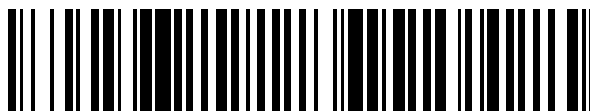


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 610**

51 Int. Cl.:

G02B 27/00 (2006.01)

G02B 27/01 (2006.01)

G02B 27/42 (2006.01)

G02B 27/10 (2006.01)

G02B 6/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.08.2012 PCT/GB2012/051972**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.02.2013 WO13024277**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2012 E 12753570 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.11.2018 EP 2745160**

54 Título: **Pantalla de proyección**

30 Prioridad:

17.08.2011 GB 201114149

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

25.02.2019

73 Titular/es:

BAE SYSTEMS PLC (100.0%)

6 Carlton Gardens

London SW1Y 5AD, GB

72 Inventor/es:

SIMMONDS, MICHAEL DAVID y

VALERA, MOHMED SALIM

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 701 610 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 de proyección

La presente invención se refiere a una pantalla de proyección para proyectar una imagen en color a un espectador, superpuesta en una escena del mundo real, por ejemplo, en un visor de realidad virtual.

5 Los visores frontales y de realidad virtual son conocidos y, por lo general, están restringidos para proyectar imágenes monocromáticas a un espectador. Dichas imágenes pueden incluir una simbología que es un término de la técnica en este campo y se refiere a datos, gráficos u otra información. Por ejemplo, en un visor de realidad virtual para ser utilizado por un piloto de un avión, la simbología puede ser altitud, rumbo o información relacionada con objetos que se mueven en relación con el avión.

10 Una pantalla de proyección conocida se muestra en la publicación de patente WO2010/119240 anterior del presente solicitante y en la Figura 13 de los dibujos incluidos aquí. Haciendo referencia a la Figura 13, la luz portadora de imágenes que tiene una pupila de entrada relativamente pequeña es generada por un generador de imágenes (no mostrado) para inyección en un ensamblaje de guía de ondas. El ensamblaje de guía de ondas expande la pupila de entrada en direcciones generalmente ortogonales primera y segunda, de modo que la luz portadora de imágenes con una pupila de salida expandida se emite desde el ensamblaje de guía de ondas para ser vista por un espectador, superpuesta una escena del mundo real que se ve a través de la guía de ondas. Por lo tanto, el ensamblaje de guía de ondas forma un combinador óptico.

En más detalle, una guía 20 de ondas tiene una región 22 de difracción de entrada para el acoplamiento de la luz portadora de imágenes con una pequeña pupila de entrada en la guía 20 de ondas para la propagación por reflexión interna total. Al entrar en la guía 20 de ondas, la luz portadora de imágenes de entrada se propaga primero hacia una superficie 24 reflectante desde donde se dirige por reflexión hacia una segunda región 26 difractiva que, a su vez, redirige la luz hacia una tercera región 34 difractiva. Las regiones 26, 34 de difracción segunda y tercera están dispuestas para expandir la pupila de entrada de la luz portadora de imágenes en dimensiones 25, 31 primera y segunda, respectivamente. La tercera región 34 de difracción está dispuesta como una rejilla de salida para acoplar la luz portadora de imágenes emitida desde la guía 20 de ondas, con una pupila de salida expandida, de tal manera que se pueda ver superponiendo la escena del mundo real, por un espectador.

Las regiones 22, 26 y 34 difractivas en la disposición de la técnica anterior de la Figura 13, están dispuestas para difractar luz en un orden dado y su configuración depende de la longitud de onda de la luz portadora de imágenes. En general, el uso de una banda estrecha de longitudes de onda produce mejores resultados en un dispositivo de visualización de este tipo que un rango de longitudes de onda de banda ancha. Si se utiliza una fuente de luz láser, la luz tiene una longitud de onda relativamente precisa. Por ejemplo, una fuente de luz láser verde puede producir luz de 532 nm. Una fuente de luz LED produce luz en un pequeño rango de longitudes de onda, por ejemplo, entre 450 y 550 nm. Una fuente de luz de color tiene luz roja, verde y azul que cubre un rango relativamente grande de longitudes de onda, entre aproximadamente 350 y 750 nm.

35 Las rejillas 22, 26 y 34 de difracción que se muestran en la Figura 13, no pueden optimizarse para todas las longitudes de onda de la imagen que porta luz cromática o en color. La experimentación y el modelado óptico han demostrado que se puede producir una imagen en color, pero la pupila de salida tiene, para la mayoría de los propósitos, un campo de visión inaceptablemente pequeño. Si la pupila de salida de una imagen está centrada sobre la región 34 de salida, el espectador podría ver una imagen en color, pero tendría dificultades para ver la imagen desde ángulos de visión significativamente diferentes a 0° (la dirección de la dimensión Z en la Figura 13).

Es conocido por una solicitud de patente de Weiss et al., publicada como US 2006/0132914, que, dividir un rango de ángulos de incidencia de luz, desde un proyector de imágenes en dos rangos de ángulos divididos por un plano típicamente perpendicular al ensamblaje de guía de ondas receptor. La luz en el rango de ángulos de incidencia a un lado del plano divisor, se acopla a una primera guía de ondas a través de un primer elemento difractivo receptor y, la luz en el rango de ángulos de incidencia al otro lado del plano divisor, se acopla a una segunda guía de ondas a través de un segundo elemento difractivo receptor. La luz transmitida por cada una de las guías de ondas primera y segunda, cuando se emite a través de los respectivos elementos difractivos de salida, se recombina para permitir que el espectador vea la luz sobre el campo de visión completo previsto. Un proyector de imágenes similar es conocido por del documento JP2007011057 A. La presente invención proporciona una pantalla de proyección, que comprende:

un generador de imágenes para generar imágenes en color que comprende luz cromática portadora de imágenes que tiene un rango de longitudes de onda, para inyectar en un ensamblaje de guía de ondas sobre un campo de visión que comprende un primer rango de ángulos de campo y un segundo rango de ángulos de campo diferente,

55 el ensamblaje de guía de ondas que comprende:

una primera guía de ondas que tiene una primera región de difracción de entrada dispuesta para acoplar luz cromática portadora de imágenes en el primer rango de ángulos de campo, en la primera guía de ondas para propagarse por reflexión interna total; y

5 una segunda guía de ondas que tiene una segunda región de difracción de entrada dispuesta para acoplar luz cromática portadora de imágenes en el segundo rango de ángulos de campo, en la segunda guía de ondas para propagarse por reflexión interna total,

10 las guías de ondas primera y segunda que tienen regiones de difracción de salida primera y segunda, dispuestas para emitir luz cromática portadora de imágenes de las respectivas guías de ondas, para proyectar una imagen con dicho campo de visión hacia un espectador, de tal manera que la imagen proyectada aparezca superpuesta en una escena del mundo real visible a través del ensamblaje de guía de ondas, y

15 en donde las guías de ondas primera y segunda están configuradas, en combinación, para proyectar la imagen en color de tal manera que la luz cromática portadora de imágenes pueda ser vista por un espectador humano sobre la dimensión completa de dicho campo de visión para al menos una longitud de onda dentro del rango de longitudes de onda de la luz cromática portadora de imágenes y, puede ser vista por el espectador humano en un rango de ángulos de campo menores que la dimensión completa de dicho campo de visión, para el rango completo de longitudes de onda de la luz cromática portadora de imágenes y, en donde, la diferencia entre la dimensión completa y el rango de ángulos de campo menores que la dimensión completa de dicho campo de visión, corresponde a la visión periférica del espectador humano y, el rango de ángulos de campo menores que la dimensión completa, corresponde al campo de percepción a todo color del ser espectador humano.

20 La primera región de difracción de entrada puede servir para dividir el campo de visión, de modo que un subcampo se propaga a través de una guía de ondas y otro subcampo se propaga a través de otra guía de ondas. De esta manera, no es necesario dividir el campo de visión antes del ensamblaje de guía de ondas con ópticas adicionales y posiblemente costosas. Si el campo de visión debe dividirse en más de dos subcampos y se requieren más de dos guías de ondas, la primera región de difracción de entrada y una segunda región de difracción de entrada dividen el campo de visión.

25 A este respecto, la primera región de difracción de entrada puede estar dispuesta para ser, en general, transmisiva a la luz cromática portadora de imágenes en el segundo rango de ángulos de campo, permitiendo que la luz en el segundo rango de ángulos de campo pase a través de la primera guía de ondas a la segunda guía de ondas.

30 En una realización, la primera región de difracción de entrada puede estar dispuesta para acoplar en la primera guía de ondas, la al menos una longitud de onda de la luz cromática portadora de imágenes a través de la dimensión completa del segundo rango de ángulos de campo y, la primera región de difracción de salida, puede estar dispuesta para emitir luz de la al menos una longitud de onda desde la primera guía de ondas a través de la dimensión completa del segundo rango de ángulos de campo.

35 La segunda región de difracción de entrada puede estar dispuesta para acoplar en la segunda guía de ondas, la al menos una longitud de onda de la luz cromática portadora de imágenes en la dimensión completa del primer rango de ángulos de campo y, la segunda región de difracción de salida, puede estar dispuesta para emitir la luz de la al menos una longitud de onda de la primera guía de ondas a través de la dimensión completa del primer rango de ángulos de campo.

40 La luz cromática portadora de imágenes de una longitud de onda diferente de la al menos una longitud de onda, se puede acoplar y emitir desde las guías de ondas primera y segunda a través de menos de la dimensión completa del primer rango de ángulos de campo y del segundo rango de ángulos de campo, de tal manera que la imagen emitida desde el ensamblaje de guía de ondas se puede ver en un rango mayor de ángulos de campo para la luz del al menos un rango de longitudes de onda y un rango menor de ángulos de campo para la luz en las longitudes de onda diferentes del al menos un rango de longitudes de onda.

45 La diferencia entre el rango mayor de ángulos de campo y el rango menor de ángulos de campo, puede corresponder, en general, a la visión periférica de un espectador humano y, el rango menor de ángulos de campo, puede corresponder, en general, a la percepción a todo color o foveal de un espectador humano.

La al menos una longitud de onda puede corresponder, en general, a luz verde.

50 El primer rango de ángulos de campo puede ser desde aproximadamente 0° , perpendicular al plano del ensamblaje de guía de ondas, hasta entre $+10^\circ$ y $+30^\circ$ a la perpendicular y, el segundo rango de ángulos de campo, puede ser desde aproximadamente 0° , perpendicular al plano del ensamblaje de guía de ondas, hasta entre -10° y -30° a la perpendicular.

55 El generador de imágenes puede estar dispuesto para generar una pupila de entrada de luz cromática portadora de imágenes para la expansión en las dimensiones, en general, ortogonales primera y segunda mediante el ensamblaje

de guía de ondas y para emitir una pupila de salida expandida desde el ensamblaje y, las guías de ondas primera y segunda comprenden respectivamente, primeras regiones de difracción de expansión para expandir la pupila de entrada en la primera dimensión y segundas regiones de difracción de expansión para expandir la pupila de entrada en la segunda dimensión, dichas regiones de difracción de salida primera y segunda forman una de dichas primeras regiones de difracción de expansión o de dichas segundas regiones de difracción de expansión.

El primer rango de ángulos de campo y el segundo rango de ángulos de campo pueden ser rangos en al menos una de la primera dimensión o de la segunda dimensión.

La primera dimensión puede corresponder, en general, con una dimensión horizontal con respecto al espectador y la segunda dimensión puede corresponder, en general, con una dimensión vertical con respecto al espectador y, los rangos primero y segundo de ángulos de campo, son ángulos en la dimensión horizontal, de modo que el rango total de ángulos de campo emitido desde el ensamblaje de guía de ondas es mayor en la dimensión horizontal que en la dimensión vertical.

El generador de imágenes puede comprender un procesador de luz, para generar luz portadora de imágenes, y una lente para dirigir dicha luz portadora de imágenes hacia el ensamblaje de guía de ondas sobre el primer y el segundo rango de ángulos de campo.

Con el fin de que la presente invención pueda ser bien entendida, las realizaciones preferidas de la misma, que se dan solo a modo de ejemplo, se describirán ahora con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1 muestra una pantalla de proyección de acuerdo con realizaciones preferidas de la presente invención;

la Figura 2 muestra esquemáticamente parte de la pantalla de proyección en uso;

la Figura 3 muestra en forma simplificada la reproducción del color y del campo de visión en la pantalla de proyección;

la Figura 4 muestra esquemáticamente parte de otra pantalla de proyección en uso;

la Figura 5 muestra en forma simplificada la reproducción del color y del campo de visión en la pantalla de proyección de la Figura 3;

la Figura 6 muestra, con más detalle, una estructura de rejilla de una primera región de difracción de entrada de la pantalla de proyección de la Figura 3;

la Figura 7 muestra la respuesta de la primera región de difracción de entrada en inyección de luz;

la Figura 8 muestra con más detalle una estructura de rejilla de una segunda región de difracción de entrada de la pantalla de proyección de la Figura 3;

la Figura 9 muestra la respuesta de la segunda región de difracción de entrada en inyección de luz;

la Figura 10 muestra la eficiencia de la pantalla de proyección de la Figura 3;

la Figura 11 muestra esquemáticamente un generador de imágenes de cualquiera de las pantallas de proyección;

la Figura 12 muestra un ensamblaje de guía de ondas de otra pantalla de proyección; y

la Figura 13 muestra un ensamblaje de guía de ondas de una pantalla de proyección conocida.

Haciendo referencia, en primer lugar, a la Figura 1 y a la Figura 2, se muestra una pantalla 10 de proyección para proyectar una imagen en color a un espectador 12, de tal manera que la imagen en color puede verse superpuesta en una escena 14 del mundo real que se ve a través de la pantalla 10. La pantalla 10 comprende un generador 16 de imágenes para generar luz 38 cromática portadora de imágenes para inyección en un ensamblaje 28 de guía de ondas en un primer rango de ángulos 44 de campo y en un segundo rango de ángulos 46 de campo (mostrados en la Figura 2). Por simplicidad, en la Figura 2, se muestran rayos discretos de luz 39 azul, luz 41 verde y luz 43 roja, cada uno de los cuales representa ángulos de campo individuales dentro de cada uno de los rangos 44, 46, pero se apreciará que la luz se puede inyectar en todo el rango de ángulos de campo dentro de cada uno de los rangos. Como se puede ver en la Figura 2, la luz de cada uno de los colores se difracta en una cantidad diferente para un ángulo de campo dado.

El ensamblaje 28 de guía de ondas, comprende dos guías de ondas que son, en general, similares en construcción a la guía 20 de ondas mostrada en el dispositivo de la técnica anterior de la Figura 13, aparte de la parte 24 reflectante mostrada en la Figura 13, que puede incluirse opcionalmente en la presente invención. Una primera guía

30 de ondas está provista de una primera rejilla 32 de difracción de entrada, dispuesta para acoplar la luz 38 cromática portadora de imágenes desde el segundo rango de ángulos 46 de campo a la primera guía 30 de ondas, para propagarse mediante reflexión interna total. Una segunda guía 40 de ondas está provista de una segunda rejilla 42 de difracción de entrada dispuesta para acoplar la luz 38 cromática portadora de imágenes desde el primer rango de ángulos 44 de campo a la segunda guía 40 de ondas, para propagarse mediante reflexión interna total. La Figura 2 muestra la propagación de la luz dentro de una sección de cada una de las guías 30, 40 de ondas en la vecindad de las rejillas 32, 42 de entrada primera y segunda.

Las guías 30, 40 de ondas primera y segunda tienen rejillas 48, 50 de difracción de salida primera y segunda dispuestas para acoplar la luz cromática portadora de imágenes que sale de las respectivas guías 30, 40 de ondas, proyectando una imagen en color desde los rangos de ángulos 44, 46 de campo primero y segundo hacia un espectador, para que pueda verse superpuesto en una escena 14 del mundo real que se ve a través del ensamblaje 28 de guía de ondas.

En común con el dispositivo mostrado en la Figura 13, cada una de las guías 30, 40 de ondas está provista de una tercera rejilla 52, 54 de difracción, respectivamente, dispuesta para expandir la pupila de entrada de la luz portadora de imágenes en una primera dimensión y para dirigirla hacia la respectiva rejilla 48, 50 de difracción de salida. Las rejillas 48, 50 de salida están dispuestas para expandir la luz portadora de imágenes en una segunda dimensión, en general, ortogonal y para emitir la luz portadora de imágenes desde el ensamblaje 28 de guía de ondas con una pupila de salida expandida.

Como se muestra en la Figura 2, la primera rejilla 32 de difracción de entrada está dispuesta para ser, en general, transmisiva a la luz cromática portadora de imágenes desde el primer rango de ángulos 44 de campo, permitiendo que la luz del primer rango de ángulos 44 de campo pase a través de la primera guía 30 de ondas a la segunda guía 40 de ondas, donde se acopla en la segunda guía 40 de ondas mediante la segunda rejilla 42 de difracción de entrada. De manera similar, aunque no se muestra en la Figura 2, la primera rejilla 48 de salida está configurada para ser, en general, transmisiva a la luz portadora de imágenes que emerge desde la segunda rejilla 50 de salida de la segunda guía 40 de ondas, originalmente ingresada en la segunda guía 40 de ondas desde dentro del primer rango de ángulos 44 de campo. Más específicamente, la primera rejilla 32 de difracción está configurada para difractar la luz portadora de imágenes desde el segundo rango de ángulos 46 de campo en el orden reflejado menos uno (etiquetado “-1Ra” en la Figura 2), para comenzar a propagarse dentro de la primera guía de ondas. Sin embargo, se permite que la luz portadora de imágenes del primer rango de ángulos 44 de campo pase a través de la rejilla 32 sin difractar, como el orden de transmisión cero (etiquetado “0Ta” en la Figura 2) y para ingresar en la segunda guía 40 de ondas. La segunda rejilla 42 de difracción de entrada está configurada para difractar la luz portadora de imágenes desde el primer rango de los ángulos 44 de campo en el orden reflejado menos uno (etiquetado “-1Rb” en la Figura 2), para comenzar la propagación a través de la segunda guía 40 de ondas. Cada una de las rejillas 32, 42 de difracción de entrada, está configurada mediante la selección de una o más características de las rejillas: los pasos de las rejillas determinan cómo se comparten los campos de luz entre las dos guías 30, 40 de ondas; los perfiles de rejilla y los índices de refracción del sustrato que soportan o forman las rejillas y los recubrimientos aplicados a las rejillas, definen la eficiencia de difracción de los órdenes requeridos para las rejillas 32, 42.

Haciendo referencia a la Figura 3, se muestra una salida de cada una de las guías 30, 40 de ondas primera y segunda a modo de ilustración del principio de funcionamiento del dispositivo 10 de pantalla, que muestra cada uno de los colores azul, verde y rojo por separado. En este ejemplo, esa porción de un campo de visión horizontal de una imagen transmitida por cada una de las guías 30, 40 de ondas, se muestra para cada uno de los colores azul, verde y rojo. A modo de ejemplo, se muestra que la porción de un campo de visión total de una imagen que se emite desde cada una de las guías 30, 40 de ondas, tiene un ancho de 20 ° y, cada una de las guías de ondas proporciona una parte diferente de 20 ° del campo de visión total de la luz portadora de imágenes que se ingresa, el campo de visión total se define por los rangos 44, 46 de ángulos de campo primero y segundo tomados juntos. La parte generada por la primera guía 30 de ondas, como se muestra en las imágenes de la mano izquierda en la Figura 3, y la parte generada por la segunda guía 40 de ondas se muestra en las imágenes de la mano derecha de la Figura 3.

En la práctica, puede haber una superposición entre los rangos 44, 46 de campos de visión primero y segundo, de tal manera que una guía de ondas puede controlar un campo de visión desde, por ejemplo, - 5 ° a 20 °, mientras que la otra guía de ondas controla un campo de visión de, por ejemplo: - 20 ° a 5 °. Además, las guías 30, 40 de ondas primera y segunda, no necesitan controlar necesariamente el mismo grado de campo de visión. Por ejemplo, una guía de ondas puede controlar un campo de visión de 15 ° desde, por ejemplo, 5 ° a 20 °, mientras que la otra guía de ondas puede controlar un campo de visión de 25 ° desde, por ejemplo, - 20 ° a 5 °. También se apreciará que las rejillas de difracción de cada una de las guías 30, 40 de ondas, están configuradas para controlar la luz portadora de imágenes en el espectro visible completo de acuerdo con sus respectivos campos de visión. Es decir, el campo de visión total se divide en dos o más subcampos que contienen luz de espectro completo y los subcampos se transmiten a través de respectivas guías de ondas. Sin embargo, una guía de ondas puede controlar un campo de visión mayor para la luz de una longitud de onda, mientras que la otra guía de ondas puede controlar un campo de visión mayor para la luz de otra longitud de onda. A este respecto, una guía de ondas puede controlar un campo de

visión para la luz roja de, por ejemplo, 5° a 20° , mientras que la otra guía de ondas puede controlar un campo de visión para la luz roja de, por ejemplo, -20° a 5° . A la inversa, una guía de ondas puede controlar un campo de visión para la longitud de onda azul de la luz, por ejemplo, de -20° a 5° , mientras que la otra guía de ondas puede controlar un campo de visión para la longitud de onda azul de la luz, por ejemplo, 5° a 20° . También se debe tener en cuenta que, si bien las imágenes mostradas en la Figura 3 representan una pantalla con un campo de visión total de 40° , es posible configurar la pantalla de modo que el campo de visión general sea más o menos de 40° .

En otras disposiciones, se pueden proporcionar más de dos guías de ondas "apiladas" para transmitir, respectivamente, más de dos subcampos de visión. Por ejemplo, si el campo de visión se divide en tres subcampos, se requerirían tres guías de ondas apiladas, con rejillas de difracción asociadas, para transmitir cada uno de los subcampos a través de la pantalla para reconstituir la imagen final a través del campo de visión total.

En una realización de la invención mostrada en la Figura 4, tanto la primera como la segunda guías de ondas están dispuestas para visualizar la luz portadora de imágenes que tiene una longitud de onda particular (p. ej., verde) a través de un campo de visión general más amplio que para otras longitudes de onda, p. ej., que para la luz azul y roja. Es decir, las rejillas de difracción de cada una de las guías 30, 40 de ondas primera y segunda, pueden sintonizarse para permitir la visualización de respectivas partes de un rango de entrada más amplio de ángulos de campo para luz verde que para luz azul o luz roja. Ahora se describirá una realización particular del dispositivo 10 de pantalla configurado para este modo de operación, inicialmente con referencia a la Figura 4.

Haciendo referencia a la Figura 4, se muestra una parte del aparato 10 de pantalla similar al de la Figura 2 utilizando la misma numeración para las características en común. Sin embargo, en la Figura 4, se muestran las rejillas 58 y 60 de difracción de entrada primera y segunda, numeradas de manera diferente de las rejillas 32, 42 de entrada de la Figura 2 para enfatizar una configuración particularmente preferida de esas rejillas 58, 60 para uso en un dispositivo 10 de pantalla de otra manera similar.

La primera rejilla 58 de entrada está configurada para acoplar en la primera guía 30 de ondas, al menos una longitud de onda seleccionada de la luz cromática portadora de imágenes en la dimensión completa del segundo rango de ángulos 46 de campo (por ejemplo, de 0° a $+30^\circ$). De manera similar, la segunda rejilla 60 de entrada está configurada para acoplar en la segunda guía 40 de ondas, la misma longitud de onda seleccionada de la luz cromática portadora de imágenes en la dimensión completa del primer rango de ángulos 44 de campo (por ejemplo, de -30° a 0°). En cuanto a la Figura 2, los rayos de luz de tres longitudes de onda diferentes se muestran en la Figura 4 y se ingresan desde un único ángulo de campo dentro de cada uno de los rangos 44, 46. Sin embargo, como se indica y se muestra en negrita en la Figura 4, una longitud de onda seleccionada, por ejemplo, una luz verde entre 600 nm y 500 nm, pueden difractarse por las rejillas 58, 60 de entrada primera y segunda, respectivamente, en asociación con las rejillas 48, 50, 52, 54 de difracción adicionales, de tal manera que el espectador verá una imagen de campo completo en luz verde, preferiblemente con cada una de las partes que contribuyen de las guías de ondas primera y segunda del campo de visión completo de 60° de igual ancho. Por lo tanto, las rejillas 48, 50 de difracción de salida primera y segunda y la tercera rejilla 52, 54 de difracción, están dispuestas para expandir la pupila de salida y emitir luz de la al menos una longitud de onda seleccionada a través de la dimensión completa de los rangos 44, 46 primero y segundo de ángulos de campo.

En esta realización, las rejillas de difracción de ambas guías 30, 40 de ondas, están sintonizadas para proporcionar el campo de visión completo principalmente para la luz portadora de imágenes de una longitud de onda seleccionada (verde en este ejemplo). La luz cromática portadora de imágenes de una longitud de onda diferente de la longitud de onda (azul y roja), se acopla y se emite desde las guías 30, 40 de ondas primera y segunda a través de menos de la dimensión completa del primer rango de ángulos 44 de campo (por ejemplo, de -15° a 0°) y del segundo rango de ángulos de campo (por ejemplo, de 0° a $+15^\circ$), de tal manera que la imagen emitida desde el ensamblaje 10 de guía de ondas se puede ver en un rango mayor de ángulos de campo (por ejemplo, -30° a $+30^\circ$) en luz verde, pero en un rango menor de ángulos de campo (por ejemplo, -15° a $+15^\circ$) en luz de longitudes de onda roja y azul. Esta variación preferida dependiente de la longitud de onda en el campo de visión que se muestra, se describirá ahora con más detalle con referencia a la Figura 5.

Haciendo referencia a la Figura 5, en esta realización, el dispositivo 10 muestra una imagen en color (rojo, verde, azul) que puede verse desde un rango menor de ángulos de campo cerca del ángulo de 0° , perpendicular al plano de la pantalla 10, que desde el rango de ángulos de campo disponibles para luz monocromática de la longitud de onda seleccionada (verde). La diferencia entre el rango mayor de ángulos de campo y el rango menor de ángulos de campo (siendo la diferencia en el ejemplo anterior de -15° a -30° y $+15^\circ$ a $+30^\circ$), está dispuesta para corresponder, en general, con el rango de visión periférica de un espectador humano, mientras que el rango menor de ángulos de campo, corresponde, en general, al rango angular de la percepción a todo color de un espectador humano. Los conos de una retina humana que perciben imágenes en color, tienen una mayor concentración alrededor de un campo de visión central, foveal, que corresponde, en general, al campo de visión que el dispositivo 10 de pantalla proporciona para imágenes en color. Las varillas de la retina en un humano son principalmente responsables de la visión periférica (y nocturna) y perciben imágenes en monocromo sobre un campo de visión que corresponde sustancialmente al campo de visión del dispositivo 10 de pantalla para imágenes monocromas. Dado

que hay una concentración reducida de conos en la retina responsable de la visión periférica, la pantalla no está dispuesta para mostrar todo el color en esas regiones.

La pantalla de esta realización encuentra particular utilidad en un visor de realidad virtual, que puede ser utilizado, por ejemplo, por un piloto de avión. El piloto puede ser alertado de un objeto al proporcionar imágenes monocromáticas en un campo de visión amplio, correspondiente a su visión periférica. Una vez alertado sobre el objeto, el piloto puede girar su cabeza hacia el objeto para que el objeto se encuentre dentro del campo de visión central de la pantalla. La imagen mostrada se mostrará en color y proporcionando información adicional sobre el objeto.

Como se describió anteriormente, las guías 30, 40 de ondas primera y segunda comprenden, respectivamente, las primeras regiones 52, 54 de difracción de expansión para expandir la pupila de entrada en la primera dimensión y, las segundas regiones 48, 50 de difracción de expansión para expandir la pupila de entrada en la segunda dimensión. Las regiones de difracción de salida primera y segunda que sirven para emitir la salida de la pupila, pueden formar una de las primeras regiones de difracción de expansión o de las segundas regiones de difracción de expansión. En los dibujos y, como se describe, las regiones de difracción de salida forman las segundas regiones de difracción de expansión. Las realizaciones descritas están dispuestas para aumentar el campo de visión total en comparación con la técnica anterior discutida en una de la primera dimensión o de la segunda dimensión. Como se muestra particularmente en las Figuras 3 y 5, el campo de visión total se expande en la dimensión horizontal con respecto a un espectador. Es decir, si el espectador tiene una orientación vertical, el campo de visión se expande en mayor medida en la dimensión horizontal que en la dimensión vertical. En la Figura 3, el campo de visión horizontal en todo el espectro se incrementa a 40 °, mientras que el campo de visión vertical es de 20 °. En la Figura 5, el campo de visión horizontal para al menos una longitud de onda (p. ej., verde) se incrementa a 60 °, mientras que el campo de visión vertical es de 30 °. En general, un campo de visión horizontal aumentado es más útil que un campo de visión vertical aumentado.

Las regiones 52, 54 de difracción en las realizaciones, están dispuestas para expandir la pupila de entrada en una dimensión, en general, horizontal y, por lo tanto, están configuradas para difractar, respectivamente, un primer rango de ángulos de campo que se propaga a través de la primera guía de ondas y un segundo rango de ángulos de campo que se propaga a través de la segunda guía de ondas. La configuración correcta de las rejillas se logra mediante la elección adecuada del paso de la rejilla, la forma de la rejilla y los recubrimientos de la rejilla para cada una de las guías de onda.

Si bien las presentes realizaciones están dirigidas a aumentar el campo de visión horizontal, la invención cubre igualmente disposiciones en las que se incrementa el campo de visión vertical o en las que se aumentan los campos de visión tanto horizontal como vertical. Por supuesto, también se apreciará que las regiones de difracción de expansión del ensamblaje de guía de ondas, no necesitan estar dispuestas para expandir la pupila de entrada en dimensiones vertical y horizontal, sino en ángulos a las dimensiones horizontal y vertical, p. ej., a 90 ° y a 270 °.

Las regiones 58, 60 de difracción de entrada de la realización de la Figura 4, se describirán ahora con más detalle con referencia a las Figuras 6 a 9.

La separación de campos en subcampos primero y segundo, se realiza mediante la primera región de difracción de entrada de la primera guía de ondas. Las regiones de difracción de entrada primera y segunda, también deben estar configuradas para difractar la pupila de entrada para cada uno de los subcampos de manera eficiente en el orden correcto. La configuración de la región incluye la elección correcta de los pasos para la rejilla 58 y la rejilla 60 (siendo un paso diferente al otro paso, para determinar la división de los subcampos entre las guías de onda); los perfiles de rejilla óptimos; y mediante la aplicación de capas de recubrimiento adecuadas en las superficies de las rejillas. Los pasos y perfiles seleccionados determinan la eficiencia de difracción de los órdenes requeridos.

Ahora se describirá con más detalle una implementación preferida de las guías 30, 40 de ondas y sus respectivas rejillas de difracción. En la Figura 6 se muestra una estructura de rejilla de la región 58 de difracción. La rejilla tiene un perfil de diente de sierra con un paso 'd' de 343 nm y una altura 'h' de 200 nm. El índice 'n' de refracción del polímero 64 ópticamente transparente sobre el cual se replican las rejillas es 1,68, mientras que el índice de refracción del sustrato 66 es 1,81. En la superficie de la rejilla se forma un recubrimiento 68 hecho de TiO₂ y de 40 nm de espesor. Sobre la superficie del primer recubrimiento 68 se forma un segundo recubrimiento 70 hecho de SiO₂ y de 100 nm de espesor.

La Figura 7 muestra la respuesta de la rejilla en la Figura 6 a 532 nm (luz en la banda de onda verde). La eficiencia normalizada está trazada frente al ángulo de incidencia (grados, en el aire). El gráfico muestra el orden reflejado menos uno en líneas continuas y el orden de transmisión cero en líneas discontinuas. Se verá que en ángulos de incidencia inferiores a aproximadamente - 8 °, la rejilla no difracta los rayos en el orden de '-1R'. La transmisión de orden cero en esta región es de aproximadamente el 90%. En ángulos entre - 5 ° grados y + 33 ° grados, la eficiencia del orden de '-1R' es generalmente superior al 60%. En este ejemplo, por lo tanto, la primera región 58 de difracción de entrada difracta la luz portadora de imágenes en la banda de onda verde para propagarse mediante

reflexión interna total en la primera guía de ondas cuando se inyecta en ángulos de incidencia en un primer rango de ángulos de campo por encima de aproximadamente - 5 ° y hasta aproximadamente 40 °. La primera región 58 de difracción de entrada permite que la luz portadora de imágenes en la banda de onda verde pase a través de ella cuando se inyecta en ángulos de incidencia en un segundo rango de ángulos de campo por debajo de aproximadamente - 8 °.

En la Figura 8 se muestra una estructura de rejilla de la región 60 de difracción. La rejilla tiene un perfil de diente de sierra con un paso 'd' de 480 nm y una altura 'h' de 200 nm. El índice 'n' de refracción del polímero 72 ópticamente transparente sobre el cual se replican las rejillas es de 1,68, mientras que el índice de refracción del sustrato 74 es de 1,81. En la superficie de la rejilla se forma un recubrimiento 76 hecho de Ag y de 150 nm de espesor. En la superficie del primer recubrimiento 76 se forma un segundo recubrimiento 78 hecho de TiO₂ y de 70 nm de espesor.

La Figura 9 muestra la respuesta de la rejilla en la Figura 8 a 532 nm (luz en la banda de onda verde). La eficiencia normalizada está trazada frente al ángulo de incidencia (grados, en el aire). La gráfica muestra el orden reflejado - 1 en líneas continuas. En ángulos de incidencia mayores que - 33 grados, la eficiencia de difracción de la rejilla es mayor que 85 % para la luz de longitud de onda de 532 nm en la banda de onda verde.

Para cualquier rayo incidente (en un ángulo y longitud de onda dados), la eficiencia de entrada de la pantalla está dada por: eficiencia de la rejilla 58 más el producto de la transmisión de orden cero de la rejilla 58 y la eficiencia de '-1R' de la rejilla 60 es decir

$$\text{Eficiencia de entrada del sistema} = '1\text{-Ra}' + ('0\text{Ta}' * '-1\text{Rb}')$$

La eficiencia de la pantalla se muestra en la Figura 10 para tres longitudes de onda, es decir, en las bandas de onda rojo, verde y azul. La eficiencia de entrada del sistema se extiende sobre el campo de visión total, combinando el primer y segundo rango de ángulos de campo de - 33 ° a + 33 ° grados y tiene una alta eficiencia de alrededor del 75% o más.

Como se muestra en la Figura 11, el generador 16 de imágenes comprende un procesador de luz, tal como una pantalla 81 de cristal líquido transmisiva, para modular la luz recibida desde una fuente de luz cromática (no mostrada) para generar luz portadora de imágenes. La luz portadora de imágenes pasa a través de una serie de lentes 83, 85, 87 que hacen que la luz se inyecte en el ensamblaje de guía de ondas sobre los rangos 44, 46 de campo de visión primero y segundo.

En la Figura 12 se muestra una realización adicional de la presente invención. El ensamblaje de guía de ondas de esta pantalla de proyección comprende dos guías 80, 82 de ondas. En la Figura 12(a) se muestra la primera guía 82 de ondas, en la Figura 12(b) se muestra la segunda guía 82 de ondas y en la Figura 12(c) se muestran ambas guías de ondas junto con un generador 84 de imágenes. En aras de la brevedad, solo se describirán en detalle las diferencias con las realizaciones descritas anteriormente con referencia a la Figura 12.

El generador 84 de imágenes está dispuesto para dividir una pupila de entrada de la luz cromática portadora de imágenes en el primer rango de ángulos 86 de campo para inyección en la primera guía 80 de ondas y el segundo rango de ángulos 88 de campo para inyección en la segunda guía 82 de ondas. Como se muestra en la Figura 12, el generador de imágenes comprende un primer elemento 94 generador de imágenes para generar el primer rango de ángulos de campo y un segundo elemento 96 generador de imágenes para generar el segundo rango de ángulos de campo. La primera región 90 de difracción de entrada está ubicada para recibir la luz cromática portadora de imágenes en el primer rango de ángulos de campo desde el generador de imágenes y, la segunda región 92 de entrada de difracción, está ubicada para recibir la luz cromática portadora de imágenes en el segundo rango de ángulos de campo desde el generador de imágenes. Las regiones de difracción de entrada primera y segunda están ubicadas para permitir que la luz en el segundo rango de ángulos 88 de campo sea recibida por la segunda región 92 de difracción de entrada sin pasar a través de la primera región 90 de difracción de entrada. Por lo tanto, esta realización es diferente a las realizaciones descritas anteriormente, en las que una o más de las regiones de difracción de entrada sirve para dividir el campo de visión al permitir que la luz en ciertos ángulos de incidencia pase a través de la región de difracción de entrada (en el orden de 0T) y otros ángulos de incidencia sean difractados (en el orden de -1R). En la presente realización, el campo de visión se divide en subcampos antes de la inyección en el ensamblaje de guía de ondas, mediante la configuración adecuada del generador de imágenes.

Como se verá a partir de la Figura 1, la primera guía 80 de ondas es simétricamente opuesta en configuración a la segunda guía 82 de ondas. La primera guía de ondas puede considerarse diestra y la segunda guía de ondas puede considerarse zurda. De esta manera, la primera guía de ondas no impide que los rayos de luz emitidos por el segundo elemento de guía de ondas sean recibidos por la segunda región 92 de difracción de entrada. Se apreciará que se pueden adoptar otras configuraciones de guías de ondas mientras aún se permite que la luz en el segundo rango de ángulos de campo viaje directamente desde el generador de imágenes a la segunda región de difracción de entrada.

5 La realización mostrada en la Figura 12 puede estar dispuesta de manera similar a la realización descrita con referencia a las Figuras 1 a 3, en que la primera guía 80 de ondas transmite el espectro completo visible de luz en el primer rango de ángulos θ de campo y la segunda guía 82 de ondas transmite el espectro completo visible de luz en el segundo rango de ángulos θ de campo. Alternativamente, la realización de la Figura 12 se puede disponer para producir un mayor campo de visión total para una longitud de onda seleccionada, tal como en la banda de onda verde como se describe en relación con las Figuras 4 a 11.

10 Como se ha descrito en relación con las Figuras 1 a 12, las realizaciones comprenden guías de ondas que tienen cada una tres regiones de difracción. Como se muestra, en particular, en la Figura 1, las regiones de difracción pueden estar formadas por tres rejillas de difracción discretas. Alternativamente, como se muestra en relación con la técnica anterior en la Figura 12, la región de difracción de entrada y la primera región de expansión, pueden estar formadas por una sola rejilla. En este último aspecto, la región de difracción de entrada difracta la pupila de entrada en el orden reflectante -1 hacia una superficie reflectante que, a su vez, la refleja hacia la primera región de expansión para una difracción adicional. Alternativamente, la primera región de expansión y la segunda región de expansión (región de difracción de salida), pueden estar formadas por una sola rejilla con un reflejo ubicado para recibir luz difractada desde la primera región de expansión para reflejarla hacia la segunda región de expansión para una refracción adicional.

20 Las realizaciones dadas a conocer en el presente documento se refieren a un ensamblaje de guía de ondas en el que las guías de ondas expanden la pupila de entrada en dimensiones ortogonales primera y segunda. La invención es igualmente aplicable a un ensamblaje de guía de ondas en el que cada una de las guías de ondas comprende un primer elemento de guía de ondas para expandir la pupila de entrada en una primera dimensión y un segundo elemento de guía de ondas para expandir la entrada en una segunda dimensión, en general, ortogonal y emitirla desde la guía de ondas. Cuando hay una pluralidad de elementos de guía de onda, pueden disponerse en una configuración de placa-placa en la que la luz portadora de imágenes se propaga por reflexión interna total entre los lados opuestos y paralelos de cada uno de los elementos de guía de ondas. Alternativamente, uno de los elementos puede tener una configuración de varilla en la que la luz portadora de imágenes se propaga a su vez por reflexión interna total, que se refleja desde cada uno de los cuatro lados del elemento de guía de ondas.

REIVINDICACIONES

1. Una pantalla (10) de proyección, que comprende:

un generador (16) de imágenes para generar imágenes en color que comprende luz (38) cromática portadora de imágenes que tiene un rango de longitudes de onda para inyección en un ensamblaje (28) de guía de ondas sobre un campo de visión que comprende un primer rango de ángulos (44) de campo y un segundo rango de ángulos (46) de campo diferente,

el ensamblaje (28) de guía de ondas que comprende:

una primera guía (30) de ondas que tiene una primera región (32) de difracción de entrada dispuesta para acoplar luz cromática portadora de imágenes en el segundo rango de ángulos (46) de campo, en la primera guía (30) de ondas para propagarse por reflexión interna total; y

una segunda guía (40) de ondas que tiene una segunda región (42) de difracción de entrada dispuesta para acoplar luz cromática portadora de imágenes en el primer rango de ángulos (44) de campo, en la segunda guía (40) de ondas para propagarse por reflexión interna total,

las guías de ondas primera y segunda tienen regiones (48; 50) de difracción de salida primera y segunda dispuestas para emitir luz cromática portadora de imágenes desde las respectivas guías de ondas para proyectar una imagen con dicho campo de visión hacia un espectador (12), de tal manera que la imagen proyectada aparece superpuesta en una escena (14) 20 del mundo real, visible a través del ensamblaje de guía de ondas,

caracterizada por que las guías de ondas primera y segunda están configuradas, en combinación, para proyectar la imagen en color, de tal manera que la luz cromática portadora de imágenes pueda ser vista por un espectador humano en la dimensión completa de dicho campo de visión para al menos una longitud de onda dentro del rango de longitudes de onda de la luz cromática portadora de imágenes y, pueda ser visto por el espectador humano, en un rango de ángulos de campo menores que la dimensión completa de dicho campo de visión para el rango completo de longitudes de onda de la luz cromática portadora de imágenes, en donde la diferencia entre la dimensión completa y el rango de ángulos de campo menores que la dimensión completa de dicho campo de visión, corresponde a la visión periférica del espectador humano y, el rango de ángulos de campo menores que la dimensión completa, corresponde al campo de percepción a todo color del espectador humano.

2. La pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 1, en donde la primera región de difracción de entrada está dispuesta para ser, en general, transmisiva a la luz cromática portadora de imágenes en el segundo rango de ángulos de campo, permitiendo que la luz en el segundo rango de ángulos de campo pase a través de la primera guía de ondas a la segunda guía de ondas.

3. La pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 1 o en la reivindicación 2, en donde la primera región de difracción de entrada está dispuesta para acoplar a la primera guía de ondas, dicha al menos una longitud de onda de la luz cromática portadora de imágenes, a través de la dimensión completa del segundo rango de ángulos de campo y, la primera región de difracción de salida, está dispuesta para emitir luz de dicha al menos una longitud de onda desde la primera guía de ondas a través de la dimensión completa del segundo rango de ángulos de campo.

4. La pantalla de proyección según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la segunda región de difracción de entrada está dispuesta para acoplar en la segunda guía de ondas, dicha al menos una longitud de onda de la luz cromática portadora de imágenes a través de la dimensión completa del primer rango de ángulos de campo y, la segunda región de difracción de salida, está dispuesta para emitir luz de dicha al menos una longitud de onda desde la primera guía de ondas a través de la dimensión completa del primer rango de ángulos de campo.

5. La pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 1 o en la reivindicación 2, en donde el primer rango de ángulos de campo comprende una proporción diferente de dicho campo de visión que la del segundo rango de ángulos de campo.

6. La pantalla de proyección según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer rango de ángulos de campo incluye al menos un ángulo de campo en común con el segundo rango de ángulos de campo.

7. La pantalla de proyección según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha al menos una longitud de onda corresponde, en general, a la luz verde.

8. La pantalla de proyección según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el primer rango de ángulos de campo es desde 0 °, perpendicular al plano del ensamblaje de guía de ondas, a entre +

10 ° y + 30 ° a la perpendicular y, el segundo rango los ángulos de campo, es desde 0 °, perpendicular al plano del ensamblaje de guía de ondas, a entre - 10 ° y - 30 ° a la perpendicular.

5 9. La pantalla de proyección según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el generador de imágenes está dispuesto para generar una pupila de entrada de luz cromática portadora de imágenes para expansión en dimensiones, en general, ortogonales primera y segunda mediante el ensamblaje de guía de ondas y para emitir una pupila de salida expandida desde el ensamblaje,
10 en donde las guías de ondas primera y segunda comprenden, respectivamente, primeras regiones de difracción de expansión para expandir la pupila de entrada en la primera dimensión y segundas regiones de difracción de expansión para expandir la pupila de entrada en la segunda dimensión, dichas regiones de difracción de salida primera y segunda forman una de dichas primeras regiones de difracción de expansión o de dichas segundas regiones de difracción de expansión.

10. La pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 9, en donde el primer rango de ángulos de campo y el segundo rango de ángulos de campo son rangos en al menos una de la primera dimensión o de la segunda dimensión.

15 11. La pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 10, en donde la primera dimensión corresponde, en general, con una dimensión horizontal con respecto al espectador y la segunda dimensión corresponde, en general, con una dimensión vertical con respecto al espectador y, el primer y el segundo rango de ángulos de campo, son ángulos en la dimensión horizontal, de tal manera que el rango total de ángulos de campo de salida desde el ensamblaje de guía de ondas es mayor en la dimensión horizontal que en la dimensión vertical.

20 12. La pantalla de proyección según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el generador de imágenes comprende un procesador de luz para generar luz portadora de imágenes y una lente para dirigir dicha luz portadora de imágenes hacia el ensamblaje de guía de ondas sobre el primer y el segundo rango de ángulos de campo.

25 13. Pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 1, en donde el generador de imágenes está dispuesto para dividir una pupila de entrada de luz cromática portadora de imágenes en el primer rango de ángulos de campo para inyección en la primera guía de ondas y el segundo rango de ángulos de campo para inyección en la segunda guía de ondas, la primera región de difracción de entrada está ubicada para recibir luz cromática portadora de imágenes en el primer rango de ángulos de campo desde el generador de imágenes y, la segunda región de difracción de entrada, está ubicada para recibir luz cromática portadora de imágenes en el segundo rango de
30 ángulos de campo desde el generador de imágenes.

14. La pantalla de proyección según se reivindica en la reivindicación 13, en donde las regiones de difracción de entrada primera y segunda están ubicadas para permitir que la luz en el segundo rango de ángulos de campo sea recibida por la segunda región de difracción de entrada sin pasar a través de la primera región de difracción de entrada.

35

Fig. 1

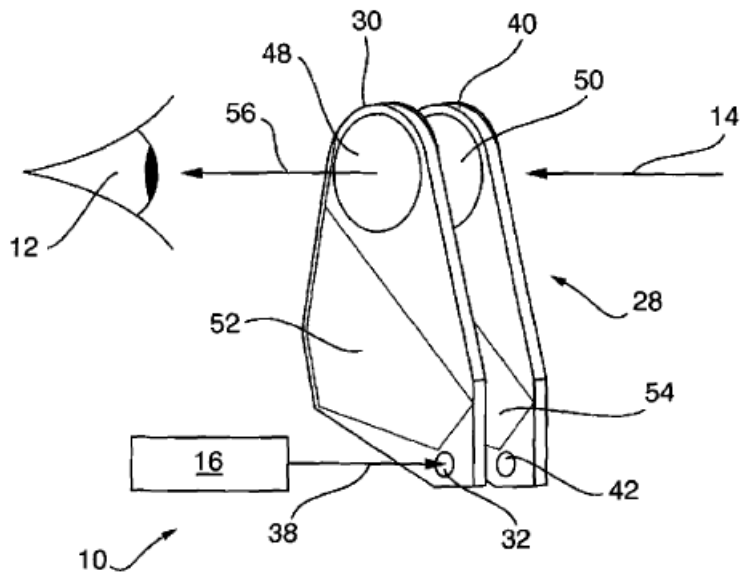


Fig. 2

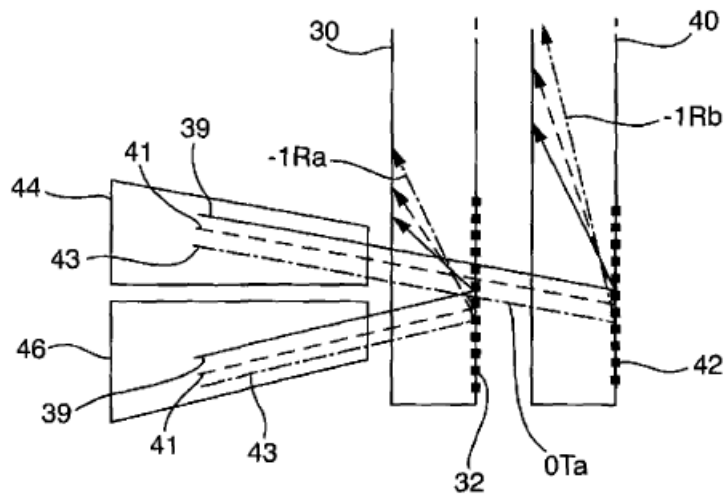


Fig. 3

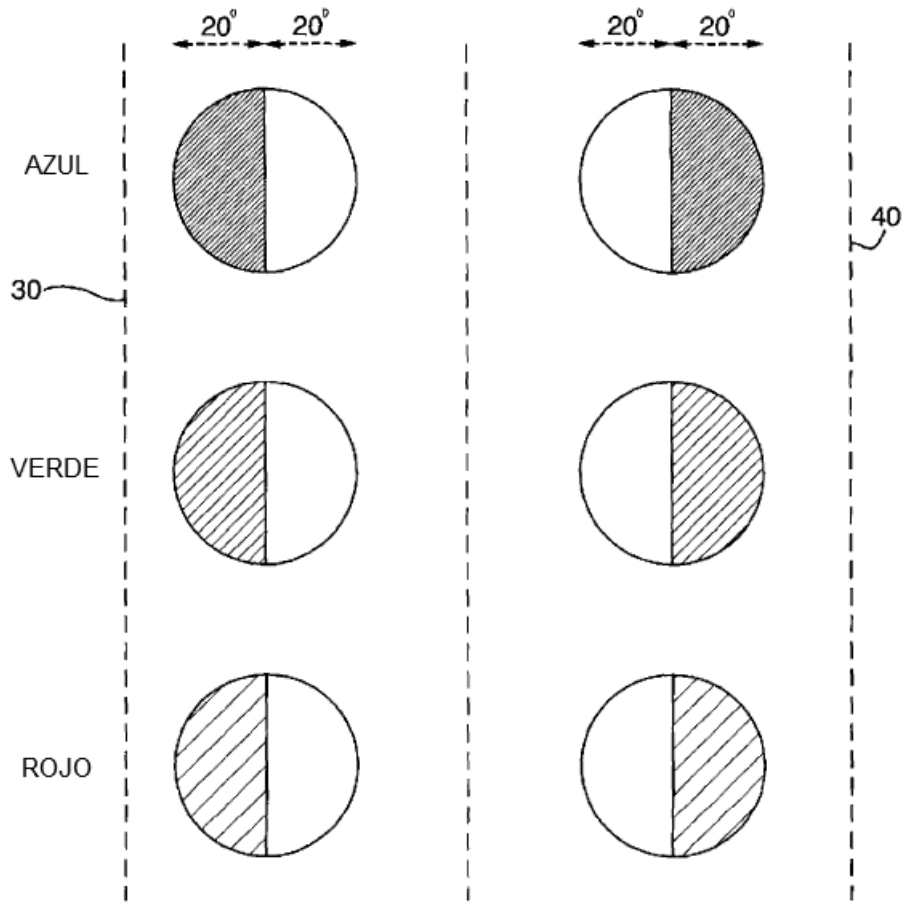


Fig. 4

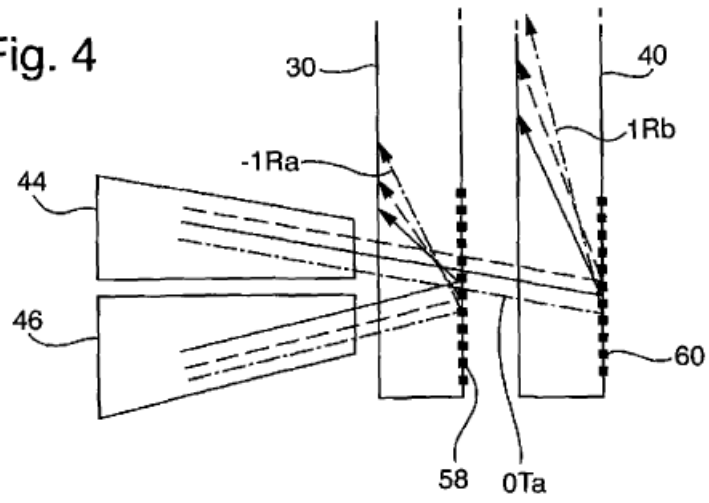
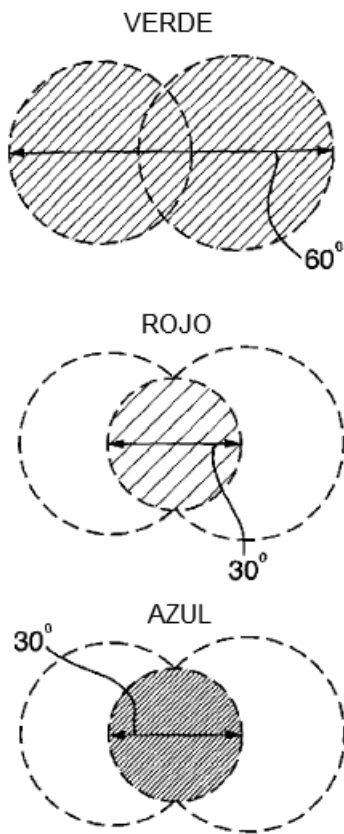


Fig. 5



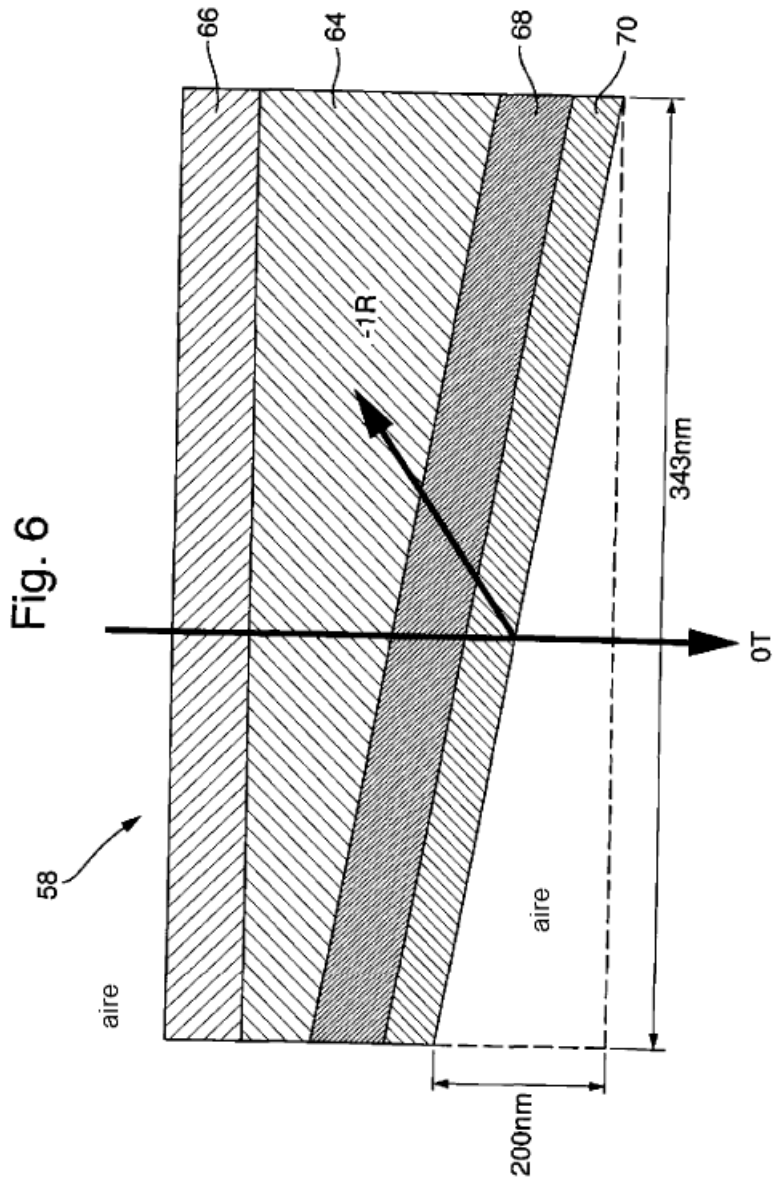
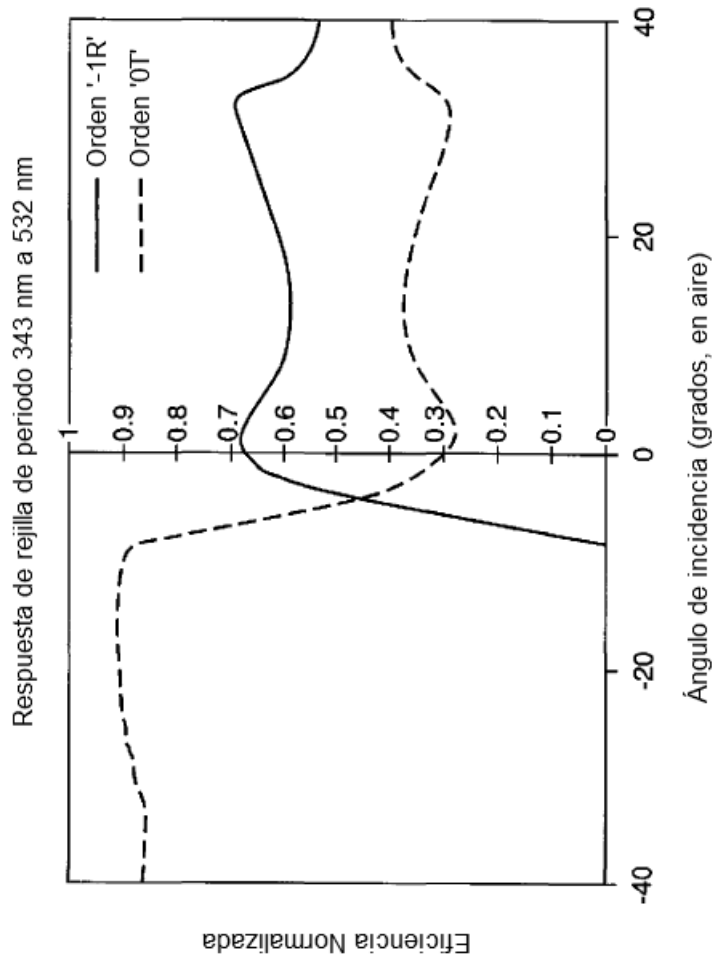


Fig. 7



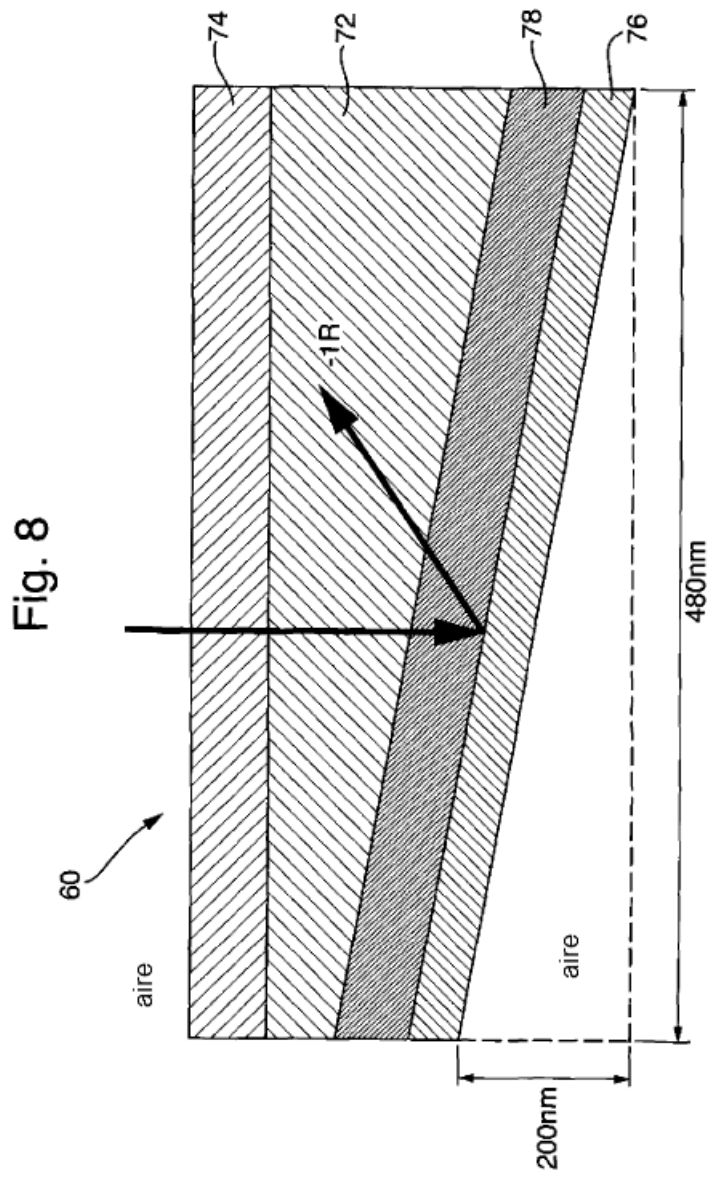


Fig. 9

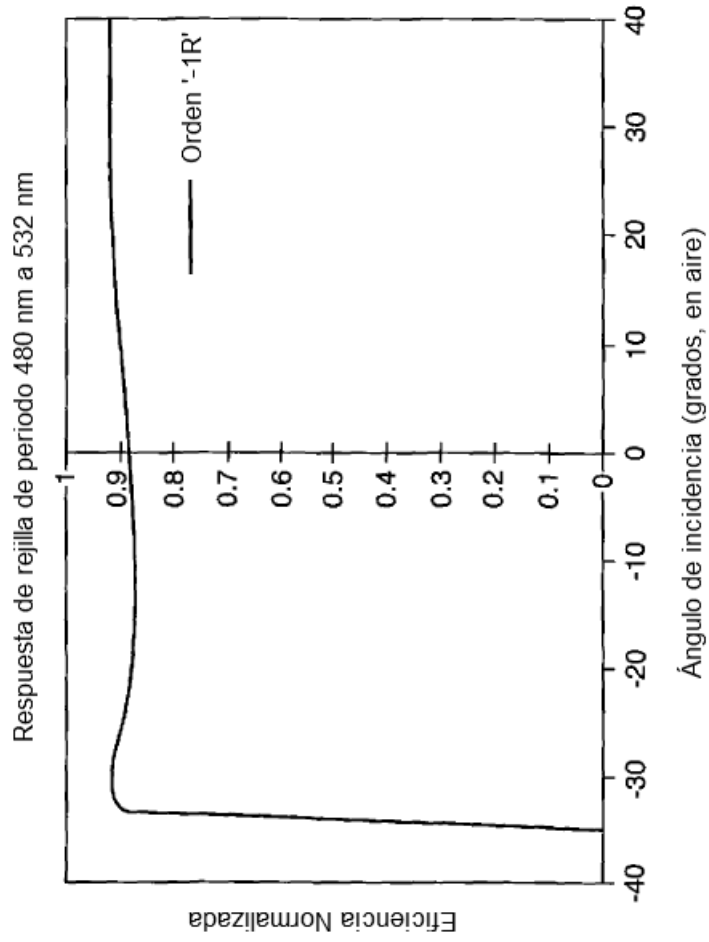


Fig. 10

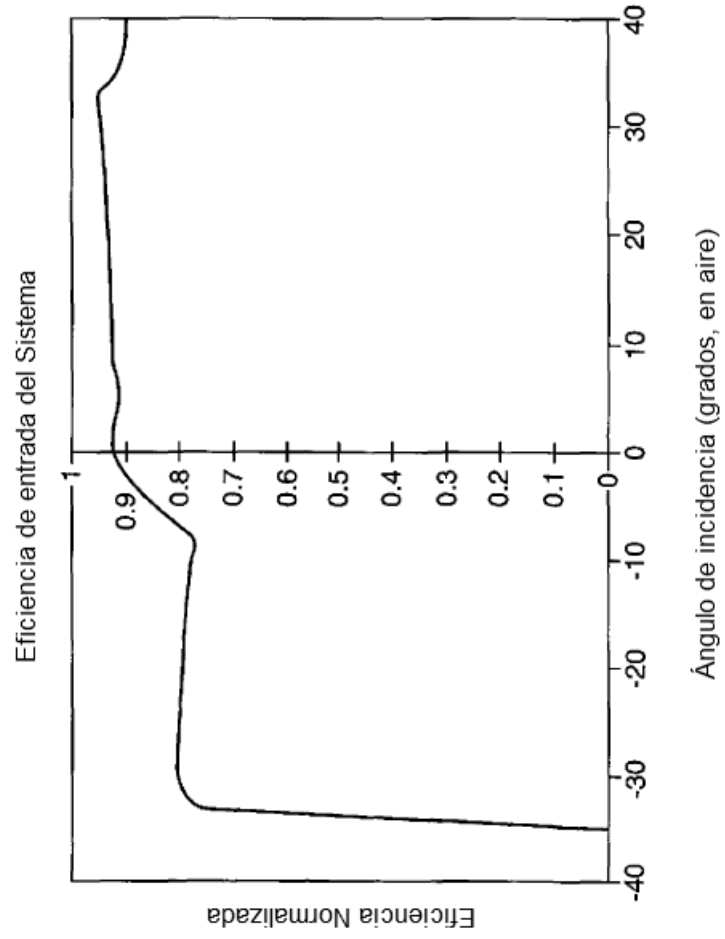


Fig. 11

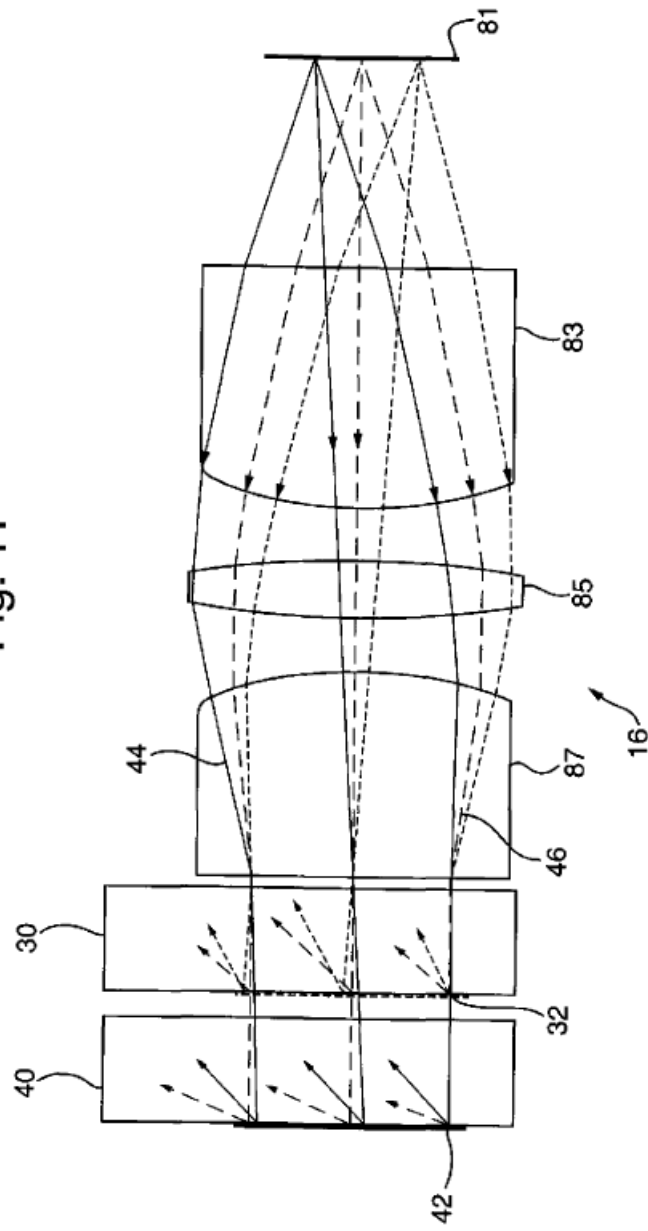


Fig. 12a

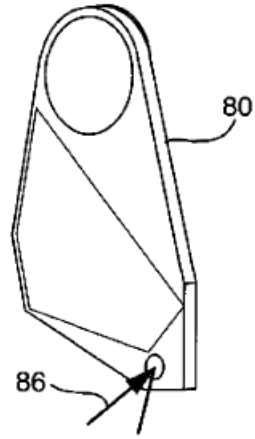


Fig. 12b

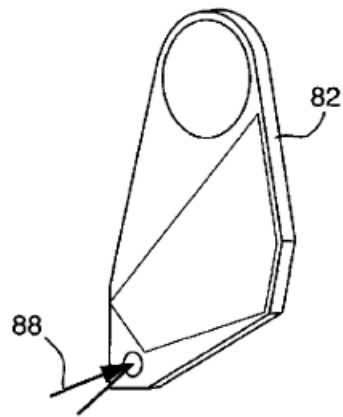


Fig. 12c

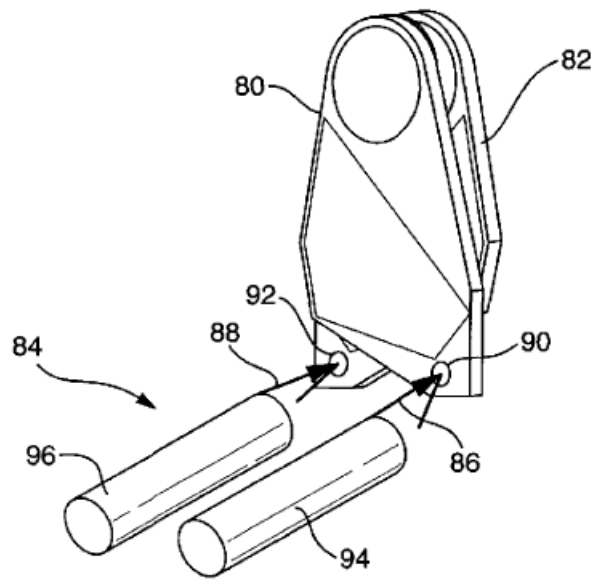


Fig. 13

