

## DESCRIZIONE

dell'invenzione avente per titolo:

“Sistema e metodo per l’analisi di almeno un analita presente in un campione di gas”

5 della POLYSENSE INNOVATIONS S.R.L. a Bari e della PREDICT S.P.A. a Bari depositata il 4 maggio 2026 presso l'Ufficio Italiano Brevetti e Marchi.

\* \* \* \* \*

### Ambito tecnico

10 La presente invenzione riguarda un sistema per l’analisi di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano.

### Sfondo tecnologico

15 L’invenzione trova particolare, ancorché non esclusiva, applicazione nel settore delle analisi di campioni di gas, in particolare nell’ambito delle analisi del respiro (la cosiddetta “breath analysis”) per una diagnosi non invasiva di patologie e/o per lo screening e il monitoraggio dello stato di salute dell’individuo.

20 In tale contesto, sono noti due principali approcci metodologici, distinti in soluzioni off-line e soluzioni in-line. Le soluzioni off-line si basano sulla raccolta della porzione alveolare dell’espirato mediante campionatori di respiro con conseguente pre-concentrazione su cartucce adsorbenti successivamente analizzate tramite la tecnica TD-GC-MS (Thermal Desorption - Gas Chromatography - Mass Spectrometry). Al contrario, le soluzioni in-line si  
25 basano tipicamente su tecniche ottiche di spettroscopia laser che consentono la misurazione diretta dei gas presenti nell’espirato.

A titolo esemplificativo, sono noti sensori basati sulla tecnica QEPAS (Quartz-Enhanced Photoacoustic Spectroscopy) e utilizzati per la rilevazione di

biomarcatori come monossido di carbonio, ammoniaca e isoprene nell'espriato umano mediante metodi di condizionamento del campione basati sulla saturazione controllata o sul raffreddamento preliminare del flusso respiratorio.

Sono altresì noti sistemi basati sulla tecnica QCLAS (Quantum Cascade Laser Absorption Spectroscopy) abbinati a celle multipasso e configurazioni cavity-enhanced per la rivelazione selettiva delle specie gassose, nonché soluzioni basate sulla tecnica FTS (Fourier Transform Spectroscopy) accoppiate a sorgenti supercontinuum ad ampio spettro per la rivelazione simultanea di molteplici analiti.

La Richiedente ha tuttavia rilevato che le soluzioni attualmente disponibili, sia off-line sia in-line, presentano diverse criticità.

Le metodiche off-line, pur garantendo elevata specificità molecolare, risultano confinate all'ambiente di laboratorio e non consentono misure in tempo reale, richiedendo tempi di analisi complessivamente lunghi, dell'ordine di decine di minuti per singolo campione di respiro, che raddoppiano se si include anche l'analisi dell'aria ambiente al fine di sottrarre il background esogeno dall'esalato.

Inoltre, esse richiedono fasi di campionamento e desorbimento che comportano un'esposizione prolungata dell'espriato alle superfici del sistema di campionamento, introducendo così il rischio di degradazione temporale e alterazioni compositive del campione.

È noto, infatti, che, seppur realizzati con polimeri a bassa emissione come il polietilene, i campionatori manifestano fenomeni di adsorbimento/desorbimento che modificano la distribuzione e la concentrazione dei VOCs. Oltretutto, le stesse cartucce adsorbenti presentano un background intrinseco legato al materiale adsorbente, che limita la rivelabilità di analiti a basse concentrazioni.

Le soluzioni in-line, basate su spettroscopia laser, presentano criticità

legate alla gestione del campione e alle condizioni operative. Nei sistemi QEPAS, il trattamento dell'umidità mediante saturazione o pre-raffreddamento modifica la composizione dell'espriato campionato, determinando la perdita parziale di specie idrosolubili e composti polari per condensazione o adsorbimento su superfici fredde. Nei sistemi a QCLAS, il volume interno della  
5 cavità talvolta eccede il volume alveolare di un singolo respiro, richiedendo pertanto l'accumulo di più espirazioni o l'impiego di camere di buffering.

Nei sistemi FTS, infine, l'interferometro presenta un ingombro elevato e richiede un allineamento ottico altamente preciso, risultando sensibile alle  
10 vibrazioni. Le sorgenti e le ottiche broadband impiegate, inoltre, comportano costi significativi.

Pertanto, la Richiedente ha constatato che i sistemi noti non permettono di analizzare in tempo reale e in modo sufficientemente affidabile e/o conveniente in termini economici un campione di gas, in particolare la porzione  
15 alveolare di un espriato preferibilmente umano.

In considerazione delle criticità emerse, la Richiedente ha riconosciuto l'opportunità di realizzare un sistema e un metodo per l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas.

Il problema tecnico alla base della presente invenzione è quindi quello di  
20 mettere a disposizione un sistema e un metodo per l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas strutturalmente e funzionalmente concepiti per ovviare almeno in parte ad uno o più degli inconvenienti lamentati con riferimento alla tecnica nota citata.

Nell'ambito di tale problema, uno scopo della presente invenzione è  
25 quello di fornire un sistema e un metodo che consentano un'analisi in tempo reale di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espriato preferibilmente umano.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema e un metodo che consentano un'analisi affidabile di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano.

5 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema e un metodo che consentano un'analisi conveniente in termini economici di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano.

10 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema portatile.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema compatto e di ingombro ridotto.

15 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema semplice da utilizzare.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un metodo semplice da attuare.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema altamente automatizzato.

20 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema e un metodo migliorativi e/o alternativi rispetto alle soluzioni note.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema di facile e rapido utilizzo.

25 Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un metodo di facile e rapida attuazione.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema di semplice, comoda e rapida installazione e/o manutenzione.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un

sistema e un metodo con una caratterizzazione alternativa, in termini costruttivi e/o funzionali, rispetto alle soluzioni note.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è quello di fornire un sistema realizzabile in modo semplice, rapido e a bassi costi.

5 Questo problema è risolto e almeno uno di questi scopi è almeno parzialmente raggiunto dall'invenzione mediante un sistema e un metodo per l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano, secondo una o più delle rispettive rivendicazioni.

10 Nella presente descrizione, come pure nelle rivendicazioni ad essa accluse, alcuni termini ed espressioni sono ritenuti assumere, a meno di diverse esplicite indicazioni, il significato espresso nelle definizioni che seguono.

Con il termine "quantità" di un analita presente in campione di gas si intende la quantità assoluta e/o la concentrazione dell'analita presente nel  
15 campione di gas.

Con l'espressione "espirato preferibilmente umano" si intende l'aria esalata preferibilmente da un individuo umano.

Con l'espressione "porzione alveolare" di un espirato preferibilmente umano si intende la porzione alveolare completa dell'espirato preferibilmente  
20 umano oppure almeno una parte della porzione alveolare dell'espirato preferibilmente umano. Tale almeno una parte della porzione alveolare può corrispondere ad una selezione della porzione alveolare completa.

#### Sommario dell'invenzione

In suo primo aspetto, la presente invenzione è diretta a un sistema per  
25 l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano.

Il sistema comprende preferibilmente un percorso fluidico.

Il percorso fluidico comprende preferibilmente una prima linea di trasferimento provvista di un'interfaccia di ingresso configurata per ricevere un campione di gas.

Preferibilmente, il campione di gas ha una temperatura inferiore o uguale  
5 a una temperatura di riferimento.

Il percorso fluidico comprende preferibilmente un analizzatore di gas operativamente collegato alla prima linea di trasferimento.

Preferibilmente, l'analizzatore di gas è un analizzatore fotoacustico.

Preferibilmente, l'analizzatore di gas comprende, preferibilmente  
10 corrisponde, a un modulo QEPAS (Quartz-Enhanced Photoacoustic Spectroscopy).

L'analizzatore di gas comprende preferibilmente una cella provvista internamente di una camera e configurata per ricevere nella camera il campione di gas proveniente dalla prima linea di trasferimento.

15 Preferibilmente, la cella è una cella fotoacustica.

L'analizzatore di gas comprende preferibilmente un dispositivo di rivelazione.

Preferibilmente, il dispositivo di rivelazione è un dispositivo fotoacustico.

Il dispositivo di rivelazione è preferibilmente configurato per rilevare la  
20 presenza e/o una quantità di almeno un analita presente nel campione di gas mentre il campione di gas fluisce attraverso detta camera oppure è confinato in detta camera.

Il dispositivo di rivelazione è preferibilmente configurato per generare un segnale d'uscita rappresentativo della presenza e/o della quantità rilevata  
25 dell'almeno un analita presente nel campione di gas.

Il sistema comprende preferibilmente un dispositivo di regolazione termica operativamente collegato alla prima linea di trasferimento e alla cella dell'analizzatore di gas.

Il dispositivo di regolazione termica è preferibilmente configurato per condizionare termicamente la prima linea di trasferimento in modo tale che la temperatura della prima linea di trasferimento sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

5 Il dispositivo di regolazione termica è preferibilmente configurato per condizionare termicamente la cella in modo tale che la temperatura della cella, preferibilmente della camera della cella, sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

In suo secondo aspetto, la presente invenzione è diretta a un metodo per  
10 l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano.

Il metodo comprende preferibilmente fornire un campione di gas ad una prima linea di trasferimento operativamente collegata ad un analizzatore di gas  
15 provvisto di una cella.

Preferibilmente, il campione di gas ha una temperatura inferiore o uguale a una temperatura di riferimento.

Il metodo comprende preferibilmente far fluire il campione di gas attraverso la prima linea di trasferimento e, successivamente, introdurre il  
20 campione di gas in una camera della cella.

Il metodo comprende preferibilmente rilevare la presenza e/o una quantità di almeno un analita presente nel campione di gas mentre il campione di gas fluisce attraverso la camera oppure è confinato nella camera.

Il metodo comprende preferibilmente generare un segnale d'uscita  
25 rappresentativo della presenza e/o della quantità rilevata dell' almeno un analita presente nel campione di gas.

Il metodo comprende preferibilmente condizionare la temperatura della prima linea di trasferimento in modo tale che sia superiore o sostanzialmente

uguale alla temperatura di riferimento mentre il campione di gas fluisce attraverso la prima linea di trasferimento.

Il metodo comprende preferibilmente condizionare la temperatura della cella in modo tale che sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento mentre viene rilevata la presenza e/o la quantità di almeno un  
5 analita presente nel campione di gas.

In ciascuno dei suddetti aspetti, la presente invenzione può inoltre comprendere almeno una delle caratteristiche espresse nelle rivendicazioni dipendenti e/o nella descrizione. In particolare, in ciascuno dei suddetti aspetti,  
10 la presente invenzione può comprendere una caratteristica o una qualsiasi combinazione delle caratteristiche espresse nelle rivendicazioni dipendenti e/o nella descrizione.

#### Breve descrizione dei disegni

Le caratteristiche e i vantaggi della presente invenzione meglio  
15 risulteranno dalla descrizione dettagliata di suoi preferiti esempi di realizzazione, illustrati a titolo indicativo e non limitativo con riferimento agli uniti disegni, in cui:

- la figura 1 illustra in modo schematico un sistema per l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas, secondo una forma di realizzazione,  
20 e
- le figure 2A, 2B, 2C e 2D rappresentano l'andamento nel tempo di un segnale d'uscita del sistema di figura 1 secondo differenti momenti operativi.

#### Descrizione dettagliata dell'invenzione e di alcune sue forme di realizzazione

Nelle figure accluse, con 100 è complessivamente indicato un sistema  
25 per l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas.

Il campione di gas 200 è preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un

percorso fluidico 1, mostrato a titolo esemplificativo e non limitativo in figura 1.

Secondo una forma di realizzazione, il percorso fluidico 1 comprende una prima linea di trasferimento 2 provvista di un'interfaccia di ingresso 3 configurata per ricevere il campione di gas 200.

5 Preferibilmente, il campione di gas 200 ha una temperatura inferiore o uguale a una temperatura di riferimento.

Preferibilmente, il campione di gas 200 ha una temperatura compresa tra 31°C e 38°C, estremi compresi, più preferibilmente tra 34°C e 36°C, estremi compresi.

10 Secondo una forma di realizzazione, la temperatura di riferimento è compresa tra 36°C e 42°C, estremi compresi, più preferibilmente tra 37°C e 39°C, estremi compresi, ancora più preferibilmente è sostanzialmente uguale a 38°C.

Secondo una forma di realizzazione, un modulo di campionamento 4 è configurato per prelevare il campione di gas 200 da una miscela di gas 300 e per fornirlo alla prima linea di trasferimento 2.

Il modulo di campionamento 4 è preferibilmente collegato operativamente all'interfaccia d'ingresso 3 della prima linea di trasferimento 2.

Preferibilmente, il sistema 100 comprende il modulo di campionamento 4.

Preferibilmente, la miscela di gas 300 corrisponde all'espriato preferibilmente umano e il modulo di campionamento 4 è configurato per prelevare la porzione alveolare dall'espriato preferibilmente umano e per fornirla alla prima linea di trasferimento 2. In questo caso, pertanto, il campione di gas 200 corrisponde alla porzione alveolare dell'espriato preferibilmente umano.

Secondo una forma di realizzazione, il modulo di campionamento 4 è configurato per prelevare la porzione alveolare dell'espriato, preferibilmente

umano, mediante tecnica volumetrica e monitoraggio della CO<sub>2</sub>.

Secondo una forma di realizzazione, il modulo di campionamento 4 comprende un circuito di fluido 5 esteso da un'interfaccia d'ingresso 6 a un'interfaccia d'uscita 7.

5 Preferibilmente, il circuito di fluido 5 comprende un primo condotto preferibilmente metallico.

Preferibilmente, l'interfaccia d'ingresso 6 è configurata per acquisire la miscela di gas 300.

10 Preferibilmente, l'interfaccia d'ingresso 6 comprende un boccaglio, preferibilmente monouso, e/o un raccordo per il boccaglio, il raccordo essendo collegato al primo condotto del circuito di fluido 5.

Preferibilmente, l'interfaccia d'uscita 7 è configurata per fornire il campione di gas 200 alla prima linea di trasferimento 2.

15 L'interfaccia di uscita 7 è preferibilmente predisposta per essere collegata e/o è collegata all'interfaccia di ingresso 3 della linea di trasferimento 2.

Preferibilmente, l'interfaccia di uscita 7 comprende un elemento di raccordo predisposto per il collegamento alla linea di trasferimento 2

20 Il circuito di fluido 5 può comprendere una camera di campionamento, preferibilmente rigida e/o realizzata in materiale metallico.

La realizzazione in materiale metallico consente di eliminare gli artefatti di outgassing tipici dei materiali polimerici.

La camera di campionamento è preferibilmente collegata al primo condotto del circuito di fluido 5.

25 La camera di campionamento è preferibilmente termostata.

La camera di campionamento è preferibilmente dimensionata sul volume alveolare medio nei soggetti destinati ad esalare l'espriato.

Più preferibilmente, la camera di campionamento è dimensionata sul

volume alveolare medio nelle persone adulte.

A titolo esemplificativo, la camera di campionamento può presentare una capacità nominale di 200 mL.

Preferibilmente, il circuito di fluido 5 comprende un dispositivo valvolare  
5 collegato al primo condotto di tale circuito e alla camera di campionamento. In  
aggiunta al primo condotto, il circuito di fluido 5 può comprendere ulteriori  
condotti collegati operativamente al dispositivo valvolare e/o alla camera di  
campionamento.

Preferibilmente, il modulo di campionamento 4 comprende un'unità  
10 termica 8.

Preferibilmente, l'unità termica 8 è configurata per condizionare  
termicamente il circuito di fluido 5 in modo tale che la temperatura del circuito  
di fluido 5 sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di  
riferimento.

15 Ciò consente vantaggiosamente di prevenire fenomeni di condensazione  
e adsorbimento di VOCs.

Preferibilmente, l'unità termica 8 configurata per condizionare  
termicamente almeno uno tra il primo condotto, il dispositivo valvolare, la  
camera di campionamento, gli ulteriori condotti, l'interfaccia di ingresso 6 e  
20 l'interfaccia di uscita 7, in modo tale che la temperatura di almeno uno tra il  
primo condotto, il dispositivo valvolare, la camera di campionamento, gli  
ulteriori condotti, l'interfaccia di ingresso 6 e l'interfaccia di uscita 7 sia  
superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Preferibilmente, l'unità termica 8 comprende un dispositivo di  
25 condizionamento 8A collegato operativamente al circuito di fluido 5 e  
configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, il  
circuito di fluido 5 in modo tale che la temperatura del circuito di fluido 5, in  
particolare la temperatura di almeno uno tra il primo condotto, il dispositivo

valvolare, la camera di campionamento, gli ulteriori condotti, l'interfaccia di ingresso 6 e l'interfaccia di uscita 7 sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

5 A titolo esemplificativo, il dispositivo di condizionamento 8A può comprendere almeno una resistenza termica, preferibilmente almeno una resistenza termica inglobata in materiale flessibile. Ciò garantisce una buona aderenza alle superfici del circuito di fluido 5.

Preferibilmente, l'unità termica 8 comprende un dispositivo sensore 8B operativamente collegato al circuito di fluido 5 e configurato per determinare la  
10 temperatura del circuito di fluido 5, in particolare di almeno uno tra il primo condotto, il dispositivo valvolare, la camera di campionamento, gli ulteriori condotti, l'interfaccia di ingresso 6 e l'interfaccia di uscita 7.

Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento 8A è configurato per condizionare la temperatura del circuito di fluido 5, sulla base della temperatura  
15 determinata dal dispositivo sensore 8B in modo tale che la temperatura del circuito di fluido 5, in particolare di almeno uno tra il primo condotto, il dispositivo valvolare, la camera di campionamento, gli ulteriori condotti, l'interfaccia di ingresso 6 e l'interfaccia di uscita 7 sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

20 Secondo una forma di realizzazione, il modulo di campionamento 4 comprende un rilevatore provvisto di un sensore di CO<sub>2</sub>. Il sensore di CO<sub>2</sub> è posto lungo il circuito di fluido 5 e preferibilmente in corrispondenza della camera di campionamento.

25 Preferibilmente, il rilevatore è configurato per analizzare in tempo reale il capnogramma e per identificare in tempo reale il plateau alveolare così da validare la porzione alveolare (ossia il campione di gas 200) della miscela di gas 300.

Preferibilmente, il modulo di campionamento 4 comprende un modulo Wi-Fi per il controllo remoto del dispositivo valvolare e delle sequenze di campionamento della miscela di gas 300 al fine di prelevare una pluralità di campioni di gas 200.

5 Il modulo di campionamento 4 può corrispondere ad un qualsiasi dispositivo noto predisposto per il campionamento dell'espriato, preferibilmente umano, e per fornire in uscita un campione di gas avente una temperatura inferiore o uguale a una temperatura di riferimento.

A titolo esemplificativo, il modulo di campionamento 4 può corrispondere  
10 al dispositivo di campionamento oggetto della domanda di brevetto europeo EP3873347.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un analizzatore di gas 9 operativamente collegato alla prima linea di trasferimento  
2.

15 Pertanto, la prima linea di trasferimento 2 è preferibilmente provvista di una interfaccia d'uscita 10 collegata (direttamente o indirettamente) all'analizzatore di gas 9. La prima linea di trasferimento 2 è preferibilmente estesa tra la sua interfaccia d'ingresso 3 e la sua interfaccia d'uscita 10.

Secondo una forma di realizzazione, la prima linea di trasferimento 2  
20 comprende un condotto 11 provvisto dell'interfaccia d'ingresso 3 e dell'interfaccia d'uscita 10.

Il condotto 11 è adibito al passaggio di fluidi, in particolare è configurato per convogliare il campione di gas 200 verso l'analizzatore di gas 9.

Il condotto 11 può comprendere uno o più tubi.

25 Preferibilmente, l'interfaccia d'ingresso 3 della prima linea di trasferimento 2 comprende almeno uno tra: un'apertura, un raccordo, un elemento di collegamento e/o fissaggio, preferibilmente al modulo di campionamento 4.

Preferibilmente, l'interfaccia d'uscita 10 della prima linea di trasferimento 2 comprende almeno uno tra: un'apertura, un raccordo, un elemento di collegamento e/o fissaggio, preferibilmente all'analizzatore di gas 9.

Preferibilmente, l'analizzatore di gas 9 comprende una cella 12. La cella 12 è provvista internamente di una camera 13 ed è configurata per ricevere nella camera 13 il campione di gas 200 proveniente dalla prima linea di trasferimento 2.

La cella 12 comprende una porta d'ingresso 14 collegata operativamente alla prima linea di trasferimento 2, in particolare alla suddetta interfaccia d'uscita 10, per l'ingresso del campione di gas 200 nella camera 13.

Preferibilmente, la cella 12 comprende una porta di uscita 15 per l'uscita del campione di gas 200 dalla camera 13.

Secondo una forma di realizzazione, la porta di uscita 15 è collegata ad una linea d'uscita 16 configurata per ricevere una miscela di gas, in particolare il campione di gas 200, proveniente dalla camera 13.

Preferibilmente, il percorso fluidico 1 comprende la linea d'uscita 16.

Secondo una forma di realizzazione, la linea d'uscita 16 comprende un condotto 17 adibito al passaggio di fluidi, in particolare al passaggio del campione di gas 200.

Preferibilmente, la linea d'uscita 16, in particolare il condotto 17, è estesa tra una prima estremità 18 collegata alla porta di uscita 15 della cella 12 e una seconda estremità 19.

Secondo una forma di realizzazione, l'analizzatore di gas 9 comprende un dispositivo di rivelazione 20 configurato per rilevare la presenza e/o una quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200 mentre il campione di gas 200 fluisce attraverso la camera 13 oppure è confinato nella camera 13.

Preferibilmente, il dispositivo di rivelazione 20 è un dispositivo di

rivelazione ottico.

Il dispositivo di rivelazione 20 è altresì configurato per generare un segnale d'uscita 21, preferibilmente elettrico, rappresentativo della presenza e/o della quantità rilevata dell'almeno un analita presente nel campione di gas  
5 200.

Il dispositivo di rivelazione 20 consente pertanto di determinare la presenza e/o la quantità di uno o più analiti presenti nel campione di gas 200. Preferibilmente, l'almeno un analita corrisponde a uno tra metano ( $\text{CH}_4$ ), etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), formaldeide ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), ammoniacca ( $\text{NH}_3$ ), acetone ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ), ossido nitrico  
10 ( $\text{NO}$ ), benzene ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), isoprene ( $\text{C}_5\text{H}_8$ ), etilene ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), solfuro di idrogeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ) e monossido di carbonio ( $\text{CO}$ ), o a una loro qualsiasi combinazione.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un dispositivo di regolazione termica 22 operativamente collegato alla prima linea  
15 di trasferimento 2 e all'analizzatore di gas 9.

Il dispositivo di regolazione termica 22 è configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, la prima linea di trasferimento 2 e la cella 12 in modo tale che la temperatura della prima linea di trasferimento 2 e della cella 12, preferibilmente della camera 13 della cella 12, sia superiore o  
20 sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Preferibilmente, il dispositivo di regolazione termica 22 è configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, la prima linea di trasferimento 2 e la cella 12 in modo tale che la temperatura della prima linea di trasferimento 2 coincida sostanzialmente a quella della cella 12,  
25 preferibilmente della camera 13 della cella 12.

Preferibilmente, il dispositivo di regolazione termica 22 è configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, il condotto 11 della prima linea di trasferimento 2 in modo tale che la temperatura del condotto 11,

più preferibilmente dell'interno del condotto 11, sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Preferibilmente, il dispositivo di regolazione termica 22 è configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, la linea d'uscita 16 in modo tale che la temperatura della linea d'uscita 16 sia superiore o  
5 sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Preferibilmente, il dispositivo di regolazione termica 22 è configurato per mantenere la prima linea di trasferimento 2, la cella 12 e preferibilmente il modulo di campionamento 4 e/o linea d'uscita 16 in condizioni isoterme  
10 superiori o sostanzialmente uguali alla temperatura di riferimento.

Più in generale, il dispositivo di regolazione termica 22 può essere configurato per mantenere il circuito fluidico 1 in condizioni isoterme superiori o sostanzialmente uguali alla temperatura di riferimento.

Tali caratteristiche consentono di mantenere la temperatura del campione di gas 200 all'interno di una temperatura controllata dal momento di  
15 acquisizione tramite l'interfaccia d'ingresso 3 fino alla rilevazione degli analiti.

Ciò permette di evitare fenomeni di condensazione, con conseguente perdita parziale di specie idrosolubili e composti polari, ottenendo una maggiore stabilità in termini di composizione chimica del campione di gas 200 rispetto  
20 alle tecniche in-line note.

Secondo una forma di realizzazione, la prima linea di trasferimento 2, in particolare il condotto 11, è realizzata in materiale metallico, o in una lega metallica, avente preferibilmente conducibilità termica maggiore o uguale a 10  
W/(m\*K).

Secondo una forma di realizzazione, il modulo di campionamento 4, in particolare il circuito fluidico 5, è realizzato in materiale metallico, o in una lega metallica, avente preferibilmente conducibilità termica maggiore o uguale a 10  
25 W/(m\*K).

Secondo una forma di realizzazione, l'analizzatore di gas 9, in particolare la cella 12, è realizzato in materiale metallico, o in una lega metallica, avente preferibilmente conducibilità termica maggiore o uguale a  $10 \text{ W}/(\text{m}^*\text{K})$ .

A titolo esemplificativo, la prima linea di trasferimento 2, in particolare il condotto 11, il modulo di campionamento 4, in particolare il circuito fluidico 5, e l'analizzatore di gas 9, in particolare la cella 12, possono essere realizzati in acciaio inossidabile, preferibilmente in almeno uno tra: acciaio inox AISI 304, acciaio inox AISI 316, acciaio inox AISI 316L ed ergal. Preferibilmente, tali materiali sono sottoposti a trattamento superficiale anti-adsorbimento mediante rivestimento inerte, tale da rendere la superficie idrofoba e non polare, minimizzando l'adsorbimento dei composti organici polari presenti nella miscela di gas 300, nonché nel campione di gas 200, durante l'analisi.

Preferibilmente, tali materiali presentano superficie lucida, ottenuta preferibilmente mediante elettrolucidatura.

Secondo una forma di realizzazione, l'analizzatore di gas 9 è uno spettrofono.

Secondo una forma di realizzazione, la cella 12 è una cella fotoacustica.

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo di rivelazione 20 è configurato per rilevare, preferibilmente all'interno della camera 13, onde acustiche emesse dal campione di gas 200 quando il campione di gas 200 è irraggiato con una radiazione laser e mentre il campione di gas 200 fluisce attraverso la camera 13 oppure è confinato nella camera 13.

Preferibilmente, la radiazione laser è modulata, ossia è una radiazione laser in cui almeno uno tra intensità, ampiezza, frequenza, lunghezza d'onda e fase della radiazione laser varia nel tempo in modo controllato.

Preferibilmente, la radiazione laser presenta una lunghezza d'onda modulata.

Preferibilmente, tale modulazione, che corrisponde alla frequenza di

risonanza di un diapason di quarzo 23 compreso nel dispositivo di rivelazione 20, o a una delle sue sub-armoniche, ed è responsabile della generazione fotoacustica, è nell'ordine delle decine di kHz, ossia avviene in un intervallo di frequenze generalmente maggiori rispetto al fotoacustico standard in maniera tale da minimizzare il rumore Flicker.

Preferibilmente, il dispositivo di rivelazione 20 è configurato per generare il segnale d'uscita 21 sulla base della rilevazione delle onde acustiche, in particolare all'interno della camera 13.

Preferibilmente, il dispositivo di rivelazione 20 è configurato per convertire onde acustiche, in particolare generate all'interno della camera 13, nel segnale d'uscita 21 rappresentativo della presenza e/o della quantità rilevata dell' almeno un analita presente nel campione di gas 200.

Secondo una forma di realizzazione, l'analizzatore di gas 9 comprende, preferibilmente corrisponde, a un modulo QEPAS (Quartz-Enhanced Photoacoustic Spectroscopy).

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo di rivelazione 20 comprende il diapason di quarzo (QTF) 23 e due risonatori cilindrici 24 accoppiati acusticamente al diapason di quarzo 23, preferibilmente in configurazione on-beam. Detti risonatori cilindrici 24 sono preferibilmente allineati lungo il percorso della radiazione laser, perpendicolarmente al piano della QTF, e in corrispondenza del punto di antinodo vibrazionale superiore.

Preferibilmente, ciascuno risonatore cilindrico 24 presenta una lunghezza sostanzialmente uguale a 12,4 mm, un diametro interno sostanzialmente uguale a 1,59 mm e un diametro esterno sostanzialmente uguale di 1,83 mm.

Secondo una forma di realizzazione, il volume della cavità 13 della cella 12 è compreso tra 6 cm<sup>3</sup> e 8 cm<sup>3</sup>, estremi inclusi, preferibilmente sostanzialmente uguale a 7 cm<sup>3</sup>.

Il volume relativamente ridotto della cavità 13 consente di ottenere rapidamente una concentrazione stabile rappresentativa della porzione alveolare di un espirato.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprendente un  
5 dispositivo laser 25 configurato per generare la radiazione laser.

Il dispositivo laser 25 è collegato operativamente all'analizzatore di gas 9 in modo da propagare la radiazione laser all'interno della camera 13 della cella 12.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un'ottica  
10 26 configurata per concentrare, ossia focalizzare, la radiazione laser in una determinata zona della camera 13.

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo laser 25 comprende una o più sorgenti laser 27 configurate per generare una radiazione laser.

Il sistema 100 può comprendere un generatore d'onda 29 configurato per  
15 modulare la radiazione laser.

Il segnale di modulazione del generatore d'onda 29 comprende preferibilmente una sinusoide la cui frequenza è preferibilmente pari alla metà della frequenza di risonanza del dispositivo di rivelazione 20.

In una possibile configurazione di misura, il segnale di modulazione  
20 comprende altresì una rampa di scansione a bassa frequenza, ossia circa 10 mHz, sovrapposta alla sinusoide mediante un sommatore 28.

Il sistema 100 può comprendere il sommatore 28.

Preferibilmente, il dispositivo laser 25 comprende un driver di corrente  
30 collegato operativamente al sommatore 28 e configurato per generare una corrente di iniezione della sorgente laser 27 sulla base del segnale di  
25 modulazione.

Preferibilmente, il sistema 100 comprende un dispositivo trasduttore 47 configurato per trasdurre e preferibilmente amplificare il segnale d'uscita 21 in

un segnale di tensione.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un amplificatore lock-in 31A collegato operativamente al dispositivo di rivelazione 20.

5 Preferibilmente, il dispositivo amplificatore 31A è configurato per demodulare il segnale d'uscita 21 alla doppia armonica, ossia alla frequenza di risonanza del dispositivo di rivelazione 20.

Preferibilmente, il dispositivo amplificatore 31A è collegato operativamente al generatore d'onda 29.

10 Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un dispositivo di visualizzazione 31B provvisto di un display e collegato operativamente al dispositivo amplificatore 31A.

Il dispositivo di visualizzazione 31B è configurato per visualizzare il segnale d'uscita 21 sul display, in particolare per visualizzare l'andamento nel  
15 tempo del segnale d'uscita 21 durante la rilevazione della presenza e/o della quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200.

Secondo una forma di realizzazione, il percorso fluidico 1 comprende una pompa 32A configurata per consentire il flusso del campione di gas attraverso il percorso fluidico 1. Preferibilmente, la pompa 32A è una pompa da vuoto.

20 Preferibilmente, la pompa 32A è disposta a valle dello analizzatore di gas 9 rispetto alla prima linea di trasferimento 1.

Ciò consente uno scarico controllato del campione di gas 200.

Preferibilmente, la pompa 32A è collegata operativamente alla linea d'uscita 16 del percorso fluidico 1, più preferibilmente alla seconda estremità  
25 19 di tale linea.

Secondo una forma di realizzazione, il percorso fluidico 1 comprende un regolatore di flusso e/o pressione 32B configurato per regolare la portata e/o la pressione del campione di gas 200 attraverso il percorso fluidico 1, in

particolare nella camera 13.

Preferibilmente, il regolatore di flusso e/o pressione 32B è disposto a valle dell'analizzatore di gas 9 rispetto alla prima linea di trasferimento 1.

Ciò consente un flusso controllato del campione di gas 200 attraverso il percorso fluidico 1, in particolare attraverso la camera 13.

Preferibilmente, il regolatore di flusso e/o pressione 32B è collegato operativamente alla linea d'uscita 16 del percorso fluidico 1, più preferibilmente a monte della pompa 32A rispetto la prima linea di trasferimento 2.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un'unità di controllo 33.

L'unità di controllo 33 può essere un'unità di controllo centrale o distribuita.

Preferibilmente, l'unità di controllo 33 comprende un regolatore PID.

Preferibilmente, l'unità di controllo 33 è configurata per controllare la pompa 32A e/o il regolatore di flusso e/o pressione 32B in modo tale da far scorrere, preferibilmente in modo continuo, il campione di gas 200 attraverso la cella 12, preferibilmente mantenendo costante il flusso del campione di gas 200 all'interno della camera 13, durante la rilevazione della presenza e/o della quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200 da parte del dispositivo di rivelazione 20.

Questo consente di migliorare il rapporto segnale/rumore e di ottenere un segnale d'uscita 21, in particolare un segnale QEPAS, stabile e ripetibile.

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo di regolazione termica 22 comprende un dispositivo di condizionamento di linea 34 collegato operativamente alla prima linea di trasferimento 2.

Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento di linea 34 è configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, la prima linea di trasferimento 2, in particolare il condotto 11 della prima linea di

trasferimento 2, in modo tale che la temperatura della prima linea di trasferimento 2, in particolare del condotto 11, più preferibilmente dell'interno del condotto 11, sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

5 A titolo esemplificativo, il dispositivo di condizionamento di linea 34 può comprendere almeno uno tra fasce riscaldanti elettrici flessibili, cavi riscaldanti elettrici flessibili e riscaldatori micro-tubolari.

Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento di linea 34 comprende almeno un elemento riscaldante applicato alla prima linea di trasferimento 2, in particolare alla superficie esterna del condotto 11 di tale linea.

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo di regolazione termica 22 comprende un dispositivo sensore di linea 35 operativamente collegato alla prima linea di trasferimento 2 e configurato per determinare la temperatura della prima linea di trasferimento 2, in particolare del condotto 11 di tale linea.

15 Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento di linea 34 è configurato per condizionare la temperatura della prima linea di trasferimento 2, in particolare del condotto 11 di tale linea, sulla base della temperatura determinata dal dispositivo sensore di linea 35 in modo tale che la temperatura della prima linea di trasferimento 2, in particolare del condotto 11 di tale linea, sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo di regolazione termica 22 comprende un dispositivo di condizionamento di cella 36 collegato operativamente alla cella 12.

Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento di cella 36 è configurato per condizionare termicamente, preferibilmente riscaldare, la cella 12 in modo tale che la temperatura della cella 12, in particolare della camera 13, sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

A titolo esemplificativo, il dispositivo di condizionamento di cella 36 può

comprendere almeno uno tra elementi riscaldanti a cartuccia miniaturizzati e strisce riscaldanti.

Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento di cella 36 comprende almeno un elemento riscaldante applicato alla cella 12 dell'analizzatore di gas

5 9.

Secondo una forma di realizzazione, il dispositivo di regolazione termica 22 comprende un dispositivo sensore di cella 37 collegato operativamente alla cella 12 e configurato per determinare la temperatura della camera 13.

Preferibilmente, il dispositivo di condizionamento di cella 36 è configurato  
10 per condizionare la temperatura della camera 13 sulla base della temperatura determinata dal dispositivo sensore di cella 37 in modo tale che la temperatura della camera 13 sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un  
15 dispositivo di controllo 38.

Il dispositivo di controllo 38 può essere un dispositivo di controllo centrale o distribuito.

Preferibilmente, il dispositivo di controllo 38 comprende un regolatore PID.

Preferibilmente, il dispositivo di controllo 38 è collegato operativamente  
20 al dispositivo di regolazione 22 ed è configurato in modo tale da regolare la temperatura della prima linea di trasferimento 2 attraverso il dispositivo di condizionamento di linea 34 sulla base della temperatura determinata dal dispositivo sensore di linea 35, e/o in modo tale da regolare la temperatura  
25 della cella 12, in particolare della camera 13, attraverso il dispositivo di condizionamento di cella 36 sulla base della temperatura determinata dal dispositivo sensore di cella 37.

Preferibilmente, il dispositivo di controllo 38 è altresì collegato

operativamente all'unità termica 8 ed è configurato in modo tale da regolare la temperatura del circuito fluidico 5 attraverso l'unità termica 8.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprendente un secondo dispositivo sensore di cella 39 collegato operativamente alla cella 12 e configurato per determinare l'umidità nella camera 13 e generare un segnale d'uscita rappresentativo dell'umidità determinata. Detto segnale è preferibilmente utilizzato per monitorare il corretto funzionamento del sistema di misura durante la fase di analisi.

Secondo una forma di realizzazione, il percorso fluidico 1 comprende una seconda linea di trasferimento 40 provvista di un'interfaccia d'ingresso 41 configurata per ricevere una seconda miscela di gas 400. La seconda linea di trasferimento 40 è collegata operativamente all'analizzatore di gas 9.

La seconda linea di trasferimento 40 comprende preferibilmente un condotto 42 il quale può comprendere uno o più tubi.

La seconda linea di trasferimento 40 può essere collegata direttamente all'analizzatore di gas 9.

In alternativa, la seconda linea di trasferimento 40 può essere collegata all'analizzatore di gas 9 tramite la prima linea di trasferimento 2.

In questo caso, la seconda linea di trasferimento 40 può essere collegata, preferibilmente tramite un raccordo 43, alla prima linea di trasferimento 2 in un punto compreso tra l'interfaccia d'ingresso 3 e l'interfaccia d'uscita 10.

Il raccordo 43 è preferibilmente un raccordo a T.

Preferibilmente, l'interfaccia d'ingresso 41 della seconda linea di trasferimento 40 comprende almeno uno tra: un'apertura, un raccordo, un elemento di collegamento e/o fissaggio, preferibilmente a una sorgente della seconda miscela di gas 400.

Preferibilmente, la seconda miscela di gas 400 è azoto o una miscela di azoto.

Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende una sorgente di miscela azoto 44 collegata operativamente all'interfaccia d'ingresso 41 della seconda linea di trasferimento 40 e configurata per fornire azoto o una miscela di azoto alla seconda linea di trasferimento 40.

5 La sorgente di miscela azoto 44 può comprendere un contenitore di gas 45A e un miscelatore di gas 45B collegato operativamente al contenitore di gas 45A, o lasciato libero di prelevare l'aria ambiente, e all'interfaccia d'ingresso 41 della seconda linea di trasferimento 40.

Preferibilmente, il contenitore di gas 45A contiene azoto.

10 Secondo una forma di realizzazione, il percorso fluidico 1 comprende un gruppo valvolare 46 collegato operativamente alla prima linea di trasferimento 2 e alla seconda linea di trasferimento 40 e configurato per regolare il flusso del campione di gas 200 e il flusso della seconda miscela di gas 400 verso l'analizzatore di gas 9.

15 Secondo una forma di realizzazione, l'unità di controllo 33 è collegata operativamente al gruppo valvolare 46 ed è configurata per:

- azionare il gruppo valvolare 46 in modo da consentire al campione di gas 200 di raggiungere la camera 13 della cella 12 e, nel contempo, impedire il trasferimento della seconda miscela di gas 400 dall'interfaccia d'ingresso 41 della seconda linea di trasferimento 40 all'analizzatore di gas 9, e
- azionare il gruppo valvolare 46 in modo da consentire alla seconda miscela di gas 400 di raggiungere la camera 13 della cella 12 e, nel contempo, impedire il trasferimento del campione di gas 200 dall'interfaccia di ingresso 3 della prima linea di trasferimento 2 all'analizzatore di gas 9.

25 Queste caratteristiche consentono di immettere nella camera 13 miscele di gas provenienti da due sorgenti differenti a seconda della modalità di utilizzo del sistema 100.

Preferibilmente, l'unità di controllo 33 è configurata per controllare la

pompa 32A, il regolatore di flusso e/o pressione 32B e il gruppo valvolare 46 in modo tale da conferire selettivamente nella camera 13 della cella 12 il campione di gas 200 o la seconda miscela di gas 400.

5 Secondo una forma di realizzazione, il sistema 100 comprende un involucro, preferibilmente di forma scatolare, nel quale sono alloggiati il percorso fluidico 1, l'analizzatore di gas 9 e il dispositivo laser 25 e, preferibilmente, almeno uno tra la pompa da vuoto 32A e la sorgente di miscela azoto 44.

10 Preferibilmente, detto involucro è provvisto, in corrispondenza delle proprie pareti, di raccordi fluidici e/o elettrici.

In una possibile forma di realizzazione, l'involucro presenta una lunghezza e una larghezza inferiori a 1 m, preferibilmente inferiori o uguali a 500 mm, e un'altezza inferiore a 500 mm, preferibilmente inferiore o uguale a 150 mm.

15 Secondo una forma di realizzazione, un metodo per l'analisi di almeno un analita presente in un campione di gas, il campione di gas essendo preferibilmente la porzione alveolare di un espirato preferibilmente umano, comprende fornire il campione di gas 200 alla prima linea di trasferimento 2 collegata operativamente all'analizzatore di gas 9 provvisto della cella 12, il  
20 campione di gas 200 avendo una temperatura inferiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento.

Inoltre, il metodo comprende far fluire il campione di gas 200 attraverso la prima linea di trasferimento 2 e, successivamente, introdurre il campione di gas 200 nella camera 13 della cella 12.

25 Il metodo comprende altresì rilevare la presenza e/o una quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200 mentre il campione di gas 200 fluisce attraverso la camera 13 oppure è confinato nella camera 13.

Il metodo comprende altresì generare un segnale d'uscita 21

rappresentativo della presenza e/o della quantità rilevata dell' almeno un analita presente nel campione di gas 200.

In aggiunta, il metodo comprende condizionare la temperatura della prima linea di trasferimento 2 in modo tale che sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento mentre il campione di gas 200 fluisce  
5 attraverso la prima linea di trasferimento 2, e condizionare la temperatura della cella 12 in modo tale che sia superiore o sostanzialmente uguale alla temperatura di riferimento mentre viene rilevata la presenza e/o la quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200.

10 Secondo una forma di realizzazione, il metodo comprende far scorrere in modo continuo il campione di gas 200 attraverso la cella 12, preferibilmente mantenendo costante il flusso del campione di gas 200 all'interno della camera 13 della cella 12, durante la rilevazione della presenza e/o della quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200.

15 Secondo una forma di realizzazione alternativa, il metodo comprende introdurre il campione di gas 200 nella camera 13 della cella 12, per effetto di un gradiente di pressione, e mantenerlo confinato, in assenza di flusso, all'interno della camera 13 durante la rilevazione della presenza e/o della quantità di almeno un analita presente nel campione di gas 200.

20 Preferibilmente, il metodo comprende rimuovere il campione di gas dalla camera 13 della cella 12 e saturare la camera di azoto o di una miscela di azoto prima di introdurre un secondo campione di gas nella camera 13.

Tale previsione consente di effettuare una fase di pulizia della camera 13 prima della rivelazione di analiti di un secondo campione di gas.

25 Un possibile modo di funzionamento del sistema 100 viene ora descritto, a titolo esemplificativo e non limitativo, con particolare riferimento alla rivelazione di metano (CH<sub>4</sub>).

Prima di ogni analisi, l'analizzatore di gas 9 viene sottoposto ad una fase

di pulizia, necessaria alla rimozione di VOCs residui. Successivamente si effettua l'acquisizione dell'aria ambiente mediante il miscelatore di gas 45B, scollegandolo dal contenitore di gas 45A, al fine di discriminare il contributo esogeno dalla concentrazione alveolare endogena degli analiti target, ossia da rilevare. Una seconda fase di pulizia riporta il sistema 100 ad una condizione iniziale (crf. figura 2A). A questo punto, ha luogo la fase di raccolta selettiva della porzione alveolare dell'espriato: l'utente espira nel modulo di campionamento 4 e la porzione alveolare viene isolata tramite riconoscimento automatico del plateau capnografico. Il campione di gas 200 così selezionato e convogliato nella camera di campionamento viene inviato all'analizzatore di gas 9. La procedura si svolge in flusso dinamico: la pompa 32A, insieme al regolatore di flusso e/o pressione 32B, richiama il campione di gas 200 dalla camera di campionamento del modulo di campionamento 4 e lo introduce nella cella 12. In questa fase, il campione di gas 200 sostituisce progressivamente l'azoto residuo nel volume interno della camera 13 della cella 12, determinando un incremento continuo della concentrazione degli analiti di interesse con proporzionale aumento del segnale d'uscita 21 (crf. figura 2B). Quando l'intero volume utile della cella 12 viene saturato, la concentrazione interna si stabilizza e il segnale d'uscita 21 raggiunge un plateau riproducibile, che rappresenta l'intervallo di misura utile alla quantificazione del VOCs (crf. figura 2C). Essendo l'interazione luce/gas alla base della generazione fotoacustica un fenomeno estremamente localizzato al volume circostante l'elemento sensibile (point sensing), è naturale che l'estensione temporale del plateau non ecceda alcuni minuti. Cionondimeno, tale finestra temporale risulta più che sufficiente alla rivelazione sequenziale di diversi analiti target. Man mano che la cella 12 si svuota, il segnale d'uscita 21 si attenua (crf. figura 2D). Al termine della misura, una nuova pulizia con azoto ripristina le condizioni iniziali del percorso fluidico 1 del sistema 100, in particolare della prima linea di trasferimento 2 e

della cella 12.

Dev'essere notato, infine, che il sistema 100 consente la rivelazione affidabile di metano (CH<sub>4</sub>) e/o monossido di carbonio (CO), misurando in modo stabile e riproducibile le concentrazioni basali presenti nella porzione alveolare di soggetti sani. Il sistema 100 può inoltre essere vantaggiosamente in grado di seguirne variazioni sia endogene sia indotte da stimoli metabolici o da esposizioni acute, quali l'inalazione di fumo di sigaretta, che produce un incremento immediato del monossido di carbonio alveolare. Il sistema 100 può essere altresì utilizzato per la rivelazione di una più ampia gamma di molecole organiche e inorganiche rilevabili mediante spettroscopia IR.

La possibilità di rilevare con continuità i livelli fisiologici e le loro variazioni dinamiche conferisce al sistema 100 un'elevata sensibilità operativa e ne supporta l'impiego in applicazioni di monitoraggio non invasivo, rendendolo idoneo a procedure di screening e follow-up nei contesti clinici in cui le variazioni dei composti dell'espriato costituiscono indicatori affidabili dello stato funzionale dell'organismo allo scopo della diagnostica precoce.

Da quanto esposto, risulta evidente che la soluzione tecnica secondo la presente invenzione offre numerosi vantaggi. In particolare, la soluzione tecnica secondo la presente invenzione consegue almeno uno dei seguenti vantaggi:

- struttura particolarmente compatta,
- elevata portabilità,
- peso relativamente ridotto,
- tempo di risposta dell'ordine del secondo,
- modalità di campionamento in-line,
- monitoraggio in tempo reale.

Vantaggiosamente, la soluzione secondo l'invenzione risulta particolarmente adatta per applicazioni point-of-care, cioè in cui l'analisi è

effettuata sostanzialmente in prossimità del luogo di acquisizione del campione, senza necessità di invio ad un laboratorio esterno per l'analisi del campione di gas.

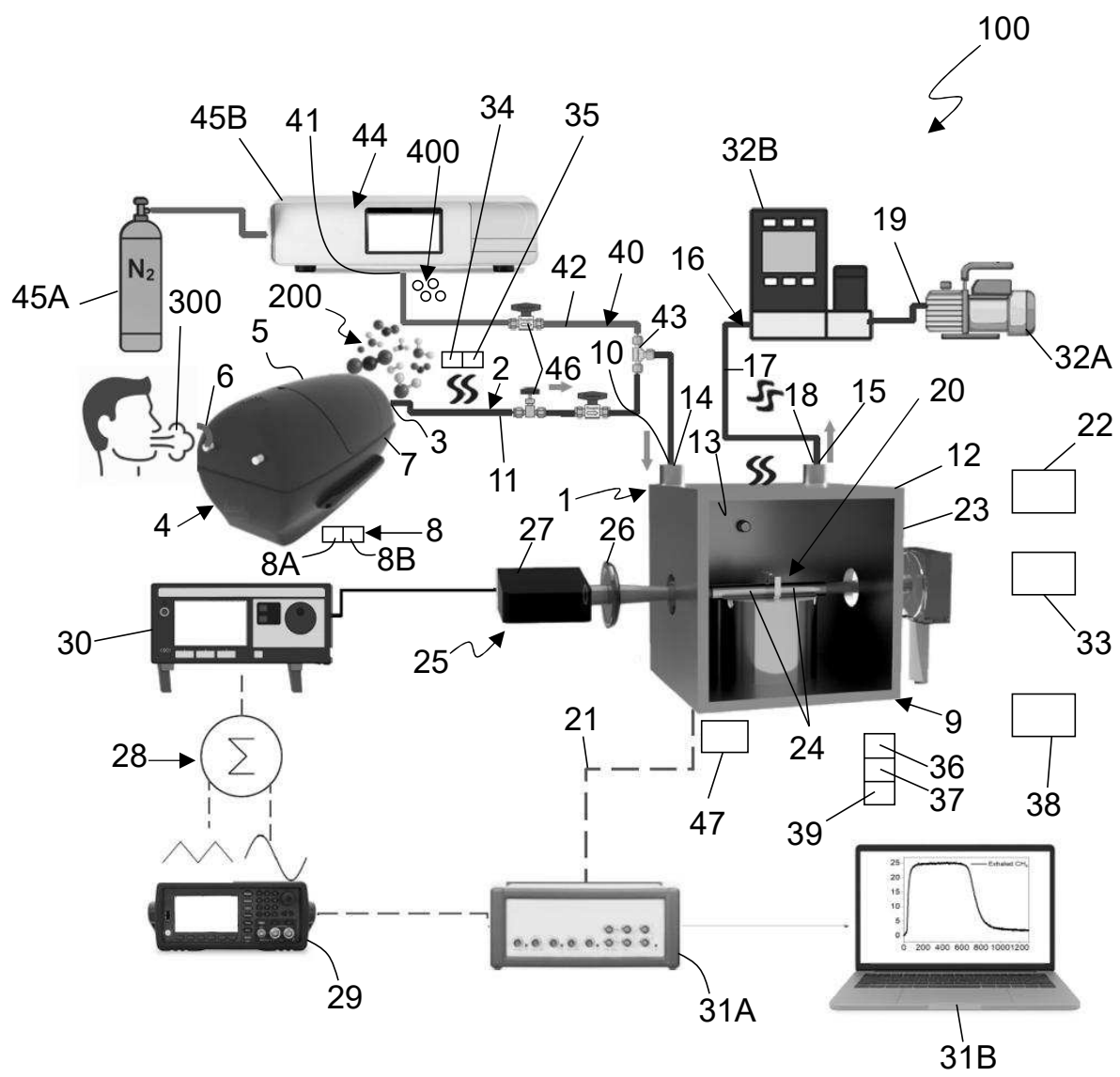


FIG. 1

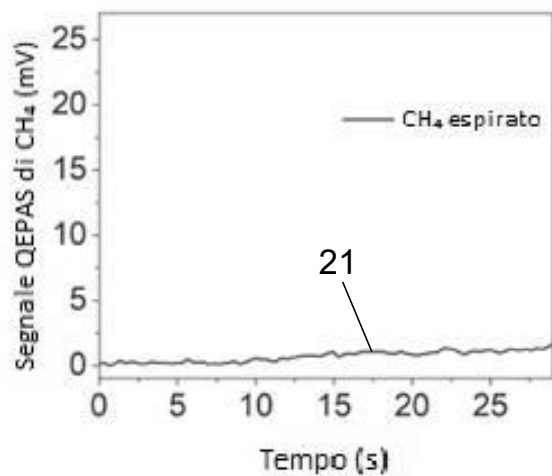


FIG. 2A

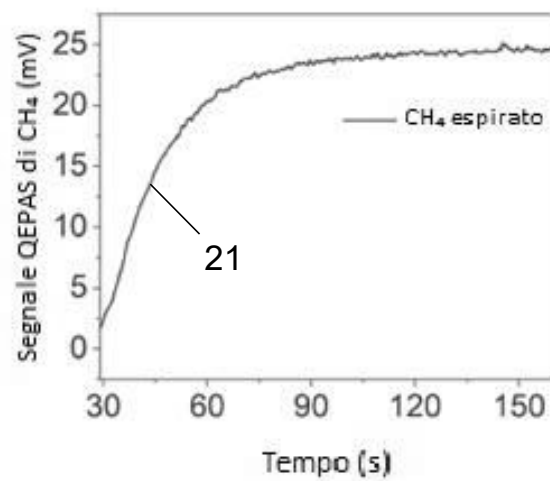


FIG. 2B

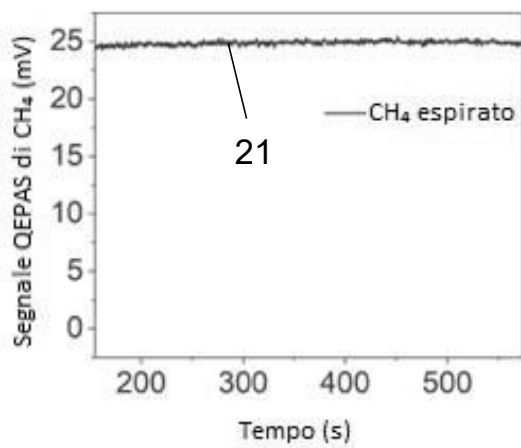


FIG. 2C

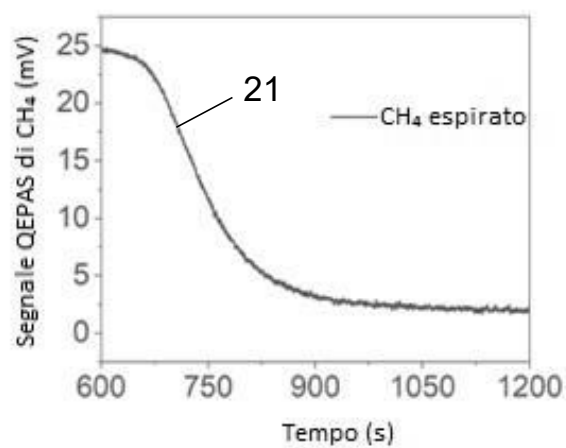


FIG. 2D