



Mesure de l'efficacité Faraday pour la quantification de la production d'hydrogène par la photoélectrolyse de l'eau

Spécialité Physique de la matière condensée

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [SPEC/LNO](#)

Candidature avant le 28/04/2023

Durée 6 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [STANESCU Dana](#)

+33 1 69 08 75 48

dana.stanescu@cea.fr

Autre lien

https://iramis.cea.fr/spec/Phoce/Vie_des_labos/Ast/ast_visu.php?id_ast=2977

Résumé

Ce stage M2 est proposé dans le cadre d'un projet NanoSaclay visant à mesurer la quantité d'hydrogène produit par la photoélectrolyse de l'eau utilisant de photoanodes à base d'hématite et de vanadate de bismuth. L'efficacité de Faraday sera corrélée avec la composition chimique et la structure électronique des photoanodes déterminées par STXM et XPEEM.

Sujet détaillé

L'hydrogène peut être produit par l'électrolyse de l'eau dans une cellule électrochimique, mais un apport d'énergie important est nécessaire pour dépasser le couple redox de l'eau (1,23 V). Une nouvelle idée inspirée par la photosynthèse, est la photoélectrolyse, où la lumière du soleil est utilisée pour réduire le potentiel nécessaire pour dissocier la molécule d'eau, en H₂ et O₂. La production d'hydrogène par photoélectrolyse est une idée très attractive car elle permet de stocker directement l'énergie solaire dans l'énergie chimique (liaisons chimiques) en utilisant une méthode propre.[1,2] Dans la plupart des cas, la cellule électrochimique utilisée pour la photoélectrolyse de l'eau est remplie d'un électrolyte aqueux et contient trois électrodes : un semi-conducteur de type n comme photoanode, une cathode métallique conventionnelle et une électrode de référence.

Dans le cadre du projet « H₂-re.SWSquant », financé par le LABEX NanoSaclay, nous recherchons un stagiaire M2 qui aura plusieurs missions. Tout d'abord, elle/il réalisera la croissance des photoanodes à base d'hématite (Fe₂O₃) et de vanadate de bismuth (BiVO₄), en utilisant des méthodes chimiques en milieux aqueux.[3–5] Deuxièmement, l'étudiant caractérisera le photocourant produit par ces photoanodes et quantifiera la quantité d'hydrogène produit lors de la réaction de photoélectrolyse. A partir de ces résultats, il évaluera l'efficacité Faraday.[6] Celle-ci sera en outre corrélée avec la composition chimique et la structure électronique des photoanodes déterminées par microscopie en transmission de rayons X (STXM) et par microscopie électronique à photoémission de rayons X (XPEEM) sur la ligne

de lumière HERMES du synchrotron SOLEIL. Le stage se déroulera dans deux laboratoires : la croissance des photoanodes, les mesures de photocourant et d'hydrogène seront réalisées au CEA / IRAMIS / SPEC. Des expériences de microscopie (STXM, XPEEM, SEM) et de spectroscopie Raman seront réalisées au synchrotron SOLEIL. Le stage est financé par le LABEX NanoSaclay et le/la stagiaire sera rattaché administrativement au synchrotron SOLEIL.

Lien SOLEIL: <https://www.synchrotron-soleil.fr/fr/emplois/stage-mesure-de-lefficacite-faraday-pour-quantifier-la-production-dhydrogene-par>

1. Walter, M. G., Warren, E. L., McKone, J. R., Boettcher, S. W., Mi, Q., Santori, E. A. & Lewis, N. S. Chem. Rev. 110, 6446–6473 (2010).
2. Fujishima, A. & Honda, K. Nature 238, 37–38 (1972).
3. Stanescu, D., Piriye, M., Villard, V., Mocuta, C., Besson, A., Ihiawakrim, D., Ersen, O., Leroy, J., Chiuzbaian, S. G., Hitchcock, A. P. & Stanescu, S. J. Mater. Chem. A 8, 20513–20530 (2020).
4. Packiaraj, R., Devendran, P., Asath Bahadur, S. & Nallamuthu, N. J. Mater. Sci. Mater. Electron. 29, 13265–13276 (2018).
5. Diaz-Morales, O., Ferrus-Suspedra, D. & Koper, M. T. M. Chem. Sci. 7, 2639–2645 (2016).
6. Iandolo, B., Wickman, B., Seger, B., Chorkendorff, I., Zorić, I. & Hellman, A. Phys. Chem. Chem. Phys. 16, 1271–1275 (2014).

Mots clés

(photo-) électrochimie, physique des matériaux, spectroscopie des rayons X

Compétences

XPEEM, STXM, spectroscopie Raman, MEB, photoélectrolyse, croissance chimique des photoanodes

Logiciels

Python, Office <https://www.synchrotron-soleil.fr/fr/emplois/stage-mesure-de-lefficacite-faraday-pour-quantifier-la-production-dhydrogene-par>

Faraday efficiency measurement for the quantification of hydrogen production by solar water splitting

Summary

This internship is proposed in the framework of a NanoSaclay project aiming to measure the hydrogen produced by solar water splitting using hematite and bismuth vanadate based photoanodes. Faraday efficiency will be correlated with the chemical composition and electronic structure of photoanodes as determined by STXM and XPEEM.

Full description

Hydrogen can be produced by water splitting in an electrolysis cell, but a significant energy input is necessary to overcome the water redox couple (1.23 V). A novel idea inspired by photosynthesis, is solar water splitting, where sunlight is used to reduce the voltage bias necessary to split H₂O molecule in H₂ and O₂. Hydrogen production by solar water splitting is a very attractive idea because it allows to directly store solar energy in the H₂ chemical bonds using a clean method.[1,2] In most cases, the electrochemical cell used for solar water splitting is filled with an aqueous electrolyte and contains three electrodes: an n-type semiconductor as the photoanode, a conventional metallic cathode and a reference electrode.

In the framework of "H₂-re.SWSquant" project, founded by LABEX NanoSaclay, we seek an M2 intern who will have several missions. First, she/he will grow hematite (Fe₂O₃) and bismuth vanadate (BiVO₄) based photoanodes, using chemical aqueous methods (hydrothermal growth and electrodeposition).[3–5] Second, the student will characterize the photocurrent produced by these photoanodes and quantify the hydrogen gas produced during the solar water splitting reaction. From these results, she/he will evaluate Faraday efficiency.[6] This will be further correlated with the chemical composition and electronic structure of photoanodes determined by ex situ Scanning Transmission X-ray Microscopy (STXM) and X-ray PhotoEmission Electron Microscopy (XPEEM) at the HERMES beamline from SOLEIL Synchrotron. The internship will take place at two laboratories: the photoanodes growth, photocurrent and hydrogen measurements will be realized at CEA / IRAMIS / SPEC. Microscopy (STXM, XPEEM, SEM) and Raman spectroscopy experiments will be realized at SOLEIL synchrotron. The internship is funded by LABEX NanoSaclay and the intern will be administratively attached to SOLEIL synchrotron.

Link SOLEIL: <https://www.synchrotron-soleil.fr/fr/emplois/stage-mesure-de-lefficacite-faraday-pour-quantifier-la-production-dhydrogene-par>

1. Walter, M. G., Warren, E. L., McKone, J. R., Boettcher, S. W., Mi, Q., Santori, E. A. & Lewis, N. S. Chem. Rev. 110, 6446–6473 (2010).
2. Fujishima, A. & Honda, K. Nature 238, 37–38 (1972).
3. Stanescu, D., Piriye, M., Villard, V., Mocuta, C., Besson, A., Ihiwakrim, D., Ersen, O., Leroy, J., Chiuzbaian, S. G., Hitchcock, A. P. & Stanescu, S. J. Mater. Chem. A 8, 20513–20530 (2020).
4. Packiaraj, R., Devendran, P., Asath Bahadur, S. & Nallamuthu, N. J. Mater. Sci. Mater. Electron. 29, 13265–13276 (2018).
5. Diaz-Morales, O., Ferrus-Suspedra, D. & Koper, M. T. M. Chem. Sci. 7, 2639–2645 (2016).
6. Iandolo, B., Wickman, B., Seger, B., Chorkendorff, I., Zorić, I. & Hellman, A. Phys. Chem. Chem. Phys. 16, 1271–1275 (2014).

Keywords

(photo-) electrochemistry, materials physics, X-ray spectroscopy

Skills

XPEEM, STXM, Raman spectroscopy, SEM, photoelectrolysis, chemical growth of photoanodes

Softwares

Python, Office <https://www.synchrotron-soleil.fr/fr/emplois/stage-mesure-de-lefficacite-faraday-pour-quantifier-la-production-dhydrogene-par>