

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 089**

51 Int. Cl.:

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: **19.06.2014 PCT/US2014/043102**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.12.2014 WO2014209734**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2014 E 14738701 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2016 EP 3014174**

54 Título: **Guía de ondas que incluye huecos para cambiar la dirección de la luz**

30 Prioridad:

27.06.2013 US 201313929759

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

27.06.2017

73 Titular/es:

**MICROSOFT TECHNOLOGY LICENSING, LLC
(100.0%)
One Microsoft Way
Redmond, WA 98052, US**

72 Inventor/es:

BENNETT, JOHN GRANT

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 620 089 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

Guía de ondas que incluye huecos para cambiar la dirección de la luz

Antecedentes

5 Las guías de ondas se pueden usar en módulos de visualización, con una variedad de tamaños, por ejemplo, desde televisiones hasta módulos de visualización de proximidad ocular (NED)s. Un ejemplo típico de un módulo de visualización de proximidad ocular es un módulo de visualización montable en la cabeza (HMD). En particular, uno de los tipos de guías de ondas usa espejos internos para cambiar la dirección de una fracción de la luz en múltiples posiciones en la guía de ondas. Se han usado espejos dicróicos multi-capa. Los espejos se sintonizan de manera que sean reflectores parciales. No obstante, la fabricación de una guía de ondas con espejos dicróicos del tipo mencionado resulta difícil, debido al uso de múltiples recubrimientos ópticos precisos para crear el espejo. Los espejos dicróicos son frágiles, presentan limitaciones en cuanto a la variedad de ángulos con los que pueden trabajar, y también en el uso con tamaños mayores por la resistencia mecánica. Se desean guías de ondas de calidad, duraderas, que se puedan realizar con precios orientados al consumidor.

10 El documento JP H05 158036 describe el guiado eficiente de toda la luz que incide desde una fuente de luz en la superficie posterior de un panel de cristal líquido, hacia un dispositivo de iluminación de la superficie de un sistema de retroiluminación, que consigue que el visionado de la pantalla de cristal líquido resulte brillante y sencillo. En la parte posterior del panel hay dispuestas de forma dispersa, a intervalos especificados, placas de control de la reflexión que forman un ángulo especificado.

15 El documento US 2005/286266 describe un panel de guiado de luz, utilizable con una unidad de retroiluminación, teniendo el panel la capacidad de mejorar la uniformidad del brillo y reducir las pérdidas de luz. El panel de guiado de luz incluye una placa transparente uno de cuyos lados es un plano de incidencia. El interior del panel de guiado de luz está dividido por una pluralidad de planos inclinados con respecto al plano de incidencia, y cada uno de los planos inclinados respectivos tiene un recubrimiento de reflexión parcial.

Sumario

25 La tecnología proporciona realizaciones para una guía de ondas constituida por un material ópticamente transparente que tiene huecos en el material en puntos a lo largo de la guía de ondas, cambiando dichos huecos la dirección de la luz. Por ejemplo, los huecos actúan como reflectores. La guía de ondas puede incluir una serie de planos en ubicaciones situadas a lo largo de la guía de ondas. Cada plano incluye huecos que ocupan una fracción del área del plano. Cada plano con huecos puede ser simultáneamente un reflector parcial que provoca que la luz en un primer intervalo de ángulos salga de la guía de ondas, y es al mismo tiempo también un transmisor de luz en un segundo intervalo de ángulos por la guía de ondas. La luz en el primer intervalo de ángulos. La guía de ondas se puede usar en módulos de visualización. Algunos ejemplos de módulos de visualización son módulos de visualización de proximidad ocular (NED)s, grandes módulos de visualización destinados a telepresencia, o módulos de visualización en escaparates o de tipo *heads-up*.

30 La tecnología proporciona una o más realizaciones de una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz. Una realización de la guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz comprende superficies planas que discurren por un tramo de la guía de ondas que incluye una superficie plana superior. Una pluralidad de planos con huecos está situada dentro de la guía de ondas, rodeada por las superficies planas, y cada plano con huecos se encuentra con la superficie plana superior, inclinado con un mismo ángulo. Cada plano con huecos incluye un grupo de huecos que ocupan una fracción del área del plano. Cada uno de los planos con huecos refleja parcialmente hacia fuera de la guía de ondas, luz recibida dentro de un primer intervalo de ángulos, y transmite por la guía de ondas luz recibida dentro de un segundo intervalo de ángulos.

35 La tecnología proporciona una o más realizaciones de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz. Una realización de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz comprende formar un patrón pseudo-aleatorizado de cavidades en una superficie de cada una de un número N de secciones planas ópticamente transparentes. El patrón puede tener aspecto de aleatorio, aunque, en la práctica, es probable que se calcule cuidadosamente para evitar la repetición de características que crearían artefactos visibles, como ondulaciones o puntos de brillo variable. La realización del método comprende además inclinar las N secciones planas ópticamente transparentes, con cavidades, con un mismo ángulo, quedando encarada cada una de las N superficies con cavidades en la misma dirección, y apilar las N secciones planas ópticamente transparentes, con cavidades, inclinadas, en una pila, quedando encarada cada una de las N superficies con cavidades en la misma dirección, de modo que cada superficie con cavidades se apoya en una superficie totalmente plana de una sección plana ópticamente transparente, adyacente, respectiva. La realización del método comprende además unir la pila de N secciones mediante la unión de partes planas sin cavidades de cada una de las N superficies con cavidades, a la superficie totalmente plana de la sección plana ópticamente transparente, adyacente, respectiva, para formar un hueco en cada una de las cavidades, rebanar la pila para formar una guía de ondas que incluye las N secciones unidas, inclinadas con el mismo ángulo; y pulir superficies planas externas de la guía de ondas rebanada para cumplir criterios de planitud por reflexión interna total

(TIR).

5 La tecnología proporciona una o más realizaciones de una guía de ondas ópticamente transparente. Una de las realizaciones de la guía de ondas ópticamente transparente comprende superficies planas que incluyen una superficie plana superior y una superficie plana inferior y superficies de unión. Cada superficie de unión tiene áreas superficiales planas y una serie de huecos, y cada superficie de unión discurre desde la superficie plana superior hasta la superficie plana inferior, y está inclinada con un mismo ángulo con respecto a la superficie plana superior.

Cada hueco de cada superficie de unión refleja, fuera de la guía de ondas, luz recibida por el hueco dentro de un primer intervalo de ángulos, y cada hueco de cada superficie de unión deja pasar, para una reflexión interna total por la guía de ondas, luz recibida dentro de un segundo intervalo de ángulos.

10 Este Sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos de una manera simplificada, que se describen adicionalmente más adelante en la Descripción Detallada. Este Sumario no está destinado a identificar características clave o características esenciales de la materia en cuestión reivindicada, y está destinado a usarse como medio auxiliar en la determinación del alcance de la materia en cuestión reivindicada.

Breve descripción de los dibujos

15 La Figura 1 es un diagrama de bloques de una realización de una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz.

Las Figuras 2A y 2B son diagramas de bloques que ilustran ejemplos de patrones de cavidades o huecos que varían en cuanto al patrón y el porcentaje de cobertura superficial.

20 La Figura 3A es un diagrama de flujo de una realización de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz.

La Figura 3B es un diagrama de flujo de un ejemplo más detallado de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz.

La Figura 3C es un diagrama de bloques que ilustra una etapa de rebanado en una realización de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz.

25 La Figura 3D es un diagrama de bloques de una vista lateral de una guía de ondas que se obtiene como resultado de la etapa de rebanado de la Figura 3B.

La Figura 4A es una vista superior de una realización de un módulo de visualización de proximidad ocular (NED) que incluye una realización de una guía de ondas que usa huecos, la cual está acoplada ópticamente a una unidad de generación de imágenes en un sistema de NED.

30 La Figura 4B es un diagrama de bloques de componentes de hardware ejemplificativos que incluyen un sistema de ordenador dentro de circuitería de control de un dispositivo de NED.

Descripción detallada

35 Tal como se ha indicado anteriormente, la tecnología proporciona realizaciones correspondientes a una guía de ondas constituida por un material ópticamente transparente que tiene huecos en el material en puntos situados a lo largo de la guía de ondas, cambiando dichos huecos la dirección de la luz. Los huecos pueden estar al vacío en algunos ejemplos, se pueden rellenar con aire en otros, y se pueden rellenar con gas todavía en otros ejemplos. Así, los huecos actúan como espejos. Un grupo de huecos puede estar rodeado por material plano en un plano, y estos planos con huecos se sitúan a lo largo de la guía de ondas para proporcionar un cambio fraccionario diferente de la luz fuera de la guía de ondas en dichas ubicaciones. El porcentaje de área plana ocupada por los huecos determina la fracción de luz reflejada hacia fuera. El hecho de que la luz sea reflejada parcialmente fuera de la guía de ondas por un plano con huecos en una ubicación, o sea transmitida, depende del ángulo con el cual se aproxima a la luz al plano con huecos. Cada uno de los planos con huecos puede reflejar, de manera simultánea y parcial, fuera de la guía de ondas, luz de una superficie plana recibida dentro de un primer intervalo de ángulos, y transmitir, por la guía de ondas, luz de una superficie plana, recibida dentro de un segundo intervalo de ángulos.

45 Tal como se describe posteriormente, en algunas realizaciones, la guía de ondas puede estar constituida por secciones, por ejemplo, planos ópticos, de material ópticamente transparente, por ejemplo, un plástico ópticamente transparente u otro material típico de guía de ondas. Antes de unirlos entre sí, en una superficie plana de unión de cada sección se forman cavidades, y la superficie de unión con cavidades es la misma superficie de unión para cada sección. El patrón de cavidades y el porcentaje de cavidades con respecto al área superficial plana en las superficies de unión se puede variar para cada sección óptica con el fin de permitir un cambio fraccionario diferente de dirección de la luz a lo largo de la guía de ondas resultante. Las secciones con sus superficies de unión con cavidades se inclinan con un ángulo que permite una reflexión interna total para la luz recibida dentro de un intervalo de ángulos mediante una superficie de unión con cavidades, y que deja pasar, con una pérdida mínima, la luz recibida en otro

intervalo de ángulos. A continuación, las secciones se apilan y se unen, de manera que una superficie totalmente plana de una sección se apoya en una superficie de unión con cavidades. Las áreas superficiales planas de la superficie de unión con cavidades se unen o funden con la superficie de apoyo totalmente plana. La superficie plana de apoyo, unida, y cada cavidad forman un hueco. A partir de la pila se rebana una guía de ondas constituida por las secciones inclinadas, unidas en las superficies de unión, y la misma se pule.

Esta tecnología permite que no se tengan que utilizar recubrimientos ópticos, una fabricación más sencilla, el uso de materiales duraderos, y un intervalo más amplio de ángulos. Los huecos finos que cubren una fracción de la superficie de unión pueden actuar como espejos de reflexión interna total (TIR). El efecto de TIR cubre de forma precisa un intervalo más amplio de ángulos que los espejos dielectricos recubiertos, inherentemente casi todos los ángulos que puede utilizar la propia guía de ondas, mientras que el control del patrón superficial permite un control preciso de las proporciones relativas de transmisión y reflexión. El uso de huecos para elaborar una superficie de espejo es compatible con la fusión de material directa lo cual elimina discontinuidad o debilidades de las superficies.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una realización de una guía 123 de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz. Se ilustra una parte representativa de la guía de ondas. Tal como se indica mediante las líneas de trazos que se extienden desde las superficies planas 210 y 212, la guía de ondas continúa en las dos direcciones. La luz, que se ilustra mediante un rayo central representativo 204, tal como luz de una imagen proveniente de una unidad de generación de imágenes de un sistema de visualización, se acopla a la guía 123 de ondas, por ejemplo mediante una ventana de entrada (no mostrada). La luz llena la guía de ondas, rebotando desde los lados inferior y superior, de manera que hay muchos trayectos de los rayos que podrían ilustrarse. Cualquier rayo dado se aproximará a algunas superficies de unión en sentido descendente, tal como se ilustra para el rayo que pasa a través de la superficie 202a de unión, y se aproximará a algunas superficies de unión en sentido ascendente, tal como se ilustra para el rayo que pasa a través de la superficie 202b de unión. En cualquier momento dado, cada superficie de unión tiene rayos que se originan a partir de la imagen, los cuales pueden estar llegando desde la superficie superior o la superficie inferior de la guía de ondas con una variedad de ángulos. Por tanto, cada superficie de unión típicamente está tratando la mitad de su luz sobre trayectos provenientes de la parte superior, mientras que, al mismo tiempo, la mitad de la luz se encuentra sobre trayectos que se reflejan desde debajo. Con fines ilustrativos, se muestra el procesado de un rayo 204 de luz ejemplificativo.

Secciones de guías de ondas representativas del material ópticamente transparente 208a y 208b están unidas por la superficie 202a de unión con cavidades, y secciones 208b y 208c de material ópticamente transparente están unidas por la superficie 202b de unión con cavidades. (Posteriormente se describen ilustraciones de superficies con cavidades). Algunos ejemplos de material ópticamente transparente son vidrio, plástico y cuarzo. Cada una de las superficies 202a y 202b de unión está en un plano respectivo que se encuentra con la superficie plana superior y está inclinada con un mismo ángulo. Se ilustran dos superficies planas 210 y 212 que discurren a lo largo de la guía de ondas, y las mismas se forman puliendo las superficies exteriores de la guía de ondas formada a partir de las secciones. La guía de ondas tendría por lo menos dos superficies planas que reflejan luz, por ejemplo, en una guía de ondas con forma rectangular. El número de superficies planas puede variar en otras configuraciones de guías de ondas. En esta realización, la superficie 202a de unión con cavidades refleja, para darle salida desde la guía de ondas, luz del rayo representativo 204 recibido en un primer intervalo de ángulos, mientras que la superficie 202b de unión con cavidades deja pasar por la guía de ondas luz proveniente de una superficie plana, recibida en un segundo intervalo de ángulos. Estos intervalos de ángulos son el resultado de reflexiones internas totales alternativas desde las superficies planas de la guía de ondas.

En este ejemplo, el primer intervalo 205 de ángulos está centrado en torno a un ángulo θ , que es el ángulo de inclinación formado por cada superficie de unión con cavidades con un plano normal que está en intersección con las superficies planas 212 y 210. Un plano normal es un plano perpendicular. Uno de los ángulos de inclinación preferidos es treinta (30) grados con respecto a la normal, ya que la luz con ese ángulo será perpendicular tanto al surgir como al pasar a través de los huecos cuando los mismos tengan un grosor de un cuarto de longitud de onda. El primer intervalo 205 de ángulos para la reflexión parcial incluye ángulos con una desviación angular con respecto al ángulo θ . La desviación angular se determina en parte basándose en el material ópticamente transparente usado. Los materiales con un índice de refracción mayor permiten una desviación angular ligeramente más amplia. Por ejemplo, el vidrio o plástico con un índice de refracción de 1,7 puede permitir una desviación angular de más o menos 24 grados con respecto al ángulo θ (para un ángulo θ de 30 grados, el primer intervalo de ángulos sería aproximadamente de 6 a 54 grados). Para un material de vidrio o plástico con un índice de refracción de 1,5, la desviación angular puede ser más o menos 20 grados con respecto al ángulo θ . El segundo intervalo 203 de ángulos con el cual se dejará pasar a través la luz recibida desde una superficie plana, para su reflexión interna total por la guía de ondas, es 90 grados con respecto a la superficie de unión más o menos la misma desviación angular. Por tanto, los ángulos centrales en el intervalo difieren, pero la magnitud de cada uno de entre el primer y el segundo intervalos de ángulos es la misma debido a que se usa la misma desviación angular.

En esta realización, la luz de una imagen dentro de un intervalo de ángulos de aproximadamente 54 grados a 60 grados centrados en torno al ángulo θ formado entre la superficie 202a de unión con cavidades y la superficie plana 212, se encuentra en el primer intervalo 205 de ángulos, y será reflejada por la superficie 202a de unión con cavidades, tal como se indica por medio del rayo central 206b de salida, el cual va dirigido fuera de la página. La

superficie 202b de unión con cavidades deja pasar luz recibida desde la superficie plana 210 en el segundo intervalo de ángulos centrado en torno a 90 grados.

Antes de describir patrones de huecos, en cada superficie, se describen algunas propiedades de los propios huecos. Los lados de cada hueco que comparten el ángulo de inclinación con la superficie de unión son paralelos. Por ejemplo, si al lado formado por la superficie plana de apoyo se le denomina lado frontal del hueco, el lado posterior formado mediante el proceso de realización de cavidades es paralelo al lado frontal. Preferentemente, la separación entre el lado posterior y el lado frontal es un cuarto de longitud de onda. Tal como se describe posteriormente, los bordes o límites del hueco pueden adoptar formas diferentes.

El grosor o separación entre el lado frontal y el lado posterior del hueco puede ser de un cuarto de longitud de onda en muchos ejemplos, debido a su propiedad antirreflectante. Un hueco desde vidrio o plástico a aire o al vacío o un gas u otro relleno del hueco cambia la dirección de la luz, por ejemplo, crea reflexión o difracción. En este ejemplo se hace uso de la reflexión. Existe una reflexión parcial de la luz que entra en el hueco, y una reflexión parcial de la luz que sale del hueco. Con el vidrio, cada una de esas reflexiones parciales (Fresnel) es del orden del 5%. Esto se acabaría acumulando, y provocaría nuevamente luz parásita, luz no deseada, que retrocede en la dirección incorrecta. No obstante, con un grosor del hueco de un cuarto de longitud de onda, las reflexiones de entrada y salida se cancelan entre sí lo cual suprime la reflexión inversa. Así, una separación o grosor de un cuarto de longitud de onda proporciona una buena propiedad antirreflectante. Otras longitudes de onda en múltiplos de la mitad de longitud de onda con respecto al cuarto de longitud de onda, como $\frac{3}{4}$ de longitud de onda, y 1 y cuarto, también presentan esta propiedad. Debido a esta propiedad, se reduce la reflexión de Fresnel no deseada, aunque puede tolerarse cierta reflexión de Fresnel.

El fino hueco de un cuarto de longitud de onda significa que la relación TIR será menor del 100%, puesto que parte de la energía pasa a través del hueco por medio de una onda evanescente. Como resultado pueden alcanzarse pérdidas del 17% al 30%, en función del color y el ángulo de incidencia. No obstante, la reducción no es problemática, en la medida en la que los huecos se están utilizando para la reflexión parcial.

El uso de huecos con un cuarto de longitud de onda en una fracción pequeña de área de la superficie de unión es también muy beneficioso para cruces de superficie transmisivos, por ejemplo, según se ilustra en la referencia 202b. Por ejemplo, para una superficie de unión con cavidades, con un 90%, o un valor similar, plano y despejado, y un 10% de la superficie 202b con cavidades para incluir los huecos, la parte con cavidades de la superficie transmite > 95% de luz debido al cuarto de onda antirreflectante, lo cual significa que se refleja menos de un 3% del 5% de luz, <0,5%. Esa relación de pérdidas es suficientemente baja para permitir muchos cruces transmisivos.

El cuarto de longitud de onda se puede fijar basándose en un ancho de banda para un color de la luz de imagen acoplada. Por ejemplo, el cuarto de longitud de onda se puede fijar para el color verde, para el cual presenta la mayor sensibilidad el ojo. Tampoco va muy mal una cancelación de cuarto de onda para azul y para rojo. Tres cuartos de longitud de onda ó $1 \frac{1}{4}$, dará como resultado un cambio más agresivo a través del espectro; en algunos lugares se reflejará más, en otros se reflejará menos. El cuarto de longitud de onda usado realmente se puede escoger para obtener un compromiso de obtención de cancelación de la reflexión por el espectro completo. Para el color verde, la cancelación de la reflexión será casi completa ya que el cuarto de longitud de onda está fijado para el mismo.

Podrían usarse huecos más gruesos como $\frac{3}{4}$ y $1 \frac{1}{4}$, eliminando la evanescencia aunque incrementando reflexiones inversas en las superficies transmisivas de unión, con cavidades. En algunos dispositivos podría preferirse este compromiso.

Si la variación en la transmisión por el color constituye un problema, afortunadamente se trata de una variación gradual por color y por ángulo, y, por tanto, el resultado neto es una variación predecible sobre la imagen resultante. Esto se puede compensar usando una gradación en la iluminación fuente y multiplicadores compensadores de la intensidad de los píxeles de una fuente de imágenes que proporcione la luz de la imagen.

Cada uno de los planos con huecos, como las superficies de unión a lo largo de la guía de ondas, implementa una reflexión parcial. Si no, la luz no viajará por la guía de ondas más allá de los primeros espejos, incluso cuando se considere la transmisión debida a la onda evanescente. Para viajar a través de muchos planos con huecos o superficies de unión, por ejemplo, 40 superficies en una guía de ondas de un módulo de visualización de proximidad ocular (NED), solamente una fracción del plano de la superficie de unión tiene huecos. Tal como se describe para realizaciones posteriormente, en una superficie de unión se forman cavidades para realizar los huecos. El porcentaje de una superficie de unión como la 202a en el que se forman cavidades, en algunos ejemplos, puede ser aproximadamente el inverso del número de superficies de unión que reflejarán parcialmente luz recibida dentro de un primer intervalo de ángulos, fuera de la guía de ondas, antes de llegar a un plano con huecos o superficie de unión con cavidades. El ángulo de entrada con el cual se acopla en una guía de ondas la luz para su visualización, está predeterminado, y el trayecto correspondiente a la luz de ese ángulo de entrada a través de los planos con huecos o superficies de unión puede predeterminarse, con lo que el número de reflexiones parciales que se producen en cada ubicación a lo largo de la guía de ondas se puede identificar de manera fiable a partir de parámetros de diseño.

El aumento de la fracción de huecos con respecto a la superficie plana mantiene casi constante la intensidad de la reflexión en la medida en la que la luz de visualización progresa y se refleja adicionalmente a lo largo de la guía de ondas. En algunos ejemplos, la fracción de áreas con cavidades variará lentamente hasta los últimos espejos. Por ejemplo, si fueran a utilizarse 20 superficies de unión con cavidades, de manera que diez reflejasen parcialmente en cada dos superficies de unión para luz acoplada con el ángulo de entrada, entonces la cobertura en porcentaje de los huecos en una primera superficie de unión, con cavidades, parcialmente reflectante, puede ser aproximadamente de 1/10, o del 10%. La relación de cobertura se incrementa a medida que quedan menos superficies, con lo que la siguiente superficie con cavidades, parcialmente reflectante, tiene una cobertura de 1/9, a continuación la siguiente superficie en cuestión tiene una cobertura de 1/8 ó del 12,5%, y así sucesivamente hasta que la última superficie que actúa como reflector parcial puede ser realmente un espejo del 100%. En la última superficie reflectante se pueden formar cavidades para obtener un 100% de reflexión, o la misma se puede realizar con otro material. Por ejemplo, puede ser un espejo aluminizado. En muchas realizaciones, el área plana total de cada plano con huecos o el área superficial de cada superficie de unión es aproximadamente la misma.

Estas proporciones son aproximadas, y los productos reales pueden usar proporciones ligeramente diferentes según se determine mediante simulaciones numéricas detalladas y mediciones reales, para adaptarse a otros factores del sistema, tales como la evanescencia y las pérdidas de la guía de ondas. Para la luz externa que pasa verticalmente, la guía de ondas parecerá casi como translúcida puesto que dicha luz se encuentra solamente con una reflexión fraccionaria. La luz externa que se refleja saldrá en su mayor parte sobre un trayecto paralelo por las superficies de unión vecinas. Esta combinación de fracción pequeña y continuación paralela debería minimizar las pérdidas o la borrosidad de la luz externa.

Las Figuras 2A y 2B son diagramas de bloques que ilustran ejemplos de patrones de cavidades que varían en cuanto al patrón y el porcentaje de cobertura superficial. La Figura 2A es un ejemplo de un patrón 220 de cavidades pseudoaleatorizado que usa cavidades o huecos 250, cada uno de ellos con un límite circular que indica los bordes de cada hueco. Las cavidades o huecos ocupan aproximadamente el 10% del área superficial de la superficie de unión con cavidades, en este ejemplo la superficie 202a de unión con cavidades, parcialmente reflectante. Solamente se ha rotulado un hueco para evitar la saturación del dibujo. En la Figura 2B, las cavidades 252 de este patrón pseudoaleatorizado 240 también presentan límites circulares. Se han formado cavidades o huecos aproximadamente en un 1/5 ó el 20% de la superficie correspondiente a la superficie 202j de unión. Algunos ejemplos de otras formas de los límites de cada cavidad incluyen cuadradas o anulares. Los bordes o límites de las cavidades son una fuente de difracción, y la difracción crea luz parásita que deteriora la imagen. Un círculo presenta la relación más baja de límite con respecto al área.

Las cavidades deben ser suficientemente amplias para ser eficaces como espejos clásicos, y no ser muy difragentes. En algunos ejemplos, una cavidad es de por lo menos 30 micras a lo ancho. Para una relación de reflexión del 5%, esto implica que hay por término medio una cavidad por cada 110 micras de separación lineal. Puede resultar posible ir incluso más allá. El compromiso en cuanto al tamaño de las cavidades es controlar la luz parásita de la difracción al mismo tiempo que evitar la estructura visible.

Para un módulo de visualización, es deseable que la visión recibida por la pupila del ojo de un observador se origine a partir de varias cavidades, de manera que el ojo reciba una cantidad bastante uniforme de luz proveniente de una imagen aparentemente infinita. En el contexto de un módulo de visualización, tal como una televisión a la cual mira el usuario desde al menos unos pocos pies de distancia o un valor por el estilo, las cavidades o huecos pueden ser relativamente grandes, por ejemplo, podrían ser de como un milímetro o un valor por el estilo. No obstante, en un módulo de visualización de proximidad ocular en donde se encuentran aproximadamente a un centímetro del ojo del observador, el tamaño de las cavidades debe ser suficientemente pequeño para que la pupila del observador abarque varias de estas cavidades. A medida que el ojo del observador se mueva de un lado a otro, el mismo saldrá de la región de un haz proveniente de una cavidad, y comenzará a captar el haz de luz proveniente de otra cavidad. El número de cavidades se determina en función de conseguir que esa experiencia sea bastante uniforme, de manera que, sin importar en la dirección en la que esté mirando el observador, este último vea una selección promedio de cavidades. Considerando la pupila del ojo humano de aproximadamente 2.000 micras, un tamaño de cavidad de aproximadamente 30 micras a 200 micras sobre la superficie de unión con una separación de aproximadamente 110 micras con respecto al siguiente hueco o cavidad en la superficie, funcionará para un módulo de visualización de proximidad ocular.

Los patrones 220 y 240 de cavidades se han pseudo-aleatorizado deliberadamente y se ha hecho que presenten diferentes patrones pseudo-aleatorios entre ellos también deliberadamente. El patrón de las cavidades es una fuente de difracción. Por ejemplo, un patrón regular crea una difracción regular la cual puede crear cosas como iridiscencias e imágenes con ángulos no deseados. También pueden diseñarse patrones para garantizar que superficies con cavidades, adyacentes, presenten interacciones mínimas y libres de patrones, unas con respecto a otras, debido a la oclusión sistemática de la luz transmitida o reflejada proveniente de superficies cercanas.

Puede producirse cierta borrosidad del frente de ondas debido al desplazamiento de fase de la fracción de luz que pasa, por una onda evanescente, lo cual puede imprimir una ondulación en el frente de ondas, que conserva el patrón de la forma de los límites de las cavidades. No obstante, esta borrosidad puede tener un efecto del 0,5% de la luz por incidencia reflectante en el peor de los casos, variando según el ángulo y el color. No obstante, la imagen

- se mantendrá puesto que todas las cavidades producirán un desplazamiento de fase similar. De este modo, se prevé la creación de un cambio sutil de colores y brillo de un lado de la guía de ondas con respecto al otro. No obstante, el ojo humano no percibirá los cambios de color y brillo a no ser que se encuentre en el centro de la vista, por ejemplo, a lo largo del eje óptico de un módulo de visualización. Por lo tanto, el cambio se puede medir para identificar su efecto cuando se mira a la parte de la guía de ondas en la dirección de la parte de la imagen que se está calculando. Puede aplicarse una corrección en un píxel fuente, la cual debería equilibrar los cambios correspondientes a esa zona. El cambio se produce gradualmente con lo que no es necesario que la corrección sea exacta. Las correcciones se pueden medir en un laboratorio, y a continuación se copia a todos los sistemas de visualización.
- La Figura 3A es un diagrama de flujo de una realización de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos con el fin de cambiar de dirección la luz. En la etapa 302, en una superficie de cada una de un número N de secciones planas ópticamente transparentes, se forma un patrón pseudo-aleatorizado de cavidades. Por ejemplo, pueden usarse técnicas de impresión por contacto, o de fresado. La impresión por contacto implica un moldeo a presión contra una plantilla. En algunas realizaciones, el fresado puede ser un fresado plasmaiónico o electroquímico en donde se transfiere un patrón mediante ataque químico con un ion eléctrico. En la etapa 304, las N secciones planas ópticamente transparentes, con cavidades, se inclinan con un mismo ángulo, quedando encarada cada una de las N superficies con cavidades en la misma dirección, y en la etapa 306, las N secciones planas ópticamente transparentes, con cavidades, inclinadas, se apilan con cada una de las N superficies con cavidades encaradas en la misma dirección, de manera que cada superficies con cavidades se apoya en una superficie totalmente plana de una sección plana ópticamente transparente, adyacente, y respectiva. En la etapa 308, las N secciones se unen uniendo partes planas sin cavidades de cada una de las N superficies con cavidades, a la superficie totalmente plana de la sección plana ópticamente transparente, adyacente, respectiva para formar un hueco en cada una de las cavidades. En la etapa 310, las superficies planas externas de las N secciones unidas se pulen para satisfacer los criterios de planitud por reflexión interna total (TIR).
- La Figura 3B es un diagrama de flujo de un ejemplo más detallado de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos con el fin de cambiar de dirección la luz. La realización del método se puede llevar a cabo en un entorno al vacío para huecos en los que se ha hecho el vacío, o en un gas no reactivo, limpio, tal como nitrógeno. Las etapas 322, 324 y 326 proporcionan una forma ejemplificativa de impresión de cavidades en un lado de secciones ópticamente transparentes, que, en este ejemplo, son planos de calidad óptica. La Figura 3C ilustra ejemplos de planos 356 de calidad óptica. Únicamente se rotula un plano para evitar la saturación del dibujo. Para la soldadura al vacío posteriormente, en la etapa 320, los planos ópticos se calientan para lograr una temperatura suficientemente alta para moldear las cavidades y permitir una soldadura al vacío de las superficies después del apilamiento.
- Algunos ejemplos de procesos que se pueden utilizar para llevar a cabo la impresión son ataque químico, fresado o estampación por contacto, proceso bien desarrollado para su uso en la fabricación de discos ópticos tales como DVDs. En la etapa 322, se inicializa un contador de bucle y se fija un límite de iteraciones para N, que es un número predeterminado de planos de calidad óptica en los que se está realizando la impresión. En la etapa 324, se fija un patrón de cavidades (i) correspondiente al plano actual de calidad óptica (i) por medio de la maquinaria de fabricación con el fin de realizar la impresión en el plano óptico actual (i). En la etapa 326, el patrón de cavidades fijado (i) se imprime en un lado del plano de calidad óptica (i), por ejemplo, usando estampación por contacto. En la etapa 328, el contador de bucle realiza una iteración según $i = i + 1$. En el bucle final designado de la etapa 330, se determina si este es el último plano óptico N. El bucle continúa hasta que la totalidad de los N planos ópticos se haya imprimido con sus patrones aleatorizados individualmente.
- Los planos ópticos 356 se pueden haber producido con superficies limpias que se pueden unir. Alternativamente, de manera opcional, en la etapa 332, las superficies impresas con cavidades, de los planos de calidad óptica, se pueden tratar con un surfactante para activar las superficies con cavidades. Durante todo el proceso antes de la etapa de enfriamiento, los planos ópticos se pueden mantener a una temperatura que permita la soldadura al vacío. En otros ejemplos, los planos se pueden calentar nuevamente a dicha temperatura cuando estén preparados para la etapa de apilamiento.
- En la etapa 334, los N planos ópticos se inclinan con un ángulo, preferentemente 30 grados con respecto a la normal. En la etapa 336, mientras los planos ópticos con cavidades se encuentran a una temperatura que permite la soldadura al vacío, los planos ópticos inclinados 356 se apilan. La Figura 3C ilustra un ejemplo de los planos ópticos apilados. En la etapa 337, las partes planas sin cavidades de cada superficie de unión con cavidades se sueldan al vacío, con una superficie totalmente plana de un plano óptico de apoyo de la pila. Típicamente, las superficies que se sueldan al vacío están muy limpias. En la etapa 338, la pila de planos ópticos soldados al vacío se enfría de manera uniforme y lenta para mantener la alineación de los planos soldados. La soldadura al vacío es limpia, transparente, fuerte y duradera.
- En la etapa 340, después de que la pila cumpla los criterios de enfriamiento para permitir el rebano, por ejemplo, con sierras, un número predeterminado de los planos soldados al vacío, apilados, se rebana horizontalmente para constituir una guía de ondas, tal como la correspondiente ilustrada en la Figura 3D. En la etapa 342, las superficies externas de la guía de ondas rebana se pulen para cumplir los criterios de planitud por reflexión interna total (TIR),

correspondientes a las superficies externas. Un ejemplo de dichos criterios es una planitud de superficie especular.

La Figura 3C es un diagrama de bloques que ilustra una etapa de rebanado en una realización de un método para realizar una guía de ondas que usa huecos para cambiar la dirección la luz. Las líneas 352 y 354 ilustran líneas de una rebanada que cruzan los N planos ópticos, con cavidades, inclinados, apilados y unidos, mediante soldadura al vacío, 356. La Figura 3D es un diagrama de bloques de una vista del lado de visualización de una guía de ondas desde la cual se dirige luz de una imagen hacia un observador, y que es el resultado de la etapa de rebanado de la Figura 3C. En este ejemplo, cada superficie de unión tiene una misma área superficial total uniforme que incluye sus secciones con cavidades y sin cavidades. Solamente se ha rotulado una superficie 360 de unión con cavidades, para evitar la saturación del dibujo.

Una guía de ondas resultante puede tener un grosor de varios milímetros (mm) para un módulo de visualización pequeño. Para un módulo de visualización de proximidad ocular, la guía de ondas puede tener un grosor de solamente un par de milímetros en la dirección de profundidad a partir del ojo del observador. No obstante, la guía de ondas se puede realizar con tamaños diferentes. En un tamaño grande para paneles de dimensiones tipo televisión que muestran lo que parece ser una imagen distante, se puede utilizar una guía de ondas de un grosor de un centímetro hasta unos pocos centímetros.

Tal como se ilustra en la Figura 3C, las juntas se apilarían bastante próximas, quizás con una separación que fuese la mitad ($\frac{1}{2}$) en comparación con el grosor de la guía de ondas. Esto garantiza que el observador ve una contribución uniforme desde múltiples superficies de unión con cavidades. En un ejemplo, una guía de ondas tenía 40 superficies de unión con cavidades.

La Figura 4A es una vista superior de una realización de un módulo de visualización de proximidad ocular (NED) 14r que incluye una realización de una guía 123 de ondas que usa huecos, la cual está acoplada ópticamente a una unidad 120 de generación de imágenes en un dispositivo 2 de NED. En la guía 123 de ondas se rotula una superficie 270 de unión con cavidades, inclinada, representativa. El módulo de visualización de proximidad ocular se presenta en un factor de forma correspondiente a unas gafas. Para mostrar dos componentes del sistema óptico 14 de visualización, en este caso 14r para el ojo derecho, no se representa una parte de una sección de armazón que cubre el módulo 14r de visualización y la unidad 120 de generación de imágenes. La flecha 142 representa un eje óptico del sistema óptico 14l de visualización. El espacio 140 para los ojos constituye una aproximación de la posición del ojo de un usuario cuando este último está llevando el dispositivo 2.

En esta realización, los módulos 14r de visualización son módulos ópticos de visualización, transparentes, aunque en otras realizaciones, pueden ser un módulo de visualización para ver vídeo (*video/sea*). El módulo 14r de visualización incluye una guía 123 de ondas que incluye planos con cavidades, como las superficies 270 de unión con cavidades. Solamente se ha rotulado una superficie de unión para evitar la saturación del dibujo. La ventana 207 de entrada recibe luz de imagen colimada proveniente de la unidad 120 de generación de imágenes, por medio de una lente colimadora 122 de acoplamiento óptico. La guía 123 de ondas dirige la luz recibida de la imagen hacia el espacio 140 de los ojos del usuario, aunque también permite que luz proveniente del mundo real pase a través de ella en dirección al espacio de los ojos del usuario, permitiendo así que el usuario tenga una visión directa real del espacio que está delante del dispositivo 2 de NED, además de ver una imagen de una característica virtual de la unidad 120 de generación de imágenes.

En la realización ilustrada, la unidad 120 de generación de imágenes se encuentra en un alojamiento lateral derecho 130r que también sustenta una cámara 113r encarada al exterior, la cual recoge datos de imágenes de la escena situada delante del usuario. El alojamiento 130r es sustentado también por una patilla 102r de las gafas. La unidad 120 de generación de imágenes incluye uno o más LEDs, y una micropantalla que produce la luz de la imagen. En esta realización, el puente 104 sustenta un micrófono 110 y circuitería 136 de control. Dentro del armazón de las gafas se proporcionan conexiones eléctricas (no mostradas).

La Figura 5B es un diagrama de bloques de componentes de hardware ejemplificativos que incluyen un sistema de ordenador dentro de circuitería de control de un dispositivo de NED. La circuitería 136 de control proporciona una electrónica diversa que sirve de apoyo a los otros componentes del dispositivo 2 de visualización de proximidad ocular, montable en la cabeza. En este ejemplo, la circuitería 136 de control para el dispositivo 2 de visualización comprende una unidad 210 de procesado, una memoria 244 accesible para la unidad 210 de procesado con el fin de almacenar instrucciones y datos legibles por procesador, un módulo 137 de comunicaciones acoplado comunicativamente a la unidad 210 de procesado, que puede actuar como interfaz de red para conectar el dispositivo de NED a otro sistema de ordenador. Una fuente 239 de alimentación aporta alimentación para los componentes de la circuitería 136 de control y los otros componentes del dispositivo 2 de visualización, como los dispositivos 113 de captura, el micrófono 110, otras unidades sensoras, y para componentes que consumen alimentación destinados a visualizar datos de imágenes en el módulo 14 de visualización, tales como fuentes de luz y circuitería electrónica asociadas a una unidad de generación de imágenes, tal como una micropantalla, y una unidad 222 de iluminación en la unidad 120 de generación de imágenes.

La unidad 210 de procesado puede comprender uno o más procesadores que incluyen una unidad de procesado central (CPU) y una unidad de procesado gráfico (GPU). La memoria 244 es representativa de los diversos tipos de

5 memoria que pueden ser utilizados por el sistema, tales como una memoria de acceso aleatorio (RAM) para el uso de aplicaciones durante su ejecución, memorias intermedias para datos de sensores, incluyendo datos de imágenes capturadas y datos de visualización, una memoria de solo lectura (ROM) o *Flash* para instrucciones y datos del sistema, y otros tipos de memoria no volátil para almacenar otros elementos, algunos de cuyos ejemplos son aplicaciones para las cuales se genera luz de imágenes que representa datos de imágenes. En este ejemplo, una conexión eléctrica de un bus 270 de datos conecta las unidades sensoras 257, el controlador 246 de visualización, la unidad 210 de procesado, la memoria 244, y el módulo 137 de comunicaciones. El bus 270 de datos también obtiene alimentación a partir de la fuente 239 de alimentación, a través de un bus 272 de alimentación al cual se conectan todos los elementos ilustrados de la circuitería de control para extraer alimentación.

10 La circuitería de control comprende además un controlador 246 de visualización para seleccionar datos de control digitales, por ejemplo, bits de control, con el fin de representar datos de imágenes, pudiendo ser descodificados dichos datos de control digital por la circuitería 259 de micropantalla y diferentes controladores de componentes activos de la unidad 120 de generación de imágenes como una unidad 122 de iluminación. Un ejemplo de un controlador de componente activo es un controlador 247 de iluminación de visualización que convierte datos de control digital en señales analógicas para controlar una unidad 222 de iluminación que incluye una o más fuentes de
15 control digital en señales analógicas para controlar una unidad 222 de iluminación que incluye una o más fuentes de luz, tales como uno o más diodos emisores de luz (LEDs). En la memoria 244 se pueden almacenar correcciones que se aplicarán en píxeles fuente, tales como correcciones para ajustar los cambios de color y brillo medidos para datos de imágenes en diferentes zonas de la guía 123 de ondas, por parte de multiplicadores de compensación de la intensidad de los píxeles con vistas a la graduación de la iluminación, y las mismas pueden ser aplicadas por el
20 controlador 247 de iluminación de visualización bajo el control de la circuitería 136 de control que tiene acceso a la memoria 244.

La circuitería 136 de control puede incluir otras unidades de control no ilustradas en la presente, pero relacionadas con otras funciones de un dispositivo de NED, tales como la provisión de salida de audio, la identificación de orientación de la cabeza, e información de localización.

25 Aunque la materia en cuestión se ha descrito con un lenguaje específico de características estructurales y/o acciones metodológicas, debe entenderse que la materia en cuestión definida en las reivindicaciones adjuntas no se limita necesariamente a las características o acciones específicas que se han descrito anteriormente. Las características y acciones específicas antes descritas se dan a conocer más bien como formas ejemplificativas de implementación de las reivindicaciones.

30

REIVINDICACIONES

1.- Guía (123) de ondas que comprende:

superficies planas que incluyen una superficie plana superior (212) y una superficie plana inferior (210);

5 superficies (202) de unión, presentando cada superficie de unión áreas superficiales planas y un número de huecos, comprendiendo cada hueco una cavidad (250),

y extendiéndose desde la superficie plana superior (212) a la superficie plana inferior (210);

cada superficie de unión está inclinada con un mismo ángulo con respecto a la superficie plana superior (212);

10 cada hueco de cada superficie de unión refleja hacia fuera de la guía (123) de ondas, luz recibida por el hueco dentro de un primer intervalo de ángulos; y

cada hueco de cada superficie de unión deja pasar, para su reflexión interna total por la guía (123) de ondas, luz recibida dentro de un segundo intervalo de ángulos.

2.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 1, en la que el mismo ángulo con el que está inclinada cada superficie de unión con respecto a la superficie plana superior (212) es treinta (30) grados con respecto a un plano normal a la superficie plana superior (212).

15

3.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 1, que comprende además:

20 cada superficie de unión tiene un porcentaje de área superficial ocupado por el número respectivo de huecos, y una fracción de luz recibida por la superficie de unión respectiva dentro del primer intervalo de ángulos que se refleja fuera de la guía (123) de ondas por la superficie de unión respectiva se determina en función del porcentaje de área superficial ocupado por el número respectivo de huecos.

20

4.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 1, en la que cada hueco en una superficie de unión está formado por una cavidad respectiva en la superficie de unión y una superficie totalmente plana, adyacente, unida a las áreas superficiales planas de la superficie de unión.

5.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 4, en la que la superficie totalmente plana, adyacente, unida a las áreas superficiales planas de la superficie de unión están soldadas al vacío.

25

6.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 1, en la que los huecos tienen un grosor de aproximadamente un cuarto de longitud de onda.

7.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 3, en la que el porcentaje del área superficial de la respectiva superficie de unión, parcialmente reflectante hacia fuera, ocupado por el número respectivo de huecos, se basa en un inverso de un número de superficies de unión a las que atraviesa la luz antes de llegar a la superficie de unión respectiva.

30

8.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 1, que comprende además que los huecos de cada superficie de unión están posicionados en un patrón pseudo-aleatorizado, y que cada superficie de unión tiene un patrón de huecos pseudo-aleatorizado diferente.

9.- Guía (123) de ondas de la reivindicación 1, que comprende además que cada uno de los huecos tiene un límite marginal circular en la superficie correspondiente a la superficie de unión.

35

10.- Método de realización de una guía (123) de ondas que usa huecos para cambiar de dirección la luz, que comprende:

40 formar (302) un patrón de cavidades pseudo-aleatorizado en una superficie de cada una de un número N de secciones planas ópticamente transparentes;

40

inclinarse (304) las N secciones planas ópticamente transparentes, con cavidades, con un mismo ángulo, quedando encarada cada una de las N superficies con cavidades, en la misma dirección;

45 apilar (306) las N secciones planas ópticamente transparentes, inclinadas, con cavidades, en una pila, quedando encarada cada una de las N superficies con cavidades en la misma dirección, de modo que cada superficie con cavidades se apoya en una superficie totalmente plana de una sección plana ópticamente transparente, adyacente, respectiva;

45

unir (308) la pila de N secciones mediante la unión de partes planas sin cavidades de cada una de las N superficies con cavidades, a la superficie totalmente plana de la sección plana ópticamente transparente, adyacente, respectiva, para formar un hueco en cada una de las cavidades;

rebanar (310) la pila para formar una guía de ondas que incluye las N secciones unidas, inclinadas con el mismo ángulo, y

pulir (312) superficies planas externas de la guía de ondas rebanada para cumplir criterios de planitud por reflexión interna total (TIR).

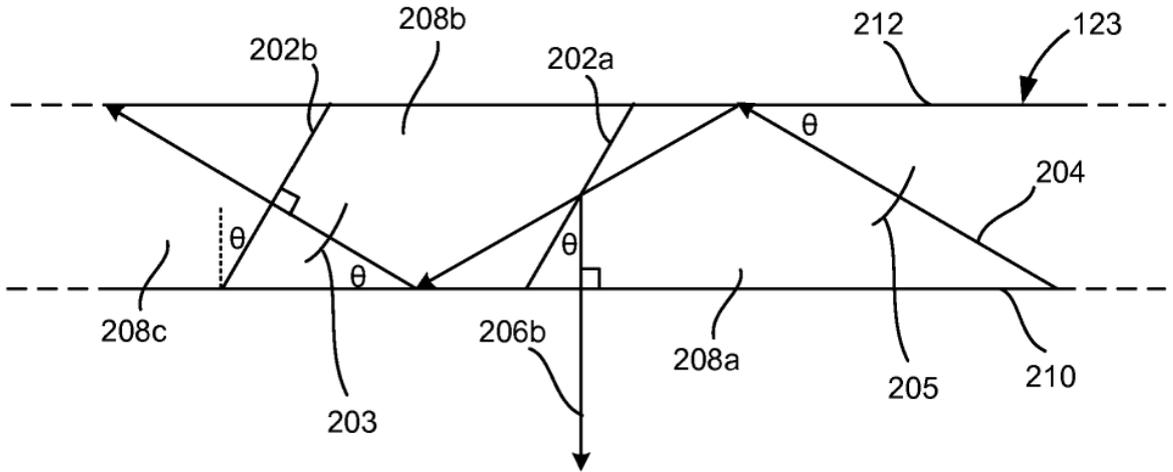


FIG. 1

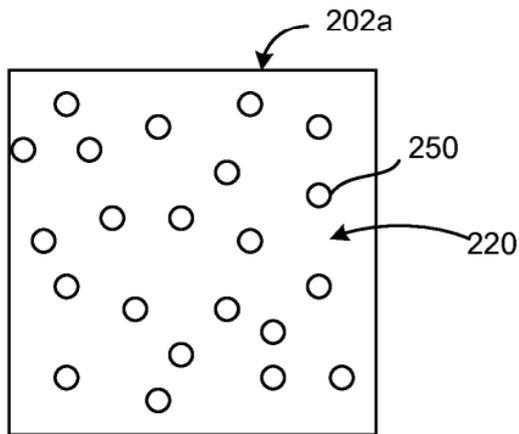


FIG. 2A

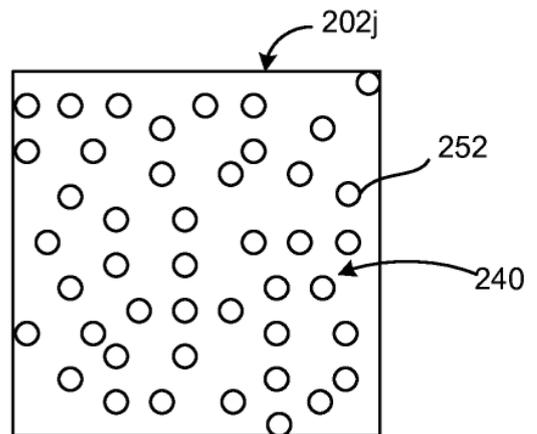


FIG. 2B

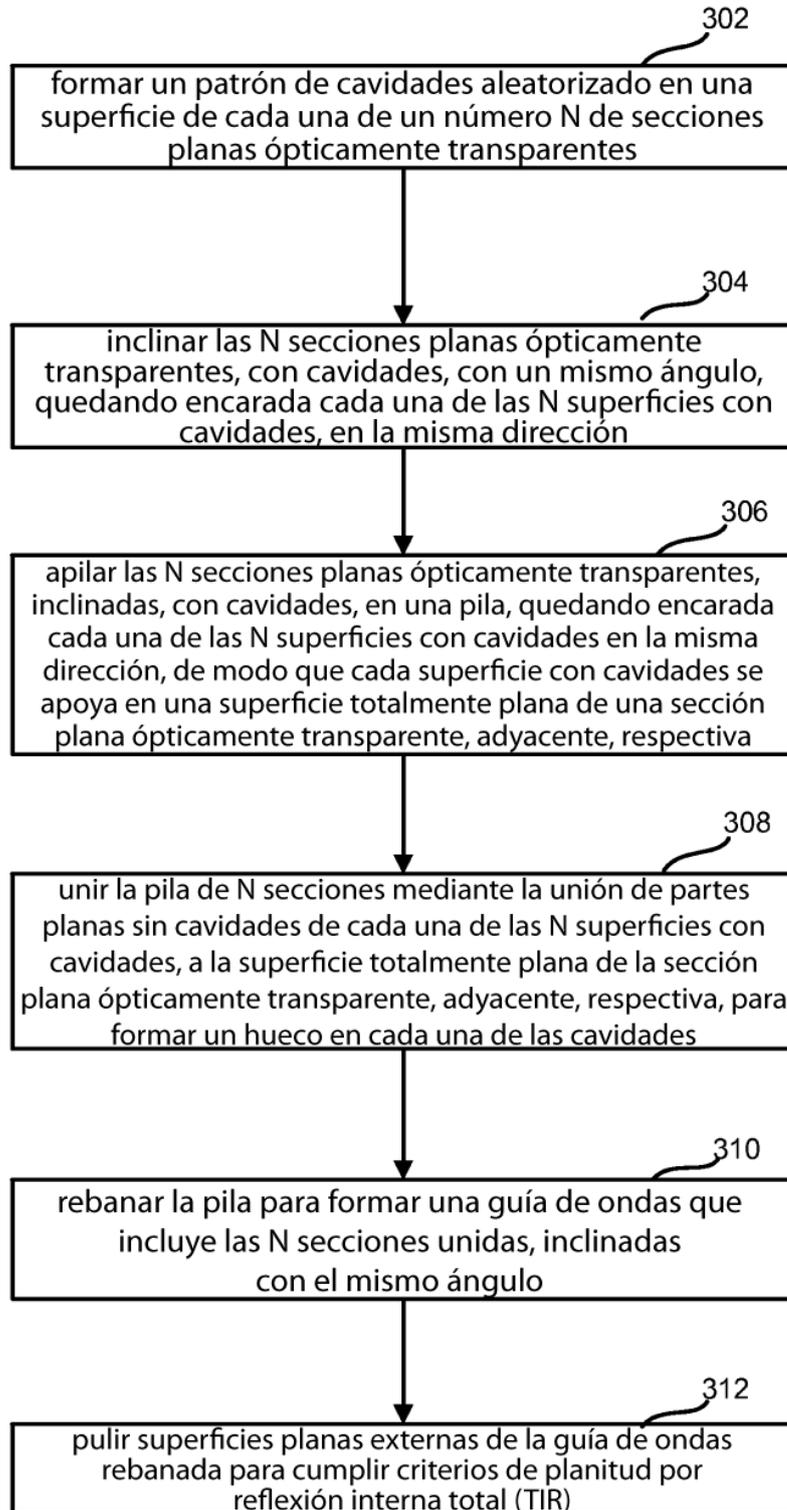


FIG. 3A

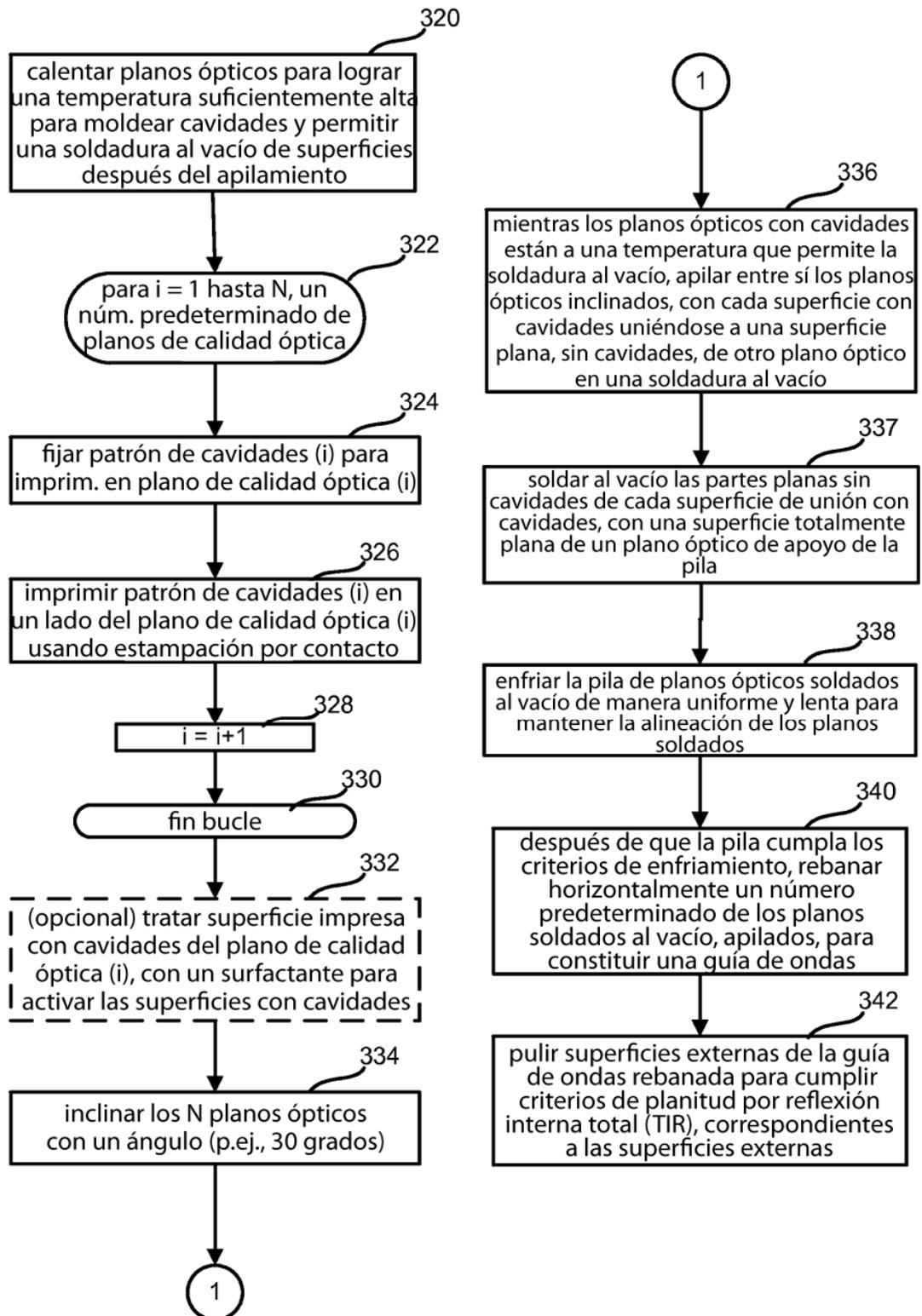


FIG. 3B

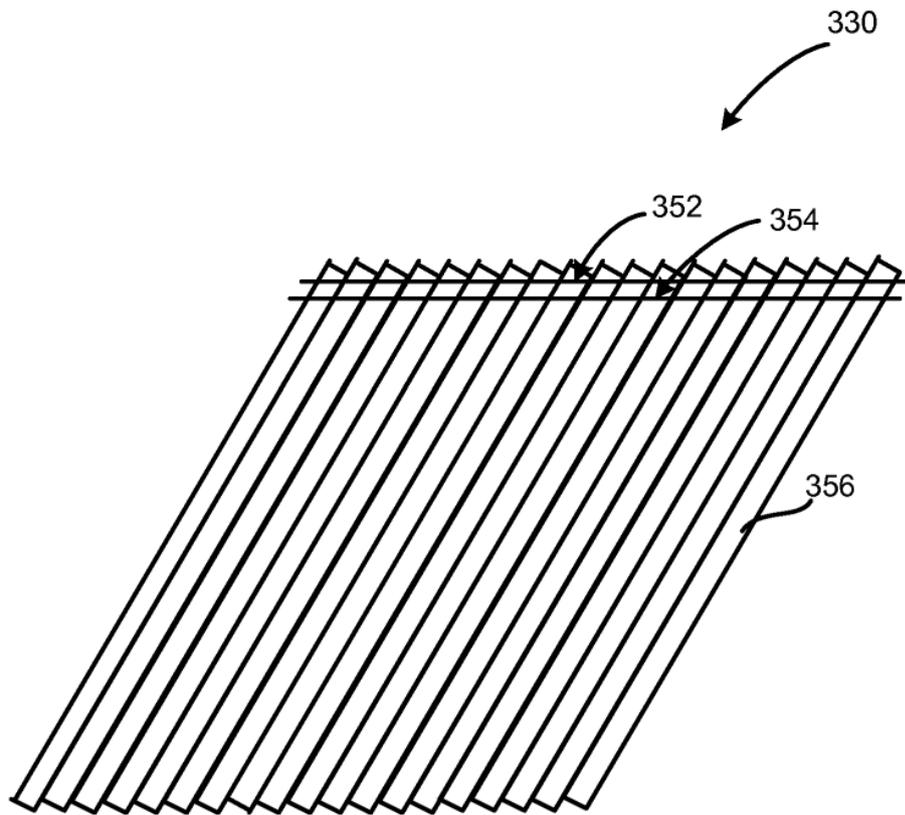


FIG. 3C

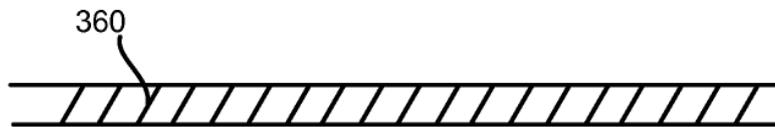


FIG. 3D

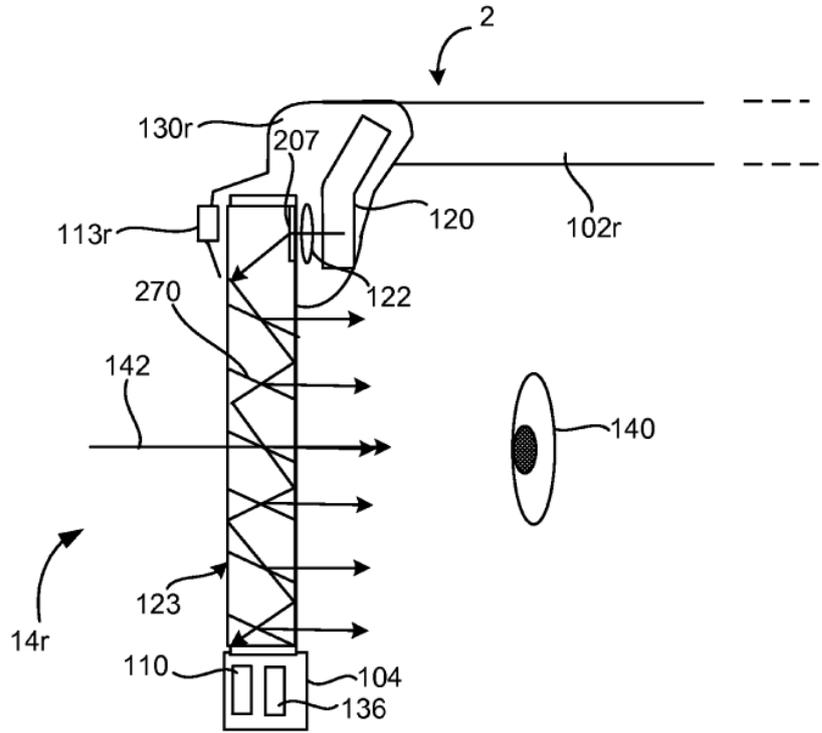


FIG. 4A

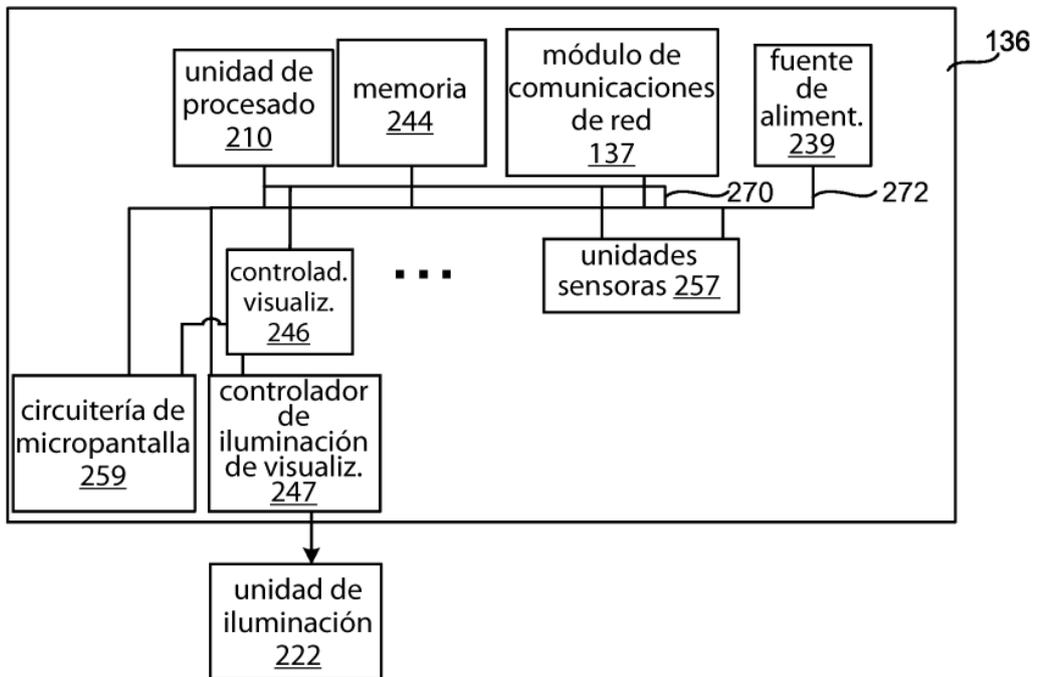


FIG. 4B