Sujet de thèse - Intégration de capteurs neuro-inspirés à base d'oxyde de vanadium

Durée / Duration : 3 ans

lieux / Places : Le(la) doctorant(e) sera affecté à 100% au sein de l'équipe électronique de l'INL. Il(elle) sera amené(e) à effectuer une à deux missions à l'étranger au sein de l'Australian National University (ANU) à Canberra pour élaborer des dispositifs de test.

Domaine et contexte scientifique / Scientific domaine and context

Les dispositifs à résistance différentielle négative (NDR) représentent de bons candidats pour le développement d'oscillateurs à relaxation utilisés comme neurones artificiels (figure 1a) au sein d'architectures matérielles neuromorphiques [1,2]. Parmi les matériaux envisagés pour ce type d'application, l'oxyde de vanadium semble particulièrement intéressant car il présente sous ses différentes phases (VO_2, V_3O_5, V_4O_7) des transitions isolant/métal favorables à l'établissement du comportement NDR. L'idée directrice du projet consistera à élaborer des neurones artificiels à base d'oxyde de vanadium intégrés sur silicium et à étudier leur réponse à des stimuli externes (thermique et mécanique) afin d'évaluer leur capacité à imiter le comportement de neurones sensoriels (figure 1b) [3-6].

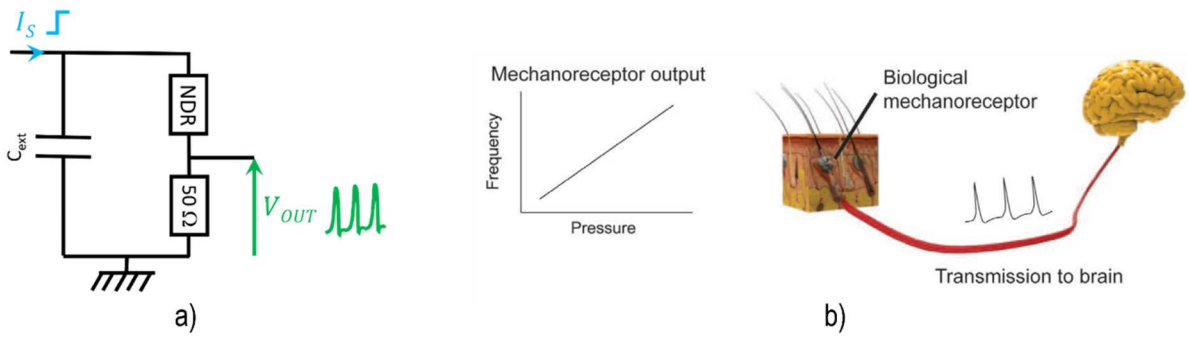

Figure 1 : a) Oscillateur à relaxation ; b) Illustration du fonctionnement d'un méchano-récepteur épidermique [6].

Dans le cadre d'une collaboration naissante avec l'équipe de Rob G. Elliman (https://orcid.org/0000-0002-1304-4219) de l'ANU, nous nous sommes intéressés ces trois dernières années à l'étude de l'origine physique du comportement NDR au sein de deux familles de dispositifs fonctionnels à base d'oxyde de Niobium et d'oxyde de Vanadium [7, 8]. Nous projetons aujourd'hui de renforcer cette collaboration en étendant notre étude au développement de capteurs imitant le comportement de cellules nerveuses du système sensoriel épidermique [3-6]. Le mode de fonctionnement particulier de ce nouveau type de capteur biomimétique (fréquence propre de l'oscillateur dépendante de l'intensité du stimulus externe) faciliterait et allègerait l'intégration d'éléments sensibles au sein d'architectures matérielles neuromorphiques, ouvrant alors des perspectives dans les domaines de l'intelligence artificielle, de la robotique et des prothèses médicales [3-6].

Objectifs de la thèse / Job description

Nous souhaitons dans un premier temps intégrer des structures MOM (métal/oxyde/métal) planaires à base d'oxyde de vanadium sous différentes phase (VO_2, V_3O_5, V_4O_7) pour réaliser des oscillateurs à relaxation simulant le fonctionnement de neurones à impulsions. Par la suite, nous étendrons notre étude

au développement de mécano- et thermo-récepteurs qui imitent le comportement de cellules nerveuses du système sensoriel épidermique [3-6]. Pour ce faire, les dispositifs élaborés en collaboration avec le partenaire australien seront analysés par des techniques de microscopie thermique à balayage et de micro-réflectivité optique, puis caractérisés électriquement sous stimuli thermique et mécanique. La finalité du projet est d'aboutir à la fabrication de neurones sensoriels avec une architecture basée sur l'effet Pearson-Anson [7]. Le mode de fonctionnement particulier de ce nouveau type de capteur biomimétique devrait faciliter l'intégration d'éléments sensibles au sein de réseaux de neurones.

Profil du candidat / Skills and qualifications

Le candidat devra être issu d'une formation dans le(s) domaine(s) des micro-nanotechnologies silicium, de la physique des composants micro-nanoélectroniques et des micro-nanosytèmes. Une première expérience en salle blanche sur des équipements de croissance de couches minces et/ou de lithographie constituerait un plus.

Références bibliographiques / References

[1] Neuromorphic Computing and Engineering 2 (4), 044008 (2022)
[2] Physical Review X, 12, 011025 (2022)
[3] ACS Nano 15, 3, 3875–3899 (2021)
[4] Science 360, 998–1003 (2018)
[5] npj Flexible Electronics volume 6, Article number: 72 (2022)
[6] Science, 350 (6258), 313-316 (2015)
[7] Advanced Materials, 2208477 (2022)
[8] ACS Applied Materials & Interfaces 14 (25), 29025-29031 (2022)

A propos de l'INL / About INL

L'INL est un laboratoire de recherche fondamentale et appliquée dans le domaine des micro et nanotechnologies. Les recherches menées à l'INL visent à développer des technologies pour des domaines d'application couvrant de grands secteurs économiques : l'industrie des semiconducteurs, les technologies de l'information, les technologies du vivant et de la santé, l'énergie et l'environnement.(http://inl.cnrs.fr/).

Contacts :

Liviu Militaru liviu.militaru@insa-lyon.fr
David Albertini david.albertini@insa-lyon.fr
Etienne Puyoo etienne.puyoo@insa-lyon.fr