

Detection of explosives and narcotics by absorption in the infrared range enhanced by arrays of nanoresonators

DARTAGNAN

anr[©]
agence nationale
de la recherche

Appel : AAPG – CE39

Année : 2020

Instrument : PRC

Contact : Laura Paggi
laura.paggi@onera.fr

COORDINATEUR : Patrick Bouchon

PARTENAIRES : ONERA

Jean-Paul Hugonin (IOGS)

Jean-Jacques Greffet (IOGS)

Résumé (3 lignes max) :

Dans le projet Dartagnan, des nanorésonateurs capables de concentrer la lumière et augmenter l'absorption d'espèces chimiques dans le moyen infrarouge sont développés. Ces dispositifs sont utilisés pour détecter, identifier et discriminer différentes familles de molécules (explosifs, narcotiques,...) avec une grande sensibilité.

CONTEXTE ET OBJECTIFS

La spectroscopie infrarouge est une technique permettant l'identification d'espèces chimiques grâce à leurs résonances vibrationnelles. Cependant les molécules de petite taille ont une réponse très faible dans le moyen infrarouge. Placer ces molécules dans un fort champ électrique, par exemple au voisinage de nanostructures métalliques, peut permettre en revanche d'exalter leurs absorptions. C'est le principe de la spectroscopie d'absorption exaltée de surface (ou SEIRA) [1].

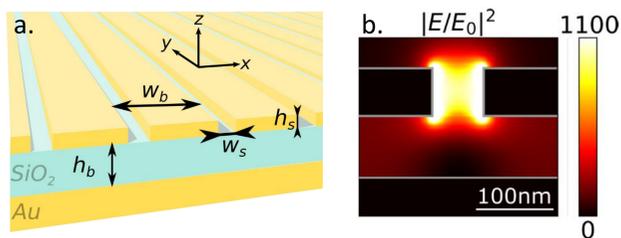


Figure 1 : a. Structure du résonateur de Helmholtz électromagnétique. B. Carte du champ électrique dans une fente

Notre structure appelée résonateur de Helmholtz électromagnétique, est composée d'une cavité diélectrique surmontée d'une couche métallique structurée avec un réseau de fentes (figure 1.a). Illuminée par un faisceau infrarouge, la structure résonne et le champ électrique est fortement concentré dans les fentes (figure 1.b) [2,3]. On peut accorder cette résonance en faisant varier les paramètres géométriques w_s , w_b , h_s et h_b . En plaçant des molécules avec des absorptions proches de la résonance, celles-ci seront exaltées.

MÉTHODOLOGIE ET RÉSULTATS

Nous disposons de résonateurs de Helmholtz optiques avec des géométries différentes et des fentes de section d'environ $100 \times 100 \text{ nm}^2$. Ces structures résonnent entre 5 et $8 \mu\text{m}$, plage où l'on retrouve des absorptions de la molécule de 2,4-dinitrotoluène (DNT), précurseur d'explosif. Les résultats expérimentaux sont obtenus par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier et sont en accord avec la théorie.

En remplissant complètement les fentes du résonateurs avec des molécules, les spectres du système couplé montrent des différences de réflectivité de plus de 70%, ce qui est 450 fois supérieur à la réponse d'une couche de DNT de même épaisseur sur un simple film d'or (figure 2).

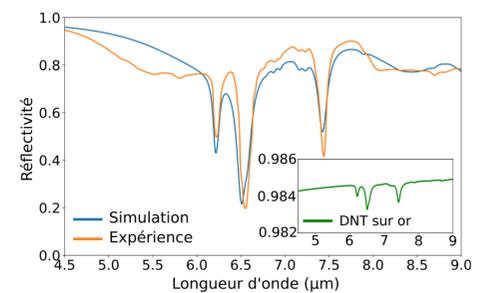


Figure 2 : Réponse infrarouge en réflectivité du résonateur dont les fentes sont remplies de DNT. L'insert montre la réponse d'une même quantité de matière sur de l'or.

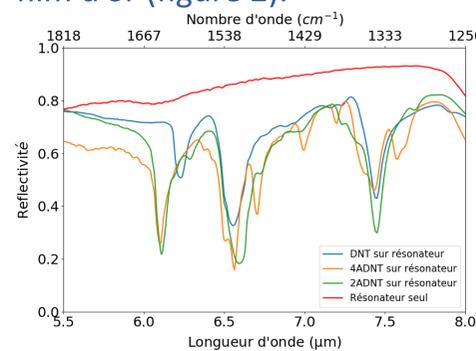
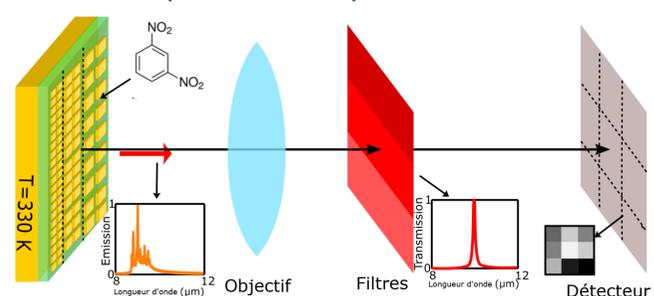


Figure 2 : Réponse infrarouge en réflectivité de molécules de DNT, de 4-amino-2,6-dinitrotoluène (4ADNT) et de 2-amino-4,6-dinitrotoluène (2ADNT) sur un résonateur.

De plus, nous avons obtenu un seuil de détection proche de $20 \text{ fg}/\mu\text{m}^2$ de DNT, ce qui est prometteur pour la détection de petites quantités d'analyte. Un résonateur est également capable d'exalter les résonances propres de plusieurs molécules de la même famille (figure 3).

PERSPECTIVES

Ces travaux ouvrent la voie à l'élaboration d'un prototype fonctionnel de détecteur de spectroscopie infrarouge lors du projet Dartagnan. L'étude de nouvelles configurations en émission et de matrice de filtres permettront d'assurer la sélectivité et la simplicité du dispositif.



BIBLIOGRAPHIE

- [1] Osawa et al. *Appl. Spectrosc.*, vol. 47, no. 9, pp. 1497–1502, 1993.
- [2] Fabas et al. *Optics Express*, vol. 28, p. 39595, 2020.
- [3] Brevet déposé.

