

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 348**

51 Int. Cl.:

G02F 1/1347 (2006.01)

G09G 3/34 (2006.01)

G09G 3/20 (2006.01)

H04N 9/31 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2009 PCT/US2009/032087**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2009 WO09097256**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2009 E 09705348 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019 EP 2238504**

54 Título: **Pantalla con dos moduladores de luz espacial binarios**

30 Prioridad:

28.01.2008 US 21206

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

10.03.2020

73 Titular/es:

DOLBY LABORATORIES LICENSING CORPORATION (100.0%)

**1275 Market Street
San Francisco, CA 94103, US**

72 Inventor/es:

**WARD, GREGORY J.;
DAMBERG, GERWIN y
SEETZEN, HELGE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 747 348 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pantalla con dos moduladores de luz espacial binarios

Campo técnico

5 La invención se refiere a pantallas electrónicas, tales como pantallas de ordenador, pantallas de televisión, proyectores de cine digitales, pantallas de cine en casa, pantallas en simuladores para vehículos tales como aviones, barcos, camiones, automóviles y similares, pantallas de sistemas de juegos, pantallas en juegos de atracciones de simulación, cuadros de fotos digitales, monitores de HDTV, sistemas de imágenes de alto rango dinámico (HDR) y similares. La invención se refiere particularmente a pantallas en las que la luz se modula en dos etapas.

10 Antecedentes

Las pantallas electrónicas se utilizan en una amplia gama de aplicaciones. Algunas pantallas electrónicas tienen un modulador de luz espacial. Los elementos del modulador de luz espacial se controlan en respuesta a datos de imagen para producir una imagen que los espectadores pueden observar. Los elementos de algunos moduladores de luz espacial son elementos "binarios" que tienen dos estados. En un estado, el elemento pasa luz a un área de visualización y en otro estado el elemento no pasa luz al área de visualización.

15 Un dispositivo de espejo digital (DMD) es un ejemplo de un modulador de luz espacial binario. Un DMD proporciona una red de espejos. Cada espejo se puede conmutar entre dos estados. El estado de un espejo puede determinar si la luz incidente sobre el DMD en la ubicación del espejo pasará o no por una ruta que lo llevará a un área de visualización. Cuando un espejo está en un estado "ENCENDIDO", la luz se dirige a una ubicación en un área de visualización que se corresponde con el espejo. Cuando el espejo está en un estado "APAGADO", la luz se dirige a lo largo de una ruta que no lleva al área de visualización. Es típico que la luz en un estado APAGADO sea dirigida a un dissipador de calor.

20 Un elemento de un modulador de luz espacial binario se puede controlar para mostrar valores de brillo intermedios encendiéndolo y apagándolo rápidamente. El brillo que será percibido por un observador humano puede modificarse ajustando las cantidades de tiempo relativas durante las cuales el elemento está en sus estados ENCENDIDO Y APAGADO.

25 Algunas pantallas proporcionan moduladores de luz en serie. En tales pantallas, la luz se modula en serie por unos moduladores de luz primero y segundo. Se describen ejemplos de pantallas en la publicación de solicitud de patente PCT N° WO2003/077013 y en la patente de Estados Unidos N° 6891672. La publicación de solicitud de patente PCT N° WO2003/077013 describe una fuente de luz que tiene una red de elementos emisores de luz controlables y modulador de luz que tiene una serie de elementos de transmisividad controlables para modular la luz desde la fuente de luz. La patente de los Estados Unidos N° 6891672 describe los moduladores de luz espacial primero y segundo dispuestos en serie para modular la luz procedente de una fuente de luz. Cada modulador de luz espacial tiene una red de píxeles con transmisibilidad controlable, en donde cada píxel de uno de los moduladores de luz espacial se corresponde con una pluralidad de píxeles del otro de los moduladores de luz espacial. La publicación de solicitud de patente de los Estados Unidos N° 2003/048393 describe pantallas electrónicas que pueden reproducir datos de imágenes con altas relaciones de contraste y un rango de escala de grises comparable a una película de rayos X convencional vista en una caja de luz. Una de tales pantallas incluye una pantalla posterior de baja resolución LCD o DLP que proyecta una imagen en una pantalla LCD de alta resolución. La publicación de solicitud de patente de los Estados Unidos N° 2007/242028 describe un dispositivo LCD que incluye paneles LCD primero y segundo que están apilados uno sobre otro. Cada uno de los paneles LCD primero y segundo incluye un par de sustratos transparentes, una capa de cristal líquido intercalada entre ellos, y un par de películas polarizadoras que se intercalan entre el par de sustratos transparentes. Una capa de difusión de luz que tiene una función de difusión de luz se interpone entre el primer panel LCD y el segundo panel LCD. La patente de los Estados Unidos N° 30 35 40 45 50 6850352 describe un sistema de presentación que incluye un primer modulador de luz que tiene una red de elementos de píxel de color en el que cada uno de los elementos de píxel de color está configurado para modular independientemente una distribución espectral de uno de los píxeles de baja resolución de una imagen, y un segundo modulador de luz que tiene una red de elementos de píxel en escala de grises, cada uno configurado para modular independientemente una escala de grises de píxeles de alta resolución de la imagen. Los moduladores de luz primero y segundo están configurados para operar cooperativamente de tal manera que cada uno de los píxeles de baja resolución incluya varios grupos de píxeles de alta resolución, cada uno con una tonalidad diferente.

Existe la necesidad de pantallas rentables capaces de proporcionar una alta calidad de imagen.

Compendio de la invención

55 La invención se define por las reivindicaciones independientes, teniendo debidamente en cuenta cualquier elemento que sea equivalente a un elemento especificado en las reivindicaciones. Las reivindicaciones dependientes se refieren a características opcionales de algunas realizaciones de la invención. En las realizaciones, se proporciona una pantalla. La pantalla puede comprender, por ejemplo, una pantalla de ordenador, un televisor, un proyector

digital o similar. La pantalla comprende una fuente de luz capaz de dirigir la luz hacia un primer modulador de luz espacial. El primer modulador de luz espacial comprende una pluralidad de primeros elementos conmutables entre los estados ENCENDIDO Y APAGADO. La pantalla tiene ópticas de transferencia dispuestas para dirigir luz modulada por el primer modulador de luz espacial hacia un segundo modulador de luz espacial y un controlador configurado para generar señales de control primera y segunda para los moduladores de luz primero y segundo, respectivamente, basadas en datos de imagen. El controlador está configurado para generar un patrón basado en los datos de imagen. El patrón tiene una densidad espacialmente variable. El patrón puede comprender un tramado espacial derivado de los datos de imagen, por ejemplo. El controlador está configurado para generar la primera señal de control con el fin de establecer elementos del primer modulador de luz espacial según el patrón. La óptica de transferencia se caracteriza por una función de transferencia que difumina la luz que se origina desde el primer modulador de luz espacial en el segundo modulador de luz espacial.

El segundo modulador de luz espacial también puede comprender una pluralidad de elementos conmutables entre los estados ENCENDIDO y APAGADO. En tal caso, el controlador puede configurarse para conmutar los elementos del segundo modulador de luz espacial entre sus estados ENCENDIDO y APAGADO varias veces durante un cuadro de imagen. La conmutación de los elementos del segundo modulador de luz espacial puede realizarse, por ejemplo, según un esquema de modulación de ancho de impulso binario.

En algunas realizaciones, el controlador está configurado para estimar un campo de luz en el segundo modulador de luz espacial correspondiente al patrón y para basar las segundas señales de control en el campo de luz estimado.

En algunas realizaciones, se proporciona una pantalla que comprende: unos medios para generar luz; unos primeros medios para modulación binaria de la luz, comprendiendo los primeros medios una pluralidad de primeros elementos conmutables entre los estados ENCENDIDO Y APAGADO; unos medios para difuminar luz modulada por los primeros medios y dirigir la luz difusa hacia un modulador de luz espacial binario; unos medios para generar unas primeras señales de control para los primeros medios basadas en los datos de imagen, comprendiendo los medios para generar las primeras señales de control unos medios para generar un patrón basado en datos de imagen, teniendo el patrón una densidad espacialmente variable; y unos medios para generar unas segundas señales de control para el modulador de luz espacial binario basadas en los datos de imagen.

En algunas realizaciones, se proporciona un método para mostrar una imagen. El método comprende establecer elementos de un primer modulador de luz espacial binario según un patrón binario basado en la imagen. El patrón tiene una densidad espacialmente variable. El método avanza difuminando y transfiriendo a un segundo modulador de luz espacial una imagen del primer modulador de luz binario para producir un campo de luz en el segundo modulador de luz espacial; y modulando el campo de luz con el segundo modulador de luz espacial para producir una reconstrucción de la imagen.

En algunas realizaciones, la modulación del campo de luz con el segundo modulador de luz espacial comprende realizar un tramado temporal del campo de luz conmutando elementos del segundo modulador de luz espacial entre los estados ENCENDIDO y APAGADO.

Algunas realizaciones implican calcular una estimación del campo de luz correspondiente al patrón y controlar el segundo modulador de luz espacial según los datos de imagen y la estimación del campo de luz. La estimación calculada puede tener en cuenta una función de transferencia que caracteriza el difuminado.

En un ejemplo para comprender la invención, se proporciona un controlador para una pantalla que comprende unos moduladores de luz primero y segundo. El controlador está configurado para generar una primera señal de control para el primer modulador de luz espacial con el fin de establecer cada uno una pluralidad de elementos del primer modulador de luz espacial en un estado ENCENDIDO y APAGADO según un patrón binario que tiene una densidad espacialmente variable basada en una imagen; y generar una segunda señal de control para el segundo modulador de luz espacial con el fin de conmutar cada uno de una pluralidad de elementos del segundo modulador de luz espacial entre los estados ENCENDIDO y APAGADO para realizar un tramado temporal de luz incidente de luz sobre el elemento. La segunda señal de control responde a un campo de luz estimado de luz modulada por el primer modulador de luz espacial y los datos de imagen.

A continuación, se describen aspectos adicionales de la invención, así como características de realizaciones específicas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran realizaciones no limitativas de la invención.

La figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra una pantalla monocroma según una realización sencilla de la invención.

La figura 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método para visualizar imágenes según una realización de la invención.

La figura 3A ilustra una imagen que tiene partes con diferentes niveles de brillo. La figura 3B ilustra un ejemplo de un patrón de tramado para representar la imagen mostrada en la figura 3A.

La figura 4 es un gráfico que ilustra la variación de diversas características con la posición a través de una imagen.

5 La figura 5 es un diagrama de bloques de un controlador para una pantalla según una realización de ejemplo de la invención conectada para controlar dos moduladores de luz espacial.

La figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra una pantalla a color según otra realización de la invención.

La figura 7 es un diagrama esquemático que ilustra una pantalla a color según otra realización de la invención.

La figura 8 es un diagrama de bloques de un controlador según otra realización de la invención.

La figura 9 es un diagrama esquemático que ilustra una pantalla a color según otra realización de la invención.

10 Descripción

A lo largo de la siguiente descripción, se exponen detalles específicos para proporcionar una comprensión más completa de la invención. Sin embargo, la invención puede llevarse a la práctica sin estos detalles. En otros casos, no se han mostrado ni descrito en detalle elementos bien conocidos para evitar oscurecer innecesariamente la invención. Por consiguiente, la memoria y los dibujos deben considerarse en un sentido ilustrativo, más que restrictivo.

15 La figura 1 muestra una pantalla monocroma 10 según una realización de ejemplo de la invención. La pantalla 10 comprende una fuente de luz 12. Una luz 13 procedente de la fuente de luz 12 ilumina un primer modulador de luz espacial 14. La fuente de luz 12 puede comprender, por ejemplo:

- un láser;
- 20 •una lámpara de xenón;
- una red de diodos láser u otros emisores de luz de estado sólido;
- una lámpara de arco; o
- similares.

25 El primer modulador de luz espacial 14 comprende una pluralidad de elementos controlables 16. Los elementos 16 pueden conmutarse entre los estados ENCENDIDO y APAGADO por un circuito de control adecuado 18. Cuando está en su estado ENCENDIDO, un elemento 16 permite que una luz incidente 13, que golpea el elemento, pase a un área correspondiente de un segundo modulador de luz espacial 20. Cuando está en su estado APAGADO, disminuye la cantidad de luz que pasa del elemento 16 al área correspondiente del segundo modulador de luz espacial 20. Idealmente, cuando un elemento 16 está en su estado APAGADO, prácticamente ninguna luz procedente del elemento 16 alcanza el área correspondiente del segundo modulador de luz espacial 20.

30 El primer modulador de luz espacial 14 puede implementarse según una amplia variedad de formas. El primer modulador de luz espacial 14 comprende un DMD en algunas realizaciones. En otras realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 comprende una red de elementos ópticos reflectantes o transmisivos que pueden conmutarse entre los estados ENCENDIDO y APAGADO por otros mecanismos. Por ejemplo, en algunas de tales realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 comprende un panel LCD, un chip LCOS o similar. En otras realizaciones, se combinan las funciones de la fuente de luz 12 y del primer modulador de luz espacial 14. En tales realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 puede comprender una red de fuentes de luz, tales como láseres que pueden encenderse o apagarse (o conmutarse de otro modo entre estados emisores de luz y estados oscuros).

35 El segundo modulador de luz espacial 20 comprende una pluralidad de elementos controlables 22. Cada elemento controlable 22 puede controlarse para seleccionar una proporción de la luz 25, que sea incidente sobre el elemento 22, desde el primer modulador de luz espacial 14 que se transmite a un área de visualización.

El segundo modulador de luz espacial 22 puede proporcionarse mediante cualquier tecnología adecuada, tal como, por ejemplo:

- 45 •un panel de pantalla de cristal líquido (LCD);
- un cristal líquido en un chip LCOS de silicio;
- una red de micro-espejos;

- dispositivos magneto-ópticos;
- válvulas de luz;
- etc.

5 En algunas realizaciones, el segundo modulador de luz espacial 20 comprende elementos ópticos reflectantes o transmisivos que pueden conmutarse entre estados ENCENDIDO y APAGADO. En tales realizaciones, el segundo modulador de luz espacial 20 puede ser controlado por un controlador que establece sus elementos en ENCENDIDO y APAGADO.

10 En algunas realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 y el segundo modulador de luz espacial 20 comprenden cada uno un DMD u otra red bidimensional de micro-espejos controlables. Tales realizaciones tienen la ventaja de que los DMDS pueden obtenerse de manera relativamente económica y actualmente existe un amplio rango de soporte para el diseño y la fabricación de dispositivos que incorporan DMDs.

15 La óptica de transferencia 26 lleva la luz 25 desde el primer modulador de luz espacial 14 al segundo modulador de luz espacial 20. La luz 25 es capaz de iluminar toda el área activa del segundo modulador de luz 20 cuando todos los elementos 16 del primer modulador de luz espacial 14 están ENCENDIDOS. La luz 25 podría extenderse más allá de los bordes del segundo modulador de luz espacial 20.

La óptica de transferencia 26 difumina la luz 25. La óptica de transferencia 26 se puede caracterizar por una función de transferencia que al menos se aproxima a cómo la luz 25 emitida desde un punto en el primer modulador de luz espacial 14 se extenderá sobre el segundo modulador de luz espacial 20.

20 El patrón de luz incidente en el segundo modulador de luz 20 puede estimarse o determinarse a partir de la configuración del primer modulador 14 (es decir, a partir de qué elementos 16 están ENCENDIDOS y qué elementos 16 están APAGADOS) y la función de transferencia.

25 Se puede apreciar que, debido al difuminado introducido por la óptica de transferencia 26, la luz 25 incidente sobre cualquier elemento 22 del segundo modulador de luz espacial 20 puede surgir de múltiples elementos 16 del primer modulador de luz espacial 14. El número de elementos 16 del primer modulador de luz espacial 14 que puede contribuir con cantidades significativas de luz a la iluminación de un elemento 22 del segundo modulador de luz espacial 20 depende principalmente del ancho de la función de transferencia y del tamaño de los elementos 16 del primer modulador de luz espacial 14.

30 En algunas realizaciones, los moduladores de luz espacial primero y segundo 14 y 20 tienen el mismo o similar número de elementos controlables. En algunas realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 tiene significativamente menos elementos controlables 16 que elementos controlables 22 tiene el segundo modulador de luz espacial 20. En algunas realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 comprende una red de aproximadamente 140 a aproximadamente 1600 elementos 16. Donde el los moduladores de luz espacial primero y segundo tienen diferentes resoluciones espaciales, en algunas realizaciones el segundo modulador de luz espacial tiene la resolución más alta y en algunas realizaciones el primer modulador de luz espacial tiene la resolución más alta.

35 En algunas realizaciones, los elementos controlables 16 del primer modulador de luz espacial 14 están dispuestos como una red regular. La red puede ser rectangular y puede comprender M filas y N columnas de elementos controlables 16. En algunas realizaciones, los elementos controlables 22 del segundo modulador de luz espacial 20 están dispuestos como una red regular. Por ejemplo, la red puede ser rectangular y puede comprender P filas y Q columnas. En algunas realizaciones, el segundo modulador de luz espacial 20 tiene un ancho y una altura que tienen una relación de 16:9.

40 En algunas realizaciones, los elementos controlables 16 del primer modulador de luz espacial 14 están dispuestos como una red regular. La red puede ser rectangular y puede comprender M filas y N columnas de elementos controlables 16. En algunas realizaciones, los elementos controlables 22 del segundo modulador de luz espacial 20 están dispuestos como una red regular. Por ejemplo, la red puede ser rectangular y puede comprender P filas y Q columnas. En algunas realizaciones, el segundo modulador de luz espacial 20 tiene un ancho y una altura que tienen una relación de 16:9.

45 Algunas realizaciones aprovechan el hecho de que un DMD u otro modulador de luz espacial, que tiene menos elementos en la misma área, puede tener un factor de relleno más alto que un DMD u otro modulador de luz espacial que tiene más elementos en la misma área. Por consiguiente, si todos los demás factores son iguales, la cantidad máxima de luz que un primer modulador de luz espacial de menor resolución puede pasar a un segundo modulador de luz espacial puede ser mayor que la cantidad máxima de luz que puede hacerse pasar mediante un modulador de luz espacial de mayor resolución.

50 En algunas realizaciones, el factor de relleno óptico de una resolución menor de uno de los moduladores de luz espacial primero y segundo es de al menos un 85%. En algunas realizaciones, los factores de relleno óptico tanto del primero como del segundo moduladores de luz espacial son de al menos un 85%.

En algunas realizaciones, el primer modulador de luz espacial 14 tiene un número total de elementos 16 que es al menos un factor de dos a cuatro más pequeño que un número total de elementos 22 en el segundo modulador de luz espacial 20. El difuminado introducido por la óptica de transferencia 26 reduce o elimina cualquier "bloqueo" que pueda ser causado por la baja resolución del primer modulador de luz espacial 14.

La óptica de transferencia 26 puede comprender cualquier disposición adecuada de lentes, espejos, difusores o similares que transfieran la luz 25 que se origina desde el primer modulador de luz espacial 14 (principalmente elementos 16 que están en sus estados ENCENDIDOS) al segundo modulador de luz espacial 20. Algunos ejemplos de ópticas de transferencia 26 adecuadas son:

- 5 •una lente o sistema de lentes que proyecta una imagen desenfocada del primer modulador 14 sobre el segundo modulador 20;
- una lente o sistema de lentes en combinación con un difusor.

Es conveniente proporcionar un sistema óptico 26 para el cual la función de transferencia sea sustancialmente la misma para todos los elementos del primer modulador 14. Sin embargo, podría utilizarse un sistema óptico 26 que introduce tanto difuminado como distorsión si se puede caracterizar la distorsión. También es conveniente proporcionar un sistema óptico 26 para el cual la función de transferencia tenga simetría circular. Sin embargo, se podría usar un sistema óptico 26 que tenga una función de transferencia más complicada siempre que la función de transferencia se pueda caracterizar adecuadamente.

Como se discute a continuación, algunas realizaciones estiman la distribución de luz en el segundo modulador 20 para diferentes configuraciones del primer modulador 14. En tales realizaciones, puede ser deseable proporcionar una óptica de transferencia 26 caracterizada por una función de transferencia que se difumina sobre un área relativamente pequeña ya que esto reduce los requisitos computacionales para estimar el campo de luz resultante en el segundo modulador de luz espacial 20. En realizaciones de ejemplo, la función de transferencia de la óptica de transferencia 26 puede aproximarse a un grado aceptable de precisión mediante un filtro espacial de paso bajo o un operador de alisado caracterizado por una desviación estándar mayor que la separación entre elementos adyacentes 16 del primer modulador de luz espacial 14.

Cuando la pantalla 10 es una pantalla del tipo de proyección, una lente de proyección adecuada 28 enfoca la luz desde el segundo modulador de luz espacial 20 sobre una pantalla 29 para su visualización. La pantalla 29 puede comprender una pantalla de proyección frontal o una pantalla de proyección posterior.

25 En una realización de ejemplo, los moduladores primero y segundo 14 y 20 comprenden cada uno un DMD, y la fuente de luz 12 comprende una fuente de luz láser.

La figura 2 ilustra un método 40 para usar una pantalla como la pantalla 10 para mostrar imágenes. En el bloque 42, se proporcionan datos de imagen 43. Los datos de imagen 43 definen una imagen que se mostrará usando la pantalla 10. Por ejemplo, los datos de imagen pueden especificar un brillo deseado en función de la posición para cada elemento del segundo modulador de luz espacial 20. Los datos de imagen 43 pueden comprender un cuadro de una secuencia de vídeo, una imagen fija, o similar.

Los datos de la imagen pueden representarse en cualquier formato adecuado. Algunos formatos de ejemplo en los que se pueden presentar datos de imagen son:

- JPEG
- 35 •JPEG-HDR
- TIFF
- GIF
- OpenEXR
- Formato de archivo Artizen™
- 40 •Formato de archivo Radiance™
- PNG (Gráficos de red portátiles),
- mapa de bits (por ejemplo, BMP)
- JPEG2000
- MPEG
- 45 •MPEG-HDR
- Formato DPX (ANSI/SMPTE 268M-1994, SMPTE Standard for File Format for Digital Moving-Picture Exchange (DPX), v 1.0, 18 de febrero de 1994)

- Formato de cine digital DCI
- Formato Cineon™

etc.

5 En algunas realizaciones, el formato es un formato de alto rango dinámico (HDR) que proporciona más de 24 bits por píxel.

10 En los bloques 44 a 50, el método 40 deriva señales de activación para los elementos 16 del primer modulador de luz espacial 14. Las señales de activación pueden aplicarse para configurar cada elemento 16 con el fin de que esté ENCENDIDO o APAGADO según un patrón adecuado para reproducir la imagen de los datos de imagen 43. El bloque 44 determina los niveles de brillo de la escala de grises que se deben proporcionar para cada área diferente de una imagen de salida que se ha de proyectar sobre la pantalla 29. Cada una de estas áreas se corresponde con un área del primer modulador de luz espacial 14. Las áreas del primer modulador de luz espacial 14 abarcan cada una una pluralidad de elementos 16. El bloque 44 puede comprender, por ejemplo, promediar conjuntamente valores de píxeles para partes de la imagen definidas por los datos de imagen 43 que se corresponden con cada área de la imagen de salida.

15 El bloque 46 determina un patrón de estados ENCENDIDO y APAGADO que se puede aplicar a los elementos del primer modulador de luz espacial 14 de tal manera que en cada una de las áreas del primer modulador de luz espacial 14, la proporción de los elementos ENCENDIDOS 16 varía con el nivel de brillo de la escala de grises correspondiente determinado en el bloque 44. Por ejemplo, para áreas correspondientes a partes brillantes de la imagen, el patrón puede especificar que todos los elementos 16 en el área correspondiente del primer modulador de luz espacial 14 deben estar ENCENDIDOS. Para áreas que corresponden a partes tenues de la imagen, el patrón puede especificar que la mayoría o todos los elementos 16 en el área correspondiente del primer modulador de luz espacial 14 deben estar APAGADOS.

20 Cuando un área del patrón se corresponde con un brillo intermedio, entonces una proporción apropiada de elementos 16 en el área estará ENCENDIDA y el resto APAGADA. En este caso, es deseable que los elementos ENCENDIDOS 16 se distribuyan razonablemente de manera uniforme sobre el área. Por ejemplo, los elementos 16 en el área pueden distribuirse según un patrón de tramado adecuado que tenga la relación deseada de elementos 16 ENCENDIDOS a APAGADOS.

Se puede generar un patrón de tramado, por ejemplo, mediante:

- 30
- la generación de un mapa de luminancia que indica, para cada píxel de la imagen, cuánta luminancia se debe permitir que pase al espectador;
 - el impulso del mapa de luminancia para producir un mapa de luminancia potenciado;
 - la reducción del muestreo del mapa de luminancia potenciado a una resolución que coincida con la del primer modulador de luz espacial 14 para producir una imagen de escala de grises de muestreo reducido; y
 - el tramado de la imagen resultante de escala de grises de muestreo reducido para obtener una imagen binaria.

35 Es deseable potenciar el mapa de luminancia para garantizar que haya suficiente luz en cada elemento del segundo modulador de luz espacial 20 de modo que la cantidad de luz especificada por los datos de imagen 43 esté disponible para pasar a un espectador.

40 El tramado se puede realizar de cualquier manera adecuada. El software y el hardware de tramado están disponibles comercialmente. En algunas realizaciones, el tramado se realiza para bloques de elementos 16 en el primer modulador de luz espacial 14. Por ejemplo, el tramado realizado sobre un bloque de 16x16 elementos 16 puede producir salidas de luz que varían en 256 pasos desde ninguna salida (aparte de cualquier luz de fuga) en la que todos los 256 elementos del bloque están APAGADOS, hasta un nivel de salida máximo en el que los 256 elementos del bloque están ENCENDIDOS. El tramado puede comprender buscar patrones de tramado predeterminados en una tabla u otra estructura de datos adecuada o calcular patrones de tramado que proporcionen las densidades apropiadas de elementos ENCENDIDOS 16 aplicando un algoritmo de tramado adecuado. El algoritmo de tramado puede implementarse en software, hardware o una combinación adecuada de los mismos.

Algunos algoritmos de tramado de ejemplo incluyen:

- 50
- Dividir una imagen en mosaicos, asignar un sesgo de redondeo a cada posición de píxel dentro de un mosaico, agregar el sesgo de redondeo al valor de píxel y luego redondear hacia abajo el valor resultante. Cada píxel en el mosaico tendrá un valor alto (por ejemplo, "1" o ENCENDIDO) o un valor bajo (por ejemplo, "0" u APAGADO).
 - Algoritmos de tramado de Floyd-Steinberg.

- Tramado promedio (que puede implicar, por ejemplo, seleccionar un valor umbral de píxel, que puede ser el valor promedio de los píxeles de imagen y luego cuantificar los píxeles a valores bajos o altos (por ejemplo, 0 o 1) en función de si los valores para los píxeles son mayores o menores que el umbral), y usarlo como un umbral global para decidir si un píxel debe cuantificarse a 0 o a 1. El caso en el que el valor de píxel sea igual al umbral puede manejarse de cualquier manera adecuada. En una realización, todos los píxeles cuyos valores están por encima del umbral se cuantifican a 1 y todos los demás píxeles se cuantifican a un valor de 0.
- Tramado aleatorio.
- Tramado de difusión de errores.
- Algoritmos de tramado Veryovka-Buchanan.
- Tramado Riemersma.
- etc.

Matlab™ y otros paquetes de software de cómputo y/o procesamiento de imágenes incluyen software que implementa algoritmos de tramado que pueden usarse en realizaciones de la invención.

La figura 3A ilustra una imagen 55 dividida en partes 57A, 58A, 59A y 60A (cada una sombreada de manera diferente para representar diversos niveles de brillo en la escala de grises). La parte 57A tiene un nivel de brillo máximo (es decir, del 100%), la parte 58A tiene un nivel de brillo del 50%, la parte 59A tiene un nivel de brillo del 67% y la parte 60A tiene un nivel de brillo mínimo (es decir, del 0%).

La figura 3B ilustra un ejemplo de un patrón de tramado 56 que puede aplicarse al primer modulador de luz espacial 14 para producir un campo de luz que tiene partes con los niveles de brillo mostrados en la figura 3A. El patrón de tramado 56 tiene unas áreas 57B, 58B, 59B y 60B, cada una con una red de 8x8 píxeles. Cada píxel se corresponde con uno de los elementos 16 del primer modulador de luz espacial 14 que puede establecerse en ENCENDIDO (se muestra como un píxel no sombreado) o APAGADO (se muestra como un píxel sombreado).

El nivel de brillo de una parte de la imagen 55 (figura 3A) determina la proporción de píxeles en un estado ENCENDIDO o APAGADO en un área correspondiente del patrón de tramado 56 (figura 3B). En el área 57B, todos los píxeles se establecen en ENCENDIDO para producir un nivel de brillo máximo correspondiente a la parte 57A. En el área 60B, todos los píxeles se establecen en APAGADO para producir un nivel de brillo mínimo correspondiente a la parte 60A. En el área 58B, el 50% de los píxeles se establecen en ENCENDIDO para producir un nivel de brillo correspondiente a la parte 58A. En el área 59B, el 67% de los píxeles se establecen en ENCENDIDO para producir un nivel de brillo correspondiente a la parte 59A.

Además del patrón de tramado que se muestra en la figura 3B, se pueden usar otros patrones diversos de tramado para representar la imagen mostrada en la figura 3A. Por ejemplo, una combinación diferente de píxeles en el área 58B puede establecerse en ENCENDIDO (comprendiendo la combinación un 50% del total de píxeles en el área 58B) para mantener el nivel de brillo promedio del área en un 50%.

El bloque 48 predice la cantidad de luz 25 que incidirá sobre cada elemento 22 del segundo modulador de luz 20 si los elementos del primer modulador 14 se establecen según el patrón determinado en el bloque 46. Esta predicción se puede hacer, por ejemplo, aplicando una función matemática que se aproxima la función de transferencia de la óptica de transferencia 26 al patrón de luz que se produciría en el primer modulador de luz espacial 14 mediante el establecimiento de elementos 16 según el patrón determinado en el bloque 46.

La estimación del campo de luz del bloque 48 puede realizarse con diversos niveles de detalle. En algunas realizaciones, la estimación del campo de luz del bloque 48 puede comprender el muestreo ascendente, si es necesario, de una imagen tramada espacialmente producida en el bloque 46 a una resolución que coincida (o supere) la del segundo modulador de luz espacial 20 y aplique una función de alisado tal como un filtro de difuminado o un filtro de paso bajo al resultado. En algunas realizaciones, el filtro de difuminado tiene un núcleo pequeño, tal como un núcleo de 3x3 o 5x5. En algunas realizaciones, el filtro de difuminado tiene un núcleo que no excede 5x5. La función de alisado aproxima la función de transferencia de la óptica 26.

El bloque 50 determina la proporción de la luz incidente 25 que se debe permitir que pase a cada elemento 22 del segundo modulador de luz 20 para producir una imagen deseada. El bloque 50 puede comprender, por ejemplo, dividir un valor de brillo especificado por los datos de imagen 43 para un elemento 22 por el brillo de la luz 25 en ese elemento 22 según se estima en el bloque 48 con el fin de producir un valor que indique cuánto debe atenuar el elemento 22 la luz incidente 25. El conjunto de valores resultante puede denominarse "máscara de corrección" porque corrige el campo de luz borroso incidente en el segundo modulador de luz espacial 25 para producir la imagen deseada. El bloque 50 puede comprender opcionalmente someter la máscara de corrección a una operación de perfilado.

En el bloque 52, el patrón derivado en el bloque 46 se aplica a los elementos de activación 16 del primer modulador 14 y en el bloque 54 los valores derivados en el bloque 50 se aplican a los elementos de activación 22 del segundo modulador 20.

5 Los bloques 52 y 54 suceden al mismo tiempo. Cuando el segundo modulador 20 comprende un DMD u otro modulador que tiene los elementos binarios 22, entonces el bloque 54 puede comprender variar la proporción de tiempo en la que los elementos 22 están en sus estados ENCENDIDOS.

Por ejemplo:

- Los elementos 22 pueden activarse según un esquema de modulación de ancho de impulso (PWM) adecuado.
- 10 • Los elementos 22 pueden activarse según un esquema mediante el cual se ENCIENDEN en cada período de tiempo para un número de pulsos que depende del valor correspondiente.
- Los elementos 22 pueden ENCENDERSE al comienzo de cada período de tiempo y luego APAGARSE después de que haya transcurrido una parte del período de tiempo que depende del valor correspondiente.
- etc.

15 Los elementos 16 del primer modulador 14 pueden permanecer establecidos en sus estados ENCENDIDO y APAGADO siempre que se desee mostrar la imagen.

20 En una realización de ejemplo, el primer modulador de luz espacial 14 muestra sustancialmente de forma continua un patrón de tramado espacial durante un cuadro, la óptica de transmisión 26 desenfoca y proyecta la luz desde el primer modulador de luz espacial 14 sobre el segundo modulador de luz espacial 20 para producir una imagen borrosa en escala de grises en el segundo modulador de luz espacial 20 y los elementos del segundo modulador de luz espacial se conmutan entre sus estados ENCENDIDO y APAGADO durante el cuadro para permitir que cantidades deseadas de luz alcancen a un espectador.

25 El método 40 puede aumentarse opcionalmente, si se desea, controlando el brillo de la fuente de luz 12 en respuesta a las partes más brillantes de la imagen que se ha de visualizar. Cuando la imagen general es oscura y no tiene partes muy brillantes, puede reducirse la intensidad de la fuente de luz 12. Para imágenes que incluyen áreas brillantes, la fuente de luz 12 puede funcionar en toda su intensidad.

La figura 4 muestra, para una línea que se extiende a través de un área de una imagen de ejemplo, las siguientes curvas:

- una curva 60 que representa los datos de la imagen original;
- 30 • una curva 61 que representa una imagen tramada espacialmente (que estaría presente en el segundo modulador de luz espacial 20 si la óptica de transferencia 26 enfocara una imagen del primer modulador de luz espacial 14 sobre el segundo modulador de luz espacial 20);
- una curva 62 que representa una imagen de luminancia en el segundo modulador de luz espacial 20 que resulta de la difusión de luz en la imagen tramada espacialmente por la óptica de transferencia 26;
- 35 • una curva 63 que representa niveles de transmisión para los elementos del segundo modulador de luz espacial 20;
- una curva 64 que representa niveles de transmisión para los elementos del segundo modulador de luz espacial 20 que se han perfilado; y
- una curva 65 (que coincide con la curva 60 que representa la imagen mostrada).

40 Las pantallas que incorporan algunos o todos los conceptos descritos en la presente memoria pueden implementarse en una amplia variedad de maneras. Ventajosamente, el primer modulador de luz espacial 14 no necesita estar libre de defectos. Incluso si los elementos individuales ocasionales 16 están atascados en sus configuraciones de ENCENDIDO o APAGADO, el difuminado introducido por la óptica de transferencia 26 asegurará que algunos de tales defectos de elementos individuales no tengan un gran efecto adverso sobre la imagen resultante. Si se desea acomodar explícitamente elementos defectuosos, entonces son posibles varias opciones, que incluyen:

mantener un mapa de defectos que indique el estado de cualquier elemento defectuoso 16 y tener en cuenta estos estados al realizar la estimación del campo de luz (por ejemplo, en el bloque 48); y,

50 mantener un mapa de defectos que indique el estado de cualquier elemento defectuoso 16 y organizar el patrón de los elementos ENCENDIDOS 16 para tener en cuenta estos estados defectuosos. Por ejemplo, si el bloque 46 determina que en un área particular del primer modulador de luz espacial 14, la mitad de los elementos 16 debería

estar ENCENDIDA y la otra mitad de los elementos 16 debería estar APAGADA, entonces el bloque 46 puede comprender el intento de incluir en el patrón como ENCENDIDOS aquellos elementos defectuosos en el área que están atascados en ENCENDIDO e incluir en el patrón como APAGADOS aquellos píxeles defectuosos en el área que están atascados en APAGADO.

5 La figura 5 ilustra un controlador de pantalla 70 según una realización de la invención. El controlador de pantalla 70 puede aplicarse para activar los moduladores de luz espacial primero y segundo de una pantalla 10, por ejemplo. El controlador de pantalla 70 tiene una entrada 72 que recibe datos de imagen 43 que definen una imagen que se ha de visualizar. Un códec 74 extrae un cuadro 75 de la imagen a partir de los datos de imagen 43. El cuadro 75 está compuesto por datos que especifican un valor de luminancia o equivalente para cada posición (x, y) en el cuadro.
10 Los datos que componen el cuadro se ponen a disposición de un motor de tramado 76 y un generador de máscara de corrección 78.

El motor de tramado 76 establece un patrón 77 tramado espacialmente a la resolución del primer modulador de luz espacial 14 que se corresponde con el cuadro 75. El patrón 77 se pone a disposición de un simulador de campo de luz 80 y un primer circuito de activación del modulador de luz espacial 82.

15 El simulador de campo de luz 80 estima el campo de luz en el segundo modulador de luz espacial 20 correspondiente al patrón 77. La estimación 79 se pone a disposición del generador de máscara de corrección 78. El generador de máscara de corrección 78 calcula los valores de transmisión deseados para los elementos 22 del segundo modulador de luz espacial 20 con el fin de producir una máscara de corrección 81 que se pone a disposición de un segundo circuito de activación del modulador de luz espacial 84. El generador de máscara de
20 corrección 78 genera la máscara de corrección 81 basada al menos en parte en los datos de cuadro 75 y la estimación de campo de luz 79.

El primer circuito de activación del modulador de luz espacial 82 está configurado para establecer los elementos 16 de un primer modulador espacial de luz 14 para que estén ENCENDIDOS o APAGADOS según lo especificado por el patrón 77 y para mantener esos elementos en el estado seleccionado durante un cuadro. El segundo circuito de
25 activación del modulador de luz espacial 84 está configurado para establecer los elementos del segundo modulador de luz espacial 20 para que tengan valores de transmisión según lo especificado por la máscara de corrección 81. Cuando el segundo modulador de luz espacial 20 comprende un DMD, el segundo circuito de activación del modulador de luz espacial 84 puede conmutar rápidamente elementos 22 entre sus estados ENCENDIDO y APAGADO de tal manera que una relación entre el tiempo de ENCENDIDO y el tiempo de APAGADO para cada
30 elemento se corresponde con un valor de transmisión para el elemento como se especifica en la máscara de corrección 81. El segundo circuito de activación del modulador de luz espacial 84 puede comprender un circuito controlador PWM DMD, por ejemplo. Los circuitos para activar DMDs están disponibles comercialmente. Un ejemplo es el conjunto de chips DMD Discovery™ disponible en Texas Instruments.

Un sistema de temporización 86 coordina el funcionamiento del aparato 70 de tal manera que las señales de
35 activación para un cuadro se aplican a los moduladores de luz espacial primero y segundo 14, 20 durante el cuadro por los circuitos de activación 82 y 84, respectivamente.

Es conveniente, pero no obligatorio, que el primer modulador de luz espacial 14 sea activado durante un cuadro. Por ejemplo, no habría diferencia para la imagen resultante si el primer modulador de luz espacial 14 no se activara durante cualquier período en el que todos los elementos del segundo modulador de luz espacial 20 estén
40 APAGADOS.

La invención se puede aplicar a pantallas en color, así como a pantallas monocromas. Esto se puede lograr de diversas maneras. Un enfoque es mostrar diferentes colores de manera multiplexada en el tiempo. Esto puede hacerse introduciendo diferentes filtros de color en la ruta óptica. Por ejemplo, la pantalla 10 de la figura 1 podría modificarse para incluir una rueda de colores.

45 En algunas pantallas de color, una pluralidad de canales de color (por ejemplo, canales rojo, verde y azul) se procesan por separado y la luz procedente de los diferentes canales de color se combina en o aguas arriba de una pantalla de visualización para producir una imagen en color. Esta invención se puede practicar de esta manera. Por ejemplo, la figura 6 muestra una pantalla a color 88 que tiene las secciones roja, verde y azul 90R, 90G y 90B (de manera colectiva, secciones 90), respectivamente. Cada sección 90 comprende una fuente de luz que produce luz
50 del color correspondiente. Las fuentes de luz pueden estar separadas o pueden comprender filtros adecuados dispuestos para obtener luz del color requerido de una sola fuente de luz blanca. En la realización ilustrada, se proporcionan fuentes separadas de luz rojas, verdes y azules 12R, 12G y 12B.

Cada sección 90 funciona sustancialmente de la misma manera que la pantalla 10 descrita anteriormente, excepto en que las secciones 90 se activan en respuesta a datos de imagen para los colores correspondientes. Los
55 componentes de cada sección 90 se identifican con los mismos números de referencia que los componentes de la pantalla 10 con una R, G o B adjunta, respectivamente.

La figura 7 muestra una pantalla a color 95 de un diseño alternativo. La pantalla 95 tiene una fuente de luz 97 que ilumina un primer modulador de luz espacial 99. El primer modulador de luz espacial 99 comprende una red de

elementos 100 que pueden conmutarse entre los estados ENCENDIDO y APAGADO. La luz modulada por el primer modulador de luz espacial 99 se dirige a tres segundos moduladores de luz espacial 102A, 102B y 102C (de manera colectiva, segundos moduladores de luz espacial 102) a través de la óptica de transferencia 103 que comprende unos prismas 104, 105A, 105B y los filtros 106 y 107.

- 5 Los filtros 106 y 107 hacen que la luz incidente del primer modulador de luz espacial 99 se divida en tres componentes espectrales (por ejemplo, rojo, verde y azul). Cada componente espectral es dirigido a y modulado por uno de los segundos moduladores de luz espacial 102A, 102B y 102C (de manera colectiva, segundos moduladores de luz espacial 102). Cada componente espectral se caracteriza por un campo de luz que tiene una intensidad espacialmente variable que está determinada por el patrón de elementos 100 establecidos en ENCENDIDO en el primer modulador de luz espacial 99. Los campos de luz son imágenes borrosas del primer modulador de luz espacial 99 tal como se entregan por la óptica de transferencia 103.

La luz que ha sido modulada por los segundos moduladores de luz espacial 102 pasa de los prismas 104, 105A y 105B a una lente de proyección 110 y a una pantalla 111. La pantalla 111 puede comprender una pantalla de proyección frontal o una pantalla de proyección posterior.

- 15 Durante un cuadro, los elementos del primer modulador de luz espacial 99 de la pantalla 95 se configuran para mostrar un patrón que tiene una densidad espacialmente variable. La densidad puede basarse en datos de imagen de una imagen que se ha de mostrar. En algunas realizaciones, la densidad de los elementos 100 que se establecen en ENCENDIDO, dentro de un área del primer modulador de luz espacial 99, puede determinarse con base en valores de luminancia determinados a partir de los datos de imagen. Los patrones particulares de los elementos 100 que se establecen en ENCENDIDO para lograr las densidades deseadas pueden determinarse aplicando un algoritmo de tramado espacial o un motor de tramado espacial adecuado, por ejemplo, a los datos de la imagen. Los métodos y aparatos descritos anteriormente para controlar el primer modulador de luz espacial 14 de la pantalla 10 pueden aplicarse con una modificación adecuada para controlar el primer modulador de luz espacial 99 de la pantalla 95.

- 25 Los segundos moduladores de luz espacial 102A, 102B y 102C pueden controlarse sustancialmente de la misma manera que el segundo modulador de luz 20 de la pantalla 10 con la excepción de que los valores de transmisión para los elementos de los segundos moduladores de luz espacial 102A, 102B y 102C se determinan con base en la información de los datos de imagen para los componentes espectrales correspondientes.

- 30 La figura 8 es un diagrama de bloques de un sistema de control 112 para una pantalla como la pantalla 95. Unos datos de imagen 113 se reciben en la entrada 114. Se extrae la información de luminancia 115 para un cuadro y se proporciona a un generador de patrones 116. El generador de patrones 116 produce un patrón 117 que tiene una densidad espacialmente variable según los datos de luminancia. El patrón 117 se aplica a un circuito de activación 118 para el primer modulador de luz espacial 99.

- 35 El patrón 117 también se proporciona a un estimador de campo de luz 119 que produce un campo de luz estimado 120. Si las características de transmisión óptica de las rutas ópticas entre el primer modulador de luz espacial 99 y los segundos moduladores de luz espacial 102A, 102B y 102C son diferentes, el estimador de campo de luz 119 puede generar un campo de luz estimado separado (120A, 120B y 120C) correspondiente al patrón 117 para cada segundo modulador de luz espacial 102A, 102B y 102C.

- 40 Se proporciona información de color a un cuadro que comprende información de color componente espectral primero, segundo y tercero (121A, 121B y 121C, respectivamente) y el campo de luz estimado correspondiente 120 (o 120A, 120B y 120C) se proporciona a los generadores de máscara de corrección 122A, 122B y 122C. Los generadores de máscara de corrección 122A, 122B y 122C generan unas máscaras de corrección 123A, 123B y 123C que se proporcionan a unos circuitos de activación 125A, 125B y 125C (de manera colectiva, circuitos de activación 125) que pueden activar los segundos moduladores de luz espacial 102A, 102B y 102C, respectivamente.

- 45 Una pantalla como la pantalla 95 se puede operar mediante un método similar al método 40 de la figura 2.

En algunas realizaciones, los segundos moduladores de luz espacial 102 son DMDs. En algunas realizaciones, los circuitos de activación 125 son circuitos de activación PWM.

- 50 La figura 9 muestra una pantalla a color 130 de otro diseño alternativo que tiene varios primeros moduladores de luz espacial 132A, 132B y 132C (de manera colectiva, primeros moduladores de luz espacial 132) y un segundo modulador de luz espacial 134 que además modula la luz de los primeros moduladores de luz espacial 132 después de que la luz se haya combinado para formar una imagen en color. La pantalla 130 tiene un subsistema óptico 137 que recibe luz incidente de la fuente de luz 135. El subsistema óptico 137 tiene una pluralidad de prismas 138 y filtros 140 para dividir la luz de la fuente de luz 135 en tres componentes espectrales (por ejemplo, rojo, verde y azul) y dirigir cada componente espectral a uno correspondiente de los primeros moduladores de luz espacial 132A, 132B y 132C. Cada uno de los primeros moduladores de luz espacial 132A, 132B y 132C tiene una red de elementos que se pueden conmutar entre los estados ENCENDIDO y APAGADO para modular la luz que pasa al modulador. La luz que es modulada por los primeros moduladores de luz espacial 132A, 132B y 132C se combina luego en una imagen en color y es transportada por la óptica de transferencia al segundo modulador de luz espacial 134. La óptica

de transferencia difumina la luz. La luz que ha sido modulada por el segundo modulador de luz espacial 134 pasa a una lente de proyección 145 y a la pantalla 146.

Los moduladores de luz primero y segundo son activados de una manera que hace que la imagen proyectada sobre la pantalla 146 reproduzca una imagen deseada especificada por los datos de imagen.

5 Para simplificar la explicación de las realizaciones de la invención descritas anteriormente, no se describen específicamente diversos elementos que se encuentran comúnmente en proyectores y otros dispositivos basados en DMD y que también pueden estar presentes en pantallas según esta invención. Tales elementos son conocidos por los expertos en la técnica de diseñar pantallas de tipo proyección. Algunos ejemplos son: fuentes de alimentación, espejos fríos para dirigir radiación infrarroja fuera de la ruta óptica, varas integradoras para recoger luz e iluminar un DMD, óptica de curvado, carcasas, controles de usuario, etc.

Como se entenderá a partir de la descripción anterior, hay una serie de casos en los que pueden aplicarse de manera útil los diseños y métodos descritos en la presente memoria. Algunos ejemplos incluyen:

- Una pantalla monocroma en la que un primer modulador de luz binario modula la luz de una fuente de luz y esa luz se modula aún más por un segundo modulador de luz binario.
- 15 •Una pantalla a color en la que un primer modulador de luz binario modula la luz de una fuente de luz, esa luz se modula aún más por un segundo modulador de luz binario y el color de la luz de la fuente de luz se conmuta entre subcuadros. Por ejemplo, la fuente de luz puede comprender fuentes de luz roja, verde y azul separadas que iluminan cada una el primer modulador sólo durante un subcuadro correspondiente, o la luz de una fuente de luz blanca se dirige para que atraviese una rueda de color antes de que ilumine el primer modulador de luz o similar. Esta implementación de color tiene la ventaja de la simplicidad, pero requiere que los moduladores se puedan actualizar a alta velocidad para permitir que los subcuadros rojo-verde y azul se muestren secuencialmente a una velocidad lo suficientemente rápida como para proporcionar una experiencia de visualización satisfactoria.
- 20 •Se pueden proporcionar moduladores de luz binarios primero y segundo separados para cada uno de una pluralidad de canales de color. Por ejemplo, los canales de color rojo-verde y azul pueden tener cada uno moduladores binarios primero y segundo dispuestos y operados como se describe en la presente memoria. Las imágenes de los canales de color pueden superponerse ópticamente para lograr una imagen en color. La luz para cada uno de los canales de color se puede proporcionar desde fuentes de luz separadas o dividiendo la luz blanca en el número requerido de bandas de color. Tales realizaciones pueden proporcionar ventajosamente un alto brillo, pero pueden ser más caras de fabricar (ya que requieren 6 moduladores y circuitos de control y ópticas asociados para controlar tres canales de color).
- 25 •Un primer modulador de luz binario puede modular la luz de una fuente de luz emisora de luz que tiene múltiples componentes de color. La luz puede dividirse así en componentes de color separados y cada uno de los componentes de color (por ejemplo, componentes rojo-verde y azul) se dirigen a un segundo modulador de luz binario correspondiente. La luz modulada por los segundos moduladores de luz binarios se combina para proporcionar una imagen en color. El primer modulador de luz binario tiene una resolución espacial que es significativamente menor que la de los segundos moduladores de luz binarios en algunas realizaciones.
- 30 •Se pueden proporcionar unos primeros moduladores de luz binarios separados para cada uno de una pluralidad de canales de color. Por ejemplo, unos canales separados de color rojo-verde y azul pueden tener cada uno un primer modulador binario. La luz para cada canal de color puede ser proporcionada por una fuente de luz separada o dividiendo la luz de una fuente de luz blanca u otra fuente de componentes múltiples en una pluralidad de bandas de color. La luz modulada por los primeros moduladores de luz binarios puede combinarse ópticamente y la luz combinada ilumina un segundo modulador de luz binario que modula la luz combinada para proporcionar una imagen en color. Los moduladores binarios primero y segundo están dispuestos y funcionan como se describe en la presente memoria. En algunas realizaciones, el segundo modulador de luz espacial tiene una resolución espacial significativamente menor que la de los primeros moduladores de luz espacial.
- 35 •En cualquiera de las dos realizaciones inmediatamente anteriores, un único modulador de luz binario, que puede tener una resolución espacial relativamente baja, actúa sobre la imagen combinada (solo modulación de luminancia), mientras que los moduladores separados proporcionan modulación para cada canal de color. La modulación de color proporcionada por los moduladores separados puede tener una resolución espacial relativamente alta.
- 40 •En las realizaciones descritas anteriormente en este párrafo, donde los moduladores binarios primero y segundo tienen diferentes resoluciones espaciales, el/los modulador(es) binario(s) de resolución más baja puede(n) tener, por ejemplo, resoluciones (por ejemplo, números de elementos controlables) que son un factor de 64 o superior o, en algunos casos, 1024 o superior, menores que la resolución espacial del modulador de mayor resolución.
- 45
- 50
- 55

- 5 •En algunas realizaciones adicionales, se proporcionan unos primeros moduladores de luz binarios separados para cada uno de una pluralidad de canales de color. Por ejemplo, los canales separados de color rojo-verde y azul pueden tener cada uno un primer modulador binario. La luz para cada canal de color puede proporcionarse mediante una fuente de luz separada o dividiendo la luz de una fuente de luz blanca o de componentes múltiples en una pluralidad de bandas de color. La luz modulada por los primeros moduladores de luz binarios puede combinarse ópticamente y la luz combinada ilumina un segundo modulador de luz binario que modula la luz combinada para proporcionar una imagen en color. Los moduladores binarios primero y segundo están dispuestos y funcionan como se describe en la presente memoria. En esta realización, los primeros moduladores de luz binarios que modulan cada uno luz en un canal de color pueden tener resoluciones espaciales que son más pequeñas que la de las del segundo modulador de luz espacial. Preferiblemente, las resoluciones espaciales de los primeros moduladores de luz de color son como máximo de aproximadamente 2 a 6 veces más bajas que la resolución espacial del segundo modulador de luz espacial. El sistema visual humano es más sensible a los cambios de luminancia locales que a los cambios de color locales (alta frecuencia espacial).
- 10
- 15 •Un primer modulador de luz binario puede modular la luz procedente de una fuente de luz. La luz del primer modulador de luz binario se puede difuminar y pasar a un segundo modulador de luz que comprende un panel LCD u otro modulador capaz de controlar la transmisión de luz de forma continua o en múltiples pasos en un rango razonablemente amplio.
- 20 •Los métodos de modulación de luz como se describen en la presente memoria pueden realizarse en canales separados para las imágenes izquierda y derecha en sistemas de cine digital 3D. Las imágenes izquierda y derecha pueden estar polarizadas de manera diferente, tener características espectrales diferentes o mostrarse de manera entrelazada en el tiempo. Se pueden proporcionar filtros espectrales o polarizadores adecuados en cada canal.

25 Cuando se menciona anteriormente un componente (por ejemplo, un módulo de software, procesador, conjunto, dispositivo, circuito, etc.), a menos que se indique lo contrario, la referencia a ese componente (incluida una referencia a un "medio") debe interpretarse en el sentido de incluir como equivalentes de ese componente cualquier componente que realice la función del componente descrito (es decir, que sea funcionalmente equivalente), incluidos componentes que no son estructuralmente equivalentes a la estructura descrita que realiza la función en las realizaciones de ejemplo ilustradas de la invención.

30 Cuando un controlador para una pantalla como se describe en la presente memoria se implementa en un software, el controlador puede comprender un procesador de datos e instrucciones de software almacenadas en un medio tangible accesible por el procesador de datos. El procesador de datos puede generar unas primeras señales para el control de uno o más primeros moduladores de luz espacial y unas segundas señales para el control de uno o más segundos moduladores de luz espacial ejecutando las instrucciones de software con el fin de procesar datos de imagen para producir las señales primera y segunda. En realizaciones alternativas, se proporciona hardware fijo o configurable, tal como circuitos lógicos o una matriz de puertas programable en campo (FPGA) para realizar algunos o todos los pasos en el procesamiento de los datos de imagen con el fin de producir las señales de control primera y segunda.

40 Como resultará evidente para los expertos en la materia a la luz de la descripción anterior, son posibles muchas alteraciones y modificaciones en la práctica de esta invención sin apartarse del alcance de la misma. Por ejemplo:

- 45 •Para cualquier densidad espacial deseada de elementos ENCENDIDOS en el primer modulador de luz espacial (excepto todos los elementos ENCENDIDOS o todos los elementos APAGADOS), hay una variedad de patrones que se pueden aplicar a un área del primer modulador de luz espacial. Es posible conmutar los elementos del primer modulador de luz espacial para cambiar el patrón de elementos APAGADOS sin variar la densidad espacial de los elementos ENCENDIDOS durante un cuadro sin afectar negativamente a la imagen mostrada.

Por consiguiente, el alcance de la invención debe interpretarse según la sustancia definida por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una pantalla (10) que comprende:

una fuente de luz (12),

5 un primer modulador de luz espacial (14), comprendiendo el primer modulador de luz espacial (14) una pluralidad de primeros elementos (16) conmutables entre los estados ENCENDIDO y APAGADO, siendo capaz la fuente de luz (12) de dirigir luz (13) hacia el primer modulador de luz espacial (14),

un segundo modulador de luz espacial (20),

una óptica de transferencia (26) dispuesta para dirigir luz directa (25) modulada por el primer modulador de luz espacial (14) hacia el segundo modulador de luz espacial (20), y

10 un controlador configurado para generar unas señales de control primera y segunda para los moduladores de luz espacial primero (14) y segundo (20), respectivamente, basadas en datos de imagen (43), definiendo los datos de imagen (43) un cuadro de imagen que se ha de visualizar,

en la que:

15 el controlador está configurado para generar (46) un patrón de tramado espacial de estados ENCENDIDO y APAGADO basado en los datos de imagen (43) para el cuadro de imagen y en un mapa de defectos, teniendo el patrón de tramado espacial una densidad espacialmente variable, indicando el mapa de defectos un estado atascado de ENCENDIDO o APAGADO de elementos defectuosos del primer modulador de luz espacial (14);

20 el controlador está configurado para generar la primera señal de control con el fin de ajustar unos elementos (16) del primer modulador de luz espacial (14) según el patrón de tramado espacial de los estados ENCENDIDO y APAGADO de manera sustancialmente continua durante la visualización del cuadro de imagen y teniendo en cuenta el estado atascado de ENCENDIDO o APAGADO de los elementos defectuosos del primer modulador de luz espacial (14);

la óptica de transferencia (26) se caracteriza por una función de transferencia que difumina en el segundo modulador de luz espacial (20) la luz (25) originada en el primer modulador de luz espacial (14);

25 el segundo modulador de luz espacial (20) comprende una pluralidad de elementos (22) conmutables entre estados ENCENDIDO y APAGADO, y el controlador está configurado para conmutar los elementos (22) del segundo modulador de luz espacial (20) entre sus estados ENCENDIDO y APAGADO múltiples veces durante el cuadro de imagen; y

30 el controlador está configurado para calcular (48) una estimación de un campo de luz en el segundo modulador de luz espacial (20) correspondiente al patrón de tramado espacial y la función de transferencia, y para basar la segunda señal de control en el campo de luz estimado.

2. Una pantalla (10) según la reivindicación 1, en la que los moduladores de luz espacial primero (14) y segundo (20) comprenden cada uno un dispositivo de espejo digital.

35 3. Una pantalla (10) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en la que la fuente de luz (12) comprende una fuente de luz láser.

4. Una pantalla (10) que comprende:

un primer modulador de luz espacial (14) que comprende una pluralidad de primeros elementos (16) conmutables entre estados ENCENDIDOS, en los que los elementos (16) emiten luz, y estados APAGADOS en los que los elementos (16) están oscuros,

40 un segundo modulador de luz espacial (20);

una óptica de transferencia (26) dispuesta para dirigir luz (25) desde el primer modulador de luz espacial (14) al segundo modulador de luz espacial (20),

45 un controlador configurado para generar unas señales de control primera y segunda para los moduladores de luz espacial primero (14) y segundo (20) basadas, respectivamente, en datos de imagen (43), definiendo los datos de imagen (43) un cuadro de imagen que se ha de visualizar,

en la que:

el controlador está configurado para generar (46) un patrón de tramado espacial de estados ENCENDIDO Y APAGADO basado en los datos de imagen (43) para el cuadro de imagen y en un mapa de defectos, teniendo

- el patrón de tramado espacial una densidad espacialmente variable, indicando el mapa de defectos un estado atascado de ENCENDIDO o APAGADO de elementos defectuosos del primer modulador de luz espacial (14);
- 5 el controlador está configurado para generar la primera señal de control con el fin de ajustar los elementos (16) del primer modulador de luz espacial (14) según el patrón de tramado espacial de los estados ENCENDIDO y APAGADO de manera sustancialmente continua durante la visualización del cuadro de imagen (43) y teniendo en cuenta el estado atascado ENCENDIDO o APAGADO de los elementos defectuosos del primer modulador de luz espacial (14);
- la óptica de transferencia (26) se caracteriza por una función de transferencia que difumina en el segundo modulador de luz espacial (20) la luz (25) originada en el primer modulador de luz espacial (14);
- 10 el segundo modulador de luz espacial (20) comprende una pluralidad de elementos (22) conmutables entre estados ENCENDIDO y APAGADO, y el controlador está configurado para conmutar los elementos (22) del segundo modulador de luz espacial (20) entre sus estados ENCENDIDO y APAGADO múltiples veces durante el cuadro de imagen; y
- 15 el controlador está configurado para calcular (48) una estimación de un campo de luz en el segundo modulador de luz espacial (20) correspondiente al patrón de tramado espacial y la función de transferencia, y para basar la segunda señal de control en el campo de luz estimado.
5. Una pantalla (10) según la reivindicación 4, en la que el primer modulador de luz espacial (14) comprende una red de emisores de luz.
- 20 6. Una pantalla (10) según la reivindicación 5, en la que los emisores de luz comprenden dispositivos semiconductores emisores de luz.
7. Una pantalla (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en la que la resolución espacial del segundo modulador de luz espacial (20) es mayor que la resolución espacial del primer modulador de luz espacial (14).
8. Una pantalla (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en la que la resolución espacial del primer modulador de luz espacial (14) es mayor que la resolución espacial del segundo modulador de luz espacial (20).
- 25 9. Una pantalla (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en la que el controlador está configurado para conmutar los elementos (22) del segundo modulador de luz espacial (20) entre sus estados ENCENDIDO y APAGADO según un esquema de modulación de ancho de impulso binario.
- 30 10. Una pantalla (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en la que el controlador comprende un filtro espacial digital de paso bajo y está configurado para estimar el campo de luz aplicando el filtro espacial digital de paso bajo al patrón.
11. Una pantalla (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-10 que comprende un motor de tramado en el que la primera señal de control comprende una salida de patrón producida por el motor de tramado.
- 35 12. Una pantalla (10) según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en la que la óptica de transferencia (26) comprende una lente dispuesta para generar una imagen desenfocada del primer modulador de luz espacial (14) en el segundo modulador de luz espacial (20).
13. Un método (40) para visualizar una imagen, en el que el método (40) comprende:
- ajustar unos elementos (16) de un primer modulador de luz espacial binario (14) según un patrón de tramado espacial binario basado en la imagen y en un mapa de defectos, indicando el mapa de defectos un estado atascado de ENCENDIDO o APAGADO de elementos defectuosos del primer modulador de luz espacial binario (14), teniendo el patrón una densidad espacialmente variable de modo que el primer modulador de luz espacial binario (14) muestre sustancialmente de manera continua el patrón de tramado espacial binario durante la visualización de la imagen y disponga el patrón de tramado espacial binario teniendo en cuenta el estado atascado de ENCENDIDO o APAGADO de los elementos defectuosos del primer modulador de luz espacial binario (14);
- 40 difuminar y transferir a un segundo modulador de luz espacial (20) una imagen del primer modulador de luz binario (14) para producir un campo de luz en el segundo modulador de luz espacial (20);
- calcular (48) una estimación del campo de luz correspondiente al patrón de tramado espacial y controlar el segundo modulador de luz espacial (20) según los datos de imagen (43) y la estimación del campo de luz; y
- 45 modular el campo de luz con el segundo modulador de luz espacial (20) para producir una reconstrucción de la imagen, en donde la modulación del campo de luz con el segundo modulador de luz espacial (20) comprende realizar un tramado temporal del campo de luz conmutando los elementos (22) del segundo modulador de luz
- 50

espacial (20) entre los estados ENCENDIDO Y APAGADO múltiples veces durante la visualización de la imagen.

14. Un método (40) según la reivindicación 13, en el que el cálculo (48) de la estimación del campo de luz comprende aplicar un filtro de paso bajo al patrón.

5 15. Un método (40) según la reivindicación 14, en el que el filtro de paso bajo tiene un núcleo de dimensión 5x5 o menor.

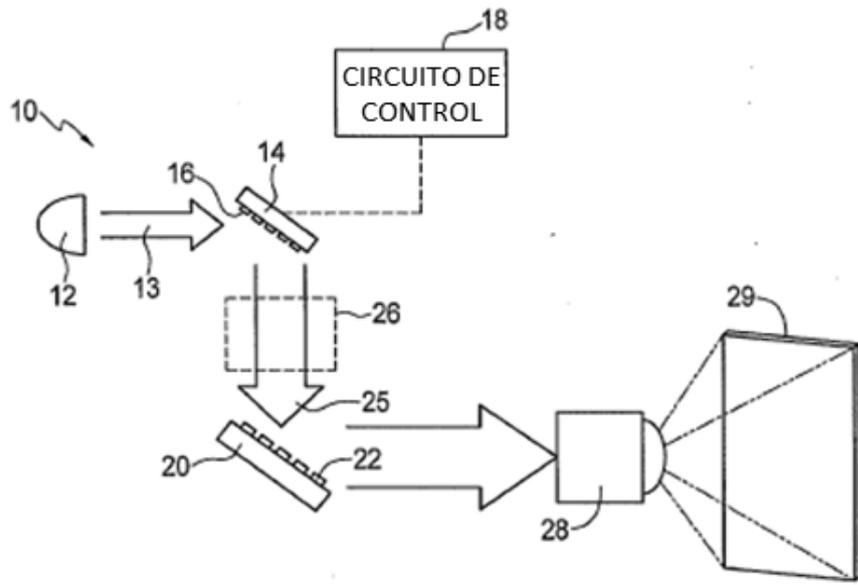


FIG. 1

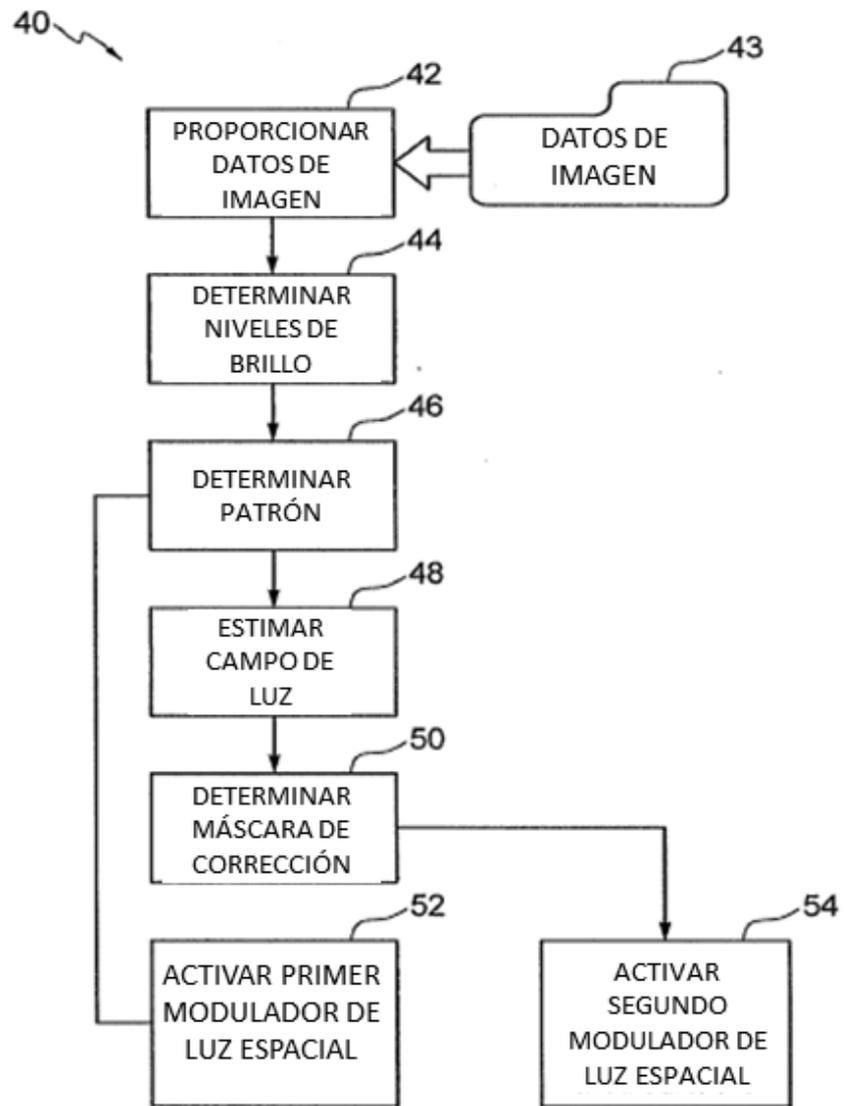


FIG. 2

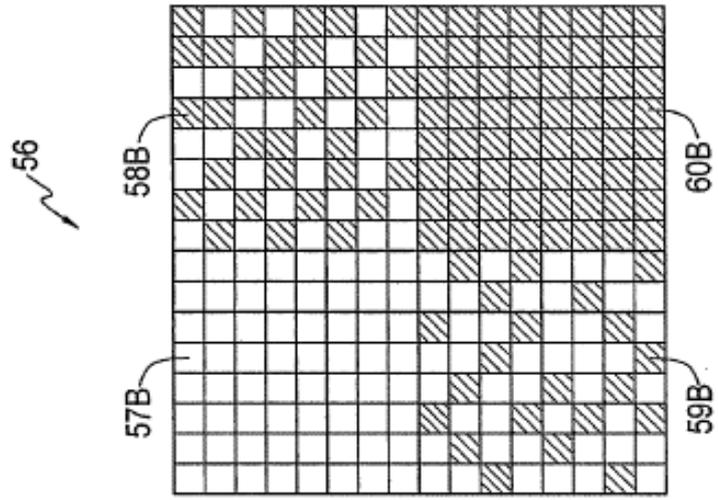


FIG. 3B

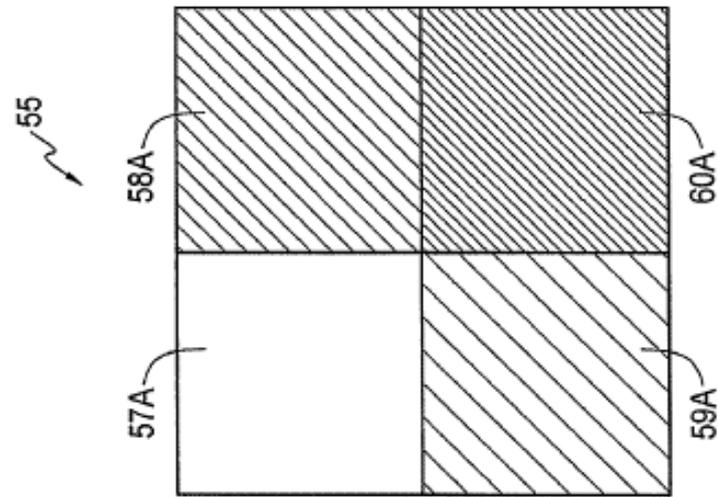


FIG. 3A

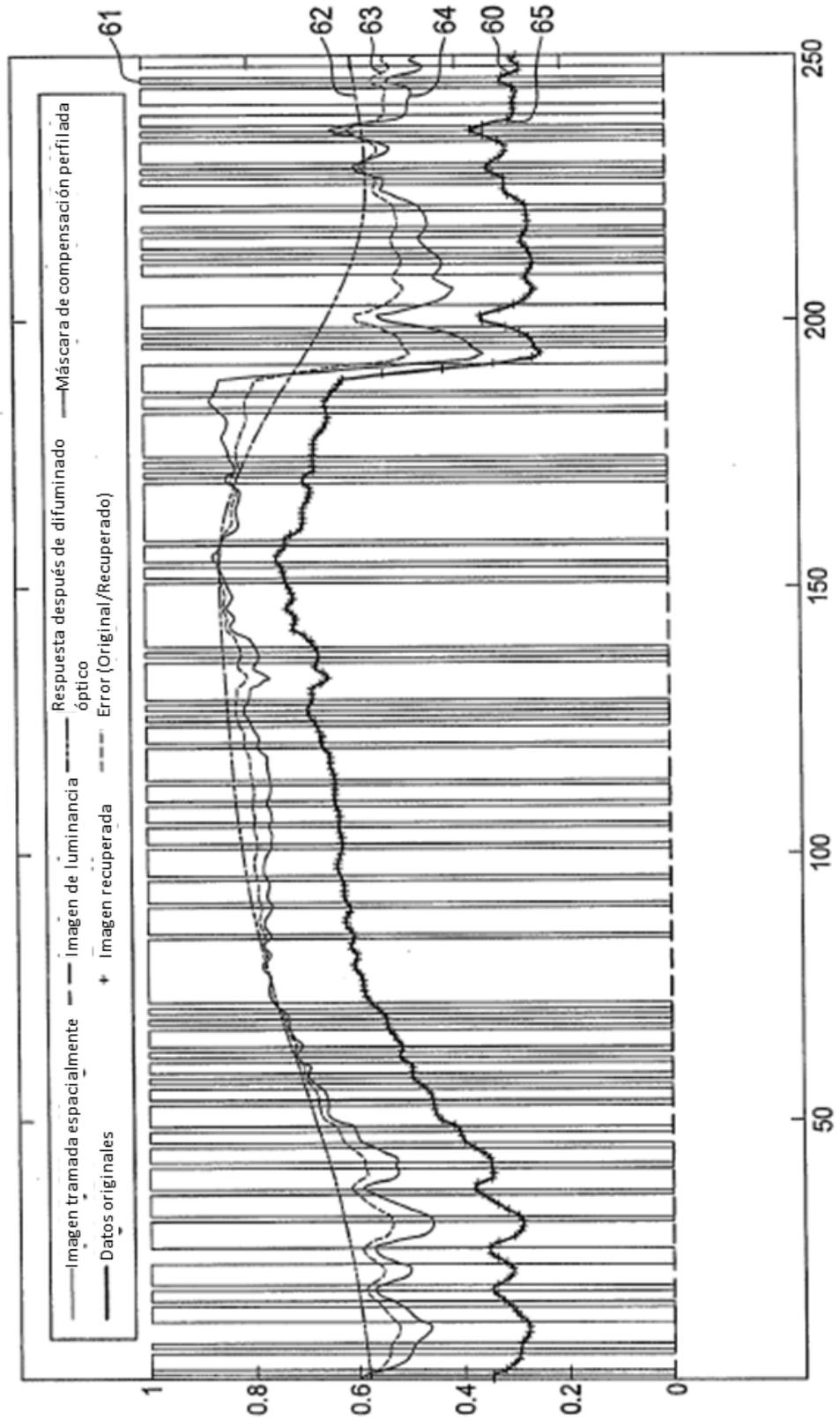


FIG. 4

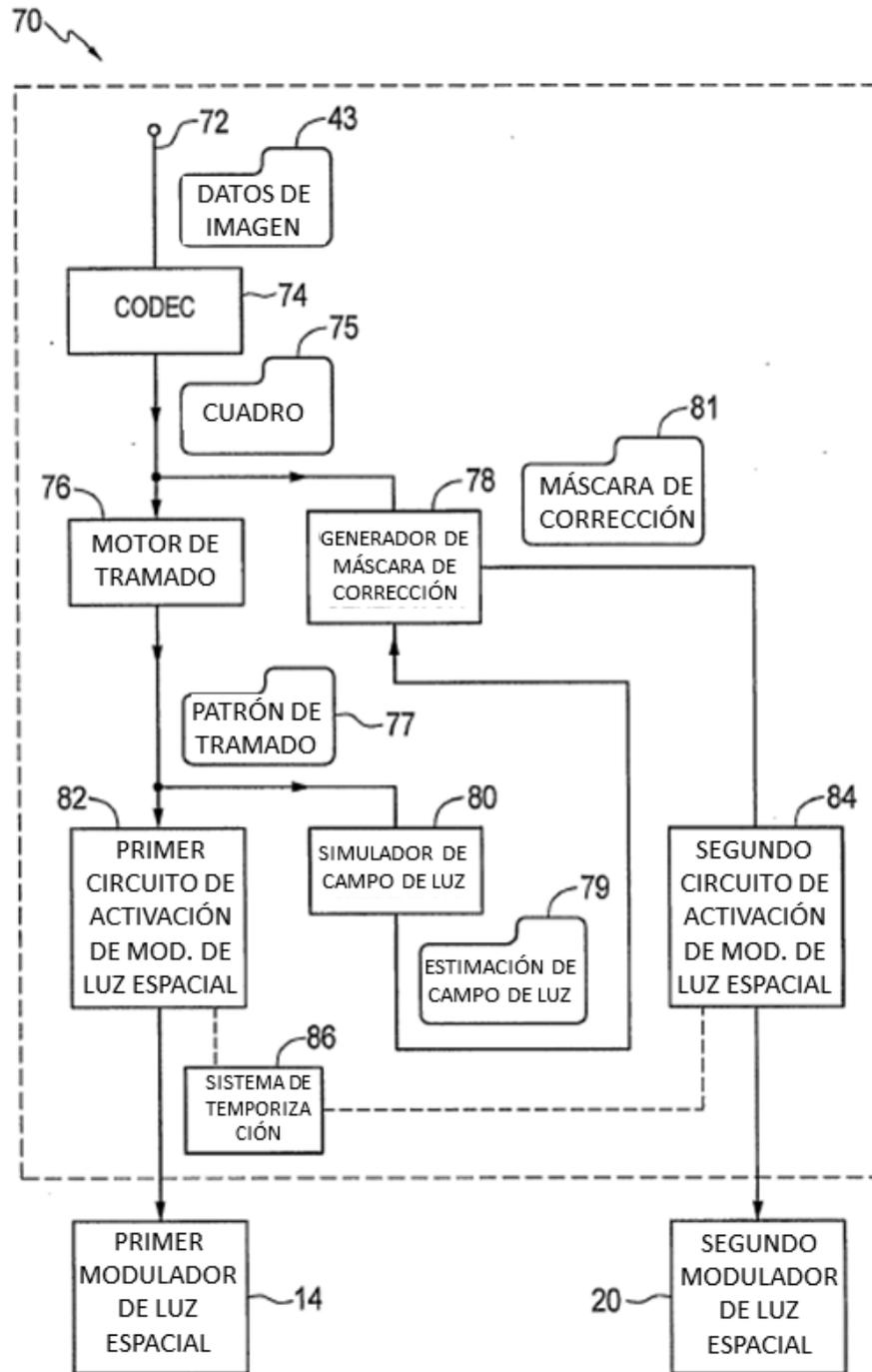


FIG. 5

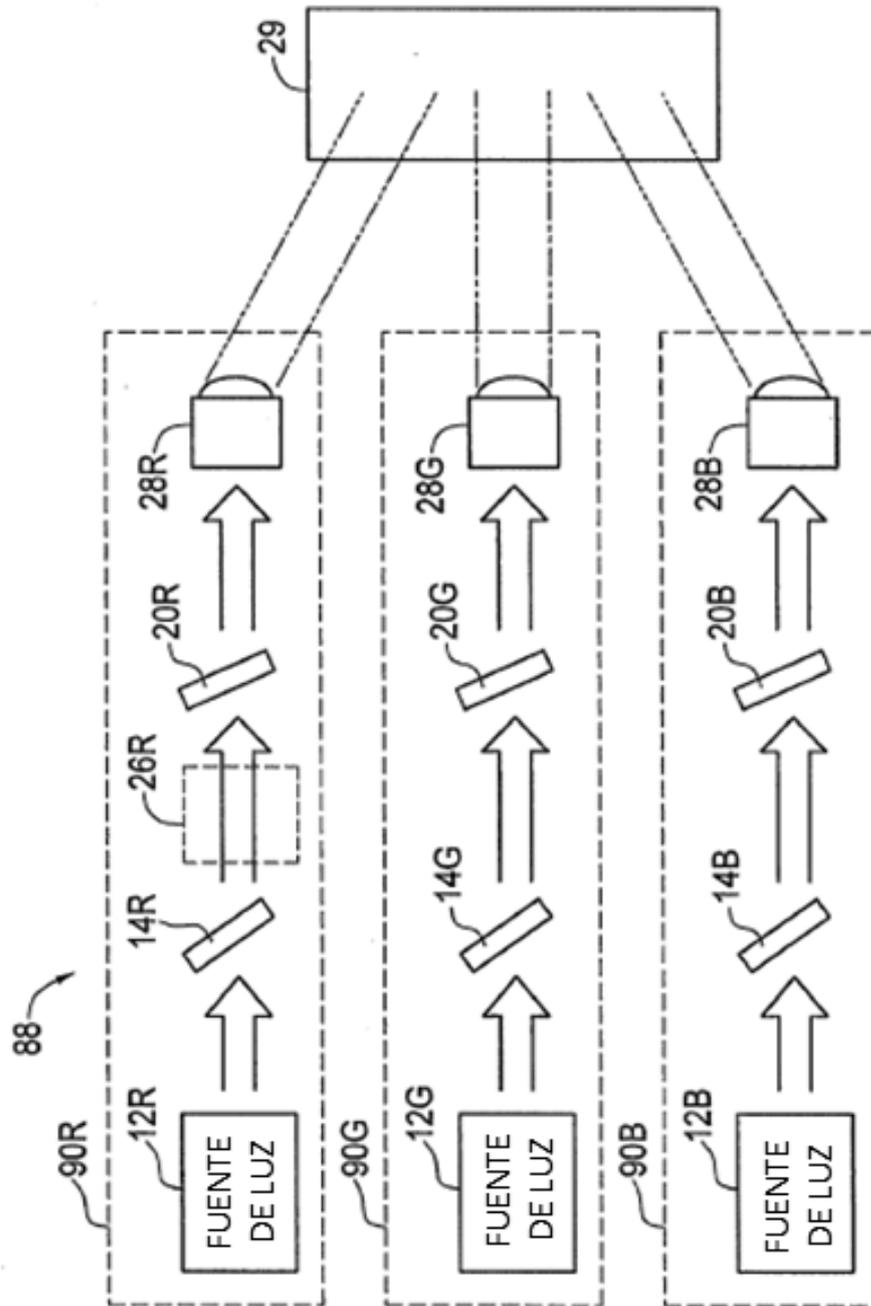


FIG. 6

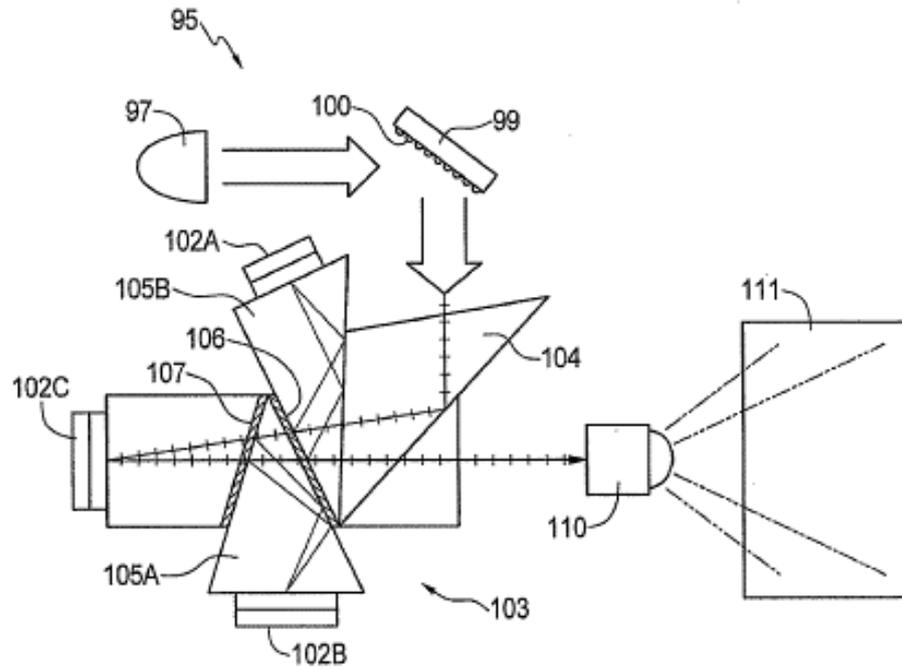


FIG. 7

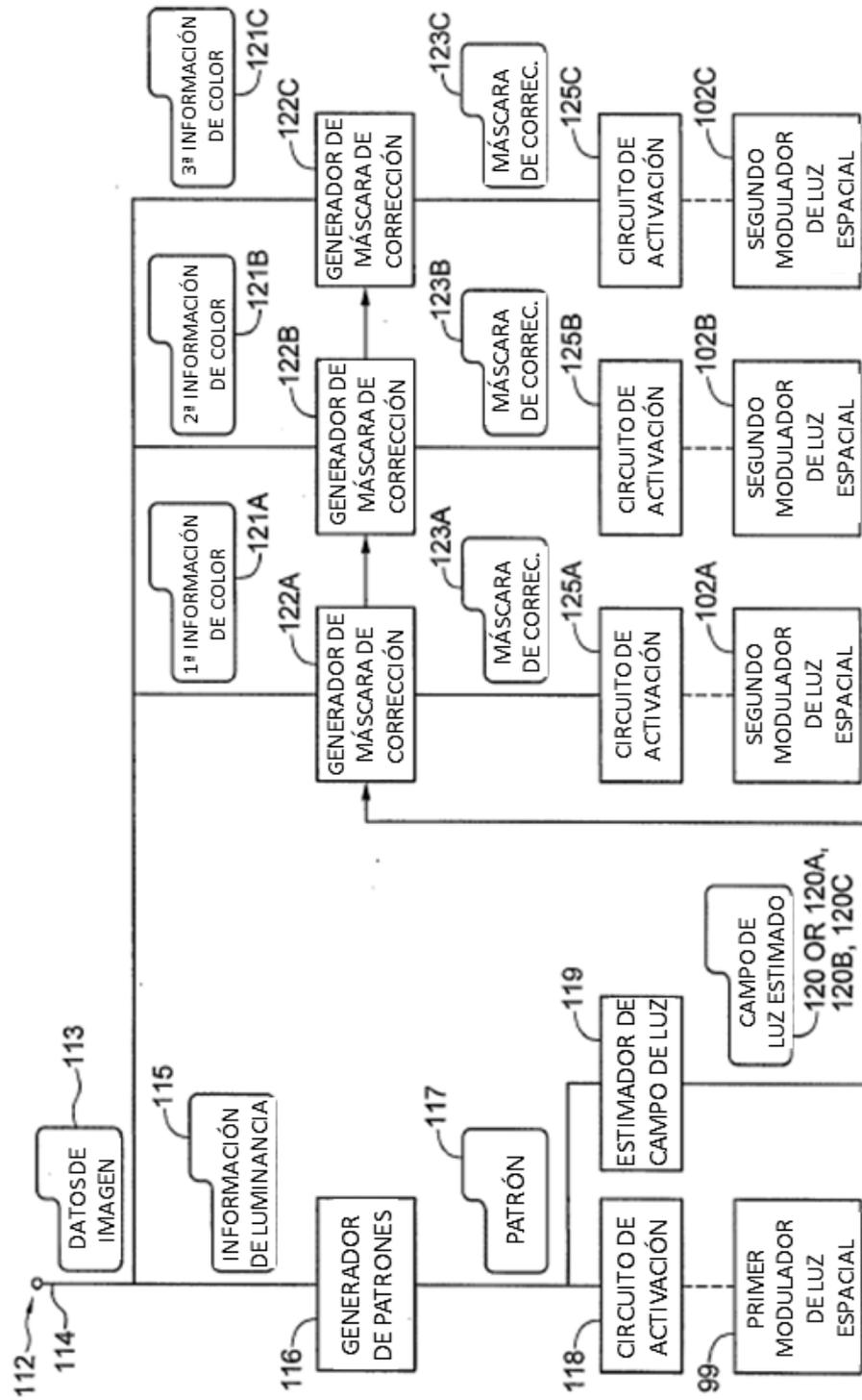


FIG. 8

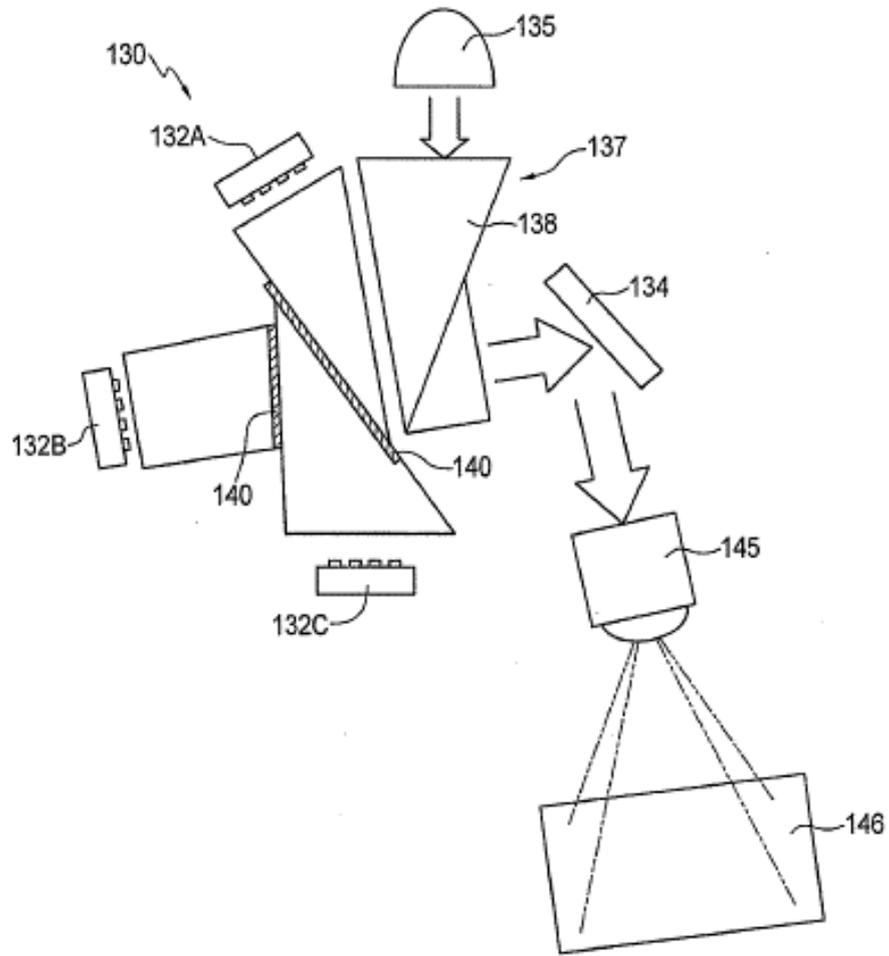


FIG. 9