

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 596 680**

51 Int. Cl.:

G01N 21/3504 (2014.01)

G01N 21/17 (2006.01)

G01N 21/53 (2006.01)

G01N 21/33 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.09.2010 PCT/US2010/049151**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.01.2012 WO12002979**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2010 E 10854238 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2016 EP 2588847**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento para cuantificación de gases en plumas por detección remota**

30 Prioridad:

29.06.2010 WO PCT/US2010/004033

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.01.2017

73 Titular/es:

**HAGER ENVIRONMENTAL AND ATMOSPHERIC
TECHNOLOGIES, LLC (100.0%)
7308 Nubbin Ridge Drive
Knoxville, TN 37919, US**

72 Inventor/es:

HAGER, J. STEWART

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 596 680 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

Dispositivo y procedimiento para cuantificación de gases en plumas por detección remota

5 La presente solicitud está siendo presentada como solicitud de patente internacional PCT en nombre de Hager Environmental And Atmospheric Technologies, LLC, una compañía nacional de EE.UU., solicitante para todos los países excepto EE.UU., y J. Stewart Hager, un residente de Estados Unidos, que solicita la designación de solamente EE.UU., el 16 de septiembre de 2010.

Referencia cruzada con solicitud de patente relacionada

Esta solicitud reivindica prioridad a la Solicitud Internacional PCT No. de Serie. PCT/US2010/040330, presentada el 29 de junio del 2010, titulada "Dispositivo para detección remota de emisión de vehículo", por J. Stewart Hager.

10 Esta solicitud también es una continuación en parte de la solicitud de patente estadounidense No. de Serie 12/493.634, presentada el 29 de junio del 2009, titulada "Dispositivo para detección remota de emisión de vehículo", por J. Stewart Hager.

15 Algunas referencias, que pueden incluir las patentes, solicitudes de patentes y diversas publicaciones, se citan y se debaten en la descripción de la presente invención. La citación y/o debate de tales referencias se proporcionan simplemente para aclarar la descripción de la presente invención y no es una admisión de que cualquier dicha referencia es "técnica anterior" de la invención aquí descrita. Todas las referencias citadas y debatidas en esta memoria descriptiva se incorporan en este documento por referencia en su totalidad y en la misma medida que si cada referencia se incorporara de forma individual por referencia.

Campo de la invención

20 La presente invención se refiere en general a la detección remota de emisiones, y más particularmente a un aparato y procedimiento que utilizan masas ópticas para cuantificar cantidades absolutas de ingredientes de una pluma usando imágenes infrarrojas y ultravioletas adquiridas en forma remota de la pluma.

Antecedentes de la invención

25 Se sabe que las emisiones de vehículos son un importante contribuyente a la contaminación del aire. Con el fin de identificar los vehículos que están liberando emisiones contaminantes excesivas, muchos países exigen inspecciones anuales de emisiones de vehículos. Para este propósito se han desarrollado diversos sistemas de inspección de emisiones de vehículos. Por lo general, estos sistemas pueden ser muy caros, y su funcionamiento puede requerir una gran cantidad de trabajo y habilidad. Además, los sistemas de inspección de emisiones tradicionalmente se han operado en estaciones de prueba donde se miden las emisiones cuando el vehículo de prueba está en punto muerto o en marcha en condiciones cargadas artificialmente. A pesar de que estas mediciones proporcionan información de referencia general en cuanto a las emisiones y el estado de reparación de un vehículo, no son necesariamente representativas de las condiciones de conducción en el "mundo real".

35 Recientemente, los sistemas de detección remota de emisiones se han desarrollado para la detección de emisiones de vehículos, mientras circulan por la carretera. Por ejemplo, las patentes estadounidenses No. 5.319.199 y 5.498.872 para Stedman et al. describen un sistema de detección remota en el que la fuente de luz 1110 y el detector 1130 están situados en oposición en ambos lados de la carretera 1101, respectivamente, como se muestra en la Fig. 11 (a). Para tal disposición, un haz de luz 1115 generado a partir de la fuente 1110 pasa a través de una pluma de gases de escape 1140 emitida desde un vehículo 1105 que circulan por la carretera 1101, llevando de ese modo una señal de absorción asociada a los componentes y las concentraciones de la pluma de gases de escape 1140. El haz 1115 es recogido por el detector 1130 para el análisis de los componentes y las concentraciones de la pluma de gases de escape 1140. Alternativamente, como se muestra en la Fig. 11 (b), la fuente de luz 1110 y el detector 1130 están situados en el mismo lado de la carretera 1101. Y dos reflectores 1150 situados en el lado opuesto de la carretera 1101 se utilizan para reflejar el haz 1115 generado desde la fuente 1110 al detector 1130 con dos pasadas a través de la pluma de gases de escape del vehículo 1140, lo que aumenta la señal de absorción.

45 Este sistema mide sólo una parte de la pluma y tiene que relacionar las mediciones de CO₂ y todos los demás contaminantes para obtener valores relativos. Éste no mide la cantidad que queda detrás o valores absolutos.

50 Sin embargo, para tales sistemas de detección remota de emisiones, la fuente, detector y los reflectores se establecen en ambos lados de la carretera, y se necesita tener mucho cuidado durante su instalación y mantenimiento. Además, un sistema de este tipo es difícil de operar con más de un carril de tráfico en particular cuando más de un vehículo pasa a través del detector de forma simultánea. En otras palabras, si múltiples vehículos están presentes en el lugar de detección, la pluma de gases de escape de cada vehículo puede contribuir igualmente a la medición de las emisiones. Por lo tanto, en una carretera de un solo carril, tales como rampas de entrada y salida, los sistemas de detección remota existentes no son capaces de detectar más de una pluma de gases de escape a la vez.

55 Además, con los sistemas de detección remota actuales la precisión de la medición también puede depender de la

posición del haz de luz que pasa a través de la carretera ya que la ubicación de una o más tubos de escape del vehículo pueden variar de un vehículo a otro. La precisión de las emisiones medidas variará dependiendo de si el haz está a la altura del tubo de escape, o más bajo o más alto, donde el los gases de escape tienen tiempo de diluirse antes de la detección. Con tal disposición, también es posible perder la pluma de gases de escape completa.

5 En última instancia, el principal inconveniente de la actual detección remota de emisiones es que, debido a que sólo mide una parte de una pluma de gases de escape sólo puede determinar gases constituyentes de una pluma y sus concentraciones relativas. Si bien estos resultados pueden indicar si un vehículo necesita reparación, los sistemas existentes no son capaces de medir cantidades absolutas de los componentes de emisión. La medición de
10 cantidades absolutas de los componentes es importante, ya que un exceso puede conducir a una grave contaminación del aire. Es por esta razón por la que muchos países limitan por ley la cantidad de contaminantes de gas permitida en las emisiones. De hecho, las normas de emisiones de vehículos estatales y federales y los requisitos de control se indican en "gramos por milla". Con los sistemas existentes este valor debe extrapolarse de las proporciones reportadas mediante la identificación de la marca y modelo del vehículo y mediante suposiciones acerca de si el vehículo está trabajando en alta o baja combustibilidad, la carga en el vehículo, etc.

15 Se han patentado técnicas de formación de imágenes cuantitativas de emisiones de gases. Por ejemplo, la patente estadounidense No. 5.319.199 describe un sistema elaborado que usa radiación de auto-emisión de gas y células rellenas de gas. Desafortunadamente, la complejidad de este procedimiento es innecesaria y el coste es prohibitivo.

Otros sistemas de medición remota de emisiones de vehículos se describen en la patente estadounidense No. 6.542.831 B1 y en la solicitud estadounidense No 2007/0164220A1.

20 Por lo tanto, existe una necesidad hasta ahora sin resolver en la técnica para hacer frente a las deficiencias e insuficiencias antes mencionadas.

Compendio de la invención

Los objetivos de la presente invención son medir los valores absolutos de los ingredientes en una pluma de gases de escape utilizando imágenes de infrarrojas y/o ultravioletas de la pluma. Mediante la medición de la absorción
25 porcentual de los píxeles individuales en las imágenes y su área proyectada, se puede calcular la cantidad total de un constituyente en la pluma.

La presente invención se refiere a un dispositivo y un procedimiento para cuantificar cantidades absolutas de ingredientes de una pluma según las reivindicaciones 1 y 11. En una realización, el dispositivo comprende una
30 fuente para emitir un haz de luz y transmitir la luz emitida a través de la pluma a una superficie en la que la luz transmitida es dispersada y reflejada; un detector para adquirir una imagen de la pluma, donde la imagen adquirida contiene información de la absorción de la luz dispersada y reflejada desde la superficie; y un procesador para el procesamiento de la imagen adquirida para determinar una cantidad absoluta de al menos uno de los componentes de la pluma visible.

El procesador está configurado para realizar las etapas de seleccionar una pluralidad de píxeles de la imagen
35 adquirida a lo largo de una sección de cruce de la pluma, teniendo cada píxel un área de píxel; caracterizar una tasa de absorción de la luz de cada píxel seleccionado de la imagen captada; calcular la masa óptica de cada píxel a partir de la tasa de absorción caracterizada del píxel; multiplicar masa óptica de un píxel y la correspondiente área de píxel proyectada para obtener el número de moléculas en el píxel; y sumar el número de moléculas de cada píxel para obtener el número total de moléculas en la pluma visible.

40 En una realización, la ley de Beer determina la masa óptica μ de cada píxel:

$$\mu = -\ln(I / I_0) / \kappa(\nu),$$

donde (I/I_0) está asociado a la tasa de absorción, y $\kappa(\nu)$ es un coeficiente de absorción monocromática.

Detección y alcance de luz (LIDAR) es un término amplio que incluye la dispersión, fluorescencia, absorción y
45 absorción diferencial y dispersión (DAS). LIDAR de absorción diferencial (DIAL) es una técnica que se utiliza comúnmente para medir abundancias de columna de gases en la atmósfera. El procedimiento utiliza dos diferentes longitudes de onda de luz para hacer la medición. Una longitud de onda se centra en una característica de absorción del gas diana y una segunda longitud de onda se acerca a la primera longitud de onda, pero lejos de la característica de absorción. Los dos diferentes absorciones se comparan y la abundancia de la columna se calcula utilizando la ecuación DIAL.

50 La detección de gases de vehículos por casualidad permite utilizar la ecuación DIAL con una sola longitud de onda. La segunda longitud de onda puede ser sustituida con la medición utilizando la primera longitud de onda justo antes de que llegue el vehículo.

- 5 En una realización, la fuente comprende una fuente de luz de cuerpo negro tal como una lámpara de luz halógena o un encendedor de gas "glowbar". En consecuencia, el dispositivo tiene, además, una óptica colimadora y diseminadora para la luz emitida y la transmisión de la luz a través de la pluma a la superficie. Las ópticas colimadoras o diseminadoras comprenden un primer espejo cóncavo y un segundo espejo cóncavo posicionado en relación con la fuente de tal manera que el primer espejo cóncavo recibe el haz de luz emitida desde la fuente y refleja la luz recibida al segundo espejo cóncavo, el segundo espejo cóncavo, a su vez, aliena o disemina la luz reflejada y transmite la luz a través de la pluma a la superficie del carril. El primer espejo cóncavo y el segundo espejo cóncavo definen un enfoque entre ellos y se coloca un pulsador en el foco.
- 10 En otra realización, la fuente comprende una o más fuente de banda estrecha como dispositivos de LED o fuentes de banda ancha filtrada. En aún otra realización, la fuente comprende una o más fuentes coherentes o láseres.
- 15 En aún otra realización, la fuente es la luz solar natural. Siempre que toda la pluma junto con su "sombra" es representada como imagen, todas las moléculas se someten a doble pasada por la luz. Entonces se puede recuperar la cantidad total de moléculas diana en la pluma usando procedimientos de recuperación de doble pasada.
- Además, la fuente se puede modular lo que permite la medición de la luz transmitida a través de los gases de escape calientes ya que los propios gases de escape calientes irradian luz infrarroja en relación con el fondo más frío. Cuando la fuente activa es bloqueada por un pulsador o es apagada, se realiza una medición de la emisión de los gases de escape. La emisión de la pluma a continuación, puede restarse de la medición cuando la fuente activa se desbloquea o se enciende para obtener sólo la transmisión de los gases de escape calientes. También pueden utilizarse otras técnicas de modulación/desmodulación bien conocidas.
- 20 Como alternativa, puede utilizarse una fuente modulada tal como LED y láseres para lograr el mismo efecto.
- La superficie reflectante puede ser la propia carretera o alguna forma de material retrorreflectante.
- 25 En una realización, el detector comprende al menos uno de una cámara infrarroja y/o una cámara ultravioleta con filtros de paso de banda estrechos, en donde los filtros incorporan las bandas de absorción de gases específicos. En otra realización, el detector comprende una serie de detectores capaz de captar imágenes de la pluma y la superficie. En aún otra realización, el detector comprende una pluralidad de fotosensores, donde cada fotosensor genera una señal eléctrica sensible a la luz recibida, en donde la señal eléctrica es indicativa de la absorción de la luz recibida por la pluma. En una realización, el detector comprende a espectrómetro, una disposición de plano focal, una disposición lineal, un elemento simple o cualquier combinación de los mismos.
- 30 En otra realización, el detector comprende una serie de detectores capaces de captar imágenes de la pluma y la superficie.
- 35 En una realización, la fuente comprende una fuente de luz halógena. Por consiguiente, el dispositivo además tiene una óptica colimadora para colimar la luz emitida y transmitir la luz colimada a través de la pluma a la superficie. La óptica colimadora comprende un primer espejo cóncavo y un segundo espejo cóncavo posicionados en relación con la fuente de manera tal que el primer espejo cóncavo recibe el haz de luz emitido desde la fuente y refleja la luz recibida al segundo espejo cóncavo, el segundo espejo cóncavo, a su vez, alinea la luz reflejada y transmite la luz colimada a través de la pluma a la superficie del carril. El primer espejo cóncavo y el segundo espejo cóncavo definen un foco entre los mismos, y un pulsador es colocado sobre el foco.
- 40 En otra realización, la fuente comprende un láser o láser modulado.
- La presente invención se refiere a un procedimiento para cuantificar cantidades absolutas de ingredientes de una pluma. En una realización, el procedimiento incluye las etapas de dirigir un haz de luz a través de la pluma a una superficie sobre la que el haz de luz es diseminada; adquirir una imagen de la pluma, la imagen adquirida que contiene información acerca de absorción de la luz dispersada es diseminada desde la superficie; y procesar la imagen adquirida para determinar una cantidad absoluta de al menos uno de los componentes de la pluma.
- 45 La etapa de procesamiento comprende las etapas de elegir una pluralidad de píxeles de la imagen adquirida a lo largo de una sección que cruza la pluma, teniendo cada píxel un área de píxel; caracterizar una tasa de absorción de luz de cada píxel elegido de la imagen adquirida; calcular la masa óptica de cada píxel de la tasa de absorción del píxel caracterizado; multiplicar la masa óptica de un píxel y la correspondiente área de píxel para obtener el número de moléculas en el píxel; y sumar el número de moléculas de cada píxel para obtener el número total de moléculas en la pluma.
- 50 In una realización, la imagen de la pluma es adquirida por una cámara infrarroja y/o una cámara ultravioleta con filtros de paso de banda estrechos, en donde los filtros incorporan las bandas de absorción de gases específicos. En otra realización, la imagen de la pluma es adquirida por una pluralidad de fotosensores.
- 55 Estos y otros aspectos de la presente invención, serán evidentes a partir de la siguiente descripción de la realización preferida tomada conjuntamente con los siguientes dibujos, aunque pueden realizarse variaciones y modificaciones en los mismos sin apartarse del alcance de los nuevos conceptos de la divulgación.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos adjuntos ilustran una o más realizaciones de la invención y, junto con la descripción escrita, sirven para explicar los principios de la invención. Siempre que sea posible, se utilizan los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a elementos iguales o similares de una forma de realización, en donde:

- 5 La Figs. 1(a)-1(e) ilustran un procedimiento para utilizar la masa óptica para cuantificar cantidades absolutas de ingredientes de una pluma de acuerdo a una realización de la presente invención;
 La Fig. 1(f) muestra un ejemplo para calcular cantidades absolutas de a pluma a partir de su imagen en píxeles elegidos, donde cada caja representa un píxel en una imagen de la pluma, y los porcentajes son la absorción en cada píxel debido al gas diana;
- 10 La Fig. 2(a) muestra esquemáticamente un dispositivo para la detección remota de emisiones de vehículos de acuerdo a una realización de la presente invención;
 La Fig. 2(b) muestra esquemáticamente un diagrama óptico del dispositivo de detección remota de acuerdo a una realización de la presente invención;
- 15 La Fig. 3(a) muestra esquemáticamente el dispositivo para la formación de imágenes de un primer estado del carril cuando no llega ningún vehículo detectado de acuerdo a una realización de la presente invención;
 La Fig. 3(b) muestra esquemáticamente el dispositivo para la formación de imágenes de un segundo estado del carril cuando llega el vehículo detectado dejando atrás la pluma de gases de escape de acuerdo a una realización de la presente invención;
 La Fig. 3(c) muestra esquemáticamente el trayecto transmitido del haz de luz;
- 20 La Fig. 3(d) muestra esquemáticamente el dispositivo, que ilustra que la fuente de luz y el detector no tienen que estar en el mismo eje óptico para someter a doble pasada la sección completa de la pluma;
 La Fig. 4 muestra esquemáticamente un dispositivo para la formación de imágenes del estado del carril de acuerdo a otra realización de la presente invención;
- 25 La Fig. 5 muestra esquemáticamente una óptica colimadora y diseminadora utilizada en el dispositivo de detección remota de acuerdo a una realización de la presente invención;
 La Fig. 6 muestra las líneas de absorción a energías de rotación más altas que siguen el Factor de Boltzmann;
- La Fig. 7 muestra esquemáticamente una óptica de recolección utilizada en el dispositivo de detección remota de acuerdo a otra realización de la presente invención;
- 30 La Fig. 8(a) muestra esquemáticamente un dispositivo para escanear un láser a través de la calzada de acuerdo a una realización de la presente invención;
 La Fig. 8(b) muestra dos longitudes de onda posibles en un espectro de transmisión que pueden utilizarse para DIAL de acuerdo a una realización de la presente invención;
- La Fig. 9(a) muestra esquemáticamente un dispositivo que escanea una línea de láser simple a través de la carretera de acuerdo a una realización de la presente invención;
- 35 La Fig. 9(b) muestra esquemáticamente un dispositivo que escanea múltiples líneas de láser a través de la carretera de acuerdo a una realización de la presente invención;
- La Fig. 10 muestra esquemáticamente un dispositivo para la formación de imágenes de una pluma emitida desde una fábrica de acuerdo a otra realización de la presente invención; y
- 40 La Fig. 11 muestra esquemáticamente un dispositivo convencional para la detección remota de emisiones de vehículos.

Descripción detallada de la invención

La presente invención se describe más particularmente en los siguientes ejemplos que pretenden ser ilustrativos ya que numerosas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Varias formas de realización de la invención se describen ahora en detalle. Haciendo referencia a los dibujos, los mismos números indican los mismos componentes en todas las vistas. Tal como se utiliza en la presente descripción y en las reivindicaciones que siguen, el significado de "un", "una", y "el" incluye la referencia en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, tal como se utiliza en la presente descripción y en las reivindicaciones que siguen, el significado de "en" incluye "en" y "sobre" a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Además, algunos términos usados en esta memoria descriptiva se definen más específicamente a

continuación.

Los términos utilizados en esta memoria descriptiva tienen generalmente sus significados ordinarios en la técnica, dentro del contexto de la invención, y en el contexto específico donde se utiliza cada término. Algunos de los términos que se utilizan para describir la invención se debaten a continuación, o en la especificación, para proporcionar orientación adicional al practicante con respecto a la descripción de la invención. El uso de ejemplos en cualquier lugar en esta memoria descriptiva, incluyendo ejemplos de cualquiera de los términos debatidos en el presente documento, es solamente ilustrativo, y de ninguna manera limita el alcance y el significado de la invención o de cualquier término ejemplificado. Del mismo modo, la invención no se limita a las diversas realizaciones dadas en esta especificación.

5 Como se utiliza en el presente documento, "alrededor de", "aproximadamente" o "aproximadamente" significará generalmente dentro de 20 por ciento, preferiblemente dentro de 10 por ciento, y más preferiblemente dentro de 5 por ciento de un valor o intervalo dado. Las cantidades numéricas dadas aquí son aproximadas, lo que significa que el término "alrededor de", "aproximadamente" o "aproximadamente" se puede inferir si no se indica expresamente.

15 Como se utiliza en el presente documento, el término "LIDAR" es un acrónimo o abreviatura de "detección y alcance de luz", y es una tecnología de detección remota óptica que mide las propiedades de la luz dispersada para encontrar el alcance y/o otros datos de un objetivo distante. LIDAR de absorción diferencial (DIAL) es una técnica que se utiliza comúnmente para medir abundancias de columna de gases en la atmósfera.

20 Como se utiliza en el presente documento, el término "masa óptica" es una medida del número total de moléculas absorbentes por unidad de superficie que se producen a lo largo de la dirección de propagación de la radiación en una muestra de gas.

Como se utiliza en el presente documento, debe entenderse que los términos "que comprende", "que incluye", "que tiene", "que contiene", "que involucra" y similares tienen extremos abiertos, es decir, en el sentido de que incluyen pero no están limitados a.

25 La descripción se hará en cuanto a las formas de realización de la presente invención en conjunción con los dibujos que se acompañan en las Figs. 1-10. De acuerdo con los propósitos de esta invención, como se realiza y describe ampliamente aquí, esta invención, en un aspecto, se refiere a un aparato que utiliza la tecnología LIDAR para detectar emisiones de un vehículo, así como la cantidad de al menos uno de los contaminantes emitidos desde el vehículo. El dispositivo inventado es un sistema portátil o permanente al borde de la carretera para la detección de las emisiones de escape de un vehículo que tiene motores de combustión internos y es conducido en un carril de una carretera. Mientras que los dispositivos de detección de emisiones convencionales utilizan espejos o retro reflectores para devolver un haz de luz emitida desde una fuente y transmitido a través de una pluma de gases de escape del vehículo a un detector, el dispositivo inventado utiliza la tecnología LIDAR. El haz de luz emitida desde una fuente está dirigido hacia abajo, pasando a través de la pluma de gases de escape, hacia la superficie de un carril de circulación de una carretera en el que el vehículo es conducido. La luz transmitida se dispersa luego en la superficie del carril de circulación. El dispositivo inventado recoge la luz dispersada de la superficie del carril de circulación para que el detector la reciba. Además, una disposición de detectores puede ser utilizada para adquirir imágenes de la pluma de gases de escape y la superficie de la carretera para determinar la intensidad de la luz recibida absorbida por la pluma de los gases de escape.

40 En concreto, el dispositivo utiliza las masas ópticas para cuantificar cantidades absolutas de ingredientes de una pluma utilizando imágenes infrarrojas y ultravioletas de la pluma adquiridas en forma remota. La masa óptica es una medida del número total de moléculas absorbentes por unidad de área en que aparecen a lo largo de la dirección de propagación de la radiación en una muestra de gas tal como una pluma o vapor, es decir $\mu = P_{\text{moléculas}} \cdot l = N_{\text{moléculas}} / \text{Á}$, donde $N_{\text{moléculas}}$ es la densidad en número de moléculas, l es la longitud del cilindro, $n_{\text{moléculas}}$ es el número de moléculas en una unidad de área y Á es la unidad de área. Por consiguiente, la cantidad de un gas en una pluma es igual a la masa óptica multiplicada por el área proyectada de la pluma, es decir, $N_{\text{célula}} = \mu \cdot A_{\text{total}}$, la óptica masa se multiplica por el área de la célula de gas perpendicular a la dirección de propagación de la radiación para adquirir el número total de moléculas del gas específico en la célula. El número total de moléculas entonces se puede dividir por el número de Avogadro para obtener los moles. A continuación, la masa total de un gas específico de la célula es simplemente la masa molar o peso atómico de la molécula multiplicada por el número de moles. Esta técnica se utiliza con dispositivos in situ para medir las concentraciones de contaminantes procedentes de un tubo de escape. E dispositivo in situ extrae los gases de escape en una célula de gas a través de una manguera conectada al tubo de escape, para la absorción a medir.

55 Las Figs. 1(a)-1(e) ilustran el procedimiento/principio de utilización de la masa óptica para cuantificar cantidades absolutas de ingredientes de una pluma de acuerdo a una realización de la presente invención. Por lo general, la pluma se observa desde el la parte superior o lateral para los fines de detección remota. Para la ilustración de la presente invención, la célula de gas se mira desde la parte superior y se supone como una pluma cilíndrica como se muestra en la Fig. 1 (a). Como se muestra en las Figs. 1(b) y 1(c), se corta un pequeño disco y se divide en células de gas más pequeñas. Ahora la luz se propaga perpendicular a la longitud de la célula. A medida que la luz se propaga a través de la parte superior del disco, ésta va a tener diferentes longitudes de trayectoria. Mirando a través

de la parte superior del disco uno observará diferentes absorciones debidas a las diferentes longitudes de trayectoria, como se muestra en la Fig. 1 (d). Cada célula pequeña aproximadamente tendrá una absorción constante a lo largo de la anchura de la célula, que se muestra en la Fig. 1 (e). A continuación, se calcula el área de los extremos de las células de absorción más pequeñas y se multiplica por la masa óptica de cada célula para obtener el número de moléculas en cada celda. Las N moléculas se añaden en cada celda pequeña para obtener el

$$N_{disc} = \sum_{i=1}^N \mu_i \cdot A_i$$

número total de moléculas en el disco, es decir, N_{disc} . El número total de moléculas o masa de una especie específica en el disco es conocido. Si la concentración del gas elegido se mezcla uniformemente en la célula y la anchura del disco es unidad de longitud, entonces el número total de moléculas es $N_{moléculas} = N_{disc} \cdot l$. Este número es el mismo que el primer número calculado a lo largo de la longitud de la célula.

10 A medida que el vehículo viaja por una carretera, deja una pluma de gases de escape atrás. Si uno puede tener una sección de la pluma de gases de escape y contar las moléculas en la sección, se podría estimar las cantidades de contaminantes que el vehículo está dejando atrás. De acuerdo a la presente invención, las imágenes de la pluma se adquieren mediante cámaras ultravioletas y/o infrarrojas con filtros de paso de banda estrechos. Estos filtros incorporan las bandas de absorción de gases específicos. Las imágenes mostrarían una pluma que sale del tubo de escape para un gas específico.

15 Cada píxel en las imágenes puede considerarse como que detecta un haz de luz individual con una célula de gas en una trayectoria. El tamaño y la forma de estos haces puede calcularse utilizando técnicas geométricas simples. La imagen de la carretera sin un vehículo se utiliza para medir la intensidad de línea base y luego se calcula la absorción de una sección de píxeles a través de la pluma, y por lo tanto, se calcula el cambio en la masa óptica de cada píxel μ_i . A continuación, cada cambio en la masa óptica μ_i se multiplica por el área A_i perpendicular a la dirección de propagación para obtener el número de moléculas por píxel y se añaden las cantidades en conjunto para obtener el número total de moléculas de un gas específico de la sección de la pluma. Entonces, el número de moléculas se multiplica por el peso atómico para obtener la masa de la molécula diana en la sección de la pluma es decir, $N_{sección} \cdot AMU \text{ (g/molécula)} = N_{gramos}$. La anchura de la sección puede ser utilizada para calcular los gramos por distancia que el vehículo está arrojando. De la misma manera que con una fuente fija, la velocidad del flujo se puede utilizar para calcular los gramos por tiempo len que la fuente está arrojando.

20 De acuerdo a la presente invención, mediante el examen de una foto/imagen de una pluma de gases de escape, se puede determinar la cantidad de una sustancia en la pluma. La Fig. 1 (f) muestra un ejemplo de los cálculos necesarios para recuperar cantidades absolutas. Cada cuadro en la Fig. 1 (f) representa un píxel en una imagen de la pluma de gases de escape. La distancia desde la pluma es considerada suficientemente grande de manera que cada píxel tiene aproximadamente la misma área desde la parte superior a la parte inferior de la pluma. Los porcentajes son la absorción en cada píxel debido al gas diana. Estos porcentajes se pueden encontrar de dos maneras. Una forma es mediante la comparación de la imagen de la carretera justo antes de que el automóvil llegue con la imagen de la pluma de los gases de escape. Las proporciones de la luz reflejada desde una fuente al lado de la cámara darán los porcentajes. Estos porcentajes también se pueden encontrar por procedimientos DIAL (LIDAR de Absorción Diferencial) utilizando dos longitudes de onda de luz diferentes, una en la resonancia y la otra fuera de resonancia. Usando la ley de Beer, se obtiene la masa óptica de cada píxel. A continuación, el área de ese píxel se utiliza para calcular el número total de moléculas en ese píxel.

Por ejemplo, la fuerza de banda de una banda elegida de dióxido de carbono es:

$$40 \quad \kappa(\text{Banda})_{CO_2} = 0,9 \text{ cm}^{-2} \text{ atm}^{-1} \text{ en STP.}$$

Las unidades se convierten en $\text{cm}^{-1} [\text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}]$:

$$\kappa(\text{Banda})_{CO_2} = (0,9 \cdot 2,2414 \cdot 10^4) \text{ cm}^{-1} [\text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}] = 20173,0 \text{ cm}^{-1} [\text{cm}^2 \text{ mol}^{-1}].$$

Utilizando el procedimiento de ancho equivalente y por simplicidad suponiendo el límite de línea débil, sabemos que el ancho equivalente es igual a $\kappa(\text{Banda}) \cdot \mu$. El ancho equivalente es:

$$45 \quad W = \int_{-\infty}^{\infty} (1 - \exp(-\kappa(\text{banda}) \cdot \mu)) d\nu$$

o el área total de la banda de absorción. El área de cada píxel es aproximadamente $20 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 400,0 \text{ cm}^2$:

$$\mu = -\ln(I/I_0) / \kappa(\text{Banda}), \text{ y numero de moles} = \mu \cdot \text{Área}$$

Píxel elegido No.	$\mu = -\ln(I/I_0) / \kappa(\text{Banda}), (\text{mol cm}^{-2})$	No. de moles = $\mu \cdot \text{Área} (\text{mol})$
1	$4,6751 \times 10^{-6}$	$1,8700 \times 10^{-3}$
2	$1,0446 \times 10^{-5}$	$4,1784 \times 10^{-3}$
3	$2,3697 \times 10^{-5}$	$9,4788 \times 10^{-3}$

Píxel elegido No.	$\mu = -\ln(I/I_0) / k(\text{Banda}), (\text{mol cm}^{-2})$	No. de moles = $\mu \cdot \text{Área} (\text{mol})$
4	$1,9118 \times 10^{-5}$	$7,6472 \times 10^{-3}$
5	$1,1685 \times 10^{-5}$	$4,6740 \times 10^{-3}$
6	$2,0236 \times 10^{-6}$	$8,0944 \times 10^{-4}$
Número total de moles		$2,8658 \times 10^{-2}$

Por lo tanto, la cantidad absoluta de CO₂ en los píxeles seleccionados es $2,8658 \times 10^{-2}$ mol o $2,8658 \times 10^{-2}$ mol * 44,01 (g/mol) = 1,2612 g.

EPA, sin embargo, utiliza unidades tal como (g/milla). Para convertir en (g/milla), se necesita (cm/mi), que es $1,6093 \times 10^5$ (cm/mi). El vehículo deja detrás de 1,2612 g de CO₂ cada 20 cm, que es aproximadamente $1,0148 \times 10^4$ g de CO₂ por milla.

Haciendo referencia a las Figs. 2(a) y 2(b), y particularmente a la Fig. 2(b), un dispositivo 100 para la detección remota de emisiones de vehículos se muestra esquemáticamente de acuerdo a una realización de la presente invención. El dispositivo 100 incluye una fuente 110, un detector 130 y una óptica de recolección óptica 150. La fuente 110 y el detector 130 definen una trayectoria óptica a lo largo de la que un haz de luz viaja desde la fuente 110 al detector 130, y la óptica de recolección 150 está posicionada en la trayectoria óptica. Además, la fuente 110, el detector 130 y los medios de recolección 150 están ubicados en el mismo lado de la carretera.

Mientras está en operación, un haz de luz 112 emitido desde la fuente 110 es diseminada, en un hemisferio estereorradián 2π , en una superficie 102 del carril 101 de la carretera en la que un vehículo 105 es conducido. Una luz recibida 122, porción de la luz diseminada 120 a lo largo de la trayectoria óptica, es recolectada por el espejo cóncavo (la óptica de recolección) 150. La óptica de recolección 150, a su vez, entrega la luz recibida 122 de la luz diseminada 120 al detector 130 que está ubicado en el foco de la óptica de recolección 150.

De acuerdo a una realización de la presente invención, el detector 130 comprende una cámara con una disposición de plano focal. La fuente de emisión de luz comprende una lámpara halógena y/o un glowbar tal como encendedor de gas natural. En otra realización, el detector 130 comprende una pluralidad de fotosensores, correspondientes así a una pluralidad de píxeles. Un píxel puede ser correspondiente a uno o más fotosensores. Para aclarar las realizaciones descritas de la siguiente manera, se establece en las mismas el caso en que un píxel corresponde a un fotosensor en el que se basan las realizaciones. Sin embargo, las ilustraciones y descripción no pretenden ser exhaustiva o limitarse al alcance de la invención descrita. También es posible el píxel alternativo relativamente con respecto a una pluralidad de fotosensores.

La cámara 130 para recibir la luz recibida 122 se fijará al lado de la fuente 110 y por lo tanto se utilizará para representar el estado del carril 101 como una cámara de formación de imágenes para obtener la intensidad óptica de la luz recibida 122. Debido a que el detector 130 puede utilizarse para transferir las señales ópticas en señales eléctricas, el dispositivo 100 además comprende un procesador 132 en comunicación con el detector 130 para procesar las señales eléctricas.

Por ejemplo, haciendo referencia a la Fig. 3(a), cuando al menos una parte del haz de luz 112 es inherente a un píxel 170 el detector 130 se caracteriza porque, el detector 130 en primer lugar puede utilizarse para representar el estado del carril 101 y para detectar una primera intensidad óptica de la luz recibida 122 mientras que no está pasando ningún vehículo detectado.

Además haciendo referencia a la Fig. 3(b), después de que el vehículo 105 pasa por la superficie 102 del carril 101 y deja atrás la pluma de gases de escape 140, el detector 130 además representa por imágenes el estado del carril 101 y detecta una segunda intensidad óptica de la luz recibida 122 transmitida a través de la pluma de gases de escape 140. En tales circunstancias, la distancia desde la pluma de gases de escape 140 es considerada suficientemente grande para que el píxel 170 tenga aproximadamente la misma área desde la parte superior a la parte inferior de la pluma de gases de escape 140.

Mediante la comparación de la primera con la segunda imagen, el procesador 132 en comunicación con el detector 130 no puede procesar solamente las señales eléctricas transferidas desde las señales ópticas de la luz recibida 122 en el mismo para proporcionar uno o más espectros de la luz recibida 122 pero también por consiguiente dar la diferencia entre la primera intensidad óptica y la segunda intensidad óptica de la luz recibida 122. Por lo tanto, como se muestra en la Fig. 3(b), se obtiene una relación atenuada de la segunda intensidad óptica respecto de la primera intensidad óptica del espectro.

Además, seguido por el detector 130, el procesador 132 que procesa las señales eléctricas transferidas desde las señales ópticas de la luz recibida 122 en el mismo mide un área detectada A_m que es un área de la sección transversal de la pluma de gases de escape 140 por la que la luz recibida 122 es absorbida. Haciendo referencia a la Fig. 3(c), cuando el haz de luz 112 es emitido desde el vehículo 105, diseminado, y recolectado por el detector 130, en su trayecto transmitido expuesto a la pluma de gases de escape 140, se forman una primera área A_1 , una

segunda área A_2 , una tercer área A_3 , y una cuarta área A_4 . Por la presente, dada la optimización, la primera área A_1 , la segunda área A_2 , la tercer área A_3 , y la cuarta área A_4 son aproximadamente iguales entre sí. Se mide el área detectada A_m , cualquiera de las cuatro áreas A_1 - A_4 .

Según la ley de Beer:

$$\mu = - \ln(I/I_0)/\kappa(v).$$

5 El procesador 132 puede utilizarse para obtener una masa óptica independiente de la concentración o la longitud del trayecto de la pluma de gases de escape 140, en donde μ es la masa óptica, (I/I_0) es la relación atenuada y $\kappa(v)$ es una sección transversal de absorción monocromática correspondiente al espectro. Multiplicando la masa óptica por el área detectada A_m , el procesador 132 puede utilizarse para dar una cantidad del componente determinado de la pluma de gases de escape 140.

10 En otra realización de la presente invención, el detector 130 además puede incluir una pluralidad de píxeles 170 correspondientes a una pluralidad de fotosensores 160, en donde un píxel 170 corresponde a un fotosensor 160. El fotosensor 160 puede utilizarse para transferir las señales ópticas que el detector 130 detecta en señales eléctricas por lo que el procesador 132 comprendido por el dispositivo 100 en comunicación con el detector 130 por consiguiente puede procesarlas.

15 En funcionamiento, el detector 130 que comprende una pluralidad de píxeles 170 está ubicado al lado de la fuente 110 para recuperar el estado del carril 101 como una cámara de formación de imágenes. Cuando el vehículo 105 que es detectado llega en la superficie 102 del carril 101, la pluma de gases de escape 140 emitida desde el vehículo 105 también puede ser representada por el detector 130. En tales circunstancias, la distancia desde la pluma de gases de escape 140 es considerada suficientemente grande de manera que cada píxel has aproximadamente la misma área desde la parte superior a la parte inferior de la pluma de gases de escape 140.

20 El detector 130 es inicialmente operado para adquirir imágenes de la superficie 102 del carril 101 cuando el vehículo 105 que está siendo detectado no ha llegado y en el mismo la pluma de gases de escape 140 aún no se formó para obtener la primera intensidad de la luz recibida 122. Después de que el vehículo 105 llega y arroja la pluma de gases de escape 140 a través de la que la luz recibida 122 es transmitida, el detector 130 nuevamente es utilizado para representar la pluma de gases de escape 140 para obtener la segunda intensidad de la luz recibida 122.

25 Alternativamente, en la Fig. 3 (d) la fuente 110 puede ser la luz del sol natural. Siempre que toda la pluma 140, junto con su "sombra" sea representada en imagen, todas las moléculas se someten a doble pasada por la luz. Entonces se puede recuperar la cantidad total de moléculas diana en la pluma 140 utilizando procedimientos de recuperación de doble pasada.

30 En la práctica, como se muestra en la Fig. 4, cada uno de la pluralidad de píxeles 160 pueden ser correspondientes a una porción de la luz recibida 122 y una porción del área total A_t . De ese modo, incluyendo don el detector 130, el procesador 132 por consiguiente mide el área de píxel A_i , en donde el número i es un número entero positivo. En una realización, el número i puede ser el número de seis, y A_i comprende A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , y A_6 . El área de píxel A_i es la porción del área total A_t . Más precisamente, el área de píxel A_i es un área en sección transversal de la pluma de gases de escape 140 por la que la porción de la luz recibida 122 es absorbida como se muestra como A_1 , A_2 , A_3 , A_4 , A_5 , y A_6 .

35 Debido a que cada fotosensor 170 puede utilizarse para generar una señal eléctrica sensible a la porción de la luz recibida 122 en cada área de píxel A_i y cada señal eléctrica es indicativa de cada diferencia óptica en cada área de píxel A_i , representando cada porcentaje de absorción de la porción de la luz recibida 122 absorbida por la pluma de gases de escape 140, el procesador 132 puede utilizarse para comparar la imagen de la superficie 102 del carril 101 justo antes de que el vehículo 105 llega con la imagen de la pluma de gases de escape 140.

40 Más específicamente, el procesador 132 puede utilizarse para procesar las señales eléctricas transferidas desde las señales ópticas de la luz recibida 122 para tener un porcentaje de absorción y por consiguiente para obtener una pluralidad de relaciones de píxeles (I/I_0') como números que se muestran en la Fig. 4.

45 Cada una de las relaciones de píxeles (I/I_0') es correspondiente a cada área de píxel A_i , en donde la relación de píxeles (I/I_0') es una relación atenuada de la segunda intensidad óptica respecto de la primera intensidad óptica de la porción de la luz recibida 122 en cada área de píxel A_i .

50 En la práctica, el detector 130 que comprende la pluralidad de píxeles se utiliza junto con filtros de paso de banda estrecho. Estos filtros incorporan las bandas de absorción de gases específicos con un ancho de banda predeterminado de las mismas.

Por lo tanto, el procesador 132 en comunicación con el detector 130 puede ser llevado a cabo para procesar las señales eléctricas transferidas desde las señales ópticas de la luz recibida 122 en la misma para determinar uno o más espectros de la luz recibida 122 y además para recuperar una pluralidad de sub masas ópticas μ_i . cada una de

las sub masas ópticas μ_i es correspondiente al área de píxel A_i , y las relaciones de píxeles (I'/I_0') en base a la ley de Beer:

$$\mu_i = - \ln(I'/I_0')/\kappa(v)$$

5 donde μ_i es la sub masa óptica, (I'/I_0') es la relación de píxeles y $\kappa(v)$ es un coeficiente de absorción monocromática correspondiente al espectro de la porción de la luz recibida 122. De esta manera la cantidad del componente determinado puede resumirse en los números de la pluralidad de píxeles 160 con cada producto de la sub masa

óptica μ_i y el área de píxeles A_i como $\sum_{i=1}^N \mu_i \times A_i$; en donde el número N es un número entero positivo y de acuerdo a una realización, el número N es seis.

10 En otra realización de la presente invención, el detector 130 además puede comprender una serie de detectores capaces de captar imágenes de la pluma de gases de escape 140 y la superficie 102 de la carretera.

En una realización, el procesador 132 puede tener una computadora y/o espectrómetro. El procesador 132 también puede demodular el haz de luz detectado.

15 Por otra parte, lo que se ha descrito anteriormente en la memoria descriptiva, si bien la segunda intensidad y la primera intensidad de la luz recibida 122 se refieren, respectivamente, al punto de tiempo después y antes del que la luz recibida 122 pasa a través de la pluma de los gases de escape 140 éste no es limitado. Uno puede fácilmente sustituir los dos puntos de tiempo como punto de tiempo de aparición tardía y un punto de tiempo de aparición temprana para la definición anterior a pesar de que ambos punto de tiempo se producen después de que se forma la pluma de gases de escape 140 y en ella la luz recibida 122 ha pasado a través de la pluma de gases de escape 140. En tal aplicación, el dispositivo 100 todavía se puede aplicar para recuperar una cantidad de al menos uno de los

20 componentes de la pluma de gases de escape 140 cambiada dentro de un período de tiempo.

Además, el plano focal del espejo cóncavo 150 puede utilizarse para posicionar varios detectores diferentes que forman imágenes de diferentes secciones de la carretera. Uno puede formar imágenes de una tira de la superficie de la carretera utilizando un detector de disposición paralela.

25 Otra realización implica el uso de mediciones que utilizan bandas de formación de imágenes de dos filtros que contienen diferentes secciones transversales del mismo gas y utilizando la ecuación DIAL para recuperar cantidades absolutas.

Se utilizan diferentes fuentes de luz que requieren diferentes configuraciones y tecnologías de detección. Las fuentes de luz son pulsadas o accionadas de acuerdo a amplificadores de sincronización para aumentar la sensibilidad y diferenciar las fuentes de luz.

30 **Una fuente de banda ancha – lámpara de luz halógena:** En una realización, se utiliza como fuente una lámpara de luz halógena tal como un faro de automóvil. Para dicha fuente de banda ancha, puede utilizarse una óptica colimadora para colimar el haz de luz emitida desde la lámpara de luz halógena y transmitir la luz colimada a través de la pluma de gases de escape a la superficie del carril. Como se muestra en la Fig. 5, la óptica colimadora incluye un primer espejo cóncavo 361 y un segundo espejo cóncavo 362 posicionado en relación con la fuente de banda

35 ancha 310 de manera tal que el primer espejo cóncavo 361 recibe el haz de luz 312 emitido desde la fuente 310 y refleja la luz recibida 312 al segundo espejo cóncavo 362. El segundo espejo cóncavo 362, a su vez, colima la luz reflejada 363 y transmite la luz colimada 370 a través de la pluma de gases de escape a la superficie del carril. El primer espejo cóncavo 361 y el segundo espejo cóncavo 362 definen un foco 365. En el foco 365, la luz reflejada 363 es pulsada con un pulsador de rueda o campana 366. La señal del pulsador es alimentada en un amplificador de sincronización de fase dual-. El amplificador de sincronización entonces amplifica la señal sin añadir ruido.

40

Esta fuente de banda ancha irradia desde la luz ultravioleta a la luz infrarroja a 5 μm . Esto cubre fuertes bandas de absorción de CO y CO₂ fundamentales, así como fuertes bandas violetas y ultravioletas de NO₂, NO y SO₂. Los filtros pueden utilizarse para aislar bandas específicas de estas moléculas, junto con vapor de agua, hidrocarburos, amoníaco y otros.

45 Una fuente de luz halógena modulada es fuerte en la intensidad y puede ser dispersada sobre el carril completo. La modulación se puede sincronizar con el detector con el fin de eliminar la necesidad de bloqueo de fase. Esto permite restar la radiación de fondo debido a gases de escape de automóviles caliente sólo para conseguir la absorción debida a los gases de escape. Pueden utilizarse Espejos para recoger la luz en cualquier lugar que está brillando. Dependiendo de la distancia y longitud focal, estos espejos pueden formar imágenes de posiciones específicas iluminadas sobre a un detector. Esto permite que diferentes trayectos o posiciones sean usados para dirigirse a

50 diferentes posiciones del tubo de escape.

Fuentes de banda estrecha: Al filtrar una fuente de banda o utilizar LED, la necesidad de filtrado del detector puede ser eliminada.

Láseres de diodo: La industria de las telecomunicaciones a través de la producción en masa ha reducido de manera significativa el coste de los láseres de diodo. La industria de las telecomunicaciones utiliza fibra óptica y láseres de diodo para transmitir grandes cantidades de datos, largas distancias. Debido a que el material de la fibra óptica, la longitud de onda media de estos láseres es aproximadamente 1,5 μm. Hay bandas de absorción infrarrojas de CO₂, CO, H₂O, NH₂ y otros en esta región. Los diodos de láser y detectores de InGaAs son muy baratos y de calidad extremadamente alta debido a la producción en masa y afectación de costes de sensibilidad de los productos. Esto permite la detección de estas bandas a pesar de que algunos son extremadamente débiles.

Los láseres de diodo pueden utilizarse para detectar de forma remota la temperatura de gases de escape, debido al factor de Boltzmann y la estrechez extrema de una línea láser. La distribución térmica de niveles de rotación no está dada simplemente por el factor de Boltzmann $e^{-E/kT}$. El número de moléculas N_J en el nivel de rotación J del estado vibracional más bajo a la temperatura T es proporcional a (G. Herzberg. *Spectra of Diatomic Molecules*, 2^o edición D. Van Nostrand Co. 1950):

$$N_J = (2J + 1)e^{-BJ(J+1)hc/kT}$$

Esto infiere que cuanto mayor será el valor J o energía de rotación más domina el término exponencial. Uno puede entonces retirar la temperatura de los gases de escape utilizando esta relación. La Fig. 6 muestra los espectros de CO₂ en la región de 1,5 m. El factor de Boltzmann se puede ver en las energías de rotación más altas. Las Líneas de absorción de energías de rotación más altas siguen el factor de Boltzmann y por lo tanto pueden utilizarse para calcular la temperatura de los gases de escape.

Dado que la relación de mezcla de moléculas en los gases de escape cambia a medida que un vehículo se calienta, un automóvil frío contamina más que uno caliente. Uno puede detectar la temperatura junto con la cantidad de gases en una pluma de los gases de escape utilizando dos o tres láseres de longitud de onda diferentes. Uno puede entonces ajustar las expectativas de cantidad debido a la temperatura del motor y del tubo de escape.

Los láseres de diodo tienen un FWHM (ancho completo en media altura) en el intervalo de aproximadamente 6-10 MHz. Esto significa que puede ubicarse encima de una línea de absorción. Los diferentes láseres de longitud de onda se pueden seleccionar para dar la pendiente o la forma del factor de Boltzmann. A continuación, se puede calcular la temperatura de los gases de escape. Estos láseres pueden ser modulados a diferentes frecuencias. Esto permite que los diferentes detectores con amplificadores de sincronización sean utilizados para diferenciar entre los láseres que iluminan el mismo lugar.

De acuerdo a la presente invención, los detectores se colocan en el foco de la óptica de recolección.

Diferentes fuentes necesitan diferentes sistemas de detectores. Para una fuente de banda ancha de luz, uno o más filtros son colocados en frente de los detectores. Los detectores en serie pueden utilizarse para formar imágenes de tiras de la carretera. Esto permite capturar toda la pluma de los gases de escape y después de conseguir cantidades absolutas de los gases de escape de un vehículo, independientemente de la posición o la altura del tubo de escape.

Para una fuente láser de diodo, la fuente 610 y el detector 630 se colocan en el mismo eje óptico 655, como se muestra en la Fig. 7. El espejo esférico 650 sirve como la óptica de recolección para recoger la luz dispersada diseminada desde la superficie del carril y enfocar la luz recogida en el detector 630. La fuente de láser se pone en la carcasa del espejo con la fibra óptica. El láser puede estar fuera de la carcasa.

Haciendo referencia a la Fig. 8 y 9, una realización del aparato 818 utiliza fuentes de luz coherentes 803 o láseres y una banda ancha, detector de un solo elemento 812. Una o más fuentes de luz coherentes 803 que emiten a diferentes longitudes de onda seleccionadas se modulan en el tiempo 802 mediante un controlador 801. En el caso de los láseres de diodo sintonizables, las longitudes de onda se pueden seleccionar mediante el establecimiento de la temperatura de cada láser 803 con un correspondiente dispositivo de refrigeración 804. Los haces de luz modulada en el tiempo resultantes se combinan ópticamente 805, y se envían a través de la óptica de posicionamiento 807. El haz de luz posicionado 806 pasa a través de una pluma gaseosa 810, que se refleja en algún material sustancialmente reflectante 809. El haz de luz reflejada 806 pasa a través de la óptica de detección 811 y se centra en un detector opto-electrónico 812. La señal eléctrica del detector 812 pasa a un amplificador de bajo ruido 813. El detector 812 así como el amplificador 813 pueden ser colocados en un mecanismo de refrigeración 814 para aumentar la sensibilidad y la estabilidad de la detección. La señal resultante se pasa luego a través de un circuito de desmodulación 815 y a un convertidor de analógico a digital 816. En última instancia la medición es digitalizada y procesada por el controlador 801. Los resultados se pueden visualizar o registrar localmente así como transmitir a una ubicación remota mediante algún mecanismo de comunicación 817.

El controlador 801 puede ser un dispositivo de cómputo tal como una computadora incorporada en conjunción con electrónica digital específica de la aplicación tal como una matriz de puerta programable de campo (FPGA).

Cada fuente coherente 803 emite a una longitud de onda especificada, que se elige para detectar la presencia o

ausencia de un pico de absorción. Cuando se coloca en un pico de absorción 821, o "en línea", una fuente de luz 803 puede utilizarse para medir la concentración o alternativamente cantidades absolutas de gas en la trayectoria de la luz 806. Cuando se coloca en una cubeta de absorción 822, o "fuera de línea" pueden utilizarse mediciones con una fuente coherente 803 para eliminar las propiedades del medio ambiente. En otras palabras, es deseable saber la cantidad de luz que vuelve al detector en el trayecto con una menor sensibilidad, pero en aproximadamente la misma longitud de onda. Esto se realiza preferiblemente en las alas entre las líneas. Una sección transversal de absorción diferencial se calcula y se coloca en la ecuación DIAL (LIDAR de absorción diferencial).

Para las mediciones de escape del vehículo a distancia, algunos gases de interés son CO, CO₂, O₂, NO, diversos hidrocarburos, etc. Debido a que existen los picos de absorción 821 para tales gases en un amplio intervalo de longitudes de onda entre ellos visible, ultravioleta e infrarroja, es ventajoso recoger las longitudes de onda de medición que maximizan la relación señal-ruido durante el uso de fuentes prácticas y rentables 803 y detectores 809.

Las fuentes coherentes 803 están típicamente enfriadas por un mecanismo de enfriamiento 804. El mecanismo de enfriamiento 804 es típicamente un enfriador termoeléctrico en combinación con un dispositivo de medición de temperatura tal como un termistor, que permite que la temperatura de la fuente 803 sea controlada electrónicamente con precisión con un sistema de control de realimentación, por ejemplo. El ajuste de la temperatura permite que algunos rayos láser sean sintonizados para la longitud de onda. El control de la temperatura tiene el beneficio añadido de evitar el desvío de la temperatura, que puede modular de forma inadvertida la fuente 803. Si la fuente 803 es sustancialmente estable a una longitud de onda deseada, el mecanismo de enfriamiento 804 puede ser omitido simplificando el diseño, así como la reducción de su coste.

Dado que las longitudes de onda de los láseres sintonizables pueden ser arrastradas durante sobre picos de absorción, el controlador 801 puede recoger un pico que maximiza la relación señal-ruido. Por lo general, será una longitud de onda con la mayor absorción y la sensibilidad a la temperatura más baja para el gas medido, mientras que no coincida con cualesquiera otros gases presentes. Además, el sistema puede recoger una longitud de onda diferente en caso de que detecte una cierta forma de interferencia en la longitud de onda existente.

La potencia de salida de cada fuente coherente 803 se puede regular también. Esto se puede hacer con un sistema de realimentación de corriente o un sistema de retroalimentación de foto-diodo o una combinación de los dos.

La fuentes pueden ser modulada por la estimulación eléctrica directa 802 o mecánicamente utilizando un obturador de control eléctrico tal como una rueda pulsadora o obturador de cristal líquido. Un procedimiento de modulación de la fuente de luz 803 en el dominio del tiempo utiliza una forma de onda de frecuencia constante tal como una onda senoidal u onda cuadrada, así como otros patrones más complejos, ortogonales. Otras técnicas de modulación de dominio de tiempo, tal como desplazamiento de fase entre dos fuentes en 90 grados, son posibles también.

La modulación de tiempo de las fuentes permite que el sistema ignore las señales o ruido de fondo tomando una modulación que evita fuentes de luz externas. Esto no sólo incluye cualquier fuente de luz ambiente, sino también cualquier luz emitida por la propia pluma gaseosa caliente. La transmisión de la luz a través de una pluma puede entonces medirse constantemente, independientemente de la temperatura de la pluma. La modulación de tiempo también permite que la invención utilice un único detector 812 mediante la colocación de cada señal de luz en su propia banda de frecuencia que se puede separar electrónicamente por un mecanismo de desmodulación 815. Esto reduce la complejidad física del diseño, así como la sustitución de materiales de detección de luz exóticos de alto costo con electrónica o computación digital de desmodulación de bajo coste. Además, la modulación de tiempo aumenta la sensibilidad del detector 812 operando en una banda en donde el 1/f ruido es menor.

Si las fuentes 803 no son moduladas por separado en el dominio del tiempo, pueden utilizarse otros medios para detectar cada fuente. Por ejemplo, el sistema puede utilizar múltiples detectores, cada uno sintonizado en una longitud de onda óptica específica, uno para cada fuente coherente. Una procedimiento es utilizar un filtro óptico en conjunto con cada detector o incluso el uso de ancho de banda natural del detector para discriminar cada fuente de luz. Otro procedimiento implica el cambio de la polarización de cada fuente y el uso de detectores en conjunción con filtros de polarización.

La función del combinador óptico 805 es formar los haces coherentes separados de la fuentes 803 en un único haz de luz 806. El combinador óptico 805 puede ser un conjunto fusionado de fibra óptica o un divisor de haz invertido, por ejemplo. El combinador óptico puede ser eliminado si sólo se desea una longitud de onda de medición o si las fuentes pasan a estar ya en un único haz o si la óptica de posicionamiento separado 807 se utiliza para cada fuente 803.

Típicamente, la óptica de posicionamiento 807 es un espejo giratorio conectado a un motor de velocidad controlada. La velocidad de rotación del motor determina la rapidez en que el haz de luz se escanea en un área de interés. El escaneo puede ser una sola línea 831 o una serie de líneas 841 en un patrón que puede utilizarse para detectar remotamente las propiedades de la pluma gaseosa de interés. Al escanear el haz de luz 806, la posición de la pluma gaseosa 810 se puede determinar. Puesto que se controla la velocidad del aparato de escaneo 807, el dispositivo de control 801 puede correlacionar la medición del detector 812 con la posición del haz 806.

Si no se desea la posición de la pluma, puede utilizarse una lente generadora de línea 601, por ejemplo, eliminando la necesidad de partes móviles. El aparato de escaneo 807 puede ser omitido por completo si un solo haz es suficiente para la medición deseada.

5 El reflector 809 puede estar hecho de varios materiales. Puede utilizarse cinta o pintura retrorreflectante, por ejemplo. Alternativamente, una serie de cubos de esquina espejados pueden estar unidos a la calzada. Otros aspectos más de la elección del material implican si la instalación es temporal o permanente. El reflector adicional 809 se puede omitir si la carretera 808 u otra característica de fondo preexistente es sustancialmente reflectante de manera que se consigue una relación adecuada de señal-ruido con el pluma 810 de interés. La superficie reflectante 809 se puede omitir por completo si la fuente y el detector están separados de manera tal que la pluma 810 está
10 entre los dos. Esto requiere dos controladores separados 801 y posibles bucle de bloqueo de fase u otros medios para sincronizar los dos dispositivos.

Dado que la superficie reflectante 809 es en una carretera 808 o alguna otra área no controlada, dado al uso y desgaste del medio ambiente, es razonable suponer que la reflexión no será uniforme sobre el área de la superficie. Debido a que esta invención divide la región medida en pequeños sustancialmente haces 806, la reflexión sobre uno
15 cualquiera de los haces 806 será principalmente constante. También, puesto que las mediciones se pueden hacer con relación a una medición de referencia 203, las fuentes constantes de atenuación se dividirán fuera de los cálculos.

Dado que esta realización utiliza una superficie externa reflectante 809, las fuentes moduladas 803, y el detector 809 pueden estar físicamente juntos 818, y controlados por un único controlador 801. Una de las ventajas de este
20 esquema es que, debido a que las fuentes moduladas y el detector puede ser controlados centralmente, las fuentes moduladas se pueden sincronizar con la electrónica del detector. Esto elimina la necesidad de una bucle de bloqueo de fase u otro mecanismo de sincronización en la electrónica del detector.

La sección de detección de este modo de realización incluye óptica de enfoque 811, así como un detector electro-
25 óptico 812 conectado a un amplificador de bajo ruido 813. La óptica de enfoque 811 permite que la realización de una imagen de área grande, suficientemente grande preferible para ver toda la pluma de interés 810. El detector 812 puede ser un fotodiodo semi-conductor o una termopila o cualquier dispositivo de detección sensible. El detector está hecho de un material que puede detectar la luz en las longitudes de onda deseadas. El amplificador de bajo ruido 813 puede consistir en cualquier señal analógica apropiada que procesa electrónica capaz de extraer adecuadamente la señal de interés del detector 812.

30 Convencionalmente, se utilizan fuentes de luz paralelas para medir plumas gaseosas, lo que es desventajoso, ya que requiere que el sistema de medición sea tan grande como la propia pluma. Esto puede ser poco práctico si la pluma es muy grande tal como una de una pila de humo. Esta forma de realización de la invención usa luz enfocada que permite que todo el sistema 818 sea sustancialmente más pequeño que la pluma 810 en sí o la región de interés y que encaje en un espacio compacto y práctico. Potencialmente, esto hace que el dispositivo sea discreto y portátil.

35 El detector opto-electrónico 812 así como el amplificador de bajo ruido 813, se pueden enfriar 814 para aumentar la sensibilidad de la detección. El control de la temperatura tiene el beneficio adicional de hacer que el detector 812 sea más estable, eliminando el desvío no deseado en la señal medida. Diversas técnicas de enfriamiento son posibles incluyendo refrigeradores termoeléctricos, un frasco de Dewar que contiene un poco de líquido criogénico, o un motor Stirling. Si el elemento detector existente 812 y el amplificador de bajo ruido 813 son lo suficientemente
40 sustancialmente sensibles, el mecanismo de enfriamiento 814 puede ser omitido por completo ahorrando costes y simplificando el diseño.

Durante el uso solamente del detector de banda ancha simple 812 es deseable mantener el sistema simple, una serie de detectores de banda estrecha o de otro modo detectores de banda limitada pueden utilizarse si no hay ningún detector práctico con la banda contigua que contenga todas las longitudes de onda de interés.

45 Otra realización sustituye el detector de un solo elemento 812 con un conjunto de detectores. Los detectores están dispuestos de manera tal que la posición de cada detector de elemento se corresponde con una posición de medición deseada. En este caso la disposición de los detectores formará una imagen de la pluma de interés. Además, con la combinación de ambas una óptica de posicionamiento 807 y una serie de imágenes, se pueden hacer mediciones 3D de la pluma gaseosa o el vehículo o cualquier otro objeto en el campo de visión utilizando
50 técnicas de fotogrametría bien conocidas.

Aún otra realización utiliza una fuente de banda ancha difusa, modulada en el tiempo en relación con una disposición de plano focal. Los elementos del arreglo pueden tener uno o más filtros ópticos de enmascaramiento de diferentes áreas de la FPA. Una FPA puede tener una rueda de filtros motorizada antes, después o entre los
55 elementos de enfoque de una lente de formación de imágenes. Alternativamente, los filtros se pueden colocar en frente de la fuente de banda ancha. Esto puede mejorar la relación señal-ruido de la medición gaseosa respecto de aquella de una fuente coherente abarcando múltiples picos de absorción. La insensibilidad de temperatura se puede lograr abarcando las bandas de absorción individuales de una molécula objetivo. La fuente de banda ancha puede ser modulada electrónicamente o mecánicamente para ayudar a distinguirla de la radiación de fondo. Las fuentes de

banda ancha filtradas de manera diferente pueden ser moduladas en diferentes frecuencias para diferenciar cada gas objetivo. Además, la posición de la fuente puede ser modulada de manera que pueda utilizarse un detector de elemento único. Por ejemplo, un ID óptico o modulador espacial 2D tal un obturador de cristal líquido pueden proporcionar una modulación por separado para cada posición de medición deseada.

- 5 Una realización adicional utiliza una serie de fuentes de banda estrecha. Esta realización usa fuentes de luz donde cada una cubre una banda estrecha de longitudes de onda. Ciertos diodos emisores de luz (LED) pueden llenar este requisito. Este procedimiento es similar al uso de una fuente de banda ancha en conjunción con un filtro óptico y de manera similar puede mejorar la relación señal-ruido de la medición gaseosa abarcando múltiples picos de absorción. Cada fuente de luz puede ser modulada en el tiempo como antes y se detecta con un detector único o una serie de detectores. Con este enfoque, los filtros no son necesarios para el detector.

Aunque esta invención se centra en la medición de gases de escape de automóviles, se puede observar que la invención no se limita a gases de escape de automóviles, sino que puede medir cualquier forma de fenómeno gaseoso dentro de algún campo de visión contra algún fondo de reflexión. Alternativamente, si la fuente de luz y el elemento detector están en línea, no es necesario un fondo de reflexión.

- 15 El cálculo de la masa óptica a partir de mediciones de intensidad de luz se puede generalizar mediante la siguiente ecuación:

$$I(t) = \int_0^{\infty} H(\nu)T(\nu, t)d\nu ,$$

donde,

ν es la longitud de onda de la luz.

- 20 t es el tiempo de la medición.

$I(t)$ es una medición de intensidad de luz en el tiempo, t .

$H(\nu) = I_0(\nu) H_r(\nu)H_f(\nu)H_d(\nu)$ es la función del sistema.

$I_0(\nu)$ es la intensidad de la fuente de luz.

$H_r(\nu)$ es la atenuación del reflector.

- 25 $H_f(\nu)$ es la atenuación del filtro.

$H_d(\nu)$ es la atenuación del detector.

$T(\nu, t) = e^{-\sum_{i=1}^N \kappa_i(\nu)om_i(t)}$ es la transmitancia a través del trayecto gaseoso, o ley de Beer.

$\kappa_i(\nu)$ es una sección transversal para la molécula, i .

$om_i(\nu)$ es la masa óptica para la molécula i .

- 30 N es el número de moléculas.

Es útil dividir una medición de intensidad por una medición de referencia en algún momento, t_0 para obtener una transmitancia total relativa.

$$T_{Total}(t) = \frac{I(t)}{I(t_0)} = \frac{\int_0^{\infty} H(\nu)T(\nu, t)d\nu}{\int_0^{\infty} H(\nu)T(\nu, t_0)d\nu}$$

- 35 De esta manera, si alguna parte de $H(\nu)$ es constante a lo largo del ancho de banda, la constante se cancelará en la división. Por lo general, uno de los términos del sistema en $H(\nu)$ es dominante para cada forma de realización de la invención. Para la forma de realización con una fuente de banda ancha, $H_f(\nu)$ es el término dominante y los otros términos principalmente cancelan. Para las realizaciones de una fuente de banda estrecha y una fuente coherente, $I_0(\nu)$ es el término dominante, debido a su intensidad supera la baja reflectancia de la superficie de la carretera. Cualquiera de estos términos pueden cambiar con el tiempo en función de las condiciones ambientales. Como resultado, con una buena caracterización del término del sistema dominante, las mediciones exactas pueden ser

- 40

hechas sin necesidad de caracterizar los otros términos.

También, si los términos de masa óptica en t_0 con cero (tal como al vacío) entonces, $T(\nu, t_0)=1$, y la ecuación se simplifica a:

$$\frac{I(t)}{I(t_0)} = \frac{\int_0^\infty H(\nu)T(\nu, t)d\nu}{\int_0^\infty H(\nu)d\nu}$$

- 5 Dado que todos los términos, excepto $om_i(t)$ son conocidos o medidos o cancelados, la invención puede resolver $om_i(t)$. Una forma de calcular $om_i(t)$ es llevar a cabo una solución numérica computacional utilizando una técnica conocida como el procedimiento de Newton o algún procedimiento similar. Alternativamente, una tabla de consulta puede ser calculada de antemano para una serie de valores deseables, o una curva aproximada se puede ajustar a $T_{total}(om_i)$. Si $N = 1$, una de tales curva es:

$$T_{Total}(om_i) = e^{-a \cdot om_i^b}$$

10

donde a y b son los coeficientes.

Una vez que se calcula $om_i(t)$ podemos a su vez determinar las cantidades absolutas o concentraciones.

- 15 Si existe más de una sección transversal en la banda medida para los gases presentes en el trayecto, no existe más una relación de una dimensión entre la transmitancia y masa óptica. Una forma de utilizar dicha medición es tomar mediciones independientes adicionales en otras bandas a fin de formar un sistema de ecuaciones. Con un número suficiente de mediciones independientes se pueden encontrar las masas ópticas. Por ejemplo, si la invención se ha configurado para medir dos bandas, una banda que contiene CO y CO₂, y otra banda que sólo contiene CO, la medición de la banda de CO puede ser eliminada de la medición de la banda de CO/CO₂ permitiendo que la invención en cambio calcule la masa óptica de CO₂. Este procedimiento permite que la invención utilice bandas que sean rentables para medir debido a la disponibilidad de fuentes, filtros y detectores, pero que están densamente pobladas por secciones transversales.
- 20

- Para una fuente coherente, las integrales se eliminan ya que estamos midiendo principalmente una sola longitud de onda y las respuestas $H(\nu)$ se anulan si son principalmente constantes entre las mediciones t_0 y t , además la suma de la profundidad óptica se elimina si sólo hay una elemento en la intersección del conjunto de secciones transversales que no son cero en esa longitud de onda y el conjunto de masas ópticas en el trayecto.
- 25

$$\frac{I(t)}{I(t_0)} = \frac{e^{-\kappa_i(\nu_0)om_i(t)}}{e^{-\kappa_i(\nu_0)om_i(t_0)}} = e^{-\kappa_i(\nu_0)(om_i(t)-om_i(t_0))}$$

Nuevamente, si la masa óptica en t_0 es cero, la ecuación se simplifica a:

$$\frac{I_{\nu_0,i}(t)}{I_{\nu_0,i}(t_0)} = e^{-\kappa_i(\nu_0)om_i(t)}$$

- 30 Como alternativa a la toma de mediciones en dos momentos diferentes, el procedimiento DIAL puede utilizarse donde se toman mediciones utilizando dos fuentes coherentes a diferentes longitudes de onda, una en línea y la otra fuera de línea.

$$\frac{I_{\nu_1,i}(t)}{I_{\nu_0,i}(t)} = e^{-(\kappa_i(\nu_1)-\kappa_i(\nu_0))om_i(t)}$$

De acuerdo a la presente invención, tomando una foto de la pluma de gases de escape con una cámara infrarroja o ultravioleta, se calcula la masa total de un gas específico en esa pluma. En el caso de gases de escape del vehículo

dejados atrás, se puede medir de forma remota los gases específicos en los gramos por distancia. En el caso de las plumas apiladas de humo, se puede medir de forma remota los gases específicos en gramos por cada vez que la pila de humo está siendo arrojada. Todas estas mediciones vienen directamente de las fotos/Imágenes. La capacidad de medir de forma remota el número de moléculas en una pluma es posible gracias a la mas óptica a. No importa si las moléculas residen en el trayecto. Es como comprimir todas las moléculas en el trayecto en una superficie plana 2-D. Es indiferente que la pluma no sea uniforme en la concentración o longitud de trayecto. Esta técnica simplemente cuenta el número de moléculas en un haz de luz.

5

Además de las aplicaciones anteriores, el dispositivo de la presente invención puede encontrar aplicaciones en un amplio espectro de campos. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 10, el dispositivo puede utilizarse para detectar y analizar los ingredientes y su cantidad de emisión /pluma de gases de escape 1040 emitida desde una fábrica 1001. La fuente de luz 1010 emite un haz de luz y transmite la luz emitida a través de una pluma de gases de escape 1040 emitida desde la fábrica a una superficie 1002, donde la luz transmitida 1020 es diseminada en la superficie 1002. El detector 1030 recibe al menos una porción de la luz diseminada 1020 dispersada desde la superficie 1002 y procesa la luz recibida en la misma para determinar una cantidad de al menos uno de los componentes de la pluma de gases de escape 1040. El detector 1030 puede ser una camera o una serie de fotosensores para tomar imágenes de la pluma de gases de escape 1040. Además, el detector 1030 puede estar en un satélite para tomar imágenes satelitales de la pluma de gases de escape 1040 para procesar.

10

15

Otras aplicaciones incluyen, pero no se limitan a, el uso de las imágenes satelitales de la atmósfera de la tierra para cuantificar los componentes de la atmósfera con el fin de identificar la fuente de calentamiento global. Otra aplicación incluye la cuantificación de los ingredientes y las cantidades de una pluma/gas desconocida de sus imágenes/fotos tomadas de forma remota, lo que puede obtener una gran cantidad de relevancia en la lucha contra el terrorismo.

20

En resumen, la presente invención, entre otras cosas, describe un dispositivo de detección remota que utiliza tecnología LIDAR. El haz de luz emitido desde una fuente es dirigido hacia abajo, transmitiéndose a través de la pluma de gases de escape, hacia la superficie de un carril de circulación de una carretera en el que el vehículo es conducido. La luz transmitida se dispersa luego en la superficie del carril de circulación. Una óptica de recolección se utiliza para recoger la luz dispersada de la superficie del carril de circulación. La luz recogida se entrega al detector para el análisis de los componentes y proporcionar una cantidad del componente determinado de la pluma de gases de escape. Además, de acuerdo a la presente invención, se puede utilizar una serie de detectores para adquirir imágenes de la pluma de gases de escape y la superficie de la carretera, lo que permitiría dar a conocer el cuadro completo de los contaminantes en el gas de escape del vehículo.

25

30

La descripción anterior de las realizaciones ejemplares de la invención se ha presentado solamente para los fines de ilustración y descripción y no pretende ser exhaustiva o limitar la invención a las formas precisas descritas. Muchas modificaciones y variaciones son posibles a la luz de las enseñanzas anteriores.

35

40

Las realizaciones se eligieron y describieron con el fin de explicar los principios de la invención y su aplicación práctica a fin de incentivar a otros expertos en la técnica a utilizar la invención y varias realizaciones y con varias modificaciones que sean adecuadas al uso particular contemplado. Las realizaciones alternativas resultarán evidentes para los expertos en la técnica a la que pertenece la presente Invención sin apartarse del ámbito de aplicación. Por consiguiente, el alcance de la presente invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas en lugar de la descripción anterior y los ejemplos de realización descritos en la misma.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo para cuantificar cantidades absolutas de al menos uno de los ingredientes de una pluma (140) de un vehículo (105), que comprende:
- 5 (a) una fuente de luz (110) para emitir un haz de luz (112) a través de la pluma (140) a una superficie (101) en la que se dispersa la luz;
- (b) un detector sensible a la luz (130) capaz de adquirir imágenes compuestas por píxeles (170) para adquirir una imagen de la pluma (140) que contiene información acerca de absorción de la luz dispersada (122) dispersada desde la superficie (101), en donde la absorción de la luz dispersada que es provocada por moléculas absorbentes de luz de al menos uno de los ingredientes de la pluma (140);
- 10 (c) un medio de recolección óptico (150) para formar dicha imagen mediante la dirección de una porción de la luz diseminada (122) sobre el detector (130); y
- (d) un procesador (132) para procesar la imagen adquirida para determinar una cantidad absoluta de al menos uno de los ingredientes de la pluma (140),
- caracterizado porque
- 15 el procesador (132) está configurado para ejecutar además las funciones de:
- (i) elegir una pluralidad de píxeles de la imagen adquirida, representando dicha pluralidad de píxeles una sección que cruza la pluma (140) transversalmente a una dirección de recorrido del vehículo (105) y representando un área detectada A_m de dicha sección, estando asignado cada píxel a un par de píxeles A_i que corresponde a una respectiva parte del área detectada A_m representada por el respectivo píxel;
- 20 (ii) caracterizar una tasa de absorción I/I_0 de luz de cada píxel elegido de la imagen adquirida;
- (iii) calcular una masa óptica μ de cada píxel (170) a partir de la tasa de absorción I/I_0 caracterizada del píxel por la ley de Beer: $\mu = -\ln(I/I_0)/\kappa(\nu)$ donde $\kappa(\nu)$ indica una sección transversal de absorción monocromática correspondiente al espectro de la luz recibida para al menos uno de los ingredientes de la pluma (140);
- (iv) multiplicar la masa óptica μ de cada píxel con la respectiva área de píxel A_i para obtener el número de moléculas, en donde la absorción de la luz diseminada es provocada por moléculas absorbentes de luz de al menos uno de los ingredientes de la pluma en cada píxel (170); y
- 25 (v) sumar el número de moléculas absorbentes de luz de cada píxel para obtener el número total de moléculas en donde la absorción de la luz diseminada es provocada por moléculas absorbentes de luz de al menos uno de los ingredientes de la pluma (140) en dicha sección que cruza la pluma (140) representada por la pluralidad de píxeles.
- 30 2. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el procesador está configurado para ejecutar además las funciones de:
- (vi) calcular el número de moles y así los gramos de al menos uno de los ingredientes de la pluma (140) en dicha sección que cruza la pluma (140); y
- 35 (vii) calcular el ancho de la sección que cruza la pluma (140) para obtener los gramos de al menos uno de los ingredientes por la distancia que el vehículo (105) está dejando atrás cuando el vehículo (105) es conducido.
3. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el detector (130) comprende al menos uno de una cámara infrarroja y una cámara ultravioleta con uno o más filtros de paso de banda estrechos, en donde uno o más filtros de paso de banda estrechos incorporan las bandas de absorción de gases específicos.
- 40 4. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el detector (130) comprende una pluralidad de fotosensores (160), donde cada fotosensor (160) genera una señal eléctrica sensible a la luz diseminada (122) diseminada desde la superficie (101), en donde la señal eléctrica es indicativa de la absorción de la luz recibida por la pluma (140).
5. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde el detector (130) comprende una serie de detectores capaz de captar imágenes de la pluma (140).
6. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la fuente de luz (110) comprende una fuente de luz halógena y/o glowbar.
- 45 7. El dispositivo de la reivindicación 6, que además comprende una óptica colimadora/diseminadora para colimar/diseminar la luz emitida (120) y transmitir la luz a través de la pluma (140) a la superficie (101).
8. El dispositivo de la reivindicación 7, en donde la óptica colimadora comprende un primer espejo cóncavo (361) y un segundo espejo cóncavo (362) colocado en relación con la fuente de luz (110) de manera tal que el primer espejo

cóncavo (361) recibe el haz de luz emitido desde la fuente y refleja la luz recibida al segundo espejo cóncavo (362), el segundo espejo cóncavo, a su vez, colima la luz reflejada y transmite la luz colimada a través de la pluma (140) a la superficie (101).

5 9. El dispositivo de la reivindicación 8, en donde el primer espejo cóncavo (361) y el segundo espejo cóncavo (362) definen un foco (365) entre los mismos, y un pulsador (366) es colocado sobre el foco.

10. El dispositivo de la reivindicación 1, en donde la fuente de luz (110) comprende uno o más láseres modulados, y/o LED modulados.

11. Un procedimiento para cuantificar cantidades absolutas de al menos uno de los ingredientes de una pluma, que comprende las etapas de:

10 (a) dirigir un haz de luz a través de la pluma a una superficie en la que el haz de luz es diseminado;
 (b) adquirir por medio de un detector sensible a la luz (130) capaz de adquirir imágenes compuestas por píxeles, en donde la absorción de la luz diseminada que es provocada por las moléculas absorbentes de luz de al menos uno de los ingredientes de la pluma; una imagen de la pluma que contiene información acerca de la absorción de la luz dispersada diseminada desde la superficie; y

15 (c) procesar la imagen adquirida para determinar una cantidad absoluta de al menos uno de los ingredientes de la pluma,

caracterizado porque

la etapa de procesamiento comprende además las etapas de:

20 (i) elegir una pluralidad de píxeles de la imagen adquirida, donde dicha pluralidad de píxeles representa una sección que cruza la pluma en la dirección de propagación del haz de luz representa un área detectada A_m de dicha sección, donde a cada píxel se le asigna un área de píxel A_i , que corresponde a una respectiva parte del área detectada A_m representada por el respectivo píxel;

(ii) caracterizar una tasa de absorción (I/I_0) de luz de cada píxel elegido de la imagen adquirida;

25 (iii) calcular una masa óptica μ de cada píxel a partir de la tasa de absorción (I/I_0) caracterizada del píxel por la ley de Beer: $\mu = -\ln(I/I_0)/\kappa(\nu)$ donde $\kappa(\nu)$ indica una sección transversal de absorción monocromática correspondiente al espectro de la luz recibida para al menos uno de los ingredientes de la pluma;

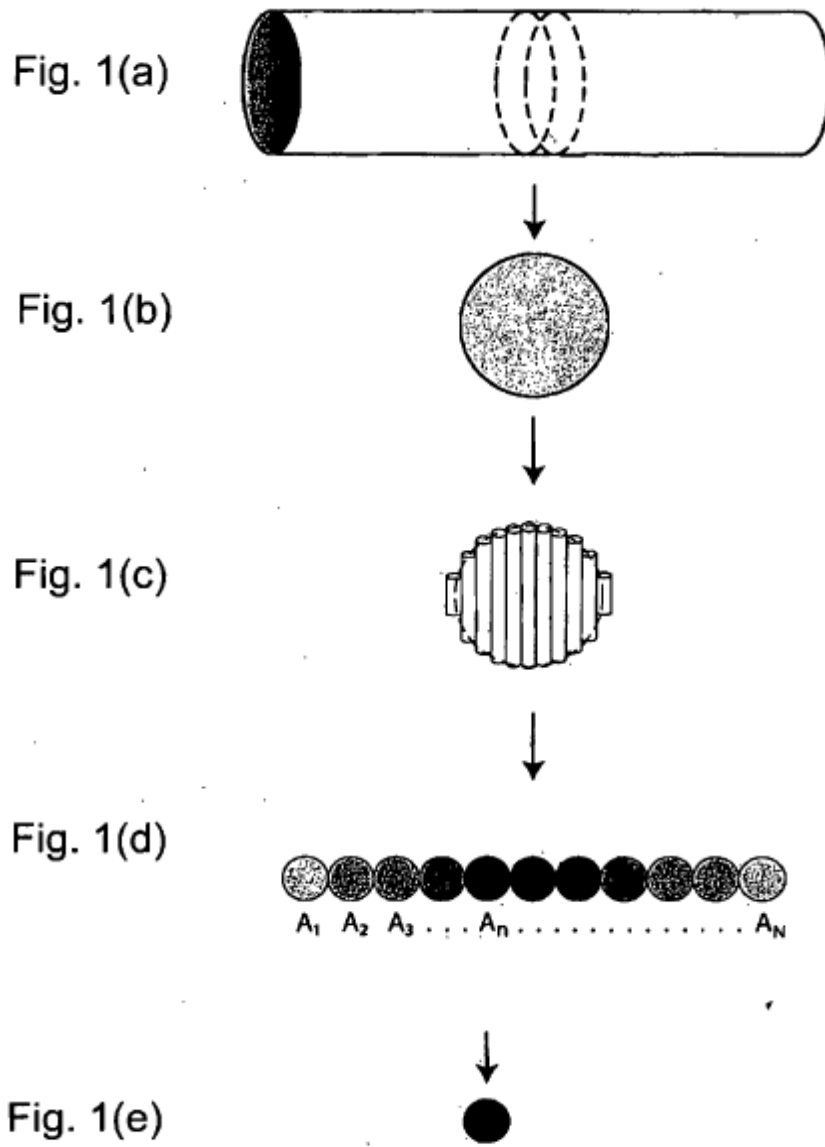
(iv) multiplicar la masa óptica μ de cada con la correspondiente área de píxel A_i para obtener el número de moléculas absorbentes de luz de al menos uno de los ingredientes de la pluma en cada píxel; y

30 (v) sumar dicho número de moléculas absorbentes de luz de cada píxel para obtener el número total de moléculas absorbentes de luz de al menos uno de los ingredientes de la pluma en dicha sección que cruza la pluma, representada por la pluralidad de píxeles.

12. El procedimiento de la reivindicación 11, en donde la pluma es una pluma de gases de escape de un vehículo (105) y en donde la etapa de procesamiento además comprende las etapas de:

35 (vi) calcular el número de moles y así gramos de al menos uno de los ingredientes de la pluma en dicha sección que cruza la pluma; y

(vii) calcular el ancho de dicha sección que cruza la pluma para obtener los gramos de al menos uno de los ingredientes por la distancia que el vehículo está dejando atrás cuando el vehículo (105) es conducido.



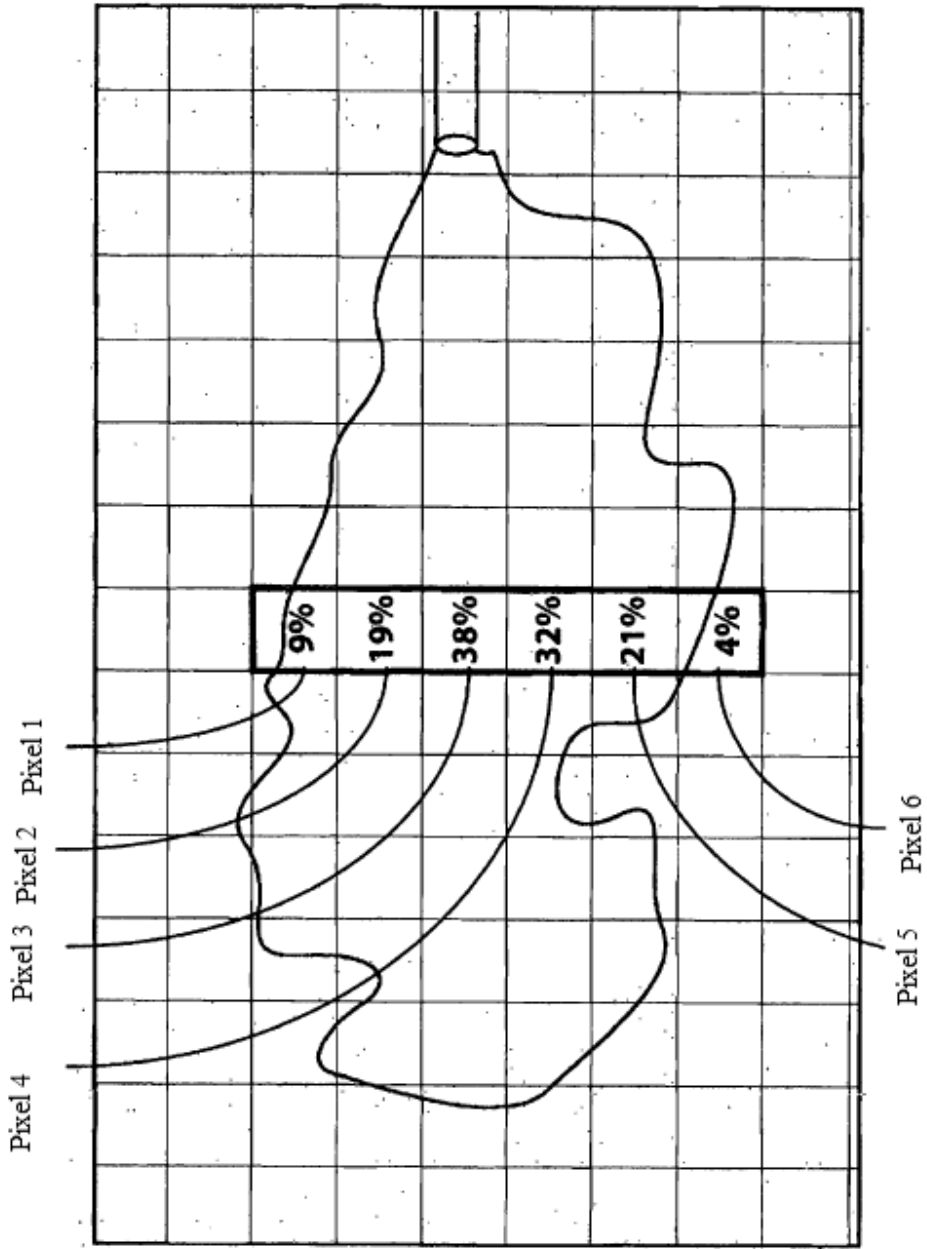


Fig. 1(f)

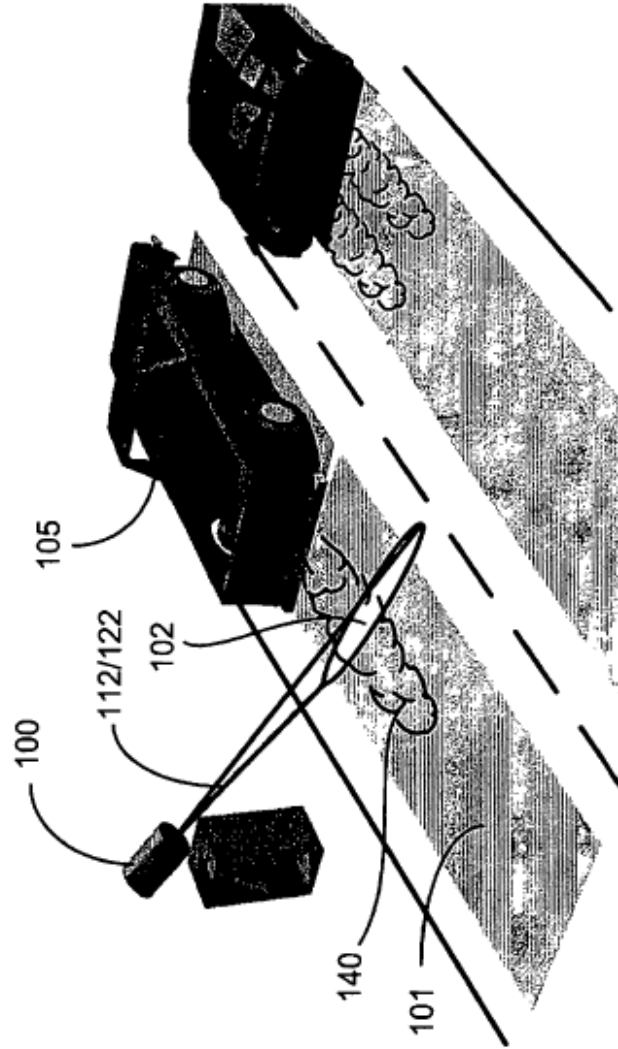


Fig. 2(a)

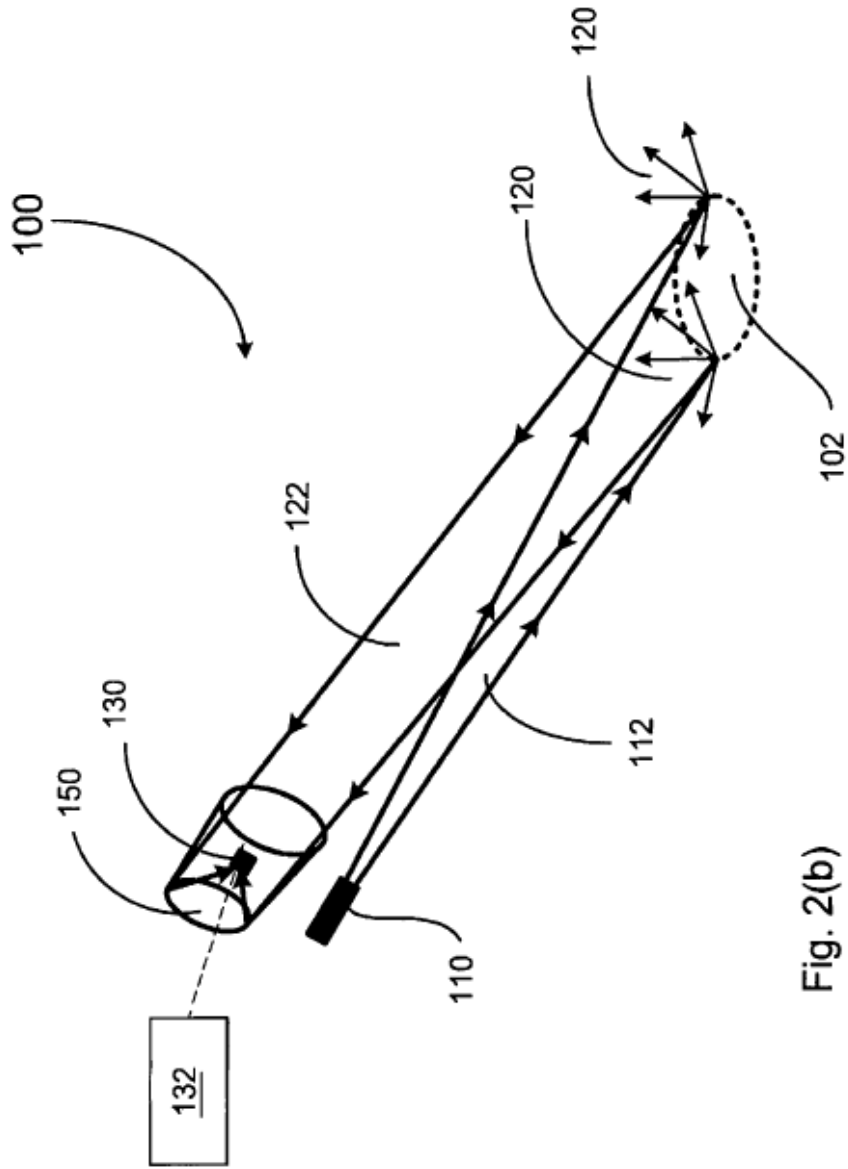


Fig. 2(b)

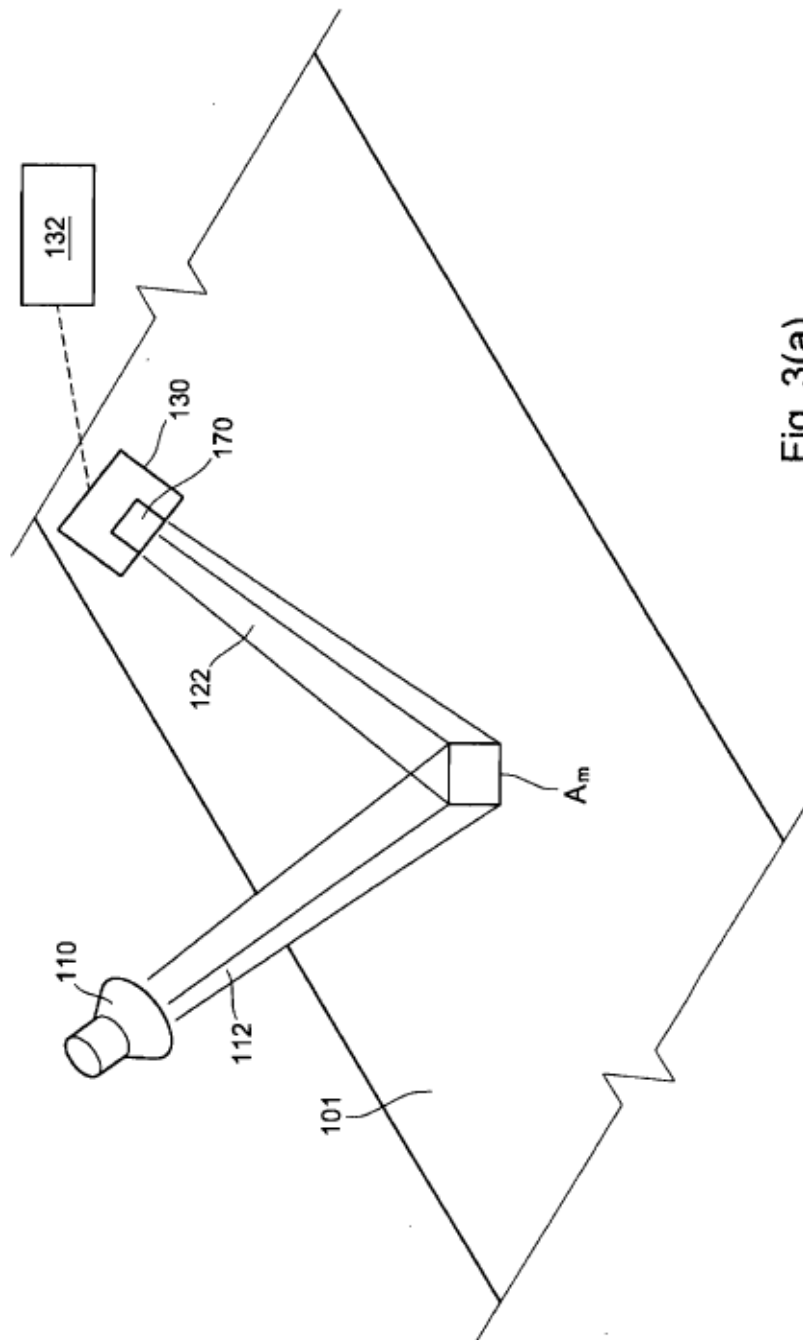


Fig. 3(a)

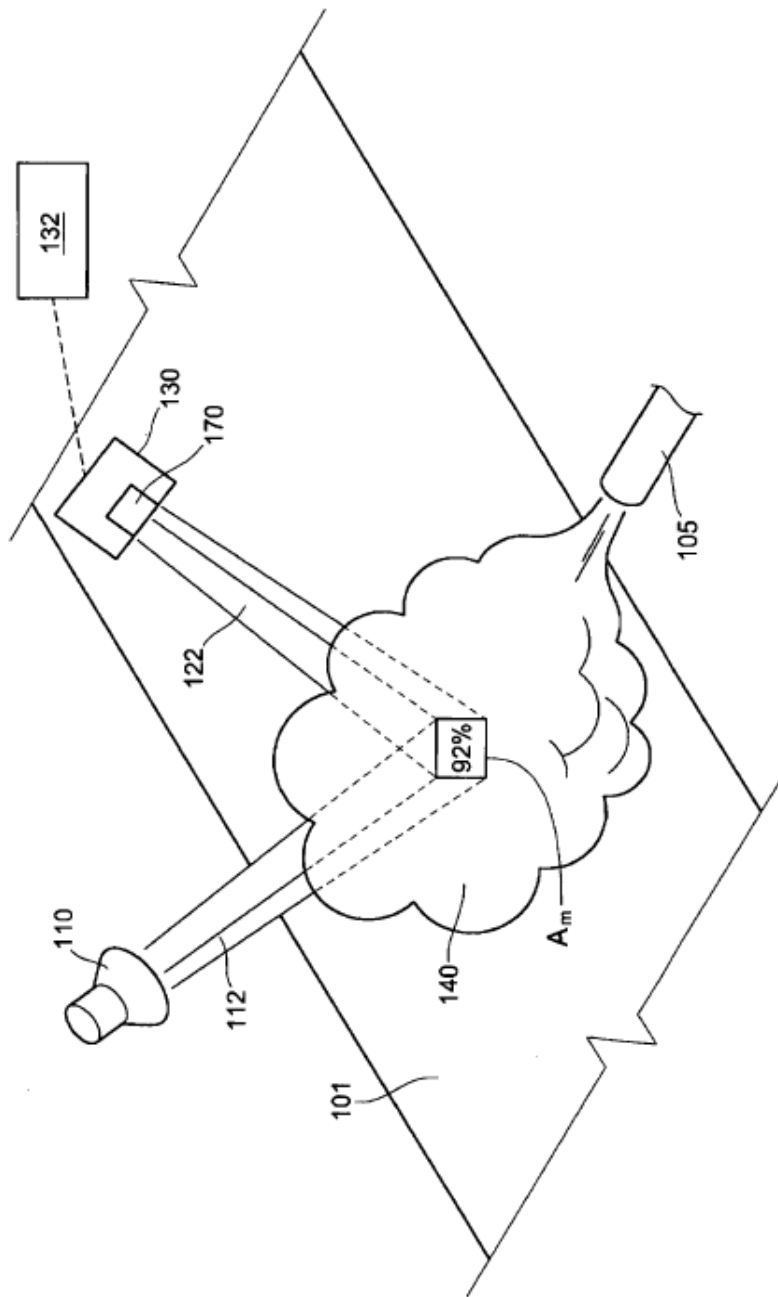


Fig. 3(b)

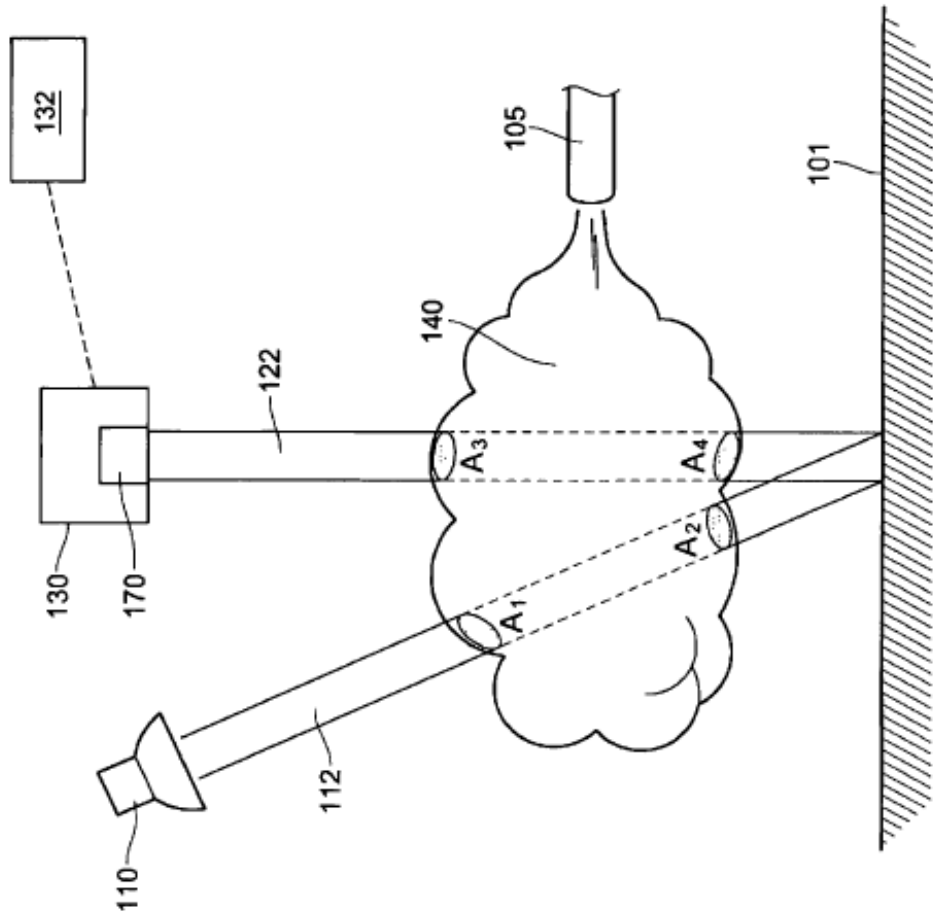


Fig. 3(c)

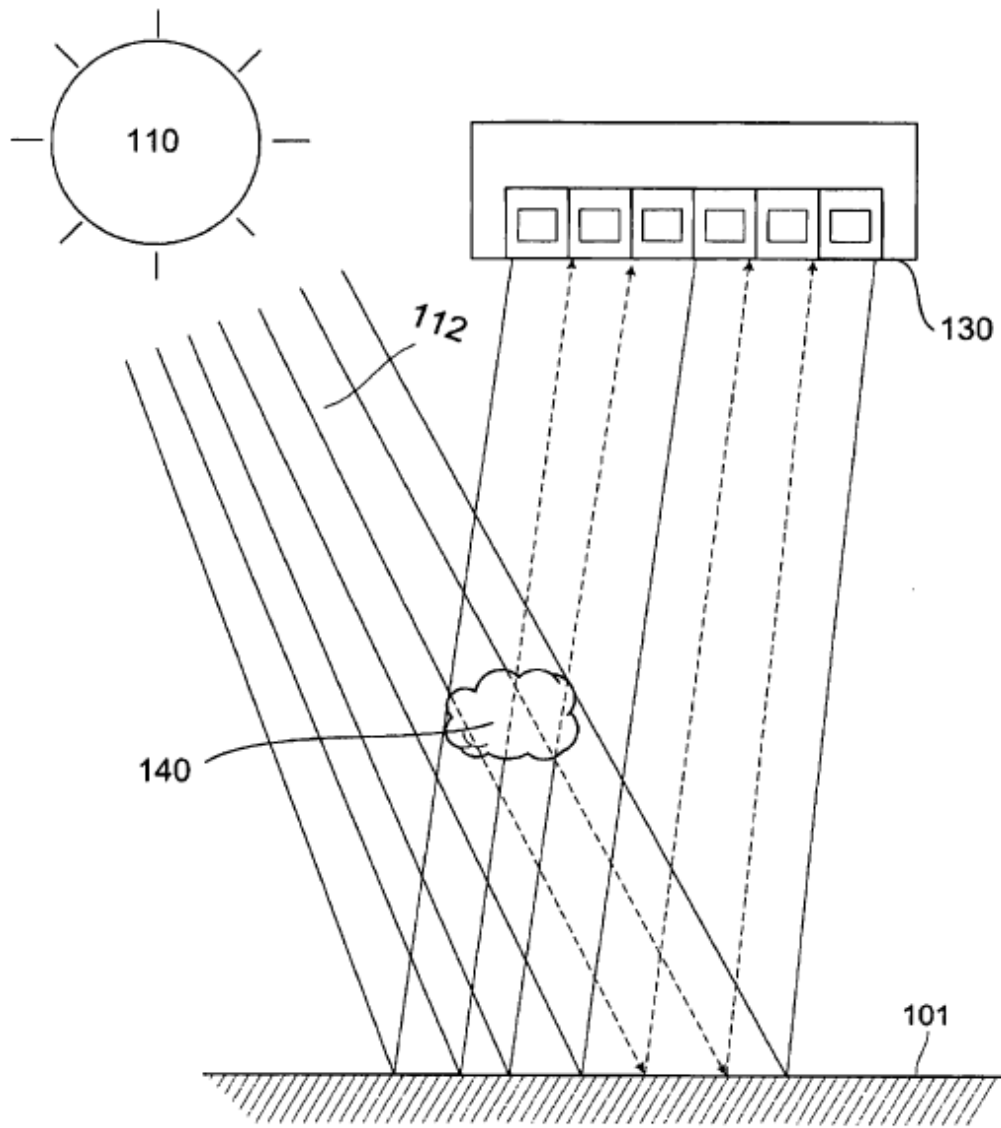


Fig. 3(d)

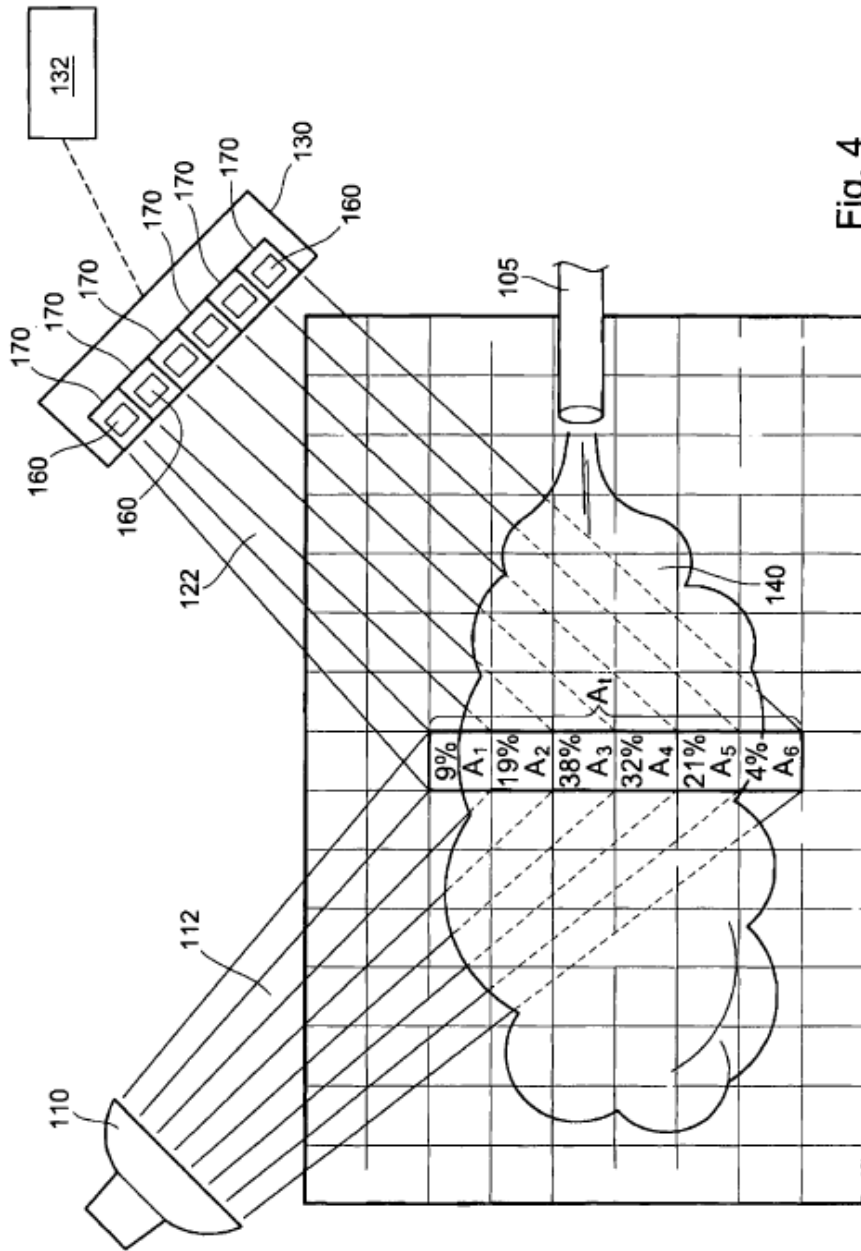


Fig. 4

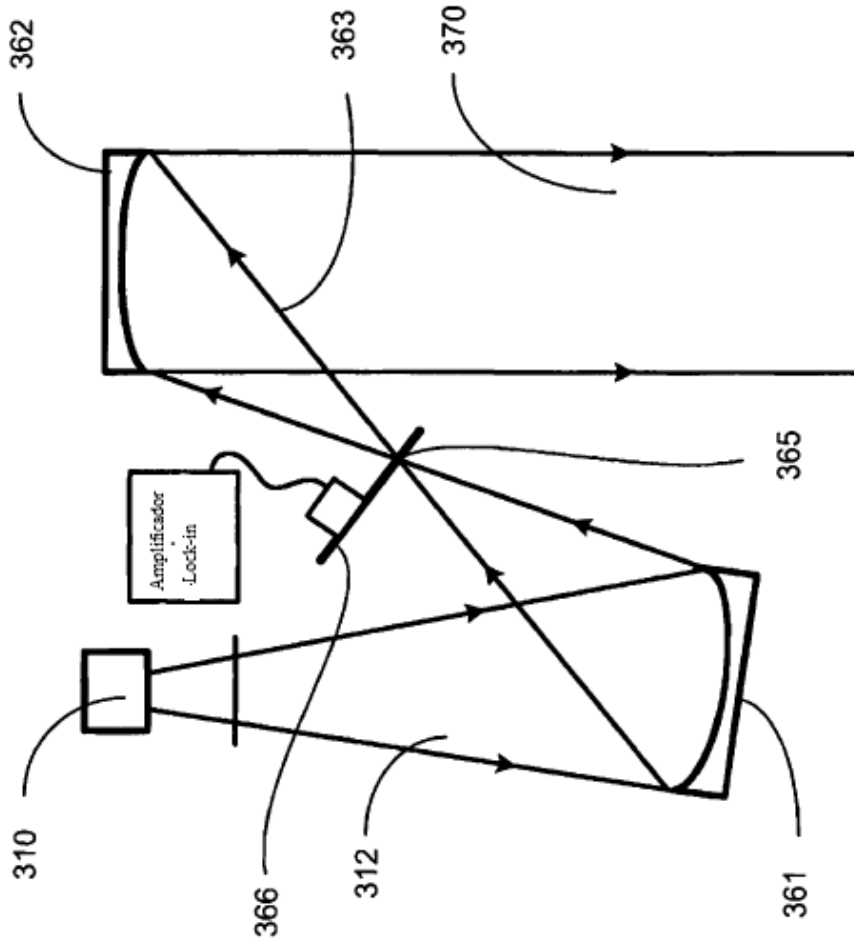


Fig. 5

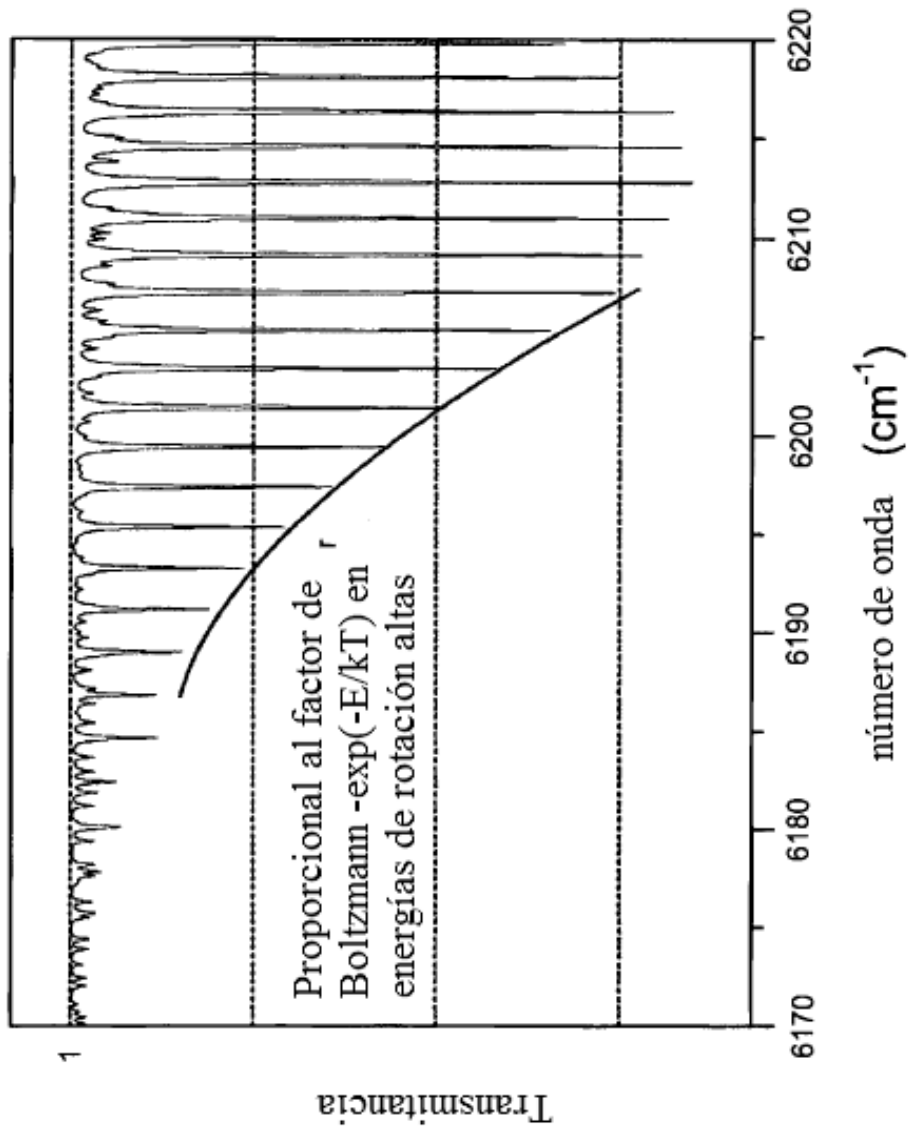


Fig. 6

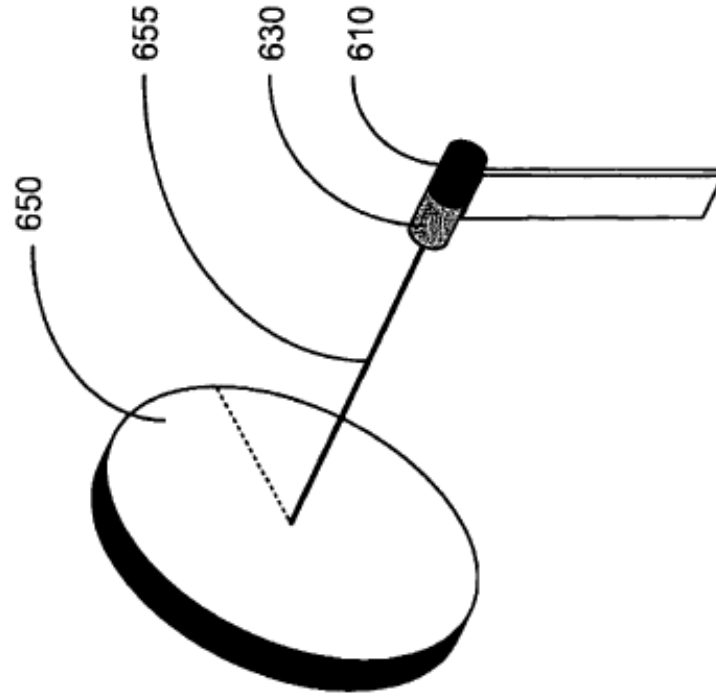


Fig. 7

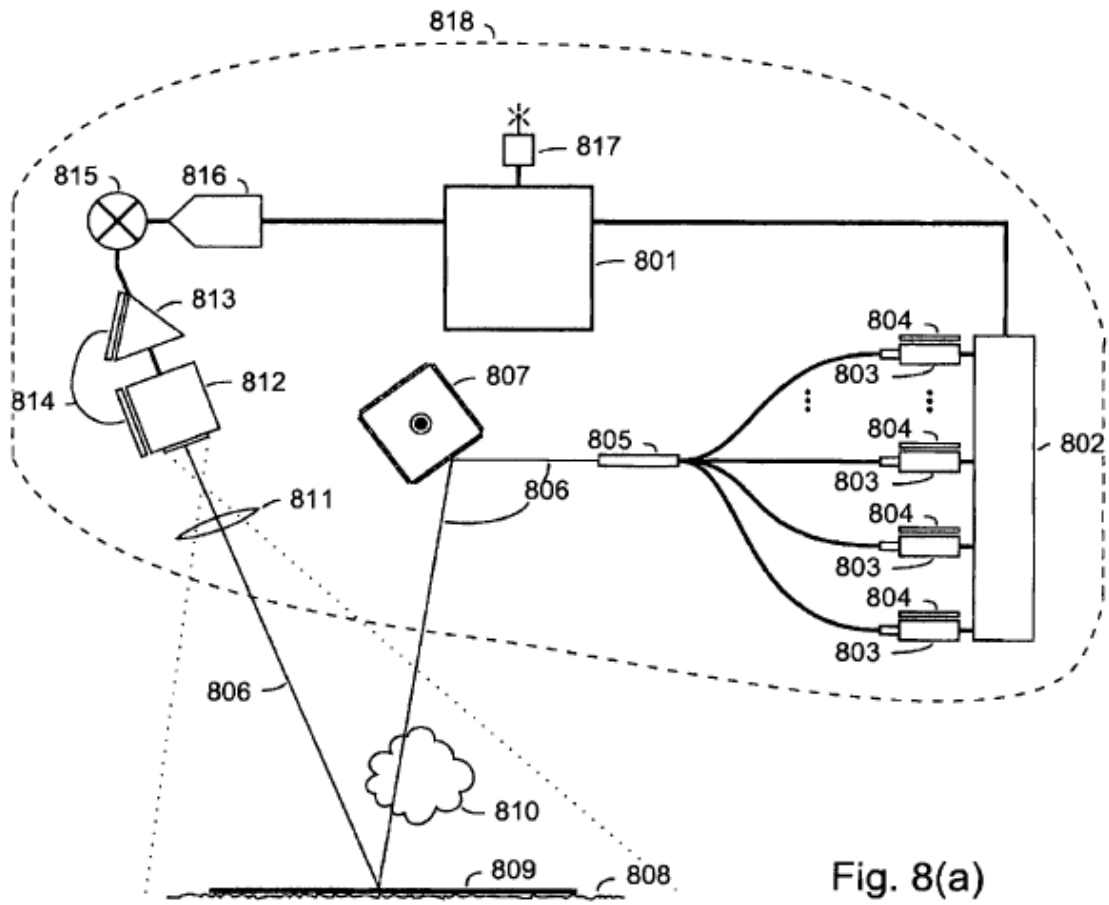


Fig. 8(a)

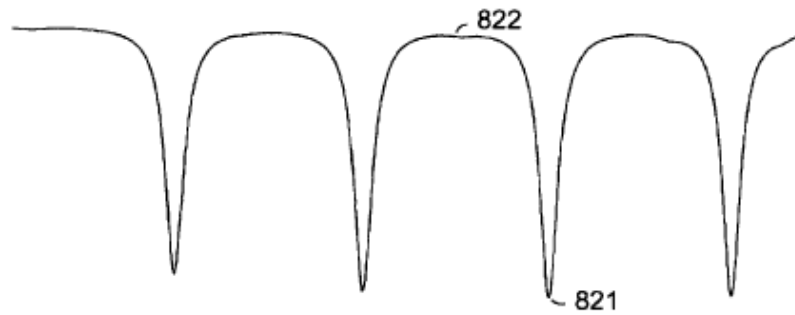


Fig. 8(b)

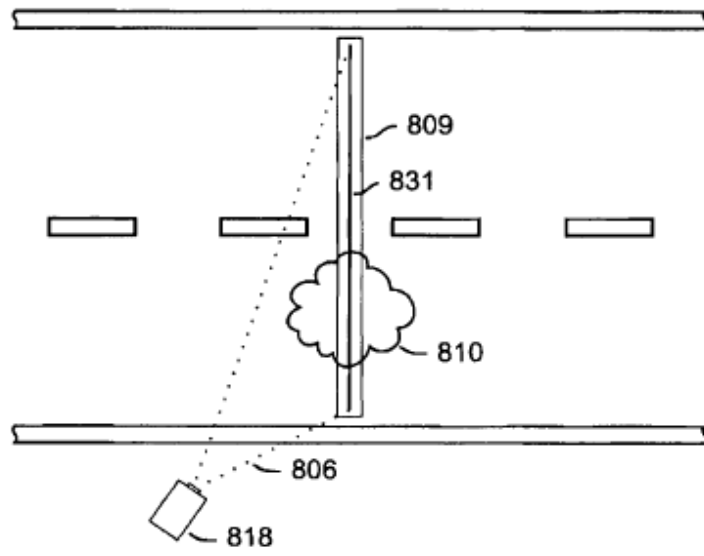


Fig. 9(a)

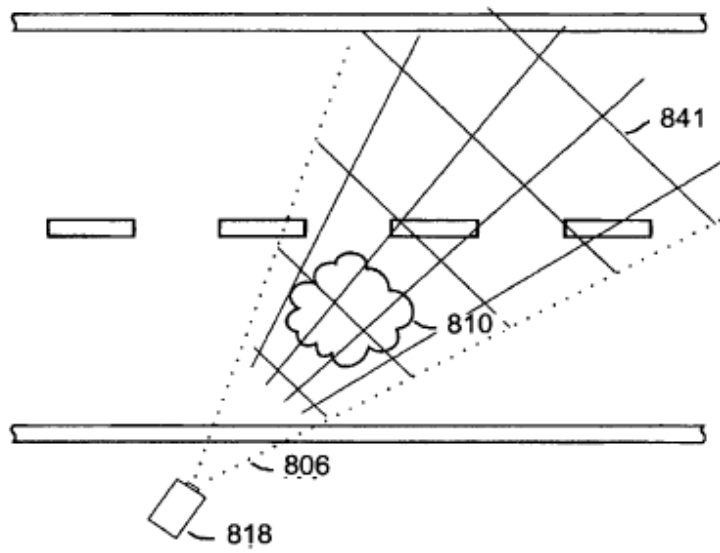


Fig. 9(b)

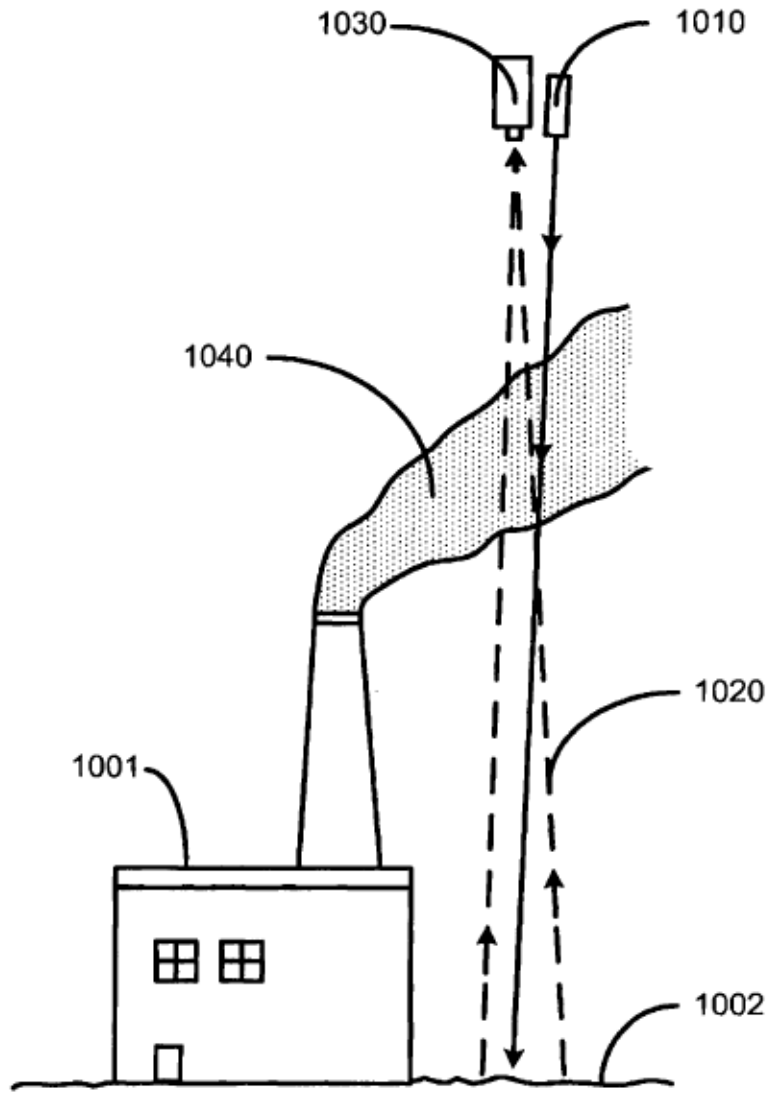


Fig. 10

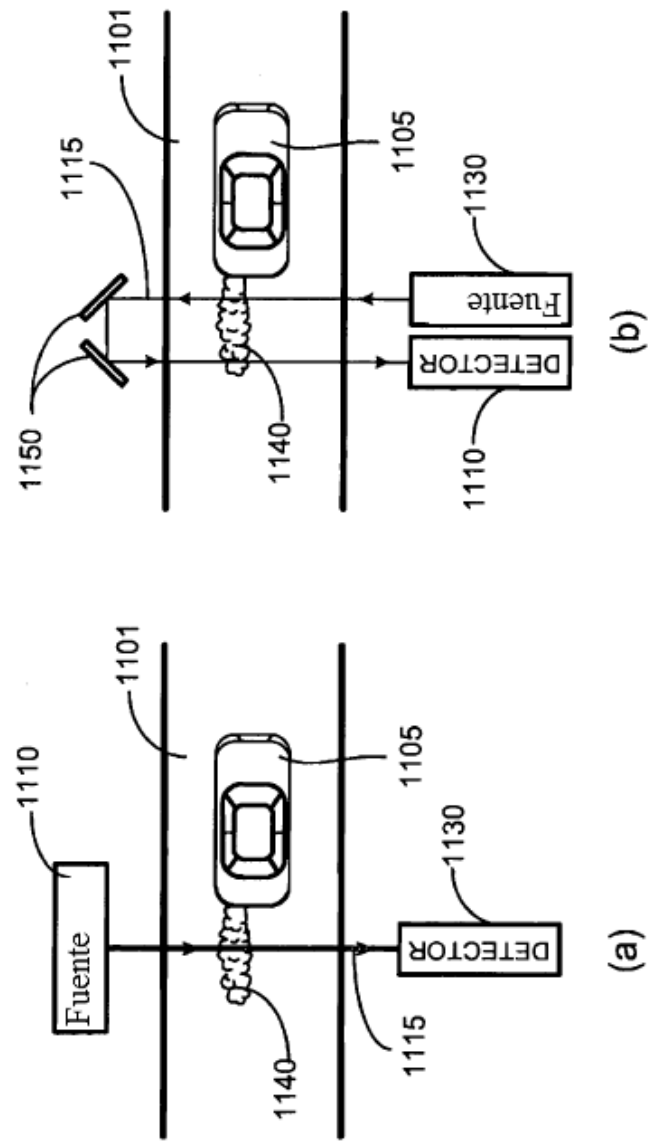


Fig. 11 (Técnica anterior)