



Dipartimento INTERATENEIO DI FISICA «M. MERLIN»
SCUOLA DI DOTTORATO DI RICERCA IN FISICA
XXXIII ciclo

Presentazione dell'attività di ricerca del primo anno:


SVILUPPO DI SENSORI OPTOACUSTICI INNOVATIVI PER APPLICAZIONI INDUSTRIALI E BIOMEDICALI

THORLABS

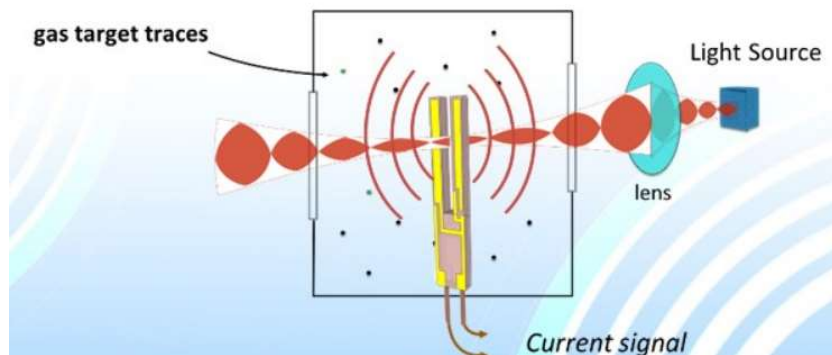
MASMEC

Dottoranda: Arianna Elefante

SOMMARIO

- 
- Spettroscopia fotoacustica a diapason di quarzo QEPAS
 - Attività di ricerca
 - Sensore di etilene
 - Sensore per rivelazione simultanea di due gas
 - Obiettivi futuri
 - Corsi e conferenze

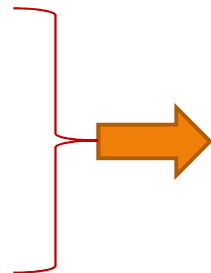
Quartz Enhanced PhotoAcoustic Spectroscopy



- Sorgente di eccitazione: laser a $\lambda = \lambda_{\text{assorbimento-molecole}}$
- Effetto fotoacustico: generazione di un'onda di pressione a seguito del rilassamento non radiativo delle molecole eccitate dal laser
- Trasduttore Optoacustico: diapason al quarzo

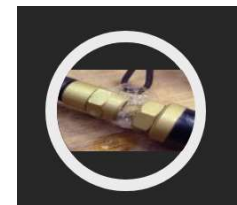
$S \sim \text{Concentrazione di gas target}$

- ❖ Elevata sensibilità
- ❖ Selettività
- ❖ Rapidi tempi di risposta
- ❖ Compattezza



Applicazioni industriali e biomedicali:

- Sensore di perdite per controllo di sistemi meccatronici
- Analisi del respiro

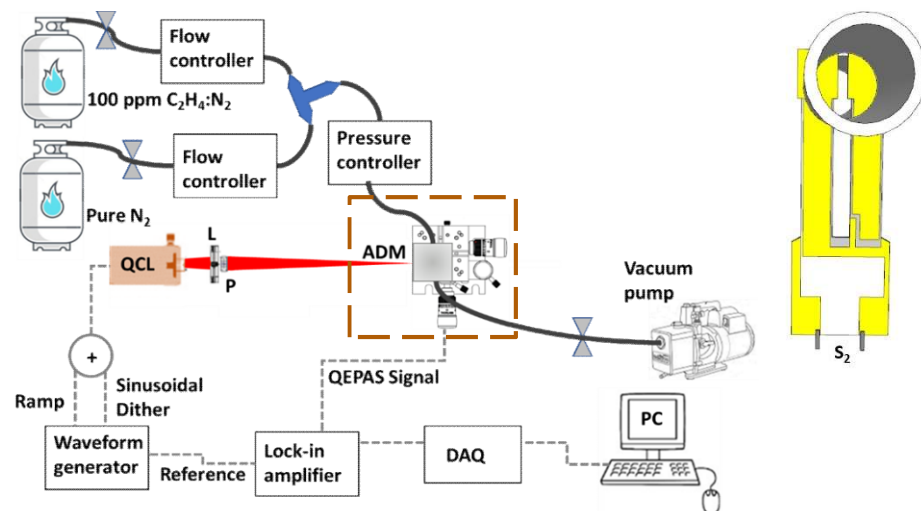


SENSORE QEPAS di ETILENE

Quartz-enhanced photoacoustic sensor for ethylene detection implementing an optimized custom tuning fork-based spectrophone,
M. Giglio, **A. Elefante**, P. Patimisco, A. Sampaolo, F. Sgobba, H. Rossmadl, V. Mackowiak, H. W., F. K. Tittel, L. Dong, and V. Spagnolo, **Optics Express**, in press.

Etilene:

- Monitoraggio del trasporto del cibo per industria alimentare
- Bio-marcatore per le patologie infiammatorie presente nell'esperto umano

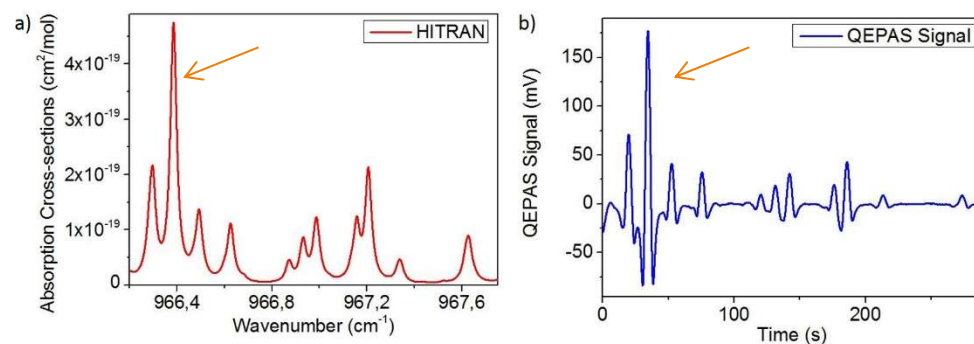


Diapason

L_{rebbi}	9.4 mm
T_{rebbi}	2.0 mm
s_{rebbi}	0.8 mm
f_0	12462.02 Hz

Tubi

L_{tubi}	12.4 mm
ID_{tubi}	1.59 mm



Sorgente laser:

DFB-QCL @ 10.34 μm

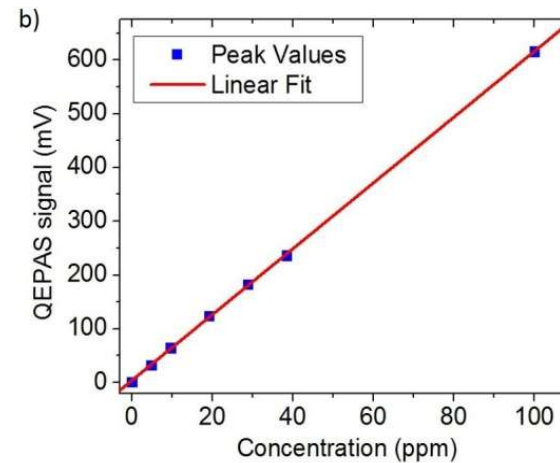
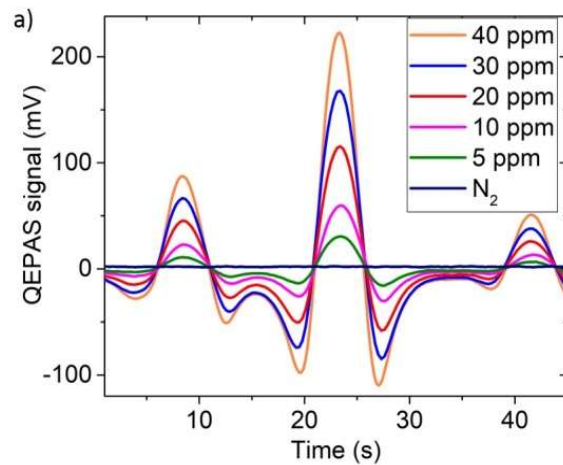
Linea di assorbimento selezionata:

$k = 966.38 \text{ cm}^{-1}$

Intensità di linea: $2.2 \cdot 10^{-20} \text{ cm}^2/\text{mol}$

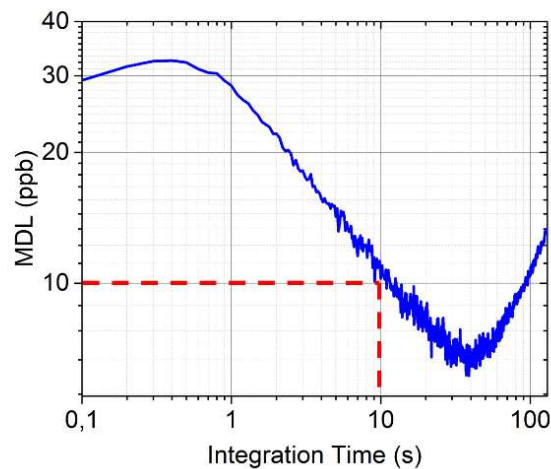
SENSORE QEPAS di ETILENE

Calibrazione



Curva di calibrazione:
 $S = 6.12 \text{ mV/ppm} \cdot C + 4 \text{ mV}$

Analisi di varianza di Allan



@ Tempo di integrazione di 100 ms

SNR: 3420 per 100 ppm

MDL: 29 ppb

@ Tempo di integrazione di 10 s

SNR: 9770

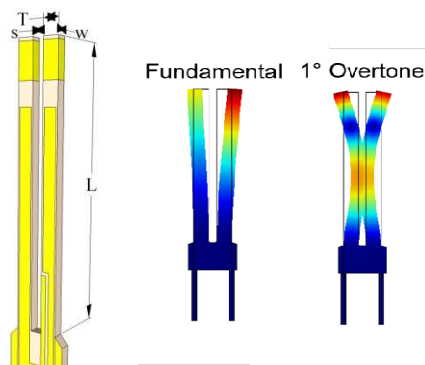
MDL: 10 ppb

Dual-gas QEPAS

Applicazioni:

- Analisi del respiro per monitorare diversi bio-marcatori allo stesso tempo
- Calibrazione di sensori
- Monitoraggio ambientale di gas serra come N_2O , CH_4 and H_2O .

$$f_n = \frac{\pi T}{8\sqrt{12}L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}} n^2$$

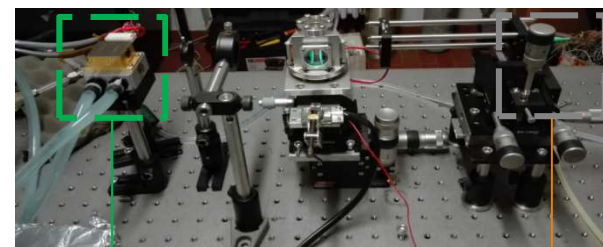
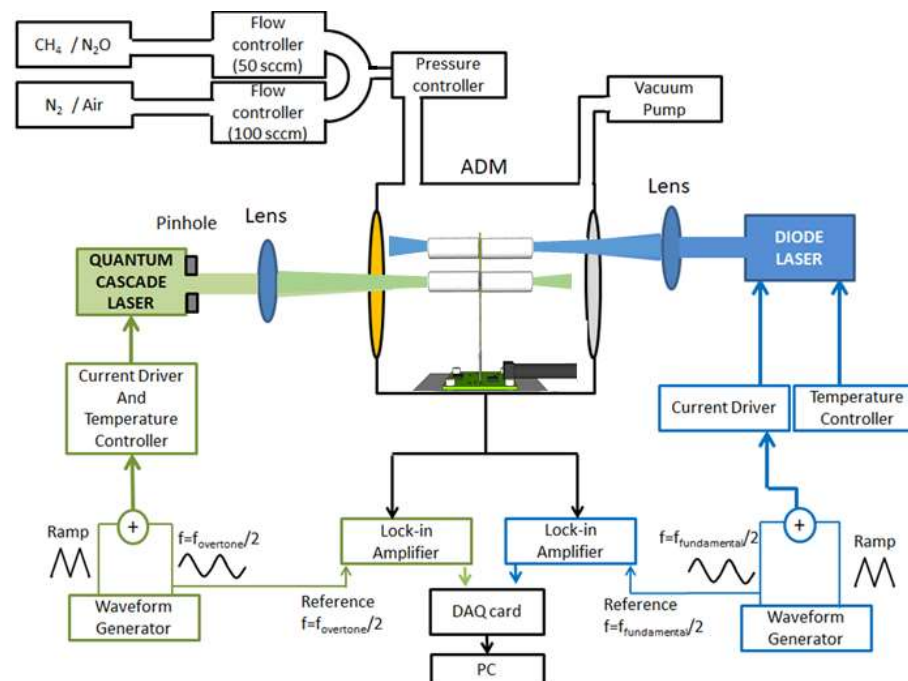


QTF

L (mm)	17.0
w (mm)	0.25
s (mm)	0.7
T (mm)	1.0
f_0 (Hz)	2871.5
f_1 (Hz)	17747.7

Micro-resonator tubes

l_{f0} (mm)	9.5
l_{f1} (mm)	8.5
ID (mm)	1.36



LASER SOURCES

QUANTUM CASCADE LASER

$\lambda = 7.73 \mu\text{m}$

Target: H_2O , CH_4 , N_2O

Overtone mode excitation

DIODE LASER

$\lambda = 1.39 \mu\text{m}$

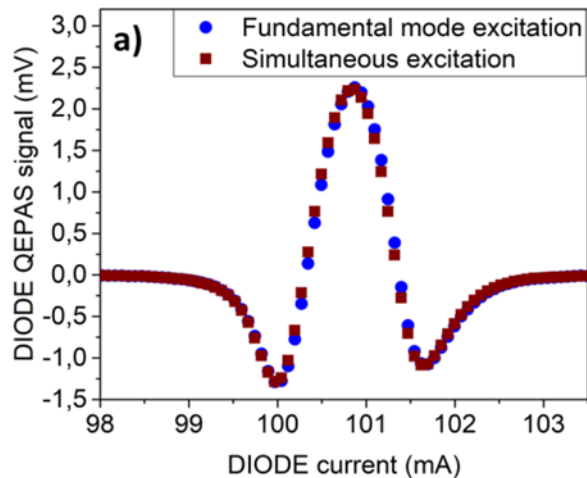
Target: H_2O

Fundamental mode excitation

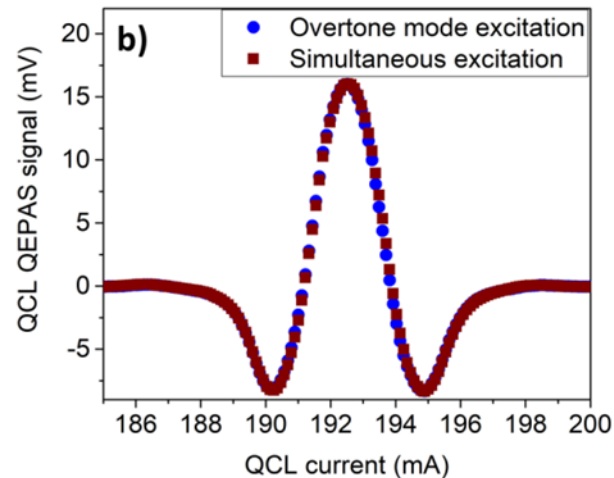
Dual-gas QEPAS

□ Eccitazione simultanea dei due modi vibrazionali

H₂O @ 7181.16 cm⁻¹



H₂O @ 1297.18 cm⁻¹



Excitation	V _{picco} (mV)	1σ _{noise} (μV)
Fundamental	2.26	0.9
Simultaneous	2.23	1.2

Excitation	V _{picco} (mV)	1σ _{noise} (μV)
Overtone	16.03	132
Simultaneous	16.03	138

No effetto di interferenza tra i due modi di eccitazione



□ Rivelazione simultanea di N₂O/ H₂O e CH₄/ H₂O

DIODE laser

Target: H₂O

Modo vibrazionale: fondamentale

Linea di assorbimento H₂O:

Wavenumber: 7181.16 cm⁻¹

Intensità : 1.4·10⁻²⁰ cm/mol

QCL

Target: CH₄ e N₂O

Modo vibrazionale: overtone

Linea di assorbimento CH₄

Wavenumber: 1297.47 cm⁻¹

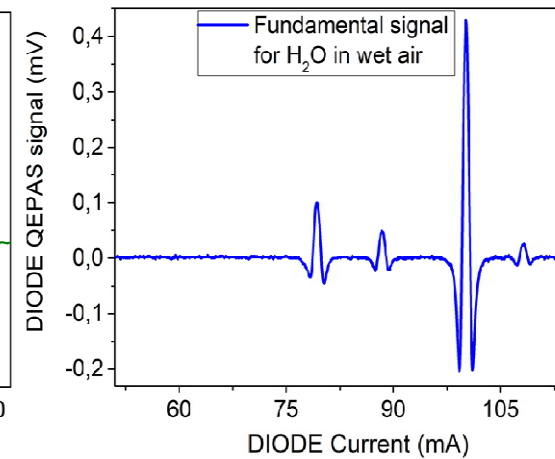
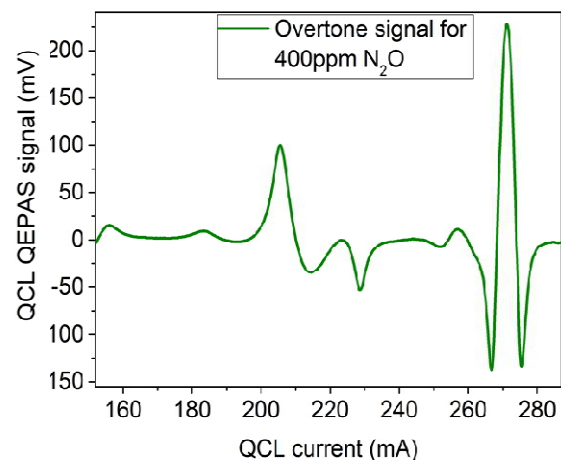
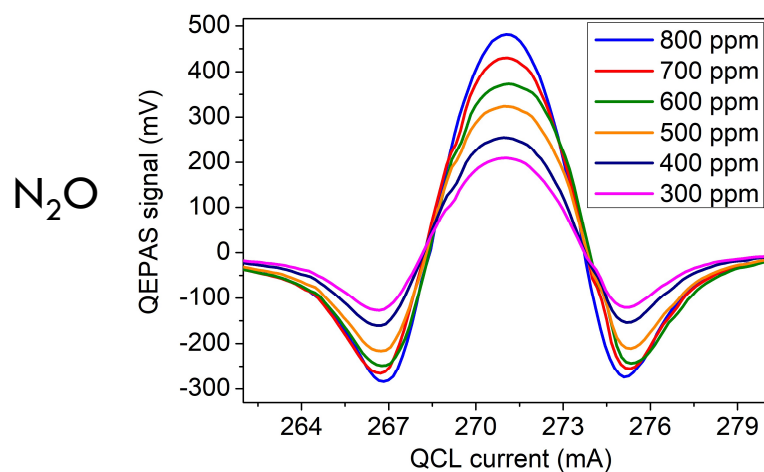
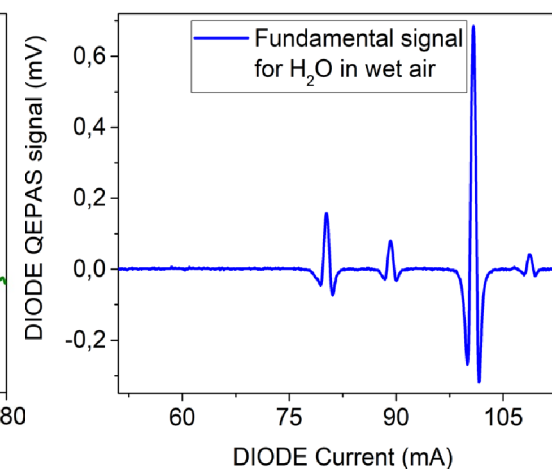
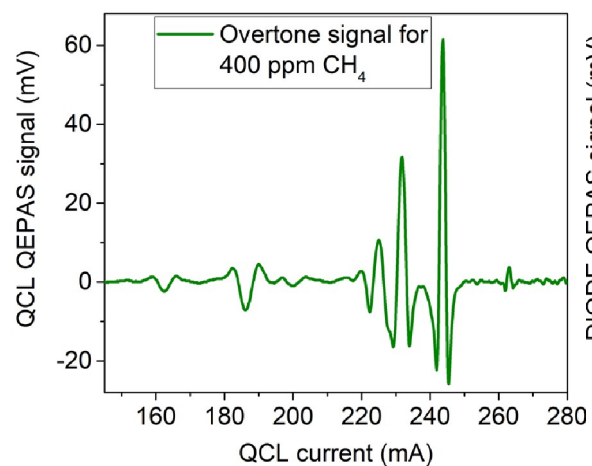
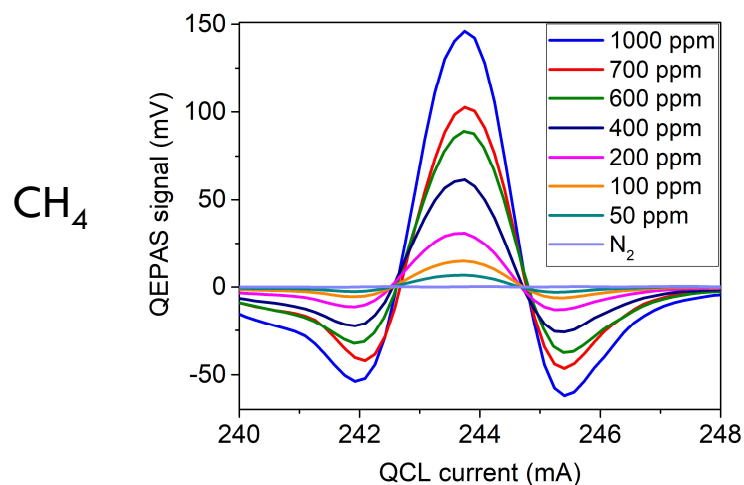
Intensità : 3.9·10⁻²⁰ cm/mol

Linea di assorbimento N₂O

Wavenumber: 1297.05 cm⁻¹

Intensità : 1.7·10⁻¹⁹ cm/mol

Dual-gas QEPAS: rivelazione simultanea di $\text{CH}_4/\text{H}_2\text{O}$ e $\text{N}_2\text{O}/\text{H}_2\text{O}$



Obiettivi futuri




Il secondo anno di dottorato verrà svolto (a partire dal 1 Marzo 2019) presso il centro Thorlabs di Dachau, come previsto nel progetto di dottorato industriale.

I principali obiettivi saranno:

- ❑ Realizzazione di un sensore QEPAS compatto per la rivelazione di SF_6 come gas tracciante per rivelare perdite in sistemi mecatronici;
- ❑ Ottimizzazione del sensore di etilene in termini di compattezza per applicazioni in situ.

Corsi e conferenze

- 
- 1) Management and knowledge of European research model and promotion of research results;
 - 2) Preparing a scientific presentation in English;
 - 3) Python programming;
 - 4) Fundamentals in advanced programming using C++ programming language;
 - 5) Green Photonics;
 - 6) Differential equations and physical phenomena;
 - 7) Atom-photon interactions;
 - 8) Optical sensors and spectroscopic techniques.

Corsi e conferenze

Pubblicazioni

- M. Giglio, G. Menduni, P. Patimisco, A. Sampaolo, **A. Elefante**, V. M. N. Passaro, and V. Spagnolo, *Damping Mechanisms of Piezoelectric Quartz Tuning Forks Employed in Photoacoustic Spectroscopy for Trace Gas Sensing*, **Phys. Status Solidi A**, 216, 1800552 (2019).
- M. Giglio, **A. Elefante**, P. Patimisco, A. Sampaolo, F. Sgobba, H. Rossmadl, V. Mackowiak, H. W., F. K. Tittel, L. Dong, and V. Spagnolo, Quartz-enhanced photoacoustic sensor for ethylene detection implementing an optimized custom tuning fork-based spectrophone, **Optics Express**, *in press*.

Proceedings di conferenze

- P. Patimisco, A. Sampaolo, M. Giglio, S. dello Russo, **A. Elefante**, G. Menduni, V. M. N. Passaro, H. Rossmadl, V. Mackowiak, Bruno Gross, Alex Cable, F. K. Tittel, and V. Spagnolo, New generation of tuning forks for quartz-enhanced photoacoustic spectroscopy, *SPIE OPTO, San Francisco, 2019*.
- G. Menduni, A. Sampaolo, S. Csutak, P. Patimisco, M. Giglio, **A. Elefante**, V. M. N. Passaro, F. K. Tittel, M. Deffenbaugh and V. Spagnolo, Quartz Enhanced Photoacoustic sensors for detection of multiple hydrocarbon and methane isotopes, *SPIE OPTO, San Francisco, 2019*.
- M. Giglio, P. Patimisco, A. Sampaolo, A. Zifarelli, G. Menduni, **A. Elefante**, R. Blanchard, C. Pfluegl, M.F. Witinski, D. Vakhshoori, V. Passaro, F.K. Tittel, and V. Spagnolo, Quartz enhanced photoacoustic spectroscopy employing a distributed feedback quantum cascade laser array for nitrous oxide and methane broadband detection, *SPIE OPTO, San Francisco, 2019*.

Poster

- **A. Elefante**, A. Sampaolo, P. Patimisco, M. Giglio, G. Menduni, V. Passaro, F.K. Tittel, and V. Spagnolo, Simultaneous dual gas QEPAS sensing of water and methane/nitrous oxide, *SPIE OPTO, San Francisco, 2019*.