



387375

No. 387.375

MEMORIA DESCRIPTIVA

correspondiente a la solicitud de una

PATENTE DE INVENCION

Solicitante: XEROX CORPORATION.

Residencia: ROCHESTER, New York 14603, U.S.A.

Enunciado: "UN METODO DE FORMACION DE IMAGENES HOLOGRAFICAS".

Prioridad: de la solicitud de patente estadounidense  
No. 4.648 del 21 de enero de 1970.

SECCION TECNICA  
CLASIFICACION I. P. C.  
CLASE H04  
SUBCLASE N

ES.

POOR  
QUALITY

-2-  
387375



1971

COMPENDIO

5 Se describe la producción de un holograma marcado o disipado que manifiesta una imagen de una sola longitud de onda cuando se le ilumina mediante una fuente de luz blanca, es decir de longitudes múltiples de onda. Una de las formas de realización incluye recubrir una hoja de vidrio pulido, sobre la cara pulida, con un material fotorresistente. Se expone este fotorresistente en presencia de formas de onda de luz coherente del objeto y de referencia, y subsiguientemente se revela. Sobre su superficie irregular se forman franjas marcadas. Cuando se reillumina con 10 un haz de luz similar, en su forma y longitud de onda, al haz de referencia, se reconstruye sin deformación la imagen positiva de primer orden. Imágenes de diferentes ordenes aparecerán difundidas al azar, como así también otras longitudes de onda.

FUNDAMENTOS

15 Las técnicas anteriores de formación de imagen incluyen la de la holografía que, mediante técnicas especiales de exposición sobre una capa fotosensible tal como una película fotográfica, produce un registro de imagen que, al reiluminarlo con una fuente de luz coherente similar, proporciona a un observador una imagen tridimensional. Por ejemplo, se 20 puede producir un holograma dirigiendo una porción de radiación desde una fuente de láser, u otra fuente de radiación coherente, hacia, o a través de, un objeto al cual se desea holografiar mientras se provee una porción separada de la radiación, a la cual se denomina haz de referencia, mediante diversas disposiciones de espejos y/o lentes, o en otra 25 manera, de modo de proveer un haz separado que es coherente con el haz de luz que ilumina el objeto, y disponiendo entonces el miembro de imagen, típicamente la película fotográfica, de modo que reciba tanto la radiación modulada por el objeto, como el haz de referencia. La película registra entonces la intensidad de la suma de ambos campos, o sea 30 que registra el diagrama de interferencia estacionario entre ambos cam-



pos. Subsiguientemente, se puede utilizar el diagrama de interferencia, revelado sobre la superficie de registro, para reconstruir el frente de onda modulado por el objeto, típicamente para producir una imagen observable del objeto dirigiendo apropiadamente un haz, similar al haz de referencia, sobre el holograma.

La mayoría de los hologramas, de acuerdo con la técnica anterior, se construye incidiendo el haz del objeto y el haz de referencia sobre la placa holográfica desde la misma cara de la placa. Un holograma producido al dirigir el haz modulado por el objeto y el haz de referencia a través de caras opuestas de la capa fotosensible fue descrito por primera vez por Denisyuk en Soviet Physics-Doklady, N° 7, pág. 543 (1962). Este holograma consiste en diagramas de interferencia registrados, que son superficies casi paralelas y que están separados entre sí por aproximadamente media longitud de onda de la luz, y que típicamente son casi paralelos a las superficies de la capa fotosensible. Los frentes de onda a partir de los cuales se puede formar una imagen del objeto holografado, se reconstruyen haciendo pasar un haz de iluminación, similar al haz de referencia, a través del holograma. En la solicitud de patente norteamericana N° 728.986 presentada el 14 de mayo de 1968, copendiente con una solicitud de patente norteamericana correspondiente a la presente solicitud, y presentada por la misma solicitante que la de la presente solicitud, se mejora la técnica de Denisyuk al proveer un miembro formador de imagen fotoendurecible, formando en configuración de imagen un campo de onda óptico estacionario en y sobre dicho miembro fotosensible, y revelando el miembro, así expuesto, de modo de disolver preferencialmente porciones ya sea relativamente expuestas o no expuestas del miembro (lo cual depende del tipo de material fotoendurecible utilizado) para producir un registro holográfico en relieve superficial.

Aunque se puede utilizar cualquier sistema óptico apropiado, capaz de producir la construcción de holograma marcado en relieve super-



ficial que se describe en dicha solicitud de patente norteamericana co-  
pendiente, el modo preferido es permitir que el haz modulado por el ob-  
jeto interfiera, interacciones y se combine con un haz de referencia que  
se propaga en una dirección tal que la dirección vectorial del haz de  
5' referencia forma un ángulo comprendido aproximadamente entre 90 y 180°  
con sustancialmente todos los vectores direccionales del haz del objeto,  
estando dirigidos el haz modulado por el objeto y el haz de referencia  
hacia caras opuestas del miembro fotoendurecible. En este modo preferi-  
do de exponer la construcción, naturalmente ambas caras de la capa fo-  
10 toendurecible típica deben ser permeables a la radiación de exposición  
y se logra esto típicamente aplicando como recubrimiento una capa de ma-  
terial fotoendurecible sobre un substrato transparente.

Tanto los hologramas de la técnica anterior como de la inven-  
ción anterior de la solicitante, de hologramas marcados, deben ser nor-  
15 malmente reconstruidos con una longitud de onda de iluminación de luz  
coherente similar pero no necesariamente igual. De acuerdo con la pre-  
sente invención, al proseguir continuamente el estudio de esta técnica  
de los hologramas marcados, se ha comprobado que, mediante las técnicas  
que se describirán en detalle más adelante, se puede producir un holo-  
20 grama marcado, que es fácilmente duplicable, y se puede reconstruir la  
imagen, que se encuentra sobre el mismo, mediante cualquier fuente de  
luz de longitudes múltiples de onda.

FINALIDADES DE LA INVENCION

En consecuencia, una de las finalidades de la presente inven-  
25 ción es proveer un sistema formador de imagen holográfico capaz de pro-  
ducir un registro holográfico marcado en relieve superficial que sola-  
mente responde a una iluminación de luz contenida dentro de una banda  
estrecha de longitudes de onda.

Otra finalidad de la presente invención es aumentar la efica-  
30 cia de la información de registro en un sistema de registro holográfico



marcado.

Otra finalidad de la presente invención es proveer un medio de registro holográfico marcado fácilmente duplicable que es sensible a solamente una o más longitudes específicas de onda de reconstrucción.

5

BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

10

Para lograr estos y otros aspectos deseables de la presente invención, la presente invención provee un aparato y métodos mejorados para el registro de información holográfica marcada. Recubriendo la cara pulida de un substrato de vidrio pulido con un material fotorresistente, y exponiendo dicho material fotorresistente a través de caras opuestas del vidrio pulido mediante formas de onda de luz coherente del objeto y de referencia, se forma sobre su superficie irregular un diagrama de interferencia marcado. Cuando se reilumina con un haz de luz de forma y longitud de onda similares a las del haz de referencia, se reconstruirá sin deformación una imagen de primer orden. Las otras imágenes aparecerán difundidas al azar, sucediendo lo mismo con cualquier otra longitud de onda que se le aplica. Se puede extender la presente invención a la exposición del fotorresistente con una pluralidad de fuentes de luz coherente de diferente frecuencia o a través de una pluralidad de filtros para producir una imagen de color de salida por reconstrucción mediante la iluminación de la misma longitud de onda o mediante una fuente de luz de longitudes múltiples de onda o de luz blanca.

15

20

BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS

25

Para que se pueda comprender mejor la presente invención, como así también otras finalidades y particularidades de la misma, se dará la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos que se acompaña, en los cuales:

30

La figura 1 es una vista parcialmente esquemática y parcialmente en corte lateral del substrato de vidrio pulido que lleva sobre el mismo el material fotoendurecible, mostrando la superficie original



y la superficie marcada subsiguientemente a la exposición;

La figura 2 es una ilustración esquemática del aparato utilizado para construir el holograma marcado de la figura 1; y

5 La figura 3 muestra el aparato de reconstrucción utilizado para reconstruir la imagen del holograma marcado.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

10 Según se describió más arriba, Yu N. Denisyuk introdujo el concepto de un holograma producido al exponer una emulsión fotográfica gruesa a un campo de onda óptico estacionario. Se crea el campo de onda óptico estacionario, permitiendo que la luz, reflejada desde un objeto, interfiera con un haz de referencia que se propaga en dirección opuesta. La emulsión fotográfica registra las superficies antinodales del campo de onda como depósitos de plata en el volumen de la emulsión. Estos depósitos de plata sirven como superficies reflectoras para la reconstrucción del campo de onda del objeto.

15 En Applied Physics Letters, Volumen 12, N° 9, mayo 1, 1968, págs. 316 a 318, se hace notar que las superficies de onda estacionaria adyacentes están separadas por aproximadamente media longitud de onda y son de forma casi idéntica. Por lo tanto es de esperar que se pueda obtener condiciones de límite que son equivalentes a una sola superficie de onda estacionaria aislada, aislando los fragmentos de superficies de onda estacionaria situados en el volumen de espacio comprendido entre dos planos paralelos que están espaciados entre sí en aproximadamente media longitud de onda. Un holograma de esta clase está en efecto marcado, y con semejanza a un reticulado de difracción marcado, refleja una máxima cantidad de luz en un solo orden de difracción. Su forma en bajo-relieve sigue secciones de las superficies de onda estacionaria según se ilustra esquemáticamente en la ya mencionada solicitud de patente norteamericana copendiente N° 728.986, presentada a nombre del mismo inventor y cedida a la misma cesionaria de la presente soli-

20

25

30

387375



1971

ciudad.

Esta solicitud de patente norteamericana copendiente describe que se puede producir hologramas marcados, exponiendo una delgada capa fotorresistente de alta resolución aplicada como recubrimiento sobre  
5- vidrio. El procedimiento de revelación para materiales fotorresistentes involucra la disolución preferencial de porciones ya sea expuestas o no expuestas, de acuerdo con el tipo de material fotorresistente utilizado, en el líquido revelador. En consecuencia, quedan aisladas solamente las superficies de onda estacionaria en la capa externa de espesor de media  
10 longitud de onda del fotorresistente. Se impide la disolución hasta mayor profundidad, mediante la insolubilidad de las superficies de ondas estacionarias ya aisladas.

Además, dicha solicitud de patente norteamericana copendiente describe que, al estar recubiertos con aluminio, los hologramas de haz  
15 colimado se comportan como buenos reticulados de difracción marcados. Para luz de 4880 angstrom (la misma que la utilizada en la exposición), difractan por lo menos 73% de la luz reflejada dentro del orden +1, 26% en el orden 0 y menos del 1% en el orden -1.

En la presente solicitud se describe un holograma marcado y  
20 modificado que produce una imagen de una sola longitud de onda cuando se le ilumina con una fuente de luz de longitudes múltiples de onda, o que producirá una imagen multicolor cuando se le ilumina mediante una fuente de luz de longitudes múltiples de onda. Se lleva esto a cabo sin el uso de filtros ni otros dispositivos de filtración o selección de  
25 color, según se describe aquí más adelante. A semejanza de otros hologramas marcados, estos hologramas tienen información en relieve superficial solamente, y se los puede duplicar por medios mecánicos.

De acuerdo con la presente invención, se ha observado hologramas marcados que fueron producidos y revelados de tal manera que una  
30 considerable parte del relieve de la superficie al azar (ruido) está



superpuesta sobre la información registrada sobre la superficie del holograma. Cuando se ilumina con luz blanca, estos hologramas dispersan al azar (es decir, se comportan como una pantalla de vidrio pulido) todos los colores con excepción del color que es característico del láser utilizado para producirlos. Reconstruyen una imagen de bajo ruido con este color y todavía se comportan como buenos hologramas marcados en el sentido de que la mayor parte de la luz difractada aparece en la imagen positiva de primer orden.

5

10

15

20

25

30

Se puede producir hologramas marcados con selección de una sola longitud de onda, en una manera exactamente similar a la utilizada para producir hologramas marcados, con las siguientes excepciones. En vez de aislar los fragmentos de superficies de onda estacionaria situados en el volumen del espacio comprendido entre dos superficies planas paralelas que están distanciadas entre sí en aproximadamente media longitud de onda, se aíslan los fragmentos de superficies de onda estacionaria situados en el volumen de espacio comprendido entre dos superficies casi idénticas en relieve al azar separadas por aproximadamente media longitud de onda. Además, los materiales a cada lado de este volumen de registro y limitados en un lado por una superficie de este volumen de registro y en el otro lado por una superficie plana esférica o por lo menos no en relieve al azar, a través de la cual penetra la luz para la exposición, deben ser del mismo o aproximadamente el mismo índice de refracción para la luz de exposición que el material fotosensible del volumen de registro. Después de la exposición, se retira de una de las superficies del material fotosensible el material adaptador del índice de refracción y se aíslan las franjas marcadas mediante revelación apropiada. Por lo general se las recubre entonces con un material altamente reflector tal como aluminio para obtener altas eficacias de reconstrucción.

Quando se ilumina el holograma con luz blanca a través de la



superficie plana o esférica o por lo menos no en relieve al azar, del material que soporta al material sobre el cual están registradas las franjas marcadas, solamente una luz de la misma longitud de onda, o de longitud de onda casi igual, a la utilizada para registrar originalmente el holograma, reconstruirá un frente de onda similar al utilizado para formar el holograma. La luz restante será difundida al azar. En consecuencia, la imagen producida por un holograma de esta clase iluminado con luz blanca, aparecerá reproducido en solamente la longitud de onda utilizada para producir el holograma.

La propiedad selectiva de longitud de onda, de hologramas selectivos de una sola longitud de onda, se debe a la condición única de límite impuesta por la superficie en relieve al azar sobre la cual han sido registradas las franjas marcadas. La fase de la luz reflejada por una superficie marcada, queda determinada principalmente por la forma y posiciones de las superficies de franja. En consecuencia, la luz reflejada por franjas marcadas sobre una "cresta" de la superficie de registro en relieve al azar, se encontrará exactamente en fase con la luz reflejada desde un "valle" cercano solamente para la longitud de onda utilizada para formar la superficie marcada. Cuanto mayores son las alturas de las crestas y las profundidades de los valles, y cuanto más frecuente es su presencia, tanto mayores serán las desadaptaciones de fase que sufren otras longitudes de onda de la luz, y en consecuencia tanto más estrecha será la anchura de banda de la luz que es capaz de reconstruir una imagen a partir de una superficie de esta clase. Una longitud de onda de luz que sufre grandes desadaptaciones de fase sobre una superficie de esta clase, sufrirá difusión al azar y no puede formar una imagen. Para estas longitudes de onda, la superficie actuará como una pieza de vidrio pulido.

Se considera que un holograma marcado selectivo de una sola longitud de onda, reconstruye con una anchura de banda considerablemente



más estrecha de la luz de lo que podría ser el caso con cualquier otro tipo de holograma con relieve de superficie. Otros tipos de hologramas con relieve de superficie registran información del frente de onda mediante franjas de interferencia que tienen secciones transversales de superficie sinusoidal o cuasisinusoidal. Se las registra en una geometría en que tanto la luz del haz de referencia como la luz del objeto son incidentes sobre la misma cara de la superficie de registro. Si la superficie de registro tiene una superficie en relieve al azar, el holograma resultante tendrá propiedades selectivas de longitud de onda. Sin embargo, este holograma no será tan selectivo de la longitud de onda como sería el caso para un holograma marcado registrado sobre la misma superficie puesto que, con este holograma, la fase de la luz reflejada (o transmitida) no estará determinada por las formas de las franjas de interferencia sino solamente por su distribución. Esto permite una cierta ambigüedad de la fase de la luz reflejada (o transmitida) y por lo tanto permite que una longitud de onda de luz de mayor anchura reconstruya una imagen. Este tipo de holograma difiere además del holograma marcado selectivo para una sola longitud de onda, en el sentido de que es innecesario que el material, adyacente a la superficie fotosensible, tenga el mismo índice de refracción que la superficie fotosensible.

Se puede producir hologramas marcados que son selectivos de una sola longitud de onda, superponiendo un diagrama de ruido al azar del tipo por fase sobre el material fotosensible, o adyacentemente al mismo, utilizado para producir estos hologramas. La siguiente descripción muestra las diversas formas de realización de la presente invención que se utilizan para producir los hologramas marcados que son selectivos de una sola longitud de onda.

La figura 1 muestra un miembro de soporte o substrato 30 con una superficie que varía al azar 34 como la que existiría sobre una pantalla de vidrio pulido de alta calidad. Sobre la superficie del vidrio



pulido 30 se encuentra una delgada capa de un fotorresistente 32 que se adaptará casi exactamente a la superficie al azar 34 del vidrio pulido 30. A la superficie del fotorresistente 32 la cubre un material 37 que tiene el mismo índice de refracción para la luz de exposición y que tiene una superficie plana o esférica, o por lo menos en relieve que no es al azar. Se retirará este material 37 antes de la revelación del fotorresistente 32. El vidrio pulido y el fotorresistente tienen también el mismo índice de refracción para la luz de exposición, y una de las superficies del vidrio pulido es plana, esférica o por lo menos con un relieve que no es al azar.

Después de la exposición mediante el haz de objeto 22 y del haz de referencia 26, según se describirá en detalle más adelante con respecto a la figura 2, se forma la franja marcada 36 por revelación de la superficie irregular del recubrimiento 32. Cuando se reilumina con un haz de luz similar, por su forma y longitud de onda, al haz de referencia 26, la imagen positiva de primer orden será reconstruida sin deformación. Las otras imágenes aparecerán difundidas al azar, mientras que cualquier otra longitud de onda será difundida también al azar.

La figura 2 muestra la superficie holográfica marcada 30 juntamente con el aparato utilizado para construir el holograma marcado. La fuente de luz coherente 10 es dirigida a través del lente divergente 14, lente colimadora 18 y divisor de haz 20, de modo de crear dos haces de radiación coherente, un primer haz 26 reflejado por los espejos 24 y 28 hacia la cara de la placa de vidrio del holograma, y un segundo haz 22 reflejado por el divisor de haz 20 hacia la cara del holograma correspondiente al recubrimiento 32. El segundo haz, que es un haz colimado de luz, corta a la superficie fotorresistente 32 a un ángulo predeterminado de por ejemplo  $15^\circ$  con respecto a la normal de la placa. El primer haz 26, que es otro haz de luz colimado, corta a la superficie de vidrio 30 formando un ángulo de por ejemplo  $40^\circ$  con respecto a la normal de la placa.



Se expone continuamente el fotorresistente 32 a estos haces de luz hasta que se recibe una energía suficiente de luz para permitir una revelación suficiente, proporcionando así una superficie marcada 36 según se puede apreciar en la figura 1. La superficie del holograma marcado consiste ahora en segmentos del diseño de interferencia que está presente en el fotorresistente durante la exposición, pero ahora sobre una superficie al azar 34 de la superficie de vidrio pulido 30.

Para el recubrimiento 32 se puede utilizar muchos materiales fotorresistentes o fotoendurecibles, siempre que las propiedades se adapten a la radiación endurecedora o ablandadora de la fuente de luz coherente particular elegida. Se describe muchos ejemplos en la ya mencionada solicitud de patente norteamericana copendiente 728.986, a la cual se hace referencia aquí, aunque un ejemplo de un fotorresistente de esta clase puede adquirirse de Shipley Company, Inc. y que se conoce como fotorresistente Shipley AZ1350. Después de la exposición, utilizando el fotorresistente mencionado más arriba, se puede sumergir el holograma en un revelador AZ1350 también obtenible de Shipley Company, Inc. Según se describe en detalle en la ya mencionada solicitud de patente norteamericana N° 728.986, se expone continuamente el fotorresistente a los haces de luz según se ilustra en la figura 2, hasta que se ha recibido una energía total de luz de aproximadamente 2 joules/cm<sup>2</sup>. La revelación tendrá lugar durante aproximadamente 20 seg. Se sumerge entonces de inmediato la placa del holograma en agua destilada durante, aproximadamente 5 seg. y se seca entonces la superficie con un chorro de aire comprimido. Se recubre entonces la superficie fotorresistente, bajo presión reducida, con una capa casi opaca de aluminio altamente reflector, u otro metal apropiadamente reflector.

En la reconstrucción, se diverge un segundo haz de luz coherente 40 mediante la lente divergente 42 y se le colima mediante la lente colimadora 44 sobre la superficie de espejo 46. Si las formas de onda



5 del objeto y de referencia estuvieran a los ángulos indicados más arriba con referencia a la figura 2, la dirección de la luz difractada en el orden 0 estaría a  $15^\circ$  con respecto a la normal de la superficie 32 del holograma 30. El orden 1 de la luz difractada sería reflejado a un ángulo de  $40^\circ$  con respecto a la misma superficie holográfica.

10 El recubrimiento 32 del substrato 30 puede ser también un material transparente finamente molido al cual se mezcla con un fotorresistente para formar una lechada, de la cual se aplica una delgada capa sobre el substrato transparente 30. El material transparente finamente molido produce una superficie al azar como la que existiría sobre un vidrio pulido, y por lo tanto se puede emplear el presente recubrimiento, de acuerdo con lo descrito más arriba, para la superficie del vidrio pulido. Sin embargo, se puede duplicar con facilidad un holograma marcado utilizado con una superficie de vidrio pulido, mediante principios mecánicos conocidos, pero el uso del material transparente finamente molido no permite una duplicación tan fácil, a menos que este material molido tenga el mismo índice de refracción que el substrato 30.

15 Otro ejemplo del recubrimiento 32 es aquél en que se aplica como recubrimiento un material fotorresistente positivo de trabajo sobre una hoja transparente de vidrio y se expone a una radiación ultravioleta altamente difundida. La radiación ultravioleta será fuertemente absorbida, penetrando solamente en una distancia corta en el fotorresistente. Después de la revelación la superficie fotorresistente será altamente difusora. Llevando sobre ella un recubrimiento difusor de esta clase, se podrá utilizar ahora la superficie para registrar un holograma marcado de acuerdo con lo descrito más arriba, con dicha superficie de vidrio pulido. Se puede exponer también el fotorresistente para registrar franjas marcadas inmediatamente después de la exposición a la radiación ultravioleta difusa y sin revelación intermedia. La porción del fotorresistente expuesta a la radiación ultravioleta actuará enton-

20

25

30



ces como el material 37.

8 ENV 1974

5 El material 37 puede ser un líquido contenido en un baño o celda que tiene el mismo índice de refracción que el fotorresistente y que se puede eliminar con facilidad de la superficie del fotorresistente después de la exposición. También puede ser un material tal como una cera transparente eliminable por calor, o un material plástico transparente eliminable mediante solventes o eliminable por arrancamiento con respecto a la superficie fotorresistente, debido a su pobre adhesión al fotorresistente.

10 Este holograma marcado, sobre el substrato de la superficie al azar, conduce a muchas aplicaciones del mismo que pueden fácilmente duplicarse debido al hecho de que la información se encuentra sobre la superficie mas bien que internamente según sucedería en el caso de un holograma fotográfico normal. Por ejemplo, un holograma marcado como el  
15 aquí descrito puede utilizarse como filtro de color, en cuyo caso un holograma marcado simple, producido a partir de dos o más haces de luz paralelos o casi paralelos reflejará o transmitirá la iluminación sin difundir al azar solamente la luz contenida en una banda estrecha alrededor de la longitud de onda utilizada para producir inicialmente el  
20 holograma.

Para reconstruir el holograma se puede dejar entrar luz en la superficie lisa del vidrio pulido y reflejarla desde la superficie marcada. También se puede permitir que la luz sea reflejada por la superficie marcada desde la cara opuesta, como en la figura 3, pero se deberá cubrir primeramente esta cara con un material 38 que tenga el mismo  
25 índice de refracción que el material 37 y que posee en una manera similar una superficie plana, esférica o por lo menos con un relieve que no es al azar.

Debido al hecho de que la presente invención produce un holograma  
30 marcado que responde solamente a luz dentro de una banda estrecha de



frecuencias o de longitudes de ondas, no es necesario que la iluminación de reconstrucción sea tan coherente como sería necesario para un holograma marcado normal. Utilizando este principio, se puede producir un holograma en colores, en que el material de registro está parcialmente oscurecido sobre ambas caras por conjuntos de mascarillas opacas idénticas y registradas, regulares o al azar, mientras se expone en sucesión a cada una de dos, tres o más longitudes de onda de luz coherente que se utiliza para formar la imagen completa de colores. Se usará un juego diferente de mascarillas para cada longitud de onda de registro o, si así fuera conveniente, se podrá correr la misma mascarilla para cada cara hacia una posición diferente para cada exposición de longitud de onda. Normalmente estas mascarillas no serán traslapantes, de modo que cada región del material de registro quedará expuesta a una y solamente una, longitud de onda de registro. Sin embargo es posible tolerar un cierto traslapo. Se comprenderá que se utiliza mascarillas idénticas y registradas sobre cada cara de la placa de registro de modo que cada región del material de registro quedará expuesta a la misma longitud de onda de luz que proviene del objeto y que proviene del haz de referencia. Como segunda forma de realización, aunque menos preferida, se puede no utilizar mascarillas en forma explícita, si se desea producir un holograma de un objeto iluminado en forma difusa o que es difusor por sí mismo. En este caso se aprovecha la ventaja del hecho de que, para cada longitud de onda de registro, la intensidad del campo de onda de luz (luz proveniente del objeto más haz de referencia) variará en una manera al azar, siendo insuficientes sus regiones para exponer apropiadamente el material fotosensible de la superficie de registro. Sin embargo, la intensidad de luz de otra longitud de onda de registro puede ser bastante apropiada para exponer esta región de material fotosensible. La superficie de registro quedará expuesta a la longitud de onda de registro ya sea simultáneamente o en sucesión. En esta manera,



regiones del holograma distribuidas al azar reconstruyen una imagen en un solo color. Naturalmente, otras regiones serán expuestas a las dos o más longitudes de onda que tienen alta intensidad y en estas regiones se desarrollará la estructura de franja apropiada para ninguna longitud de onda y estas regiones no contribuirán luz útil para la imagen reconstruida. Sin embargo, la consiguiente pérdida de rendimiento puede quedar bien compensada por la mayor conveniencia que proporciona el hecho de no requerir la manipulación de mascarillas. Como tercera forma de realización, la superficie de registro fotosensible estructurada al azar estará constituida por un conjunto regular o al azar de parches de tantos materiales fotosensibles diferentes como haya longitudes de onda de registro. Cada tipo de material será sensible a solamente una de las longitudes de onda de registro. Se puede exponer la superficie de registro a las longitudes de onda de registro ya sea simultáneamente o en sucesión. En esta manera las regiones del holograma reconstruirán una imagen en un solo color. Como cuarta forma de realización, se enmascara el material de registro sobre ambos lados con conjuntos idénticos, al azar o regulares, de filtros ópticos dispuestos adyacentemente al mismo, con tantos tipos de filtros ópticos como haya longitudes de onda de registro, y siendo capaz cada tipo de filtro óptico de permitir el paso de solamente una longitud de onda de registro. En esta manera, regiones del holograma permiten reconstruir una imagen en un solo color. Uno de los conjuntos de mascarillas puede dejarse en un plano adyacente al holograma durante la reconstrucción, de modo que parte de la porción no utilizada de la luz blanca, utilizada para reconstruir el holograma, será absorbida o reflejada de acuerdo con el tipo de filtro de color que se utiliza, antes de alcanzar al holograma. Esta luz no contribuirá entonces al fondo de luz blanca difuso al azar de la imagen reconstruida, y la imagen así reconstruida quedará entonces reforzada. Numerosos tipos de filtros ópticos son apropiados para esta forma de realización, por



ejemplo filtros reflectores de capas múltiples o filtros absorbentes transparentes coloreados. Un ejemplo de estos últimos puede estar constituido por un conjunto de discos de vidrio o de material plástico unidos entre sí. En las formas de realización descritas más arriba, se produce el holograma en color de un objeto multicolor iluminando el objeto con cada una de dos o más longitudes de onda de registro utilizadas ya sea en sucesión o simultáneamente de acuerdo con lo indicado en cada una de las precedentes formas de realización. Se permite que luz de un determinado color, proveniente del objeto, incida sobre el material de registro mientras simultáneamente un haz de referencia, de la misma longitud de onda, ilumina al material de registro en la manera apropiada descrita más arriba. Es comúnmente cierto que el haz de referencia utilizado en holografía emana de una fuente puntiforme real o virtual. Las fuentes puntiformes de haz de referencia, para todas las longitudes de onda de registro, deben ocupar posiciones idénticas o casi idénticas en el espacio con relación al material de registro. Para exposición simultánea se puede lograr esto por ejemplo mediante espejos. Para reconstruir una imagen multicolor a partir de este tipo de holograma, se puede utilizar idealmente una fuente puntiforme de luz blanca que ocupa la misma posición en el espacio con relación al holograma que las fuentes puntiformes de haz de referencia. En consecuencia, debido al hecho de que cada región del holograma responde solamente a una banda estrecha de longitudes de onda o frecuencias, y debido al hecho de que dos o más bandas estrechas de longitudes de onda están representadas cada una por una pluralidad de estas regiones, distribuidas a través del holograma, resultará una imagen multicolor de esta iluminación con luz blanca. Se comprenderá que la precedente enumeración de formas de realización está destinada a servir como ejemplo de la manera en que se puede producir hologramas marcados multicolores sobre materiales fotosensibles con sustrato de superficie al azar. Otras formas similares de realización y

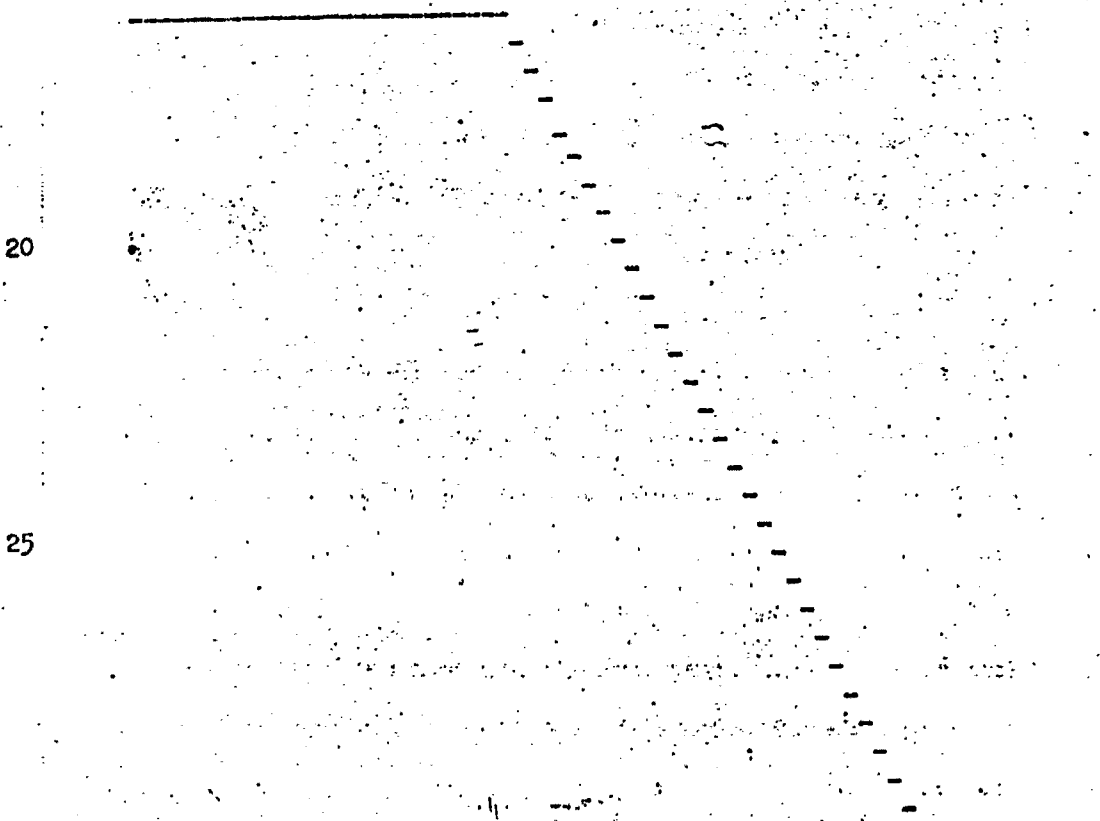


combinaciones de las formas de realización mencionadas más arriba, que podrían resultar evidentes para el entendido en esta materia, deben considerarse también como abarcadas por la presente solicitud. Además, se puede utilizar el holograma marcado, sobre la superficie de vidrio pulido, como un reticulado de difracción espectroscópico sofisticado. Haciendo suficientemente difusor al material del sustrato fotorresistente, resultará posible producir un filtro de longitud de onda que tiene una banda pasante extremadamente estrecha. Un holograma producido con una multiplicidad de estos filtros de banda pasante estrecha, a razón de uno para cada una de algunas de las principales líneas espectrales de un elemento o compuesto, puede determinar rápidamente la presencia de un elemento o compuesto de esta clase cuando se le utiliza en lugar de un reticulado de difracción convencional en un aparato espectroscópico. Una forma de poner en práctica este concepto, sería construir un holograma de esta clase que tenga filtros de banda pasante estrecha característicos de líneas de emisión de muchos elementos compuestos. Filtros para un elemento o compuesto simple de esta clase podrían por ejemplo enfocar su luz sobre un determinado dispositivo o medidor de luz, tal como un fotodiodo o fotomultiplicador. Con un conjunto de estos dispositivos medidores de luz, convenientemente calibrados, a razón de uno para cada elemento o compuesto en cuestión, se podría determinar rápidamente la relativa abundancia de cada uno de los mismos mediante la correspondiente intensidad de luz medida. Se puede construir un dispositivo de esta clase con la técnica actual utilizando una multiplicidad de filtros y lentes de interferencia de capas múltiples. Estos filtros son sin embargo muy costosos, lo cual hace discutible la practicabilidad económica de un dispositivo de esta clase. En cambio, la colección de filtros holográficos descritos más arriba, puede duplicarse tan económicamente que no es necesario que sea costoso un dispositivo producido en esta manera. En lo que precede se ha descrito métodos y aparatos para utilizar eficazmente principios



holográficos en la construcción de un holograma marcado que responde so-  
lamente a una única longitud de onda de la luz. En esta descripción se  
han mencionado ángulos y materiales específicos con respecto a la pro-  
ducción de la superficie holográfica, aunque resultará evidente que es-  
5 - tos artículos y materiales pueden cambiarse de acuerdo con la radiación  
de luz coherente y los materiales disponibles. En consecuencia, aunque  
se ha descrito la presente invención con referencia a formas especifi-  
cas de llevarla a la práctica, los entendidos en esta materia compren-  
derán que es posible introducir en ella diversos cambios y sustituir  
10 los elementos mencionados por otros equivalentes, sin apartarse por ello  
del verdadero principio y alcance de la invención. Además se puede intro-  
ducir muchas modificaciones para adaptarse a una situación particular  
sin apartarse por ello de los principios esenciales de la invención.

15 En resumen, la Patente de Invención que se solicita, recaerá  
sobre las siguientes:



30

POOR  
QUALITY

387375



REIVINDICACIONES

5

1. Un método de formación de imágenes holográficas que comprende las siguientes fases: (a) dirigir un rayo modulado por un objeto, de radiación coherente, a una cara de una capa delgada fotoendurecible que presenta una superficie desordenadamente variable; y (b) dirigir un rayo de referencia, de radiación coherente, en fase con la radiación coherente de dicho rayo modulado por un objeto, a la otra cara de dicha capa para crear un grafismo estable de interferencia de onda en una de las caras de dicha capa, a fin de crear un cambio correspondiente en dicha cara de la citada capa en resistencia a un disolvente.

10

15

2. Un método de formación de imágenes según la reivindicación 1 que comprende la acción de someter dicha capa fotoendurecible situada sobre el indicado substrato a un disolvente, para que las partes relativamente menos endurecidas de dicha capa creen una superficie convenientemente marcada sobre dicha capa.

20

3. Un método de formación de imágenes según la reivindicación 2, que incluye la fase adicional de depositar una delgada capa de material reflexivo sobre dicha superficie marcada y de conformidad con la misma.

25

4. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3 en el que dicha capa fotoendurecible se forma mediante aplicación de un delgado revestimiento de la misma a un substrato de superficie irregular.

30

5. Un método de formación de imágenes según la reivindicación 3 en el que dicha superficie reflexiva comprende un metal reflexivo que se deposita sobre dicha superficie marcada de la citada capa fotoendurecible mediante evaporación al vacío.



387375<sup>15</sup>

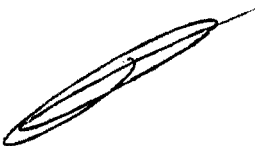


5 6. Un método de formación de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 que comprende el revestimiento con una mezcla pastosa que comprende un material transparente finamente molido mezclado con un material fotoresistente, de un substrato transparente, formando el citado revestimiento la mencionada capa fotoendurecible sobre dicho substrato.

10 7. Un método de formación de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 que comprende la repetición de las fases (a) y (b) que quedan indicadas, por lo menos una vez, con por lo menos un segundo rayo modulado por objeto, de radiación coherente, y un segundo rayo de referencia, de radiación coherente, antes de la fase de aplicación del disolvente.

15 8. Un método de formación de imágenes según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la capa fotoendurecible se forma mediante  
20 (a) revestimiento de un substrato transparente con una capa fotoendurecible; y  
(b) exposición de dicha capa a un rayo altamente difuso de luz ultravioleta y revelado de dicha capa para generar sobre la misma una superficie de elevada difusión.

25 9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 que comprende el revestimiento de dicha capa fotoendurecible con un material que posee el mismo índice de refracción que dicha capa fotoendurecible, adaptándose dicho revestimiento a la superficie desordenadamente variable de dicha capa fotoendurecible y presentando una superficie expuesta de relieve no arbitrariamente desigual, antes de dirigir el rayo modulado por  
30 objeto a dicha capa, y la separación de dicho segundo revesti-



387375



miento para exponer la citada capa fotoendurecible tras la exposición a los rayos modulado por objeto y de referencia.

10. Se reivindica por último, como objeto sobre el que ha de recaer la Patente de Invención que se solicita: UN METODO DE FORMACION DE IMAGENES HOLOGRAFICAS.

Todo conforme queda descrito y reivindicado en la presente Memoria descriptiva, que consta de veintidos páginas mecanografiadas y dibujos que se acompañan.

Madrid, 18 de enero de 1971

BERNARDO UNGRIA  
p.p.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be "Bernardo Ungria". The signature is written in a cursive style and is positioned below the typed name and initials. A horizontal line is drawn below the signature.

5

10

15

20

25

30

A large, dark, handwritten scribble or signature located at the bottom left of the page. It consists of several overlapping, curved lines that form an abstract shape, possibly representing a signature or a mark.



1071

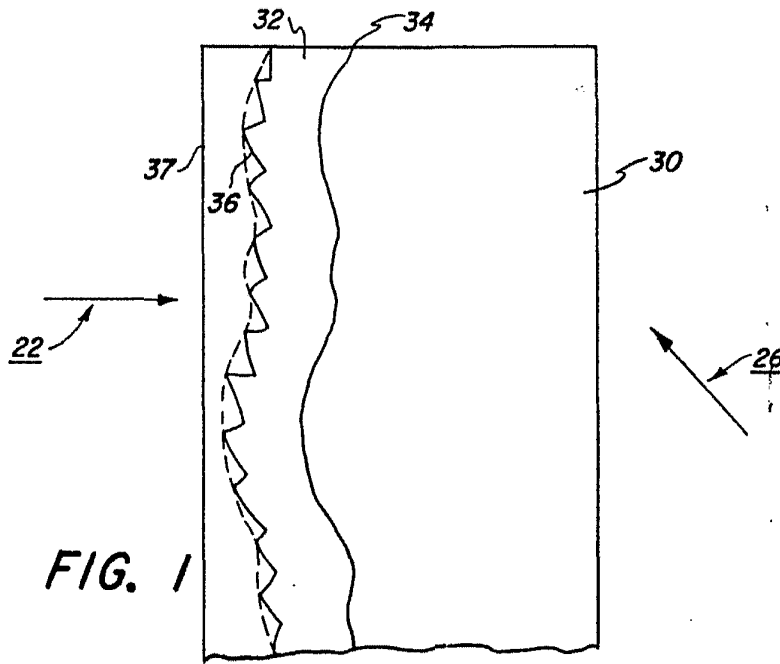


FIG. 1

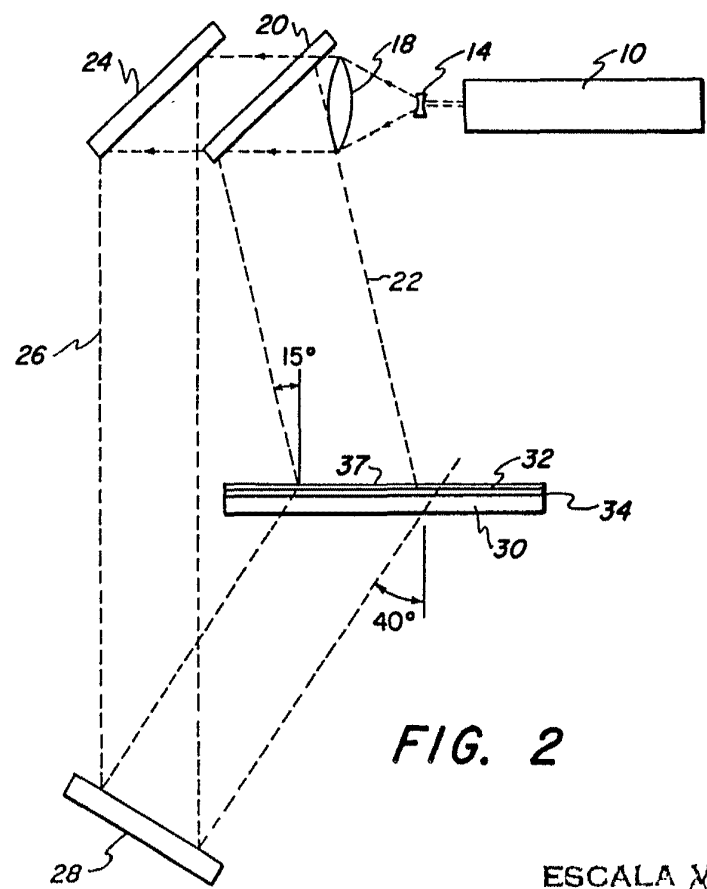


FIG. 2

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 18 DE ~~enero~~ DE 19 71  
BERNARDO UNERIN  
P. P.

387375

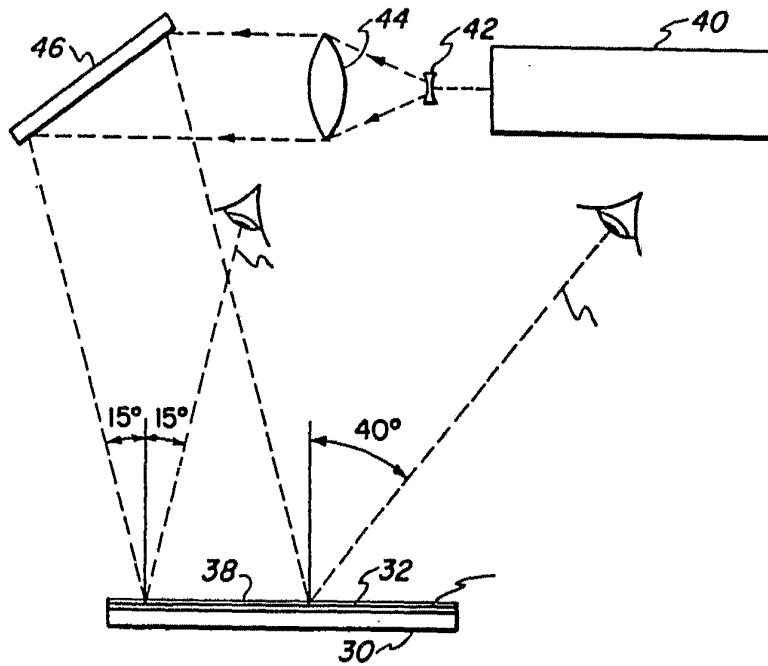


FIG. 3

ESCALA VARIABLE  
MADRID, 18 DE enero DE 19 71  
BERNARDO Unerin  
P. P.