de poleas 136 la cual se mueve axialmente con
el cilindro. El exceso de aceite es exprimido del papel y
es centrifugado por el disco giratorio 130 en una dirección
casi vertical, hacia abajo.

Después de salir del área R de lectura, el haz
iluminador pasa a través de una lente 138 la cual da una
imagen del área de lectura sobre el plano de la máscara
140, de preferencia reducida en tamaño, con objeto de hacer
el dispositivo óptico corto, como anteriormente se ha ex-
plicado en relación con la fig. 20. La máscara 140 lleva
una ventanilla 142. Con objeto de hacer automática la
alineación de las líneas mecanografiadas o impresas con
la ventanilla, la máscara 140 tiene un servoaccionamiento
para movimiento axial por medio de dos servoelementos fo-
tosensibles 144 y 146, los cuales están dispuestos en el
centro del plano de observación 148. El elemento fotosen-
sible que obtiene más luz empuja a la línea separándola
desde él. A fin de asegurar que la primera línea de una
hoja es ajustada correctamente, es cómodo proporcionar
una segunda ventanilla (no representada) en la máscara,
que está una línea por delante, es decir, en el presente
caso a la derecha de la ventanilla principal, y hacer
funcionar el servosistema a partir de la luz transmiti-



5 tida por esta ventanilla. Los servoelementos fotosensibles 144 y 146 pueden también usarse, como anteriormente se ha indicado, para proporcionar la señal para espacios en blanco. A fin de economizar espacio en el medio sobre el cual es finalmente transcrito el código, tal como una cinta magnética, también pueden tomarse medidas para detener el citado medio después de una serie de espacios en blanco que cindican el final de una línea o unas líneas de espacios en blanco. El resto del sistema óptico es como anteriormente se ha explicado.

10 Lo que se ha descrito es un invento en la técnica de la óptica, en particular en la tecnología de la holografía. Se ha mostrado como, pueden formarse hologramas a partir de patrones primero y segundo de formas de onda tales que, después de revelar el holograma, se produce una imagen del primer patrón cuando se dirigen un patrón correspondiente al segundo patrón sobre el holograma y viceversa.

15 El patrón imagen que es reconstruido es visible con una lente de observación, o bien puede ser detectado mediante elementos fotosensibles.

20 Un ejemplo de un campo de aplicación para el presente invento, o sea el reconocimiento de símbolos, se ha descrito con detalle, habiéndose representado realizaciones particulares de elementos y sistemas ópticos. Además, se ha descrito una técnica según la cual podrían formarse una serie de hologramas separados, denominados engramas, sobre una sola placa hológrafa, ya adyacentes o ya solapados. A este respecto se ha descrito una característica del invento que enseña el modo en que podrían formarse los engramas para letras y números usando discriminadores los cuales están diseñados para resaltar o reforzar las diferencias características en señales luminosas

25

30



entre símbolos para evitar la confusión o el reconocimiento de símbolos erróneos. Los discriminadores empleaban el uso de inversión de fase de la luz en áreas relativas de los patrones discriminadores, por ejemplo, mediante el uso de una placa transparente escalonada que origina un retardo de fase de la luz.

Debe entenderse que el presente invento puede adaptarse a otros campos además del correspondiente al reconocimiento de símbolos. Por ejemplo, el presente invento podría ser de aplicación en el levantamiento de mapas desde el aire o en operaciones de reconocimiento para identificación de terrenos o para detectar camuflajes. Se verá claramente que además de estas hay otras muchas aplicaciones a las artes gráficas, a las cuales puede ser aplicado el presente invento.

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

La presente solicitud que corresponde a la presentada en Gran Bretaña con fecha 13 de Agosto de 1965 bajo el Nº 34.703/65, 1 de Marzo de 1.966 Nº 8945/66 y 12 de Julio de 1.966 completa se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

19



N O T A

5 Los puntos de invención propia y nueva que se presentan para que sean objeto de la presente solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los siguientes:

10 1.- Un procedimiento para el tratamiento de información empleando hologramas, caracterizado porque, en cada caso, dos rayos coherentes, electromagnéticos, cada uno de los cuales contiene información de por sí, son llevados a interferencia y se forma una figura de interferencia en forma de un holograma, cuya figura contiene 15 los frentes de ondas en cada caso de los dos rayos, y porque el holograma así formado, para la reproducción de la información de uno de los rayos, por reconstrucción de su frente de ondas, es irradiado con el otro rayo.

20 2.- Un procedimiento según el punto 1, caracterizado porque sobre la misma placa holográfica se forman varios hologramas, denominados engramas, unos junto a otros o unos sobre otros, formándose los distintos engramas por interferencia del mismo par de rayos o de pares de rayos 25 diferentes o de un rayo, que contiene una información determinada, con una serie de rayos que en cada caso contienen informaciones diferentes.

30 3.- Un procedimiento según el punto 2, caracterizado porque los engramas son formados en cada caso por la interferencia de un rayo seleccionado de un primer modelo de rayos con uno o más rayos subordinados seleccionados de un segundo modelo de rayos y porque, para



la reconstrucción del frente de ondas de cada caso de los rayos del segundo modelo el holograma es irradiado con el rayo correspondiente en caso caso del primer modelo.

5 4.- Un procedimiento según los puntos 2 y 3, caracterizado porque para la información de los engramas son reproducidos los rayos que en cada caso contienen in-
10 formaciones diferentes del primer modelo de rayos, junto con las combinaciones subordinadas a ellos en cada caso de rayos del segundo modelo, haciéndose esta reproducción sucesiva-
mente sobre la placa de holograma.

15 5.- Un procedimiento según el punto 1, caracte-
rizado porque el frente de ondas del rayo seleccionado en cada caso del primer modelo de rayos es determinado por un objeto de forma característica.

20 6.- Un procedimiento según el punto 1, caracte-
rizado porque el frente de ondas del rayo seleccionado en cada caso del primer modelo de rayos es determinado por un signo seleccionado de una familia dada de signos de escritura.

25 7.- Un procedimiento según el punto 1, caracte-
terizado porque el frente de ondas del rayo o de los rayos seleccionados en cada caso del segundo modelo de rayos es determinado por uno o más manantiales de luz cohe-
rentes e individuales.

30 8.- Un procedimiento según el punto 1, caracte-
rizado porque el frente de ondas de varios rayos seleccio-
nados del segundo modelo de rayos es determinado por manan-
tiales de luz puntiformes, coherentes, dispuestos de mane-
ra correspondiente a los puntos de cifra de un código.

9.- Un procedimiento según el punto 1, en espe-



5 cial para averiguar y transformar signos de escritura en
forma legible a máquina, caracterizado porque, para un solo
signo de escritura, se forman varios engramas que contienen
diferentes características diferenciadoras empleando una
combinación determinada de rayos individuales del segundo
modelo de rayos, con ayuda de rayos individuales del primer
modelo, haciéndose invisibles partes del signo que no coope-
ran para la diferenciación, mediante recubrimiento o median-
te reproducción desfasada, preferiblemente por medio de
10 una placa de semionda.

15 10.- Un procedimiento según los puntos 1, 6, 9,
caracterizado porque, cuando existe un signo de escritura
determinado contenido total o parcialmente en uno o más
engramas o en forma de características diferenciadoras, pa-
ra la reconstrucción de la imagen de la combinación, subor-
dinada a este signo, de los manantiales de luz individuales,
todos los engramas de la placa holográfica son irradiados
al mismo tiempo con todos los rayos del primer modelo de
rayos que contengan la información del signo a identificar.

20 11.- Un procedimiento según el punto 1, caracte-
rizado porque el signo a identificar, que aparece claro
sobre fondo oscuro u oscuro sobre fondo claro, cargado con
todos los rayos del primer modelo de rayos para la iden-
tificación, es empleado en forma transparente o en forma
25 opaca que refleja los rayos.

12.- Un procedimiento según el punto 1, caracte-
rizado porque los signos a identificar, con diafragma
del rayo de orden nulo de la irradiación en ellos dispersa,
son iluminados según el método de campo oscuro.

30 13.- Un procedimiento para el tratamiento de in-
formación empleando hologramas.



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

La presente memoria consta de cincuenta y ocho
5 hojas escritas a máquina por una sola cara. 19 OCT. 1966

Madrid,

P.A.

Alberto de Elizaburu
Por Poderes



4327
1900
PAT. 2,310,001

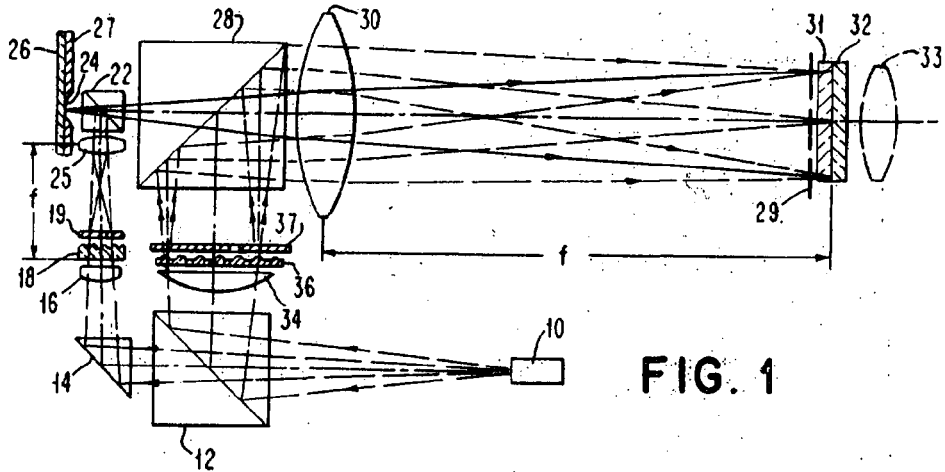


FIG. 1

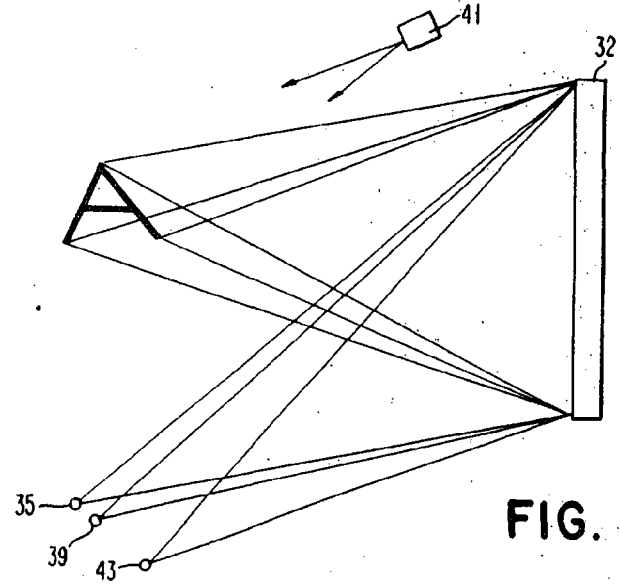


FIG. 2

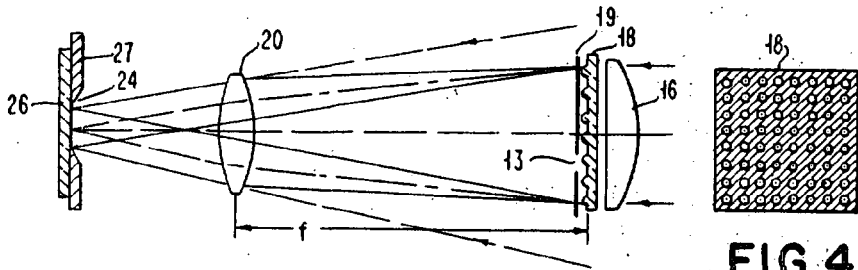


FIG. 3

FIG. 4

Atsuo Iizakura
Atsuo Iizakura
Pat. Coun.

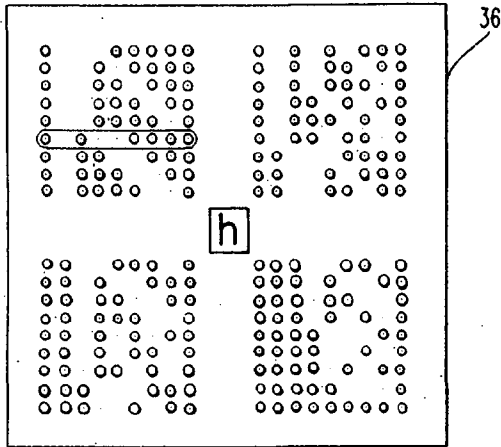


FIG. 5

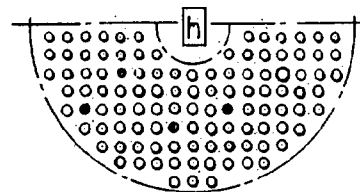


FIG. 8

FIG. 6

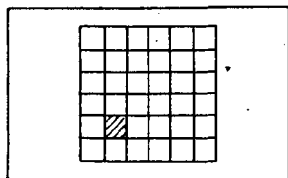


FIG. 9

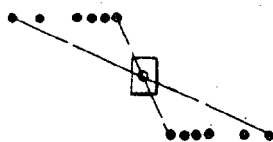
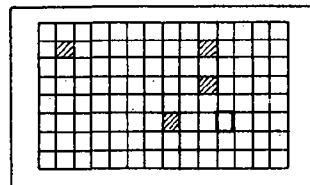


FIG. 7

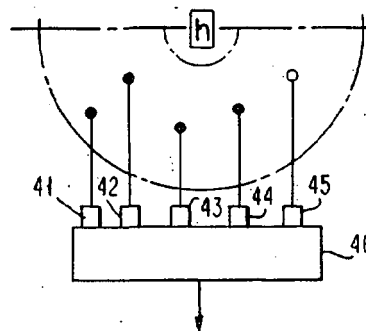
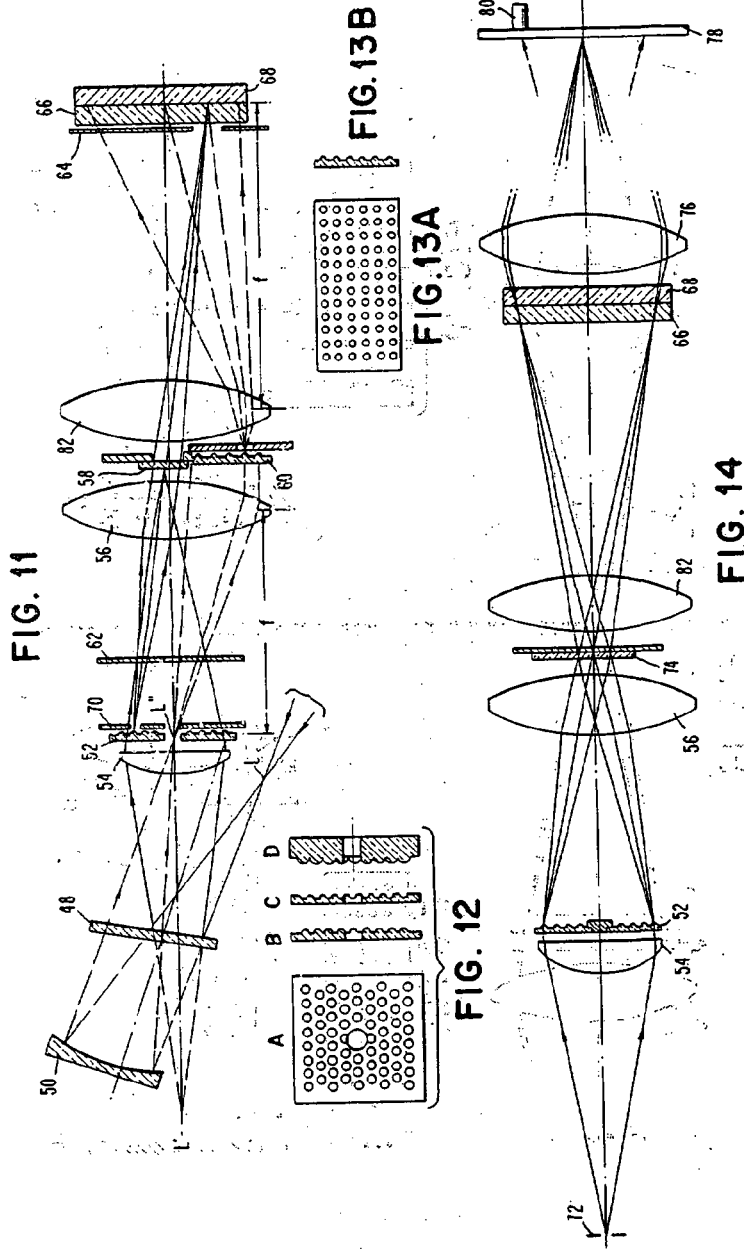


FIG. 10

[Handwritten signature or scribble]



Albert J. Zylich
 Albert J. Zylich
 Patent Counsel



FIG. 22

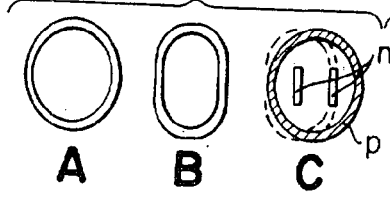


FIG. 23

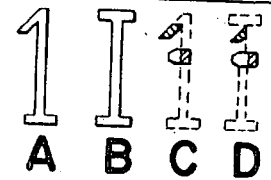


FIG. 24

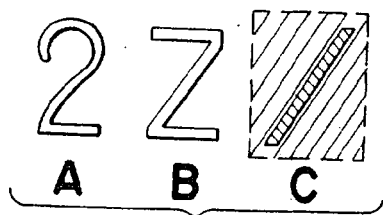
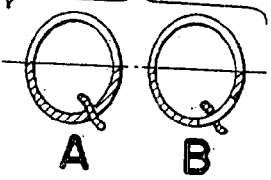


FIG. 25

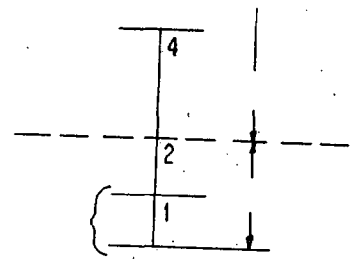


FIG. 26

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0					5	5		8	8
1		1			4					
2			2						2	2
3				3		3	3		3	3
4		4			4					
5	5			5		5	5		5	5
6	6			6		5	6		6	6
7								7		
8	8					8	8		8	8
9	9		9			9	9		9	9

FIG. 27

Handwritten signature or scribble at the bottom right of the page.



FIG. 15A



FIG. 15B

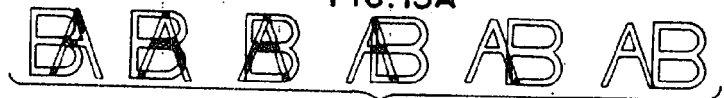


FIG. 16A

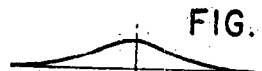


FIG. 16B

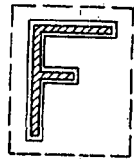


FIG. 17A

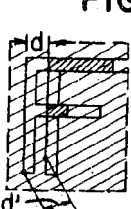


FIG. 17C

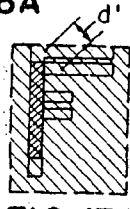


FIG. 17E

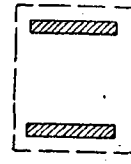


FIG. 18A

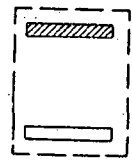


FIG. 18C

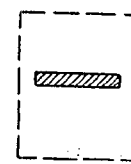


FIG. 18E

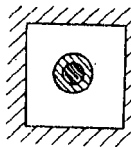


FIG. 17B

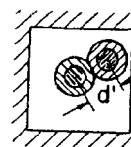


FIG. 17D

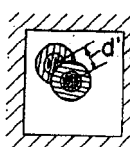


FIG. 17F

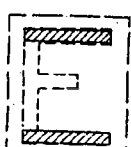


FIG. 18B

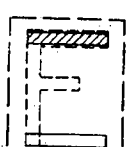


FIG. 18D

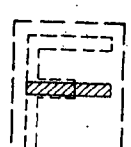


FIG. 18F

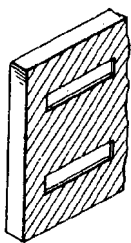


FIG. 19A

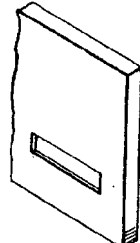


FIG. 19B

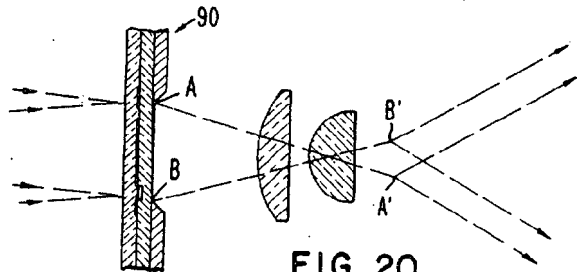


FIG. 20

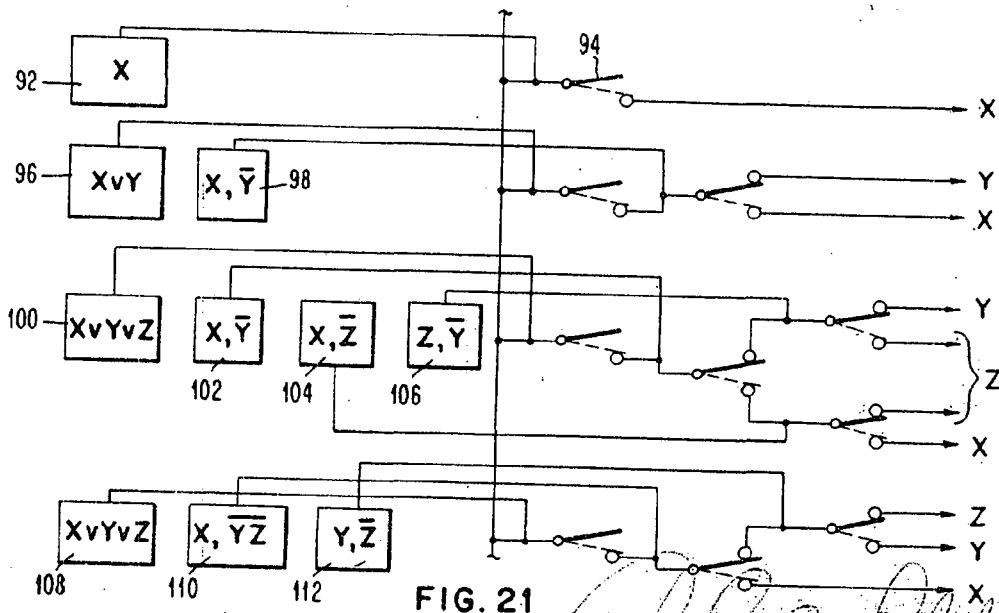


FIG. 21

Alberto J. Pizzetti
Alberto J. Pizzetti
Patent Attorney



3 2 7 5

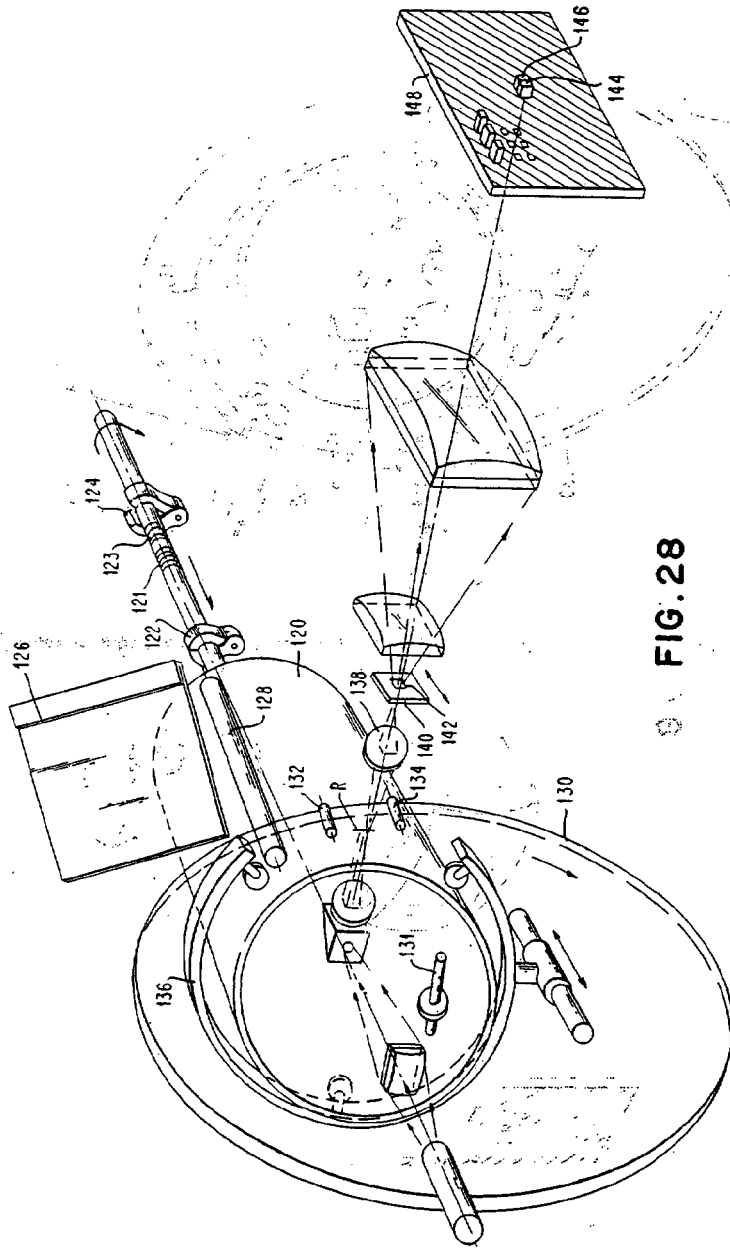


FIG. 28

Blades