Electrical Characterization of Percolating Si-Nanonet FET for sensing applications

Thibauld Cazimajou[1], Maxime Legallais[1,2], Mireille Mouis[1,], Céline Ternon[2,3], Gérard Ghibaudo[1]

[1]IMEP-LaHC,[2] LMGP, [3]LTM, F 38000 Grenoble, France,
thibauld.cazimajou@imep.grenoble-inp.fr

Résumé :

Thèse débutée en septembre 2016, participe au projet européen H2020 Nanonets2sense (RIA n°688329).

La structure de base des biocapteurs étudiés est celle de transistor à effet de champ à grille arrière (figure 1.a). Dans celle-ci, l'environnement électrostatique dans le canal est modifié par application d'une tension de grille V_g sur la grille arrière, entrainant la variation du courant I_d mesuré entre source et drain. La caractéristique $I_d = f(V_g)$ typique est représentée en bleu sur la figure 1.b. L'intérêt d'un transistor possédant seulement une grille arrière est que la partie supérieure du canal est laissée libre, le rendant utilisable en tant que capteur. Ainsi, des « charges » peuvent être ajoutés en surface du canal. Ces « charges » peuvent plus généralement être toutes particules chargées : sel, ions, ADN, etc. Ces charges, comme on le voit sur la figure 1.b, modifient l'environnement électrostatique dans le canal et entrainent une modification de la tension de seuil du transistor. Cette modification de tension de seuil peut être mesurée pour connaitre la quantité de charges en surface.

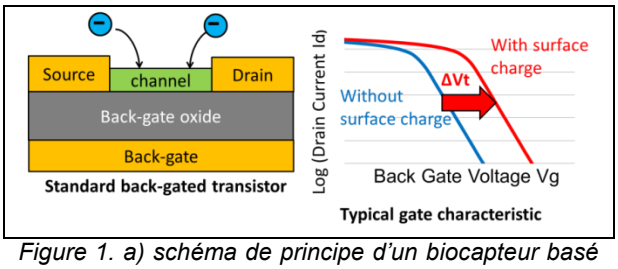

Figure 1. a) schéma de principe d'un biocapteur basé sur un transistor à effet de champ à grille arrière
b) effet de l'ajout de charges de surface sur la caractéristique du transistor à effet de champ

Dans les structures avec un canal de faible épaisseur (type film mince ou nanofil), les charges en surface modifient fortement l'environement électrostatique dans le canal [1]. On envisage ainsi un biocapteur basé sur une structure de transistor à effet de champ à grille arrière avec un nanofil de silicium pour canal. Différentes stratégies de fabrication peuvent alors être mises en place. En premier lieu, il est possible d'envisager une stratégie top-down, où le nanofil serait obtenu en gravant un substrat de silicium sur isolant [2]. Cette stratégie présente l'avantage d'être facilement intégrable au sein d'une structure CMOS par les techniques standards de la microélectronique. Par contre, obtenir un nanofil présentant un diamètre suffisament fin demande des techniques bien moins standards, par exemple de la lithographie à faisceau d'électrons. Cela constitue une difficulté pour la réalisation de capteurs faible coût. Une autre stratégie possible est la fabrication de nanofils par méthode bottom-up [1], par croissance. Dans ce cas, la fabrication des nanofils est bien moins coûteuse. Par contre, il se présente de nombreuses difficultés quand il s'agit d'intégrer ces nanofils au sein de structures CMOS. Le nanonet de silicium constitue une synthèse entre ces deux approches. Les nanofils de silicium sont produits par méthode bottom-up, s'autoassemblent de manière à former un nanonet, un réseau aléatoire de nanofils. Ce nanonet peut ensuite transféré sur un substrat quelconque, et il est alors possible d'utiliser les techniques standards de la microélectronique pour l'intégrer dans une structure CMOS[3]. Il est aussi possible de les intégrer au sein des structures en 3D.

L'objectif de ma thèse sera la caractérisation de capteurs à base de nanonets ainsi que leur modélisation. Or, ces capteurs doivent tout d'abord présenter une caractéristique de FET dans une situation où il n'y a pas de charges en surface. C'est pour cela que dans ce poster, il sera présenté des caractéristiques statiques de nanonet-FET, cela démontrant leur bon fonctionnement. Il sera aussi présenté un modèle compact, basé sur la fonction $\mathcal{W}$ de Lambert, permettant l'extraction des paramètres électriques principaux à partir des caractéristiques statiques et la conception d'un circuit de lecture par nos partenaires de KTH en Suède. Pour terminer, l'évolution de ces paramètres électriques avec les caractéristiques géométriques et de fabrication du nanonet-FET sera analysé [4].

Références :

[1] Cui Y., et al.,Sciences, vol.293, 1289-1292
[2] Stern E., et al., Nature, vol .445, 519-522
[3] Legallais M., et al., EUROSOI-ULIS 2017
[4] Cazimajou T., et al., EUROSOI-ULIS 2017