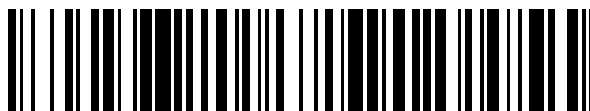


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 051**

51 Int. Cl.:

G08G 1/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2011** **E 11709761 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.02.2016** **EP 2545220**

54 Título: **Captafaros mejorados**

30 Prioridad:

09.03.2010 GB 201003908

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

10.03.2016

73 Titular/es:

CLEARVIEW TRAFFIC GROUP LIMITED (100.0%)
A4 Telford Road
Bicester, Oxfordshire OX26 4LD, GB

72 Inventor/es:

DICKS, MARTIN

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 563 051 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

Captafaros mejorados

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a captafaros para colocación en una superficie de carretera.

10 **Antecedentes de la invención**

Se puede incrustar captafaros en una superficie de carretera para delimitar claramente los carriles en la carretera en la oscuridad. Los captafaros se pueden clasificar en general como "activos" o "pasivos".

15 Los captafaros pasivos, u ojos de gato, realizan simplemente una función reflectora con el fin de reflejar la luz de las luces delanteras de un vehículo al conductor del vehículo. Los captafaros pasivos no precisan potencia, pero solamente unos pocos captafaros de ese tipo son visibles en la carretera situada delante debido al requisito de que las luces delanteras de un vehículo incidan sobre cada captafaros para que sean visibles para el conductor.

20 En contraposición, los captafaros activos descritos en EP0578413A y JP2009009604A incorporan LEDs, por ejemplo, que actúan como una fuente de luz para los conductores incluso en ausencia de la luz directa de un vehículo en el captafaros. Así, los captafaros activos pueden delimitar los carriles de la carretera mucho más hacia delante de un vehículo de lo que es posible usando captafaros pasivos. No obstante, se precisa una fuente de potencia para alimentar los LEDs de los captafaros activos. Por ejemplo, los captafaros activos pueden ser alimentados internamente (por ejemplo, por energía solar) o activados externamente (por ejemplo, por cable).

25 Sería deseable que los captafaros activos alimentados internamente sean capaces de operar durante períodos de poca visibilidad diurna, así como por la noche. Sin embargo, varios factores hacen que esto sea difícil de lograr, no menos la disponibilidad de potencia dentro del captafaros: varios días de poca visibilidad diurna podría tomar una cantidad de potencia considerable del captafaros, dando lugar potencialmente a que el captafaros no sea operativo por la noche, lo que claramente sería indeseable.

30 También sería deseable dar una funcionalidad mejorada a los captafaros, incluyendo la detección de vehículos, la medición de la velocidad de los vehículos, supervisar la visibilidad, supervisar el estado de la superficie de la carretera, identificación del tipo de vehículo, y la detección de lluvia y niebla.

35 También sería deseable proporcionar métodos de reducir el consumo de potencia de los captafaros activos, en particular los que son alimentados internamente.

40 También sería deseable proporcionar un mejor retrorreflector adecuado para uso en un captafaros a nivel.

La presente invención tiene la finalidad de proporcionar captafaros y métodos asociados que son especialmente adecuados para uso en condiciones de poca visibilidad diurna así como por la noche.

45 **Resumen de la invención**

Por la noche, los vehículos llevan las luces delanteras y las luces traseras encendidas. Igualmente, los vehículos suelen llevar encendidas las luces en períodos de poca visibilidad diurna. La presente invención usa la luz emitida por vehículos para dar una mejor funcionalidad a los captafaros, como se describe más adelante.

50 Según la presente invención, definida en la reivindicación independiente 1, se facilita un captafaros para colocación en una superficie de carretera. El captafaros incluye una entrada óptica, una salida óptica, un componente de modificación de luz, y un microprocesador. La entrada óptica es para recibir luz entrante de un vehículo en la superficie de la carretera. La salida óptica es para dirigir luz fuera del captafaros en una dirección de salida predeterminada. El componente de modificación de luz puede funcionar para modificar la luz entrante cuando pasa a lo largo de un recorrido de luz desde la entrada óptica a la salida óptica. El microprocesador puede funcionar para controlar el componente de modificación de luz, permitiendo por ello que el captafaros envíe una señal de comunicación óptica saliente en la dirección de salida predeterminada cuando el captafaros sea iluminado por la luz entrante procedente de un vehículo.

60 Así, la invención permite la comunicación óptica hacia fuera desde los captafaros utilizando la luz de los vehículos en tránsito (por ejemplo, las luces delanteras). Así, la señal de luz entrante solamente se tiene que modificar para proporcionar una señal de comunicación saliente, que asegura que los requisitos de potencia para dicha comunicación sean muy bajos, de tal manera que este método de comunicación pueda ser usado por captafaros alimentados internamente (por ejemplo, captafaros solares) sin que la función primaria de iluminación de tales captafaros consuma cantidades significativas de potencia.

En una realización ventajosa, el componente de modificación de luz es un componente de interrupción operable para evitar y permitir alternativamente el paso de luz entrante a lo largo del recorrido de luz desde la entrada óptica a la salida óptica, permitiendo por ello que el captafaros envíe una señal de comunicación óptica digital en la dirección de salida predeterminada. El envío de señales de comunicación digitales del tipo de “encendido/apagado” es ventajoso puesto que hace que las señales sean más fáciles de descodificar en el otro extremo (es decir, que haya más diferencia entre una señal completa y la no existencia de señal que la que hay entre una señal completa y una señal parcial, de modo que haya menos posibilidad de errores de descodificación. Más ventajosamente, el componente de interrupción incluye un elemento piezoeléctrico acoplado a un elemento óptico dispuesto en el recorrido de luz. El elemento piezoeléctrico puede funcionar para mover el elemento óptico en respuesta a señales eléctricas del microprocesador. El elemento óptico se puede mover para evitar y permitir alternativamente el paso de luz entrante a lo largo del recorrido de luz desde la entrada óptica a la salida óptica. Esta realización proporciona una forma especialmente eficiente y efectiva de implementar la invención.

En una realización ventajosa, el captafaros incluye además un sensor de luz dispuesto para detectar una señal de comunicación óptica entrante. Esto permite que el captafaros reciba y envíe señales de comunicación ópticas. Más ventajosamente, el captafaros está dispuesto para recibir la señal de comunicación óptica entrante desde una dirección de entrada predeterminada. Más ventajosamente, la dirección de entrada predeterminada es sustancialmente coincidente con la dirección de salida predeterminada. Esto permite la comunicación óptica bidireccional entre dos captafaros dispuestos en posiciones espaciadas en la superficie de la carretera.

En una realización ventajosa, el captafaros incluye una pluralidad de entradas ópticas para recibir luz entrante de vehículos en la superficie de la carretera. Por ejemplo, el captafaros puede tener un entrada óptica apuntando a lo largo de la carretera hacia vehículos que circulan en una dirección, y una entrada óptica que apunta a lo largo de la carretera hacia vehículos que circulan en la otra dirección. Así, es posible que el captafaros diferencie entre vehículos que circulan en las dos direcciones, y tal información puede incluirse en la señal de comunicación óptica, si se desea.

En una realización ventajosa, el captafaros incluye una pluralidad de salidas ópticas para dirigir luz fuera del captafaros en una pluralidad de direcciones de salida predeterminadas respectivas. Por ejemplo, el captafaros puede tener una salida óptica dirigida hacia un captafaros adyacente en una dirección a lo largo de la carretera, y una entrada óptica dirigida hacia un captafaros adyacente en la otra dirección a lo largo de la carretera. Así, el captafaros puede enviar señales ópticas de comunicaciones en cualquier dirección a lo largo de la carretera. También sería posible que el captafaros tuviese una salida óptica apuntando hacia una caja de recogida de datos en el borde de la carretera con la capacidad de almacenar más información que el captafaros propiamente dicho.

En una realización ventajosa, el sensor de luz puede incluir uno de un fotodiodo, un fototransistor, una fotorresistencia, y una pila solar/fotovoltaica.

En una realización ventajosa, la fuente de luz puede incluir uno o más diodos fotoemisores.

En una realización ventajosa, el captafaros puede incluir además una fuente de alimentación (por ejemplo, batería/pila fotovoltaica para alimentar el microprocesador, etc).

En una realización ventajosa, el captafaros puede incluir además un dispositivo de almacenamiento de datos (por ejemplo, una memoria).

Otras características preferidas de la presente invención se exponen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán realizaciones de la presente invención a modo de ejemplo con referencia a los dibujos acompañantes en los que:

La figura 1 ilustra esquemáticamente un captafaros según una realización de la presente invención.

La figura 2 es un gráfico que ilustra la intensidad de la luz de las luces delanteras de un coche que pasa, medida por un captafaros en la superficie de la carretera.

La figura 3 es una ilustración en sección transversal esquemática de un retrorreflector de cubos de esquina usado en una realización de la presente invención.

La figura 4 es una ilustración en sección transversal esquemática de un retrorreflector de lente biconvexa usado en una realización de la presente invención.

La figura 5 es una ilustración esquemática de un sistema de comunicación óptica dentro del captafaros.

La figura 6 representa un coche que circula a lo largo de una superficie de la carretera hacia dos captafaros incrustados en la superficie de la carretera.

5 La figura 7 representa los perfiles de intensidad de la luz de las luces delanteras según los ve cada captafaros en la figura 6 cuando pasa un coche.

La figura 8 representa un perfil de intensidad de la luz de las luces delanteras según lo ve un captafaros cuando hay un bache en la superficie de la carretera cerca del captafaros.

10 La figura 9 representa un coche que pasa por un captafaros incrustado en la superficie de la carretera.

La figura 10 representa los perfiles de intensidad de luz de las luces delanteras y trasera según los ve el captafaros de la figura 9 cuando pasa un coche.

15 La figura 11 ilustra esquemáticamente un captafaros según una realización de la presente invención.

La figura 12 ilustra esquemáticamente una lente para uso en el captafaros.

20 La figura 13 ilustra esquemáticamente la refracción/reflexión de aire en una interfaz entre dos regiones de diferente índice de refracción en tres situaciones.

Y la figura 14 ilustra esquemáticamente un sensor de luz para detectar luz reflejada y/o refractada de la lente de la figura 12.

25 Descripción detallada de una realización preferida

La figura 1 representa un captafaros 10. El captafaros 10 incluye un alojamiento 12 para colocación en una superficie de la carretera (no representada). El alojamiento 12 incorpora o encierra varios componentes, como una fuente de potencia 14 incluyendo una pila solar o pila fotovoltaica 16, una o más fuentes de luz como LEDs 18, uno o más reflectores 20, una entrada óptica 22, unos medios de detección de luz entrante o sensor de luz 24, un reflector 26, un elemento piezoeléctrico 28, un microprocesador 30, una salida de comunicación óptica 32, una entrada de comunicación óptica 34, un sensor de luz de comunicación óptica 36 y un dispositivo de almacenamiento de datos tal como una memoria 38. En la figura 1, todas las flechas sólidas ilustran esquemáticamente los recorridos de luz.

35 La entrada óptica 22 está dispuesta para recibir luz externa (representada con la flecha A) tal como luz solar, luz de vehículo, y/o luz de otras fuentes de luz externas al captafaros 10. Parte de la luz externa es dirigida hacia la pila fotovoltaica 16 de la fuente de potencia 14, como representa la flecha B, con el fin de cargar la fuente de potencia 14. La fuente de potencia 14 es controlada por el microprocesador 30. El microprocesador 30 es activado por la fuente de potencia 14.

40 Parte de la luz externa recibida por la entrada óptica 22 es dirigida hacia el sensor de luz entrante 24, como representa la flecha C. Así, el sensor de luz entrante 24 está dispuesto para detectar la luz externa entrante y para enviar datos de luz detectados asociados al microprocesador 30. El sensor de luz entrante 24 puede ser activado por la fuente de potencia 14.

45 Parte de la luz externa recibida por la entrada óptica 22 es dirigida hacia el reflector 26, como representa la flecha D. El reflector 26 puede ser movido por medio del elemento piezoeléctrico 28 que es controlado por el microprocesador 30. El elemento piezoeléctrico 28 puede ser activado por la fuente de potencia 14. Así, usando el elemento piezoeléctrico 28 y el microprocesador 30, es posible controlar el recorrido de luz reflejado por el reflector 26, como representa la flecha E. El reflector 26 y los componentes de comunicación óptica asociados se describirán con más detalle en la sección siguiente "Comunicación óptica entre captafaros".

50 Los reflectores 20 están dispuestos para reflejar al menos parcialmente luz externa entrante en la dirección de luz entrante de modo que la luz vuelva a su fuente, como representa la flecha F. Tales reflectores 20 se pueden describir como retrorreflectores.

55 Los LEDs 18 están dispuestos para emitir luz del captafaros 10, como representa la flecha G. Los LEDs 18 son activados por la fuente de potencia 14 y son controlados por el microprocesador 30.

60 La memoria 38 está acoplada al microprocesador 30 para permitir el almacenamiento de datos sin tratar enviados al microprocesador 30 por sensores internos (por ejemplo, sensores de luz 24 y 36), o para permitir el almacenamiento de datos procesados. En otros términos, la memoria 38 puede funcionar para almacenar datos que han sido detectados, generados y/o recibidos por el captafaros 10.

65 Detección óptica de vehículos

La entrada óptica 22 del captafaros 10 está dispuesta para recibir luz de vehículos que circulan a lo largo de la superficie de la carretera en la que está colocado el captafaros 10. La entrada óptica 22 recibe luz principalmente de las luces delanteras de vehículos en aproximación. La luz procedente de los indicadores del vehículo, las luces de freno y las luces traseras también puede ser recibida por la entrada óptica 22.

Como se ha indicado anteriormente, parte de la luz recibida por la entrada óptica 22 es dirigida hacia el sensor de luz entrante 24, como representa la flecha C. El sensor de luz entrante 24 puede incluir un fotodiodo, un fototransistor, una fotorresistencia, o una pila fotovoltaica, por ejemplo. El sensor de luz entrante 24 es capaz de enviar datos de luz detectados al microprocesador 30. El microprocesador 30 procesa los datos de luz detectados con el fin de identificar las luces delanteras del vehículo.

El procesado del microprocesador 30 puede tomar en cuenta factores tales como el color y la intensidad de la luz detectada. Además, el procesado puede tomar en cuenta la variación de los datos de luz detectados con el tiempo. Por ejemplo, en casos de tráfico móvil, la intensidad de la señal de luz detectada de las luces delanteras de vehículo tenderá a aumentar de forma constante con el tiempo hasta un máximo, y luego disminuir bruscamente una vez que la parte delantera del vehículo haya superado el captafaros, como se representa en la figura 2. Además, las luces delanteras de vehículo tienden a exhibir "oscilación" por lo que la señal de luz incluye una oscilación de alta frecuencia debido a las vibraciones del vehículo. Por lo tanto, el microprocesador 30 incluye algoritmos de procesado adecuados para identificar vehículos en base a los datos de luz detectados por el sensor de luz entrante 24. Una vez identificado un vehículo, el microprocesador 30 puede guardar datos de detección del vehículo en la memoria 38, o puede usar los datos de detección del vehículo para iniciar otra funcionalidad dentro del captafaros 10.

Así, el captafaros 10 permite supervisar las luces delanteras de vehículos en aproximación, permitiendo por ello la detección de vehículos con sus luces encendidas. Se deberá indicar que la detección de vehículos con sus luces encendidas sería indicativa por lo general de condiciones de horas nocturnas o de poca visibilidad diurna. Así, si el captafaros 10 incluye un reloj (no representado), el microprocesador es capaz de distinguir el uso de las luces delanteras en tiempo nocturno del uso de las luces delanteras en horas diurnas, permitiendo por ello la identificación de períodos de poca visibilidad diurna.

Por la noche, los LEDs 18 se usan por lo general para emitir luz del captafaros 10 con el fin de iluminar el captafaros 10, permitiendo por ello que varios captafaros delinee claramente los carriles de la carretera en la oscuridad. Sin embargo, usando los datos de detección del vehículo descritos anteriormente, sería posible reducir la potencia tomada por los LEDs durante las horas de oscuridad cuando no se han detectado vehículos durante un período de tiempo dado. Esta reducción del consumo de potencia por los LEDs podría ser efectuada por una reducción de 30-40%, por ejemplo, de la intensidad de la luz emitida por los LEDs. Alternativamente/adicionalmente, la reducción del consumo de potencia por los LEDs podría ser efectuada por una reducción de la frecuencia operativa de los LEDs (por ejemplo, de una frecuencia operativa normal de alrededor de 130Hz a una frecuencia operativa fija de alrededor de 100 Hz). Estos cambios serían controlados por el microprocesador 30. Tales cambios no los percibiría el ojo humano, de modo que el captafaros 10 todavía sería visible a los conductores desde largas distancias. Tan pronto como las luces delanteras del vehículo sean detectadas de nuevo (hasta 200 metros de distancia), el microprocesador aumentaría el consumo de potencia de los LEDs de nuevo a los parámetros originales.

Durante el día, los LEDs 18 en un captafaros alimentado internamente tenderían por lo general a apagarse para ahorrar potencia. Sin embargo, las medidas de ahorro de potencia anteriores en los captafaros 10 de la presente invención hacen posible encender adicionalmente los LEDs 18 en períodos de poca visibilidad diurna. Tales períodos de poca visibilidad diurna pueden ser identificados por el microprocesador 30 usando los datos de detección del vehículo en combinación con una señal de reloj, como se ha descrito anteriormente.

Combinación de la luz reflejada y emitida

Actualmente, no es preciso que un captafaros activo tenga un elemento reflector en el Reino Unido. Algunos captafaros están disponibles con elementos tanto activos como reflectores, pero los elementos reflectores tienden a ser demasiado pequeños para iluminar mucho el captafaros para los conductores. Así, actualmente en el Reino Unido, hay muy poca iluminación proporcionada por captafaros activos autoalimentados en períodos de poca visibilidad diurna (dado que, como se ha indicado anteriormente, los elementos activos de tales captafaros tienden a apagarse durante el día para ahorrar energía).

El captafaros 10 de la presente invención usa LEDs activos 18 en combinación con un reflector considerablemente más grande 20 que el que llevan los captafaros activos actualmente disponibles. Así, habrá horas en las que el elemento reflector proporcione a los conductores una cantidad de iluminación considerable del captafaros 10. En tales situaciones, sería posible reducir la cantidad de iluminación proporcionada por los LEDs sin degradación de la visibilidad de los conductores. Así, tomando en cuenta la luz reflejada, es posible reducir la cantidad de potencia usada por los LEDs 18 cuando haya más luz entrante al captafaros, con el fin de que el captafaros proporcione una cantidad especificada de salida de luz.

Como se ha descrito anteriormente, el sensor de luz entrante 24 está dispuesto para detectar una cantidad de luz entrante de un vehículo en la superficie de la carretera. Así, los datos de luz detectados enviados al microprocesador 30 incluyen información acerca de la cantidad de luz entrante (por ejemplo, información relativa al brillo, la intensidad, la luminancia de la luz entrante). En base a los datos de luz detectados recibidos, el microprocesador 30 es capaz de ajustar la cantidad de luz emitida por los LEDs 18 con el fin de controlar la cantidad de la luz de salida reflejada y emitida combinada del captafaros 10. En este sentido, los reflectores 20 y los LEDs 18 pueden ser considerados como una sola fuente de luz operable para enviar una cantidad de luz constante a los conductores (véase las flechas F y G en la figura 1). En otros términos, los reflectores 20 y los LEDs 18 están suficientemente cerca para que la luz de salida reflejada (flecha F) y la luz de salida emitida (flecha G) sean vistas como una sola fuente de luz por un conductor de un vehículo en la superficie de la carretera.

Es posible que las normas cambien con respecto al uso preceptivo de color de los reflectores y captafaros activos. Por ejemplo, se puede exigir que los captafaros emitan luz de diferentes colores en las diferentes horas del día y la noche. Para hacer frente a este cambio, se puede usar una metodología similar para controlar el color de la luz emitida conjuntamente por los LEDs 18 y los reflectores 20 como se ha descrito anteriormente con respecto al control de la cantidad de luz emitida conjuntamente. El control del color sería necesario dependiendo del color de las luces delanteras del vehículo reflejado de nuevo al conductor (la mayoría de las luces delanteras son blancas/amarillas, pero algunas luces delanteras son azules).

Con el fin de controlar el color de la luz de salida del captafaros 10, el sensor de luz entrante 24 está dispuesto para detectar un color de luz. Así, los datos de luz detectados enviados al microprocesador 30 incluyen información acerca del color de la luz entrante. Con el fin de controlar el color de la luz de salida, los LEDs 18 son de color variable (por ejemplo, LEDs RGB). En base a los datos de luz detectados recibidos, el microprocesador 30 es capaz de ajustar el color de la luz emitida por los LEDs 18 con el fin de controlar el color de la luz de salida emitida y reflejada y combinada del captafaros 10.

Se apreciará que sería posible detectar la cantidad y/o el color de la luz de salida tanto de los LEDs 18 como de los reflectores 20 más bien que detectar la cantidad y/o el color de la luz entrante. En base a tales datos, el microprocesador 30 todavía sería capaz de usar un bucle de realimentación para controlar la cantidad y/o el color de la luz de salida reflejada y emitida combinada del captafaros 10.

Retrorreflector de cubos de esquina

Una forma de combinar la luz reflejada y emitida efectivamente en una sola fuente de luz de salida como se ha descrito anteriormente es usar el reflector de cubos de esquina modificado 50 representado en la figura 3 en combinación con una fuente de luz como los LEDs 52.

Los reflectores de cubos de esquina son retrorreflectores conocidos que constan de tres superficies planas intersecantes mutuamente perpendiculares que reflejan luz hacia la fuente, independientemente de la dirección de incidencia. Las tres superficies intersecantes forman conjuntamente la esquina de un cubo, que da su nombre al reflector.

El reflector de cubos de esquina modificado 50 representado en la figura 3 incluye un reflector de cubos de esquina pequeño 60 y un reflector de cubos de esquina grande 70. El reflector de cubos de esquina pequeño es más pequeño que el reflector de cubos de esquina grande.

El reflector de cubos de esquina pequeño 60 incluye tres superficies planas mutuamente perpendiculares 62, 64 y 66, aunque se deberá indicar que solamente dos de las superficies 62 y 64 se representan en la vista en sección transversal de la figura 3. Las tres superficies planas mutuamente perpendiculares intersecan en un punto 68. Las tres superficies planas mutuamente perpendiculares 62, 64 y 66 están dispuestas para reflejar luz entrante en la dirección de luz entrante, como representan los rayos de luz ejemplares P. Las tres superficies planas mutuamente perpendiculares 62, 64 y 66 son reflectoras en ambos lados.

El reflector de cubos de esquina grande 70 incluye otras tres superficies planas mutuamente perpendiculares 72, 74 y 76, aunque de nuevo se deberá indicar que solamente dos de las superficies 72 y 74 se representan en la vista en sección transversal de la figura 3. En contraposición al reflector de cubos de esquina pequeño 60, el reflector de cubos de esquina grande 70 tiene un agujero 78 donde las tres superficies planas mutuamente perpendiculares 72, 74 y 76 se encontrarían normalmente. Las tres superficies planas mutuamente perpendiculares 72, 74 y 76 están dispuestas para reflejar parte de la luz entrante en la dirección de luz entrante, como representan los rayos de luz ejemplares Q.

El reflector de cubos de esquina pequeño 60 está dispuesto dentro del reflector de cubos de esquina grande 70, espaciado del reflector de cubos de esquina grande 70 de tal manera que haya un intervalo 54 entre las superficies reflectoras traseras 62b, 64b y 66b del reflector de cubos de esquina pequeño 60 y las superficies reflectoras delanteras 72, 74 y 76 del reflector de cubos de esquina grande 70. El reflector de cubos de esquina pequeño 60

está dispuesto delante del agujero 78 del reflector de cubos de esquina grande 70.

Parte de la luz incidente en el reflector 50 es reflejada en la dirección de luz entrante por los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70 (véase de nuevo los rayos de luz ejemplares P y Q), pero el resto de la luz entrante es reflejada entre los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70 hasta que pasa a través del agujero 78 en el vértice trasero del reflector de cubos de esquina grande 70. En particular, el rayo de luz ejemplar R en la figura 3 representa parte de la luz entrante incidente en una de las superficies reflectoras 72 del reflector de cubos de esquina grande 70. La luz es reflejada por la superficie reflectora 72 hacia una superficie reflectora trasera 62b del reflector de cubos de esquina pequeño 60. Puede haber múltiples reflexiones entre la superficie reflectora 72 del reflector de cubos de esquina grande 70 y la superficie reflectora 62b del reflector de cubos de esquina grande 60 (aunque solamente se ve en la figura 3 un par de reflexiones para el rayo de luz ejemplar R) hasta que la luz sale de la parte trasera del reflector 50 mediante el agujero 78 en el vértice del reflector de cubos de esquina grande 70. El rayo de luz ejemplar S en la figura 3 es similar al rayo de luz ejemplar R, pero el rayo de luz S es reflejado entre las superficies 74 y 64b más bien que las superficies 72 y 62b.

Dependiendo de

(a) el tamaño del agujero 78;

(b) el tamaño del reflector de cubos de esquina pequeño 60 en comparación con el tamaño del agujero 78; y

(c) el intervalo 54 entre los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70;

es posible que parte de la luz reflejada entre las superficies reflectoras delanteras 72 y 74 del reflector de cubos de esquina grande 70 y las superficies reflectoras traseras 62b y 64b del reflector de cubos de esquina pequeño 60 pueda ser reflejada fuera del reflector 50 en la dirección de incidencia en vez de pasar a través del agujero 78. No obstante, parte de la luz incidente será reflejada por el reflector 50 y el resto de la luz incidente pasará a través del agujero 78.

Además, los factores (a)-(c) anteriores también dictan el número de reflexiones que probablemente se producirán entre los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70. Por ejemplo, un agujero pequeño 78 y un intervalo pequeño 54 en combinación con un reflector de cubos de esquina pequeño relativamente grande 60 daría lugar a gran número de reflexiones entre los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70 para luz que pasa a través del agujero 78. En contraposición, un agujero grande 78 y un intervalo grande 54 en combinación con un reflector de cubos de esquina pequeño relativamente pequeño 60 daría lugar a un pequeño número de reflexiones entre los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70 para luz que pasa a través del agujero 78.

Las cantidades relativas de luz entrante que son reflejadas por el reflector 50 y transmitidas a través del agujero 78 también dependen de los factores geométricos (a)-(c) anteriores, así como de otro factor:

(d) el tamaño del reflector de cubos de esquina grande 70 en comparación con el tamaño del reflector de cubos de esquina pequeño 60.

La luz entrante que pasa eventualmente a través del agujero 78 puede ser dirigida (por ejemplo, por medio de una lente, u otros componentes ópticos) hacia una pila fotovoltaica y/o un sensor de luz (no representado en la figura 3). Parte de la luz entrante puede ser dirigida hacia un sensor de luz, tal como el sensor de luz entrante 24 en la figura 1, y a continuación puede ser usada para recoger datos de luz entrante. Parte de la luz entrante puede ser usada para cargar una pila fotovoltaica, tal como la pila fotovoltaica 16 representada en la figura 1. Así, en comparación con un captafaros solar normal, se recoge luz adicional de los vehículos que pasan y se dirige hacia el dispositivo de recogida solar. Se puede colocar paneles solares flexibles circulares debajo de los paneles solares existentes, dirigiéndose la luz tanto de las luces delanteras como de la energía solar sobre los paneles.

Con el fin de combinar la luz reflejada por el reflector 50 con la luz emitida por una fuente de luz efectivamente en una sola fuente de luz para la visión de los usuarios de la carretera, se puede disponer uno o más LEDs 52 detrás del reflector 50 y colocar para emitir luz a través del agujero 78 del reflector de cubos de esquina grande 70. Tal luz emitida será reflejada entre las superficies traseras 62b y 64b del reflector de cubos de esquina pequeño 60 y las superficies delanteras 72 y 74 del reflector de cubos de esquina grande hasta que la luz sea emitida por el reflector 50.

El reflector 50 permite que el mismo elemento detecte, refleje y emita luz. Así, la luz enviada por el reflector será percibida como una fuente de salida constante por los usuarios de la carretera. Por lo tanto, como se ha descrito en la sección anterior, la luz emitida se puede reducir cuando haya luz de las luces delanteras de un vehículo y sea de intensidad suficiente para cumplir los requisitos del producto.

Si el captafaros 10 de la figura 1 incorpora el reflector 50, entonces los reflectores 20 de la figura 1 pueden

corresponder a los reflectores de cubos de esquina pequeño y grande 60 y 70. Igualmente, los LEDs 18 de la figura 1 pueden corresponder a los LEDs 52. Además, la entrada óptica 22 de la figura 1 puede corresponder al agujero 78 del reflector de cubos de esquina grande 70. Así, aunque los LEDs 18, los reflectores 20 y la entrada óptica 22 se han ilustrado por separado en la figura 1, es posible que estos elementos estén integrados uno con otro, en mayor o menor grado.

La disposición de reflector/LED de la figura 3 es un ejemplo de una forma efectiva de combinar luz reflejada y emitida. Otras muchas opciones están disponibles, tal como usar fibra óptica para dirigir luz de una fuente de luz hacia una serie de reflectores. Otro ejemplo usaría múltiples colectores de luz que tengan el aspecto externo de LEDs para recoger luz y dirigirla a lo largo de un recorrido de luz que permita que la luz recogida sea devuelta a lo largo del mismo recorrido y emitida en el mismo ángulo que la luz entrante. La luz de una fuente de luz se podría combinar con la luz recogida en algún punto durante el recorrido de luz tal que la luz recogida (es decir, reflejada) y emitida formen conjuntamente una sola fuente de luz para los usuarios de la carretera.

Retrorreflector de lente biconvexa

Otro tipo nuevo de reflector de captafaros se representa en la figura 4. El reflector 80 de la figura 4 es adecuado para uso en el denominado "captafaros a nivel" que está dispuesto en una superficie de la carretera con la parte superior del captafaros alineada sustancialmente a nivel con la superficie de la carretera. El reflector 80 podría ser usado como uno o más de los reflectores 20 en el captafaros de la figura 1.

El reflector 80 incluye una lente biconvexa 82 que tiene superficies convexas primera y segunda 84 y 86. La primera superficie convexa 84 de la lente 82 puede formar parte de la superficie superior de los captafaros a nivel. La primera superficie convexa 84 es una superficie transmisiva dispuesta para recibir luz entrante de un vehículo en la superficie de la carretera. La primera superficie convexa 84 enfoca la luz entrante a través de la lente 82 hacia la segunda superficie convexa 86 de la lente 82. La segunda superficie convexa 86 es una superficie reflectora. Esto se podría realizar proporcionando un recubrimiento reflector en el exterior de la lente 82 en la segunda superficie convexa 86. La segunda superficie convexa 86 refleja la luz entrante de la primera superficie convexa 84 hacia la primera superficie convexa 84 y sale a través de la lente 82 en la dirección de luz entrante. Así, el reflector 80 es un retrorreflector dispuesto para reflejar la luz entrante en la dirección de la luz entrante.

En la práctica, el tamaño y la longitud focal, etc, de la primera superficie convexa 84 de la lente 82 puede ser definida por el radio existente de las lentes de captafaros exteriores existentes. La segunda superficie convexa 86 de la lente 82 se puede crear colocando una lente de mayor diámetro dentro del captafaros en el punto focal para crear la reflexión requerida.

Comunicación óptica entre captafaros

Volviendo al captafaros de la figura 1, como se ha indicado anteriormente, parte de la luz externa recibida por la entrada óptica 22 es dirigida hacia el reflector 26, como representa la flecha D. La luz de entrada puede ser luz que haya pasado a través del agujero 78 en el reflector 50 representado en la figura 3. Alternativamente, la entrada óptica 22 puede incluir componentes ópticos como lentes, fibras ópticas, y/o tubos de luz, etc, para recibir la luz entrante.

Se pretende que la luz de entrada dirigida hacia el reflector 26 sea la luz de las luces delanteras de un vehículo que circule a lo largo de la superficie de la carretera en la que el captafaros 10 esté colocado. Así, la entrada óptica 22 está orientada para recibir luz de vehículos en la superficie de la carretera (por ejemplo, la entrada óptica puede estar orientada preferentemente en un ángulo poco pronunciado a lo largo de la superficie de la carretera en la dirección del flujo de tráfico). Ventajosamente, el captafaros puede incluir dos entradas ópticas 22 dispuestas para recibir luz de vehículos que circulan en ambas direcciones a lo largo de la superficie de la carretera: una entrada óptica 22 orientada hacia atrás hacia el último captafaros, y una entrada óptica 22 dirigida hacia delante hacia el captafaros siguiente en comparación con la dirección de recorrido de un vehículo a lo largo de la carretera. Esto permite que el captafaros 10 diferencie entre luz entrante de las dos direcciones. Sin embargo, por razones de simplicidad, la figura 1 solamente representa una entrada óptica 22.

El reflector 26 es un reflector plano dispuesto dentro del alojamiento 12 del captafaros 10. En la ausencia de entradas externas, el reflector 26 está dispuesto para reflejar luz entrante de la entrada óptica 22 (véase la flecha D) a lo largo de un recorrido de luz (véase la flecha E) hacia la salida de comunicación óptica 32. La salida de comunicación óptica 32 dirige luz recibida (véase la flecha E) fuera del captafaros 10 (véase la flecha H) en una dirección de salida predeterminada. La dirección de salida predeterminada puede ser hacia un captafaros adyacente en la superficie de la carretera. En este caso, es probable que la dirección de salida predeterminada sea a lo largo de la carretera sustancialmente paralela a la superficie de la carretera. Ventajosamente, el captafaros 10 puede incluir dos salidas de comunicación óptica 32 dispuestas para enviar señales de comunicación óptica en ambas direcciones a lo largo de la carretera (es decir, a los captafaros adyacentes en ambas direcciones). Esto permite que el captafaros 10 comunique información tanto hacia arriba como hacia abajo de la carretera. Alternativamente/adicionalmente, la dirección de salida predeterminada puede ser hacia una caja de recogida de

datos dispuesta en el borde de la carretera. Sin embargo, por razones de simplicidad, la figura 1 solamente representa una sola salida de comunicación óptica 32 con una sola dirección de salida predeterminada.

Así, el captafaros 10 puede dirigir una porción de cualquier luz entrante de las luces delanteras de los vehículos fuera del captafaros 10 en una o varias direcciones de salida predeterminadas. Esta luz de salida (véase la flecha H) puede ser considerada como una señal de comunicación óptica o una señal de datos óptica del captafaros 10. En la ausencia de fuerzas externas que actúen en el reflector 26, la señal de comunicación óptica está “encendida” cuando la entrada óptica 22 recibe luz entrante de las luces delanteras de vehículo, y la señal de comunicación óptica está “apagada” cuando no hay vehículos con sus las luces delanteras cerca del captafaros 10.

Con el fin de poder comunicar una mayor cantidad de información fuera del captafaros 10 mediante la señal de comunicación óptica (véase la flecha H), es posible mover el reflector 26 de tal manera que refleje luz en una dirección diferente. En otros términos, es posible regular la orientación del reflector 26 de tal manera que la luz reflejada, como representa la flecha E en la figura 1, sea dirigida a lo largo de un recorrido de luz diferente que no conduzca a la salida de comunicación óptica 32. Así, cuando el reflector 26 ha sido movido de esta manera, la luz entrante de las luces delanteras de vehículo no llegará a la salida de comunicación óptica 32, y la señal de comunicación óptica estará “apagada”. Por lo tanto, el movimiento hacia delante y hacia atrás del reflector 26 hace posible enviar una señal de comunicación óptica digital (es decir, binaria, “encendido/apagado”, 0 o 1) (véase la flecha H) desde el captafaros 10 en la dirección de salida predeterminada. En una realización, el microprocesador 30 del captafaros 10 se puede disponer para enviar una señal digital pulsante a una frecuencia de alrededor de 38kHz. Además, cabe esperar que un vehículo que circule a 70 mph proporcione una entrada de luz a un captafaros durante un período de alrededor de dos segundos. Así, se puede enviar una cantidad significativa de datos a un captafaros adyacente durante un evento de paso de vehículo.

El reflector 26 es móvil por medio del elemento piezoeléctrico 28 que es controlado por el microprocesador 30. En particular, el elemento piezoeléctrico mueve el reflector 26 en respuesta a señales eléctricas del microprocesador 30. Así, usando el elemento piezoeléctrico 28 y el microprocesador 30, es posible controlar el recorrido de luz reflejado por el reflector 26 de tal manera que la luz entrante sea dirigida o no hacia la salida de comunicación óptica 32. Esto permite que una señal de encendido/apagado óptica digital (véase la flecha H) sea enviada desde la salida de comunicación óptica 32 del captafaros 10 en la dirección de salida predeterminada cuando el captafaros sea iluminado por la luz entrante de un vehículo. En este sentido, el reflector 26 y el elemento piezoeléctrico 28 pueden ser considerados como un “interruptor” que interrumpe la luz que pasa entre la entrada óptica 22 y la salida de comunicación óptica 32. Así, este método de comunicación de captafaros usa la luz de alta potencia de los vehículos que pasan y la redirige a lo largo de un recorrido de luz al otro lado del captafaros 10 mediante un “interruptor”.

La figura 5 ilustra esquemáticamente una realización de los recorridos de luz en y fuera del “interruptor” contenido dentro del captafaros 10. La figura 5 es simétrica para ilustrar la realización preferida en la que la luz es recibida y emitida por el captafaros tanto hacia arriba como hacia abajo de la carretera. Así, el captafaros es capaz de recibir luz y emitir luz de/a vehículos que circulan en ambas direcciones a lo largo de la carretera. La luz de las luces delanteras de un vehículo (representada con la flecha A') se pasa a reflectores primero y segundo 26a y 26b, de los que al menos uno puede ser movido por un elemento piezoeléctrico asociado (no representado en la figura 5). Si los reflectores 26a y 26b están alineados adecuadamente, entonces se puede pasar un haz de luz reflejado (véase la flecha E') a una salida de comunicación óptica (no representada en la figura 5) con el fin de emitir una señal de comunicación óptica en una dirección de salida predeterminada. También se representa en la figura 5 un LED 18' que emite luz en ambas direcciones a lo largo de la carretera (véase las flechas G').

Se contempla que se pueda usar medios distintos del reflector 26 y el elemento piezoeléctrico 28 para modificar digitalmente la luz entrante de las luces delanteras de vehículo al pasar a lo largo del recorrido de luz (véase las flechas D y E) desde la entrada óptica 22 a la salida de comunicación óptica 32. Además, en vez de usar una señal de comunicación óptica de tipo de “encendido/apagado” digital (véase la flecha H), sería posible modificar la intensidad de la señal de manera analógica a efectos de comunicación. Sin embargo, esta opción de comunicación analógica es menos deseable que la opción de comunicación digital porque sería más propensa a errores de decodificación de señal.

El captafaros 10 también incluye la entrada de comunicación óptica 34 y el sensor de luz de comunicación óptica asociado 36, como se representa en la figura 1. La entrada de comunicación óptica 34 está dispuesta para recibir una señal de comunicación óptica (véase la flecha J) emitida por un captafaros adyacente. Por ejemplo, la entrada de comunicación óptica 34 puede estar orientada y dispuesta de manera que reciba una señal óptica (véase la flecha J) que derive de una dirección a lo largo de la carretera paralela a la superficie de la carretera. Ventajosamente, el captafaros 10 puede incluir dos entradas de comunicación óptica 34 dispuestas para recibir señales de comunicación óptica (véase la flecha J) de ambas direcciones a lo largo de la carretera (es decir, de los captafaros adyacentes en ambas direcciones). Esto permite al captafaros 10 diferenciar entre información recibida de arriba y de abajo de la carretera. Sin embargo, por razones de simplicidad, solamente una entrada de comunicación óptica 34 se representa en la figura 1. Cualquier señal de comunicación óptica (véase la flecha J) recibida por la entrada de comunicación óptica 34 es detectada por el sensor de luz de comunicación óptica 36 que

envía datos de luz detectados al microprocesador 30 de tal manera que la señal de comunicación óptica pueda ser decodificada.

Así, los captafaros 10 aquí descritos son capaces de comunicación bidireccional (es decir, de enviar y recibir datos). Una línea de tales captafaros a lo largo de una carretera permitiría enviar información a lo largo de la carretera en ambas direcciones. La información también podría ser enviada fuera de la carretera a una caja de recogida de datos en el borde de la carretera a intervalos apropiados, si fuese preciso. Dado que las comunicaciones son efectuadas ópticamente, se requiere una línea de visión entre captafaros de comunicación 10. Esto sería factible en la mayoría de las circunstancias dado que los captafaros están colocados por lo general más juntos en las curvas y análogos. Sin embargo, si no es posible una línea de visión, la señal de comunicación podría ser enviada fuera de la carretera a una caja del borde de la carretera y luego de nuevo a la carretera al captafaros siguiente por medio de la caja de lado de carretera.

El captafaros 10 es capaz de comunicar información solamente cuando hay las luces delanteras de vehículo, y por lo tanto solamente funciona por la noche y en condiciones ambientales malas. Sería posible incorporar adicionalmente tecnologías tradicionales de comunicación RF o IR. Sin embargo, tales tecnologías de comunicaciones usan mucha más potencia que el sistema de comunicación óptica usando las luces delanteras de vehículo, como se ha descrito anteriormente. Por lo tanto, debido a las limitaciones de potencia, las comunicaciones IR o RF se usarían solamente en circunstancias excepcionales (por ejemplo, si hubiese tráfico parado y la información tuviese que ser comunicada cuando no hubiese luces delanteras disponibles).

Hay numerosas aplicaciones útiles de un sistema de captafaros de comunicación, de las que a continuación se describen unas pocas.

(a) Medición de la velocidad de los vehículos

La figura 6 representa un coche 90 con sus luces delanteras encendidas circulando a lo largo de una superficie de la carretera 92 en la dirección que indica la flecha X. El coche 90 se está aproximando a dos captafaros 10A y 10B dispuestos en la superficie de la carretera 92 a una distancia d.

Las figuras 7a y 7b muestran el perfil de intensidad de la luz de las luces delanteras detectada por el captafaros 10A y 10B respectivamente desde la dirección de acercamiento del coche 90 (es decir, la dirección -x). La intensidad máxima de la luz de las luces delanteras es detectada en los tiempos t_A y t_B justo cuando la parte delantera del coche pasa por encima de cada uno de los captafaros 10A y 10B respectivamente.

La velocidad v del coche 90 viene dada simplemente por

$$\frac{d}{t_B - t_A}.$$

Si cada captafaros 10A y 10B mide el perfil de luz de las luces delanteras cuando el coche 90 pasa por él, entonces los tiempos t_A y t_B pueden ser registrados por los captafaros 10A y 10B respectivamente. Así, la velocidad v del coche puede ser calculada fácilmente si los tiempos t_A y t_B se pasan entre los dos captafaros 10A y 10B como parte de las señales de comunicación óptica.

(b) Supervisión de la visibilidad

Durante un período de tiempo prolongado, el captafaros 10 puede registrar los perfiles de intensidad de la luz de las luces delanteras para gran número de vehículos de paso. Con referencia a la figura 2, el período Δt en el que las luces delanteras de vehículo son detectadas dependerá de la velocidad del vehículo. Sin embargo, dadas las velocidades del vehículo (calculadas como se ha descrito anteriormente), es posible normalizar la intensidad recibida de los perfiles de luz de las luces delanteras con respecto a la velocidad del vehículo con el fin de calcular un perfil medio de intensidad de la luz de las luces delanteras. El brillo y el rango de las luces delanteras de vehículo variarán algo de un vehículo a otro, pero dada la muestra suficientemente grande de vehículos que pasan con las luces delanteras encendidas, el perfil medio de intensidad de la luz de las luces delanteras deberá ser relativamente estable.

Si se reduce la visibilidad (por ejemplo, debido a humo, niebla, tormenta de arena, etc), entonces el período Δt en el que las luces delanteras de vehículo son detectadas disminuirá sistemáticamente. También es probable que disminuyan las velocidades de los vehículos en tales circunstancias. Así, el captafaros 10 puede analizar datos de luz detectados para detectar períodos prolongados de visibilidad reducida.

(c) Supervisión del estado de la superficie de la carretera

Igualmente, puede haber un cambio sistemático en el perfil de intensidad de la luz de las luces delanteras si hay un bache o análogos en la superficie de la carretera. En este caso, el perfil de intensidad de la luz de las luces delanteras puede corresponder al representado en la figura 8, detectándose una reducción de la intensidad de la luz de las luces delanteras en un tiempo t_p anterior a la intensidad máxima detectada en t_0 . Si tal reducción de intensidad es detectada sistemáticamente en varios perfiles de las luces delanteras de vehículo, y si la reducción de intensidad siempre tiene lugar a la misma distancia del captafaros 10 (es decir, si $v(t_0 - t_p)$ es constante, donde v es la velocidad del vehículo), entonces es razonable asumir que hay un problema en la superficie de la carretera (por ejemplo, un bache).

En una realización, el captafaros 10 puede llevar un registro muestra de la información de acercamiento de las luces delanteras de vehículo. Estos datos pueden ser comunicados fuera de la carretera y almacenados. La información futura puede ser comparada con los datos registrados a diario por ordenador para establecer si se han producido cambios.

Así, el captafaros 10 puede ser usado para supervisar el estado de la superficie de la carretera.

(d) Identificación del tipo de vehículo

Con la detección de vehículos en operación dentro del captafaros 10, la existencia de vehículos de paso se puede conocer y comunicar al captafaros siguiente que registra la información y calcula la velocidad del vehículo. Una vez que las luces traseras del vehículo han pasado por el segundo captafaros, la longitud del vehículo se calcula y registra y define como tipo. Esta información se puede pasar a lo largo de los captafaros si es preciso y sacar de la carretera a un lugar apropiado.

Por ejemplo, la figura 9 representa un vehículo 90 con sus luces delanteras encendidas circulando a lo largo de una superficie de la carretera 92 en la dirección que indica la flecha X. El vehículo 90 se representa en dos posiciones durante su viaje.

En primer lugar, el vehículo 90a se representa en una posición donde la intensidad máxima de la luz de las luces delanteras será detectada por el captafaros 10. El perfil de intensidad de luz de las luces delanteras detectada se representa en la figura 10a. El captafaros 10 puede registrar el tiempo t_F en el que se observa la intensidad máxima de la luz de las luces delanteras. Esto tiene lugar justamente cuando la parte delantera del vehículo 90a pasa por encima del captafaros 10.

En segundo lugar, el vehículo 90b se representa en una posición donde la intensidad máxima de la luz trasera será detectada por el captafaros 10. El perfil de intensidad de luz trasera detectada se representa en la figura 10b. El captafaros 10 puede registrar el tiempo t_R en el que se observa la intensidad máxima de la luz trasera. Esto tiene lugar justamente cuando la parte trasera del vehículo 90b pasa por encima del captafaros 10.

La longitud del vehículo se puede calcular entonces como $v(t_R - t_F)$. Si las luces delantera y trasera del vehículo son detectadas por diferentes sensores que están espaciados en el captafaros, entonces esta distancia se puede restar de la longitud calculada del vehículo para una determinación más exacta de la longitud del vehículo, si es preciso.

En base a la longitud calculada del vehículo, es posible deducir el tipo de vehículo. Tal información puede ser registrada por el captafaros, o enviar fuera de la carretera para registro.

(e) Método de reducción de potencia del captafaros por detección y procesamiento distribuidos

Cuando se establecen comunicaciones entre captafaros, se puede combinar cualquier función de detección entre grupos de captafaros, compartiendo por ello los requisitos de potencia para todo el lugar. También se puede prolongar el tiempo entre la toma de mediciones de cada microprocesador 30, ahorrando por ello potencia. Además, si se observa que un captafaros 10 está especialmente bajo de potencia, mientras que los captafaros circundantes tienen una buena fuente de alimentación, entonces el captafaros de baja potencia se podría poner en un estado de "emergencia" con el fin de realizar solamente el procesamiento esencial y la emisión de luz.

Detección de lluvia y niebla

El captafaros aquí descrito también puede incluir una lente que no se representa en la figura 1 por razones de simplicidad. En cambio, la figura 11 representa un captafaros 10' incluyendo la lente 40 y un sensor de luz de lente asociado 42, pero excluyendo los elementos del sistema de comunicación de captafaros (es decir, el reflector 26, el elemento piezoeléctrico 28, la salida de comunicación óptica 32, la entrada de comunicación óptica 34, y el sensor de luz de comunicación óptica 36). Sin embargo, se apreciará que un captafaros 10 o 10' podría incluir la lente 40 y el sensor de luz de lente asociado 42 además de los elementos del sistema de comunicación de captafaros.

Como se ha indicado previamente, la entrada óptica 22 dirige luz entrante (véase la flecha A) hacia el sensor de luz 24 (véase la flecha C), la pila fotovoltaica 16 (véase la flecha B) y/o el reflector 26 (véase la flecha D). Además, la

entrada óptica 22 se puede disponer para recibir luz entrante (véase la flecha A) de un vehículo en la superficie de la carretera y para dirigir al menos parte de la luz entrante hacia la lente 40 (véase la flecha K).

La lente 40 tiene una superficie de lente 44 que define una interfaz entre la lente 40 y un entorno externo del captafaros 10' (es decir, el aire/atmósfera fuera del captafaros). La geometría de la superficie de lente 44 se representa en la figura 12. La superficie de lente 44 incluye una primera porción plana 45, una porción curvada 46 y una segunda porción plana 47. La porción curvada 46 es ligeramente cóncava y está dispuesta entre las porciones planas primera y segunda 45 y 47. Las porciones planas primera y segunda 45 y 47 están inclinadas una con respecto a otra.

La luz procedente de la entrada óptica 22 está dispuesta para pasar a través de la lente 40 a lo largo de un recorrido predeterminado con el fin de unirse a la superficie de lente 44 en la primera porción plana 45. El recorrido predeterminado está dispuesto en un ángulo predeterminado θ_1 a la normal a la primera porción plana 45 de la superficie de lente 44. La luz entrante a lo largo del recorrido predeterminado es reflejada y/o refractada en la superficie de lente 44. El sensor de luz de lente 42 está dispuesto para detectar luz reflejada y/o refractada de la superficie de lente 44. El sensor de luz de lente 42 es activado por la fuente de potencia 14 si es necesario. El sensor de luz de lente 42 envía datos de luz detectados al microprocesador 30.

Considérese una superficie (por ejemplo, la superficie de lente 44) que marca un límite entre dos zonas de diferente índice de refracción. La ley de Snell dice que $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$, donde θ_1 es el ángulo del rayo incidente con respecto a la normal en la superficie, θ_2 es el ángulo del rayo refractado (es decir, transmitido) con respecto a la normal en la superficie, n_1 es el índice de refracción del medio a través del que pasa el rayo incidente, y n_2 es el índice de refracción del medio a través del que pasa el rayo refractado. Considérese $n_1 > n_2$ (como para el rayo de luz que se aproxima a la superficie de lente 44 a lo largo del recorrido predeterminado). El denominado "ángulo crítico" θ_c es el ángulo de incidencia θ_1 para el que el rayo refractado es paralelo a la superficie (es decir, $\theta_2 = 90^\circ$) de modo que $\theta_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)$. Esta situación se representa en la figura 13b. La figura 13a representa los rayos de luz reflejada y refractada cuando $\theta_1 < \theta_c$, y la figura 13c representa la reflexión interna total (TIR) que tiene lugar cuando $\theta_1 > \theta_c$.

La figura 14 representa un ejemplo de un sensor de luz de lente 42 que tiene una región de detección 48 formada por una pluralidad de zonas de detección 48a, 48b, 48c y 48d. Así, el sensor de luz de lente 42 es capaz de distinguir entre luz detectada en la zona de detección 48b y luz detectada en la zona de detección 48c, por ejemplo. Así, los datos de luz detectada del sensor de luz de lente 42 incluyen información acerca de la posición de la luz detectada. Una primera zona de detección 48a es una zona de detección de control dispuesta para recibir una porción de la luz entrante con el fin de normalizar cualesquiera mediciones de luz reflejada/refractada. Una segunda zona de detección 48b está dispuesta para recibir luz reflejada de la superficie de lente 44. Una tercera zona de detección 48c está dispuesta para recibir luz que ha sido refractada a lo largo de la superficie de lente 44 cuando $\theta_1 = \theta_c$. Una cuarta zona de detección 48d incluye un número de zonas de detección discretas dispuestas para recibir luz refractada al entorno externo por la superficie de lente 44. Las zonas de detección discretas permiten deducir el ángulo de refracción. En la figura 14, se representa un ejemplo en el que tres señales de luz separadas 49a, 49b y 49d han sido detectadas por el sensor de luz de lente 42.

Las reflexiones de una cara interior (no representada) de la lente 40 pueden ser usadas como el control (es decir, referencia) para indicar la cantidad de luz que entra a la lente 40. Estas reflexiones de "control" pueden ser dirigidas hacia la zona de detección de control 48a del sensor de luz de lente 42 y luego usados para normalizar cualquier luz reflejada/refractada detectada. Alternativamente, el sensor de luz entrante 24 puede ser usado como un control para indicar la cantidad de luz entrante a efectos de normalización.

Si el ángulo de incidencia θ_1 se establece apropiadamente, y el índice de refracción n_2 del entorno externo es suficientemente bajo, habrá reflexión interna total (como se representa en la figura 12a). Esto dará lugar a que una gran cantidad de luz reflejada sea detectada por la zona de detección de reflexión 48b del sensor de luz de lente 42. No deberá haber luz detectada por la zona de detección crítica 48c o por las zonas de detección de refracción 48d.

Para el mismo ángulo de incidencia θ_1 , si el índice de refracción n_2 del entorno externo es algo más alto, la situación de "ángulo crítico" representada en la figura 12B puede producirse. En este caso, parte de la luz será refractada a lo largo de la primera porción plana 45 de la superficie de lente 44 hasta que llegue a la porción curvada 46 de la superficie de lente 44. En este punto, el rayo refractado será desviado de nuevo a la lente 40 por la porción curvada 46 de la superficie de lente 44. Esto dará lugar a que una reducida cantidad de luz reflejada sea detectada por la zona de detección de reflexión 48b del sensor de luz de lente 42 dado que parte de la luz habrá sido transmitida (es decir, refractada) más bien que reflejada. Además, el haz de luz refractada será detectado por la zona de detección crítica 48c del sensor de luz de lente 42.

Para el mismo ángulo de incidencia θ_1 , si el índice de refracción n_2 del entorno externo se incrementa de nuevo, parte de la luz será refractada al entorno externo como se representa en la figura 12c. La superficie de lente 44 de la lente 40 está diseñada de tal manera que la luz refractada será dirigida hacia la segunda porción plana 47 de la lente 40 de manera que vuelva a entrar en la lente 40. De nuevo, una reducida cantidad de luz reflejada serán

detectada por la zona de detección de reflexión 48b del sensor de luz de lente 42 dado que parte de la luz habrá sido transmitida (es decir, refractada) más bien que reflejada. Además, el haz de luz refractada será detectado por la única o varias zonas de detección de refracción 48d del sensor de luz de lente 42. Ésta es la situación ejemplar representada por la luz detectada 49 en la figura 14.

5 Para el mismo ángulo de incidencia θ_1 , si el índice de refracción n_2 del entorno externo se incrementa de nuevo, el ángulo θ_2 , del haz refractado a la normal a la primera porción plana de la superficie de lente 44 se reduce de tal manera que el haz refractado ya no se una a la segunda porción plana 47 de la superficie de lente 44. Esta situación se representa en la figura 12d. De nuevo, una cantidad de luz reflejada reducida será detectada por la zona de
10 detección de reflexión 48b del sensor de luz de lente 42 dado que parte de la luz habrá sido transmitida (es decir, refractada) más bien que reflejada. El haz de luz refractada ya no será detectado por las zonas de detección de refracción 48d del sensor de luz de lente 42 dado que la luz no ha sido refractada a través de un ángulo suficientemente grande dirigiéndose hacia el sensor de luz de lente 42.

15 Por lo tanto, en base a la cantidad y distribución espacial de la luz detectada por el sensor de luz de lente 42, el captafaros 10' proporciona información acerca del índice de refracción n_2 del entorno externo. Dado que el índice de refracción n_2 del entorno externo aumentará con el contenido de humedad de la atmósfera, esta información de índice de refracción puede ser usada para inferir información acerca del contenido de humedad del entorno externo. Por ejemplo, si hay mucha luz reflejada detectada, entonces hay TIR, de modo que n_2 es relativamente bajo, así el
20 contenido de humedad del entorno/atmósfera externo es relativo bajo. En contraposición, si hay menos luz reflejada, entonces hay transmisión parcial a través de la superficie de lente 44, de modo que n_2 es más alto, así el contenido de humedad del entorno/atmósfera externo es más alto. Así, la lente 40 y el sensor de luz de lente asociado hacen potencialmente posible detectar lluvia y/o niebla usando el captafaros 10'.

25 El ángulo de incidencia θ_1 se deberá elegir para asegurar que haya reflexión interna total cuando no haya humedad en la atmósfera. Sin embargo, en esta situación de no humedad, el ángulo de incidencia deberá ser relativamente próximo al ángulo crítico θ_c de tal manera que haya un cambio significativo en la cantidad de luz reflejada cuando el contenido de humedad de la atmósfera aumente. El ángulo de incidencia θ_1 se puede elegir de modo que sea igual al ángulo crítico θ_c para un nivel umbral concreto de índice de refracción del entorno externo (por ejemplo, el índice
30 de refracción cuando hay niebla). En esta realización, el detector puede ser usado para detectar exactamente condiciones binarias de "niebla/no niebla" de la atmósfera exterior.

Así, el método de detección óptica de lluvia y niebla antes descrito opera en el índice de refracción del medio menor (en este caso, aire) que cambia con la densidad de agua contenida en la atmósfera. La medición de este contenido
35 de agua se toma dentro del captafaros y no se requieren sensores externos para determinar el resultado. La única potencia requerida para usar el método de detección es potencia para el microprocesador 30 y el sensor de luz de lente 42. Así, se usa relativamente poca energía.

40 Con el fin de asegurar que la luz reflejada y refractada detectada por el sensor de luz de lente 42 pueda ser diferenciada de otras fuentes de luz posibles, la luz que se aproxima a la superficie de lente 44 mediante el recorrido predeterminado puede incluir una señal digital (que se podría producir usando el reflector 26 y el elemento piezoeléctrico 28 como se ha descrito anteriormente con respecto al método de comunicación de captafaros).

45 Aunque se han descrito realizaciones preferidas de la invención, se ha de entender que éstas son a modo de ejemplo solamente y que se puede contemplar varias modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un captafaros (10) para colocación en una superficie de la carretera (92), incluyendo el captafaros:
 - 5 una entrada óptica (22) para recibir luz entrante (A) procedente de un vehículo en la superficie de la carretera;
 - una salida óptica (32) para dirigir luz (H) fuera del captafaros en una dirección de salida predeterminada;
 - 10 un componente de modificación de luz (26) operable para modificar la luz entrante cuando pasa a lo largo de un recorrido de luz (D, E) desde la entrada óptica a la salida óptica;
 - un microprocesador (30) operable para controlar el componente de modificación de luz, permitiendo por ello que el captafaros envíe una señal de comunicación óptica saliente en la dirección de salida predeterminada cuando el captafaros sea iluminado por luz entrante procedente de un vehículo. 15
- 15 2. El captafaros de la reivindicación 1 donde el componente de modificación de luz es un componente de interrupción operable para evitar y permitir alternativamente el paso de luz entrante a lo largo del recorrido de luz desde la entrada óptica a la salida óptica, permitiendo por ello que el captafaros envíe una señal de comunicación óptica digital en la dirección de salida predeterminada.
- 20 3. El captafaros de la reivindicación 2 donde el componente de interrupción incluye un elemento piezoeléctrico (28) acoplado a un elemento óptico dispuesto en el recorrido de luz, pudiendo operar el elemento piezoeléctrico para mover el elemento óptico en respuesta a señales eléctricas procedentes del microprocesador, pudiendo moverse el elemento óptico para evitar y permitir alternativamente el paso de luz entrante a lo largo del recorrido de luz desde la entrada óptica a la salida óptica.
- 25 4. El captafaros de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde el captafaros incluye además un sensor de luz (24) dispuesto para detectar una señal de comunicación óptica entrante.
- 30 5. El captafaros de la reivindicación 4, donde el captafaros está dispuesto para recibir la señal de comunicación óptica entrante desde una dirección de entrada predeterminada.
6. El captafaros de la reivindicación 5, donde la dirección de entrada predeterminada es sustancialmente coincidente con la dirección de salida predeterminada.
- 35 7. El captafaros de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde el captafaros incluye una pluralidad de entradas ópticas para recibir luz entrante procedente de vehículos en la superficie de la carretera.
8. El captafaros de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el captafaros incluye una pluralidad de salidas ópticas para dirigir luz fuera del captafaros en una pluralidad de direcciones de salida predeterminadas respectivas.
- 40 9. El captafaros de cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, donde el sensor de luz incluye uno de un fotodiodo, un fototransistor, una fotorresistencia, y una pila solar/fotovoltaica (16).
- 45 10. El captafaros de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, incluyendo además una fuente de alimentación (14).
11. El captafaros de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, incluyendo además un dispositivo de almacenamiento de datos (38).

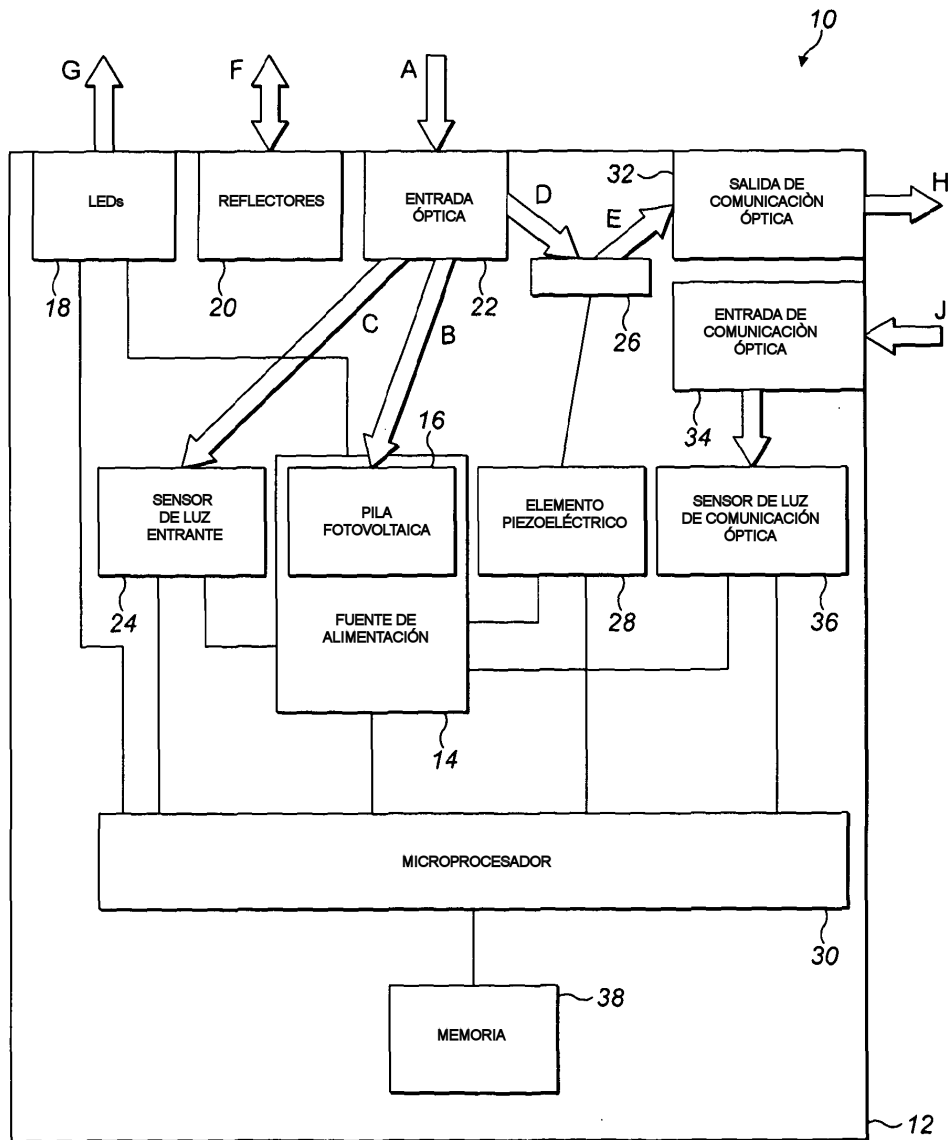


FIG. 1

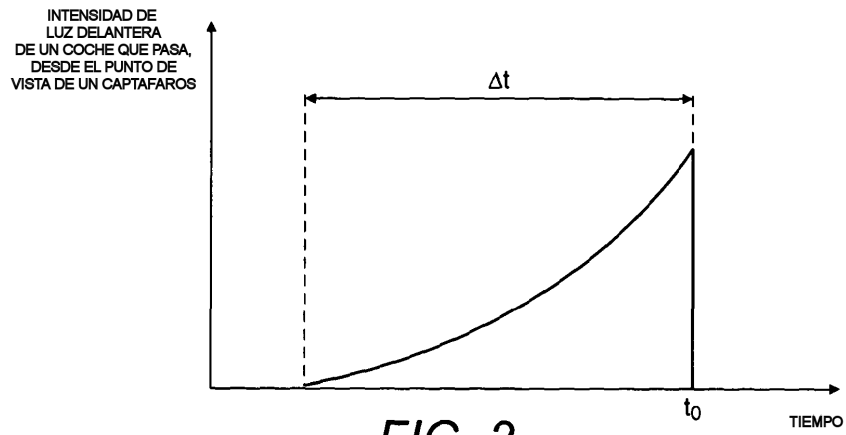


FIG. 2

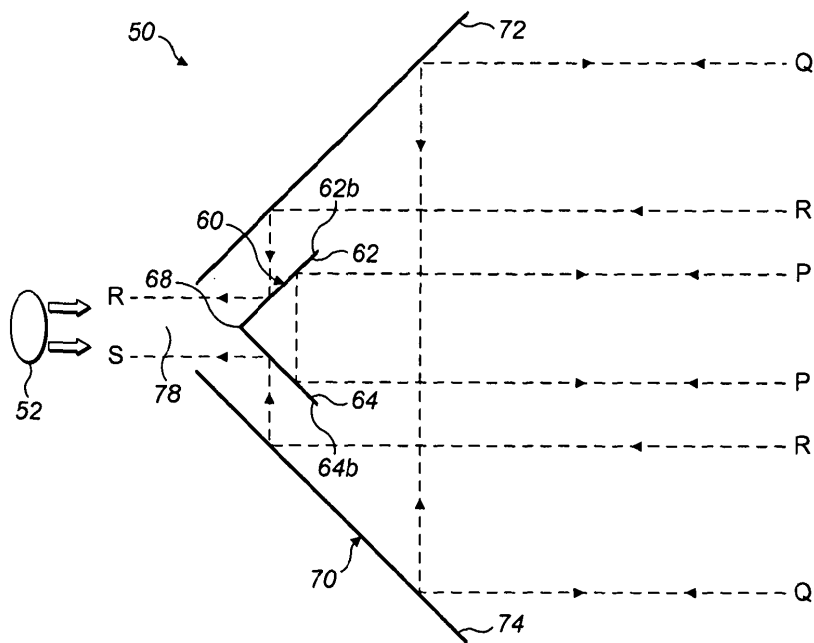


FIG. 3

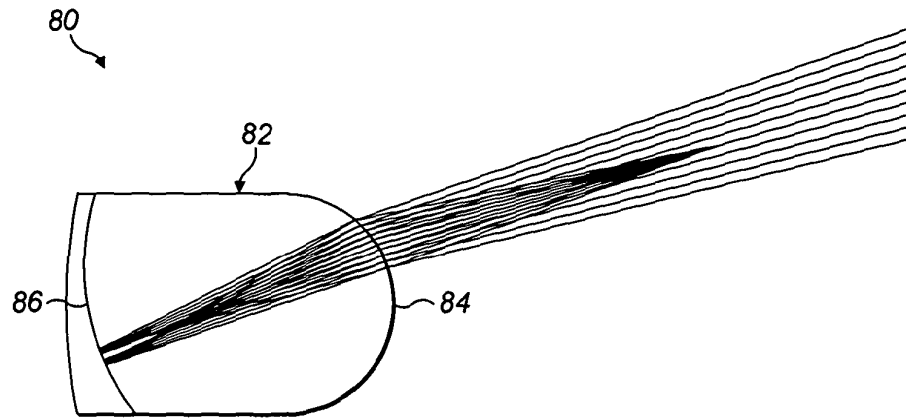


FIG. 4

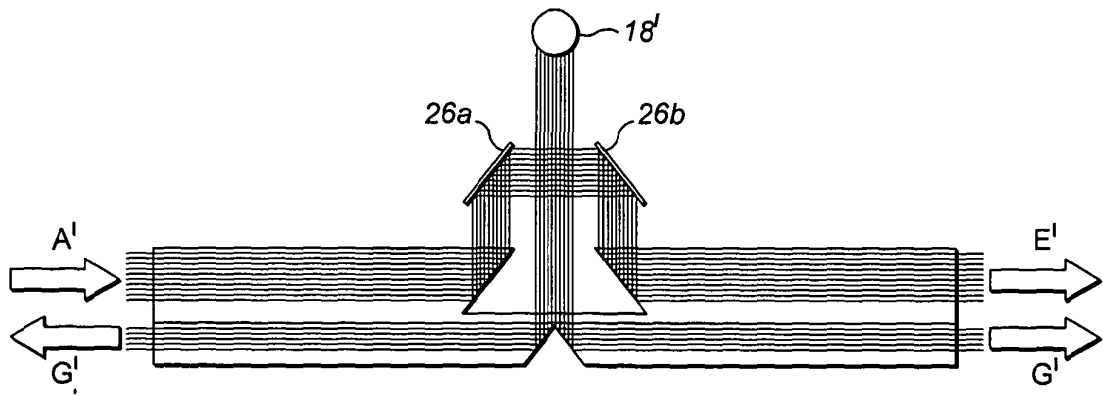


FIG. 5

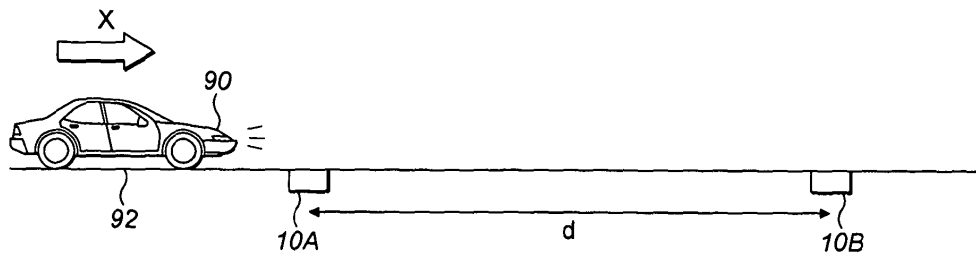


FIG. 6

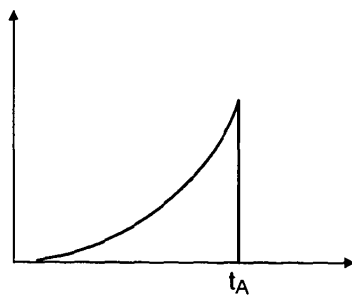


FIG. 7a

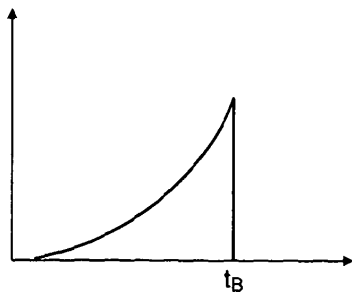


FIG. 7b

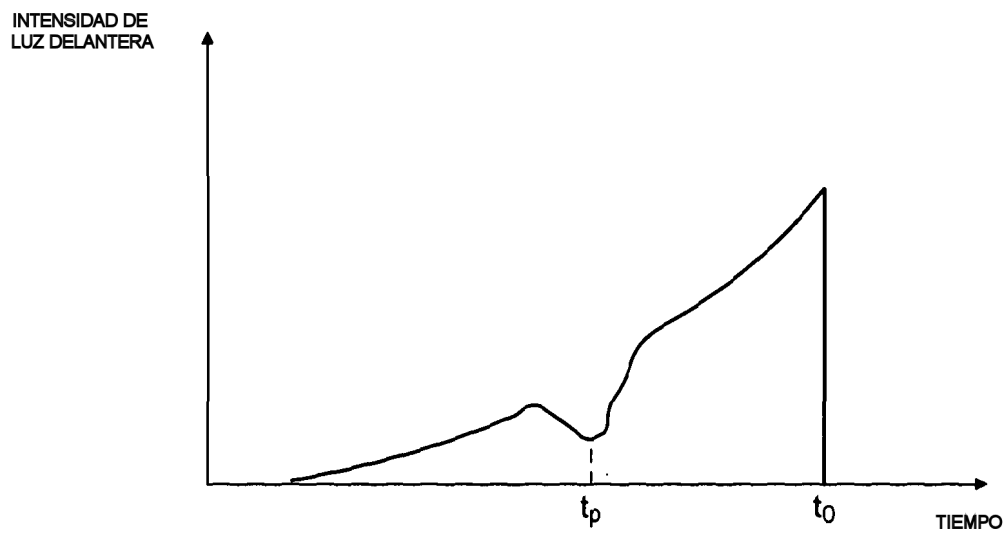


FIG. 8

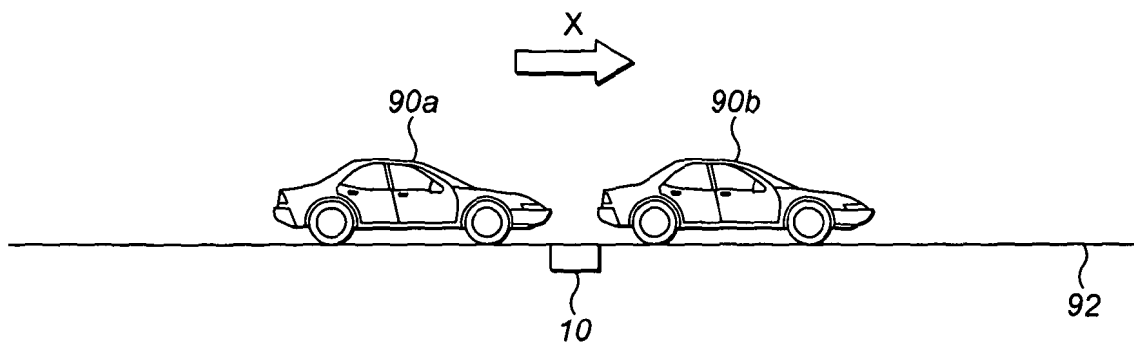


FIG. 9

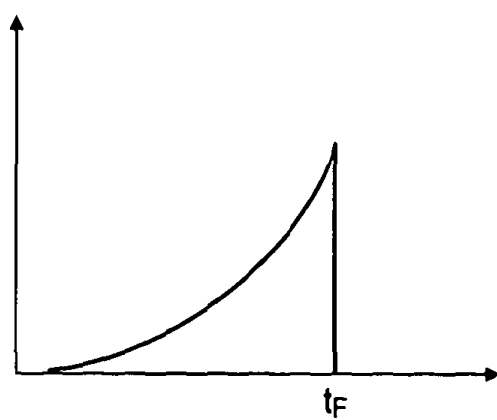


FIG. 10a

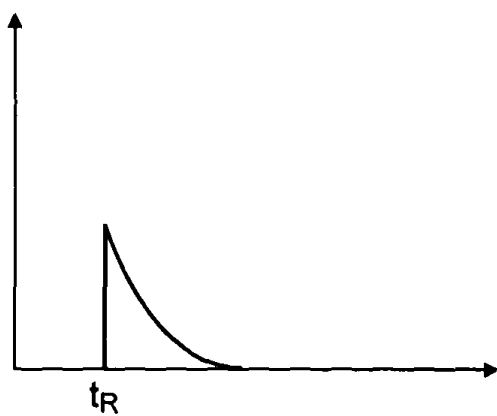


FIG. 10b

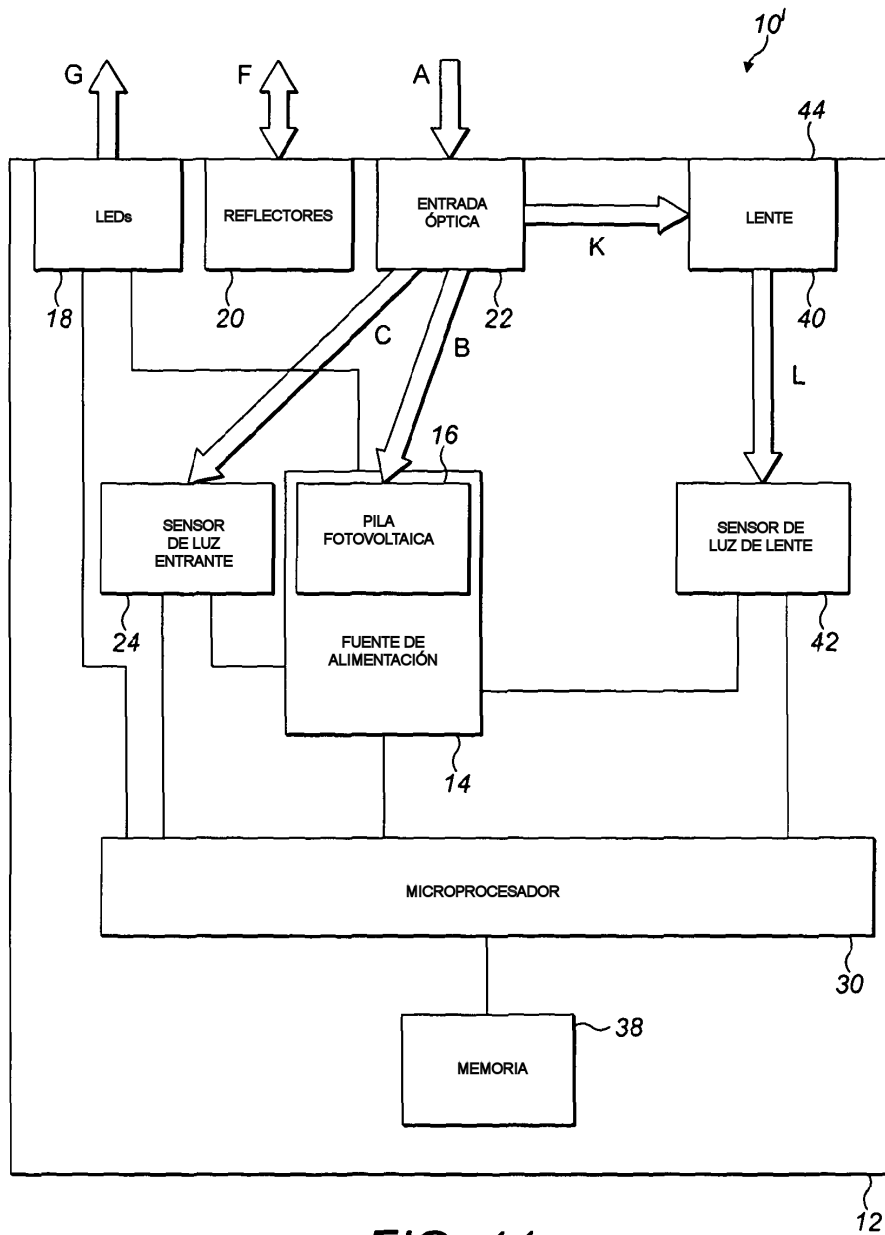


FIG. 11

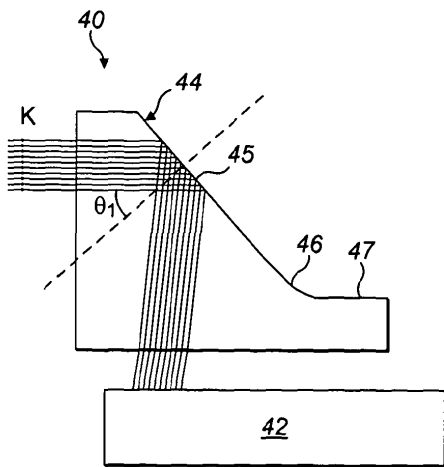


FIG. 12a

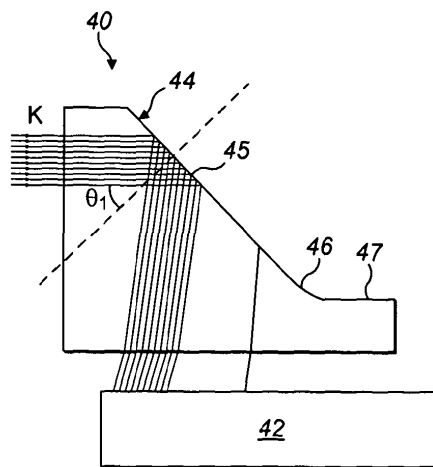


FIG. 12b

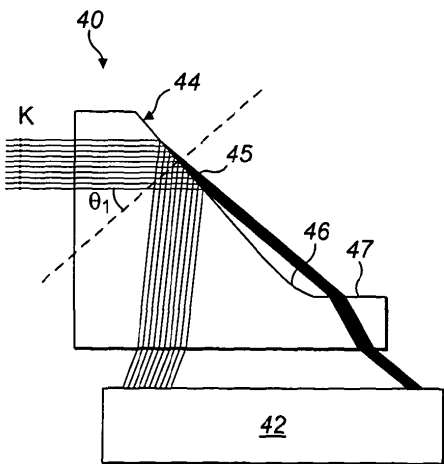


FIG. 12c

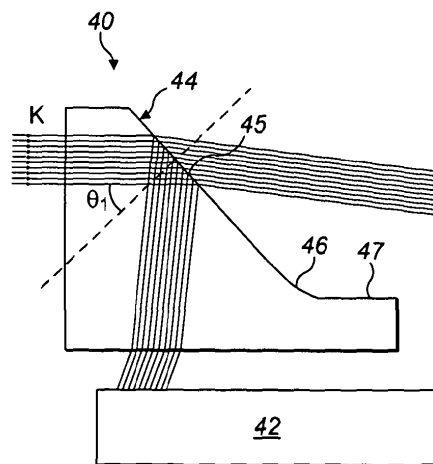


FIG. 12d

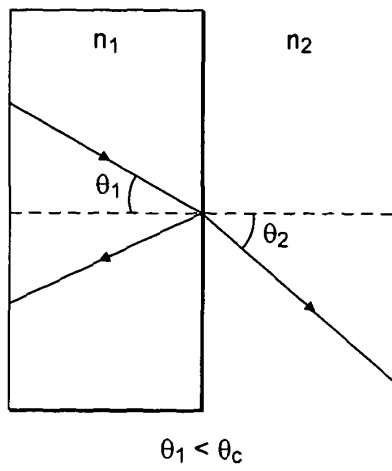


FIG. 13a

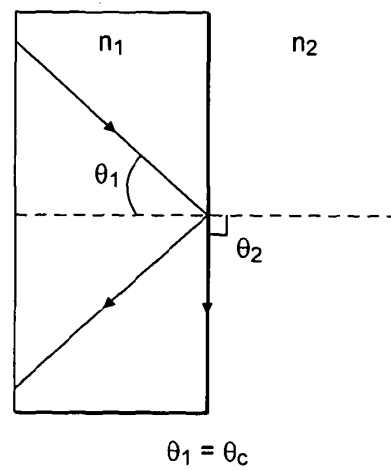


FIG. 13b

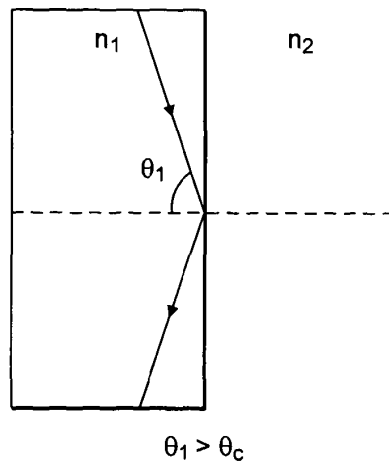


FIG. 13c

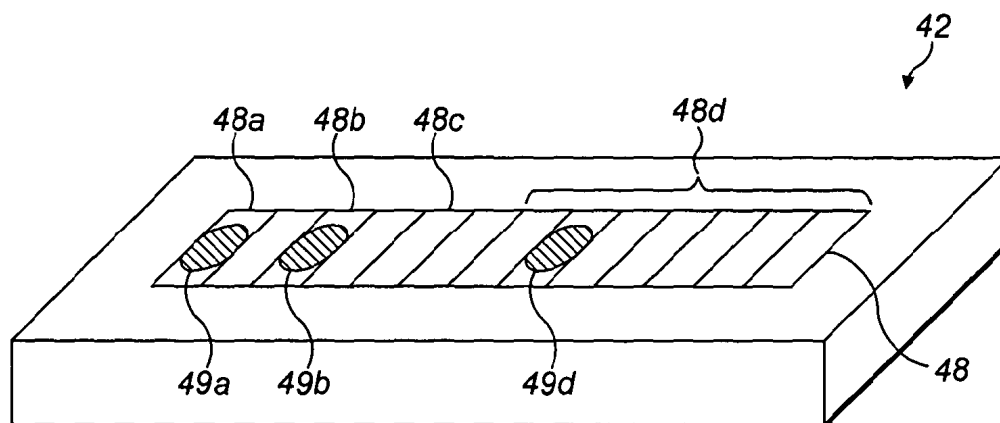


FIG. 14