Optical imaging of thermo-optico-electronic properties in semiconductors

François Gibelli[1], Laurent Lombez[1], Jean Rodière[1],
Christophe Goupil, Jean-François Guillemoles[1,3]

[1]Institute of Research and Development on Photovoltaic Energy (IRDEP), UMR 7174 CNRS-EDF- Chimie ParisTech, EDF R&D, Chatou, France
[2]Laboratoire Interdisciplinaire des Energies de Demain (LIED), Université Paris Diderot, Paris, France
[3]NextPV, CNRS-RCAST joint lab, Tokyo University, Tokyo, Meguro-ku 153-8904, Japan

Les absorbeurs photovoltaiques ne fonctionnent pas à température ambiante. Outre l'illumination et le bias électrique, ils peuvent être soumis à des gradients de température qui peuvent impacter le fonctionnement de cellules solaires. Enfin, les propriétés thermoélectriques sont riches en enseignement sur les propriétés locales des porteurs majoritaires, et donc complètent les informations sur les porteurs minoritaires habituellement acquises. La mesure traditionnelle du coefficient Seebeck thermoélectrique donne une valeur globale pour un matériau donné. Cette méthode nécessite un chauffage et des contacts électriques.

Nous montrons ici une mesure optique locale de la densité de porteurs pour des populations qui ne sont pas en équilibre thermique avec le réseau du matériau. Cette méthode sans contact permet d'accéder à des gradients locaux des deux propriétés thermodynamiques fondamentales, à savoir la température et les potentiels électrochimiques. L'outil expérimental utilisé est un imageur hyperspectral qui cartographie les spectres de luminescence sous excitation ponctuelle.

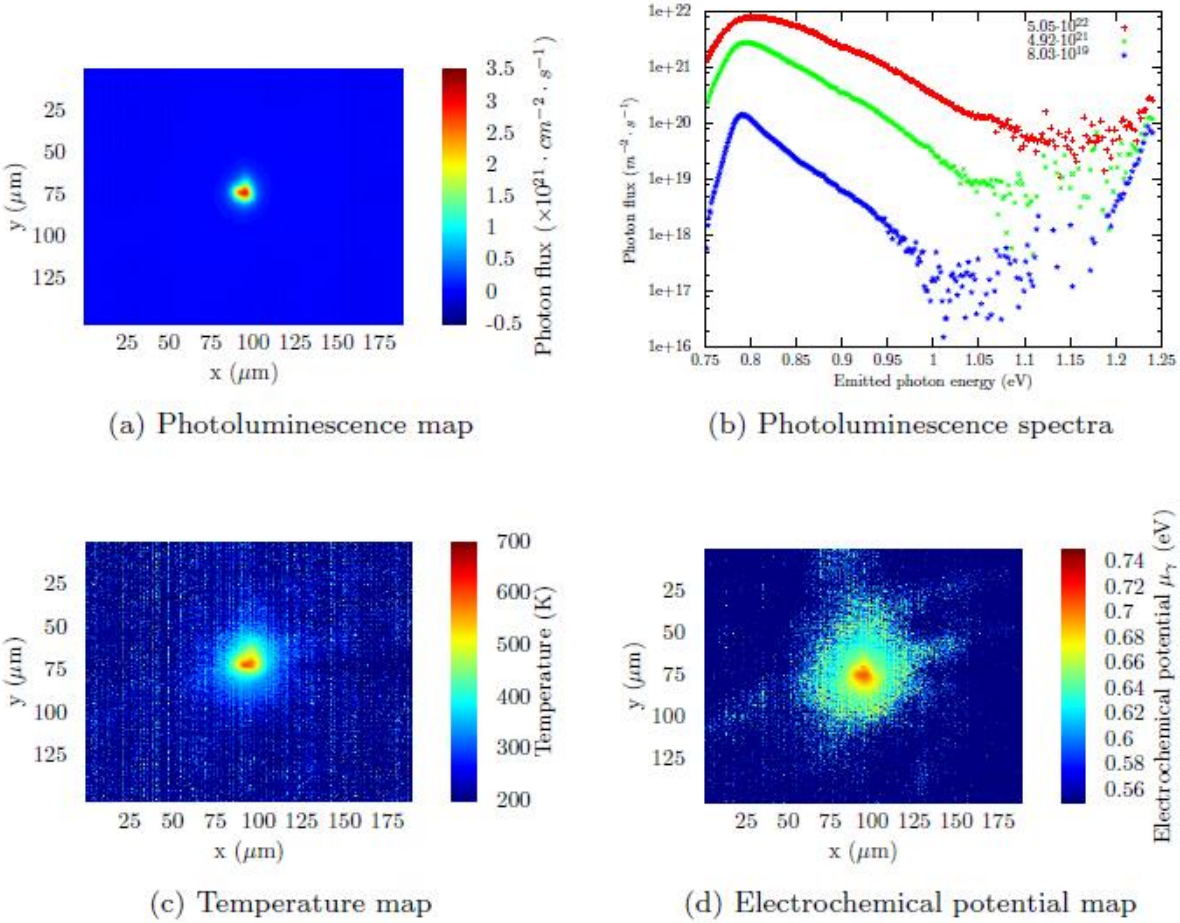
Nous pouvons donc déterminer le coefficient Seebeck liés aux propriétés thermoélectriques induites par l'excitation optique du matériau. En outre, nous démontrons la relation linéaire entre de tension et de gradients de température à l'échelle du micromètre. Ceci est point clé quant à la validité des relations thermoélectriques et de la méthode proposée.

Cette méthode impacte fortement la communauté photovoltaïque des cellules à porteurs chauds où le principe est de convertir un excédent d'énergie cinétique en tension. Egalement, cette méthode de caractérisation sans contact permet de qualifier n'importe quel absorbeur photovoltaïque.

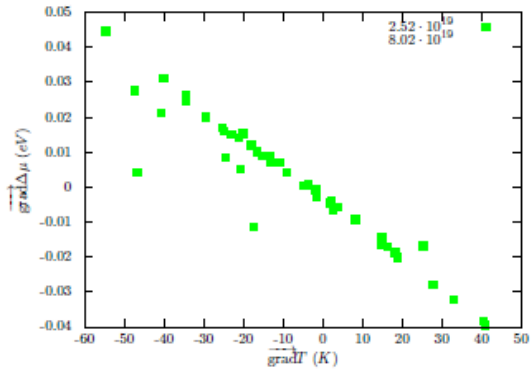
En effet, nous proposons une perspective vers le traitement complet de la diffusion latérale des porteurs sous excitation optique ponctuelle qui permettrait d'avoir accès à de nombreuses propriétés électriques du semi-conducteur utilisé, à la fois sur les porteurs minoritaires et majoritaires.

Refs :

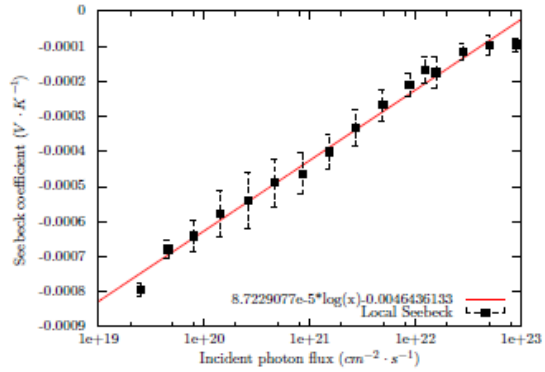
F. Gibelli et al. Optical imaging of light-induced thermopower in semiconductors, submitted
Paget et al. Imaging ambipolar diffusion of photocarriers in GaAs thin films, Journ. Appl. Phys. 111 (2012)
F. Cadiz et al. Effect of Pauli principle on photoelectrons spin transport in p+ GaAs Phys. Rev. B. 91, 165203 (2015)



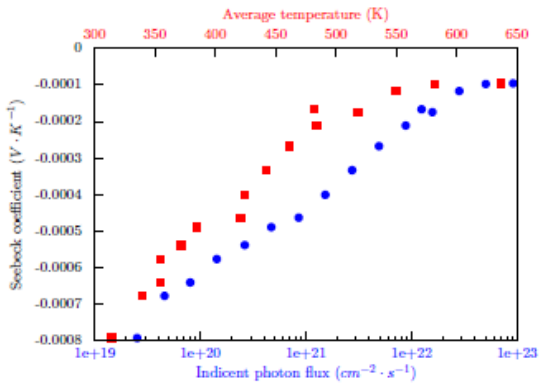
(a) Cartographie de luminescence sous excitation ponctuelle en chaque point nous avnos un spectre. Trois exemples sont montrés en (b) à trois localisations différentes. Cartographie de température (c) et potentiel électrochimique (d).



(a) Linear relationship between temperature and electrochemical potential gradients



(b) Variation of the local Seebeck coefficient with the incident photon flux



(c) Variation of the local Seebeck coefficient with the incident photon flux and with the average temperature

Ci-dessus la variation linéaire entre ces deux quantités (ratio=coefficient Seebeck) et sa dépendance en puissance.