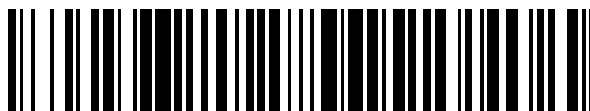


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 820**

51 Int. Cl.:

<b>G02B 6/34</b>	(2006.01)
<b>G02B 6/124</b>	(2006.01)
<b>G02B 5/18</b>	(2006.01)
<b>G02B 27/00</b>	(2006.01)
<b>G02B 27/01</b>	(2006.01)
<b>F21V 8/00</b>	(2006.01)
<b>G02B 6/00</b>	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.04.2010 PCT/GB2010/050640**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **28.10.2010 WO10122330**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.04.2010 E 10715332 (2)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2422232**

54 Título: **Rejilla de relieve superficial en una guía de ondas óptica con una superficie reflectante y una capa dieléctrica adaptada a la superficie**

30 Prioridad:

**20.04.2009 GB 0906706**  
**20.04.2009 EP 09275025**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**05.07.2017**

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 2 621 820 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**

Rejilla de relieve superficial en una guía de ondas óptica con una superficie reflectante y una capa dieléctrica adaptada a la superficie

5 Esta invención se refiere a guías de ondas ópticas, de forma particular pero no exclusiva para uso en sistemas de formación de imágenes basados en guías de ondas, tales como por ejemplo visualizadores frontales, visualizadores montados sobre cabeza, visualizadores montados en casco y otros visualizadores de proyección.

Nuestra memoria descriptiva anterior WO2007/029034 describe un sistema de formación de imágenes basado en guías de ondas, y lo revelado por esta memoria descriptiva se incluye aquí por referencia.

10 Hemos encontrado que los sistemas que incorporan la invención de la memoria '034 pueden beneficiarse del uso de una rejilla de inyección de imagen (luz) con una gran anchura de banda angular y una elevada eficiencia de reflexión.

15 Es conocido, por ejemplo a partir de la solicitud de patente publicada de los EE.UU. US 2006/0132914, usar guías de ondas ópticas en dispositivos de visualización de imágenes adecuados para montaje sobre la cabeza o en casco o en configuraciones de visualización frontal. Los elementos difractivos de diversos tipos pueden ser aplicados a una guía de ondas óptica para inyectar luz en la guía de ondas y para proporcionar luz de salida con una pupila expandida para la observación por un usuario. En particular, es conocido a partir de la solicitud de patente '914 usar un elemento difractivo de relieve superficial con un perfil superficial (forma y profundidad) seleccionado de acuerdo con la anchura de banda angular y la anchura de banda espectral requeridas para acoplar la luz recibida introduciéndola en la guía de ondas.

20 Es también conocido a partir del documento EP1385023 acoplar luz introduciéndola en una guía de ondas usando una disposición de prisma en la que los ángulos de las superficies del prisma son seleccionados para asegurar que la luz recibida es acoplada introduciéndola en la guía de ondas a través del prisma.

25 El documento US 6.351.334 describe el uso de una rejilla de difracción del tipo de reflexión formada sobre la base de una estructura de micro-lentes, en que la rejilla tiene un perfil superficial de rejilla en zig-zag y aplicada sobre éste una capa óptica y una capa reflectante, en que la capa óptica tiene una estructura estratificada que comprende capas alternas de dos materiales dieléctricos diferentes, en que cada una de las capas dieléctricas tiene grosores seleccionados específicamente y diseñados, en combinación, para permitir que la rejilla consiga separar con alta eficiencia la luz incidente en secuencias repetidas de elementos rojos, verdes y azules reflejados.

30 En un primer aspecto, la presente invención proporciona un dispositivo de visualización para presentar visualmente una imagen, en que el dispositivo comprende:

una disposición de guía de ondas óptica para dirigir la luz portadora de imagen, recibida de una fuente de imagen sobre un rango de ángulos relativos a un eje de inyección, a través de la disposición de guía de ondas para proporcionar una salida formando una imagen visible; y

35 una rejilla de entrada para difractar hacia dentro de la disposición de guía de ondas la luz portadora de imagen recibida, de modo que toda la luz difractada es reflejada internamente de forma total dentro de la disposición de guía de ondas y que la salida de luz portadora de imagen procedente de la disposición de guía de ondas tiene un campo de visión correspondiente al rango de ángulos,

40 en que la rejilla de entrada es una rejilla de relieve superficial para difractar luz sobre el rango de ángulos hacia dentro de la disposición de guía de ondas, en que la rejilla de entrada tiene una superficie perfilada y una estructura estratificada aplicada sobre ella que comprende una capa de material reflectante, que proporciona una superficie reflectante, y al menos una capa de material dieléctrico, en que cada una de entre la capa reflectante y la al menos una capa de material dieléctrico tiene un perfil adaptado a la superficie perfilada y está dispuesta de modo que la luz portadora de imagen recibida interacciona tanto con la al menos una capa de material dieléctrico como con la superficie reflectante, y

45 en que el grosor de la al menos una capa de material dieléctrico con la que interacciona la luz es seleccionado para controlar la anchura de banda angular de la rejilla de entrada, de modo que la luz portadora de imagen que incide sobre la rejilla de entrada sobre el rango de ángulos es difractada hacia dentro de la disposición de guía de ondas.

50 En una implementación a modo de ejemplo de la rejilla de entrada, la superficie perfilada es formada sobre una superficie de una guía de ondas de la disposición de guía de ondas, en que la estructura estratificada comprende la al menos una capa de material dieléctrico depositada sobre la superficie de guía de ondas perfilada, de modo que se reproduce el perfil de ésta, y la capa de material reflectante depositada sobre la al menos una capa de material dieléctrico.

5 En una implementación alternativa de la rejilla de entrada, la superficie perfilada de la rejilla de entrada es formada sobre una superficie de un sustrato, en que la estructura estratificada comprende la capa de material reflectante depositada sobre la superficie de sustrato perfilada, de modo que se reproduce el perfil de ésta, y la al menos una capa de material dieléctrico depositada sobre la capa de material reflectante, en que la superficie resultante de la rejilla de entrada proporcionada por la al menos una capa de material dieléctrico es puesta en contacto óptico con una superficie de una guía de ondas de la disposición de guía de ondas.

El término capa o recubrimiento, usado aquí en conexión con el material dieléctrico, significa una capa de recubrimiento con un grosor sustancialmente menor que la longitud de onda de la luz visible, para la que se usa, por ejemplo en el rango de 5 a 250  $\mu\text{m}$ , y preferiblemente de 15 a 70  $\mu\text{m}$ .

10 La al menos una capa de material dieléctrico puede comprender uno o más de entre dióxido de silicio, óxido de aluminio o dióxido de titanio. Preferiblemente es de dióxido de titanio. El grosor de la al menos una capa dieléctrica puede ser seleccionado para controlar la eficiencia y/o la anchura de banda angular de la rejilla de modo que la rejilla de difracción pueda introducir en la guía de ondas luz portadora de imagen sobre dicho rango de ángulos.

15 La superficie reflectante puede ser una superficie de un material metálico o de otro tipo con un índice de refracción complejo.

En otra realización a modo de ejemplo, la disposición de rejilla comprende además:

20 una rejilla de salida con una superficie perfilada y al menos una capa de material dieléctrico adaptada a la superficie perfilada de la rejilla de salida para difractar luz, que pasa a través de la disposición de guía de ondas sobre el rango de ángulos, hacia fuera de la guía de ondas para presentar visualmente una imagen con un campo de visión correspondiente al rango de ángulos.

La imagen puede ser presentada visualmente de forma directa a un usuario o a través de un sistema óptico adicional.

25 En una implementación a modo de ejemplo adicional, la rejilla de salida tiene una anchura de banda angular tal que la anchura de banda angular de la rejilla de entrada coincide sustancialmente con, o es menor que, la anchura de banda angular de la rejilla de salida.

30 En otro aspecto, la presente invención proporciona un método para controlar la anchura de banda angular de una rejilla de difracción de relieve superficial, con una superficie perfilada, que cuando se aplica a una guía de ondas está diseñado para difractar luz recibida sobre un rango de ángulos hacia dentro de la guía de ondas de modo que la luz recibida pueda propagarse a través de la guía de ondas mediante reflexión interna total, en que el método comprende:

35 aplicar una estructura estratificada a la superficie perfilada, en que la estructura estratificada comprende una capa de material reflectante, que proporciona una superficie reflectante, y al menos una capa de material dieléctrico, en que cada una de entre la superficie reflectante y la al menos una capa de material dieléctrico tiene un perfil adaptado a la superficie perfilada y está dispuesta de modo que la luz recibida interacciona tanto con la al menos una capa de material dieléctrico como con la superficie reflectante; y

seleccionar el grosor de la al menos una capa de material dieléctrico con la que interacciona la luz, definiendo con ello la anchura de banda angular de la rejilla de difracción de modo que la luz que incide sobre la rejilla de difracción sobre el rango de ángulos es difractada hacia dentro de la guía de ondas.

40 Hemos encontrado que alternativa o adicionalmente, una capa dieléctrica adaptada a la superficie perfilada de una rejilla de relieve superficial puede ser usada también ventajosamente en la extracción de luz de una guía de ondas. Por ejemplo, puede usarse en la invención de la memoria '034 en la extracción de luz desde una guía de ondas a modo de varilla para el suministro a una guía de ondas de placa y/o en la propia guía de ondas de placa. En cada caso, la capa dieléctrica puede ser usada para controlar la eficiencia de la rejilla.

45 Este aspecto de la invención proporciona por lo tanto una guía de ondas óptica que comprende un cuerpo de material configurado para la propagación contenida de luz a su través, una rejilla de relieve superficial dentro configurada para recibir la luz que se propaga y al menos parcialmente para difractarla o reflejarla hacia fuera de la guía de ondas, y al menos una capa adaptada de material dieléctrico de grosor variable sobre una superficie perfilada de la rejilla de modo que la rejilla exhibe una variación espacial en eficiencia.

50 Este aspecto de la invención también proporciona un método para controlar la eficiencia de una rejilla de relieve superficial de una guía de ondas óptica de al menos una capa de material dieléctrico adaptada a una superficie perfilada de la rejilla. Por "eficiencia" nos referimos a eficiencia de reflexión o transmisión, dependiendo de si la rejilla es una rejilla de reflexión o de transmisión.

En estos aspectos, la rejilla es preferiblemente una rejilla de baja eficiencia y de gran anchura de banda, con una eficiencia relativamente baja en el orden de interés de difracción o reflexión, en que la mayoría de la luz incidente permanece sin difractar en orden cero de modo que continúa propagándose dentro de la guía de ondas.

5 La rejilla puede extenderse en la dirección longitudinal de la guía de ondas, en que la eficiencia de la rejilla varía en la dirección longitudinal de la guía de ondas.

Esto puede permitir que la eficiencia de la rejilla se incremente a lo largo de la longitud de la guía de ondas, para compensar la atenuación creciente de la luz transmitida con la distancia a lo largo de la guía de ondas.

10 La variación de eficiencia de la rejilla puede ser tal que para una luz uniforme de entrada a la guía de ondas, la intensidad de la luz que sale de la guía de ondas es sustancialmente constante a lo largo de la rejilla en la dirección de propagación.

15 Como se ha indicado, la invención puede ser aplicada a guías de onda de placa así como a aquéllas de forma alargada. Una guía de ondas de placa así puede usarse en conjunción con una guía de ondas tal como la expuesta anteriormente. La eficiencia espacial de la rejilla de la guía de ondas de placa puede ser tal que para luz de intensidad uniforme inyectada en la guía de ondas primeramente mencionada, una imagen formada por la guía de ondas de placa es de intensidad sustancialmente uniforme.

20 La rejilla de relieve superficial de la guía de ondas de placa puede extenderse longitudinal y transversalmente respecto a la dirección de propagación, en que el grosor de la al menos una capa varía tanto en la dirección longitudinal como en la transversal. Así, el grosor de la al menos una capa puede incrementarse tanto en la dirección longitudinal como en la transversal de modo que la eficiencia de la rejilla se incrementa desde una esquina de ésta hasta una esquina opuesta. Con ello, la guía de ondas de placa puede usarse para compensar la atenuación sufrida por la luz difractada o reflejada hacia fuera de una guía de ondas a modo de varilla convencional en diferentes puntos a lo largo de su longitud. Específicamente, la guía de ondas de placa puede usarse en combinación con una guía de ondas adicional dispuesta para inyectar luz dentro de la placa en posiciones distribuidas a lo largo de una extensión transversal de ésta, en que las variaciones de grosor de la al menos una capa son tales que la variación espacial consecuente de la eficiencia de la rejilla de la guía de ondas de placa compensa variaciones en la intensidad de la luz inyectada por la guía de ondas adicional.

25 Las rejillas de salida de guías de ondas conocidas son estructuras de relieve superficial sobre la superficie de la guía de ondas. Hemos encontrado que una estructura así es vulnerable al entorno externo, y necesita una pieza de cubierta adicional (que no esté en contacto óptico con la guía de ondas) para protegerla. Esto puede ser inconveniente cuando se integra la guía de ondas en el diseño de otro equipo, y puede aumentar el coste del producto.

30 Así, la rejilla está preferiblemente incrustada dentro del material de la guía de ondas.

La rejilla puede estar dispuesta en una interfaz entre dos partes del material del cuerpo de guía de ondas.

En particular, puede estar dispuesta sobre una superficie de dicha parte en dicha interfaz.

35 La guía de ondas puede comprender dos superficies externas dispuestas paralelamente a la dirección de propagación, de modo que en operación contenga la luz que se propaga, en que la rejilla se extiende paralelamente a las superficies externas.

La guía de ondas puede comprender un divisor de haz para dirigir la luz que se propaga hacia dichas dos superficies.

40 Preferiblemente, la posición del divisor de haz transversalmente a la dirección de propagación relativa a la superficie externa es seleccionada con el fin de optimizar la uniformidad de una presentación visual formada por luz difractada o reflejada hacia fuera de la guía de ondas. Los aspectos independientes de la invención expuestos anteriormente pueden usarse individualmente o en cualquier combinación. Además, las características optativas o preferidas anteriormente expuestas pueden utilizarse en cualquier combinación operativa con cualquier aspecto de la invención. En particular (pero de forma no limitada) una característica que aparece a continuación en una reivindicación subordinada dependiente de una reivindicación independiente relativa a un aspecto de la invención puede ser incorporada en una reivindicación relativa a otro aspecto de la invención. Todas las reivindicaciones subordinadas se consideran repetidas en esta introducción a la memoria descriptiva como párrafos de descripción general de la invención, en la medida en que no aparezcan ya anteriormente.

50 La invención será descrita, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una guía de ondas de acuerdo con la invención;

la figura 2 muestra parte de la estructura de la figura 1;

- la figura 3 muestra una forma alternativa de la estructura de la figura 2;
- la figura 4(a) muestra una estructura de la técnica anterior;
- la figura 4(b) muestra una vista a escala aumentada de parte de la estructura de la figura 2;
- la figura 5 muestra el rendimiento relativo de las estructuras de las figuras 4(a) y 4(b);
- 5 la figura 6 muestra una parte adicional de la estructura de la figura 1;
- la figura 7 muestra una vista a escala aumentada de parte de la estructura de la figura 6;
- la figura 8 muestra el rendimiento de dos versiones de la estructura de la figura 6;
- la figura 9 muestra parte de la realización de la figura 1 en mayor detalle, y
- la figura 10 muestra otra realización de la invención.
- 10 Con referencia a la figura 1, un visualizador de proyección adecuado para uso en un visualizador frontal comprende una guía de ondas 10, a modo de varilla, hecha de vidrio o de material sintético transparente. La guía de ondas 10 tiene una sección transversal cuadrada o rectangular y está colocada muy cerca de una guía de ondas de placa 12 en la cual, en operación, es formada la presentación visual como se explica en nuestra memoria descriptiva '034. Luz portadora de imagen 14 colimada sale de una disposición óptica que puede ser un sistema óptico de colimación
- 15 (no mostrado), e incide sobre una rejilla de reflexión de entrada 16 que está dispuesta sobre una superficie trasera 20 de la guía de ondas 10. La luz colimada tiene rayos en un rango de ángulos relativos al eje de colimación, o inyección, normal a la rejilla que determina el campo de visión del sistema. El término colimado o colimación, tal como se usa aquí, cubre luz parcialmente colimada con un rango de ángulos relativos al eje de colimación. La rejilla de difracción difracta los rayos incidentes en ángulos tales que todos ellos son reflejados internamente de forma total
- 20 cuando inciden sobre las cuatro superficies de la guía de ondas 10; dos de las superficies 20 y 22 se muestran en la figura 1. Los rayos (uno típico de los cuales se muestra en 18) están contenidos de este modo dentro de la guía de ondas 10 entre sus superficies opuestas paralelas, y se propagan avanzando por la longitud de la guía de ondas 10. De este modo, cuando luz portadora de imagen es presentada visualmente a un usuario, puede producirse un campo de visión que corresponde al rango de ángulos de entrada a la rejilla de entrada.
- 25 Los rayos que se propagan inciden repetidamente sobre una rejilla de baja eficiencia 24, en que cada vez una proporción 26, 28, 30 de la luz incidente es difractada hacia fuera de la guía de ondas 10 y hacia dentro de la guía de ondas de placa 12. El resto de la luz pasa a través de la rejilla y es absorbida en el extremo 32 de la guía de ondas 10. El extremo 32 de la guía de ondas 10 está recubierto o pintado con un material adecuadamente absorbente. La difracción parcial distribuida de la luz hacia dentro de la guía de ondas de placa 12 resulta en una
- 30 expansión de la imagen en la guía de ondas de placa a través de su anchura paralelamente a la extensión de la guía de ondas 10. Preferiblemente, la anchura de banda angular de la rejilla de entrada coincide generalmente con, o es menor que, la anchura de banda angular de la rejilla de salida, de modo que luz que entra en la guía de ondas sobre el rango de ángulos puede salir por la rejilla de salida.
- La figura 2 muestra la rejilla de entrada 16 en más detalle. La rejilla (aquí mostrada a escala aumentada por claridad
- 35 en la figura 2(a)) es realizada por ataque químico en la superficie 20 de la guía de ondas 10, o es replicada sobre ella usando un polímero endurecible por rayos UV. Aquí, la rejilla es un perfil de dientes de sierra periódico. Una o más capas 34 de material dieléctrico (figura 2(b)) son aplicadas de forma adaptada a la superficie de la rejilla, y una capa reflectante metálica 36 adaptada (figura 2(c)) es aplicada a la superficie trasera de la capa dieléctrica 34. La capa reflectante metálica 36 puede ser de plata, oro, aluminio o de otro material con un índice de refracción complejo. Preferiblemente es de plata.
- 40 La figura 3 muestra una forma alternativa de la rejilla de inyección 16. La rejilla es o bien grabada por ataque químico o replicada sobre un sustrato 38 usando un polímero endurecible por rayos UV (figura 3(a)). Una capa metálica 40 adaptada de grosor constante es aplicada a la rejilla, y son superpuestas a ella uno o varias capas 42 de material dieléctrico. El material de las capas 40, 42 y sus grosores se escogen de acuerdo con los mismos criterios
- 45 que para la realización de la figura 2. La rejilla 16 es entonces adherida a la superficie 20 de la guía de ondas 10 por medio de cemento óptico. No es esencial que el cemento tenga exactamente el mismo índice de refracción que el material de la guía de ondas 10. Por ejemplo para un material de guía de ondas de  $n \approx 1,5$ , sería adecuado cemento con  $1,5 \leq n \leq 1,6$ .
- Será descrito ahora un ejemplo específico para demostrar la mejora que puede obtenerse en anchura de banda angular y eficiencia con el uso de una rejilla de acuerdo con este aspecto de la invención. Aunque el ejemplo usa la
- 50 guía de ondas 10 a modo de varilla, la invención es por supuesto aplicable a otras guías de ondas hacia o de las cuales hay que inyectar o extraer luz.

Se requiere que un haz portador de imagen colimado 14 con un campo de visión (anchura de banda angular) de 20° sea inyectado desde aire en la guía de ondas 10, que es de un material con un índice de refracción  $n = 1,52$ . Una rejilla de tipo de dientes de sierra 16 con periodo de 430 nm y altura de 250 nm es grabada por ataque químico o replicada sobre la superficie 20 de la guía de ondas 10. Convencionalmente, una capa gruesa (de aproximadamente 100 nm) de plata 44 sería aplicada a la superficie de la rejilla, como se muestra en la figura 4(a). La figura 5 muestra la eficiencia de reflexión de esta rejilla convencional en el orden de difracción +1 (línea discontinua) para ángulos de rayos de entrada que van desde -10° a + 10° con relación al eje de colimación, para luz de longitud de onda de 532 nm.

En una rejilla de acuerdo con la invención (figura 4(b)) una capa adaptada 34 de dióxido de titanio con un grosor de aproximadamente 70 nm es aplicada primeramente a la rejilla 16. Una capa 36 de plata de aproximadamente 100 nm de grosor es entonces superpuesta sobre la capa 34. La eficiencia de esta rejilla bajo las mismas condiciones que para la rejilla de la figura 4(a) también se muestra en la figura 5 (línea continua). Es evidente que la eficiencia y la anchura de banda de la rejilla están sustancialmente mejoradas en comparación con las de la figura 4(a).

La figura 6 muestra en más detalle la rejilla de salida 24 incrustada. La guía de ondas 10 comprende unos sustratos inferior y superior 50, 52, de grosores respectivos T1 y T2, y con superficies colindantes 54, 56. El sustrato inferior 50 tiene en su superficie superior 54 una rejilla de relieve superficial 58 (aquí con un perfil de dientes de sierra, mostrado a una escala muy aumentada en la figura 6(a)), producida mediante grabado por ataque químico o por replicación como ya se ha descrito para la rejilla 16. Un recubrimiento o capa dieléctrica 60 (figura 6(b)) se aplica a la rejilla en un grosor que se incrementa en la dirección de propagación de la luz a lo largo de la guía de ondas 10 (de derecha a izquierda en la figura 6). El sustrato 52 es extendido sobre el sustrato inferior 50 y adherido a él mediante el cemento óptico 62 (figura 6(c)) a lo largo de toda su longitud, de modo que es ópticamente continuo con él. La elección del índice de refracción del cemento dependerá del rango de ángulos en los rayos de luz que se propagan dentro de la guía de ondas, del índice de refracción de los sustratos 50, 52, del índice de refracción del material de replicación y de los índices de refracción del rango de cementos ópticos disponibles con propiedades ópticas adecuadas. Estas selecciones son hechas cuando se está diseñando el visualizador basado en la guía de ondas. En el ejemplo aquí descrito, con sustratos 50, 52 con un índice de refracción  $n \approx 1,5$ , es normalmente suficiente usar un cemento óptico con  $n$  entre aproximadamente 1,5 y 1,6.

El grosor del recubrimiento es escogido para incrementar la eficiencia de la rejilla a lo largo de la guía de ondas para compensar la atenuación progresiva de la luz cuando se propaga a lo largo de la guía de ondas. Idealmente, el incremento en grosor de la capa 60 es tal que compensa completamente la atenuación, de modo que la intensidad de la luz difractada transversalmente hacia fuera de la guía de ondas desde puntos longitudinalmente separados a lo largo de la rejilla es igual. En la práctica, el incremento de grosor de la capa 60 es tal que se compensa la atenuación dentro de límites aceptables, de modo que la intensidad de la luz difractada transversalmente hacia fuera de la guía de ondas desde puntos longitudinalmente separados a lo largo de la rejilla es aproximadamente igual.

La figura 7 muestra un diente de la rejilla de dientes de sierra 24. La rejilla tiene un periodo de 435 nm y una altura de 150 nm. En un prototipo, la capa de dióxido de titanio 60 fue hecha con un grosor de 20 nm. En otro, fue hecha con un grosor de 40 nm. En cada prototipo, los sustratos 50, 52 y el cemento óptico 62 tenían un índice de refracción  $n$  de aproximadamente 1,5.

La figura 8 muestra el rendimiento de los dos prototipos con rayos incidentes de longitud de onda de 532 nm que se propagan dentro de la guía de ondas 10. La línea inferior en el gráfico muestra el rendimiento de la rejilla con el recubrimiento de dióxido de titanio de 20 nm, y la línea superior el rendimiento de la rejilla con el recubrimiento de 40 nm. En ambos casos, los rayos inciden sobre la guía de ondas con un ángulo desde 40° a 72°. Este rango de ángulos en la rejilla de salida es producido por un rango de ángulos en la rejilla de entrada desde alrededor de 16° a 16°, de modo que las anchuras de banda angulares coinciden generalmente. La eficiencia promedio de la rejilla con el recubrimiento de 20 nm es de aproximadamente 7,5%, para la otra rejilla la eficiencia es de alrededor del 20% para ángulos de incidencia entre 40° y 62°, y se reduce ligeramente por encima de este rango. El promedio es sin embargo de alrededor del 19% para un ángulo de incidencia entre 40° y 72°. Con ello, incrementando el grosor de la capa dieléctrica 60 a lo largo de la longitud de la guía de ondas, la intensidad de los rayos de salida difractados 26, 28, 30 puede ser ecualizada, y puede obtenerse un brillo más uniforme en el visualizador en la guía de ondas de placa 12. Otra ventaja que puede obtenerse es la utilización más eficiente de la luz, y por lo tanto una reducción en la intensidad total de la entrada de luz colimada 14 requerida para conseguir un brillo dado en el visualizador en la guía de ondas 12.

El grosor graduado de la capa 60 puede ser conseguido interponiendo una máscara de forma adecuada entre el sustrato 50 como fuente en la cámara de recubrimiento usada para depositar el material de dióxido de titanio. Alternativamente, puede usarse una paleta móvil; moverla continuamente a una velocidad controlada puede permitir que el grosor del recubrimiento sobre la rejilla varíe de manera controlada.

Aunque no se muestra en la figura 1 por simplicidad, la guía de ondas 10 contiene uno o más divisores de haz 64, figura 9, que son coplanares con la rejilla 24 y sobre los cuales incide el haz 18 antes de llegar a la rejilla. Los

divisores de haz 64 son una o varias superficies semi-reflectantes dispuestas de forma sustancialmente paralela a las superficies de guía de ondas 20, 22. Hemos encontrado que las dimensiones relativas  $T_1$ ,  $T_2$  (el grosor de los dos sustratos 50, 52, en que  $T_1 + T_2 = T$ , el grosor total de la guía de ondas) pueden escogerse además para incrementar la uniformidad de la imagen que es difractada hacia fuera de la guía de ondas 10 por la rejilla 24. Por uniformidad  
 5 queremos indicar la ausencia de variación en la intensidad de la imagen de salida, suponiendo que la intensidad de la imagen de entrada es en sí misma uniforme.

En cada interacción, por ejemplo 66, de cualquier haz portador de imagen 18 incidente con un divisor de haz, dicho haz es dividido en dos partes 68, 70, en que una pasa sin desviarse a través del divisor de haz, y la otra es reflejada.

Considerando sólo la parte reflejada 68 del haz, este haz 68 se refleja internamente de forma total en la pared 22 de la guía de ondas e incide nuevamente sobre el divisor de haz en 72 a una distancia (S) en la dirección de avance respecto a la incidencia anterior 66. Suponiendo que el haz 18 y sus subpartes tienen cada uno una anchura de haz (pupila) P en la dirección de propagación, es necesario que  $S \leq P$  si no tiene que haber huecos entre pupilas adyacentes en la imagen producida por la rejilla 10.

Así, con referencia a la figura 9,

15 
$$S/2T_1 = \tan \theta$$

y  $S = 2T_1 \tan \theta$

Normalmente, se escoge P de modo que  $P = 2T$ .

En el caso limitado de pupilas adyacentes que justamente se tocan,  $S = P$ , y para reflexión interna total  $\theta =$  al menos 72, suponiendo  $n = 1,5$ .

20 Entonces

$$\tan \theta = 3,08 \text{ y } 2T = 6,16T$$

Y de este modo, el valor máximo de  $T_1$  es aproximadamente  $\frac{1}{3} T$  o  $\frac{1}{2} T_2$ .

Ratios ligeramente diferentes de  $T_1$  a  $T_2$  se obtendrán para diferentes valores del índice de refracción n del material de la guía de ondas. Se apreciará que las dimensiones  $T_1$  y  $T_2$  pueden ser intercambiadas; ciertamente, en la figura 6  $T_1$  es mostrada como la mayor de las dos dimensiones. Por conveniencia en la fabricación, es preferible que el divisor de haz 64 sea coplanar con la rejilla.

La guía de ondas de placa 12 puede tener también una rejilla de relieve superficial de acuerdo con la invención incrustada en ella que forma una imagen bidimensional a partir de los haces portadores de imagen 26, 28, 30 procedentes de la guía de ondas 10. La rejilla puede ser por lo tanto de una construcción similar a la mostrada en la figura 6, con una capa dieléctrica adaptada o existente aplicada a su superficie perfilada, y que se incrementa en grosor al aumentar la distancia respecto a la interfaz de la guía de ondas 10 y 12. Entonces, la eficiencia de la rejilla se incrementa con la distancia respecto a la superficie, compensando con ello la atenuación sufrida por los haces inyectados 26, 28, 30 cuando progresan a través de la guía de ondas 12.

La figura 10 muestra una guía de ondas de placa para uso en una guía de ondas a modo de varilla convencional que no tiene una rejilla de eficiencia variable de acuerdo con la invención. Los haces 76, 78, 80, 82, 84 son difractados hacia fuera de una guía de ondas a modo de varilla 74 por una rejilla de eficiencia constante convencional a partir de un haz inyectado que se propaga de izquierda a derecha en la figura 10. Debido a la atenuación progresiva en la dirección de avance de la guía de ondas 74, los haces 76-84 tienen intensidades relativas proporcionales a las longitudes de los vectores ilustrados. Los haces penetran en una guía de ondas de placa 86, en la que es formada una imagen bidimensional por una rejilla de relieve superficial 88. Esta rejilla tiene una capa o recubrimiento dieléctrico sobre su superficie perfilada similar al descrito con referencia a la figura 6, excepto que el recubrimiento varía en grosor en dos dimensiones. De este modo, el grosor y la eficiencia del recubrimiento se incrementan en la dirección y con el alejamiento respecto a la interfaz 90 con la guía de ondas 74 para compensar la atenuación en la guía de ondas 86; además, el grosor y la rejilla también se incrementan en la dirección x con el alejamiento respecto al borde izquierdo de la guía de ondas 90 para compensar la atenuación en la guía de ondas 74. Como resultado, la eficiencia de la rejilla se incrementa diagonalmente a través de la rejilla desde un mínimo en la esquina A de la rejilla hasta un máximo en la esquina B. Esto puede ayudar materialmente a superar el fallo observado a menudo en equipos de la técnica anterior de este tipo, en los que para una imagen de iluminación uniforme inyectada en la guía de ondas 74, la presentación visual resultante en la guía de ondas de placa 90 es considerablemente más oscura en el punto B que en el punto A.

En resumen, esta memoria descriptiva da a conocer el uso, con el fin de controlar la eficiencia de reflexión o difracción y/o la anchura de banda angular de una rejilla de relieve superficial de una guía de ondas óptica, de al menos una capa o recubrimiento de material dieléctrico adaptado a una superficie perfilada de la rejilla. La guía de

ondas puede ser utilizada de modo que la luz pasa a través del material dieléctrico a la superficie perfilada. La rejilla puede ser una rejilla de reflexión o transmisión. En una rejilla de transmisión, el recubrimiento puede variar en grosor de modo que se proporciona una rejilla con una variación espacial en eficiencia.



**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de visualización para presentar visualmente una imagen, en que el dispositivo comprende:

5 una disposición de guía de ondas óptica (10, 12) para dirigir la luz portadora de imagen (14), recibida de una fuente de imagen sobre un rango de ángulos relativos a un eje de inyección, a través de la disposición de guía de ondas (10, 12) para proporcionar una salida formando una imagen visible; y

10 una rejilla de entrada (16) para difractar hacia dentro de la disposición de guía de ondas (10, 12) la luz portadora de imagen (14) recibida, de modo que toda la luz difractada es reflejada internamente de forma total dentro de la disposición de guía de ondas (10, 12) y que la salida de luz portadora de imagen procedente de la disposición de guía de ondas tiene un campo de visión correspondiente a dicho rango de ángulos,

15 en que la rejilla de entrada (16) es una rejilla de relieve superficial para difractar luz sobre dicho rango de ángulos hacia dentro de la disposición de guía de ondas (10, 12), en que la rejilla de entrada (16) tiene una superficie perfilada y una estructura estratificada aplicada sobre ella que comprende una capa de material reflectante (36, 40), que proporciona una superficie reflectante, y al menos una capa de material dieléctrico (34, 42), en que cada una de entre la capa reflectante y la al menos una capa de material dieléctrico (34) tiene un perfil adaptado a dicha superficie perfilada y está dispuesta de modo que la luz portadora de imagen (14) recibida interacciona tanto con la al menos una capa de material dieléctrico (34, 42) como con la superficie reflectante, y

20 en que el grosor de la al menos una capa de material dieléctrico (34, 42) con la que interacciona la luz (14) es seleccionado para controlar la anchura de banda angular de la rejilla de entrada (16) de modo que la luz portadora de imagen (14) que incide sobre la rejilla de entrada (16) sobre dicho rango de ángulos es difractada hacia dentro de la disposición de guía de ondas (10, 12).

25 2. Dispositivo de visualización según la reivindicación 1, en que la al menos una capa de material dieléctrico (34, 42) comprende uno o más de entre dióxido de titanio, dióxido de silicio u óxido de magnesio.

30 3. Dispositivo de visualización según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en que dicha superficie perfilada es formada sobre una superficie (20) de una guía de ondas (10) de la disposición de guía de ondas (10, 12), en que la estructura estratificada comprende la al menos una capa de material dieléctrico (34) depositada sobre la superficie de guía de ondas perfilada, de modo que se reproduce el perfil de ésta, y la capa de material reflectante (36) depositada sobre la al menos una capa de material dieléctrico (34).

35 4. Dispositivo de visualización según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en que dicha superficie perfilada de la rejilla de entrada (16) es formada sobre una superficie de un sustrato (38), en que la estructura estratificada comprende la capa de material reflectante (40) depositada sobre la superficie de sustrato perfilada, de modo que se reproduce el perfil de ésta, y la al menos una capa de material dieléctrico (42) depositada sobre la capa de material reflectante (40), en que la superficie resultante de la rejilla de entrada proporcionada por la al menos una capa de material dieléctrico (42) es puesta en contacto óptico con una superficie (20) de una guía de ondas (10) de la disposición de guía de ondas (10, 12).

40 5. Dispositivo de visualización según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que la capa de material reflectante (36, 40) comprende un material metálico o de otro tipo con un índice de refracción complejo.

40 6. Dispositivo de visualización según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en que la disposición de rejilla (10, 12) comprende además:

45 una rejilla de salida (88) con una superficie perfilada y al menos una capa de material dieléctrico adaptada a la superficie perfilada de la rejilla de salida para difractar luz, que pasa a través de la disposición de guía de ondas (10, 12) sobre dicho rango de ángulos, hacia fuera de la guía de ondas para presentar visualmente una imagen con un campo de visión correspondiente a dicho rango de ángulos.

7. Dispositivo de visualización según la reivindicación 6, en que la rejilla de salida (88) tiene una anchura de banda angular tal que la anchura de banda angular de la rejilla de entrada (16) coincide sustancialmente con, o es menor que, la anchura de banda angular de la rejilla de salida (88).

50 8. Método para controlar la anchura de banda angular de una rejilla de difracción de relieve superficial (16), con una superficie perfilada, que cuando se aplica a una guía de ondas (10) está diseñado para difractar luz (14) recibida sobre un rango de ángulos hacia dentro de la guía de ondas (10) de modo que la luz recibida (14) puede propagarse a través de la guía de ondas (10) mediante reflexión interna total, en que el método comprende:

5 aplicar una estructura estratificada a dicha superficie perfilada, en que la estructura estratificada comprende una capa de material reflectante (36, 40), que proporciona una superficie reflectante, y al menos una capa de material dieléctrico (34, 42), en que cada una de entre la superficie reflectante y la al menos una capa de material dieléctrico (34, 42) tiene un perfil adaptado a dicha superficie perfilada y está dispuesta de modo que la luz (14) recibida interacciona tanto con la al menos una capa de material dieléctrico (34, 42) como con la superficie reflectante; y

10 seleccionar el grosor de la al menos una capa de material dieléctrico (34, 42) con la que interacciona la luz (14), definiendo con ello la anchura de banda angular de la rejilla de difracción (16) de modo que la luz (14) que incide sobre la rejilla de difracción (16) sobre dicho rango de ángulos es difractada hacia dentro de la guía de ondas (10).

9. Visualizador montado sobre cabeza, visualizador frontal, visualizador montado en casco u otro equipo de visualización de proyección que comprende un dispositivo de visualización según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

Fig.1.

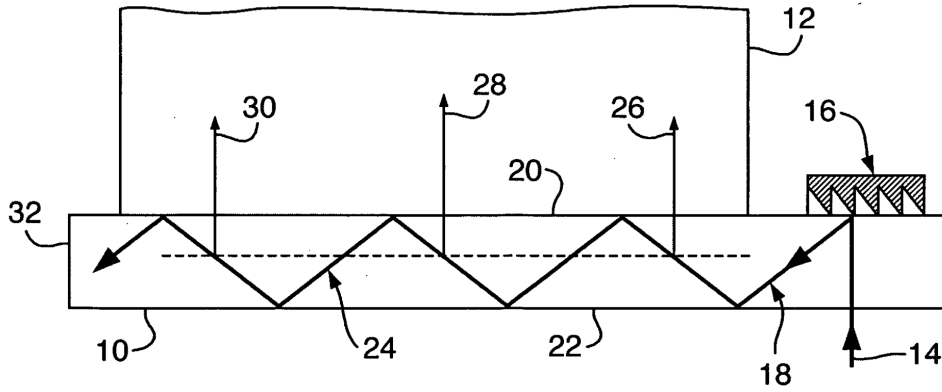


Fig.2(a).

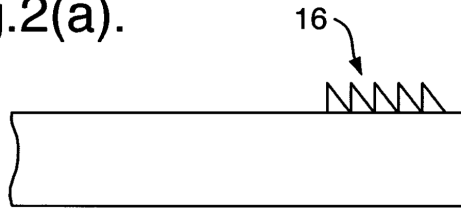


Fig.2(b).

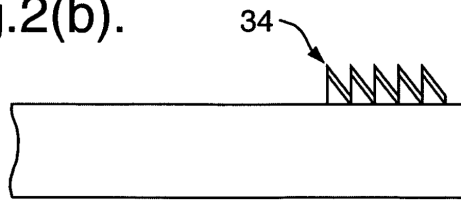


Fig.2(c).

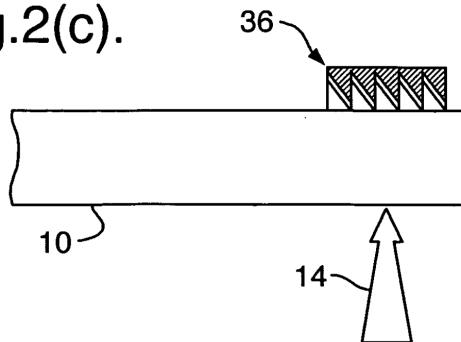


Fig.3(a).

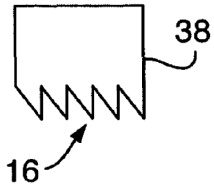


Fig.3(b).



Fig.3(c).

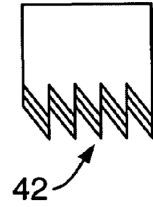


Fig.4(a).  
Técnica anterior

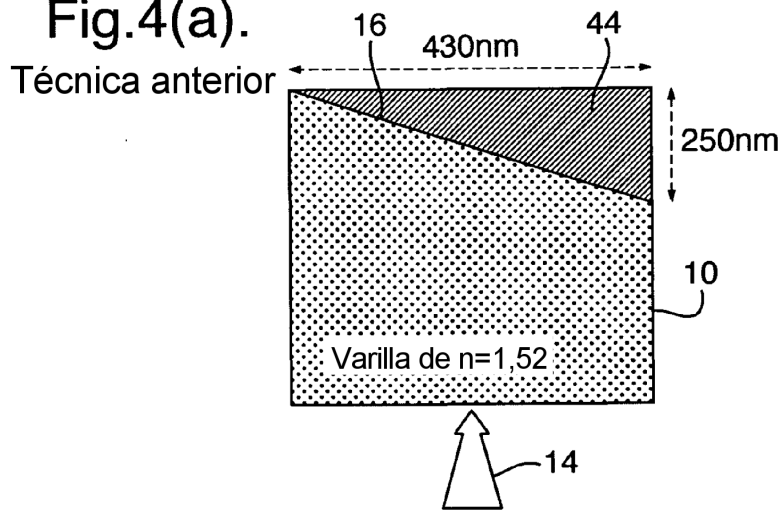


Fig.4(b).

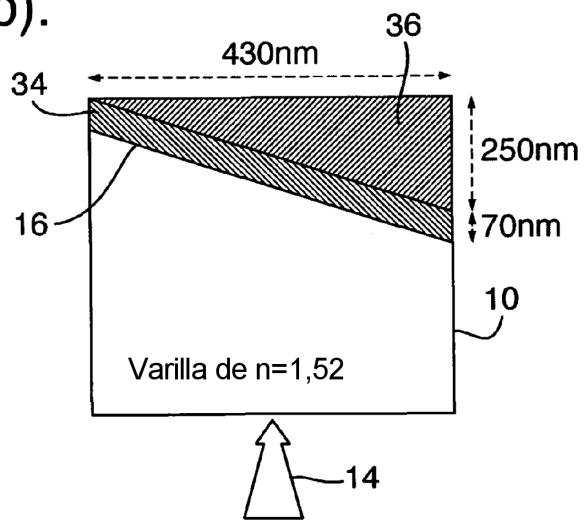


Fig.5.

Comparación de rendimiento entre rejillas tradicionales y las nuevas

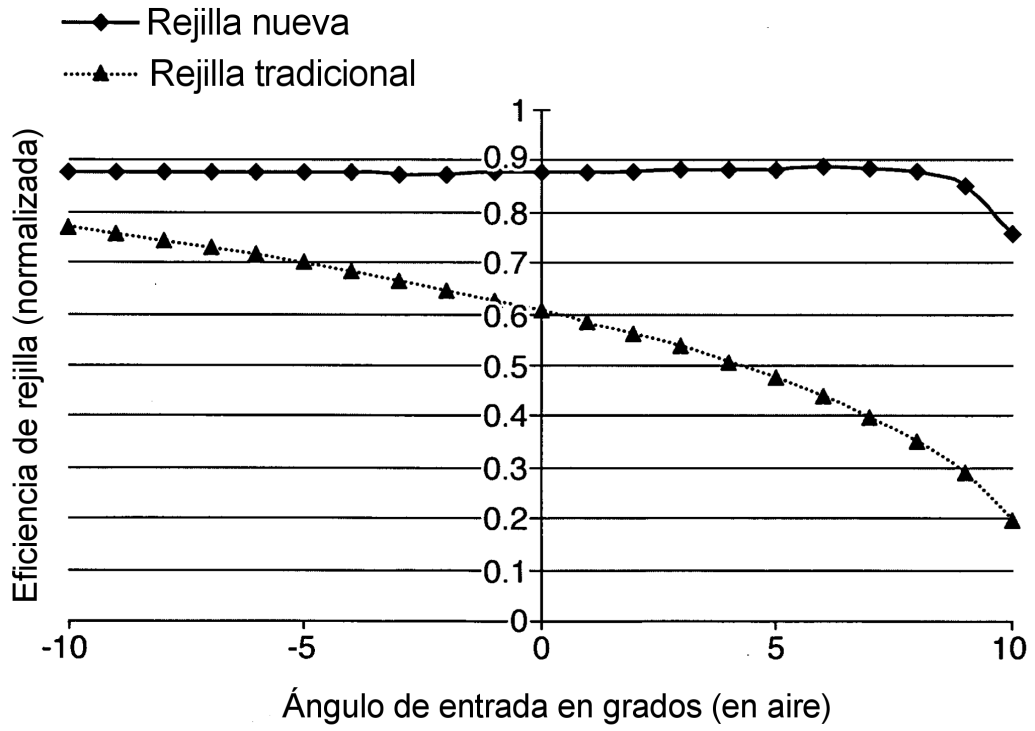


Fig.6(a).

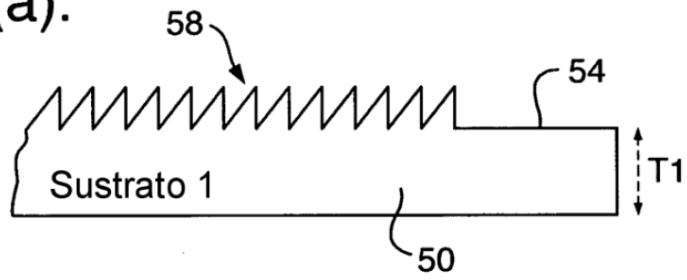


Fig.6(b).

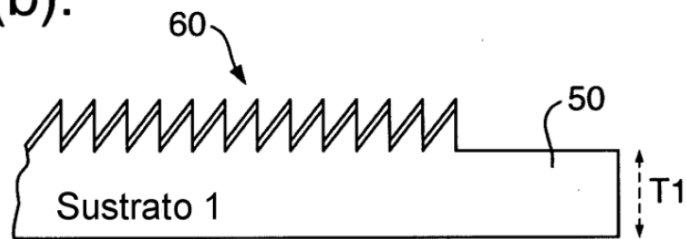


Fig.6(c).

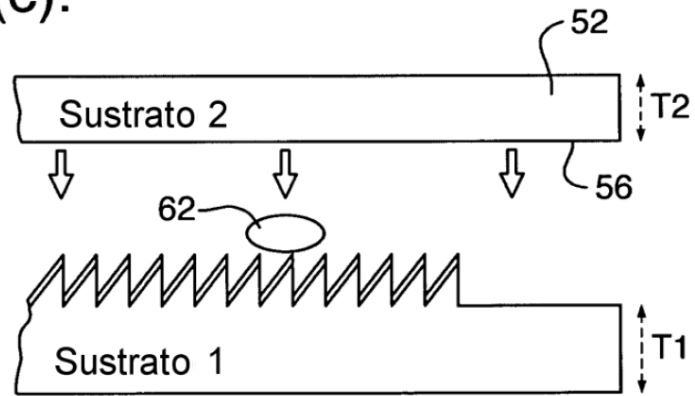


Fig.6(d).

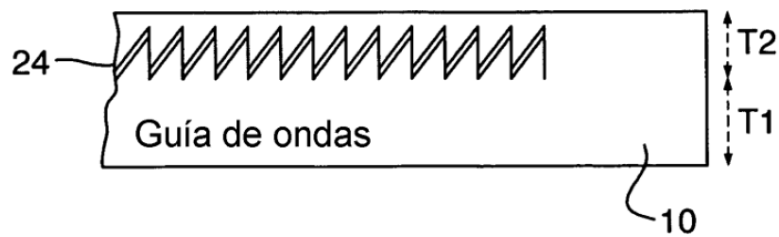


Fig.7.

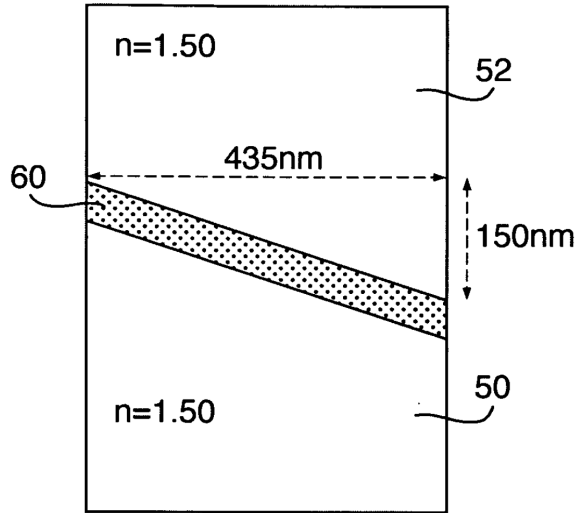


Fig.8.

Eficiencia de rejilla -1R para dos grosores de recubrimiento diferentes

