

Chercheur(se) Postdoctoral(e) 2022

Semiconducteurs (microfabrication) / Capteurs (électriques, électrochimiques)

Capteur micro-électroniques d'hélium pour des mesures de terrain

A – Contexte scientifique et technique

Tiré par la croissance rapide de ses usages et limité par une chaîne logistique complexe, le prix de l'hélium a plus que triplé en 5 ans, les pénuries mondiales sont de plus en plus fréquentes et l'accès à la ressource devient un enjeu stratégique. L'Europe a récemment placé l'hélium sur la liste des ressources stratégiques, encourageant vivement le développement de projet d'exploration et de production. Dans ce contexte, à l'initiative de *45-8 Energy*, du laboratoire *GeoRessources* de l'*Université de Lorraine* et de l'*Institut Lafayette*, un consortium a été créé dans le but de développer une nouvelle technologie de capteurs de gaz appliquée à la prospection souterraine de l'hélium issu naturellement du sous-sol.

D'une manière générale la détection de l'hélium est difficile, l'atome étant l'un des plus stables de la classification périodique, il est en particulier difficile à faire réagir avec des solides dans des conditions de pression et de température. Il existe néanmoins des rapports dans la littérature de matériaux susceptibles d'offrir une sensibilité électrique à l'hélium. Il s'agit d'oxydes de métaux comme le pentoxyde de vanadium (V_2O_5) micro- ou nano- structurés dont la résistivité électrique peut être modifiée par la composition d'hélium de l'atmosphère.

L'*Institut Lafayette* qui dispose des moyens et de l'expertise nécessaires à la conception, la fabrication et la caractérisation de composants avancés, propose de combiner ces matériaux sensibles à la technologie des capteurs à base de semi-conducteurs qu'il développe depuis plusieurs années. En effet, l'*Institut Lafayette* est à l'origine d'une nouvelle technologie de capteurs de gaz réalisés à partir de transistors à effet de champ composés d'hétérostructures semi-conductrices AlGaIn/GaN combinées avec une technologie d'éléments sensibles à matériau fonctionnalisé positionné sur la grille du composant. Ces capteurs miniatures, résistants et peu onéreux, convertissent une quantité d'espèces détectées (via modification de la surface) en variation du courant électrique de sortie et permettent ainsi une mesure sensible et sélective des faibles voire très faibles concentrations en gaz. Initialement développée dans le domaine industriel automobile pour la mesure fine des NO_x, de l'hydrogène, du CO₂ et du méthane dans le cadre des contrôles de pollution, la technologie est en cours de maturation pour les applications souterraines.

Forts de cette expérience, l'*Institut Lafayette* qui détient la licence d'exploitation de la technologie, associé à *45-8 Energy* et *GeoRessources* ont lancé un premier prototype de capteurs hydrogène pour une application proche surface. Avec des résultats très prometteurs déjà obtenus, l'objectif, désormais, est de poursuivre le développement de ce capteur en le spécialisant à l'aide de matériaux oxydes métalliques pour d'autres gaz et notamment pour l'hélium, gaz qui n'a jamais été testé avec cette technologie HEMT.

B – Objectifs

L'objectif du poste de chercheur(se) post-doctoral(e) d'une durée de 1 ans est la fabrication de capteurs analogiques HEMT spécialisés pour la détection d'hélium gazeux dans l'air sur une large gamme de concentrations (2ppm à 1%) et résistant à des conditions de terrain (humidité, température et pression). Pour cela, les étapes suivantes sont recommandées :

- étude des matériaux déposés en couches minces, texturées ou non, par exemple TiO₂, V₂O₃ ;
- fabrication de capteurs et calibration de ce dernier dans des conditions de laboratoires (test des capteurs sous gaz étalons dans une atmosphère d'air synthétique), les expériences s'appuieront sur la plateforme de proche-environnement mécanique, électronique et numérique du capteur analogique déjà développée par l'*Institut Lafayette* ;
- Tests en autoclave au sein du Laboratoire *GeoRessources* où il s'agira d'exposer les capteurs développés à des conditions proches des conditions de terrain.

- En fonction de l'avancée des travaux, tests sur le terrain en collaboration avec *45-8 Energy*, où il s'agira d'exposer le capteur, intégré à un dispositif IoT développé par ailleurs, aux conditions réelles de terrain.

NB : La détection de l'hélium est l'application principale des capteurs spécifiquement développés, mais la détection d'autres gaz pourra également être examinée (H₂, CH₄, CO₂).

C - Profil recherché et aspects contractuels

Type de contrat

Contrat à Durée Déterminée d'un an.

Employeur

Université de Lorraine

Diplôme exigé

Doctorat dans le domaine des semi-conducteurs (microfabrication) ou des capteurs (électriques/électrochimiques).

Expérience

Le ou la candidat(e) aura de préférence un profil ingénierie de la micro-fabrication des composants micro-électroniques ou capteurs.

Savoirs généraux, théoriques ou disciplinaires

- Sensibilité technique dans les domaines du vide, de la distribution de gaz, du débogage de problèmes sur équipement
- Capacités d'analyse et de synthèse indispensables
- Aptitudes relationnelles indispensables
- Méthodique, organisé(e), autonome, rigoureux (se)
- Maîtrise de l'anglais oral, lu et écrit de niveau 1

Encadrement scientifique

Le (la) chercheur(se) post doctoral(e) sera basé à l'*Institut Lafayette* de Metz et travaillera en étroite collaboration et sous la responsabilité du Directeur de la Technologie de l'*Institut Lafayette* et d'un Maître de Conférences de *GeoRessources*.

Contacts (envoyer votre candidature au trois contacts)

Mathieu LAZERGES : mathieu.lazerges@univ-lorraine.fr

Jacques PIRONON : pironon@univ-lorraine.fr

Simon GAUTIER : simon.gautier@institutlafayette.eu

Deadline de soumission des candidatures : 01/02/2022

POSTDOCTORAL FELLOWSHIP 2022

Semiconductors (microfabrication) / Sensors (electrical, electrochemical)

Microelectronic sensor technology for helium flux field measurement applications

A - Context

Driven by the rapid growth in its uses and limited by a complex logistics chain, the price of Helium has more than tripled in 5 years, global shortages are more and more frequent and access to the resource is becoming a strategic issue. Europe recently placed Helium on the list of strategic resources, strongly encouraging the development of exploration / production / monitoring projects. It is then necessary to diversify the sources of production, to resolve the severe constraints linked to storage and transport, to reduce the dependence of production on the exploitation of natural gas and to reduce the impact of uncertainties about market developments in the context of the European strategy for the supply of its advanced industries.

In this context, on the initiative of *45-8 Energy*, the *GeoResources* laboratory and the *Lafayette Institute*, a consortium was created with the aim of developing a new sensor technology for gas detection applications, in particular, for underground prospecting applications of helium naturally emitted from the ground.

In general, the detection of helium is difficult, the atom being one of the most stable of the periodic table, it is in particular difficult to react with solids under standard conditions of pressure and temperature. There are, however, reports in the literature of materials that may offer electrical sensitivity to helium. These are metal oxides, notably V_2O_5 , micro or nano structured. Their electrical resistivity can be modified by the composition of helium in the atmosphere. Yu et al. showed the sensitivity of a nanostructured v_{205} film to exposure to helium.

The Lafayette Institute, which has the resources and expertise necessary for the design, manufacture and characterization of advanced components, offers to combine these sensitive materials with the technology of sensors based on semiconductors that it has been developing since several years. The Lafayette Institute is developing a new gas sensor technology made from field effect transistors composed of AlGaIn/GaN semiconductor heterostructures combined with a technology of sensitive elements with functionalized material positioned on the grid of the component. These miniature sensors, resistant and inexpensive, convert a quantity of detected species (via modification of surface conditions) into variation of the electrical output current and thus allow a sensitive and selective measurement of low or very low gas concentrations. Initially developed in the car industry for the fine measurement of NO_x , hydrogen, CO_2 and methane in the context of pollution controls, the technology is being matured for underground applications.

Building on this experience, the *Lafayette Institute*, which holds the license to exploit the technology, associated with *45-8 Energy* and *GeoResources* have launched a first prototype of hydrogen sensors for near surface application. With very promising results already obtained, the objective now is to continue the development of this sensor by specializing it with metallic oxide materials for other gases and in particular for Helium, a gas which has no never been tested with this HEMT technology.

B - Objectives

The objective of the post-doctoral research position for a period of 1 years is the manufacture of HEMT analog sensors specialized for the detection of helium gas in the air over a wide range of concentrations (2ppm to 1%) and resistant to field conditions (humidity, temperature, pressure, etc.).

For this, the following steps are recommended:

- Bibliographic study of sensitive materials such as metal oxides adapted to HEMT technology,
- Study of materials deposited in thin layers, textured or not, for example TiO_2 , V_2O_3 .

- Manufacturing of sensors and calibration of the latter under laboratory conditions (testing of sensors under standard gases in a synthetic air atmosphere). The experiments will be based on the mechanical, electronic and digital platform of the analog sensor already developed by the *Lafayette Institute*.
- Autoclave tests in the *GeoRessources* Laboratory where it will be a question of exposing the sensors developed to conditions close to field conditions.
- Depending on the progress of the work, field tests in collaboration with *45-8 Energy*, where it will involve exposing the sensor, integrated into an IoT device developed elsewhere, to real field conditions.

NB: Helium detection is the main application of specifically developed sensors, but the detection of other gases may also be examined (H₂, CH₄, CO₂).

C - Profile of the candidate and contractual aspects

Type of Contract

Fixed-term contract of one year.

Employer

University of Lorraine

Diploma required

PhD in the field of semiconductors (microfabrication) or sensors (electronics/electrochemicals).

Experience

The candidate will preferably have a micro-manufacturing engineering of micro-electronic components (microfabrication) or sensors (electric, electrochemical) specialization.

General, theoretical or disciplinary knowledge

- Technical competence in the fields of vacuum, gas distribution, debugging of equipment problems, etc.
- Indispensable analysis and synthesis skills,
- Essential interpersonal skills,
- Methodical, organized, autonomous, rigorous,
- Fluency in oral, read and written English at level 1.

Scientific supervision

The post-doctoral researcher will be based at *GeoRessources* and at the Lafayette Institute and will work in close collaboration and under the responsibility of the Director of Technology of the *Lafayette Institute* and a Lecturer at *GeoRessources*.

Contacts (send your application to the 3 contacts)

Mathieu LAZERGES: mathieu.lazerges@univ-lorraine.fr

Jacques PIRONON: pironon@univ-lorraine.fr

Simon GAUTIER: simon.gautier@institutlafayette.eu

Application deadline : 1st February 2022