

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO
PER L'ACQUISTO DI N.10 SENSORI COMPLETI BASATI SU TECNOLOGIA QEPAS
(SPETTROSCOPIA FOTOACUSTICA A DIAPASON DI QUARZO)
DI TRACCE GASSOSE PER DIECI DIVERSI TIPI DI GAS

come da seguenti caratteristiche:

SENSORE QEPAS PER ANIDRIDE CARBONICA (CO₂)
<p>Il sensore per CO₂ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.</p>
<p>Specifiche tecniche</p>
<p>1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 4,23 μm (2361,5 cm⁻¹) - Una potenza ottica massima in uscita > 20 mW - Una corrente massima di funzionamento: 500 mA - Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 10 W. - Un intervallo di temperatura compreso tra 15 °C e 40 °C - Una qualità del fascio M₂ < 1,3 - Una divergenza del fascio < 10 mrad - La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente - Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C. - Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.
<p>2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR). - Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm. - Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.
<p>3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua. - In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.

- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s
- Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: < 1% su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Il sensore per CO includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:

- Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a $4.56 \mu\text{m}$ (2190.0 cm^{-1})
- Una potenza ottica massima in uscita $> 20 \text{ mW}$
- Una corrente massima di funzionamento: 500 mA
- Una dissipazione di potenza elettrica $\leq 10 \text{ W}$.
- Un intervallo di temperatura compreso tra $15 \text{ }^\circ\text{C}$ e $40 \text{ }^\circ\text{C}$
- Una qualità del fascio $M2 < 1,3$
- Una divergenza del fascio $< 10 \text{ mrad}$
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo $15 \text{ }^\circ\text{C} - 40 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).
- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale $2-13 \mu\text{m}$.
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra $3-40 \text{ kHz}$ e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra $4-15 \text{ mm}$ e diametro interno compreso tra $0,4$ e 2 mm .

3. *Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:*

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.
- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. **Performance**

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s
- Precisione: ±5% o ±5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: < 1% su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER METANO (CH₄)

Il sensore per CH₄ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. *Specifiche della sorgente laser a infrarossi:*

- Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 7.84 μm (1275.4 cm⁻¹)
- Una potenza ottica massima in uscita > 40 mW
- Una corrente massima di funzionamento: 500 mA
- Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 10 W.
- Un intervallo di temperatura compreso tra 15 °C e 40 °C
- Una qualità del fascio M2 < 1,3
- Una divergenza del fascio < 10 mrad
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. *Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):*

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).

- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm .
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.

3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.
- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s
- Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: $< 1\%$ su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER ETANO (C₂H₆)

Il sensore per C₂H₆ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:

- Un laser a cascata interbanda a feedback distribuito a frequenza singola (ICL) con lunghezza d'onda centrale pari a 3.35 μm (2986.25 cm^{-1})
- Una potenza ottica massima in uscita > 15 mW
- Una corrente massima di funzionamento: 500 mA
- Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 10 W.
- Un intervallo di temperatura compreso tra 15 °C e 40 °C
- Una qualità del fascio M₂ $< 1,3$
- Una divergenza del fascio < 10 mrad
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.

- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.
2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):
<ul style="list-style-type: none"> - Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR). - Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm. - Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.
3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:
<ul style="list-style-type: none"> - In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua. - In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C. - In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente all'ICL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico. - In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore. - In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.
4. Performance
<ul style="list-style-type: none"> - Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione - Tempo di risposta: < 2 s - Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD - Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD - Ripetibilità: $< 1\%$ su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER FORMALDEIDE (H_2CO)
Il sensore per H_2CO includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.
Specifiche tecniche
1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:
<ul style="list-style-type: none"> - Un laser a cascata interbanda a feedback distribuito a frequenza singola (ICL) con lunghezza d'onda centrale pari a 3.53 μm (2832.5 cm^{-1}) - Una potenza ottica massima in uscita > 10 mW - Una corrente massima di funzionamento: 500 mA - Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 10 W. - Un intervallo di temperatura compreso tra 15 °C e 40 °C - Una qualità del fascio $M2 < 1,3$

<ul style="list-style-type: none"> - Una divergenza del fascio < 10 mrad - La sorgente laser deve essere racchiusa in una struttura robusta, sigillata ermeticamente in un supporto TO66. - Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C. - Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.
<p>2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR). - Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm. - Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.
<p>3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:</p> <ul style="list-style-type: none"> - In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua. - In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C. - In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente all'ICL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico. - In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore. - In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.
<p>4. Performance</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione - Tempo di risposta: < 2 s - Precisione: ±5% o ±5 LOD - Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD - Ripetibilità: < 1% su 10 misurazioni

<h2>SENSORE QEPAS PER AMMONIACA (NH₃)</h2>
<p>Il sensore per NH₃ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.</p>
<p>Specifiche tecniche</p>
<p>1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 9.06 μm (1103.4 cm⁻¹)

- Una potenza ottica massima in uscita > 40 mW
- Una corrente massima di funzionamento: 500 mA
- Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 10 W.
- Un intervallo di temperatura compreso tra 15 °C e 40 °C
- Una qualità del fascio $M2 < 1,3$
- Una divergenza del fascio < 10 mrad
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).
- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μ m.
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.

3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.
- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s
- Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: < 1% su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER MONOSSIDO DI AZOTO (NO)

Il sensore per NO includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:

- Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 5.26 μm (1900.1 cm^{-1})
- Una potenza ottica massima in uscita $> 50 \text{ mW}$
- Una corrente massima di funzionamento: 500 mA
- Una dissipazione di potenza elettrica $\leq 10 \text{ W}$.
- Un intervallo di temperatura compreso tra 15 °C e 40 °C
- Una qualità del fascio $M2 < 1,3$
- Una divergenza del fascio $< 10 \text{ mrad}$
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).
- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm .
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.

3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser per funzionamento in continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.
- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limit of Detection (LOD): sub part-per-million
- Response Time: $< 2 \text{ s}$
- Accuracy: $\pm 5 \%$ or $\pm 5 \text{ LOD}$
- Sensor Responsivity: linear from 5000 ppm to LOD
- Repeatability: $< 1\%$ over 10 measurements

SENSORE QEPAS PER BENZENE (C₆H₆)

Il sensore per C₆H₆ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. *Specifica della sorgente laser a infrarossi:*

- Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 14.8 μm (673 cm⁻¹)
- Una potenza ottica massima in uscita > 10 mW
- Una corrente massima di funzionamento: 1 A
- Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 20 W.
- Un intervallo di temperatura compreso tra -20 °C e 20 °C
- Una qualità del fascio M2 < 1,3
- Una divergenza del fascio < 10 mrad
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. *Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):*

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).
- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm.
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.

3. *Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:*

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser nel funzionamento a onda continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.
- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s

- Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: $< 1\%$ su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER TUOLENE (C₇H₈)

Il sensore per C₇H₈ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. *Specifica della sorgente laser a infrarossi:*

- Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 13.7 μm (729 cm^{-1})
- Una potenza ottica massima in uscita > 10 mW
- Una corrente massima di funzionamento: 1 A
- Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 20 W.
- Un intervallo di temperatura compreso tra -20 °C e 20 °C
- Una qualità del fascio $M2 < 1,3$
- Una divergenza del fascio < 10 mrad
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. *Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):*

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).
- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm .
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.

3. *Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:*

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser nel funzionamento a onda continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.
- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.

- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s
- Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: < 1% su 10 misurazioni

SENSORE QEPAS PER ETILBENZENE (C₈H₁₀)

Il sensore per C₈H₁₀ includerà: un modulo di rilevamento fotoacustico, un regolatore di pressione, un misuratore di flusso di gas, una pompa a vuoto, connessioni di ingresso e uscita del gas, una sorgente laser a infrarossi; un'unità elettronica di controllo e un software di controllo dell'acquisizione personalizzato.

Specifiche tecniche

1. Specifica della sorgente laser a infrarossi:

- Un laser a cascata quantistica (QCL) a feedback distribuito a frequenza singola con lunghezza d'onda centrale a 14.3 μm (697 cm^{-1})
- Una potenza ottica massima in uscita > 10 mW
- Una corrente massima di funzionamento: 1 A
- Una dissipazione di potenza elettrica ≤ 20 W.
- Un intervallo di temperatura compreso tra -20 °C e 20 °C
- Una qualità del fascio M₂ < 1,3
- Una divergenza del fascio < 10 mrad
- La sorgente laser deve essere racchiusa in un robusto contenitore HHL a 9 pin sigillato ermeticamente
- Laser dotato di un dispositivo di raffreddamento Peltier per stabilizzare la temperatura del laser nell'intervallo 15 °C - 40 °C.
- Laser dotato di una lente collimatrice sulla faccetta anteriore per una bassa divergenza o di una fibra pigtailed.

2. Specifiche del modulo di rivelazione acustico (ADM):

- Il modulo di rivelazione acustico deve essere composto da uno spettrofono acustico racchiuso in una cella per gas dotata di due finestre con rivestimento antiriflesso (AR).
- Le finestre devono avere un rivestimento AR nell'intervallo spettrale 2-13 μm .
- Lo spettrofono dovrà essere composto da un diapason in quarzo avente frequenza di risonanza compresa tra 3-40 kHz e fattore di qualità > 5000 a pressione atmosferica, accoppiato acusticamente con una coppia di tubi risonatori metallici di lunghezza compresa tra 4- 15 mm e diametro interno compreso tra 0,4 e 2 mm.

3. Specifiche del Sistema di controllo Elettronico:

- In grado di fornire corrente alla sorgente laser con un intervallo di regolazione della tensione di 0-20 V e un intervallo di corrente di 0-3 A, per polarizzare la sorgente laser nel funzionamento a onda continua.
- In grado di stabilizzare la temperatura del laser tramite un dispositivo di raffreddamento Peltier nell'intervallo di temperatura 15 °C - 40 °C.

- In grado di fornire una modulazione di frequenza della corrente al QCL applicando un dither sinusoidale al driver di corrente a metà della frequenza di risonanza del diapason e una rampa lineare a bassa frequenza (da 10 mHz a 1 Hz) alla corrente driver per scansionare la corrente CC all'interno del suo intervallo dinamico.
- In grado di amplificare la corrente piezoelettrica QTF in un segnale di tensione utilizzando un amplificatore a transimpedenza a basso rumore.
- In grado di demodulare il segnale di tensione alla frequenza di risonanza del QTF, per poter operare in modulazione di lunghezza d'onda.

4. Performance

- Limite di rivelazione (LOD): al di sotto della parte per milione
- Tempo di risposta: < 2 s
- Precisione: $\pm 5\%$ o ± 5 LOD
- Risposta del sensore: lineare da 5000 ppm a LOD
- Ripetibilità: < 1% su 10 misurazioni

L'importo stimato su base offerta è di € **600.000,00 (IVA esclusa)** e graverà interamente sui fondi:

Progetto di Ricerca: PNC -D3-4Health - Quota DIF Prof. Vincenzo Spagnolo

Voce di Costo: STRUMENTAZIONE PER LABORATORIO

Scadenza: 31/11/2026

di cui è responsabile Scientifico il sottoscritto Prof. Vincenzo Spagnolo.

Il sottoscritto **dichiara** sotto la propria responsabilità, consapevole delle conseguenze civili e penali cui incorre in caso di dichiarazioni mendaci, che il predetto acquisto ha stretta attinenza con il Progetto di Ricerca sopra indicato.

I sensori sono da consegnare presso i Laboratori Polysense–Dipartimento Interateneo di Fisica - Politecnico di Bari - via Giovanni Amendola, 173– Bari da concordarsi preventivamente con:

Prof. Vincenzo Spagnolo
Dipartimento Interateneo di Fisica - Politecnico di Bari
Via Amendola 173, 70126 Bari - Italy
+39 080 544 2373 Cell. +39 3346713668
vincenzoluigi.spagnolo@poliba.it

Firmato