

Développement de capteurs environnementaux ultra-basse consommation à base de SnO₂

Antonio Assaf^{a,b}, Bernard Pelissier^b, Théo Levert^b, Ingrid Canero-Infante^a, Bassem Salem^b, Marc Bendahan^c, Stephane Monfray^d, Bertrand Vilquin^a, Abdelkader Souifi^{a,b},

a. Université de Lyon, INSA Lyon, Ecole centrale de Lyon, UCBL, CNRS, INL, Ecully, France

b. Université Grenoble Alpes, CNRS, CEA/LETI, Grenoble, France

c. Aix Marseille Univ, Université de Toulon, CNRS, IM2NP, Marseille, France

d. STMicroelectronics, Crolles, France

* email : antonio.assaf@insa-lyon.fr

Les émissions industrielles, la croissance rapide de la population, les gaz d'échappement des véhicules, augmentent la concentration des gaz polluants dans l'air, tels les **COx** et **NOx** et sont à l'origine de la détérioration de l'environnement. Ces polluants peuvent avoir des effets sur la santé et le bien-être. La qualité de l'air fait donc l'objet de préoccupations depuis plusieurs années et apparaît aujourd'hui comme un enjeu majeur de santé publique. [1]. Afin de prévenir notre santé et contrôler la qualité de l'air, de nombreuses équipes au niveau mondial travaillent sur la conception de microcapteurs pour le suivi de la qualité de l'air, ce qui s'est traduit ces dernières années par une augmentation exponentielle du marché : 190 milliards de US \$ en 2021[2].

Dans ce contexte, l'optimisation d'un capteur de gaz ultra-sensible à base d'oxyde métallique (matériau + dispositif) fonctionnant à **basse consommation** d'énergie et à **bas coût** en comparaison aux capteurs commerciaux, présente un réel avantage. Couplé à un transistor amplificateur utilisant la technologie basse tension en FDSOI [3], ce développement de matériaux sensibles aux molécules cibles permettra d'apporter un facteur différenciant.

Le premier défi est d'optimiser le matériau sensible, d'une façon à abaisser la température de travail du capteur afin de réduire la consommation d'énergie de ce dernier. Le matériau choisi est l'oxyde d'étain (SnO₂) connu pour sa forte sensibilité au gaz environnant et possédant une longue durée de vie [4]. La réponse de ce dernier dépend de la microstructure du matériau (taille des grains, cristallinité, stœchiométrie, rugosité.) [5].

Nous avons réalisé une étude systématique des conditions de dépôt par pulvérisation cathodique de films minces de SnO₂ sur silicium. Cela a été suivi de caractérisations afin de fixer les paramètres de dépôt du matériau.

Des analyses de la cristallinité par diffraction des rayons X (XRD) ont tout d'abord été effectuées afin d'étudier les effets de la vitesse de dépôt ainsi que des températures de recuit sur la morphologie du matériau. Une vitesse de 0,35 nm/s et une température de recuit post-dépôt de 450°C par RTA ont été considérées comme des paramètres prometteurs.

Des analyses par spectroscopie des photoélectrons X (XPS) ont été faites dans le but d'étudier la stœchiométrie de nos échantillons. Un rapport O/Sn de 1,8 a été obtenu. Cette sous-stœchiométrie en oxygène devrait favoriser l'adsorption des molécules de gaz.

La taille des particules ainsi que la rugosité de surface ont été caractérisées par **microscopie par force atomique** (AFM). Les grains de SnO₂ ont une taille moyenne de 15, 25, 40 nm respectivement pour les échantillons d'épaisseurs e=25, 100, 150 nm. Des nanoparticules de catalyseurs métallique Pd/Pt de tailles moyennes 1-2 nm ont été par ailleurs déposées sur la surface SnO₂ par évaporation dans le but de favoriser la détection des molécules à des températures plus basses.

Références :

[1] Who Newsletter, Ten threats to global health in. <https://www.who.int/news-room/spotlight/ten-threats-to-global-health-in-2019>

[2] Hasan Hayat et al. *The State-of-the-Art of Sensors and Environmental Monitoring Technologies in Buildings*, Sensors 2019, 19, 3648; doi:10.3390/s19173648 (2019)

[3] G. T. Ayele et al., *Ultrahigh-Sensitive CMOS pH Sensor Developed in the BEOL of Standard 28 nm UTBB FDSOI*, IEEE J-EDS, vol. 6, pp. 1026-1032, 2018, doi: 10.1109/JEDS.2018.2861622 (2018)

[4] Chengxiang Wang et al., *Metal Oxide Gas Sensors: Sensitivity and Influencing Factors*, Sensors 2010, 10, 2088-2106; doi:10.3390/s100302088 (2010)

[5] Marc Debliquy, *Capteurs de gaz à semi-conducteurs – Techniques de l'ingénieur* 2006, <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/mesures-analyses-th1/metrologie-relative-aux-gaz-42539210/capteurs-de-gaz-a-semi-conducteurs-r2385/> (2006)