



Ecole doctorale régionale Sciences Pour l'Ingénieur Lille Nord-de-France - 072



Titre : Développement de résonateurs MEMS en mode de contour fonctionnalisés pour la détection de polluants dans l'air

Financement prévu : recherche de financement en cours

Cofinancement éventuel :

(Co)-Directeur de thèse : Tadeusz GRYBA / Julien CARLIER

E-mail : julien.carlier@univ-valenciennes.fr 03 27 51 14 47

Co-directeur de thèse : Rabah BOUKHERROUB

E-mail : rabah.boukherroub@iri.univ-lille1.fr

Laboratoire : IEMN – UMR 8520 www.iemn.univ-lille1.fr

Equipe : MAEMS

Descriptif :

Le sujet de thèse porte sur le développement sur wafer de Silicium d'un microcapteur ultrasensible basé sur le principe de la microbalance à quartz sur un mode nouveau, mode de contour plutôt que le mode traditionnel en épaisseur, associé à une couche de fonctionnalisation pour détecter des traces de polluants chimiques dans l'air (*notamment explosifs : TNT, DNT, gaz sarin*) avec des seuils de détection de l'ordre du ppt.

Les technologies MEMS permettent de réaliser des résonateurs ayant une fréquence de résonance beaucoup plus élevées (plusieurs centaines de MHz). Ces résonateurs peuvent, comme pour les microbalances à quartz, être fonctionnalisés de manière spécifique. La sensibilité en masse de ces résonateurs est proportionnelle au carré de la fréquence de résonance.

Dans la littérature, des fonctionnalisations basées sur l'utilisation de thioles et de monobrin d'ADN ont permis de détecter des vapeurs organiques avec des concentrations aussi faibles. L'utilisation de monocouches auto-assemblées a également permis de détecter des traces d'explosif avec ce type de résonateur (sensibilités atteintes de l'ordre de $40 \text{ kHz} \cdot \mu\text{m}^2 / \text{fg}$, soit des détections pour des concentrations de l'ordre de 1.5 ppb pour des fréquences de résonance de l'ordre de 200 MHz).

Les étapes de la thèse seront les suivantes :

1. Conception et fabrication en salle de microtechnologie d'un microrésonateur à mode de contour ($L \times l \times h \approx 10 \mu\text{m} \times 5 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ pour un fonctionnement à une fréquence de l'ordre du GHz, couche piézoélectrique active : AlN, ZnO ou autre).
2. Test sous pointe du résonateur réalisé.
3. Fonctionnalisation du résonateur :
 - a. choix du matériau de fonctionnalisation : brins d'ADN (choisis dans une bibliothèque ou autre matériau fonction de la sélectivité souhaitée), acide 4-mercaptobenzoïque, acide mercaptonicotinique, et graphène
 - b. fabrication de la couche fonctionnalisée
 - c. test sous pointe du capteur en microchambre : sélectivité, sensibilité, réversibilité.

L'étudiant en thèse sera donc amené à modéliser le résonateur (en utilisant en partie COMSOL), réaliser les micros résonateurs acoustiques en utilisant les équipements de microtechnologies et nanotechnologies dont dispose l'Institut d' Electronique de Microélectronique et de Nanotechnologies (IEMN) dans ses salles blanches. Il sera ensuite amené, en collaboration avec les chercheurs de l'Institut de Recherche Interdisciplinaire (IRI), à fonctionnaliser les surfaces de ces résonateurs pour réaliser la détection chimique ultrasensible en microchambre.