

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 011 011**

51 Int. Cl.:

H04N 9/31 (2006.01)

G02B 13/06 (2006.01)

G02B 17/08 (2006.01)

G02B 27/09 (2006.01)

G09B 9/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2019 PCT/US2019/062273**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2020 WO20106760**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2019 E 19888076 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025 EP 3884341**

54 Título: **Método y aparato para reasignar ubicaciones de píxeles**

30 Prioridad:

19.11.2018 US 201862769368 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
07.04.2025

73 Titular/es:

**FLIGHTSAFETY INTERNATIONAL INC. (100.00%)
3100 Easton Square Place, Ste. 100
Columbus, OH 43219, US**

72 Inventor/es:

**EMIG, DAVID MICHAEL;
EBERT, BROCK ALAN y
LINN, TERRY R.**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 011 011 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

Método y aparato para reasignar ubicaciones de píxeles

Antecedentes

Campo: Esta tecnología, tal como se da a conocer en la presente memoria, se refiere, en general, a la reasignación óptica de ubicaciones de píxeles proyectados y, más particularmente, a la reasignación con una aberración mínima.

Antecedentes: El coste y la eficacia de funcionamiento de un sistema de visualización basado en proyector dependen principalmente de la utilización de píxeles de proyector disponibles. Los proyectores disponibles comercialmente están diseñados para proporcionar un tronco de proyección rectangular, con píxeles cuadrados, y una curvatura de campo despreciable. Un sistema de visualización está diseñado generalmente para lograr un campo de visión (FOV, por sus siglas en inglés), una resolución y una luminancia requeridos. Puesto que la distribución más eficaz de píxeles para observación humana es la de una esfera visual y un rectángulo no es una tesela que pueda disponerse sobre una esfera con alta eficacia, estos requisitos visuales generalmente dan como resultado una mala utilización del tronco de proyección rectangular, de píxeles cuadrados.

Existen sistemas especiales de lentes, a saber, ojo de pez ("f-theta") y lentes anamórficas, que posibilitan algún ajuste del tronco de proyección rectangular, pero son inadecuados. Las lentes de ojo de pez tienen tolerancia limitada para la ubicación del origen de la luz proyectada, lo que puede forzar a que el proyector esté ubicado dentro del área de visión u otra obstrucción física. Además, las lentes de ojo de pez también tienen menos tolerancia para adaptar la distribución local de píxeles. Un sistema afocal de lentes cilíndricas anamórficas que esté configurado en la trayectoria de proyección de rayos de una proyección esférica y la lente de objetivo de cámara en el lado de la distancia más larga entre la lente trasera y la imagen sirve para obtener una imagen nítida en todos los puntos de imagen. Se han dado a conocer sistemas de lentes cilíndricas anamorfizadores que constan de un componente de lente colocado delante del objetivo que tiene un poder de refracción cilíndrica positiva, y otro componente de lente separado del primero por aire y que tiene un poder de refracción cilíndrica negativa, siendo paralelos los ejes de cilindro de estos elementos uno con respecto a otro, estando formado cada uno de dichos dos componentes por una lente convergente cementada a una lente divergente y teniendo la superficie cementada cilíndrica en el componente divergente un efecto convergente y estando su superficie cóncava vuelta hacia el componente convergente, y teniendo la superficie cementada del componente convergente un efecto divergente y estando su superficie convergente vuelta hacia el componente divergente. Los ejes de los dos componentes se encuentran en planos verticales, de modo que el sistema disminuye la distancia focal del objetivo en el plano horizontal, mientras que en el plano vertical la distancia focal permanece invariable, es decir, en el plano horizontal se afecta un cambio de la escala de imagen, mientras que en el plano vertical la escala de imagen permanece invariable. Sin embargo, las lentes anamórficas también son relativamente intolerantes a la adaptación de la distribución local de píxeles. Las lentes anamórficas disponibles comercialmente también se limitan a pequeños cambios en la relación de aspecto.

El documento US 2011/0285973 A1 divulga un aparato óptico de proyección que comprende un sistema óptico de proyección para protección de una imagen visualizada en un dispositivo de visualización de imágenes bidimensional, y una pantalla cilíndrica que está descentrada con respecto al sistema óptico de proyección y sobre la que se proyecta una imagen proyectada desde el sistema óptico de proyección. El documento US 3,975,095 divulga un sistema de proyección catóptrico en el que una lente de proyección y un espejo convexo esférico están dispuestos con sus ejes ópticos intersectándose en un punto en el espejo en un ángulo con respecto a cada astigmatismo, de manera que una imagen se proyecta desde el plano de la película con luz después de una reflexión desde el espejo sobre una pantalla transmisora de luz, por lo que se hace posible lograr un incremento muy deseado en el aumento de la imagen proyectada sobre la pantalla sin implicar un incremento en el poder de aumento de la lente de proyección o en la distancia entre el plano de la película y la pantalla. El documento US 2004/0144915 A1 divulga un objetivo de proyección catadióptrica para microlitografía que tiene al menos un espejo curvo que es deformable y elementos de ajuste que pueden deformar el espejo deformable. Yuanyuan, Ding et al. divulgan, en "Catadioptric projectors", 2009 IEEE Conference on computer vision and pattern recognition: CVPR 2009, Miami, Florida, EE.UU., 20-25 de junio de 2009, páginas 2528-2535, ISBN: 978-1-4244-3992-8, que, utilizando reflectores/refractores especialmente conformados, los proyectores catadióptricos pueden ofrecer un nivel sin precedentes de flexibilidad en relación de aspecto, tamaño y campo de visión.

Otro objetivo que se ha dado a conocer hasta ahora consiste en al menos cinco lentes, estando los componentes divergentes compuestos de tres lentes. A pesar del número de lentes y de la disposición de estos sistemas conocidos, la calidad de proyección, especialmente con respecto a la coma y la distorsión, no es satisfactoria.

Se necesitan un aparato y/o un método mejores para mejorar la reasignación óptica de ubicaciones de píxeles proyectados y, más particularmente, para reasignar con aberración mínima.

Compendio

La tecnología, como se divulga en la presente memoria, incluye un método y un aparato para reasignar ópticamente píxeles proyectados para maximizar la utilización y optimizar la distribución de píxeles de proyección reasignados para lograr un rendimiento visual óptimo (resolución y luminancia generalmente uniformes). A modo de ilustración, se

utilizan lentes de ojo de pez en un intento de satisfacer esta necesidad, pero las lentes de ojo de pez tienen menos tolerancia para adaptar la distribución local de píxeles, mientras que un elemento de espejo ligeramente flexible (vidrio delgado, por ejemplo) como se propone en la presente memoria para la presente tecnología y sus diversas realizaciones e implementación permite tal ajuste sin volver a fabricar el elemento óptico.

- 5 La invención se expone en las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes definen realizaciones ventajosas.

Una implementación de la tecnología es un dispositivo interpuesto entre un proyector y una superficie de formación de imágenes para reasignar ópticamente ubicaciones de píxeles proyectados con aberración mínima. Cuando este dispositivo se interpone entre un proyector y una superficie de formación de imágenes, cambia la ubicación terminal de cada píxel enfocado de manera que coincida al máximo con la superficie de formación de imágenes, que a menudo es una superficie de curvatura compleja y muy diferente de la superficie focal nativa del proyector. Una implementación de la tecnología incluye un dispositivo que usa múltiples superficies ópticas. Sin embargo, una implementación de la tecnología incluye una única superficie óptica que es eficaz cuando las aberraciones inducidas por reasignación (desenfoco) son menores que la resolución requerida para el sistema de visualización. Otra implementación más de la tecnología incluye un dispositivo que usa una combinación de superficies ópticas reflectoras y refractivas, pero el rendimiento del sistema de visualización se mejora mediante un conjunto puramente reflector o refractivo de superficies ópticas. Para una implementación de la invención, un elemento óptico se utiliza para curvar la luz y el otro se utiliza para corregir el enfoque.

Una implementación de la tecnología incluye un proyector que proporciona un tronco de luz proyectado incidente sobre una lente refractiva en gran medida cilíndrica. El centro de curvatura de esta lente coincide aproximadamente con el punto de origen de la luz del proyector. Este elemento posibilita corregir el foco anisótropo, que es un producto del grado de desviación angular efectuado por elementos aguas abajo para lograr la reasignación. Esto ocurre debido a que el rayo principal (rayo central) desde el origen de la luz es en gran medida normal a la superficie óptica refractante y por lo tanto experimenta una desviación mínima, pero los rayos marginales (desde los bordes del punto desenfocado en el origen de la luz) experimentan una desviación significativa, que cambia la profundidad focal –pero no la ubicación– de un píxel dado. Para una implementación de la tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria, esta lente usa múltiples elementos para reducir la dispersión cromática (doblete acromático, por ejemplo). La luz que sale de la lente mencionada anteriormente incide entonces sobre una o más superficies ópticas reflectoras que reasignan las ubicaciones de píxeles proyectados por medio de geometría de superficie no plana.

Para una implementación de la tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria, se usa una única superficie reflectora y la superficie reflectora se proporciona mediante un sustrato de vidrio delgado revestido en la primera superficie (para una implementación de aproximadamente 200 micrómetros de espesor, por ejemplo). Este espejo delgado se fuerza a una forma de paraboloide hiperbólico casi cilíndrico. El espejo de vidrio delgado proporciona un aumento anisótropo significativo que produce una relación de aspecto alargada cuando los píxeles finalmente inciden sobre la superficie de formación de imágenes. También genera una curvatura de campo significativa en el mismo eje. En sistemas de visualización "colimados en cabina", así como en sistemas de visualización "en cúpula", es común emplear una superficie de formación de imágenes esférica, toroidal u otra cuádrica, que sea mucho más ancha que alta. El espejo de vidrio delgado mencionado anteriormente ajusta las ubicaciones de píxeles y la superficie focal para converger más óptimamente en dicha superficie de formación de imágenes. Esto posibilita que un único proyector de mayor resolución sustituya a dos o más proyectores de menor resolución. El material del espejo delgado puede construirse de cualquier material que pueda pulirse hasta la lisura óptica requerida y/o sobre el que se aplique un revestimiento reflector. El espejo tiene un revestimiento reflector o una parte reflectora y tiene otra parte que sostiene la estructura misma (el sustrato). Para una implementación, el sustrato está construido de uno o más de los siguientes: vidrio, plástico, metal, material compuesto metálico, acrílico, cerámica y fibra de carbono. Una implementación de un revestimiento reflector incluye uno o más de los siguientes: aluminio, plata o un material comparable sobre vidrio. El revestimiento reflector puede aplicarse a una película de plástico, plástico rígido o acrílico. Se pueden utilizar diversos procedimientos de fabricación del sustrato y del revestimiento reflector sin apartarse del alcance de la invención.

La geometría de la superficie del espejo de vidrio delgado –por medio de presión mecánica– puede adaptarse para lograr una forma óptica de forma libre que distribuya más óptimamente píxeles por requisitos del sistema de visualización. Esto posibilita acomodar desviaciones de la nominal en la geometría de la superficie de la pantalla, o desviaciones en la asignación de los ángulos de FOV sobre la superficie de formación de imágenes. Para una implementación de la tecnología, se utiliza un paquete de análisis de *software* patentado (código MATLAB y GUI), que posibilita la determinación empírica (participación humana) de geometrías de forma libre y asféricas para reasignar píxeles óptimamente a través de la adaptación mecánica del espejo.

Los sistemas de visualización para entrenamiento de simulación de aviación certificado por un organismo regulador usan múltiples proyectores con imágenes superpuestas para proporcionar un rendimiento visual certificable. La tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria proporciona la capacidad de reemplazar estos proyectores por un solo proyector. Esto reduce espectacularmente el coste y complejidad de mantener la "alineación" (el color, luminancia, gamma y rendimiento geométrico) de canales adyacentes y elimina la necesidad de una "mezcla" costosa y propensa a errores de canales adyacentes. La mala utilización de píxeles de proyector cuesta millones de

dólares anualmente a los mercados de simulación audiovisual (AV) y visual (VizSim). Si los píxeles pueden reasignarse ópticamente, se requieren menos proyectores y hay menos necesidad de sistemas de alineación de múltiples proyectores. La luminancia, el margen dinámico y el MTBF del sistema están todos aumentados.

Para una implementación de la tecnología, se utiliza una herramienta de diseño de sistema visual, que podría entonces modificarse para simular el comportamiento de la lente para el sistema propuesto. Para la tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria, la tecnología como se divulga en la presente memoria proporciona un control más avanzado de la ubicación de los píxeles a través de la forma del espejo y produce una redistribución de píxeles curvilínea y local en lugar de sólo un estiramiento angularmente uniforme. En particular, las aplicaciones de sistemas de visualización necesitan generalmente una combinación de redistribución anamórfica y local de píxeles. Si se usase una lente de ojo de pez, se perderían píxeles significativos. Para una implementación de la tecnología, se pueden adaptar soluciones para diversas geometrías de superficie de formación de imágenes. Las aberraciones de enfoque se hacen rápidamente evidentes a medida que aumenta el grado de reasignación. La tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria busca abordar el problema de enfoque. Una implementación de la tecnología como se divulga y reivindica es un dispositivo para reasignar píxeles de proyector con una utilización de píxeles sustancialmente máxima y una resolución sustancialmente óptima para un observador u observadores de un sistema de visualización. El dispositivo está interpuesto dentro de la trayectoria óptica entre la formación de imagen dentro de un proyector y la formación de imagen posterior sobre una pantalla curva. El dispositivo incluye al menos un elemento refractivo y un elemento reflector que están colocados de manera ópticamente subsiguiente. Las superficies focales de los elementos refractivo y reflector tienen cada una una dimensión más larga, y dichas dimensiones más largas de las superficies focales están orientadas de manera sustancialmente ortogonal una con respecto a otra. Para una implementación, el dispositivo utiliza primero la refracción para astigmatizar sustancialmente el foco de la imagen proyectada hasta un grado que es sustancialmente inverso al astigmatismo focal introducido por elementos ópticamente posteriores. Para una implementación, el dispositivo utiliza a continuación reflexión para redirigir ópticamente de manera suplementaria la luz, también conocido como reasignar píxeles, desde un proyector hasta ubicaciones sustancialmente óptimas en una pantalla curva. El dispositivo es ajustable en su efecto óptico con el fin de admitir cualquiera de los siguientes: diversos proyectores, diversas configuraciones de proyector, diversos sistemas de visualización, diversas configuraciones de sistema de visualización, variaciones en componentes del sistema de visualización, variación en la variación de ubicación del observador en el campo de visión y/o la resolución requeridos. Se requieren menos proyectores y hay menos necesidad de sistemas de alineación de múltiples proyectores. La luminancia, el margen dinámico y el MTBF del sistema están todos aumentados. Un dispositivo puede ser adaptable si es necesario. La configuración de espejo delgado que tiene vidrio delgado minimiza la aberración cromática y posibilita un gran aumento/una gran reasignación. Las características, funciones y ventajas que se han expuesto pueden lograrse independientemente en diversas implementaciones o pueden combinarse en otras implementaciones más, pudiendo verse detalles adicionales de éstas con referencia a la siguiente descripción y los dibujos.

La tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria es particularmente aplicable para aplicaciones para una mayor reasignación con densidades de píxeles más altas. Las densidades de píxeles más altas que requieren mayores reasignaciones han necesitado una solución más nueva y es una de las razones de la presente tecnología como se describe. Además, la presente tecnología proporciona una corrección de la resolución a partir de una DEP. La técnica anterior no hace una reasignación grande de densidades de píxeles altas a una ubicación reasignada que sería óptima desde una DEP con resolución uniforme en todo el campo de visión. Además, la presente tecnología puede adaptarse para obtener una forma libre, algo que la técnica anterior no enseña. A modo de ilustración, para sistemas colimados, una implementación de la tecnología proporciona un punto ocular para al menos dos observadores, de modo que la tecnología como se divulga y reivindica optimiza el sistema para el mejor equilibrio entre múltiples observadores, de manera que, cuando se utiliza la expresión Posición Ocular de Diseño (DEP, por sus siglas en inglés) en la presente memoria, para una implementación, es una DEP que es un equilibrio entre las posiciones oculares de múltiples observadores. La DEP en este caso representa la posición de muchos observadores, por lo tanto, cuando se utiliza el término observador en la presente memoria puede referirse a múltiples observadores. Los parámetros de ajuste del sistema pueden ajustarse con respecto a la posición de un observador o a las posiciones de los observadores. Éstas y otras características ventajosas de la presente tecnología como se divulga serán en parte evidentes y en parte se señalarán posteriormente en la presente memoria.

Breve descripción de los dibujos

Para una mejor comprensión de la presente tecnología como se divulga, se puede hacer referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

las Figs. 1A y 1B son ilustraciones de una superficie de formación de imágenes de un simulador;

las Figs. 1C y 1D son ilustraciones de un espejo delgado interpuesto entre un proyector y una superficie de formación de imágenes y el punto ocular de diseño;

la Fig. 2 es una ilustración de la asignación de píxeles a una superficie de formación de imágenes;

las Figs. 3A a 3C son ilustraciones de una aplicación en sistemas de visualización "colimados en cabina" o un sistema de visualización en "cúpula";

la Fig. 4 es una ilustración de un conjunto de vectores de visión generados a partir de la DEP para representar la proyección del campo de visión; y

la Fig. 5 es una ilustración gráfica de una forma libre.

Aunque la tecnología como se divulga es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se muestran en los dibujos implementaciones específicas de la misma a modo de ejemplo, que se describirán en detalle en la presente memoria.

Descripción

De acuerdo con la o las implementaciones de la presente tecnología como se divulga, se ilustran diversas vistas en las Figs. 1-5 y se usan sistemáticamente números de referencia similares en todas ellas para referirse a partes similares y correspondientes de la tecnología para todas las diversas vistas y figuras del dibujo. Además, obsérvese que el o los primeros dígitos del número de referencia para un elemento o parte dados de la tecnología deben corresponder al número de la figura en la que el elemento o parte se identifica por primera vez. La referencia en la memoria descriptiva a "una realización" o "una implementación" significa que un rasgo, estructura o característica concretos descritos en relación con la realización o implementación están incluidos en al menos una realización o implementación de la invención. Las apariciones de las expresiones "en una realización" o "en una implementación" en diversos lugares en la memoria descriptiva no se refieren necesariamente todas a la misma realización o la misma implementación, ni son realizaciones o implementaciones separadas o alternativas mutuamente excluyentes de otras realizaciones o implementaciones.

La tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria es un método y un aparato para reasignar ópticamente píxeles proyectados para maximizar la utilización y optimizar la distribución de píxeles de proyección reasignados para lograr un rendimiento visual óptimo (resolución y luminancia generalmente uniformes). Una implementación de la tecnología es un dispositivo interpuesto entre un proyector y una superficie de formación de imágenes para reasignar ópticamente ubicaciones de píxeles proyectados con aberración mínima. Cuando este dispositivo se interpone entre un proyector y una superficie de formación de imágenes, cambia la ubicación terminal de cada píxel enfocado de manera que coincida al máximo con la superficie de formación de imágenes, que a menudo es una superficie de curvatura compleja y muy diferente de la superficie focal nativa del proyector. Una implementación de la tecnología incluye un dispositivo que usa múltiples superficies ópticas. Sin embargo, una implementación de la tecnología incluye una única superficie óptica que es eficaz cuando las aberraciones inducidas por reasignación (desenfoque) son menores que la resolución requerida para el sistema de visualización. Otra implementación más de la tecnología incluye un dispositivo que usa una combinación de superficies ópticas reflectoras y refractivas, pero el rendimiento del sistema de visualización se mejora mediante un conjunto puramente reflector o refractivo de superficies ópticas. La tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria es particularmente aplicable para aplicaciones para una mayor reasignación con densidades de píxeles más altas. Las densidades de píxeles más altas que requieren mayores reasignaciones han necesitado una solución más nueva y es una de las razones de la presente tecnología como se describe. Además, la presente tecnología proporciona una corrección de la resolución a partir de una DEP. La técnica anterior no hace una reasignación grande de densidades de píxeles altas a una ubicación reasignada que sería óptima desde una DEP con resolución uniforme en todo el campo de visión. Además, la presente tecnología puede adaptarse para obtener una forma libre, algo que la técnica anterior no enseña.

Con referencia a las Figs. 1A y 1B, se proporciona una ilustración de una superficie de formación de imágenes de un simulador. La Fig. 1A ilustra la superficie sobre la que se proyecta la imagen y la Fig. 1B ilustra una imagen que se está proyectando sobre la superficie 101. La superficie de formación de imágenes se muestra como una superficie de curvatura compleja y muy diferente de la superficie focal nativa del proyector, lo que enseña un aparato y un método como se divulga y reivindica en la presente memoria para optimizar la distribución de píxeles de proyección reasignados para lograr un rendimiento visual óptimo (resolución y luminancia generalmente uniformes). Un sistema de visualización tal como un simulador de vuelo como se ilustra en la Fig. 1B es una aplicación de la tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria.

Haciendo referencia a las Figs. 1C y 1D, se muestra una ilustración de un espejo delgado interpuesto entre un proyector y una superficie de formación de imágenes y el punto ocular de diseño. Una implementación para proporcionar un espejo de Mylar de película delgada se ilustra en la Fig. 1D, en la que el espejo de Mylar de película delgada está formado sobre una base para ajustar la forma y se usa un marco tensor para conformar la forma de la base en la película de Mylar.

Con referencia a la Fig. 2, se muestra una ilustración de la asignación de píxeles a una superficie de formación de imágenes. Se ilustran el campo de visión en pantalla observado desde el punto ocular de diseño y la asignación de píxeles. Con referencia a las Figs. 3A-3C, se muestra una ilustración de una aplicación en un sistema de visualización "colimado en cabina" o sistema de visualización en "cúpula". La luz sale del proyector, pasa a través del elemento refractivo, luego se refleja en el elemento reflector y luego incide sobre la pantalla.

Con referencia a la Fig. 4, se muestra una ilustración de un conjunto de vectores de visión generados a partir de la DEP para representar la proyección del campo de visión. Con referencia a la Fig. 5, se proporciona una ilustración

gráfica de una forma libre. Este tipo de espejo se denominará en la presente memoria espejo plegable de "forma libre". El espejo plegable de forma libre puede conformarse para reducir o eliminar la pérdida de resolución de componentes de imagen cerca de los límites del cono de luz proyectado. Las superficies ópticas de forma libre se definen como cualquier superficie simétrica no rotacional o una superficie simétrica que se hace rotar alrededor de cualquier eje que no sea su eje de simetría. Estas superficies pueden conducir a un tamaño de sistema más pequeño en comparación con las superficies rotacionalmente simétricas. El espejo de forma libre, cuando se ilumina mediante una fuente de luz puntual, produce un patrón de iluminación dado en una superficie objetivo que podría ser plana, esférica o tener otra forma. Para un método para llevar a cabo el diseño, la asignación de rayos ópticos puede modelarse mediante ecuaciones diferenciales parciales de segundo orden. Para otro método para llevar a cabo el diseño, se puede modelar y validar una aproximación de las superficies ópticas mediante trazado de rayos y se puede determinar el diseño de las superficies ópticas, particularmente el espejo de forma libre. Además de la primera parte curvada, el espejo de forma libre puede incluir una segunda parte curvada separada de la primera parte curvada. En esta disposición, la primera parte plana está entre la primera parte curvada y la segunda parte curvada. Se pueden añadir partes curvadas adicionales según se desee o sea necesario.

Una tecnología de espejo de forma libre objetivo es igualar el tamaño y la separación de píxeles de proyector para crear una resolución uniforme, de modo que el aspecto de la imagen se mantenga nítido. Cualesquiera correcciones geométricas, tales como la predistorsión de un cuadrado para tener una forma de "barril" de modo que parezca cuadrada al observador en lugar de tener las esquinas con una apariencia alargada, serán realizadas por el generador de imágenes que crea la imagen y no por el espejo. Las tecnologías anteriores no han abordado la resolución uniforme. Otro objetivo de la tecnología es proporcionar un espejo plegable que cree una densidad de píxeles uniforme (por lo tanto, resolución uniforme y brillo más uniforme) en cualquier superficie de pantalla. El espejo plegable 102 de forma libre descrito en la presente memoria ajustaría la distribución de los rayos de luz del proyector sobre la pantalla 106 para igualar la resolución en toda la imagen y producir una resolución y un brillo mucho más uniformes. A modo de ilustración, para una implementación de diseño de fabricación y provisión de un espejo de forma libre, se utiliza un optimizador de trazados de rayos que incluye una herramienta de *software* basada en ordenador para modelar los trazados de rayos y, en última instancia, la forma libre del espejo plegable. El espejo de forma libre podría fabricarse previamente utilizando tal herramienta basada en ordenador. Sin embargo, para una implementación, el espejo de forma libre se ajusta dinámicamente con un sistema mecánico de empuje/tracción que deforma mecánicamente la superficie reflectora del espejo hasta la curvatura apropiada. Para una implementación, el mecanismo de empuje/tracción se controla por ordenador para ajustar la curvatura del espejo basándose en otros parámetros del sistema con el fin de reducir aberraciones y mejorar la resolución.

Los detalles de la tecnología como se divulga y diversas implementaciones pueden entenderse mejor con referencia a las figuras del dibujo. Con referencia a las Figs. 1-5, una implementación de la presente tecnología como se divulga y reivindica comprende un dispositivo 102 interpuesto entre un proyector 104 y una superficie 106 de formación de imágenes para reasignar ópticamente ubicaciones de píxeles proyectados con aberración mínima, por lo que, cuando este dispositivo se interpone entre un proyector y una superficie de formación de imágenes, cambia la ubicación terminal de cada píxel enfocado (véase la Fig. 2 para ilustración) de manera que coincida al máximo con la superficie de formación de imágenes, que es a menudo una superficie de curvatura compleja y muy diferente de la superficie focal nativa del proyector, lo que enseña un aparato y un método como se divulga y reivindica en la presente memoria para optimizar la distribución de píxeles de proyección reasignados para lograr un rendimiento visual óptimo (resolución y luminancia generalmente uniformes).

Una implementación de la tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria es un método que incluye determinar la ubicación del observador del sistema de visualización, también conocida como punto ocular 108 de diseño, junto con el campo 110 de visión requerido, y la resolución requerida para cada parte del campo de visión. Para una implementación, el método incluye generar un conjunto de vectores 402 de visión generados a partir de la DEP 108 para representar la proyección del campo 110 de visión sobre la superficie de formación de imágenes. Los vectores 402 de visión se intersecan con una pantalla curva sobre la que se forma la imagen. Para cada parte del campo de visión, las ubicaciones de intersección con la pantalla determinan la ubicación a la que se asignarán sustancialmente los píxeles de proyector. La resolución requerida para una parte dada del campo de visión determina la densidad óptima de píxeles dentro de dicha parte del campo de visión.

Una implementación del método incluye interponer un dispositivo 102 dentro de la trayectoria óptica 404 entre la formación de imagen dentro de un proyector y la formación 101 de imagen posterior sobre una pantalla curva. Para una implementación, el dispositivo incluye al menos un elemento refractivo y un elemento reflector que están colocados en un orden ópticamente subsiguiente. Las superficies focales de los elementos refractivo y reflector tienen cada una una dimensión más larga y dichas dimensiones más largas de las superficies focales están orientadas sustancialmente de manera ortogonal una con respecto a otra. Para una implementación, el método incluye ajustar el efecto óptico del dispositivo ajustable para admitir cualquiera de los siguientes: diversos proyectores, diversas configuraciones de proyector, diversos sistemas de visualización, diversas configuraciones de sistema de visualización, variaciones en componentes del sistema de visualización, variación en la variación de ubicación del observador en el campo de visión y/o la resolución requeridos. Una implementación del método astigmatiza sustancialmente el foco de la imagen proyectada por medio de refracción y luego usa reflexión para redirigir ópticamente de manera suplementaria la luz desde un proyector a dichas ubicaciones de intersección con la pantalla con dicha densidad de píxeles óptima. El método incluye optimizar la utilización de los píxeles de proyector con el dispositivo satisfaciendo la resolución

requerida para el campo de visión dado con un mínimo de píxeles de proyector.

Una implementación de la tecnología como se divulga y reivindica en la presente memoria incluye un dispositivo para reasignar píxeles de proyector (véase el elemento 202 para ilustración) con una utilización máxima de píxeles y una resolución óptima para un observador u observadores de un sistema de visualización. El dispositivo está interpuesto dentro de la trayectoria óptica entre la formación de imagen dentro de un proyector y la formación de imagen posterior sobre una pantalla curva. Para una implementación de la tecnología, el dispositivo incluye al menos un elemento refractivo y un elemento reflector que están colocados de manera ópticamente subsiguiente. Las superficies focales de los elementos refractivo y reflector tienen cada una una dimensión más larga y dichas dimensiones más largas de las superficies focales están orientadas de manera sustancialmente ortogonal una con respecto a otra. El dispositivo está configurado para usar refracción para astigmatizar sustancialmente el foco de la imagen proyectada hasta un grado que es sustancialmente inverso al astigmatismo focal introducido por elementos ópticamente subsiguientes. Para una implementación, el dispositivo está configurado además para usar reflexión para redirigir ópticamente de manera suplementaria la luz, también conocido como reasignar píxeles, desde un proyector a ubicaciones óptimas en una pantalla curva. Para una implementación, el dispositivo está configurado para ser ajustable en su efecto óptico con el fin de admitir cualquiera de los siguientes: diversos proyectores, diversas configuraciones de proyector, diversos sistemas de visualización, diversas configuraciones de sistema de visualización, variaciones en componentes del sistema de visualización, variación en la variación de ubicación del observador en el campo de visión y/o la resolución requeridos.

Para otra implementación más, a modo de aplicación cuando se usa como un sistema de visualización "colimado en cabina" o sistema de visualización en "cúpula", la pantalla curva se ve a través de un espejo de colimación (véase el elemento 302 para ilustración), por lo que el campo de visión horizontal total requerido supera 180 grados, y la resolución es menor de 6,1 minutos de arco por par de líneas ópticas, y al menos el elemento reflector es ajustable. Para una implementación, sustancialmente ortogonal es entre 70 grados y 110 grados.

Para el sistema de proyección, la imagen se forma dentro del proyector y se proyecta para formarse en la pantalla. Para una implementación, el proyector puede incluir una lente de proyección. En el caso de dos o más observadores, se determina una posición ocular de diseño (DEP) de compromiso de manera única para cada parte del campo de visión.

Para una aplicación de la tecnología, se ve una pantalla curva a través de un espejo de colimación, en cuyo caso, los vectores de visión se reflejan en el espejo de colimación y se intersecan en la intersección con la pantalla curva. Para una implementación, la pantalla curva es una sección de un elipsoide o toroide, o una variación menor de los mismos. Dicha variación menor no supera aproximadamente 0,25 veces el radio de curvatura de la pantalla curva más grande. Para una implementación, la pantalla curva incluye un radio de curvatura que es aproximadamente infinito.

La densidad de píxeles se refiere al número de píxeles por unidad de área de pantalla. La resolución del proyector puede exceder su recuento de píxeles por medio de un desplazamiento de píxeles. Para una implementación, el elemento refractivo se coloca a lo largo de la trayectoria óptica, antes, después o dentro de la lente de proyección. Para una implementación, se pueden emplear espejos plegables planos a lo largo de la trayectoria óptica, alrededor de o entre cualesquiera elementos ópticos; desde la formación de imágenes dentro del proyector hasta la observación de imágenes en la posición ocular de diseño (DEP).

Para una implementación, los elementos refractivos incluyen múltiples subelementos y múltiples superficies ópticas refractivas. Para una implementación, el elemento refractivo tiene una o más superficies ópticas que tienen sustancialmente la forma de un cilindro generalizado con una superficie focal sustancialmente cerca de, o que abarca, la ubicación del vértice del tronco de luz proyectado del proyector. Para una implementación, el elemento refractivo tiene una o más superficies ópticas que tienen sustancialmente la forma de una forma libre con una superficie focal sustancialmente cerca de, o que abarca, la ubicación del vértice del tronco de luz proyectado del proyector (forma libre definida según la norma ISO 17450-1:2011). Para una implementación, el elemento refractivo tiene una o más superficies ópticas que tienen sustancialmente una curvatura gaussiana de aproximadamente cero con una superficie focal sustancialmente cerca de, o que abarca, la ubicación del vértice del tronco de luz proyectado del proyector.

Para una implementación, el elemento refractivo es ajustable en su efecto óptico, de manera que el elemento refractivo es ajustable a una forma de forma libre (forma libre definida según la norma ISO 17450-1:2011). Para una implementación, el ajuste del elemento refractivo se logra mediante deformación mecánica y/o térmica de cualquiera de las superficies refractivas. Para una implementación, el ajuste del elemento refractivo se logra mediante el ajuste de las ubicaciones relativas de subelementos. El elemento reflector se coloca a lo largo de la trayectoria óptica, después del elemento refractivo y la lente de proyección. Para una implementación, el elemento reflector puede incluir múltiples subelementos y superficies ópticas reflectoras. Para una implementación, el elemento reflector tiene sustancialmente la forma de un cilindro generalizado. Para una implementación, el elemento reflector tiene sustancialmente una forma de forma libre (forma libre definida según la norma ISO 17450-1:2011). La superficie del elemento reflector tiene sustancialmente una curvatura gaussiana de aproximadamente cero.

Para una implementación, el elemento reflector es ajustable en su efecto óptico. El elemento reflector es ajustable a una forma sustancialmente de forma libre (forma libre definida según la norma ISO 17450-1:2011). El ajuste del elemento reflector se logra mediante deformación mecánica y/o térmica de la superficie reflectora. Para una implementación, el ajuste del elemento reflector se logra ajustando su ubicación en relación con el proyector y/o su

ubicación en relación con el elemento refractivo, y/o las ubicaciones relativas de los subelementos del elemento reflector. El elemento refractivo está lo suficientemente cerca del elemento reflector como para que la luz proyectada atraviese el elemento refractivo antes y después de la reflexión desde el elemento reflector.

5 Las diversas implementaciones y ejemplos mostrados anteriormente ilustran un método y un sistema para un paquete de análisis de *software* (código MATLAB y GUI) utilizado, que posibilita la determinación empírica (participación humana) de geometrías de forma libre y esféricas para reasignar píxeles óptimamente a través de una adaptación mecánica del espejo.

10 Un usuario de los presentes método y sistema puede elegir cualquiera de las implementaciones anteriores, dependiendo de la aplicación deseada. A este respecto, se reconoce que podrían utilizarse diversas formas del método y el sistema de análisis de *software* en cuestión para la determinación de la forma libre sin apartarse del alcance de la presente tecnología y diversas implementaciones tal como se divulgan.

15 Como es evidente a partir de la descripción anterior, ciertos aspectos de la presente implementación no están limitados por los detalles concretos de los ejemplos ilustrados en la presente memoria y, por lo tanto, se contempla que se les ocurran otras modificaciones y aplicaciones a los expertos en la técnica. Por consiguiente, se pretende que las reivindicaciones cubran todas las modificaciones y aplicaciones que no se aparten del alcance de la o las presentes implementaciones. Por consiguiente, la memoria descriptiva y los dibujos deben considerarse en un sentido ilustrativo en lugar de restrictivo.

20 Ciertos sistemas, aparatos, aplicaciones o procesos se describen en la presente memoria como que incluyen varios módulos. Un módulo puede ser una unidad de funcionalidad definida que puede presentarse en *software*, *hardware* o combinaciones de los mismos. Cuando la funcionalidad de un módulo de análisis se realiza en cualquier parte a través de *software*, el módulo incluye un medio legible por ordenador. Los módulos de análisis pueden considerarse acoplados comunicativamente. La materia objeto de la invención puede representarse en diversas implementaciones diferentes, de las cuales hay muchas permutaciones posibles.

25 Los métodos descritos en la presente memoria no tienen que ejecutarse necesariamente en el orden descrito o en cualquier orden en particular. Además, diversas actividades descritas con respecto a los métodos identificados en la presente memoria pueden ejecutarse en serie o en paralelo. En la descripción detallada anterior, se puede ver que diversas características se agrupan en una única realización con el propósito de simplificar la divulgación. Este método de divulgación no debe interpretarse como que refleja una intención de que las realizaciones reivindicadas requieran más características de las que se mencionan expresamente en cada reivindicación. Más bien, como reflejan las siguientes reivindicaciones, la materia objeto de la invención puede consistir en menos de la totalidad de las características de una única realización divulgada. Por lo tanto, por la presente, las siguientes reivindicaciones se incorporan a la descripción detallada, presentándose cada reivindicación por sí sola como una realización separada.

30 En una implementación ejemplar, la máquina funciona como un dispositivo independiente o puede conectarse (por ejemplo, en red) a otras máquinas. En un despliegue en red, la máquina puede funcionar en calidad de un servidor o una máquina cliente en un entorno de red servidor-cliente, o como una máquina par en un entorno de red entre pares (o distribuida). La máquina puede ser un ordenador servidor, un ordenador cliente, un ordenador personal (PC, por sus siglas en inglés), un ordenador personal tipo tableta, un módulo de conexión (STB, por sus siglas en inglés), un asistente personal digital (PDA, por sus siglas en inglés), un teléfono celular, un aparato web, un enrutador, conmutador o puente de red, o cualquier máquina capaz de ejecutar un conjunto de instrucciones (secuenciales o de otro modo) que especifiquen medidas que debe tomar esa máquina o dispositivo informático. Además, aunque sólo se ilustra una única máquina, el término "máquina" también se considerará que incluye cualquier grupo de máquinas que ejecuten individual o conjuntamente un conjunto (o múltiples conjuntos) de instrucciones para realizar una cualquiera o más de las metodologías expuestas en la presente memoria.

45 El sistema informático y los ordenadores cliente ejemplares pueden incluir un procesador (por ejemplo, una unidad central de procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés), un procesador gráfico (GPU, por sus siglas en inglés) o ambos), una memoria principal y una memoria estática, que se comunican entre sí a través de un bus. El sistema informático puede incluir además una unidad de visualización de vídeo/gráfica (por ejemplo, una pantalla de cristal líquido (LCD, por sus siglas en inglés) o un tubo de rayos catódicos (CRT, por sus siglas en inglés)). El sistema informático y los dispositivos informáticos cliente también pueden incluir un dispositivo de entrada alfanumérico (por ejemplo, un teclado), un dispositivo de control de cursor (por ejemplo, un ratón), una unidad, un dispositivo de generación de señales (por ejemplo, un altavoz) y un dispositivo de interfaz de red.

55 La unidad incluye un medio legible por ordenador en el que se almacenan uno o más conjuntos de instrucciones (por ejemplo, *software*) que incluyen una cualquiera o más de las metodologías o sistemas descritos en la presente memoria. El *software* también puede residir, completa o al menos parcialmente, dentro de la memoria principal y/o dentro del procesador durante su ejecución por el sistema informático, constituyendo también la memoria principal y el procesador medios legibles por ordenador. El *software* puede transmitirse o recibirse además a través de una red a través del dispositivo de interfaz de red.

La expresión "medio legible por ordenador" debe considerarse que incluye un único medio o múltiples medios (por

ejemplo, una base de datos centralizada o distribuida y/o memorias caché y servidores asociados) que guardan los uno o más conjuntos de instrucciones. La expresión "medio legible por ordenador" también debe considerarse que incluye cualquier medio que sea capaz de guardar o codificar un conjunto de instrucciones para su ejecución por la máquina y que haga que la máquina realice una cualquiera o más de las metodologías de la presente implementación. Por consiguiente, debe considerarse que la expresión "medio legible por ordenador" incluye, pero no se limita a, memorias de estado sólido y medios ópticos y medios magnéticos.

Las diversas configuraciones e implementaciones de reasignación óptica mostradas anteriormente ilustran la reasignación de ubicaciones de píxeles proyectados con una aberración mínima. Un usuario de la presente tecnología como se divulga puede elegir cualquiera de las implementaciones anteriores, dependiendo de la aplicación deseada. A este respecto, se reconoce que podrían utilizarse diversas formas del método y el aparato de reasignación óptica en cuestión sin apartarse del alcance de la presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

Como es evidente a partir de la descripción anterior, ciertos aspectos de la presente tecnología como se divulga no están limitados por los detalles concretos de los ejemplos ilustrados en la presente memoria. Por consiguiente, se pretende que las reivindicaciones cubran todas las modificaciones y aplicaciones que no se aparten del alcance de la presente tecnología como se divulga y reivindica.

Otros aspectos, objetos y ventajas de la presente tecnología como se divulga pueden obtenerse a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para reasignar ópticamente ubicaciones de píxeles proyectados, que comprende:

definir una posición ocular (108) de diseño, denominada en lo sucesivo DEP (108), un campo (110) de visión requerido, correspondiente a la DEP (108), y una resolución de imagen requerida para una pluralidad de partes del campo (110) de visión cuando se ve una imagen proyectada;

generar un conjunto de vectores (402) de visión a partir de la DEP (108) representativos de una proyección del campo (110) de visión sobre una superficie de formación de imágenes, intersecándose los vectores (402) de visión con una pantalla curva sobre la que se formará la imagen proyectada;

determinar, para cada una de la pluralidad de partes del campo (110) de visión, ubicaciones de intersección con la pantalla a las que se asignarán píxeles de proyector;

determinar una densidad óptima de píxeles dentro de cada una de la pluralidad de partes del campo (110) de visión basándose en la resolución de imagen para una parte dada del campo (110) de visión;

interponer un dispositivo óptico (102) dentro de una trayectoria óptica (404) entre un punto de formación de origen de imágenes dentro de un proyector y un punto de formación de imágenes proyectadas sobre la pantalla curva, en donde el dispositivo óptico (102) incluye al menos un elemento refractivo y un elemento reflector colocados de manera ópticamente subsiguiente, donde las superficies focales de los elementos refractivo y reflector tienen cada una una dimensión más larga y dichas dimensiones más largas de las superficies focales están orientadas ortogonalmente, en particular entre 70 y 110 grados, una con respecto a otra;

refractar y reflejar la imagen proyectada con el dispositivo óptico (102);

ajustar el efecto óptico del dispositivo óptico (102) con el fin de admitir uno o más de los siguientes: diversos proyectores, diversas configuraciones de proyector, diversos sistemas de visualización, diversas configuraciones de sistema de visualización, variaciones en componentes del sistema de visualización, variación en la ubicación del observador, variación en el campo (110) de visión y variación en la resolución de imagen; y

astigmatizar el foco de la imagen proyectada mediante una refracción con el elemento refractivo del dispositivo óptico (102) y reflejar la imagen refractada astigmatizada con el elemento reflector del dispositivo óptico (102) para redirigir ópticamente de manera suplementaria la luz desde la imagen refractada astigmatizada a las ubicaciones de intersección con la pantalla con una densidad de píxeles óptima, por lo que el dispositivo óptico (102) optimiza de ese modo la utilización de los píxeles de proyector satisfaciendo la resolución de imagen para la parte dada del campo (110) de visión con un mínimo de píxeles de proyector.

2. El método para reasignar ópticamente según la reivindicación 1, que comprende: interponer un espejo de colimación entre la DEP (108) y la pantalla curva, por lo que un observador en la DEP (108) está viendo la pantalla curva a través del espejo de colimación, preferiblemente donde los vectores (402) de visión se reflejan en el espejo de colimación antes de intersecarse con la pantalla curva.

3. El método para reasignar ópticamente según la reivindicación 1 o 2, donde un campo (110) de visión horizontal excede 180 grados, la resolución de imagen es menor de 6,1 minutos de arco por par de líneas ópticas, y el elemento reflector y/o el elemento refractivo son ajustables.

4. El método para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además: determinar una DEP (108) de compromiso para cada una de la pluralidad de partes del campo (110) de visión cuando hay dos o más observadores.

5. El método para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones precedentes, donde el elemento refractivo incluye múltiples subelementos y múltiples superficies ópticas refractivas, preferiblemente donde ajustar el efecto óptico del dispositivo óptico (102) incluye uno o más de los siguientes: una deformación mecánica y una deformación térmica de cualquiera de las superficies ópticas refractivas del elemento refractivo y/o un ajuste de ubicaciones relativas de subelementos del elemento refractivo.

6. El método para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones precedentes, que comprende además: ajustar el elemento refractivo modificando su efecto óptico y/o ajustar el elemento refractivo a una forma de forma libre.

7. El método para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones precedentes, donde el elemento reflector es ajustable en su efecto óptico y/o a una forma sustancialmente de forma libre y/o donde ajustar el efecto óptico del dispositivo óptico (102) incluye una deformación mecánica y/o térmica de una superficie reflectora del elemento reflector y/o un ajuste de uno o más de los siguientes: una ubicación del elemento reflector en relación con el proyector; una ubicación del elemento reflector en relación con el elemento refractivo; y las ubicaciones relativas de subelementos del elemento reflector.

8. Un aparato para reasignar ópticamente píxeles proyectados para un observador de un sistema de visualización,

que comprende:

un proyector y una pantalla curva orientados y posicionados para una posición ocular (108) de diseño, denominada en lo sucesivo DEP (108), y un campo (110) de visión correspondiente y para la proyección de una imagen desde el proyector sobre la pantalla curva;

5 un dispositivo óptico (102) interpuesto dentro de una trayectoria óptica (404) entre un punto de formación de origen de imágenes dentro del proyector y un punto de formación de imágenes proyectadas sobre la pantalla curva, donde el dispositivo óptico (102) incluye al menos un elemento refractivo y un elemento reflector, que están colocados de manera ópticamente subsiguiente, y donde una superficie focal del elemento refractivo y una superficie focal del elemento reflector tienen cada una una dimensión más larga y las dimensiones más largas están orientadas ortogonalmente, preferiblemente entre 70 grados y 110 grados, una con respecto a otra;

10 dicho elemento refractivo configurado para astigmatizar el foco de la imagen proyectada hasta un grado que es inverso a un astigmatismo focal introducido por elementos ópticamente subsiguientes usando refracción por el elemento refractivo;

15 dicho elemento reflector configurado para redirigir ópticamente de manera suplementaria la luz desde el proyector a ubicaciones óptimas en la pantalla curva reasignando así ópticamente píxeles, en donde el elemento reflector usa reflexión para redirigir ópticamente la luz; y

20 dicho dispositivo óptico (102) configurado para ser ajustable en su efecto óptico con el fin de admitir uno o más de los siguientes: diversos proyectores, diversas configuraciones de proyector, diversos sistemas de visualización, diversas configuraciones de sistema de visualización, variaciones en componentes del sistema de visualización, variación en la ubicación del observador, variación en el campo (110) de visión y variación en la resolución de imagen,

con lo que se consigue una utilización máxima de píxeles y una resolución óptima de imagen para uno o más observadores del sistema de visualización.

25 9. El aparato para reasignar ópticamente según la reivindicación 8, donde un espejo de colimación está colocado entre la DEP (108) y la pantalla curva, por lo que la pantalla curva se ve a través del espejo de colimación, en cuyo caso los vectores (402) de visión de la DEP (108) se reflejan en el espejo de colimación antes de intersectarse con la pantalla curva y/o donde se emplean espejos plegables planos a lo largo de la trayectoria óptica (404), alrededor de o entre cualesquiera elementos ópticos desde el punto de formación de origen de imagen dentro del proyector hasta la observación de imágenes en la DEP (108).

30 10. El aparato para reasignar ópticamente según la reivindicación 8 o 9, donde el proyector y la pantalla curva están configurados con respecto a la DEP (108) de tal manera que el campo (110) de visión horizontal excede 180 grados, la resolución de imagen es menor de 6,1 minutos de arco por par de líneas ópticas y al menos el elemento reflector es ajustable, y/o

35 donde el proyector y la pantalla curva están orientados y posicionados para una DEP (108) de compromiso para cada parte del campo (110) de visión cuando hay dos o más observadores.

11. El aparato para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones 8 a 10, donde la pantalla curva tiene un radio de curvatura que es aproximadamente infinito y/o donde la pantalla curva es una sección de un elipsoide, de un toroide, de una variación menor del elipsoide o de una variación menor del toroide, donde dicha variación menor no excede 0,25 veces un radio máximo de curvatura de la pantalla curva.

40 12. El aparato para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones 8 a 11, donde el elemento refractivo incluye múltiples subelementos refractivos y múltiples superficies ópticas refractivas y/o una o más superficies ópticas que tienen sustancialmente una forma de cilindro generalizado o una forma libre o curvatura gaussiana de aproximadamente cero con una superficie focal sustancialmente cerca de, o que abarca, una ubicación de un vértice de un tronco de luz proyectado del proyector, y/o

45 donde el elemento refractivo es ajustable mediante el ajuste de ubicaciones relativas de subelementos del elemento refractivo y/o está configurado para ser ajustable en su efecto óptico y/o para ser ajustable a una forma de forma libre, preferiblemente donde el ajuste del elemento refractivo se logra mediante una deformación mecánica y/o una deformación térmica de una superficie óptica refractiva del elemento refractivo.

50 13. El aparato para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones 8 a 12, donde el elemento reflector está posicionado a lo largo de la trayectoria óptica (404) después del elemento refractivo y la lente de proyección y/o donde el elemento refractivo está posicionado suficientemente cerca del elemento reflector de tal manera que la luz proyectada por el proyector atraviese el elemento refractivo antes y después de la reflexión desde el elemento reflector.

14. El aparato para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones 8 a 13, donde el elemento reflector incluye uno o más de los siguientes: múltiples subelementos reflectores y múltiples superficies ópticas reflectoras, y/o tiene

una forma de cilindro generalizado o una forma libre y/o donde el elemento reflector tiene una superficie óptica con una curvatura gaussiana de aproximadamente cero.

- 5 15. El aparato para reasignar ópticamente según una de las reivindicaciones 8 a 14, donde el elemento reflector es ajustable en su efecto óptico y/o ajustable a una forma sustancialmente de forma libre, preferiblemente donde el ajuste del elemento reflector se logra por deformación mecánica y/o térmica de una superficie reflectora del elemento reflector y/o mediante ajuste de uno o más de los siguientes: su ubicación en relación con el proyector; su ubicación en relación con el elemento refractivo; y ubicaciones relativas de subelementos reflectores del elemento reflector.

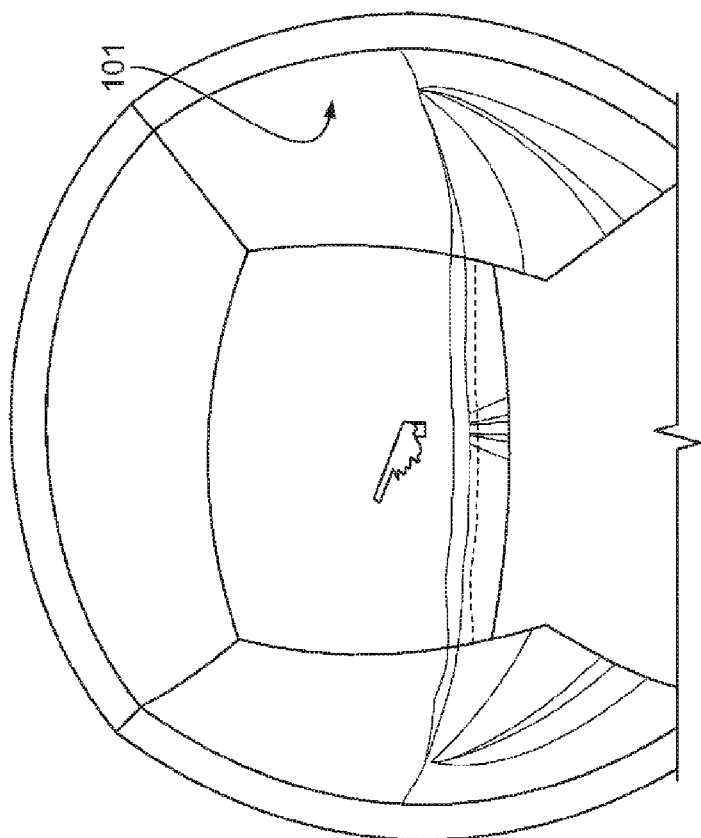


FIG. 1B

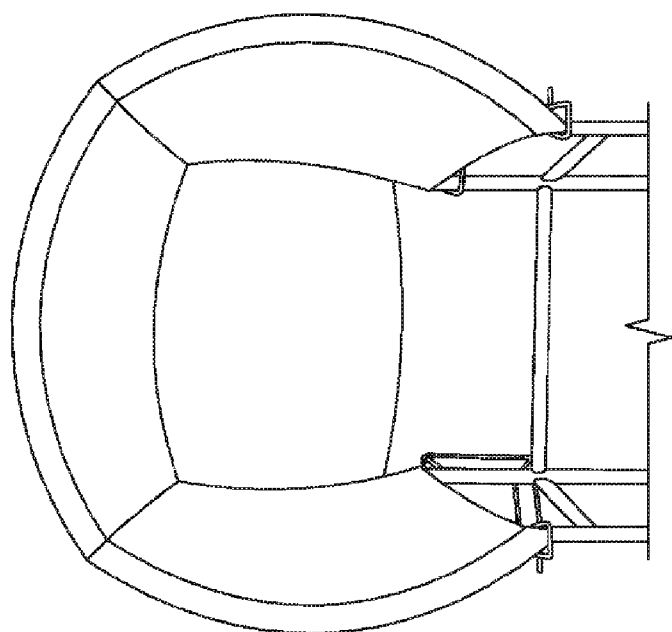
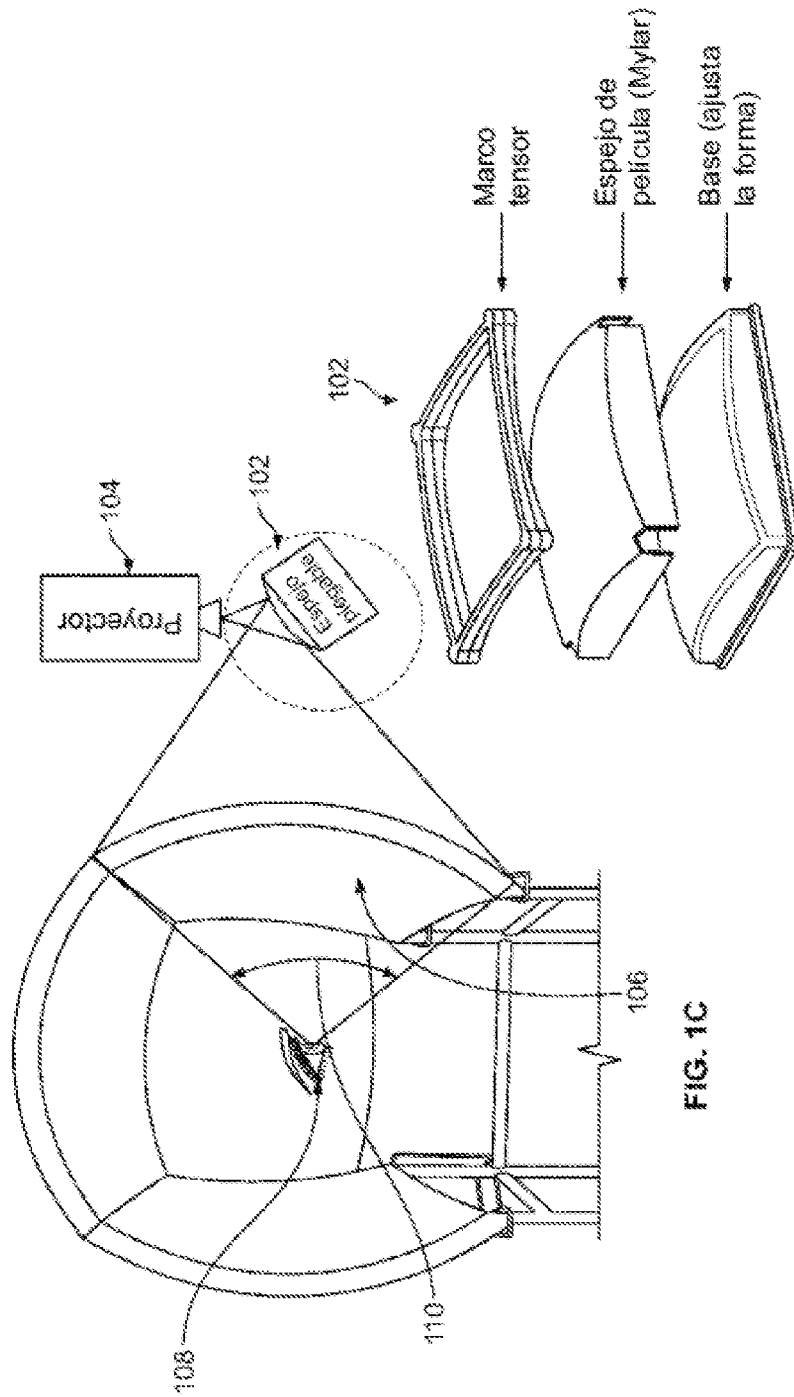


FIG. 1A



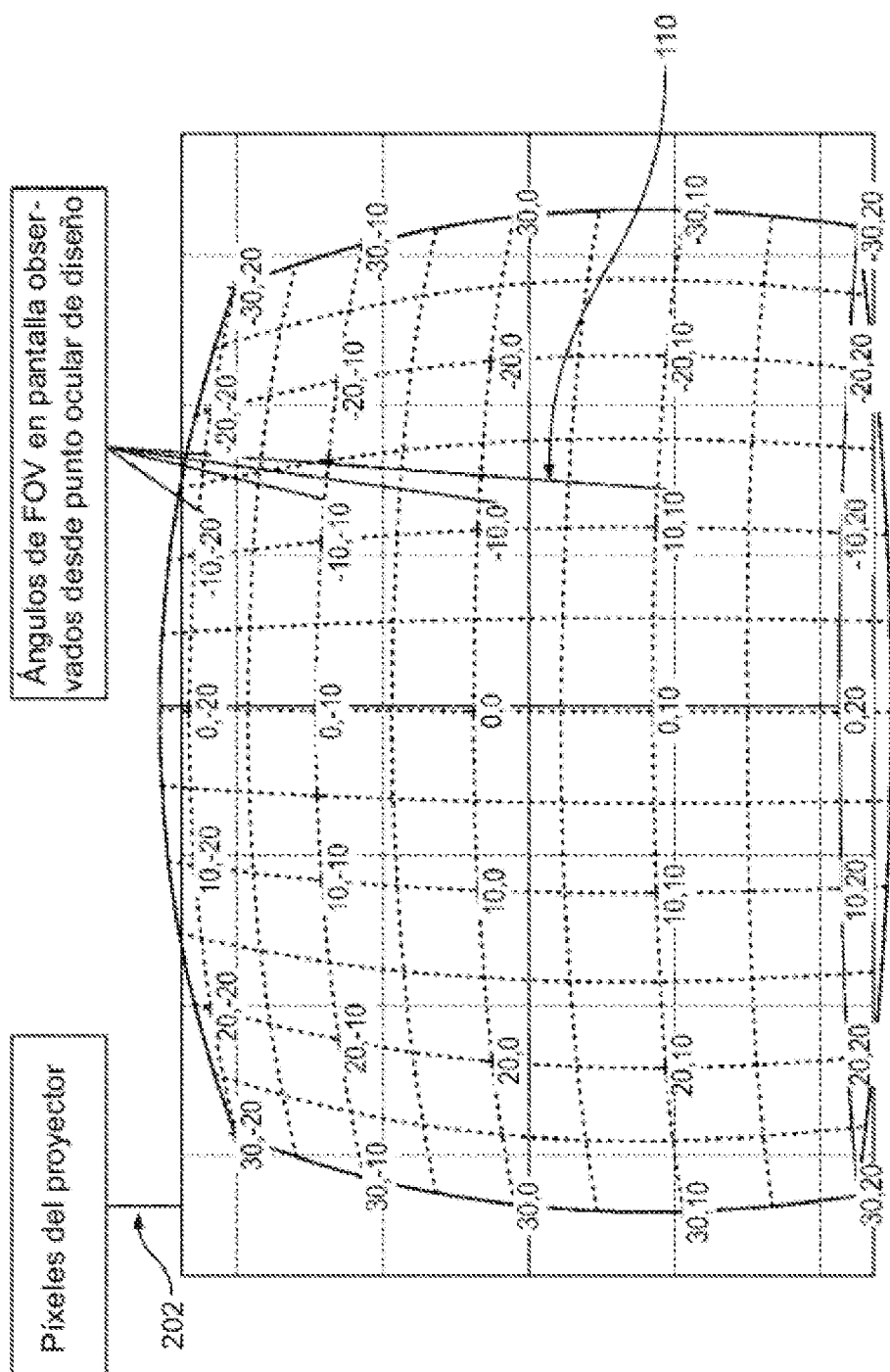


FIG. 2

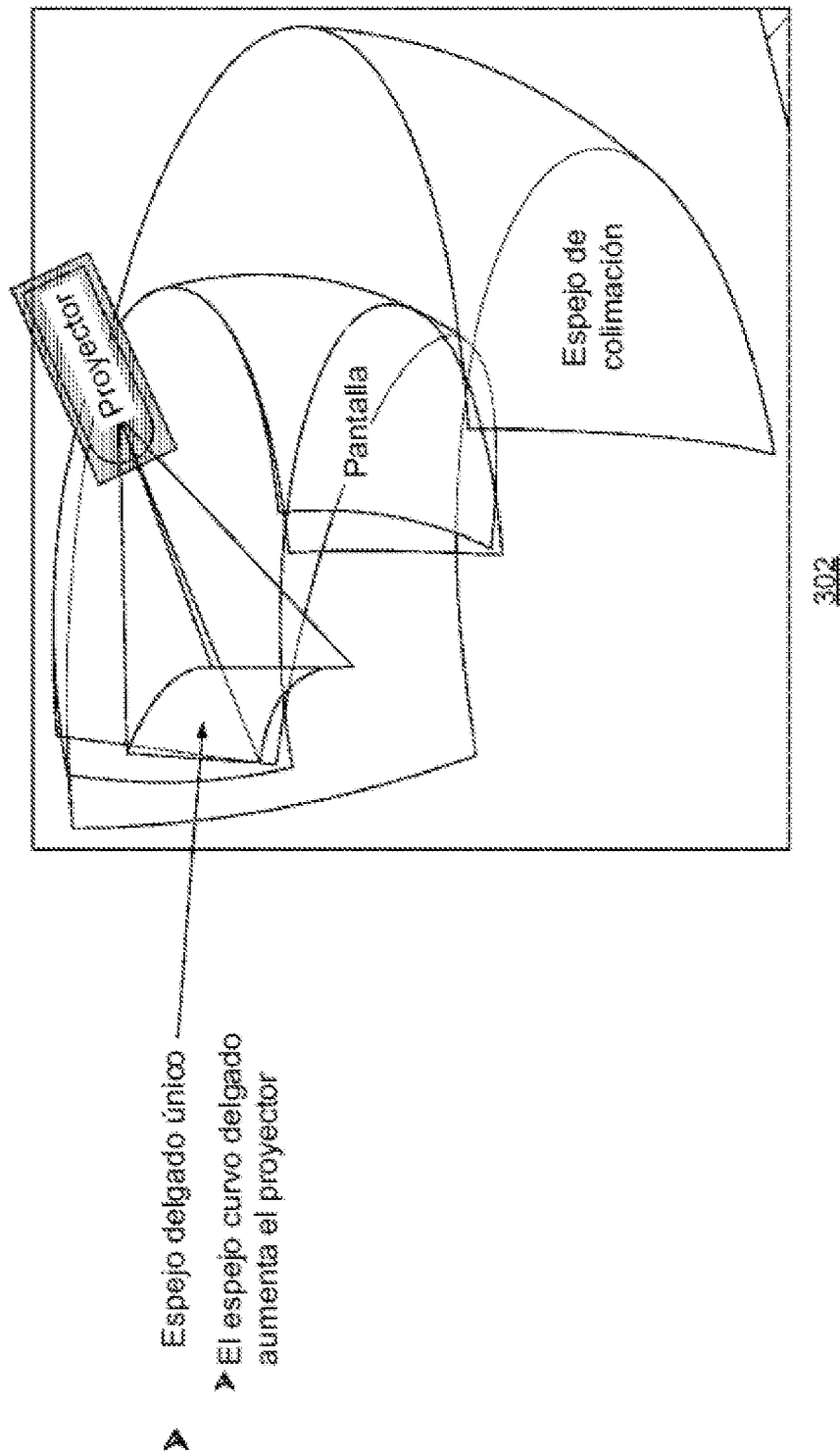
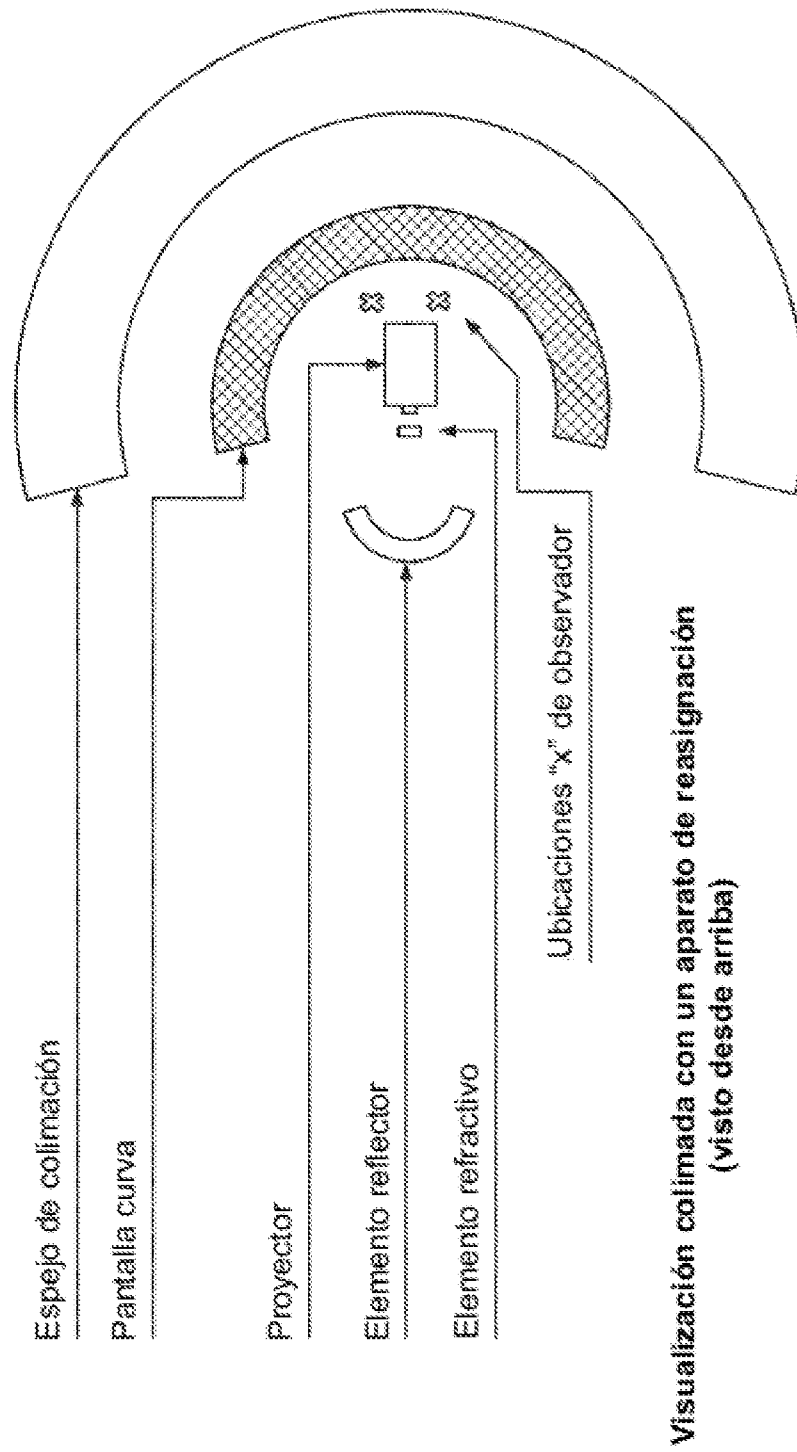


FIG. 3A



99

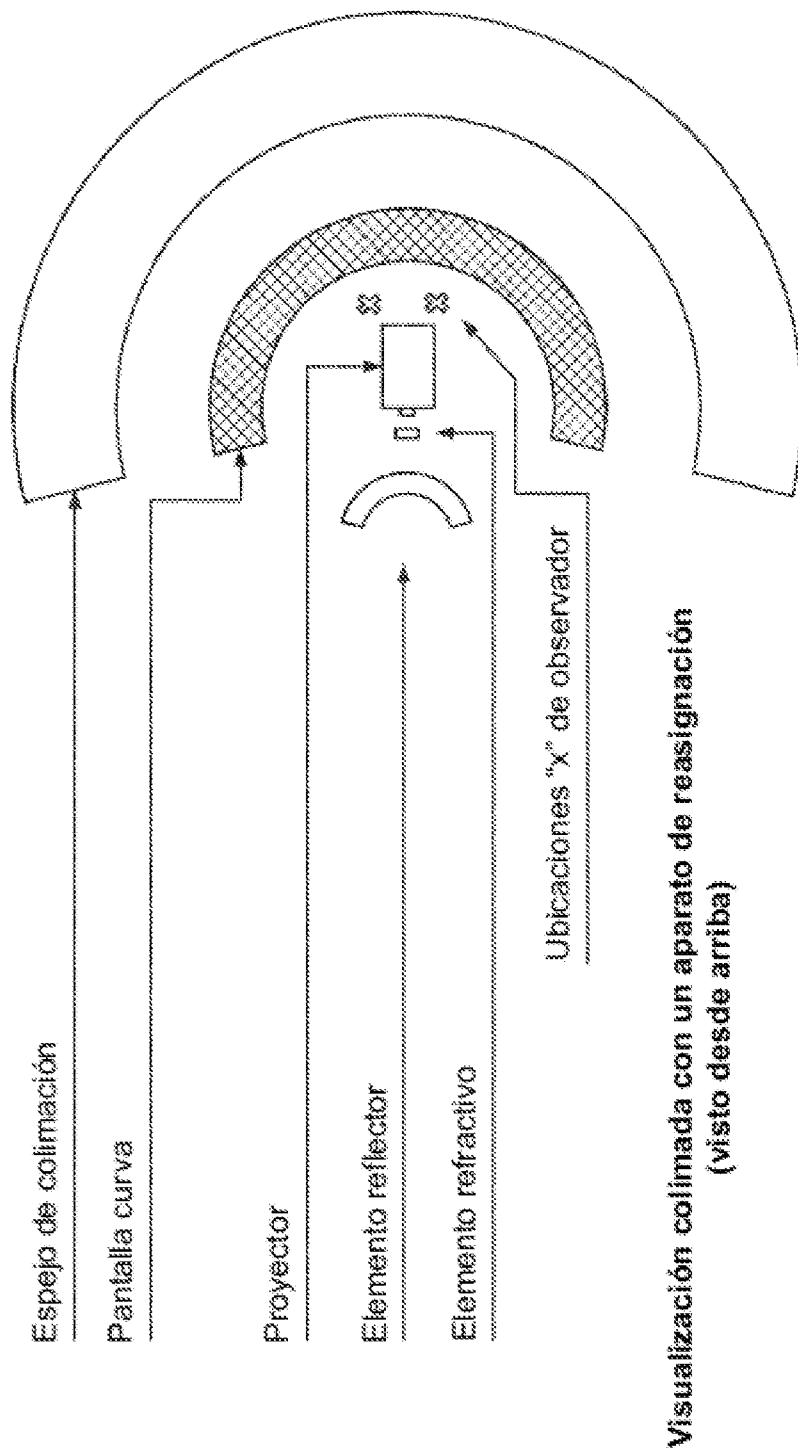


FIG. 3C

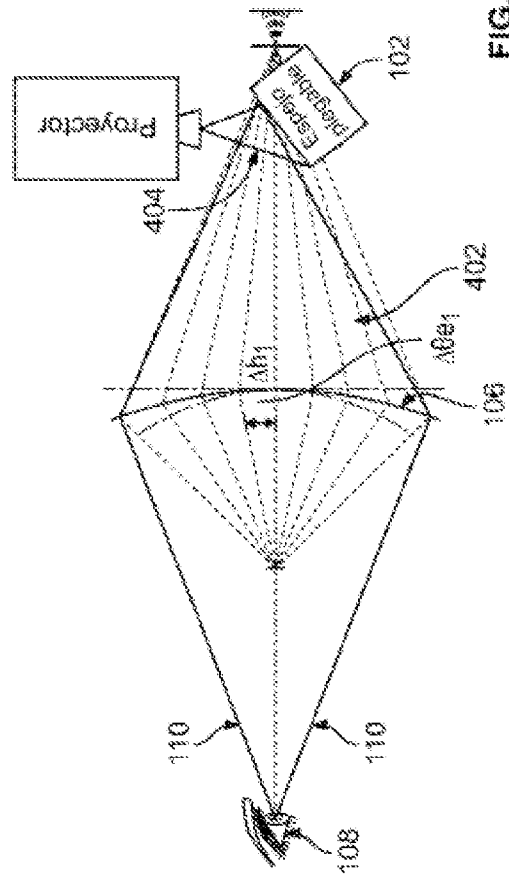
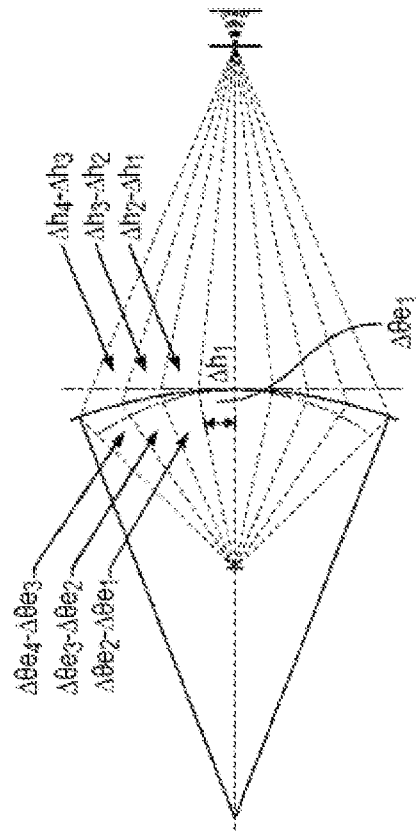


FIG. 4

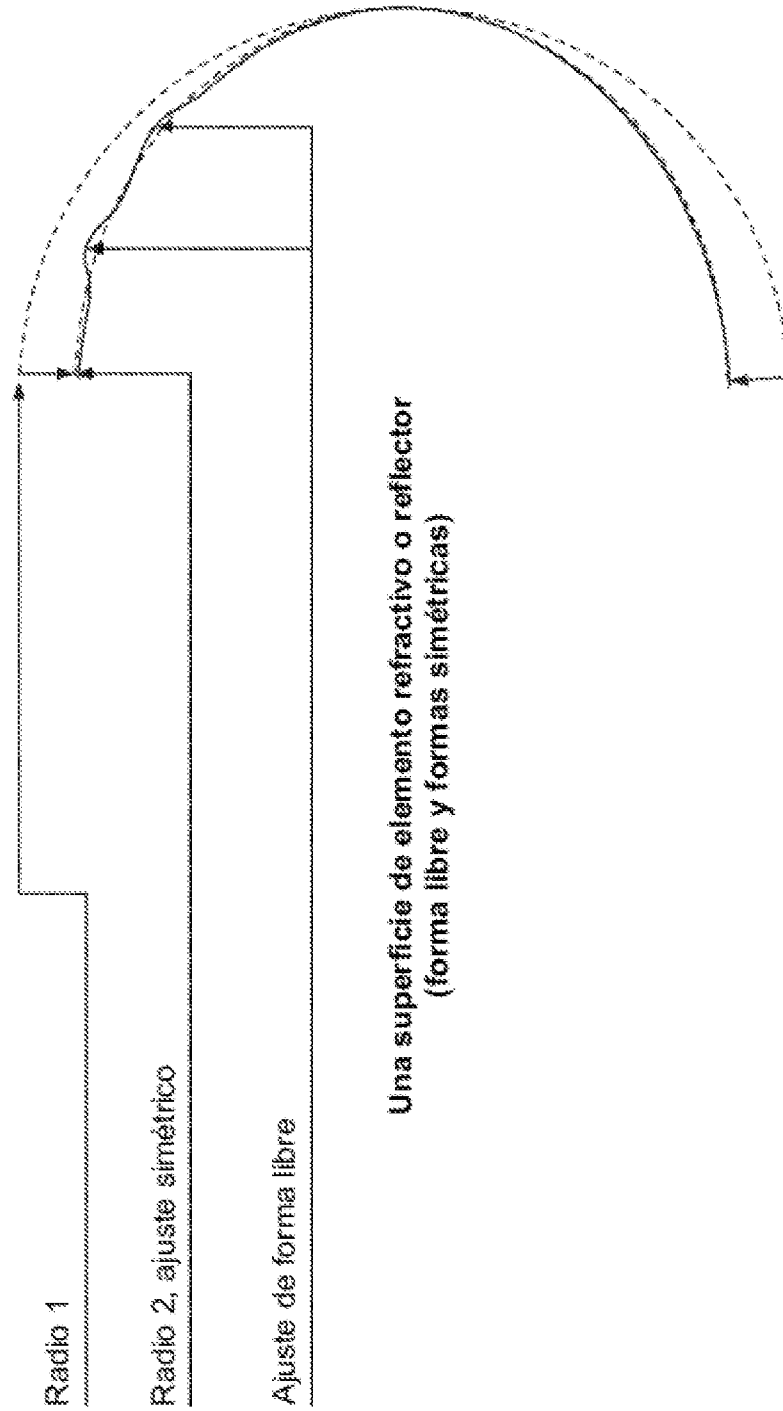


FIG. 5