

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 200**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/00** (2006.01)

**F21V 8/00** (2006.01)

**G02B 27/01** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.12.2009 PCT/GB2009/051682**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.06.2010 WO10067117**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.12.2009 E 09806027 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2376971**

54 Título: **Mejoras en las guías de ondas o relacionadas con estas**

30 Prioridad:

**12.12.2008 GB 0822684**

**12.12.2008 EP 08275085**

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

**19.06.2019**

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)**

**6 Carlton Gardens**

**London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**SIMMONDS, MICHAEL, DAVID**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

ES 2 717 200 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

Mejoras en las guías de ondas o relacionadas con estas

Esta invención se refiere a una guía de ondas y a un dispositivo de visualización de proyección para mostrar una imagen a un observador, que es particular, pero no exclusivamente, adecuada para utilizar en un dispositivo de visualización frontal, un dispositivo de visualización montado en el casco o un dispositivo de visualización montado en la cabeza. La invención se ha definido en las reivindicaciones adjuntas.

Con referencia a las figs. 1 y 2, en las que se han utilizado referencias similares para indicar números enteros similares, la publicación de la solicitud de patente Internacional de la técnica anterior con número WO2007/029032 enseña un dispositivo de visualización 10 de proyección para mostrar una imagen a un observador 12 que utiliza técnicas de guía de ondas para generar un dispositivo de visualización colimado que define una pupila de salida grande en el punto del observador 12 y un campo de visión grande, mientras que utiliza un pequeño dispositivo de fuente de luz que proporciona imágenes. El dispositivo de visualización 10 de proyección utiliza una primera guía de ondas 14 similar a una placa hecha de material que transmite la luz tal como vidrio o plástico y una segunda guía de ondas 16 similar a una placa hecha de un material que transmite la luz y transparente a la luz tal como vidrio o plástico. El dispositivo de visualización 10 de proyección incluye adicionalmente un dispositivo de fuente de luz que proporciona imágenes, no mostrado, ubicado para inyectar luz que soporta una imagen a la primera guía de ondas 14 similar a una placa a través de la primera cara 18.

El dispositivo de fuente de luz que proporciona imágenes incluye un micro-dispositivo de visualización dispuesto para proporcionar información que ha de ser mostrada al observador 12. Adicionalmente el dispositivo de fuente de luz que proporciona imágenes incluye una disposición óptica de colimación ubicada entre el micro-dispositivo de visualización y la primera cara 18 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa. La disposición óptica de colimación es operable para colimar la luz recibida desde el micro-dispositivo de visualización y para inyectar la luz que transporta una imagen colimada en la primera guía de ondas 14 similar a una placa a través de la primera cara 18.

La luz que transporta una imagen colimada producida por la disposición óptica de colimación tiene una pequeña pupila de salida y es alimentada a la primera guía de ondas 14 similar a una placa, que realiza la función de estirar la pupila horizontal del dispositivo de visualización final. La salida de la primera guía de ondas 14 similar a una placa es alimentada a la segunda guía de ondas 16 similar a una placa, que está dispuesta para estirar la pupila vertical del dispositivo de visualización final y también para actuar como un mezclador para el dispositivo de visualización 10 de proyección a través del cual el observador 12 ve una escena 20 del mundo exterior a lo largo de una línea de visión 22 del observador 12 a través de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa con información que ha de ser mostrada al observador 12 superpuesta en la escena 20 del mundo exterior. De esta manera, la imagen que ha de ser presentada al observador 12 que mira a través de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa define una gran pupila de salida y un gran campo de visión mientras que utiliza una fuente de luz que genera una pequeña imagen.

La luz que soporta una imagen inyectada en la primera guía de ondas 14 similar a una placa, a través de la primera cara 18 es incidente en una primera rejilla 24 dispuesta internamente dentro de la primera guía de ondas 14 similar a una placa y sustancialmente paralela a la primera cara 18. La luz que incide sobre la primera rejilla 24 se difracta desde la misma de tal manera que el ángulo de incidencia de la luz en las superficies internas de la primera guía de ondas 14 similar a una placa es mayor que el ángulo crítico para el material a partir del cual está hecha la primera guía de ondas 14 similar a una placa. La luz que soporta una imagen está constreñida dentro de la primera guía de ondas 14 similar a una placa para propagarse a lo largo de la primera guía de ondas 14 similar a una placa reflejándose desde cada superficie interna a su vez para seguir una trayectoria 26 de luz predefinida. Así, los ángulos relativos de campo de la luz incidente en la primera guía de ondas 14 similar a una placa en la primera cara 18 son conservados dentro de la primera guía de ondas 14 similar a una placa y la información requerida para regenerar la imagen original es conservada.

La primera rejilla 24 también sirve para irradiar la luz que soporta una imagen fuera de la primera guía de ondas 14 similar a una placa. La primera rejilla 24 es una rejilla de baja eficiencia que difracta una pequeña cantidad de luz fuera de la primera guía de ondas 14 similar a una placa en cada interacción con la luz incidente que soporta una imagen.

La segunda guía de ondas 16 similar a una placa está ubicada con una primera cara 28 paralela con una segunda cara 30 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa y está dispuesta para recibir la luz que soporta una imagen que sale de la segunda cara 30 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa. La segunda cara 30 es paralela a la primera cara 18 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa. La primera cara 28 de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa está ubicada adyacente y cerca de la segunda cara 30 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa. La segunda guía de ondas 16 similar a una placa incluye una segunda rejilla 32 ubicada en ella dispuesta sustancialmente paralela a la primera cara 28 de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa y la segunda rejilla 32 es operable para difractar cada rayo incidente de luz que soporta una imagen recibida desde la primera rejilla 24 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa en un ángulo que es mayor que el ángulo crítico para el material a partir del cual está hecha la segunda guía de ondas 16 similar a una placa. Por consiguiente, la luz que soporta una imagen recibida se propagará dentro de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa para seguir la trayectoria 26 de luz predefinida. La luz que soporta una imagen continúa a lo largo de la trayectoria 26 de luz hasta una tercera rejilla 34

dispuesta en o dentro de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa, que está dispuesta para difractar la luz que soporta una imagen recibida fuera de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa hacia el observador 12.

La segunda rejilla 32 está dispuesta de tal manera que su potencia de difracción es hecha girar 90 grados con respecto a la potencia de difracción de la primera rejilla 24 para hacer girar la luz que soporta una imagen hacia la tercera rejilla 34.

5 La tercera rejilla 34 es una rejilla de baja eficiencia, de tal manera que la luz que soporta una imagen se propaga a lo largo de la trayectoria 26 de luz dentro de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa, cada interacción con la  
 10 tercera rejilla 34 hace que una pequeña proporción de la luz que soporta una imagen sea difractada fuera de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa. La luz que soporta una imagen que no es difractada fuera de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa continúa propagándose dentro de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa. Por  
 15 consiguiente, un gran número de rayos paralelos de luz que soporta una imagen salen de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa a través de la tercera rejilla 34 hacia el observador 12, que se originó en puntos discretos en el micro-dispositivo de visualización que forman el dispositivo de fuente de luz que genera una imagen. Cuando los ángulos relativos de campo de la luz que soporta una imagen han sido conservados dentro de la primera y segunda guías de  
 onda 14, 16 similares a una placa, la imagen correcta que ha de ser transmitida al observador 12 es presentada para su visualización cuando el observador 12 ve una escena 20 del mundo exterior a través de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención una guía de ondas para un dispositivo de visualización de proyección, incluye: un sustrato de transmisión de luz de material que tiene dos caras paralelas sustancialmente opuestas, estando  
 20 dispuesto el sustrato de material para transmitir luz dentro del sustrato de material, entre las caras paralelas, por reflexión interna total, teniendo el sustrato de material un ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total; un elemento de rejilla de salida dispuesto dentro del sustrato de material para difractar una parte de luz incidente en la misma fuera del sustrato de material y para permitir que el resto de la luz sea transmitida dentro del sustrato de material por reflexión  
 25 interna total; y una capa óptica dispuesta en cada una de las caras paralelas, estando dispuesta la capa óptica para reducir el ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total de luz dentro del sustrato de material de modo que se pueda aumentar el número de interacciones entre la luz transmitida dentro del sustrato y el elemento de rejilla.

De esta manera, se reduce el ángulo crítico para permitir la reflexión interna total de luz dentro de la guía de ondas. Además, se aumenta el campo total de visión capaz de transmisión por la guía de ondas.

Medios tales como una fuente de luz u otra guía de ondas pueden introducir luz en el sustrato en ángulos de incidencia en relación con las caras sustancialmente paralelas que están entre un ángulo crítico del sustrato sin la capa óptica (es  
 30 decir, como en la técnica anterior) y un ángulo crítico reducido del sustrato con la capa óptica.

La capa óptica puede ser seleccionada para reducir la reflectancia de Fresnel de luz en las caras del sustrato que tienen un ángulo de incidencia que está entre el ángulo crítico del sustrato con la capa óptica y un eje normal cuando la luz es difractada fuera del sustrato por el elemento de rejilla de salida.

La capa óptica puede comprender una pluralidad de capas en las que capas alternas tienen índices de refracción  
 35 relativamente altos y relativamente bajos. En este caso, la o cada capa de índice de refracción relativamente alto puede estar hecha de  $\text{TiO}_2$  y/o la o cada capa de índice de refracción relativamente bajo puede estar hecha de  $\text{MgF}_2$ .

De acuerdo con otro aspecto de la invención un dispositivo de visualización de proyección, para mostrar una imagen a un observador, incluye: primera y segunda guías de ondas como se ha descrito anteriormente en relación a la presente invención; un dispositivo de fuente de luz que proporciona una imagen dispuesto para generar una imagen y para  
 40 inyectar la luz que soporta una imagen en la primera guía de ondas; un llamado primer elemento de rejilla de salida asociado con la primera guía de ondas dispuesta para dirigir la luz que soporta una imagen internamente a lo largo de la primera guía de ondas por reflexión interna total y a través de la cual la luz que soporta una imagen es emitida desde la primera guía de ondas, teniendo la primera guía de ondas un ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total; un elemento de rejilla de entrada dispuesto para recibir la luz que soporta una imagen desde la primera guía de ondas y  
 45 para inyectar la luz que soporta una imagen a lo largo de la segunda guía de ondas por reflexión interna total, teniendo la segunda guía de ondas un ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total; y un llamado segundo elemento de rejilla de salida dispuesto en la segunda guía de ondas para difractar la luz que soporta una imagen recibida fuera de la segunda guía de ondas hacia un observador; en donde las capas ópticas de la primera y segunda guías de ondas reducen el ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total de la luz que soporta una imagen dentro de las  
 50 guías de ondas para aumentar el número de interacciones entre la luz que se propaga dentro de la primera guía de ondas y el primer elemento de rejilla de salida y entre la luz que se propaga dentro de la segunda guía de ondas y el segundo elemento de rejilla de salida.

De esta manera, se reduce el ángulo crítico para permitir la reflexión interna total de luz dentro de la primera y/o segunda guías de ondas. Además, se aumenta el campo total de visión capaz de transmisión dentro del dispositivo de  
 55 visualización de proyección.

El primer y segundo elementos de rejilla de salida pueden estar dispuestos para difractar una parte de la luz que soporta una imagen incidente en la misma fuera del elemento de guía de ondas asociado y para permitir que el resto de la luz que soporta una imagen sea transmitida dentro del elemento de guía de ondas asociado por reflexión interna total.

5 Cuando se ha reducido el ángulo crítico del primer y segundo elementos de guías de ondas, aumenta el número de interacciones entre la luz que soporta una imagen y el elemento de rejilla por unidad de longitud del elemento de rejilla.

Cada capa óptica puede ser un revestimiento óptico aplicado a la cara paralela asociada.

Uno o más de los elementos de rejilla pueden ser elementos holográficos o superficies semi-reflectantes.

10 El primer elemento de guía de ondas puede ser similar a una placa, el segundo elemento de guía de ondas puede ser similar a una placa y el primer y segundo elementos de guía de ondas pueden estar dispuestos sustancialmente paralelos entre sí.

Alternativamente, el primer elemento de guía de ondas y el segundo elemento de guía de ondas pueden estar dispuestos sustancialmente en el mismo plano. El primer elemento de guía de ondas y el segundo elemento de guía de ondas pueden estar formados dentro de una sola pieza de material.

15 Como otra alternativa, el primer elemento de guía de ondas puede ser similar a una barra, el segundo elemento de guía de ondas puede ser similar a una placa y el primer y segundo elementos de guía de ondas pueden estar dispuestos de tal manera que la luz que soporta una imagen salga del primer elemento de guía de ondas a lo largo de un eje longitudinal del primer elemento de guía de ondas y entre al segundo elemento de guía de ondas para propagarse a lo largo de un eje de propagación del segundo elemento de guía de ondas.

20 La guía de ondas y/o el dispositivo de visualización de proyección de la invención pueden estar incluidos en un Dispositivo de Visualización Frontal, o un Dispositivo de Visualización Montado en el Casco, o un Dispositivo de Visualización en la Cabeza.

La invención se describirá ahora, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 ilustra, en una vista en perspectiva, un dispositivo de visualización de proyección de la técnica anterior que incluye guías de ondas paralelas ;

25 La fig. 2 ilustra, en una vista en alzado, el dispositivo de visualización de proyección de la técnica anterior de la fig. 1;

La fig. 3 ilustra, en una vista en alzado, una guía de ondas de acuerdo con la técnica anterior;

La fig. 4 ilustra, en una vista en alzado, una guía de ondas de acuerdo con la presente invención.

La fig. 5 ilustra un gráfico de la curva de respuesta de reflexión interna para una guía de ondas de la técnica anterior y una guía de ondas de acuerdo con la presente invención;

30 La fig. 6 ilustra, en una vista en alzado, una guía de ondas que muestra la reflexión interna total de la luz para la técnica anterior y la presente invención;

La fig. 7 ilustra en una vista en alzado una comparación del campo de visión de la guía de ondas de la técnica anterior con una guía de ondas de la presente invención;

35 La fig. 8 ilustra con más detalle un gráfico de la curva de respuesta de reflexión interna y la reflectancia de Fresnel para una guía de ondas de la técnica anterior;

La fig. 9 ilustra esquemáticamente pérdidas de reflectancia en una guía de ondas de la técnica anterior tanto en la imagen del dispositivo como en una escena del mundo exterior;

La fig. 10 ilustra con más detalle un gráfico de la curva de respuesta de reflexión interna y la reflectancia de Fresnel para una guía de ondas que incorpora la invención;

40 La fig. 11 ilustra esquemáticamente un intervalo de visión angular requerido de una escena del mundo exterior a través de una guía de ondas; y

La fig. 12 muestra con más detalle un aspecto de una guía de ondas que incorpora la invención.

45 Con referencia a la fig. 3, se ha mostrado una guía de ondas 40 formada a partir de un material de sustrato, que comprende una primera cara interna 42 y una segunda cara interna 44 espaciadas de forma paralela entre sí. La guía de ondas 40 está dispuesta para reflejar de forma interna total la luz inyectada a lo largo de una trayectoria 46 de luz entre la primera y segunda caras 42, 44. Con el fin de conseguir la reflexión interna total de la luz a lo largo de la trayectoria 46 de luz, la luz inyectada está dispuesta para entrar en la guía de ondas 40 en un ángulo mayor que el ángulo crítico  $\phi_{c1}$  para

el sustrato de material a partir del cual está formada la guía de ondas 40, cuando se mide desde un eje normal 48 hasta la guía de ondas 40.

5 Un elemento 50 de rejilla transportado dentro de la capa de material de la guía de ondas 60 está dispuesto de tal manera que la luz incidente que sigue la trayectoria 46 de luz o bien es difractada fuera de la guía de ondas 60 como una pupila de la luz que soporta una imagen 52a a 52c, para que el observador la vea, o bien la luz que soporta una imagen pasa a través del elemento 50 de rejilla y es reflejada por la primera cara interna 42 o la segunda cara interna 44 de la guía de ondas 40 para propagarse más a lo largo de la guía de ondas 40 hacia un extremo distal 54. Por consiguiente, la luz reflejada internamente dentro de la guía de ondas 40 incidirá en el elemento 50 de rejilla más a lo largo de la trayectoria 46 de luz.

10 Con referencia a la fig. 4, se ha mostrado una guía de ondas 60 que incluye un sustrato de material 62, que tiene una primera cara interna 64 y una segunda cara interna 66 espaciadas de forma paralela entre sí y dispuestas para permitir la propagación de la luz que soporta una imagen a lo largo de un eje de propagación para seguir una trayectoria 68 de luz dentro del sustrato de material 62 mediante la reflexión interna total de la luz que soporta una imagen. El sustrato de material 62 es un material transparente a la luz dispuesto para permitir que un observador, no ilustrado, mire a través del sustrato de material 62 mientras que también está dispuesto para transportar la luz que soporta una imagen para proporcionar una imagen de visualización al observador superpuesta en una escena delantera vista a través de la guía de ondas 60.

20 Un elemento 70 de rejilla transportado dentro del sustrato de material 62 está dispuesto para interactuar con la luz de tal manera que la luz incidente que soporta una imagen que sigue la trayectoria 68 de luz o bien es difractada fuera del sustrato de material 62 como una pupila de luz que soporta una imagen 72a a 72d para que el observador la vea, o bien la luz que soporta una imagen pasa a través del elemento 70 de rejilla y es reflejada internamente o bien por la primera o bien por la segunda caras internas 70, 72 del sustrato de material 62 de modo que se propague más a lo largo de la trayectoria 68 de luz hacia un extremo distal 74. Por consiguiente, la luz que soporta una imagen reflejada internamente dentro del sustrato de material 62 incidirá en el elemento 70 de rejilla más a lo largo de la trayectoria 68 de luz.

25 Una primera superficie externa 76 del sustrato de material 62 está revestida con una capa óptica 78 y una segunda superficie externa 80 del sustrato de material 62 está revestida con una capa óptica 82. Las capas ópticas 80, 82 están dispuestas de tal manera que reducen el ángulo crítico  $\phi_{c2}$  requerido para la reflexión interna total de la luz que soporta una imagen dentro del sustrato de material 62, cuando se mide desde un eje normal 84 hasta la guía de ondas 60. Las capas ópticas 78 y 82 pueden estar formadas a partir de la utilización de un revestimiento de película delgada dieléctrica.

30 Con referencia a la fig. 5, que proporciona una comparación del ángulo  $\phi$  en el que la luz que soporta una imagen es inyectada en una guía de ondas 40 de la técnica anterior, como se ha indicado por la línea 90, e inyectada en una guía de ondas 60 de acuerdo con la presente invención, como se ha indicado por la línea 92, a lo largo de la abscisa 94, contra la luz reflejada internamente dentro de las guías de ondas 40, 92, a lo largo de la ordenada 96. Se observará a partir de una comparación de las curvas de respuesta para la guía de ondas 40 de la técnica anterior y la guía de ondas 60 de la presente invención, líneas 90 y 92, que la guía de ondas 40 de la técnica anterior proporcionará un ángulo crítico  $\phi_{c1}$  que es mayor que el ángulo crítico  $\phi_{c2}$  proporcionado por la guía de ondas 60 de acuerdo con la presente invención.

35 La diferencia entre los dos ángulos críticos  $\phi_{c1}$  y  $\phi_{c2}$ , indicado por la doble flecha 98, proporciona a la guía de ondas 60 la ventaja de ser capaz de ser utilizada para un mayor intervalo angular de luz que soporta una imagen inyectada que la guía de ondas 40 de la técnica anterior. Además, como se ha observado a partir de una comparación de las figs. 3 y 4, cuando se ha reducido el ángulo crítico  $\phi_{c2}$  para inyectar la luz que soporta una imagen, la luz que soporta una imagen interactuará con el elemento 70 de rejilla más a menudo que la de la técnica anterior descrita con referencia a la fig. 3. Por consiguiente, más pupilas de luz que soporta una imagen 72a a 72d saldrán de la guía de ondas 60, mitigando de este modo la formación de bandas en la pupila como es percibido por el observador.

40 Con referencia a la fig. 6, una comparación de la trayectoria 100 de luz como se ha proporcionado por la guía de ondas de la técnica anterior y la trayectoria 102 de luz como se proporciona por la guías de ondas de la presente invención indica qué luz interactúa con un elemento 104 de rejilla más a menudo cuando el ángulo crítico para la reflexión interna total dentro de una guía de ondas 106 disminuye.

45 Se comprenderá que la inyección de la luz que soporta una imagen en la guía de ondas 60 puede ser a través de uno o más elementos ópticos reflectantes, de transmisión o refractivos. Además, el elemento 70 de rejilla puede ser reflectante, estando dispuesto de este modo en o cerca de una superficie 64 o 66, o de transmisión, estando dispuesto de este modo hacia el centro de la guía de ondas 60.

50 Tal guía de ondas 60 puede ser utilizada en un dispositivo de visualización de proyección, para mostrar una imagen a un observador, tal como la descrita con referencia a las figs. 1 y 2 para corregir la irregularidad de la intensidad de la luz que soporta una imagen desde la primera rejilla 24 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa y/o la tercera rejilla 34 de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa.

55 Con referencia a la fig. 7 se ha mostrado una guía de ondas 110 de la técnica anterior comparada con una guía de ondas 112 de acuerdo con la presente invención. La guía de ondas 110 de la técnica anterior está formada a partir de una capa

de material 114, que comprende una primera cara interna 116 y una segunda cara interna 118 espaciadas de forma paralela entre sí. La guía de ondas 110 está dispuesta para reflejar de forma interna total la luz inyectada a lo largo de una trayectoria 120 de luz entre la primera y segunda caras 116, 118. Con el fin de conseguir la reflexión interna total de la luz a lo largo de la trayectoria 120 de luz, la luz inyectada está dispuesta para entrar en la guía de ondas 110 en un ángulo mayor que el ángulo crítico  $\phi_{c3}$  para la capa de material 114 a partir del cual está formada la guía de ondas 110, cuando se mide desde un eje normal 122 hasta la guía de ondas 110.

Un elemento 124 de rejilla transportado dentro de la capa de material 114 de la guía de ondas 110 está dispuesto de tal manera que la luz incidental que sigue la trayectoria 120 de luz o bien es difractada fuera de la guía de ondas 110 como una pupila de luz que soporta una imagen, como se ha descrito previamente con referencia a la fig. 3, para que el observador la vea, o bien la luz que soporta una imagen pasa a través del elemento 124 de rejilla y es reflejada o bien por la primera cara interna 116 o bien por la segunda cara interna 118 de la guía de ondas 110 para propagarse más a lo largo de la guía de ondas 110 hacia un extremo distal 126. Por consiguiente, la luz reflejada internamente dentro de la guía de ondas 110 incidirá en el elemento 124 de rejilla más a lo largo de la trayectoria 120 de luz.

La luz inyectada en la guía de ondas 110 está dispuesta para incidir en un elemento óptico 128 dispuesto en o dentro del sustrato de material 114 que está dispuesto para reflejar la luz de tal manera que siga la trayectoria 120 de luz. El ángulo mínimo para  $\phi_{c3}$  depende del ángulo crítico para el sustrato de material 114. Un ángulo máximo  $\phi_{c4}$ , como medido desde un eje normal 130 hasta la guía de ondas 110, para luz inyectada en la guía de ondas 110 depende de la interacción deseada entre la luz que sigue la trayectoria 120 de luz y el elemento 124 de rejilla y el período entre pupilas asociado con la luz que sale de la guía de ondas 110, que a su vez determina el anillado de pupila percibido. Por consiguiente, los ángulos  $\phi_{c3}$  y  $\phi_{c4}$  determinan el campo total de visión 132 de la imagen transmitida por la guía de ondas 110.

Esto ha de ser comparado con la guía de ondas 112 de la presente invención, que incluye un sustrato de material 134, que tiene una primera cara interna 136 y una segunda cara interna 138 espaciadas de forma paralela entre sí y dispuestas para permitir la propagación de la luz que soporta una imagen a lo largo de un eje de propagación para seguir una trayectoria 140 de luz dentro del sustrato de material 134 mediante la reflexión interna total de la luz que soporta una imagen. El sustrato de material 134 es un material transparente a la luz dispuesto para permitir a un observador, no ilustrado, mirar a través del sustrato de material 134 mientras que también está dispuesto para transportar la luz que soporta una imagen para proporcionar una imagen de visualización al observador superpuesta en una escena delantera vista a través de la guía de ondas 112.

Un elemento 142 de rejilla transportado dentro del sustrato de material 134 está dispuesto de tal manera que la luz que soporta una imagen incidental que sigue la trayectoria 140 de luz o bien es difractada fuera del sustrato de material 134 como una pupila de luz que soporta una imagen, como se ha descrito previamente con referencia a la fig. 4, para que el observador la vea, o bien la luz que soporta una imagen pasa a través del elemento 142 de rejilla y es reflejada internamente o bien por la primera o bien por la segunda caras internas 136, 138 del sustrato de material 134 para propagarse más a lo largo de la trayectoria 140 de luz hacia un extremo distal 144. Por consiguiente, la luz que soporta una imagen reflejada internamente dentro del sustrato de material 134 incidirá en el elemento 142 de rejilla más a lo largo de la trayectoria 140 de luz.

Una primera superficie externa 146 del sustrato de material 134 está revestida con una capa óptica 148 y una segunda superficie externa 150 del sustrato de material 134 está revestida con una capa óptica 152. Las capas ópticas 148, 152 está dispuestas de tal manera que reducen el ángulo crítico  $\phi_{c5}$  requerido para la reflexión interna total de la luz que soporta una imagen dentro del sustrato de material 134, como medido desde un eje normal 154 hasta la guía de ondas 112. Las capas ópticas 148 y 152 pueden estar formadas a partir de la utilización de un revestimiento de película delgada dieléctrica.

La luz que soporta una imagen inyectada en la guía de ondas 112 está dispuesta para incidir en un elemento óptico 156 dispuesto en o dentro del sustrato de material 134 que está dispuesto para reflejar la luz que soporta una imagen de tal manera que sigue la trayectoria 140 de luz. El ángulo mínimo para  $\phi_{c5}$  depende del ángulo crítico para el sustrato de material 134 cuando es reducido por la adición de las capas ópticas 148, 152. Como para la guía de ondas 110 de la técnica anterior, el ángulo máximo  $\phi_{c4}$ , como medido desde un eje normal 158 hasta la guía de ondas 112, para la luz inyectada en la guía de ondas 112 depende de la interacción deseada entre la luz que soporta una imagen que sigue la trayectoria 140 de luz y el elemento 142 de rejilla y el período entre pupilas asociado con la luz que soporta una imagen que sale de la guía de ondas 112, que a su vez determina el anillado de pupila percibido. Por consiguiente, los ángulos  $\phi_{c4}$  y  $\phi_{c5}$  determinan el campo total de visión 160 de la imagen transmitida por la guía de ondas 112.

Como se observará a partir de las líneas encadenadas 162 y 164 y de las flechas dobles 166 y 168, el campo total de visión 160 de la guía de ondas 112 es mayor que el campo total de visión 132 de la guía de ondas 110 de la técnica anterior. El campo total de visión 160 aumentado es proporcionado por el ángulo crítico  $\phi_{c5}$  reducido proporcionado por las capas ópticas 148, 152.

Se comprenderá que la inyección de la luz que soporta una imagen en la guía de ondas 112 puede ser a través de uno o más elementos ópticos reflectantes, de transmisión o refractivos. Además, el elemento 142 de rejilla puede ser

reflectante, estando dispuesto de este modo en o cerca de una superficie 136 o 138, o de transmisión, estando dispuesto de este modo hacia el centro de la guía de ondas 112.

Tal guía de ondas 112 puede ser utilizada en un dispositivo de visualización de proyección, para mostrar una imagen a un observador, tal como la descrita con referencia a las figs. 1 y 2 para corregir la irregularidad de la intensidad de la luz que soporta una imagen desde la primera rejilla 24 de la primera guía de ondas 14 similar a una placa y/o la tercera rejilla 34 de la segunda guía de ondas 16 similar a una placa para aumentar el campo de visión de tal dispositivo de visualización de proyección.

En una guía de ondas conocida de acuerdo con la técnica anterior, la reflexión interna total ocurre cuando el ángulo de incidencia de un rayo de luz que incide en una superficie paralela de la guía de ondas está por encima del ángulo crítico. Sin embargo, como se ha mostrado en el gráfico de la fig. 8, por debajo del ángulo crítico aún ocurre una pequeña cantidad de reflexión en la región angular 160 en ángulos cercanos al eje normal. Las pérdidas de reflexión son debidas a la reflexión de Fresnel en un material de guía de ondas de índice de refracción alto en el límite de la guía de ondas/aire, y reduce la cantidad de luz que soporta una imagen que es recibida por un espectador. Como se ha mostrado diagramáticamente en la fig. 9, las pérdidas de reflexión de Fresnel en el límite 166 de guía de ondas/aire ocurren tanto en la luz 162 que soporta una imagen que está acoplada fuera de la guía de ondas por la rejilla de difracción de salida y también en la luz 164 transmitida a través de la guía de ondas, que actúa como un mezclador, a partir de una escena del mundo exterior.

En realizaciones de la invención, un revestimiento es aplicado a la superficie de la o de cada guía de ondas para disminuir el ángulo crítico en el que ocurre la reflexión interna total con el fin de aumentar el número de interacciones entre la luz que soporta una imagen y una rejilla de difracción de salida sobre una longitud de unidad de la rejilla. La fig. 10 muestra la reducción en el ángulo crítico, que en este ejemplo es desde aproximadamente 33° a aproximadamente 25°. A este respecto, la luz que soporta una imagen que sufre la reflexión interna total en la guía de ondas revestida está indicada por el número 168, en ambas polarizaciones p y s, mientras que la luz que soporta una imagen que sufre la reflexión interna total en la guía de ondas de la técnica anterior está indicada por el número 170. Por consiguiente, la guía de ondas revestida puede aumentar el número de interacciones con la rejilla de salida.

Adicionalmente, el revestimiento, o las capas ópticas, de las presentes realizaciones están configurados para reducir la reflexión de Fresnel de la luz 166 que soporta una imagen y la luz 164 del mundo exterior en ángulos cercanos al eje normal. A este respecto, se verá en la fig. 10 que en ángulos de incidencia por debajo del ángulo crítico, que en este ejemplo están en el intervalo 172 por debajo de aproximadamente 25°, la reflectancia es disminuida a cero o casi cero para ambas luces polarizadas p y s. Por consiguiente, tanto la imagen generada por el dispositivo de visualización como por la luz del mundo exterior aparece más brillante a través de la guía de ondas.

Se apreciará que por ejemplo cuando tal dispositivo de visualización es utilizado como un dispositivo de visualización de cabezal un espectador necesitará ver una escena del mundo exterior a través de la guía de ondas sobre un intervalo de ángulos que incluye la visualización a lo largo del eje normal y a aproximadamente 25° de la normal tanto en elevación como en azimut. El intervalo angular 174 para ver a su través se ha mostrado en la fig. 11 sobre un ángulo 176 con respecto al eje normal 178. Como se ha mostrado en la fig. 10, la capa óptica de las presentes realizaciones proporciona una reflectancia reducida sobre un intervalo de ángulos desde 0° con respecto a la normal a aproximadamente 25° en los límites exteriores del intervalo angular 174. Por consiguiente, la escena del mundo exterior aparece más brillante para un espectador a través del intervalo completo de visión deseado.

Por lo tanto, existen tres requisitos de las capas ópticas de las presentes realizaciones. Primero, se reduce el ángulo crítico de la guía de ondas para proporcionar mayores interacciones de la luz que soporta una imagen con una rejilla de salida que a su vez reduce el anillado de pupila de salida. Segundo, se reducen las reflexiones de Fresnel de la luz que soporta una imagen que sale de la guía de ondas junto con una reducción en las reflexiones de la escena del mundo exterior. Tercero, la luz que pasa a través de la guía de ondas tiene una reflectancia reducida sobre un intervalo de ángulos de incidencia que permite a un espectador ver la escena del mundo exterior sin reducir el brillo.

Una capa óptica adecuada para la presente realización se ha mostrado en la fig. 12. La capa óptica 180 es proporcionada sobre una superficie de la guía de ondas 62 y comprende una pluralidad de capas. En este ejemplo, la capa óptica comprende una pila de capas alternas de material de índice de refracción relativamente bajo y relativamente alto. Como se ha mostrado, las capas 182, 184, 186 de material de índice de refracción relativamente alto están hechas del mismo material que puede ser, por ejemplo,  $\text{TiO}_2$  y las capas 188, 190, 192 de material de índice de refracción relativamente bajo están hechas del mismo material que puede ser, por ejemplo,  $\text{MgF}_2$ . El revestimiento óptico de múltiples capas puede estar configurado para optimizar la reflexión interna total y reducir las reflexiones de Fresnel sobre el intervalo de visión angular deseado. La selección de los parámetros de revestimiento tales como el número de capas, el tipo de material dieléctrico utilizado, y el grosor de cada capa permiten características tales como la reflectancia que ha de ser modificada. Las capas de índice alto y bajo alterna permiten una reflexión desde cada interfaz dentro de la pila de revestimiento. El grosor de las capas es seleccionado para producir una interferencia constructiva en ángulos por debajo del ángulo crítico de la guía de ondas reduciendo de este modo el ángulo crítico total.

Mientras que la fig. 12 muestra una disposición adecuada de una capa óptica resultará evidente para los expertos en la técnica que puede adoptarse otros materiales y configuraciones para disminuir el ángulo crítico de la guía de ondas. La disposición de la fig. 12 permite realizar unos ajustes finos a las propiedades ópticas de la capa óptica que permiten seleccionar el ángulo crítico de acuerdo con los requisitos y para reducir la reflexión de Fresnel mejorando de este modo el brillo del dispositivo de visualización. En la alternativa, sin embargo, podría adoptarse una capa óptica de una sola capa, que puede ser un revestimiento dieléctrico delgado, teniendo un índice de refracción que es menor que el índice de refracción del sustrato de la guía de ondas y todavía mayor que el índice de refracción del aire. Tal disposición alternativa provoca la refracción de la luz que pasa a través del límite del sustrato de guía de ondas/capa óptica en un ángulo que es mayor que el ángulo crítico de la capa óptica de modo que la luz sufre la reflexión interna total en la capa óptica y es refractada de nuevo en el sustrato de la guía de ondas.

**REIVINDICACIONES**

1. Una guía de ondas para un dispositivo de visualización de proyección, que incluye:
- 5 un sustrato de transmisión de luz de material que tiene dos caras paralelas sustancialmente opuestas, estando dispuesto el sustrato de material para transmitir luz dentro del sustrato de material, entre las caras paralelas, por reflexión interna total, teniendo el sustrato de material un ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total;
- un elemento de rejilla de salida dispuesto dentro del sustrato de material para difractar una parte de luz incidente sobre este fuera del sustrato de material y para permitir que el resto de la luz sea transmitida dentro del sustrato de material por reflexión interna total; y
- 10 una capa óptica dispuesta en cada una de las caras paralelas, estando dispuesta la capa óptica para reducir el ángulo crítico dado requerido para la reflexión total interna de la luz dentro del sustrato de material de modo que el número de interacciones entre la luz transmitida dentro del sustrato y el elemento de rejilla pueda ser aumentado.
2. Una guía de ondas, según la reivindicación 1, que comprende medios para introducir luz en el sustrato en ángulos de incidencia en relación con las caras sustancialmente paralelas que están entre un ángulo crítico del sustrato sin la capa óptica y un ángulo crítico reducido del sustrato con la capa óptica.
- 15 3. Una guía de ondas, según la reivindicación 1 o 2, en la que la capa de guía es seleccionada para reducir la reflectancia de Fresnel de luz en las caras del sustrato que tienen un ángulo de incidencia que está entre el ángulo crítico del sustrato con la capa óptica y un eje normal cuando la luz es difractada fuera del sustrato por el elemento de rejilla de salida.
- 20 4. Una guía de ondas, según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la capa óptica comprende una pluralidad de capas en las que capas alternas tienen índices de refracción relativamente altos y relativamente bajos.
5. Una guía de ondas, según la reivindicación 4, en la que la o cada capa de índice de refracción relativamente alto está hecha de  $\text{TiO}_2$  y/o la o cada capa de índice de refracción relativamente bajo está hecha de  $\text{MgF}_2$ .
- 25 6. Un dispositivo de visualización de proyección, para mostrar una imagen a un observador, que incluye:
- primera y segunda ondas de guía según cualquier reivindicación precedente;
- un dispositivo de fuente de luz que proporciona una imagen dispuesto para generar una imagen y para inyectar la luz que soporta una imagen en la primera guía de ondas;
- 30 un llamado primer elemento de rejilla de salida asociado con la primera guía de ondas dispuesto para dirigir la luz que soporta una imagen internamente a lo largo de la primera guía de ondas bajo la reflexión interna total y a través de la cual la luz que soporta una imagen es emitida desde la primera guía de ondas, teniendo la primera guía de ondas un ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total;
- un elemento de rejilla de entrada dispuesto para recibir la luz que soporta una imagen desde la primera guía de ondas y para inyectar la luz que soporta una imagen a lo largo de la segunda onda de guías bajo la reflexión interna total y a través de la cual la luz que soporta una imagen es emitida desde la primera guía de ondas, teniendo la primera guía de ondas un ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total; y
- 35 un llamado segundo elemento de rejilla de salida dispuesto en la segunda guía de ondas para difractar la luz que soporta una imagen recibida fuera de la segunda guía de ondas hacia un observador;
- en la que las capas ópticas de la primera y segunda guías de onda reducen el ángulo crítico dado requerido para la reflexión interna total de la luz que soporta una imagen dentro de las guías de ondas para aumentar el número de interacciones entre la luz que se propaga dentro de la primera guía de ondas y el primer elemento de rejilla de salida y entre la luz que se propaga dentro de la segunda guía de ondas y el segundo elemento de rejilla de salida.
- 40 7. Un dispositivo de visualización de proyección según la reivindicación 6, en la que uno o más de los elementos de rejilla son elementos ópticos holográficos o superficies semi-reflexivas.
8. Un dispositivo de visualización de proyección, según las reivindicaciones 6 o 7, en la que la primera guía de ondas es similar a una placa, la segunda guía de ondas es similar a una placa y la primera y segunda guías de onda están dispuestas sustancialmente paralelas entre sí.
9. Un dispositivo de visualización de proyección, según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en la que la primera guía de ondas y la segunda guía de ondas están dispuestas sustancialmente en el mismo plano.
- 50

10. Un dispositivo de visualización de proyección, según la reivindicación 8, en la que la primera guía de ondas y la segunda guía de ondas están formadas dentro de una sola pieza de material.
- 5 11. Un dispositivo de visualización de proyección, según la reivindicación 6 o 7, en la que la primera guía de ondas es similar a un vástago, y la segunda guía de ondas es similar a una placa y la primera y segunda guías de onda están dispuestas de tal manera que la luz que soporta una imagen sale de la primera guía de ondas a lo largo de un eje longitudinal de la primera guía de ondas y entra en la segunda guía de ondas para propagarse a lo largo de un eje de propagación de la segunda guía de ondas.
12. Un dispositivo de visualización de cabezal, o dispositivo de visualización montado en el casco, o dispositivo de visualización montado en el cabezal que incluye una guía de ondas según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5.
- 10 13. Un dispositivo de visualización de cabezal, o dispositivo de visualización montado en el casco, o dispositivo de visualización montado en el cabezal que incluye un dispositivo de visualización de proyección según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 11.

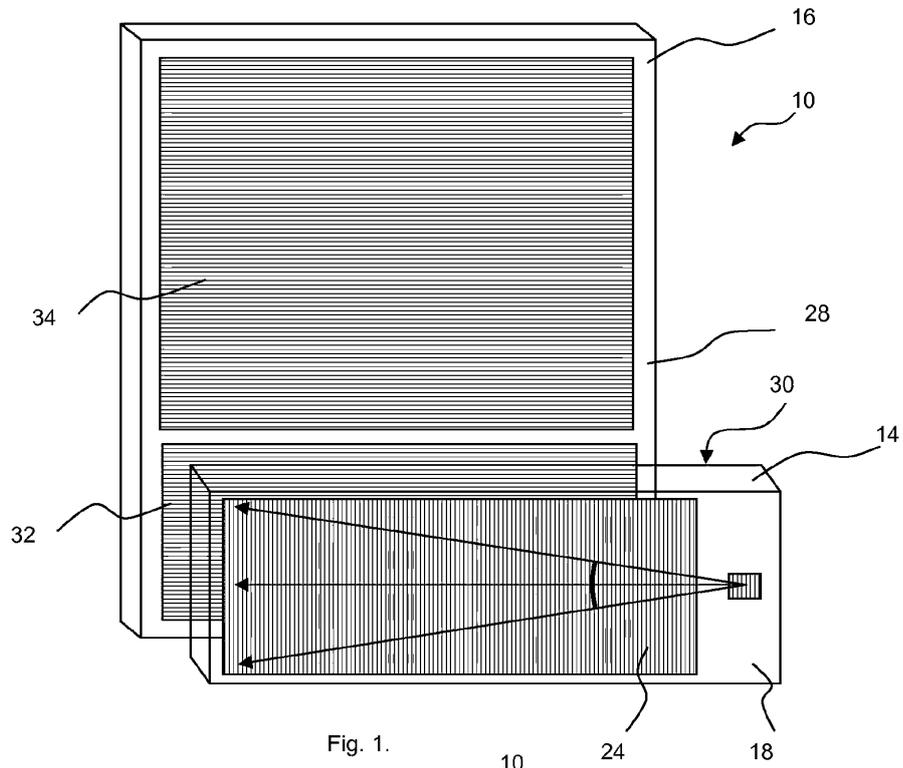


Fig. 1.

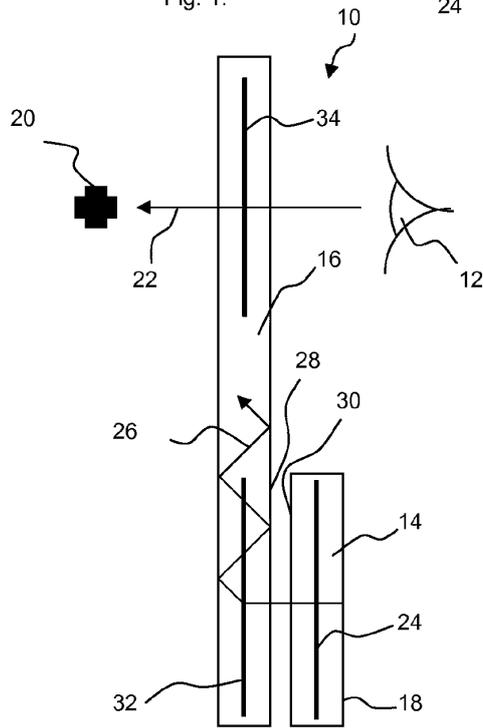


Fig. 2

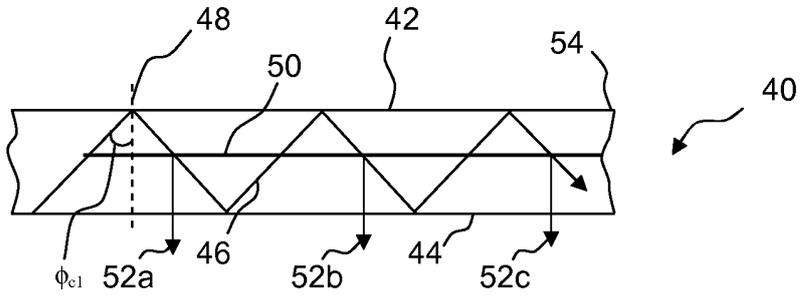


Fig. 3

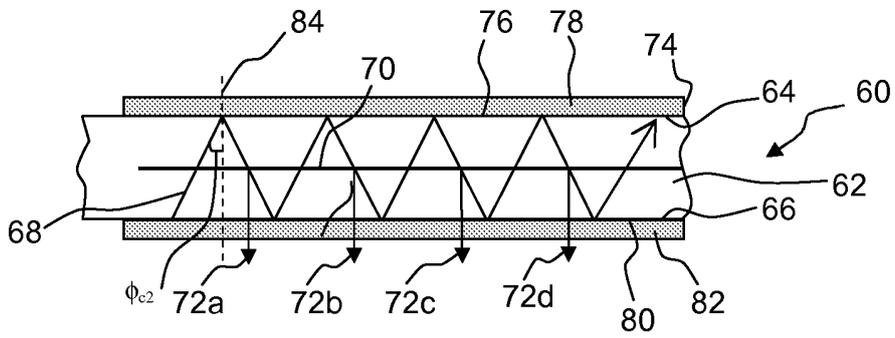


Fig. 4

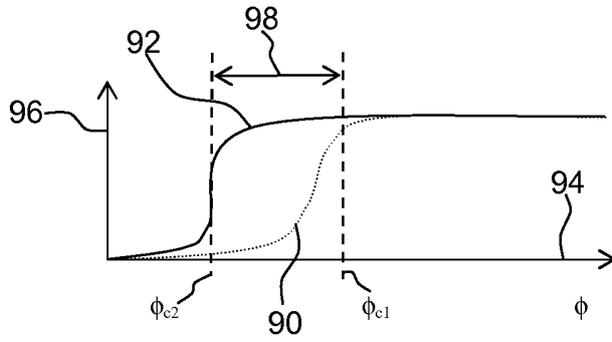


Fig. 5

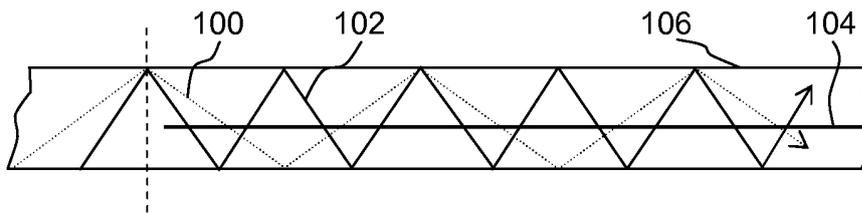


Fig. 6



FIG. 8

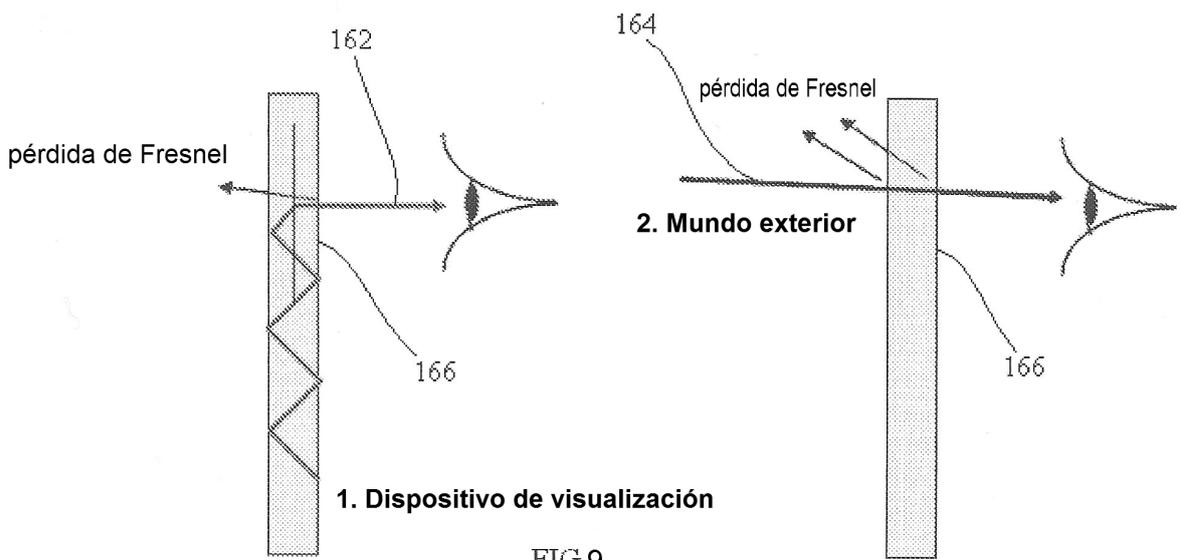
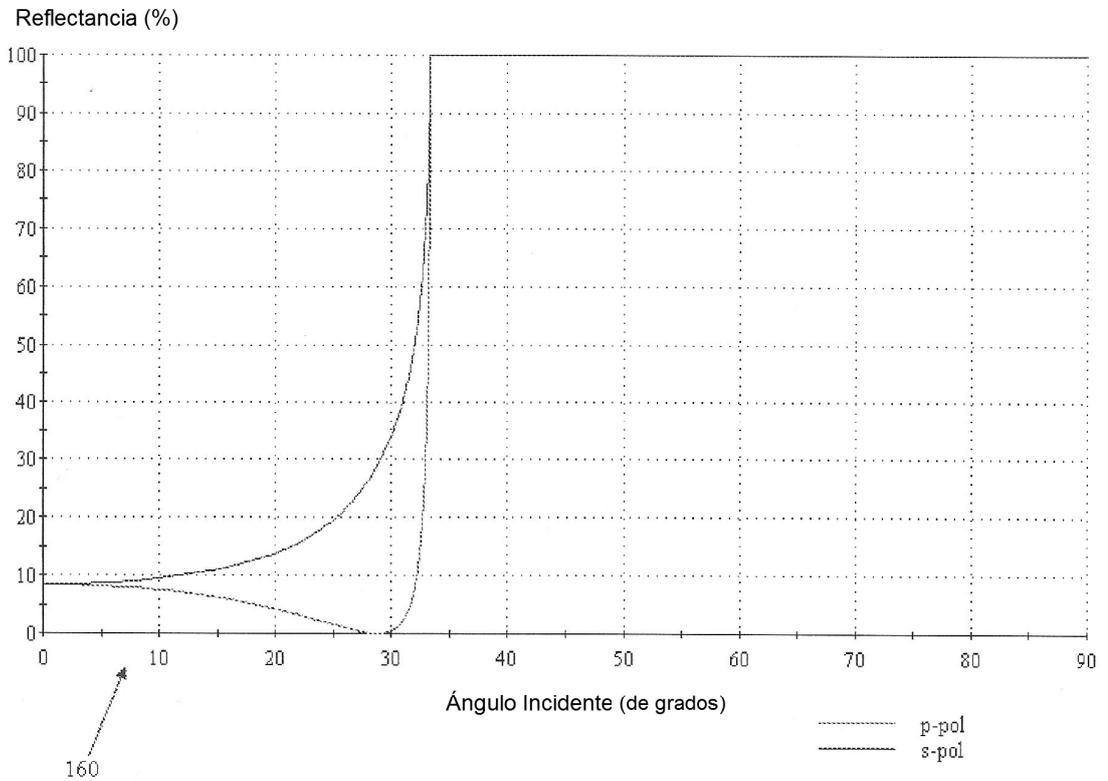


FIG.9

Fig. 10

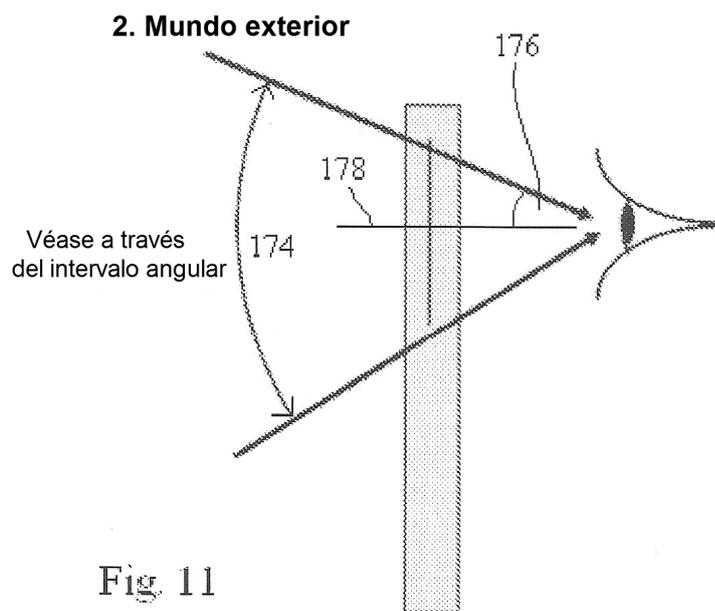
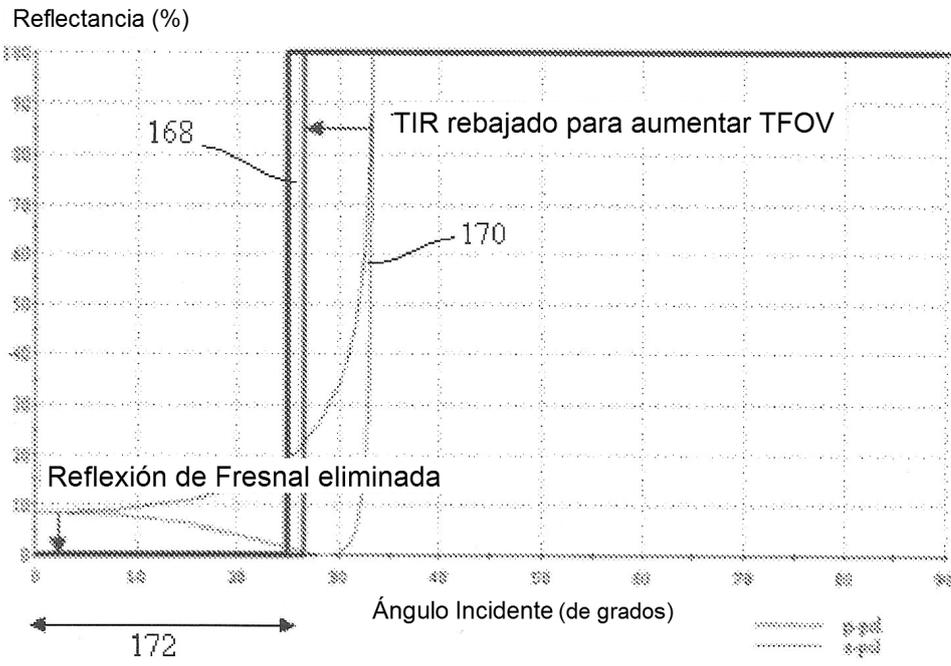


Fig. 11

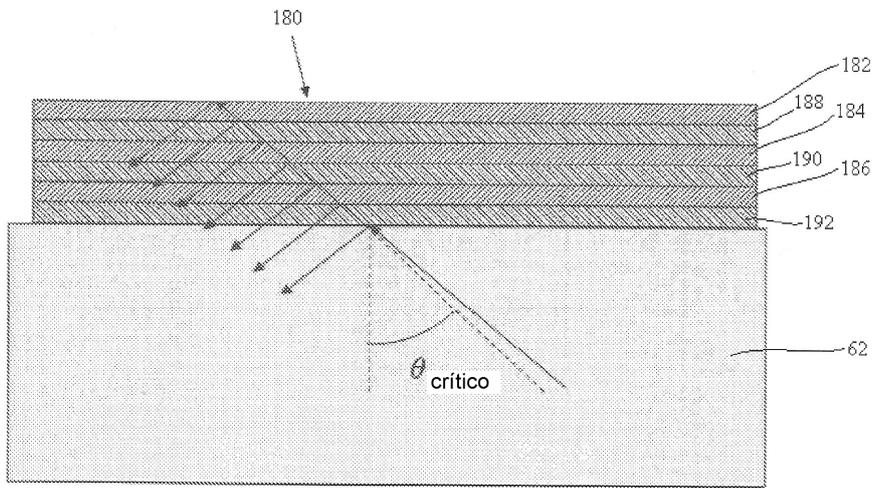


FIG. 12