

SISTEMA DE ILUMINACIÓN PARA UN VEHÍCULO

REFERENCIA CRUZADA A LAS SOLICITUDES RELACIONADAS

Esta solicitud reivindica la prioridad y el beneficio de la Solicitud de Patente Provisional de Estados Unidos No. 63/681.260, presentada el 9 de agosto de 2024, y la Solicitud de Patente de Estados Unidos No. 19/282.853, presentada el 28 de julio de 2025, ambas incorporadas en la presente en su totalidad.

CAMPO DE LA INVENCION

La presente descripción se refiere en general a la iluminación, y más particularmente a la iluminación especializada para vehículos motorizados.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Muchos vehículos especiales están equipados con montajes de iluminación convencionales. Estos montajes de iluminación pueden usarse para una variedad de tareas incluyendo, por ejemplo, la señalización y la iluminación de áreas. En algunos vehículos especiales, como vehículos de policía, se pueden incorporar montajes de iluminación convencionales en el interior del vehículo para proporcionar capacidades de señalización. Estos montajes de luz de señalización montados en el interior proyectan la luz hacia el exterior del vehículo, por ejemplo, a través de un parabrisas o una ventanilla de puerta convencional.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Una descripción completa y habilitante de la presente descripción, incluido el mejor modo de la misma, dirigida a una persona con conocimientos ordinarios en la materia, se describe en la especificación, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un sistema de iluminación convencional dispuesto para proyectar luz a través de una ventana.

La FIG. 2 es una vista despiezada de un sistema de iluminación, de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La FIG. 3A es una vista frontal de un vehículo especial que tiene un sistema de iluminación, de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La FIG. 3B es una vista en perspectiva de otro vehículo especial que tiene un sistema de iluminación de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático de otro aspecto ejemplar de un sistema de iluminación para un vehículo, de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático de otro aspecto ejemplar de un sistema de iluminación para un vehículo, de acuerdo con un aspecto de la presente descripción.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático de otro aspecto ejemplar de un sistema de iluminación para un vehículo de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción.

La FIG. 7 es un diagrama esquemático de otro aspecto ejemplar de un sistema de iluminación para un vehículo de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático de otro aspecto ejemplar de un sistema de iluminación para un vehículo de acuerdo con otro aspecto de la presente descripción.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Los aspectos de la descripción pueden implementarse en cualquier entorno adecuado para sistemas de iluminación, como sistemas de iluminación para vehículos, como un vehículo motorizado o similares. Los ejemplos no limitantes de vehículos pueden incluir, pero no se limitan a, automóviles, camiones, aeronaves, embarcaciones, vehículos deportivos utilitarios, vehículos todoterreno, motos de nieve, vehículos utilitarios, vehículos de emergencia, máquinas o vehículos para fines específicos (equipos agrícolas, vehículos de construcción, etc.), o similares. En otro ejemplo o adicional, los aspectos no limitantes de la descripción pueden incluirse en vehículos que incluyen, estén equipados o lleven de otro modo iluminación, como iluminación auxiliar (por ejemplo, luces de advertencia y señalización, luces de trabajo o montajes de uno o más de estos ejemplos), o similares. En este sentido, los aspectos no limitantes de la descripción pueden incluirse o implementarse en, sobre o con el vehículo. Como se usa en la presente, los sistemas de iluminación pueden estar ubicados dentro del vehículo o unidos al vehículo (de forma permanente o removible), y no unidos al vehículo, o una combinación de los mismos. Para simplificar la descripción y facilitar la comprensión, los aspectos se describirán en la presente en el contexto ejemplar de sistemas de iluminación para un vehículo, pero otros aspectos no están limitados a esto.

Como se usa en la presente, el término “ejemplar” significa “que sirve de ejemplo, instancia o ilustración”. Cualquier implementación descrita en la presente como “ejemplar” no debe interpretarse necesariamente como preferible o ventajosa respecto a otras implementaciones. Además, a menos que se especifique lo contrario, todos los aspectos descritos en la presente deben considerarse ejemplares.

Como se usa en la presente, los términos “primero”, “segundo” y “tercero”

pueden usarse indistintamente para distinguir un componente de otro y no pretenden indicar la ubicación ni la importancia de los componentes individuales. Como usa en la presente, el término “conjunto” o “haz” de elementos puede ser cualquier número de elementos, incluso uno solo. Todas las referencias direccionales (por ejemplo, radial, axial, superior, inferior, ascendente, descendente, izquierda, derecha, lateral, frontal, posterior, arriba, abajo, vertical, horizontal, en sentido horario o antihorario) se usan únicamente con fines de identificación para facilitar la comprensión de la descripción por parte del lector y no crear limitaciones, particularmente en cuanto a la posición, orientación o uso de la misma.

Como se usa en la presente, los términos “axial” o “axialmente” se refieren a una dimensión a lo largo del eje de un componente referenciado, o en relación con una dirección que se extiende axialmente, como una indicación de rayo o vector. El término “adelante”, usado junto con “axial” o “axialmente”, se refiere al movimiento en dirección hacia otro componente o punto de referencia (como una dirección de movimiento o transversal). El término “atrás”, “hacia atrás” o similares, cuando se usa junto con “axial” o “axialmente”, se refiere a una dirección que se aleja o es distal respecto de otro componente o punto de referencia (como una dirección de movimiento o transversal).

Además, como se usa en la presente, los términos “radial” o “radialmente” se refieren a una dirección que se aleja de un centro o eje común. Por ejemplo, en el contexto general de un ejemplo no limitante de un vehículo, un eje longitudinal mayor puede definirse a través del centro del vehículo y extendiéndose desde la parte frontal del vehículo (en relación con la dirección de avance) hasta la parte trasera del vehículo. En este ejemplo, radial puede referirse a una dirección que se extiende desde el eje longitudinal del vehículo, como lateralmente (con referencia, por ejemplo, al horizonte terrestre) a lo largo del vehículo, hacia un borde axial, como una superficie que incluya las manijas de las puertas (por ejemplo, perpendicular al eje longitudinal mayor). El uso de los términos “proximal” o “proximalmente”, ya sea por sí solos o junto con los términos “radial” o “radialmente”, se refiere al movimiento en una dirección hacia el eje longitudinal central, o a que un componente esté relativamente más cerca del eje longitudinal central en comparación con otro componente.

Las referencias de conexión (por ejemplo, fijado, acoplado, conectado y unido) deben interpretarse en sentido amplio y pueden incluir elementos intermedios entre una colección de elementos y el movimiento relativo entre los elementos, a menos que se indique lo contrario. Como tal, las referencias de conexión no implican necesariamente que dos elementos estén conectados directamente y en una relación fija entre sí.

Como se usa en la presente, los términos “conectados eléctricamente”, “acoplados eléctricamente”, “acoplados comunicativamente” o “en comunicación de señales” pueden incluir una transmisión o señal eléctrica enviada, recibida o comunicada hacia o desde dichos elementos conectados o acoplados. Como se usa en la presente, el término “ángulo de incidencia” se refiere al ángulo entre un rayo de luz que incide sobre una superficie y una línea perpendicular o normal a la superficie en un punto de incidencia.

Como se usa en la presente, el término "reflexión" se refiere al cambio de dirección de un rayo de luz en la interfaz entre diferentes medios, de modo que el rayo regresa al medio del cual se originó. Como también se usa en la presente, una reflexión puede ser especular (por ejemplo, reflejando en el mismo ángulo del que se originó) o difusa (por ejemplo, reflejando en múltiples ángulos). Como se usa en la presente, el término "ley de la reflexión" se refiere al principio según el cual un rayo de luz reflejado emerge de una superficie reflectante con el mismo ángulo que el rayo incidente respecto a la normal a la superficie, pero en el lado opuesto de una normal a la superficie en el plano formado por los rayos incidente y reflejado (por ejemplo, una reflexión especular).

Como se usa en la presente, el término "reflexión de Fresnel" se refiere a la luz reflejada (por ejemplo, un rayo) que se origina de un rayo de luz que incide en la interfaz entre dos medios diferentes (por ejemplo, con distintos índices de refracción). La dirección de la reflexión de Fresnel se basa en el ángulo en el que la luz incide en la interfaz (ángulo de incidencia) y en las propiedades de ambos materiales.

Como se usa en la presente, el término “reflexión interna total” (RIT) se refiere al fenómeno por el cual los rayos de luz que llegan a una interfaz (límite) entre un primer medio (por ejemplo, vidrio) y un segundo medio (por ejemplo, aire) no se refractan en el segundo medio, sino que se reflejan completamente de vuelta en el primer medio. Como se usa en la presente, el término “dispersión” se refiere a la luz reflejada en más de una dirección debido a interacciones con partículas o irregularidades en un medio.

Como se usa en la presente, el término "refracción" se refiere a la redirección de un rayo (por ejemplo, un rayo de luz) al pasar de un medio a otro. La redirección puede ser causada por un cambio en la velocidad o un cambio en el medio. La refracción de un rayo de luz puede ir acompañada de una reflexión parcial. Como se usa en la presente, el término "ángulo crítico" se refiere al ángulo de incidencia más pequeño que produce una reflexión total, o al ángulo más grande para el cual existe un rayo refractado. Para ondas de luz incidentes desde un medio "interno" con un solo índice de refracción N_1 , a un medio "externo" con un solo índice de refracción N_2 , el ángulo crítico

θ_c puede expresarse como, $\theta_c = \arcsen(N_2/N_1)$ para $N_2 \leq N_1$.

Como se usa en la presente, el término "índice de refracción" (o índices de refracción) de un medio óptico se refiere a la relación de la velocidad aparente de la luz en el vacío a la velocidad de la luz en el medio óptico. El índice de refracción puede ser indicativo de cuánto se desvía o refracta un rayo de luz al entrar en un material.

Como se usa en la presente, el término "contaminación lumínica" se refiere a la presencia de cualquier iluminación artificial no deseada, inapropiada o excesiva, durante el día o la noche. La contaminación lumínica puede ser causada por rayos de luz reflejados, rayos de luz refractados o ambos. Todas las referencias a "iluminación", "rayos de luz", iluminación o similares incluyen emisiones de longitud de onda no visibles, además de las emisiones de longitud de onda visibles. En este sentido, las emisiones de longitud de onda "visibles" e "invisibles" se entienden en relación con las longitudes de onda de luz visible detectables por humanos. "Acoplado" en este sentido puede referirse a una óptica, elemento de iluminación, montaje de iluminación o similar, unido, en contacto con, en una relación de confrontación cercana con, o integrado directamente a un panel transmisor de luz (por ejemplo, vidrio). Por el contrario, "no acoplado" se refiere a una fuente de iluminación, una óptica, elemento de iluminación, montaje de iluminación o similar, que no está unido o integrado al panel transmisor de luz, como un caso donde hay un espacio de aire presente entre el panel transmisor de luz y la fuente de luz.

Los aspectos como se describen en la presente se refieren a sistemas de iluminación para un vehículo, como un vehículo especial. Los ejemplos de vehículos especiales pueden incluir vehículos policiales, vehículos de emergencia, autobuses escolares, autobuses de transporte público, equipos contra incendios, equipos de saneamiento, equipos ferroviarios y equipos de apoyo para carreteras y transporte.

Los aspectos de los sistemas de iluminación descritos en la presente pueden incluir iluminación especializada y pueden incluir luces montadas en el interior, ubicadas para que la luz se visualice principalmente desde el exterior de los compartimentos del conductor y los pasajeros. Los sistemas de iluminación pueden montarse en, sobre o cerca de un panel del vehículo, como una ventana que transmita la luz (por ejemplo, transparente o translúcida). El panel o la ventana pueden ser cualquier tipo de ventana, incluyendo ventanas articuladas o no articuladas. Cabe destacar que los ejemplos mostrados en la presente para ventanas fijas (no articuladas) pueden adaptarse para aplicaciones con ventanas móviles (articuladas).

El sistema de iluminación descrito en la presente puede integrarse con el

vehículo. En diversos aspectos, el sistema de iluminación puede proporcionarse con conectividad eléctrica y de señal para el vehículo. Por ejemplo, el sistema de iluminación puede incluir una fuente de alimentación regulada procedente del sistema eléctrico del vehículo y un módulo de control del modo de iluminación.

También debe entenderse que la presente descripción no se limita a sistemas de iluminación integrados y configuraciones para vehículos especiales, y que los aspectos descritos en la presente pueden usarse en conexión con cualquier panel o ventana en un vehículo motorizado o en aplicaciones de ventanas fuera del campo de los vehículos motorizados.

Muchos vehículos especiales (por ejemplo, vehículos policiales) están equipados con montajes de iluminación, como para iluminación de señales, iluminación de escena o mensajería. Dado que los montajes de iluminación externos (por ejemplo, montados fuera del vehículo), cuando están desactivados, pueden ser más fáciles de ver u observar, por un observador, que los montajes de iluminación internos (por ejemplo, montados dentro de la cabina del vehículo), a menudo puede ser deseable incorporar los montajes de iluminación en la cabina del vehículo para hacer que los montajes de iluminación sean menos visibles o estén más ocultos. Otros vehículos, como los híbridos y eléctricos, pueden equiparse con montajes de iluminación proyectados hacia afuera, montados en la cabina, para reducir la resistencia aerodinámica y optimizar el consumo de combustible en comparación con los sistemas de iluminación externos convencionales.

En tales casos, a menudo se considera la ubicación del montaje de iluminación para mejorar la conciencia o alertar a los usuarios que ven o pueden verse, evitar distracciones innecesarias y mejorar la visibilidad. Por ejemplo, es deseable disponer el montaje de luz para que proyecte luz desde el interior del vehículo, mientras reduce considerablemente la obstrucción o distracción del conductor que opera el vehículo, o evitar que una cantidad considerable de luz se dirija o redirija de la cabina del vehículo hacia el operador del vehículo.

Sin embargo, en algunos montajes de iluminación convencionales de proyección exterior, montados en la cabina, al menos parte de la luz proyectada puede reflejarse en la superficie interior del parabrisas o la ventana, lo que genera deslumbramiento y reduce la visibilidad del conductor o los pasajeros. En otros casos típicos, como cuando el parabrisas es de vidrio multicapa o laminado, parte de la luz proyectada puede reflejarse en las capas intermedias del vidrio y puede propagarse internamente, interfiriendo con la visibilidad de máquinas o personas. Además, en muchos montajes

de iluminación convencionales montados en la cabina, la fuente de iluminación está separada del vidrio del vehículo (como el parabrisas), lo que crea un espacio de aire entre la fuente de iluminación y el vidrio. Este espacio de aire puede permitir que la luz emitida por la fuente de iluminación se refleje en la cabina del vehículo y perjudique la visión del conductor, creando deslumbramiento, neblina o reflejos (generalmente, contaminación lumínica) que pueden perjudicar la visión, la atención y la capacidad del conductor para responder o reaccionar al entorno, o pueden reflejar aún más la luz en otras partes del vehículo (por ejemplo, el tablero) que pueden ser indeseables o distraer al conductor.

La disposición o posición de montaje de los montajes de iluminación interior convencionales también puede afectar negativamente la salida de luz. Por ejemplo, la orientación del montaje de iluminación con respecto a las ventanas (por ejemplo, un parabrisas) puede generar diferentes ángulos de incidencia, refracción y reflexión de la luz. La luz reflejada es más significativa cuando el vidrio y el montaje de iluminación interior tienen una relación angular entre sí. Esta luz reflejada puede entrar en el habitáculo del vehículo y convertirse en una molestia o una posible distracción para el conductor. La luz reflejada puede iluminar involuntariamente el tablero, los pilares laterales, el revestimiento del techo u otros elementos interiores, creando una distracción o un riesgo para la seguridad. En otras palabras, un haz de luz cuando es emitido por una fuente de iluminación de un montaje de iluminación interior convencional se propaga desde dicha fuente de iluminación, lo que genera una variabilidad en el ángulo de incidencia de la luz con respecto al parabrisas y también puede convertirse en una fuente de fugas de luz o contaminación lumínica en la cabina del vehículo. En otro ejemplo no limitante, diferentes fuentes de luz pueden generar operativamente o habilitar luz con efectos adversos en, cerca o dentro de la cabina del vehículo. Por ejemplo, la contaminación lumínica puede verse afectada por una salida de luz con base en un estado encendido fijo de la salida de luz, destellos o patrones de una salida de luz, intensidad de una salida de luz o similares.

Aspectos de la presente descripción pueden permitir o facilitar la superación de las deficiencias mencionadas anteriormente de los sistemas de iluminación convencionales. Se pueden implementar aspectos no limitantes para mejorar la protección del conductor o los pasajeros contra la contaminación lumínica (por ejemplo, energía lumínica que se refleja, refracta o reingresa de otro modo al conductor en el vehículo), para evitar distracciones y mejorar la visibilidad. Algunos aspectos de la descripción pueden incluir un panel transmisor de luz con una capa de máscara en

combinación con, o usado con, fuentes de iluminación acopladas o no acopladas. Las fuentes de iluminación pueden incluir, por ejemplo, elementos de iluminación, montajes de iluminación, diodos emisores de luz, iluminación incandescente o similares. Si bien la lista mencionada incluye ejemplos de luz visible, algunos aspectos de la descripción pueden incluir fuentes de iluminación o longitudes de onda no visibles para el ser humano, pero se referirán como "fuentes de iluminación" para abreviar.

Algunos aspectos no limitantes pueden incluir una cubierta que envuelve la fuente de iluminación (junto con la ventana). La cubierta puede facilitar la generación de un 'túnel de luz' o haz en forma de cuña, a la vez que reduce el retorno de luz dispersa. En algunos aspectos, la cubierta y la capa de máscara pueden cooperar para crear un sello contra una ventana no perpendicular del vehículo (por ejemplo, un cristal), permitiendo a la vez la salida de luz en un haz o trayectoria controlada. Por ejemplo, los aspectos pueden incorporar un escudo o cubierta o ambos, que alejan sustancialmente la luz de la cabina del vehículo para evitar distraer al operador del vehículo.

Los aspectos también pueden proporcionar sistemas de iluminación montados en el interior que emiten luz, fija o estroboscópica, desde un vehículo con menor retorno de luz dispersa (reflexión, refracción o similares) en comparación con los sistemas de iluminación convencionales. Por lo tanto, los aspectos pueden mejorar significativamente la emisión de iluminación desde el interior del vehículo, a la vez que reducen el retorno de luz dispersa durante la operación del vehículo o durante la operación de los sistemas de iluminación.

Las figuras ejemplares son sólo para fines ilustrativos y las dimensiones, posiciones, orden y tamaños relativos reflejados en las figuras adjuntas pueden variar.

La FIG. 1 es un diagrama de rayos que ilustra el comportamiento de los rayos de luz en un sistema de iluminación típico de un vehículo (no mostrado), que tiene un sistema de iluminación convencional 5 que incluye una ventana 10 (por ejemplo, un parabrisas). El sistema de iluminación 5 incluye una fuente de iluminación 20 en el interior 16 del vehículo, configurada para proporcionar una salida de luz 21, ilustrada como un conjunto de flechas indicativas de un haz de rayos de luz 31, 32 y 33. La salida de luz 21 se dirige hacia la ventana 10 para pasar a través de esta para iluminar el exterior 17 del vehículo.

Las ventanas convencionales de vehículos motorizados suelen ser de vidrio. La ventana 10 tiene una superficie interior o enfrentada hacia dentro 11 (por ejemplo, enfrentando el interior del vehículo) y una superficie opuesta enfrentada hacia fuera 12 (por ejemplo, enfrentando el exterior 17 del vehículo). La superficie enfrentada hacia

dentro 11 enfrenta la fuente de iluminación 20. La fuente de iluminación 20 puede estar separada de la superficie enfrentada hacia dentro 11 para definir un espacio 13 entre estas. En este espacio 13 se puede colocar aire 14 (u otro material). La superficie enfrentada hacia dentro 11 está dispuesta entre la fuente de iluminación 20 y la superficie enfrentada hacia fuera 12, con la superficie enfrentada hacia fuera 12 normalmente en contacto con el aire 14 del exterior del vehículo.

Se apreciará que, en presencia de luz, cada uno de la ventana 10, el aire 14 dispuesto en el espacio 13 o el aire 14 en el exterior 17 del vehículo puede considerarse medios refractivos isótropos que tienen sus respectivos índices de refracción. La dirección de los rayos de luz que viajan a través de medios refractivos puede determinarse usando la ley de Snell, que describe la relación entre los ángulos de incidencia y refracción de las ondas de luz que pasan a través de un límite entre dos medios isótropos diferentes (por ejemplo, vidrio y aire). Cuando la luz incide en el límite o interfaz entre los medios refractivos a un ángulo de incidencia respecto a una línea normal, representada como perpendicular a la interfaz, la luz se refractará a un ángulo menor o mayor, dependiendo de los índices de refracción relativos de los dos medios. Por ejemplo, en el caso de la luz que viaja del aire al vidrio, la luz se refractaría hacia la línea normal, ya que se ralentiza en el vidrio; si la luz viaja del vidrio al aire, se refractaría alejándose de la línea normal. Más específicamente, la ley de Snell establece que, para un par dado de medios (por ejemplo, vidrio y aire) que tienen índices de refracción respectivos N_1 y N_2 , entonces, $N_1 \sin \theta_1 = N_2 \sin \theta_2$, donde θ_1 y θ_2 son el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción, respectivamente, de un rayo de luz que cruza una interfaz entre los dos medios.

En la disposición típica mostrada en la Fig. 1, el material (por ejemplo, vidrio) usado para formar la ventana 10 puede tener un primer índice de refracción N_1 que difiere del segundo índice de refracción N_2 del aire 14 dispuesto en el espacio 13 y en el exterior 17 del vehículo. Como resultado, cuando la luz incide en la interfaz o límite entre la ventana 10 (por ejemplo, vidrio) y un segundo medio (por ejemplo, aire), se puede producir tanto reflexión como refracción de la luz.

Una primera porción de la salida de luz 21, ilustrada como el primer rayo incidente 31, se puede proyectar desde la fuente de iluminación 20 a través del aire 14 (por ejemplo, que tiene el segundo índice de refracción N_2) hacia la ventana 10 (por ejemplo, que tiene el primer índice de refracción N_1). Se puede definir un primer ángulo de incidencia θ_1 entre el primer rayo incidente 31 y una perpendicular o primera línea normal L_{N1} a la superficie enfrentada hacia dentro 11 de la ventana 10 (por ejemplo, un

límite entre la ventana 10 y el aire 14). Con base en la ley de Snell, cuando el primer rayo incidente 31 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 11, viajará a través de la ventana 10 a un primer ángulo de refracción θ_{R1} con respecto a la primera línea normal L_{N1} para definir una primera porción interna 31a del primer rayo incidente 31. Además, con base en la ley de reflexión, un componente especular o primera reflexión de Fresnel 41 puede reflejarse desde la superficie enfrentada hacia dentro 11 hacia el interior 16 a un primer ángulo de reflexión de Fresnel θ_{F1} con respecto a la primera línea normal L_{N1} . La primera reflexión de Fresnel 41 puede considerarse contaminación lumínica en el interior 16.

Siguiendo los mismos principios, la primera porción interna 31a del primer rayo incidente 31 viajará a través de la ventana 10 y alcanzará el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia fuera 12. Un segundo ángulo de incidencia θ_2 se puede definir entre la primera porción interna 31a del primer rayo incidente 31 y una segunda línea normal L_{N2} a la superficie enfrentada hacia fuera 12 (por ejemplo, un límite entre la ventana 10 y el aire 14). Cuando la primera porción interna 31a del primer rayo incidente 31 incide en la superficie enfrentada hacia fuera 12, viajará a través del aire 14 como una primera porción emergente 31b del primer rayo incidente 31. Un segundo ángulo de refracción θ_{R2} se puede definir entre la segunda línea normal L_{N2} y la primera porción emergente 31b. Además, con base en la ley de reflexión, una segunda reflexión de Fresnel 42 puede reflejarse desde el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia afuera 12 en un segundo ángulo de reflexión de Fresnel θ_{F2} con respecto a la segunda línea normal L_{N2} .

La segunda reflexión de Fresnel 42 viajará a través de la ventana 10 y alcanzará el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia dentro 11. Se puede definir un tercer ángulo de incidencia θ_3 entre la segunda reflexión de Fresnel 42 y una tercera línea normal L_{N3} a la superficie enfrentada hacia dentro 11 de la ventana 10. La segunda reflexión de Fresnel 42 entrará en el aire 14 por el espacio 13 a un tercer ángulo de refracción θ_{R3} para definir una primera porción externa 42a de la segunda reflexión de Fresnel 42. La primera porción externa 42a de la segunda reflexión de Fresnel 42 puede considerarse contaminación lumínica en el interior 16.

Adicionalmente, otros rayos de luz de la salida de luz 21 pueden viajar a través de la ventana 10 hacia el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia afuera 12 para definir un ángulo de incidencia respectivo entre un rayo de luz respectivo y una línea normal correspondiente L_N a la superficie enfrentada hacia afuera 12. Cuando la luz se refracta desde un medio de índice de refracción más alto (por

ejemplo, vidrio) a un medio de índice de refracción más bajo (por ejemplo, aire), el ángulo de refracción (entre el rayo saliente y la línea normal a la superficie L_N) es mayor que el ángulo de incidencia (entre el rayo entrante y la línea normal L_N). A medida que el ángulo de incidencia se acerca a un umbral, llamado ángulo crítico, el ángulo de refracción se acerca a 90° y el rayo refractado se vuelve paralelo a la superficie límite. Como se entenderá, la refracción de un rayo de luz puede ir acompañada de una reflexión parcial. Sin embargo, a medida que el ángulo de incidencia supera el ángulo crítico, las condiciones de refracción dejan de cumplirse, por lo que no hay rayo refractado y la reflexión parcial se vuelve total, resultando en una "reflexión interna total" (RIT). Para la luz visible, el ángulo crítico es de aproximadamente 42° para la incidencia del vidrio común al aire.

Como se ilustra en la FIG. 1, la salida de luz 21 puede incluir un segundo rayo incidente 32 proyectado desde la fuente de iluminación 20 a través del aire 14 (por ejemplo, que tiene el segundo índice de refracción N_2) hacia la ventana 10 (por ejemplo, que tiene el primer índice de refracción N_1). Se puede definir un cuarto ángulo de incidencia θ_4 entre el segundo rayo incidente 32 y una perpendicular o cuarta línea normal L_{N4} a la superficie enfrentada hacia dentro 11 de la ventana 10 (por ejemplo, un límite entre la ventana 10 y el aire 14). Cuando el segundo rayo incidente 32 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 11, viajará a través de la ventana 10 con un cuarto ángulo de refracción θ_{R4} con respecto a la cuarta línea normal L_{N4} para definir una segunda porción interna 32a del segundo rayo incidente 32.

La segunda porción interna 32a del segundo rayo incidente 32 viajará a través de la ventana 10 y alcanzará el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia afuera 12. Se puede definir un quinto ángulo de incidencia θ_5 entre el segundo rayo incidente 32 y una quinta línea normal L_{N5} a la superficie enfrentada hacia afuera 12. El quinto ángulo de incidencia θ_5 puede ser igual a o mayor que un ángulo crítico. Por ejemplo, en un caso si la ventana 10 tiene un índice de refracción mayor que el del aire 14 y el quinto ángulo de incidencia θ_5 es igual a o mayor que el ángulo crítico (por ejemplo, aproximadamente 42°), no habrá rayo refractado ni emergente, y la reflexión parcial puede convertirse en una reflexión total o RIT sin rayo refractado.

La segunda porción interna 32a del segundo rayo incidente 32 puede reflejarse desde el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia fuera 12 a un cuarto ángulo de reflexión θ_{F4} respecto a la quinta línea normal L_{N5} para definir una tercera porción interna 32b. En algunos casos (por ejemplo, cuando el quinto ángulo de incidencia θ_5 es igual a o mayor que el ángulo crítico), la tercera porción interna 32b

puede reflejarse repetidamente desde el límite entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia dentro 11, o entre la ventana 10 y el aire 14 en la superficie enfrentada hacia fuera 12, quedando esencialmente "atrapada" dentro de la ventana 10. En este sentido, la tercera porción interna 32b del segundo rayo incidente 32 puede definir RIT o luz atrapada, y puede considerarse contaminación lumínica en el interior 16.

En algunos casos, una porción de la salida de luz 21 puede sufrir dispersión de luz. La dispersión de luz en el vidrio se refiere al fenómeno por el cual la luz se refleja en múltiples direcciones debido a imperfecciones o irregularidades en el vidrio. La dispersión puede incluir dispersión de Rayleigh o dispersión de Mie. Las irregularidades pueden incluir rugosidad superficial, heterogeneidades dentro del vidrio, como partículas diminutas, burbujas, o variaciones estructurales (por ejemplo, variaciones de densidad o índices de refracción) dentro de la ventana 10. Por ejemplo, como se ilustra, la ventana 10 puede incluir una irregularidad 19 dispuesta entre la superficie enfrentada hacia dentro 11 y la superficie enfrentada hacia fuera 12. La salida de luz 21 puede incluir un tercer rayo incidente 33, que puede incluir una cuarta porción interna 33a que se refracta a través de la ventana 10 de acuerdo con la ley de Snell. Sin embargo, si la cuarta porción interna 33a del tercer rayo incidente 33 incide en la irregularidad 19, puede producirse una reflexión difusa de la cuarta porción interna 33b, lo que resulta en múltiples reflexiones 33c, 33d y 33e en respectivos ángulos de reflexión. Las múltiples reflexiones 33c, 33d y 33e, o luz dispersa, pueden considerarse contaminación lumínica en el interior 16.

Los aspectos como se describen en la presente pueden superar los problemas de contaminación lumínica dentro del vehículo debido a reflejos, RIT y dispersión de luz.

La FIG. 2 ilustra un sistema de iluminación 200 de acuerdo con un aspecto no limitante. El sistema de iluminación 200 está fijado a una ventana o panel 100, que se representa como el parabrisas de un vehículo (mostrado en la Fig. 3). Si bien en la presente se mostrarán y analizarán aspectos, para abreviar, en el contexto de un vehículo motorizado, otros aspectos no se limitan a esto. El sistema de iluminación 200 puede implementarse con cualquier tipo de ventana. El panel 100 incluye una superficie enfrentada hacia dentro 111 (por ejemplo, enfrentada hacia el interior 160 del vehículo) y una superficie opuesta enfrentada hacia fuera 112 (por ejemplo, enfrentada hacia el exterior 170 del vehículo). El sistema de iluminación 200 puede incluir un montaje de luz 110. El montaje de luz 110 puede incluir una fuente de iluminación 120 configurada para emitir luz. En aspectos no limitantes, el montaje de luz 110 puede incluir una cubierta

150, al menos un accesorio de iluminación 126 y al menos una interfaz de accesorio 127. La cubierta puede incluir una pared de cubierta 151 que tiene un borde perimetral 152. La pared de cubierta 151 puede incluir una primera superficie exterior de cubierta 151a dispuesta para enfrentar el interior del vehículo 160 y una superficie interior de cubierta opuesta 151b dispuesta para enfrentar la fuente de iluminación 120. En aspectos no limitantes, al menos una porción de la pared de cubierta 151 puede ser opaca.

En aspectos no limitantes, al menos un accesorio de iluminación 126 puede adherirse al panel 100 junto con un adhesivo. Se puede usar cualquier adhesivo adecuado, incluyendo, por ejemplo, ácido acrílico y metacrilato, como se encuentra en el adhesivo Permatest® para espejos retrovisores, usado tradicionalmente para la fijación del espejo retrovisor 128 al panel 100. El adhesivo o agente de unión puede configurarse para proporcionar una fijación al panel 100 que pueda resistir las especificaciones de exposición ambiental, como la norma ISO-16750-4. En otros aspectos no limitantes, un dispositivo de succión o ventosa (no mostrado) se puede acoplar de manera removible al panel 100, por ejemplo, vía el establecimiento de un vacío entre la ventosa y el panel 100.

Al menos un accesorio de iluminación 126 puede configurarse para conectarse de forma removible al montaje de luz 110. De esta manera, el montaje de luz 110 puede fijarse de forma removible al panel 100. En otros aspectos no limitantes, al menos un accesorio de iluminación 126 puede ser un soporte que se puede moldear a una superficie enfrentada hacia dentro 111 del panel 100. En tal aspecto, al menos un accesorio de iluminación 126 puede incluir la cubierta 150, que dirige la luz sustancialmente hacia el exterior del vehículo. Como se usa aquí, un "exterior" del vehículo se usa para denotar, generalmente, un entorno externo del vehículo o a un exterior del vehículo, como la parte frontal del vehículo o en otra dirección opuesta al vehículo, en lugar de una "superficie exterior". Sin embargo, aspectos no limitantes de la descripción también pueden usarse para iluminar, al menos parcialmente, una superficie exterior del vehículo, el uso de "exterior del vehículo" se refiere a la diferencia entre iluminar el interior del vehículo e iluminar cualquier objeto fuera del vehículo. Al menos un accesorio de iluminación 126 puede configurarse para aceptar de forma removible el montaje de luz 110.

En el aspecto no limitante mostrado, el montaje de iluminación 110 está unido de manera removible a dos accesorios de iluminación 126 adheridos al panel 100. El montaje de iluminación 110 del ejemplo ilustrado se muestra colocado en proximidad al

lado izquierdo o del conductor del vehículo, pero debe entenderse que el montaje de luz 110 puede formar una barra de luz dispuesta a través del lado del conductor y el lado del pasajero del vehículo. Alternativamente, el sistema de iluminación 200 puede implementarse internamente o en la cabina del vehículo, junto con una ventana lateral de un vehículo, que puede tintarse.

Al menos un accesorio de iluminación 126 puede formar una característica mecánica montable en el panel 100 para fijar el montaje de iluminación 110. La interfaz de accesorio 127 está configurada para permitir la fijación del montaje de iluminación 110 a al menos un accesorio de iluminación 126. En aspectos no limitantes, la interfaz de accesorio 127 puede estar integrada en la cubierta 150. La interfaz de accesorio 127 puede incluir un mecanismo de liberación (no mostrado) que facilita la fijación y extracción de la interfaz de accesorio 127 al accesorio de iluminación 126. En un ejemplo, el mecanismo de liberación puede permitir la fijación del montaje de iluminación 110 de forma oculta, de modo que la cubierta 150 oculte la interfaz de accesorio 127 y el accesorio de iluminación 126. El montaje de iluminación 110 puede incluir una o más interfaces de fijación 127 configuradas para unirse respectivamente a uno o más accesorios de iluminación 126, que pueden adherirse al panel 100.

En aspectos no limitantes, el borde perimetral 152 de la cubierta 150 puede entrar en contacto sustancialmente con porciones interiores del interior del vehículo 160 a lo largo de su perímetro. Por ejemplo, en algunos aspectos, una primera porción del borde perimetral 152 puede entrar en contacto con el panel 100, mientras que una segunda porción del borde perimetral 152 puede entrar en contacto con elementos estructurales o estéticos del vehículo, como el techo o el tapizado del techo (no mostrado) del vehículo. El contacto entre el borde perimetral 152 y las porciones interiores del vehículo (por ejemplo, el panel 100, elementos estructurales, estéticos o una combinación de estos) puede prevenir o reducir sustancialmente la fuga de luz de la fuente de iluminación 120 hacia el interior del vehículo 160.

En operación, la fuente de iluminación 120 está configurada para emitir una salida de luz. La salida de luz puede incluir luz visible, luz no visible o ambas. La fuente de iluminación 120 puede incluir, por ejemplo, diodos emisores de luz (LED) o lámparas incandescentes, cuya construcción puede variar según la aplicación. Por ejemplo, los LED pueden configurarse para un rango de salida de lúmenes específico y/o un color o conjunto de colores específico. La fuente de iluminación 120 del montaje de iluminación 110 puede activarse selectivamente y puede incluir circuitos de control (no mostrados) capaces de dirigir o controlar la operación de la fuente de iluminación 120 en respuesta

a una entrada externa (por ejemplo, una entrada discreta o un mensaje transmitido desde una fuente externa). En algunos aspectos, la cubierta 150 puede configurarse para facilitar la disipación de calor de la fuente de iluminación 120.

La FIG. 3A muestra una vista frontal isométrica de un vehículo 181 que tiene un aspecto no limitante del sistema de iluminación 300. La FIG. 3B muestra una vista trasera en perspectiva de otro vehículo 181 que tiene otro aspecto no limitante del sistema de iluminación 400. Con referencia simultánea a las FIGS. 3A-3B, el panel 100 incluye al menos una primera capa de sustrato 101 y una capa de máscara 310 que puede aplicarse o incorporarse a la primera capa de sustrato 101. La primera capa de sustrato 101 puede incluir cualquier tipo de ventana para cualquier tipo de aplicación, incluyendo vidrio transparente o translúcido, incluyendo, pero no limitado a, vidrio laminado de seguridad. Por ejemplo, en el aspecto mostrado en la FIG. 3A, el panel 100 es un parabrisas del vehículo 181, mientras que en el aspecto de la FIG. 3B, el panel 100 es una ventana lateral del vehículo 182.

Como se usa en la presente, "al menos una primera capa de sustrato" puede incluir una disposición multicapas o capas de montaje que puede incluir, pero no se limita a, vidrio, epoxi, laminado, capas de laminación o laminadas, adhesivos u otras capas intermedias entre o adyacentes a las capas de sustrato identificadas, o sustratos posteriores adicionales en la trayectoria óptica de la iluminación. Los ejemplos no limitantes de vidrio multicapas, como se usa en la presente, pueden incluir vidrio de vehículos, capas o componentes que no sean de vidrio, ventanas, parabrisas, vidrio balístico, policarbonato transparente, acrílico, una combinación de los mismos o similares. En otro ejemplo no limitante, una capa de sustrato identificada "única" (por ejemplo, una primera capa de sustrato que es una capa de sustrato identificada única, una segunda capa de sustrato que es una capa de sustrato identificada única, etc.) puede incluir una disposición o montaje multicapas. En este ejemplo, la primera capa de sustrato puede incluir un conjunto de capas que pueden incluir, pero no se limitan a, vidrio, epoxi, laminado, capas de laminación o laminadas, adhesivos u otras capas intermedias entre o adyacentes a la primera capa de sustrato.

En este sentido, las capas de sustrato descritas en la presente pueden incluir múltiples capas, y capas de sustrato diferentes o disímiles pueden incluir una composición, disposición o montaje multicapas similar o diferente, y es posible que las capas de subcomposición no se describan en la presente para mayor brevedad y comprensión. Además, se prevén otras opciones de capas de interfaz, como las incluidas dentro de una sola capa de un sustrato, entre sustratos multicapas o en una

superficie externa (externa en relación con el sustrato). Se entiende que, si bien se describen sustratos multicapas, en algunos aspectos de la descripción se puede incluir un solo sustrato o cualquier número de sustratos multicapas.

La capa de máscara 310 puede definir una o más aberturas 315 dispuestas en coincidencia o alineadas con uno o más montajes de luz 110 (mostrados en la FIG. 2) para permitir la transmisión de una porción de la salida de luz 121 (mostrada en la FIG. 4) emitida desde uno o más montajes de luz 110. La capa de máscara 310 puede posicionarse además con respecto a uno o más montajes de luz 110 para absorber otra porción de la salida de luz 121. En aspectos no limitantes, la capa de máscara 310 puede construirse de frita o un material cerámico o similar, definiendo propiedades de absorción de luz, y adherirse o aplicarse al panel 100. En ejemplos no limitantes, la máscara o capa de máscara 310 descrita en la presente puede incluir propiedades de absorción de luz definidas por características, composiciones o similares, por lo que al menos una porción de la iluminación o las emisiones de luz que llegan a la capa de máscara 310 se absorben y no se reflejan o se reemiten desde la capa de máscara 310. Por ejemplo, la capa de máscara 310 puede comprender composiciones o materiales que sean opacos, semiopacos, semitransparentes, teñidos, pigmentados, dopados o similares, de modo que al menos algunas emisiones de luz que llegan a la capa de máscara 310 sean absorbidas.

La FIG. 4 es un diagrama esquemático que ilustra otro aspecto no limitante del sistema de iluminación 500 para un vehículo, como el vehículo 181, 182 (mostrados en las FIGS. 3A-3B), con el accesorio de iluminación 126 e interfaz de accesorio 127 omitidos para mayor claridad. El sistema de iluminación 500 incluye la fuente de iluminación 120, dispuesta en el interior del vehículo 160, configurada para proporcionar una salida de luz 121, ilustrada, para abreviar la descripción, como un conjunto de flechas que indican un haz de rayos de luz 131, 132 y 133. La salida de luz 121 se dirige hacia el panel 100 para atravesarlo e iluminar un espacio o un objetivo exterior 170 o externo del vehículo.

El panel 100 incluye la superficie enfrentada hacia dentro 111 (por ejemplo, enfrentada hacia el interior del vehículo 160) y una superficie opuesta enfrentada hacia fuera 112 (por ejemplo, enfrentada hacia el exterior 170). La superficie enfrentada hacia dentro 111 enfrenta la fuente de iluminación 120. La superficie enfrentada hacia dentro 111 está dispuesta entre la fuente de iluminación 120 y la superficie enfrentada hacia fuera 112, con la superficie enfrentada hacia fuera 112 en contacto con el aire 114 en el exterior 170. La fuente de iluminación 120 puede estar separada de la superficie

enfrentada hacia dentro 111 para definir un espacio 113 entre estas. El aire 114 (u otro material) puede estar dispuesto en el espacio 113. En aspectos no limitantes, el material (por ejemplo, vidrio) usado para formar la primera capa de sustrato 101 puede tener un primer índice de refracción N_1 que difiere (por ejemplo, es mayor) del segundo índice de refracción N_2 del aire 114 dispuesto en el espacio 113 y en el exterior 170 del vehículo. Por ejemplo, el material usado para formar la primera capa de sustrato 101 puede tener un primer índice de refracción N_1 de 1,518, y el aire 114 puede tener un segundo índice de refracción N_2 de 1,003.

En aspectos no limitantes, la capa de máscara 310 puede estar dispuesta en la primera capa de sustrato 101. Como se usa en la presente, "dispuesto en" puede incluir aspectos de la descripción donde la capa de máscara 310 está dispuesta adyacente a una capa de sustrato, dispuesta internamente con una capa de sustrato, dispuesta sobre la superficie de una capa de sustrato, incluyendo parcial o totalmente dispuesta con respecto a la capa de sustrato, o similar. Como se muestra, en un ejemplo no limitante, la capa de máscara 310 puede aplicarse o incorporarse en la superficie enfrentada hacia fuera 12 de la primera capa de sustrato 101. Como se ilustra, la capa de máscara 310 puede definir la abertura 315 en coincidencia o alineada con la fuente de iluminación 120 para permitir la transmisión de una porción de la salida de luz 121 como un haz a través de esta. Si bien la capa de máscara 310 se ilustra en la FIG. 4, y se describe como aplicada o incorporada en o sobre la superficie enfrentada hacia fuera 12, se pueden incluir aspectos no limitantes de la descripción donde la capa de máscara 310 puede incluirse o incorporarse en una o más capas de subcomposición o laminaciones, de modo que la capa de máscara 310 pueda ser "interna" al sustrato respectivo al que se refiere. En este sentido, se prevé que la capa de máscara 310 no pueda disponerse ni colocarse sobre una superficie, interfaz o similar de un sustrato, sino que pueda incluirse como parte de una subcapa del sustrato.

Adicional, o alternativamente, las capas individuales de subcomposición pueden no incluir una composición o espesor uniformes con respecto al sustrato. Por ejemplo, la capa de máscara 310 puede incluirse dentro de una dimensión interna de la al menos una capa de sustrato (mostrada como el primer sustrato 101), o bien puede estar comprimida, prensada, laminada, o similar, con composiciones adicionales que no sean de máscara (como epoxi, adhesivo, etc.), de modo que el espesor total de al menos una capa de sustrato sea uniforme a lo largo del panel 100. En todavía otro aspecto no limitante, si bien las figuras de la presente descripción pueden incluir una representación esquemática donde se muestra una superficie alineada entre la capa de máscara y la

superficie de un sustrato respectivo, se pueden incluir aspectos de la descripción en donde la capa de máscara 310 y otra superficie respectiva no estén alineadas, o presenten topografía o diferencias topográficas (incluyendo, pero no limitado a, diferencias de elevación entre los límites).

En aspectos no limitantes, la pared de cubierta 151 puede circunscribir o encerrar, al menos parcialmente, la salida de luz 121 (por ejemplo, el haz de rayos de luz 131, 132, 133). En aspectos no limitantes, el borde perimetral 152 puede estar en contacto sustancial con la superficie enfrentada hacia dentro 111 del panel 100. La pared de cubierta 151 puede ser, al menos parcialmente, opaca. La superficie interior de cubierta 151b puede estar dispuesta para enfrentar la fuente de iluminación 120 o la salida de luz 121. En aspectos no limitantes, la superficie interior de cubierta 151b puede definir propiedades de absorción de luz.

En operación, la fuente de iluminación 120 puede proporcionar una salida de luz 121, ilustrada como el haz de rayos de luz 131, 132, 133. Los rayos de luz 131, 132, 133 se dirigen desde el interior del vehículo 160 hacia la superficie enfrentada hacia dentro 111 del panel 100. Una primera porción 121a de la salida de luz 121 puede proyectarse desde el panel 100 (por ejemplo, como luz emergente), mientras que una segunda porción 121b de la salida de luz 121 puede ser reflejada o refractada por el panel 100.

El primer rayo incidente 131 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 en el espacio 113 hacia el panel 100. Cuando el primer rayo incidente 131 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, el primer rayo incidente 131 viajará a través del panel 100 para definir una primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131. La primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 viajará a través de la primera capa de sustrato 101 y alcanzará el límite entre la superficie enfrentada hacia fuera 12. En el caso que la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 incida en la superficie enfrentada hacia fuera 12 dentro de la abertura 315, saldrá del panel 100 y viajará a través del aire 114 hacia el exterior 170 del vehículo como una primera porción emergente 131b del primer rayo incidente 131.

Además, el primer rayo incidente 131 puede resultar además en un componente especular o primera reflexión de Fresnel 141. La primera reflexión de Fresnel 141 puede reflejarse desde la superficie enfrentada hacia dentro 111 hacia el interior del vehículo 160. Sin embargo, como se ilustra, la pared de cubierta 151 puede posicionarse y configurarse para impedir que la primera reflexión de Fresnel 141 avance hacia el

interior del vehículo 160 (por ejemplo, hacia la cabina). Por ejemplo, en aspectos no limitantes, la superficie interior de cubierta 151b puede definir propiedades de absorción de luz y puede absorber operativamente la primera reflexión de Fresnel 141 para evitar sustancialmente que la luz reflejada ilumine el interior del vehículo 160 y, por lo tanto, reducir la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160 que, de otro modo, se produciría en ausencia de la pared de cubierta 151. En otros aspectos no limitantes, la superficie interior de cubierta 151b puede ser reflectante y puede configurarse para reflejar la primera reflexión de Fresnel 141 hacia la abertura 315.

Además, cuando la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 incide en la superficie enfrentada hacia afuera 112 dentro de la abertura 315, con base en la ley de reflexión, una segunda reflexión de Fresnel 142 puede reflejarse desde el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia afuera 112 hacia el interior del vehículo 160.

La segunda reflexión de Fresnel 142 viajará a través del panel 100 hacia el interior del vehículo 160 y alcanzará el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia dentro 111. La segunda reflexión de Fresnel 142 entrará en el aire 114 por el espacio 113 para definir una primera porción externa 142a de la segunda reflexión de Fresnel 142.

Sin embargo, como se ilustra, la pared de cubierta 151 puede posicionarse y configurarse para impedir que la segunda reflexión de Fresnel 142 se filtre hacia el interior del vehículo 160 (por ejemplo, hacia la cabina). Por ejemplo, en aspectos no limitantes, la superficie interior de cubierta 151b puede tener propiedades de absorción de luz y puede absorber operativamente una primera porción externa 142a de la segunda reflexión de Fresnel 142 para evitar sustancialmente que la luz reflejada ilumine el interior del vehículo 160 y, por lo tanto, reducir la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160. En otros aspectos no limitantes, la superficie interior de cubierta 151b puede ser reflectante y configurarse para reflejar la primera porción externa 142a de la segunda reflexión de Fresnel 142 hacia la abertura 315.

Una segunda porción de la salida de luz 121, ilustrada como un segundo rayo incidente 132, puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 hacia la superficie enfrentada hacia dentro 111 a través del aire 114. Cuando el segundo rayo incidente 132 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viajará a través del panel 100 hacia el exterior 170 para definir una segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132. Esta segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 viajará a través del panel 100 y alcanzará el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie

enfrentada hacia fuera 12. El quinto ángulo de incidencia θ_5 puede definirse entre el segundo rayo incidente 132 y la quinta línea normal L_{N5} a la superficie enfrentada hacia afuera 112. El quinto ángulo de incidencia θ_5 puede ser igual a o mayor que un ángulo crítico que resulte en una RIT (por ejemplo, sin rayo refractado)

Ventajosamente, la capa de máscara 310 aplicada o incorporada en o sobre la superficie enfrentada hacia fuera 12 de la primera capa de sustrato 101 puede absorber la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar una RIT y la consiguiente luz “atrapada” en la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 que, de otro modo, se produciría en ausencia de la capa de máscara 310.

El tercer rayo incidente 133 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 en un ángulo que impida que el tercer rayo incidente 133 se proyecte a través de la abertura 315. Sin embargo, como se ilustra, la pared de cubierta 151 puede posicionarse y configurarse para impedir que el tercer rayo incidente 133 avance hacia el interior del vehículo 160 (por ejemplo, hacia la cabina) para evitar sustancialmente que la luz reflejada ilumine el interior del vehículo 160, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

La FIG. 5 es un diagrama esquemático que ilustra otro aspecto no limitante del sistema de iluminación 600 para un vehículo, como el vehículo 181, 182 (mostrado en las FIGS. 3A-3B), con el accesorio de iluminación 126 y la interfaz de accesorio 127 omitidos para mayor claridad. El sistema de iluminación 600 de la FIG. 5 es similar al sistema de iluminación 500 de la FIG. 4, y las piezas similares serán referidas con los mismos números de referencia. Una diferencia notable entre el sistema de iluminación 600 de la FIG. 5 y el sistema de iluminación 500 de la FIG. 4 es que el sistema de iluminación 600 tiene la capa de máscara 310 aplicada o incorporada en la superficie enfrentada hacia dentro 111 de la primera capa de sustrato 101. Otra diferencia notable es que en el sistema de iluminación 600 de la FIG. 5, la cubierta 150 está acoplada a la primera superficie enfrentada hacia adentro 111 a lo largo de al menos una porción de la capa de máscara 310.

El sistema de iluminación 600 incluye la fuente de iluminación 120 dispuesta en el interior del vehículo 160, configurada para proporcionar la salida de luz 121, ilustrada como el conjunto de flechas que indican el haz de rayos de luz 131 y 132. La salida de luz 121 se dirige desde el interior del vehículo 160 hacia el panel 100 para pasar a través de este e iluminar el exterior 170. La primera porción 121a de la salida de luz 121 puede proyectarse desde el panel 100 (por ejemplo, como luz emergente), mientras que la

segunda porción 121b de la salida de luz 121 puede ser reflejada o refractada por el panel 100.

En operación, el primer rayo incidente 131 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 hacia el panel 100. Cuando el primer rayo incidente 121 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, se refractará a través del panel 100 para definir la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131. La primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 viajará a través del panel 100 y, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12 dentro de la abertura 315, viajará a través del aire 114 como la primera porción emergente 131b del primer rayo incidente 131 en el exterior 170.

Además, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12, el primer rayo incidente 131 puede resultar además en la primera reflexión de Fresnel 141 reflejada desde la superficie enfrentada hacia dentro 111. Sin embargo, como se ilustra, la pared de cubierta 151 puede posicionarse y configurarse para bloquear o absorber la primera reflexión de Fresnel 141 impidiendo que avance hacia el interior del vehículo 160 (por ejemplo, la cabina), reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

Además, cuando la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 incide en la superficie enfrentada hacia fuera 12 dentro de la abertura 315, la segunda reflexión de Fresnel 142 puede reflejarse desde el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia fuera 12. Sin embargo, como se ilustra, la capa de máscara 310 puede posicionarse y configurarse para absorber o bloquear la segunda reflexión de Fresnel 142, impidiendo que avance desde el panel 100 hacia el interior del vehículo 160, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo.

La segunda porción de la salida de luz 121, ilustrada como el segundo rayo incidente 132, puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 (por ejemplo, con el segundo índice de refracción N_2) hacia el panel 100 (por ejemplo, que tiene el primer índice de refracción N_1). Cuando el segundo rayo incidente 132 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viajará a través del panel 100 para definir la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132.

La segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 viajará a través del panel 100 y después de alcanzar la superficie enfrentada hacia afuera 112 dentro de la abertura 315, viajará a través del aire 114 como la segunda porción emergente 132b del segundo rayo incidente 132 en el exterior 170.

Además, cuando la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente

132 alcanza el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia afuera 112, el quinto ángulo de incidencia θ_5 se puede definir con respecto a la quinta línea normal L_{N5} a la superficie enfrentada hacia fuera 12. Cuando el quinto ángulo de incidencia θ_5 no es crítico, la segunda porción interna 132a se reflejaría a través del panel 100 como una tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 y, de lo contrario, avanzaría en el interior del vehículo 160. Sin embargo, en diversos aspectos, la capa de máscara 310 puede aplicarse o incorporarse en o sobre la superficie enfrentada hacia dentro 111 de la primera capa de sustrato 101 y posicionarse para absorber la tercera porción interna 132c (por ejemplo, una porción reflejada) del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar que la tercera porción interna 132c avance en el interior del vehículo 160 (por ejemplo, en la cabina), reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

Adicional, o alternativamente, en el caso que el quinto ángulo de incidencia θ_5 sea igual a o mayor que un ángulo crítico, la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 generaría una RIT y, consecuentemente, “luz atrapada” en la segunda porción interna 132a. Sin embargo, la capa de máscara 310 puede posicionarse para absorber la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar la RIT de la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 que se produciría en ausencia de la capa de máscara 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

La FIG. 6 es un diagrama esquemático que ilustra otro aspecto no limitante del sistema de iluminación 700 para un vehículo, como el vehículo 181, 182 (mostrado en las FIGS. 3A-3B), con el accesorio de iluminación 126 y la interfaz de accesorio 127 omitidos para mayor claridad. El sistema de iluminación 700 de la FIG. 6 es similar al sistema de iluminación 500 de la FIG. 4, y las piezas similares se referirán con los mismos números de referencia. Una diferencia notable entre el sistema de iluminación 700 de la FIG. 6 y el sistema de iluminación 500 de la FIG. 4 es que el panel 100 del sistema de iluminación 700 incluye además una segunda capa de sustrato 102. Otra diferencia notable es que el sistema de iluminación 700 de la FIG. 6 incluye la capa de máscara 310 dispuesta entre la primera capa de sustrato 101 y la segunda capa de sustrato 102.

La primera capa de sustrato 101 o la segunda capa de sustrato 102, o ambas, pueden incluir cualquier tipo de ventana para cualquier aplicación, incluyendo vidrio

transparente o translúcido, incluyendo, pero no limitado a, vidrio laminado de seguridad para vehículos. La segunda capa de sustrato 102 puede estar enfrentada hacia la primera capa de sustrato 101 a lo largo de una interfaz 115. De esta manera, la primera capa de sustrato 101 define la superficie enfrentada hacia dentro 111 (por ejemplo, enfrentada hacia el interior del vehículo 160) y la segunda capa de sustrato 102 define la superficie opuesta exterior 112 (por ejemplo, enfrentada hacia el exterior 170), con la interfaz 115 dispuesta entre estas. La capa de máscara 310 puede aplicarse o incorporarse a lo largo de la interfaz 115, por ejemplo, sobre o dentro de la primera capa de sustrato 101 o la segunda capa de sustrato 102, o ambas.

El sistema de iluminación 700 incluye la fuente de iluminación 120 dispuesta en el interior del vehículo 160, configurada para proporcionar la salida de luz 121, ilustrada como el conjunto de flechas que representan el haz de rayos de luz 131, 132 y 133. La salida de luz 121 se dirige desde el interior del vehículo 160 hacia el panel 100 para pasar a través de este e iluminar el exterior 170. La primera porción 132c de la salida de luz 121 puede proyectarse desde el panel 100 (por ejemplo, como luz emergente), mientras que la segunda porción 132c de la salida de luz 121 puede ser reflejada o refractada por el panel 100.

Como se ilustra en la FIG. 6, en operación, el primer rayo incidente 131 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 hacia el panel 100. Cuando el primer rayo incidente 131 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viaja a través del panel 100 de acuerdo con la ley de Snell para definir la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131. La primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 viajará a través de la primera capa de sustrato 101 y, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 112 dentro de la abertura 315, viajará a través del aire 114 como la primera porción emergente 131b del primer rayo incidente 131 en el exterior 170 del vehículo.

El segundo rayo incidente 132 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 hacia el panel 100. Cuando el segundo rayo incidente 132 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viaja a través del panel 100 para definir la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132. La segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 viajará a través del panel 100 y, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 112 dentro de la abertura 315, viajará a través del aire 114 como la segunda porción emergente 132b del segundo rayo incidente 132 en el exterior 170 del vehículo.

Además, cuando la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente

132 alcanza el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia afuera 112, el quinto ángulo de incidencia θ_5 se puede definir con respecto a la quinta línea normal L_{N5} a la superficie enfrentada hacia fuera 12. Cuando el quinto ángulo de incidencia θ_5 no es un ángulo crítico, la segunda porción interna 132a se reflejaría de nuevo a través del panel 100 como la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 y, de lo contrario, avanzaría en el interior del vehículo 160. Sin embargo, en diversos aspectos, la capa de máscara 310 puede aplicarse o incorporarse en la interfaz 115 entre la primera capa de sustrato 101 y la segunda capa de sustrato 102, y posicionarse además para absorber la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar que la tercera porción interna 132c avance en el interior del vehículo 160 (por ejemplo, en la cabina), reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

Adicional, o alternativamente, en el caso que el quinto ángulo de incidencia θ_5 sea igual a o mayor que un ángulo crítico, la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 resultaría en una RIT y, consecuentemente, luz “atrapada” en la tercera porción interna 132c. Sin embargo, la capa de máscara 310 puede posicionarse para absorber la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar la RIT de la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 que, de otro modo, se produciría en ausencia de la capa de máscara 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

Una tercera porción de la salida de luz 121, ilustrada como un tercer rayo incidente 133, también puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114. Cuando el tercer rayo incidente 133 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viajará a través del panel 100 de acuerdo con la ley de Snell para definir una tercera porción interna 133a del tercer rayo incidente 133.

La tercera porción interna 133a, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12, saldría del panel 100 como una porción emergente del tercer rayo incidente 133. Sin embargo, como se ilustra, esta porción emergente del tercer rayo incidente 133 se proyectaría fuera de la abertura 315 definida por la capa de máscara 310, lo que resultaría indeseable. Por consiguiente, la capa de máscara 310 puede colocarse a lo largo de una porción de la interfaz 115 para absorber la tercera porción interna 133a del tercer rayo incidente 133. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar que los rayos de luz que divergen de un patrón de haz predeterminado se proyecten desde el panel 100, lo que ocurriría en ausencia de la

capa de máscara 310.

La FIG. 7 es un diagrama esquemático que ilustra otro aspecto no limitante del sistema de iluminación 800 para un vehículo, como el vehículo 181, 182 (mostrado en las FIGS. 3A-3B), con el accesorio de iluminación 126 y la interfaz de accesorio 127 omitidos para mayor claridad. El sistema de iluminación 800 de la FIG. 7 es similar al sistema de iluminación 700 de la FIG. 6, y las piezas similares se referirán con los mismos números de referencia. Una diferencia notable entre el sistema de iluminación 800 de la FIG. 7 y el sistema de iluminación 700 de la FIG. 6 es que la fuente de iluminación 120 del sistema de iluminación 800 incluye una lente translúcida 125 (por ejemplo, una lente de vidrio) que se puede acoplar directamente a la superficie enfrentada hacia dentro 111 del panel 100, eliminando así el espacio 113 (mostrado en la FIG. 4).

Los aspectos no limitantes de la descripción pueden incluirse con o sin una lente translúcida 125, como se describe en la presente. Si bien algunas ilustraciones pueden incluir o excluir la lente 125, se prevé que los aspectos de la descripción sean aplicables independientemente de la inclusión o exclusión de la lente 125, o de la inclusión de una lente 125 parcial y un espacio de aire parcial (como el espacio de aire 113 en la FIG. 4). En aspectos no limitantes, la lente puede tener un índice de refracción sustancialmente igual al índice de refracción del panel 100. Otra diferencia es que el aspecto de la FIG. 7 se representa con una irregularidad 19 dentro de la segunda capa de sustrato 102.

Se pueden incluir aspectos no limitantes de la descripción en donde el sistema de iluminación 200, 500, 600, 700, 800 incluye la lente 125, ubicada al menos parcialmente en la trayectoria óptica del haz de rayos de iluminación 131, 132, 133 y configurada para permitir la traslación óptica entre la salida de luz 121 y el panel 100. Por ejemplo, la lente 125 puede configurarse como un traductor óptico y estar dispuesta en comunicación continua con la superficie enfrentada hacia dentro 111 de la primera capa de sustrato 101. En otro aspecto no limitante de la descripción, la lente 125 puede configurarse como un traductor óptico y estar dispuesta en al menos un punto de contacto o comunicación óptica con la superficie enfrentada hacia dentro 111 de la primera capa de sustrato 101. En todavía otro aspecto no limitante de la descripción, la lente 125 puede ser opcional o no estar incluida. Se pueden incluir aspectos no limitantes de la descripción en donde la lente 125 permite o habilita operativamente establecer una referencia de distancia física desde la superficie enfrentada hacia dentro 111 de la primera capa de sustrato 101. Por ejemplo, y para mayor comprensión, en aspectos no limitantes donde la superficie enfrentada hacia dentro 111 representa un

dato (o una óptica de dato, refiriéndose a una característica en un componente óptico que sirve como punto de referencia para alineación, medición, control geométrico, etc.), la lente 125 (en cualquier disposición o configuración) permite o habilita una distancia óptica predeterminada de la fuente de iluminación 120 con respecto al dato o a la superficie enfrentada hacia dentro 111.

El sistema de iluminación 800 incluye la fuente de iluminación 120, dispuesta en el interior del vehículo 160, configurada para proporcionar la salida de luz 121, ilustrada como el conjunto de flechas que representan el haz de rayos de luz 131, 132, 133 y 134. La salida de luz 121 se dirige desde el interior del vehículo 160 hacia el panel 100 para pasar a través de este e iluminar el exterior 170. La primera porción 132b de la salida de luz 121 puede proyectarse desde el panel 100 (por ejemplo, como luz emergente), mientras que la segunda porción 132c puede ser reflejada o refractada por el panel 100.

Como se ilustra en la FIG. 7, en operación, el primer rayo incidente 131 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través de la lente hacia el panel 100. Cuando el primer rayo incidente 131 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viaja a través del panel 100 para definir la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 sin refracción, debido a que el índice de refracción del panel 100 y el de la lente 125 son prácticamente iguales. La primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 viajará a través de la primera capa de sustrato 101 y, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12 dentro de la abertura 315, viajará a través del aire 114 como la primera porción emergente 131b del primer rayo incidente 131 en el exterior 170.

El segundo rayo incidente 132 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114 hacia el panel 100. Cuando el segundo rayo incidente 132 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viaja a través del panel 100 sin refractarse, de nuevo debido a que el índice de refracción del panel 100 y el de la lente 125 son prácticamente iguales, para definir la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132. La segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 viajará a través del panel 100 y, después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12 dentro de la abertura 315, viajará a través del aire 114 como la segunda porción emergente 132b del segundo rayo incidente 132 en el exterior 170 del vehículo.

Independientemente de si la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 alcanza el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia fuera 12, en un ángulo crítico o no crítico, la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 se refleja de vuelta a través de la segunda capa de sustrato

102. Sin embargo, en diversos aspectos, la capa de máscara 310 puede aplicarse o incorporarse en la interfaz 115 entre la primera capa de sustrato 101 y la segunda capa de sustrato 102, y posicionarse además para absorber la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar que la tercera porción interna 132c avance hacia el interior del vehículo 160 (por ejemplo, hacia la cabina) o para evitar la RIT de la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 que se produciría de otro modo en ausencia de la máscara. capa 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160

El tercer rayo incidente 133 también puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114. Cuando el tercer rayo incidente 133 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viajará a través del panel 100 sin refractarse, nuevamente debido a que el índice de refracción del panel 100 y el de la lente 125 es sustancialmente el mismo, para definir la tercera porción interna 133a del tercer rayo incidente 133.

Como se ilustra, la capa de máscara 310 se puede colocar a lo largo de una porción de la interfaz 115 para absorber la tercera porción interna 133a del tercer rayo incidente 133, para evitar que los rayos de luz que se desvían de un patrón de haz predeterminado se proyecten desde el panel 100, lo que de otro modo ocurriría en ausencia de la capa de máscara 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

Un cuarto rayo incidente 134 también puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través de la lente 125 y hacia el panel 100 como una cuarta porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134. Sin embargo, como se ilustra, la porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134 puede incidir en la irregularidad 19 dispuesta entre la superficie enfrentada hacia dentro 111 y la superficie enfrentada hacia fuera 112. Cuando la cuarta porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134 incide en la irregularidad 19, puede producirse una reflexión difusa de la cuarta porción interna 134a, lo que resulta en una pluralidad de reflexiones dispersas 134b, 134c y 134d con sus respectivos ángulos de reflexión.

La capa de máscara 310 ubicada a lo largo de una porción de la interfaz 115 puede absorber al menos algunas de la pluralidad de reflexiones de dispersión 134b, 134c, 134d para evitar que al menos algunas de la pluralidad de reflexiones de dispersión 134b, 134c, 134d se proyecten desde el panel 100 hacia el interior del vehículo, lo que de otro modo ocurriría en ausencia de la capa de máscara 310,

reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

La FIG. 8 es un diagrama esquemático que ilustra otro aspecto no limitante del sistema de iluminación 900 para un vehículo, como el vehículo 181, 182 (mostrado en las FIGS. 3A-3B), con el accesorio de iluminación 126 y la interfaz de accesorio 127 omitidos para mayor claridad. El sistema de iluminación 900 de la FIG. 8 es similar al sistema de iluminación 800 de la FIG. 7, y las piezas similares se referirán con los mismos números de referencia. Una diferencia notable entre el sistema de iluminación 900 de la FIG. 8 y el sistema de iluminación 800 de la FIG. 7 es que la capa de máscara 310 se aplica o incorpora en la superficie enfrentada hacia dentro 111 y en o sobre la interfaz entre la primera capa de sustrato y la segunda capa de sustrato 102.

El sistema de iluminación 800 incluye la fuente de iluminación 120, ubicada en el interior del vehículo 160, configurada para proporcionar la salida de luz 121, ilustrada como el conjunto de flechas que representan el haz de rayos de luz 131, 132, 133 y 134. La salida de luz 121 se dirige desde el interior del vehículo 160 hacia el panel 100 para pasar a través de este para iluminar el exterior 170. La primera porción 132b de la salida de luz 121 puede proyectarse desde el panel 100 (por ejemplo, como luz emergente), mientras que la segunda porción 132c puede ser reflejada o refractada por el panel 100.

Como se ilustra en la FIG. 8, en operación, el primer rayo incidente 131 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través de la lente hacia el panel 100. Cuando el primer rayo incidente 131 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viaja a través del panel 100 para definir la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 sin refracción, debido a que el índice de refracción del panel 100 y el de la lente 125 es prácticamente el mismo. Después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12, dentro de la abertura 315, la primera porción interna 131a del primer rayo incidente 131 viajará a través del aire 114 como la primera porción emergente 131b del primer rayo incidente 131 en el exterior 170.

El segundo rayo incidente 132 puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través de la lente 125 hacia el panel 100. Cuando el segundo rayo incidente 132 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, viaja a través del panel 100 sin refractarse, de nuevo debido a que el índice de refracción del panel 100 y el de la lente 125 es prácticamente el mismo, para definir la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132. Después de alcanzar la superficie enfrentada hacia fuera 12 dentro de la abertura 315, la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 viajará a través del aire 114 como la segunda porción emergente 132b del segundo rayo incidente 132 en el exterior 170 o externo al vehículo.

Independientemente de si la segunda porción interna 132a del segundo rayo incidente 132 alcanza el límite entre el panel 100 y el aire 114 en la superficie enfrentada hacia fuera 12, en un ángulo crítico o un ángulo no crítico, la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 se refleja de vuelta a través de la segunda capa de sustrato 102. Sin embargo, en varios aspectos, la capa de máscara 310 en la interfaz 115 entre la primera capa de sustrato 101 y la segunda capa de sustrato 102 está posicionada para absorber la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132. De esta manera, la capa de máscara 310 está configurada para evitar que la tercera porción interna 132c avance hacia el interior del vehículo 160 (por ejemplo, hacia la cabina) o para evitar la RIT de la tercera porción interna 132c del segundo rayo incidente 132 que, de otro modo, se produciría en ausencia de la capa de máscara 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

El tercer rayo incidente 133 también puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través del aire 114. Cuando el tercer rayo incidente 133 incide en la superficie enfrentada hacia dentro 111, atravesará el panel 100 sin refractarse, de nuevo debido a que el índice de refracción del panel 100 y el de la lente 125 es sustancialmente el mismo, para definir la tercera porción interna 133a del tercer rayo incidente 133. Como se ilustra, la capa de máscara 310 puede colocarse a lo largo de una porción de la interfaz 115 para absorber la tercera porción interna 133a del tercer rayo incidente 133 para evitar que los rayos de luz que divergen de un patrón de haz predeterminado se proyecten desde el panel 100, lo que ocurriría de otro modo en ausencia de la capa de máscara 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

El cuarto rayo incidente 134 también puede proyectarse desde la fuente de iluminación 120 a través de la lente 125, y hacia el panel 100 como la cuarta porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134. Sin embargo, como se ilustra, la cuarta porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134 puede incidir en la irregularidad 19 dispuesta entre la superficie enfrentada hacia dentro 111 y la superficie enfrentada hacia fuera 112. Cuando la cuarta porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134 incide en la irregularidad 19, puede producirse una reflexión difusa de la cuarta porción interna 134a del cuarto rayo incidente 134, lo que resulta en una pluralidad de reflexiones dispersas 134b, 134c, 134d en ángulos de reflexión respectivos. La capa de máscara 310 ubicada a lo largo de una porción de la superficie enfrentada hacia adentro 111 puede absorber al menos algunas de la pluralidad de reflexiones de dispersión 134b, 134c, 134d para evitar que al menos algunas de la pluralidad de reflexiones de dispersión 134b, 134c, 134d se proyecten desde el panel 100 hacia el interior del

vehículo, lo que de otro modo ocurriría en ausencia de la capa de máscara 310, reduciendo así la contaminación lumínica en el interior del vehículo 160.

En la medida en que no se haya descrito ya, las diferentes características y estructuras de los diversos aspectos pueden combinarse entre sí según se desee. El hecho de que una característica no se ilustre en todos los aspectos no implica que no sea posible, sino que se hace para abreviar la descripción. Por lo tanto, las diversas características de los diferentes aspectos pueden combinarse para formar nuevos aspectos, independientemente de si estos se describen expresamente o no. Las combinaciones o permutaciones de las características descritas en la presente están cubiertas por esta descripción. Las figuras incluidas y descritas en la presente son representaciones simplificadas del comportamiento de los rayos de luz y no implican ninguna forma geométrica específica para los sustratos.

Esta descripción escrita usa ejemplos para describir aspectos de la descripción, incluyendo el mejor modo, y también para permitir que cualquier experto en la materia pueda poner en práctica aspectos de la descripción, incluyendo la fabricación y el uso de cualquier dispositivo o sistema, y la ejecución de cualquier método incorporado. Si bien algunos aspectos de la descripción se han descrito específicamente en relación con ciertos detalles específicos, debe entenderse que esto se hace a modo de ilustración y no de limitación. Se permiten variaciones y modificaciones razonables dentro del alcance de la descripción y las figuras anteriores sin apartarse del espíritu de la descripción, que se define en las reivindicaciones adjuntas.