

Multidimensional changes at the photoanode/electrolyte interface during solar water splitting

Keywords: solar water splitting, hematite photoanode, X-rays spectromicroscopy, operando

Description:

Mechanisms underlying the oxygen evolution reaction (OER) at the photoanode/electrolyte interface remain poorly understood. This lack of clarity hinders the critical knowledge leap required for efficient water splitting and the production of clean hydrogen. Advanced operando spectromicroscopy approaches — such as Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM) and ptychography — provide a key opportunity to elucidate the role of each relevant parameter (morphology, structure, chemical coordination, etc.) at the nanoscale and during the photoelectrochemical reaction.

This internship is part of a project aimed at exploiting operando methods recently implemented at the STXM instrument (HERMES beamline, SOLEIL synchrotron), within the framework of the ANR OERKOP grant. Homemade micro-photoelectrochemical cells, compatible with the commercial Protochips cell holder, will be used. These cells enable photoanode materials to be grown directly on glassy carbon working electrodes using well-established chemical deposition methods developed in our group¹⁻³. Existing operando spectromicroscopy methods will be complemented by the development of a time-resolved scheme in the millisecond/second range to track transitory reversible effects during the OER.

Missions:

The intern will work at the HERMES beamline (SOLEIL synchrotron) in close collaboration with a post-doctoral researcher and a PhD student. He/she will actively participate in running operando STXM electrochemical experiments. He/she will develop several skills in:

- Sample synthesis using established methods (aqueous chemical growth, hydrothermal mineralization, dip coating).
- Material characterization (X-ray diffraction, Raman spectroscopy, UV-vis absorption, SEM).
- Photoelectrochemical characterization (linear sweep voltammetry, cyclic voltammetry).
- Spectromicroscopy using the STXM instrument at the HERMES beamline.

The intern will have access to state-of-the-art instruments and cutting-edge methods (operando, ptychography) developed recently.

This internship may lead to a PhD thesis, subject to funding from EDPIF doctoral school at Paris-Saclay University.

[1] S. Stanescu et al., ACS Applied Materials & Interfaces., 15, 26593 (2023); <https://doi.org/10.1021/acsami.3c02131>

[2] S. Stanescu et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom., 265, 147334 (2023); <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2023.147334>

[3] D. Stanescu et al., Journal of Materials Chemistry A., 8, 20513 (2020); <https://doi.org/10.1039/d0ta06524b>

CONTACT:

Dr. Stefan Stanescu Synchrotron SOLEIL: stefan.stanescu@synchrotron-soleil.fr
Dr. Dana Stanescu CEA Saclay, LNO/SPEC/IRAMIS: dana.stanescu@cea.fr

Changements multidimensionnels à l'interface photoanode/électrolyte lors de la photoélectrolyse de l'eau

Les mécanismes sous-jacents à la réaction d'évolution de l'oxygène (OER) à l'interface photoanode/électrolyte restent mal compris, limitant ainsi l'acquisition des connaissances nécessaires pour réaliser une dissociation efficace de l'eau et produire de l'hydrogène propre. Les approches avancées de spectromicroscopie operando (STXM, ptychographie) offrent une clé pour élucider le rôle de chaque paramètre pertinent (morphologie, structure, coordination chimique, etc.) à l'échelle nanométrique et durant la réaction photoélectrochimique.

Ce stage s'inscrit dans le cadre d'un projet visant à exploiter les méthodes operando récemment mises en œuvre sur l'instrument STXM (ligne de lumière HERMES, synchrotron SOLEIL), dans le cadre du projet ANR OERKOP. Des micro-cellules photoélectrochimiques fabriquées par notre équipe, compatibles avec le porte-échantillon commercial Protochips, seront utilisées. Elles permettront de faire croître des matériaux de photoanode directement sur l'électrode de travail en carbone vitreux, grâce à des méthodes de dépôt bien établies et développées au sein de notre groupe¹⁻³. Les méthodes existantes de spectromicroscopie operando seront complétées par le développement d'une approche résolue en temps, dans la gamme milliseconde/seconde, afin de suivre les effets transitoires réversibles lors de l'OER.

Missions du stagiaire :

Le ou la stagiaire travaillera sur la ligne de lumière HERMES (synchrotron SOLEIL), en étroite collaboration avec un chercheur post-doctoral et une doctorante. Il/elle participera activement à la réalisation d'expériences électrochimiques operando en STXM. Par ailleurs, il/elle développera diverses compétences, notamment :

- La synthèse d'échantillons à l'aide de méthodes chimiques établies (croissance chimique en milieu aqueux, minéralisation hydrothermale, dip coating) ;
- La caractérisation des matériaux (diffraction des rayons X, spectroscopie Raman, absorption UV-visible, MEB) ;
- La caractérisation photoélectrochimique (voltampérométrie linéaire, cyclique) ;
- La spectromicroscopie à l'aide de l'instrument STXM sur la ligne HERMES.

Le ou la stagiaire aura accès à des instruments et méthodes de pointe (operando, ptychographie), développés très récemment.

Ce stage pourra se poursuivre par une thèse de doctorat, sous réserve d'obtention d'un financement via l'école doctorale EDPIF de l'Université Paris-Saclay.

[1] S. Stanescu et al., ACS Applied Materials & Interfaces., 15, 26593 (2023); <https://doi.org/10.1021/acsami.3c02131>

[2] S. Stanescu et al., J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom., 265, 147334 (2023); <https://doi.org/10.1016/j.elspec.2023.147334>

[3] D. Stanescu et al., Journal of Materials Chemistry A., 8, 20513 (2020); <https://doi.org/10.1039/d0ta06524b>