(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 486 891**

(21) Número de solicitud: 201330048

(51) Int. Cl.:

G01N 27/00 (2006.01)
G01N 33/00 (2006.01)

(12) SOLICITUD DE PATENTE A1

(22) Fecha de presentación:

17.01.2013

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

19.08.2014

(71) Solicitantes:

SGENIA SOLUCIONES SL (100.0%)
Chile, 4
28290 Las Matas (Madrid) ES

(72) Inventor/es:

YÁÑEZ VILLARREAL, David Jesús;
DE BORJA RODRÍGUEZ ORTIZ, Francisco;
SERRANO JÉREZ, Eduardo y
VARONA MARTÍNEZ, Pablo

(54) Título: **Método de análisis de un gas y nariz artificial**

(57) Resumen:

Método de análisis de un gas y nariz artificial.

El método de análisis se realiza mediante una nariz artificial que comprende al menos un sensor, y comprende detectar una muestra del gas a analizar y modular adaptativamente al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor en función de una señal obtenida de la detección del sensor y de una medida de eficiencia. La nariz artificial comprende al menos un sensor de olor y medios de procesamiento adaptados para modular adaptativamente al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor en función de una señal obtenida de la detección del sensor y de una medida de eficiencia. La incorporación de estrategias de modulación adaptativa confiere a la nariz artificial de la invención unas reducidas dimensiones, por tanto, alta portabilidad, un amplio rango de aplicabilidad y un coste de producción reducido.

ES 2 486 891 A1

D E S C R I P C I Ó N

MÉTODO DE ANÁLISIS DE UN GAS Y NARIZ ARTIFICIAL

OBJETO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere a un método de análisis de un gas mediante una nariz artificial y a una nariz artificial bioinspirada de aplicación general, que utiliza estrategias de modulación adaptativa de los parámetros del sensor dirigida por el objetivo dado a la nariz. La incorporación de dichas estrategias confiere a la nariz artificial de la invención unas reducidas dimensiones, por tanto, alta portabilidad, un amplio rango de aplicabilidad y un coste de producción reducido.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

Las narices electrónicas son máquinas diseñadas para efectuar la detección y discriminación de olores con precisión. Una definición generalmente aceptada de un sistema olfativo artificial fue dada por Gardner y Bartlett en 1994 (Oxford Press): “instrumento que comprende una agrupación de sensores químicos con sensibilidades parcialmente solapadas junto a un sistema de reconocimiento de patrones, capaz de analizar y reconocer aromas simples o complejos”.

Los orígenes de la nariz electrónica se remontan a los años 60, cuando la compañía Bacharac Inc., construyó un primer dispositivo. En la década de los 80, surgen dos grupos de investigadores, en la Universidad de Warwick en Gran Bretaña y en el Argonne Nacional Laboratory (ANL) en Estados Unidos, debiéndose las primeras publicaciones a Krishna Persaud y George Dodd (1982).

Desde entonces se han venido produciendo avances que han dado lugar a la fabricación comercial de narices electrónicas para su uso en distintos campos: agroindustria, contaminación ambiental, seguridad, medicina, etc.

En las narices electrónicas se distinguen generalmente tres módulos: de detección, electrónico y de procesamiento. En el módulo de detección se incluyen los sensores encargados de traducir de manera directa o indirecta la presencia de un olor en señales eléctricas. Cuando entran en contacto con componentes volátiles presentes en el gas, los sensores reaccionan,

experimentando un cambio físico en sus propiedades. La respuesta del sensor se recibe en el módulo electrónico, que transforma la señal en un valor digital. Los valores se analizan a continuación en el módulo de procesamiento, que se encarga de realizar el reconocimiento y/o la clasificación de las señales registradas.

El método de funcionamiento de una nariz artificial comprende una etapa de aprendizaje o entrenamiento, en la que se somete a la nariz artificial al análisis de una serie de muestras reconocidas para construir modelos de referencia. En una etapa posterior de adquisición del olor, la nariz artificial es capaz de reconocer nuevas muestras a partir de los modelos de referencia.

Existen muchos tipos de sensores olfativos basados en diferentes principios físicos: quimiorresistivos, quimiocapacitivos, potenciométricos, gravimétricos, ópticos, acústicos, térmicos, poliméricos, amperimétricos, cromatográficos, espectrométricos, de efecto de campo, etc.

Los sensores quimiorresistivos son los más extendidos debido a su pequeño tamaño y su fácil integración en un circuito eléctrico. En el estado de la técnica se emplean matrices que combinan sensores de este tipo, que ofrecen ciertas características ventajosas al basar en ellos el diseño de una nariz electrónica comercial. Sin embargo, las matrices de sensores o componentes multisensor presentan también claras desventajas económicas, de fiabilidad, de estabilidad a lo largo del tiempo y de miniaturización.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

Las desventajas presentes en el estado de la técnica mencionadas anteriormente se superan mediante un método de análisis de un gas según la reivindicación 1 y una nariz artificial según la reivindicación 13. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones preferidas de la presente invención.

En un primer aspecto inventivo se presenta un método de análisis de un gas mediante una nariz artificial que comprende al menos un sensor, comprendiendo el método:

(a) detectar mediante al menos un sensor una muestra del gas a analizar, y

(b) modular adaptativamente al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor en función de una señal obtenida de la detección del sensor y de una medida de eficiencia.

En una realización preferida, la modulación adaptativa de al menos un parámetro se realiza mediante una función de retroalimentación que modifica al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor.

En una realización preferida, la medida de eficiencia se determina a partir de la comparación de la señal obtenida de la detección con al menos una segunda señal. La segunda señal puede ser una señal teórica o de referencia, o puede ser una segunda señal obtenida mediante una detección.

En una realización preferida, la medida de eficiencia se determina a partir de la comparación de la señal obtenida de la detección con al menos un valor umbral.

La modulación de al menos un parámetro puede realizarse en función de medidas de eficiencia de reconocimiento de olores y/o discriminación de olores y/o clasificación de olores y/o en una etapa de aprendizaje.

La modulación adaptativa de los parámetros puede ser discreta (respondiendo a eventos específicos detectados en la adquisición de la señal), o continua (durante todo el proceso de adquisición). La activación de la modulación se inicia dependiendo de la tarea asignada a la nariz. Para el problema de reconocimiento de olores, la modulación de los parámetros se activa preferentemente cuando se determina que no se identifica un olor con los parámetros actuales del sensor. Para el problema de discriminación entre odorantes similares, la modulación de los parámetros se activa preferentemente cuando se determina que la señal de un odorante no proporciona suficientes características discriminantes con los parámetros actuales del sensor. Eventos típicos que definen la necesidad de iniciar una nueva modulación son la saturación de la señal o la llegada a un estado estacionario de la misma cuando todavía no se ha alcanzado el objetivo de la tarea asignada a la nariz.

La modulación adaptativa de al menos un parámetro puede realizarse durante una etapa de entrenamiento de la nariz artificial o durante la etapa de adquisición del olor por parte de la nariz artificial.

En una realización preferida, el parámetro a modular es el caudal de gas que incide sobre el sensor y/o la temperatura de calefacción.

Los parámetros a modular se seleccionan en función del tipo de sensor, que puede ser cualquier sensor olfativo. En el caso de usar un sensor quimiorresistivo, dos parámetros susceptibles de modularse adaptativamente son la temperatura de calefacción del sensor y el caudal de gas que incide sobre el sensor (*sniffing*). Para un sensor óptico puede modularse por ejemplo el caudal, la longitud de onda incidente en la superficie sensitiva y la longitud del camino óptico. En sensores quimiocapacitivos, el caudal y la amplitud (en tensión e intensidad) de la señal en frecuencia utilizada son susceptibles de modularse para determinar la capacidad eléctrica del sensor. En sensores gravimétricos QCM (quartz cristal micro balance) se puede variar el caudal y la frecuencia de resonancia base del conjunto modulando el módulo de Young con un pretensado piezoeléctrico. En sensores gravimétricos SAW (Surface acoustic wave) se puede modular el caudal y el tipo de pulso que se propaga (onda cuadrada, senoidal, rampa...). En sensores potenciométricos se puede modular el caudal y la presión de trabajo con objeto de variar de manera controlada la presión parcial del gas en la solución.

En un segundo aspecto inventivo se presenta una nariz artificial que comprende:

- uno o varios sensores olfativos, y
- medios de procesamiento adaptados para modular adaptativamente al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor en función de una señal obtenida de la detección del sensor y de una medida de eficiencia.

La nariz artificial según el segundo aspecto inventivo está adaptada para realizar el método según el primer aspecto inventivo y sus distintas realizaciones.

Ventajosamente, la nariz artificial de la invención puede estar basada en un único sensor, adaptado para trabajar en diferentes regímenes obtenidos a partir de la aplicación de estrategias consistentes en la modulación adaptativa de al menos un parámetro que afecta al funcionamiento y, por consiguiente, a la sensibilidad del sensor. Así, la nariz artificial de la invención tiene dimensiones y peso muy inferiores a los dispositivos olfativos considerados como portátiles en el mercado, por lo que puede considerarse ultraportátil.

En una realización preferida, el sensor consta de una única superficie sensitiva.

En una realización preferida, los medios de procesamiento comprenden un microcontrolador, un PC o un PLC (*programmable logic controller*).

La introducción de estrategias de modulación adaptativa en la etapa de aprendizaje o entrenamiento y/o durante la adquisición del olor, tiene como resultado una nariz artificial más versátil que las del estado de la técnica, al ampliar el rango de sensibilidades respecto al de narices artificiales basadas en sensores no matriciales. De esta manera se permite su utilización en narices electrónicas de aplicación general obteniendo capacidades de detección y separación de aromas análogas e incluso superiores a las obtenidas en sistemas basados en una matriz de sensores de mayor coste y tamaño.

La nariz artificial y el método de la invención presentan claras ventajas competitivas, relacionadas tanto con su bajo coste de producción como con su robustez, además de una sustancial simplificación de la electrónica encargada de realizar la amplificación, filtrado y acondicionamiento de la señal medida, con lo que se reduce sustancialmente el tamaño y el peso de la nariz artificial y se incrementa su portabilidad.

En una realización preferida de la nariz artificial, el sensor es de tipo quimiorresistivo y la modulación adaptativa se lleva a cabo sobre el caudal de aire entrante y/o sobre la temperatura de calefacción, que es la temperatura a la que trabaja el sensor.

Con la modulación adaptativa del caudal o flujo de aire (*sniffing*), de manera análoga a como ocurre en la naturaleza, se enriquece la información procedente de las partículas olorosas que se encuentran en el gas sometido a análisis al introducir en él complejidad fluidodinámica que afecta a la presión, la temperatura, el recorrido libre medio de las partículas, la difusividad, etc. La modulación adaptativa del flujo de aire se puede realizar tanto durante la etapa de aprendizaje como durante la adquisición del olor.

Con la modulación adaptativa de la temperatura de calefacción, de manera controlada y dependiente de la situación en que se encuentra el análisis, se regula el rango de valores de temperatura a los que se somete la superficie sensitiva del sensor. La variación de la temperatura de calefacción repercute en la concentración de odorantes sobre la superficie sensitiva, en su difusividad, etc. La modulación adaptativa de la temperatura de calefacción del sensor se puede realizar tanto durante la etapa de aprendizaje como durante la adquisición del olor.

A pesar de que el presente método de análisis está previsto para realizarse preferentemente en una nariz artificial con un único sensor, es también de aplicación en narices artificiales con más de un sensor.

La invención permite el establecimiento teórico y operativo de las mejores funciones de modulación adaptativa en base al objetivo, que puede ser por ejemplo la detección de un olor, la discriminación entre dos o más olores, la clasificación de uno o varios olores en una serie de categorías, la identificación de un odorante en una mezcla, el mantenimiento de la estabilidad efectiva del sensor, etc.

Todas las características y/o las etapas de métodos descritas en esta memoria (incluyendo las reivindicaciones, descripción y dibujos) pueden combinarse en cualquier combinación, exceptuando las combinaciones de tales características mutuamente excluyentes.

La presente invención es de aplicación en una serie de ámbitos, en los que se incluyen:

- Industria: Control de calidad de productos, ayuda a la gestión de la producción, detección de caducidad, originalidad, etc.
- Seguridad ciudadana, delincuencia y lucha antiterrorista: detección de drogas, explosivos, productos prohibidos y sustancias nocivas, cabinas o arcos de seguridad olfativos en aeropuertos y estaciones, sistemas anticopia de perfumes, colonias y consumibles en general, búsqueda de supervivientes en catástrofes, etc.
- Medio ambiente: Control de vertederos, aguas residuales, calidad ambiental, etc.
- Salubridad de entornos habitados: Calidad atmosférica en oficinas, aulas, centros públicos, etc.
- Ámbito sanitario: detección de infecciones, estudio de anósmias y predicción precoz de patologías neurodegenerativas asociadas, detección de cuadros oncológicos, análisis sanguíneos o de fluidos biogénicos, patologías del sistema endocrino, caracterización de tests olfativos clínicos, etc.
- Industria del ocio: museos de ciencias, aparatos tecnológicos, industria del juego, instalaciones recreativas.
- Robótica (móvil e industrial).

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un juego de figuras en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una representación esquemática en alzado de una nariz artificial según la invención.

Figura 2.- Muestra una representación esquemática en perspectiva del recorrido que efectúa un gas sometido a análisis en una nariz artificial según la invención.

Figura 3.- Muestra una representación esquemática de las señales y elementos de control de una nariz artificial según la invención.

Figura 4.- Muestra una representación de (A) una matriz de seis sensores quimiorresistivos estándar y (B) una matriz virtual de sensores obtenida gracias a la variación de diferentes valores de temperatura de calefacción y caudal.

Figura 5.- Muestra (A) una representación esquemática del flujo de información entre los módulos sensorial, electrónico y de procesamiento de una nariz artificial según el estado de la técnica y (B) según la presente invención.

Figura 6.- Muestra dos conjuntos de señales de dos olores diferentes realizadas por una matriz de cuatro superficies sensitivas.

Figura 7.- Muestra (A) dos lecturas obtenidas de dos olores diferentes realizadas en instantes distintos por una misma superficie sin modulación y (B) la lectura de estos dos mismos olores sometidos a diferentes regímenes de modulación en los instantes t_2, t_3 y t_4.

Figura 8.- Muestra un ejemplo de modulación adaptativa según la invención para la tarea de discriminar dos concentraciones muy similares de etanol.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

A la vista de las figuras se describe a continuación un modo de realización preferente de la nariz artificial objeto de esta invención.

En las figuras 1 y 2 se muestra esquemáticamente una nariz artificial ultraportátil según una realización de la invención. La nariz artificial comprende un sensor (10), una placa electrónica (3) y un microcontrolador (12) alojados en el interior de una envolvente (2). La envolvente

presenta una serie de accesos mediante los cuales se permite la entrada y/o salida del gas a analizar en la nariz artificial.

Durante el funcionamiento de la nariz artificial se hace penetrar (7) el gas en la nariz artificial a través de un primer acceso (4). En este caso se fuerza la entrada de gas mediante un ventilador (9), de manera que el gas incide directamente en el sensor (10). El sensor (10) seleccionado para ilustrar la invención es de tipo quimiorresistivo y cuenta con cuatro pines, dos para la alimentación de la temperatura de calefacción y otros dos para su salida de señal.

En este ejemplo de realización, el ventilador responsable del bombeo de gas es un ventilador axial de reducidas dimensiones capaz de generar un flujo de hasta 2.7m^3/h. Preferentemente, el ventilador (9) se encuentra fijado a una pared interior de la envolvente (2), de modo que fuerza la entrada de gas directamente sobre el sensor.

La nariz artificial del ejemplo presenta un segundo acceso (5), realizado como un conjunto de orificios (5), para la salida (8) del gas al exterior de la nariz. Pueden proporcionarse accesos adicionales, por ejemplo un tercer acceso (6) para la salida de un cable multihilo (11) responsable de portar las comunicaciones y alimentar eléctricamente la nariz artificial.

La electrónica se ha ubicado en el interior de una envolvente (2) de ABS comercial de 50 x 35 x 17 mm sobre cuyo lateral se ha facilitado con un taladro el paso del cable de alimentación y comunicaciones. En la tapa (1) de la envolvente (2) se han mecanizado dos conjuntos de orificios para el acceso y salida del gas a analizar. El tamaño de los orificios de entrada de gas (4) es preferentemente de aproximadamente 0.4 mm. El tamaño de los orificios de salida de gas (5) es preferentemente de aproximadamente 1 mm. El tamaño del taladro para el cable de comunicaciones (6) es preferentemente de aproximadamente 5 mm de diámetro.

Para la implementación de la nariz artificial según esta realización preferida, se dispone de un dispositivo electrónico microcontrolado capaz de regular tanto la temperatura de calefacción como el caudal de gas. La modulación adaptativa de la temperatura de calefacción y el caudal se realiza en esta realización por medio de sendos sistemas de control de potencia en puerta FET de tipo PWM con filtro paso bajo.

Para facilitar su eventual conexión con unos medios de procesamiento externos (17), tales como un ordenador o un PLC (*Programmable logic controller*) el dispositivo tiene dos modos de comunicación: un módulo de comunicación por protocolo USB y un módulo RS-485 para

sistemas multipunto de larga distancia. Los medios de procesamiento han de estar adaptados para la adquisición de las lecturas de señales y su análisis. Así, la modulación adaptativa del caudal de gas y de la temperatura de calefacción del sensor puede ser controlada por el microcontrolador empotrado en la nariz artificial o por un PC o PLC externos. La posibilidad de modular tanto el caudal de gas como la temperatura se integra como una funcionalidad adicional en el algoritmo de aprendizaje y/o clasificación, aumentando la capacidad de discriminación del equipo. Durante el proceso de análisis ambos parámetros pueden ajustarse dinámicamente y en tiempo real en base al estado de adquisición en el que se encuentra la nariz artificial.

En la realización ejemplificada en la figura 3, el microcontrolador (12) alojado en la placa electrónica (3) modula la actividad respectiva de los sistemas de control de potencia de la temperatura de calefacción (13) del sensor quimiorresistivo (10) y del caudal (14) del ventilador (9) por medio de dos señales (18) reguladas por ancho de pulso (método clásico de regulación y gestión de energía conocido típicamente como PWM). Además cuenta con sendos módulos de comunicación (15, 16) dedicados a la transferencia de información a los medios de procesamiento externos (17).

En la figura 4 se muestra a modo de comparación una matriz de seis sensores (a-f) quimiorresistivos reales de una nariz artificial del estado de la técnica (A) y la matriz de sensores virtuales (representados en color más claro) con diferentes sensibilidades de una nariz artificial según la invención (B), obtenidos a partir de un único sensor (sensor de parámetros T1, F1 representado más oscuro), sometido en el tiempo a diferentes temperaturas de calefacción Tx y diferentes valores de caudal o flujo de gas con odorante Fy que se hace pasar por su superficie.

Gracias a la modulación adaptativa de parámetros, la nariz artificial de la invención es capaz de obtener sensibilidades efectivas diferentes y parcialmente solapadas a partir de una única superficie sensitiva, de manera equivalente a las sensibilidades que se obtendrían utilizando un elevado número de sensores virtuales funcionando de manera consecutiva. Al ir modulando su régimen de funcionamiento con diferentes caudales y temperaturas de calefacción, se obtienen con un único sensor resultados análogos e incluso superiores a los que se obtendrían al usar de una en una las diferentes superficies sensitivas de una matriz de múltiples sensores, debido al aumento de la especificidad de la señal registrada.

En una realización preferida, la modulación adaptativa se realiza mediante una función de

retroalimentación $m(t)$ que modifica los parámetros de la adquisición (y/o del aprendizaje y/o del reconocimiento) en base a una función de eficiencia del objetivo dado a la nariz (por ejemplo una función que mide la distancia entre señales). Por ejemplo, la modulación adaptativa por temperatura para discriminar dos señales S_a^1 y S_a^2 con un único sensor *a* puede expresarse como $m_T(t)=f[d(S_a^1(t,T(t)),S_a^2(t,T(t))]$, donde *d* es la función de distancia que compara las señales S^1 y S^2 en un tiempo *t* y T es el valor de la temperatura del sensor en ese instante. Análogamente, la modulación adaptativa por flujo puede expresarse como: $m_F(t)=f[d(S_a^1(t,F(t)),S_a^2(t,F(t))]$, donde F es el flujo de aire del sensor en el instante *t*. Una modulación adaptativa por flujo y temperatura puede expresarse como $m_{TF}(t)=f[d(S_a^1(t,T(t),F(t)),S_a^2(t,T(t),F(t))]$. En general, una modulación adaptativa de *p* parámetros representados por el vector **α** para discriminar *n* señales puede expresarse como: $m_{\boldsymbol{\alpha}}(t)=f[d(S_a^1(t,\boldsymbol{\alpha}(t)),S_a^2(t,\boldsymbol{\alpha}(t)),\ldots,S_a^n(t,\boldsymbol{\alpha}(t))]$.

El módulo encargado de gestionar la modulación adaptativa del o de los parámetros es el módulo de procesamiento, que es capaz de variar estos parámetros en tiempo real de manera adaptativa para optimizar la detección y discriminación del olor.

Esta práctica discretiza en el tiempo la posibilidad de lectura de cada sensor virtual y resulta equivalente a multiplicar en el ámbito analógico el número de sensores posibles. Es decir, en una matriz de sensores clásica como la representada en la figura 4A, las señales procedentes de todos y cada uno de los sensores reales que la componen es accesible en el mismo instante de tiempo. Con la nariz artificial y el método según la invención, en cada instante de tiempo sólo puede realizarse la lectura de un único sensor. Sin embargo, el tamaño de la matriz de sensores virtuales accesible durante un periodo de tiempo se incrementa en varios órdenes de magnitud y su forma puede adecuarse a la dinámica de cada lectura.

En la figura 5A se representan los módulos sensorial (21), electrónico (22) y de procesamiento (23) junto con el flujo de información que se produce entre ellos en una nariz artificial tradicional. Análogamente, en la figura 5B se representan respectivamente los módulos sensorial (24), electrónico (25) y de procesamiento (26) junto con el flujo de información y la modulación que se produce entre ellos en la nariz artificial según la presente invención.

La figura 6 es un ejemplo del método clásico para la discriminación de olores. En ella se muestran en función del tiempo (t) dos conjuntos de señales (S_a^1, S_b^1, S_c^1, S_d^1; S_a^2, S_b^2, S_c^2, S_d^2) para dos olores diferentes (1 y 2) realizadas por una matriz de cuatro superficies sensitivas (a,b,c,d). En la figura se observa que aunque las señales (S_c^1, S_c^2) obtenidas por

una misma superficie son difícilmente distinguibles para los dos olores, las otras señales (S_a^1, S_b^1, S_d^1; S_a^2, S_b^2, S_d^2) son claramente diferentes para los dos olores, es decir, tres de las cuatro superficies sensitivas aportan información adicional del olor con la que es posible realizar la discriminación.

En la figura 7A se muestra una gráfica que representa dos lecturas de señales (S_a^1; S_a^2) obtenidas para dos olores diferentes en función del tiempo, realizadas en instantes distintos por una misma superficie sensitiva *a* manteniendo los parámetros de modulación constantes. Como se observa, puede darse el caso de que los dos olores produzcan señales difícilmente distinguibles en un determinado régimen de funcionamiento del sensor. En la figura 7B se representa el efecto producido en la lectura de señales para estos dos mismos olores, que en un primer instante (t_1) son indistinguibles pero que sometidos a diferentes regímenes en los instantes (t_2, t_3, t_4) en los que se ha modificado adaptativamente un parámetro de modulación, son fácilmente distinguibles. En el caso de sensores quimiorresistivos estos parámetros pueden ser la temperatura de calefacción y/o el caudal.

En la Figura 8 se muestra un ejemplo de modulación de flujo de gas para discriminar dos concentraciones muy parecidas de etanol. Sin modulación la nariz no es capaz de discriminar estas dos concentraciones. En este ejemplo S_a^1 corresponde a la señal registrada por la nariz artificial de la invención para etanol al 0.5% y S_a^2 corresponde a la señal registrada para etanol al 0.45%. La modulación m_F (en este ejemplo, de flujo de gas F) se realiza hasta que la distancia *d* entre las dos señales alcanza un umbral adecuado. Los instantes en los que se realiza una modulación de flujo se indican con flechas. El panel de la izquierda muestra las señales obtenidas en función del tiempo y el panel de la derecha muestra la distancia instantánea (d) entre las señales, junto con el umbral considerado adecuado para la discriminación (0.04 V en este ejemplo). Esto es, en este ejemplo la medida de eficiencia del proceso sería la distancia entre las dos señales registradas, realizada como la diferencia entre una y otra. En otras realizaciones la distancia entre señales puede calcularse de otra forma, de manera que no sea necesariamente la diferencia entre una y otra.

Mientras la distancia es menor que el valor umbral establecido, se realiza la modulación adaptativa del flujo de gas incidente sobre el sensor.

El panel inferior muestra la función de modulación (m_F) utilizada en este ejemplo, que corresponde a una función escalón que modifica en flujo de gas a intervalos de 6 segundos

si no se ha alcanzado el umbral de discriminación en este periodo. Una vez que la distancia entre ambas señales ha alcanzado el umbral establecido, se considera que la discriminación entre las dos señales es satisfactoria y el proceso termina. En este caso la función de modulación es una función escalón que aumenta el flujo de gas en un incremento constante, independiente de la distancia entre las señales, pero en otros casos pueden emplearse funciones más complicadas, por ejemplo una función de retroalimentación en la que la modificación del parámetro a modular sea dependiente de la distancia entre señales, en este caso, o de la medida de eficiencia empleada, en un caso más general.

En el ejemplo ilustrado mediante la Figura 8 la modulación adaptativa de los parámetros es discreta, pero en otros casos podría ser continua.

A pesar de que en varios ejemplos se han mencionado el caudal de gas y la temperatura de calefacción como parámetros modulables en relación con un sensor quimiorresistivo, se entenderá que las explicaciones anteriores son igualmente aplicables a otros parámetros modulables en relación con otros tipos de sensores olfativos.

REIVINDICACIONES

1. Método de análisis de un gas caracterizado porque se realiza mediante una nariz artificial que comprende al menos un sensor, y porque comprende las siguientes etapas:

detectar mediante al menos un sensor una muestra del gas a analizar, y

modular adaptativamente al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor en función de una señal obtenida de la detección del sensor y de una medida de eficiencia.

2. Método de análisis de un gas según la reivindicación 1, caracterizado porque la modulación del al menos un parámetro se realiza mediante una función de retroalimentación que modifica el al menos un parámetro en función de la medida de eficiencia.

3. Método de análisis de un gas según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la medida de eficiencia se determina a partir de la comparación de la señal obtenida de la detección con al menos una segunda señal.

4. Método de análisis de un gas según la reivindicación 3, caracterizado porque la segunda señal es una señal de referencia.

5. Método de análisis de un gas según la reivindicación 3, caracterizado porque la segunda señal es una segunda señal obtenida de una detección.

6. Método de análisis de un gas según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la medida de eficiencia se determina a partir de la comparación de la señal obtenida de la detección con al menos un valor umbral.

7. Método de análisis de un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la modulación de al menos un parámetro se realiza en función de medidas de eficiencia de reconocimiento y/o discriminación y/o clasificación y/o aprendizaje de la señal obtenida de la detección.

8. Método de análisis de un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la modulación adaptativa de al menos un parámetro es discreta.

9. Método de análisis de un gas según una cualquiera de las reivindicaciones 1-7,

caracterizado porque la modulación adaptativa de al menos un parámetro es continua.

10. Método de análisis de un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la modulación de al menos un parámetro se realiza durante una etapa de entrenamiento de la nariz artificial.

11. Método de análisis de un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la modulación de al menos un parámetro se realiza durante una etapa de adquisición de la nariz artificial.

12. Método de análisis de un gas según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el parámetro a modular es el caudal de aire que incide sobre el sensor y/o la temperatura de calefacción.

13. Nariz artificial caracterizada porque comprende:

- al menos un sensor (10) de olor y
- medios de procesamiento (12) adaptados para modular adaptativamente al menos un parámetro que afecta al régimen de funcionamiento del sensor (10) en función de una señal obtenida de la detección del sensor y de una medida de eficiencia.

14. Nariz artificial según reivindicación 13 caracterizada porque el sensor (10) es un sensor de una única superficie sensitiva.

15. Nariz artificial según la reivindicación 13 ó 14 caracterizada porque el sensor (10) es un sensor quimiorresistivo.

16. Nariz artificial según una de las reivindicaciones 13-15 caracterizada porque los medios de procesamiento (12) están adaptados para modular el caudal de aire que incide sobre el sensor y/o la temperatura de calefacción.

17. Nariz artificial según una de las reivindicaciones 13-16 caracterizada porque los medios de procesamiento comprenden un microcontrolador, un PC o un PLC.

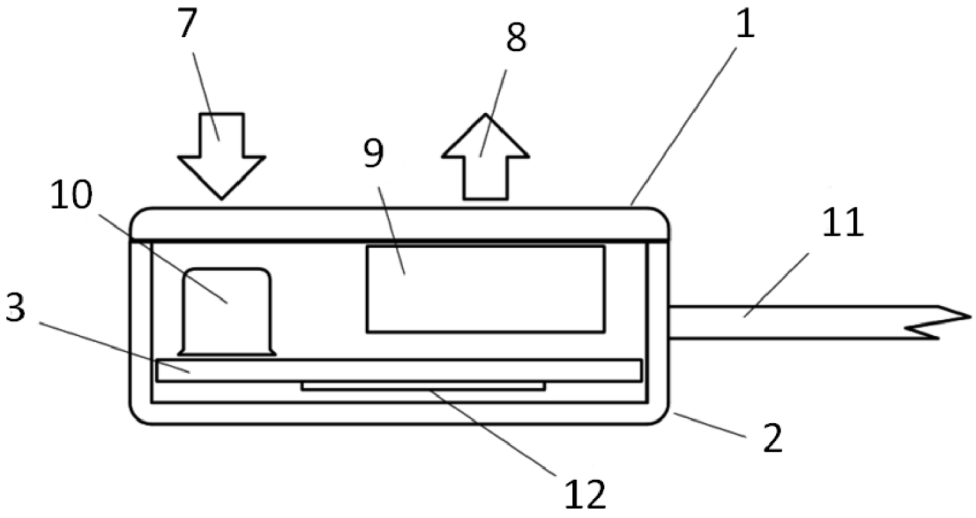

FIG. 1

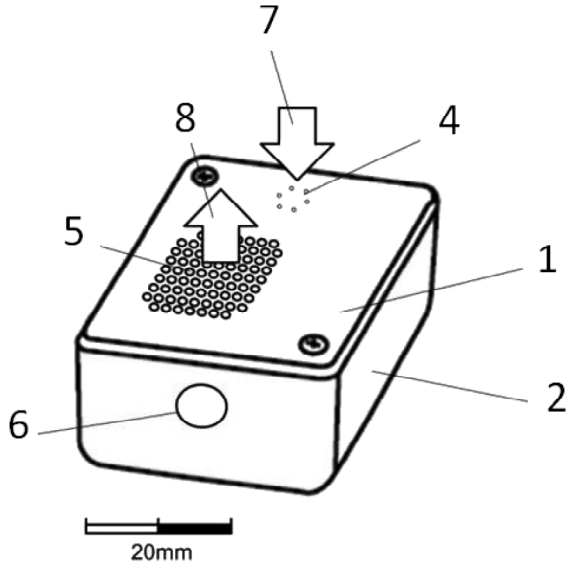

FIG. 2

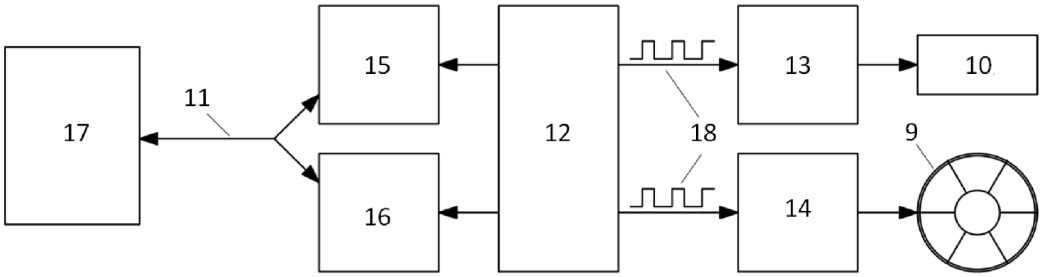
17
11
15
16
12
18
13
14
10
9

FIG. 3

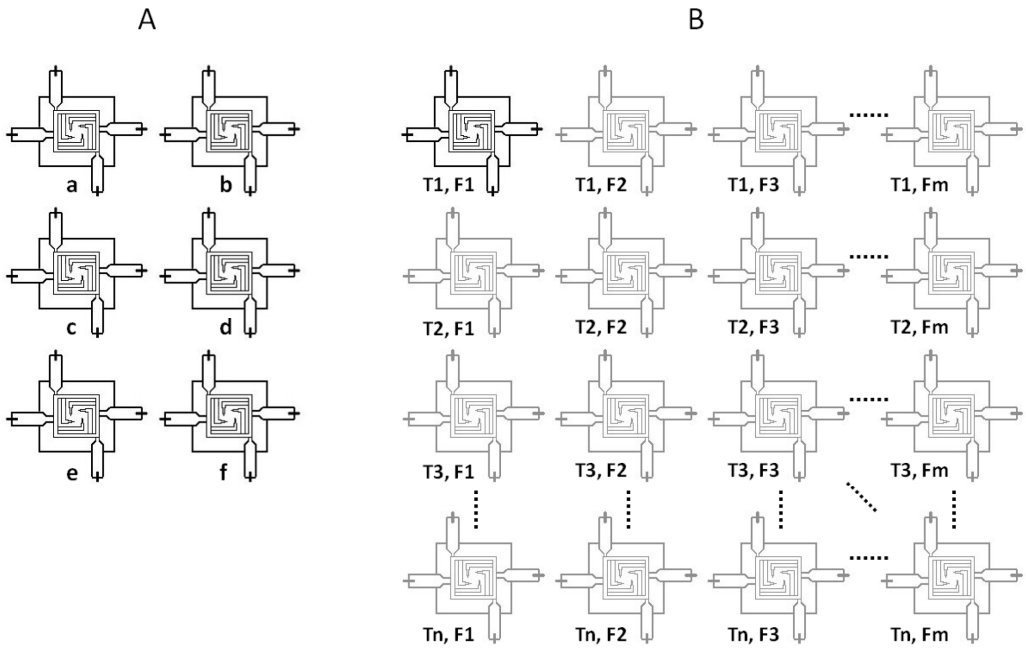
A
B
a
b
c
d
e
f
T1, F1
T1, F2
T1, F3
T1, Fm
T2, F1
T2, F2
T2, F3
T2, Fm
T3, F1
T3, F2
T3, F3
T3, Fm
Tn, F1
Tn, F2
Tn, F3
Tn, Fm

FIG. 4

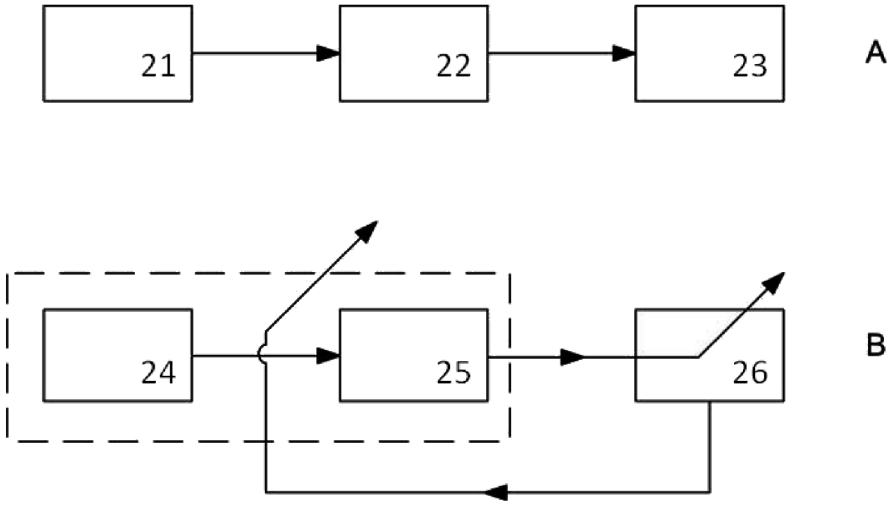

FIG. 5

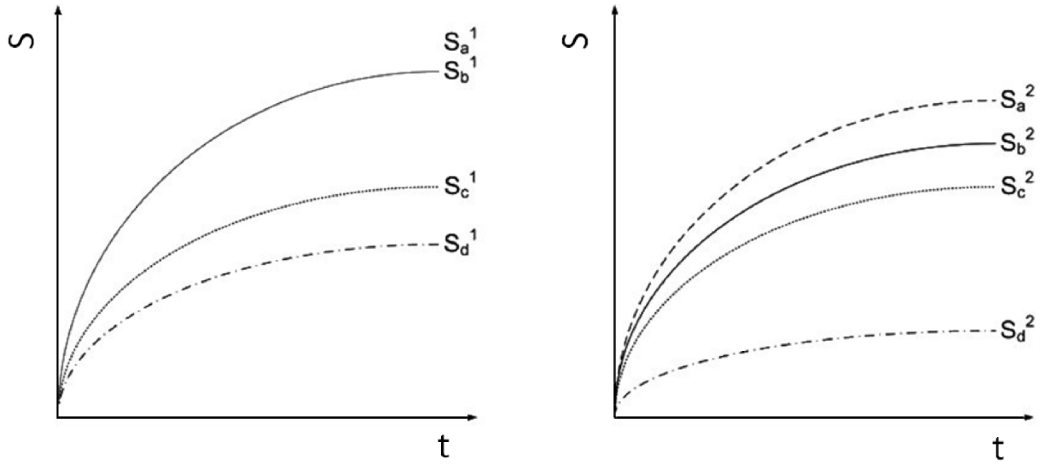

FIG. 6

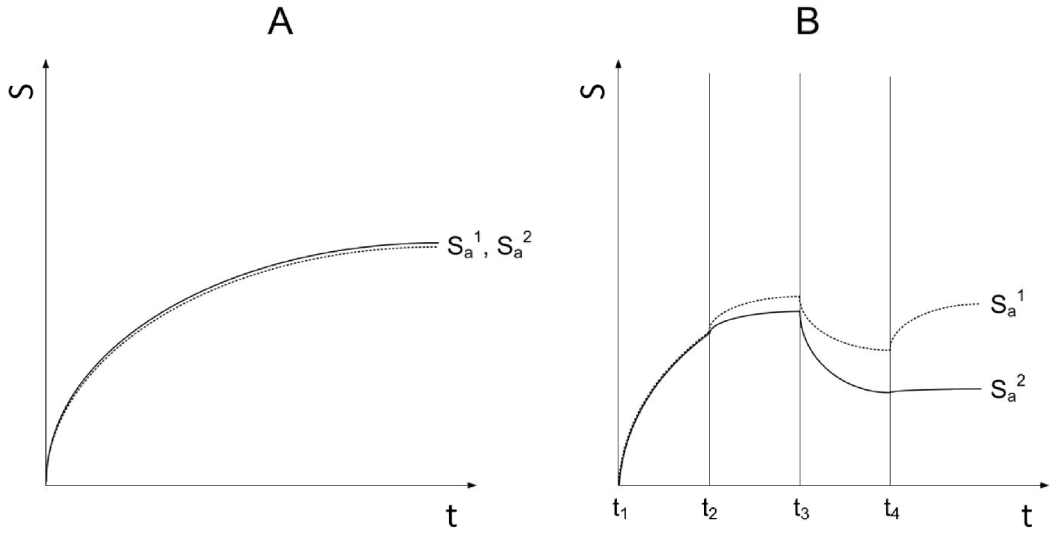

FIG. 7

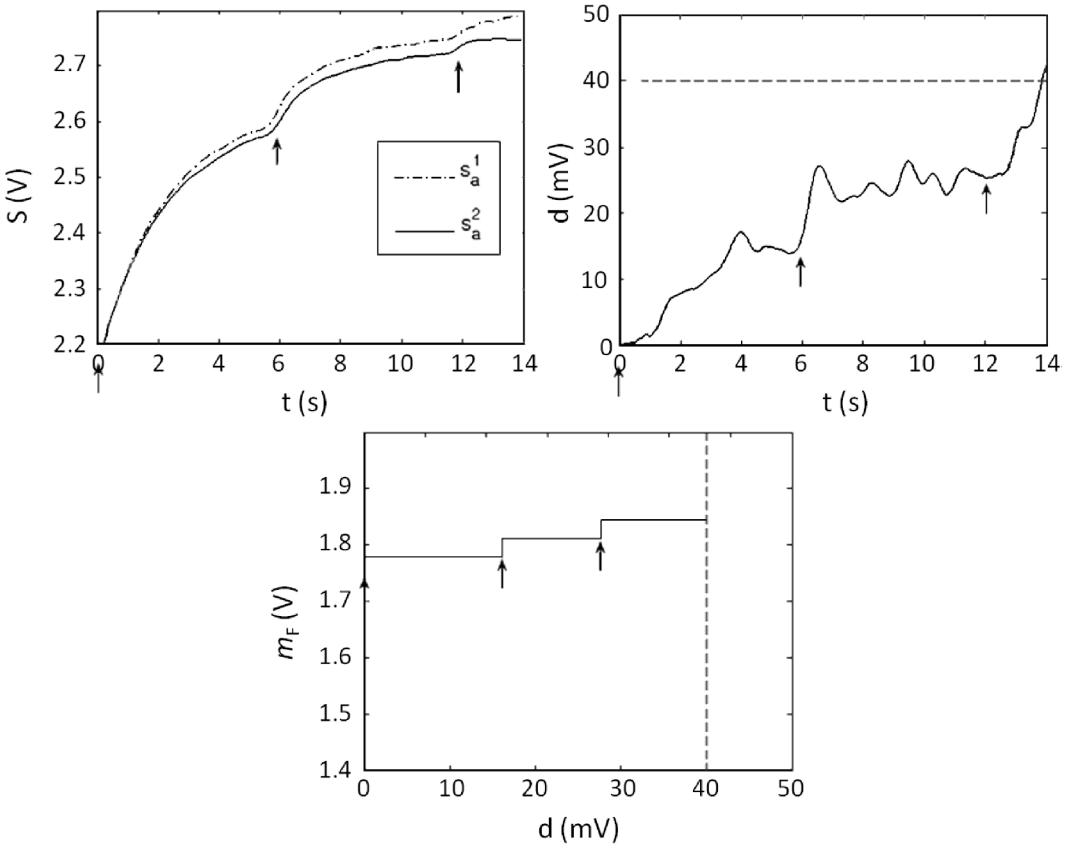

FIG. 8

OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(21) N.º solicitud: 201330048

(22) Fecha de presentación de la solicitud: 17.01.2013

(32) Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

(51) **Int. Cl. :** ***G01N27/00*** (2006.01)
G01N33/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	(56) Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	ES 8707613 A1 (SIEMENS AG) 16.10.1987, todo el documento.	1-17
X	WO 2008061214 A2 (HONEYWELL INT INC et al.) 22.05.2008, todo el documento.	1-17
X	WO 2006111727 A1 (CITY TECH et al.) 26.10.2006, todo el documento.	1-17
X	WO 8701204 A1 (GLOBAL GEOCHEMISTRY CORP) 26.02.1987, todo el documento.	1-17
A	US 2005229675 A1 (HAUPT STEPHAN et al.) 20.10.2005, todo el documento.	1-17

Categoría de los documentos citados
X: de particular relevancia
Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
A: refleja el estado de la técnica
O: referido a divulgación no escrita
P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado
☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe	Examinador	Página
10.12.2013	J. Manso Tomico	1/5

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01N

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 10.12.2013

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones	1-12, 14-17	**SI**
	Reivindicaciones	13, 14	**NO**
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones		**SI**
	Reivindicaciones	1-17	**NO**

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	ES 8707613 A1 (SIEMENS AG)	16.10.1987
D02	WO 2008061214 A2 (HONEYWELL INT INC et al.)	22.05.2008
D03	WO 2006111727 A1 (CITY TECH et al.)	26.10.2006
D04	WO 8701204 A1 (GLOBAL GEOCHEMISTRY CORP)	26.02.1987
D05	US 2005229675 A1 (HAUPT STEPHAN et al.)	20.10.2005

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La presente solicitud divulga un método de análisis de un gas y un dispositivo de análisis para llevar a cabo dicha detección.
El método de análisis de las reivindicaciones 1-12, comprende: la detección de un parámetro mediante un sensor y llevar a cabo una modulación adaptativa de ese parámetro (que puede ser del caudal de aire que incide en el sensor, o la temperatura de calefacción) en función de la señal obtenida en la detección, y de una medida de eficiencia. Esa medida de eficiencia se determina por una comparación de la señal obtenida con, al menos, un valor umbral. La modulación se realiza mediante una función de retroalimentación.
El dispositivo de detección, o nariz artificial, comprende un sensor y unos medios de procesamiento, donde el sensor dispone de una superficie y puede ser un sensor quimiorresistivo y comprender como micro controlador un PC, o un PLC.
D01 divulga un método para el funcionamiento de un sensor para el análisis de gases que comprende un sensor que reacciona con una señal eléctrica ante la presencia de un gas, alcanzando la señal eléctrica su valor final después de una duración de tiempo y midiéndose el transcurso dinámico del valor de la señal. Mientras dura la medición se modula la temperatura de servicio del detector y esta modulación se efectúa con frecuencia prefijada. El sensor tiene como detector una capa que actúa catalíticamente.
D02 divulga un método para la detección de un gas, que comprende: proporcionar una muestra de analito; detectar el analito de la muestra con un sensor que emite una señal indicativa de un parámetro de la muestra; medir una constante de tiempo de la deriva de la señal; una modulación de la muestra de analito con un modulador en un tiempo de modulación constante antes de la entrada al sensor, y la eliminación de una porción de la señal indicativa de un parámetro de la muestra que tiene una constante de tiempo de deriva .El sensor tiene un modulador de analito, por ejemplo, una superficie calentable recubiertos con una película de adsorción, que tiene una salida conectada a una entrada de un sensor. El modulador de analito modula el analito, por ejemplo, un gas de muestra hexano en aire, a una constante de tiempo.
D03 divulga un sensor de gas que comprende un elemento sensible al gas y un circuito de modulación de impulsos que comprende un dispositivo de conmutación. El elemento sensible al gas y el dispositivo de conmutación están dispuestos en serie con una fuente de alimentación. El circuito de modulación de impulsos comprende además un módulo de control adaptado para controlar el dispositivo de conmutación, de acuerdo con un parámetro monitorizado del elemento sensible al gas, el parámetro que varía con la temperatura del elemento, controlando de este modo la potencia consumida de la fuente de alimentación por el elemento sensible al gas. También divulga un método de detección de gas que comprende las etapas de: supervisión de un parámetro dependiente de la temperatura del elemento sensible al gas; generar una señal de impulso modulada de acuerdo con el parámetro monitorizado; control de la potencia suministrada al elemento sensible al gas por medio de la primera señal de impulso ,modulada de tal manera que el parámetro monitorizado se mantiene a un valor aproximadamente constante;generar una salida representativa de la primera señal de impulso modulada, y que relaciona la salida a una concentración de un gas objetivo .
D04 divulga un método para identificar una característica distintiva de al menos una sustancia en presencia de otra sustancia en una corriente que fluye continuamente, que comprende las etapas de: a) hacer pasar al menos una porción de dicha corriente que fluye continuamente a través de un modulador capaz de modular una característica identificable de dicha sustancia con respecto a al menos dicha otra sustancia en dicha parte de dicha corriente; b) hacer pasar dicha porción de dicho flujo continuo de corriente que a través de un medio de detección para producir una señal de respuesta ; c) controlar el funcionamiento de dicho modulador de una manera predeterminada para producir variaciones en dicha modulación de acuerdo con el control de dicho predeterminado; d) comparación de dicha señal de respuesta producida para identificar dicha sustancia mediante la identificación de las variaciones en dicha señal de respuesta.

Finalmente D05 divulga un sensor de gas con un elemento detector que es específico del gas a medir y envía una señal de medición que depende de la concentración de gas medida, aumentando la sensibilidad de medición para mediciones en el rango de concentración de menos de 1 ppb a unos pocos ppb.
Cualquiera de los documentos del estado de la técnica divulgan sensores para detectar gases que comprendan un detector y unos medios de procesamiento para modular el parámetro medido en función de la señal eléctrica obtenida. Por tanto, las reivindicaciones 13, 14 carecen de novedad tal y como se menciona en el art. 6 de la ley 11/1986. El resto de características adicionales del dispositivo o nariz artificial que aparecen en las reivindicaciones 15-17 no aportan ningún efecto técnico sorprendente sobre lo ya conocido por el estado de la técnica, por lo que se consideran características técnicas adicionales alternativas, de realización obvia para el experto en la materia, por lo que no cumplirían con el requisito de actividad inventiva tal y como se menciona en el art. 8 de la ley 11/1986.
Tomando en consideración D01 como el documento del estado de la técnica más cercano al objeto de la invención de las reivindicaciones 1-12, la diferencia entre este documento y la solicitud sería la modulación adaptativa del parámetro mediante una función de retroalimentación. La inclusión de esta estrategia de modulación traería consigo la capacidad de detección y separación de aromas. Por tanto, el problema que plantea la solicitud en estas reivindicaciones se podría considerar como la provisión de un método de análisis de gases para discriminar entre distintos gases o aromas de una mezcla. La solución a este problema sería la introducción de estrategias de modulación adaptativa de un parámetro que afecte al régimen de funcionamiento del sensor. Sin embargo, el propio solicitante declara que con esta estrategia las capacidades de detección son análogas, o incluso superiores a las obtenidas con otros sistemas, por lo que el efecto técnico obtenido no supone un clara contribución al estado de la técnica, ya que en los casos en los que se mostrase superior a otros sistemas de detección no aparecen datos comparativos que permitan afirmar dicha superior capacidad de discriminación. Así pues, el método de análisis supone una alternativa de realización obvia respecto a los métodos ya existentes, por lo que la materia reivindicada en las reivindicaciones 1-12 carecería de actividad inventiva tal y como se menciona en el art. 8 de la ley 11/1986.