

Analyse des Inhomogénéités spatiales de cellules solaires à base de pérovskite par imagerie de luminescence

Gilbert El-Hajje^{1,2}, Cristina Momblona³, Jorge Ávila³, Thomas Guillemot², Michele Sessolo³, Henk J. Bolink^{*3} and Laurent Lombez^{*2}

¹ EDF R&D, 6 quai Watier, 78400 CHATOU Cedex, FRANCE

²Institute of Research and Development on Photovoltaic Energy (IRDEP), UMR 7174 CNRS-EDF- Chimie ParisTech, EDF R&D, Chatou, France

³Instituto de Ciencia Molecular, Universidad de Valencia, Valencia, Spain.

Les dispositifs photovoltaïques hybrides organique-inorganique à base de pérovskites attirent actuellement beaucoup d'attention dans le domaine photovoltaïque en raison de l'évolution rapide de leur rendement photovoltaïque [1] et d'un certain nombre d'aspects mal compris dans les cellules solaires, en particulier sur les metastabilités, les joints de grain et les interfaces avec les contacts.

Deux cellules solaires à base de pérovskites sont étudiées ici. Ces dernières diffèrent uniquement par leur couche organique responsable du blocage des trous, et possèdent toutes les deux un rendement de conversion autour de 15%. La présente étude se base essentiellement sur l'imagerie hyperspectrale d'émission de luminescence. On démontre que cette technique de caractérisation permet d'extraire des d'identifier les facteurs limitant tels que les inhomogénéités spatiales et les problèmes de collecte de charge [5]. Les caractéristiques I-V sous illumination et au noir, effectuées pour les 2 direction de balayage, révèlent un problème d'injection/collection électrique dont souffrent les deux dispositifs. Par ailleurs, le dispositif qui possède la couche organique à base de PCBM fait preuve d'absence de phénomène d'hystérésis sous les deux sens de balayage opposés. Par contre, le dispositif avec la couche organique à base de Fullerène revele un effet d'hystérésis non négligeable au niveau de ces courbes J(V).

L'imagerie hyperspectrale permet d'obtenir des une cartographie de mesures de photoluminescence et d'électroluminescence, aux échelles microscopique ($263 \times 378 \mu\text{m}^2$) et macroscopique (6 mm^2) des deux dispositifs. Ces images étant calibrées spatialement, spectralement et exprimées en unités absolues (Photons/Pulse/ cm^2), la loi de Planck généralisée [2] et les relations de réciprocité de Rau [3] sont utilisables. L'application de ces deux théories permet d'obtenir des cartographies des valeurs absolues des quasi-niveaux de Fermi $\Delta\mu(x,y)$ pour les deux dispositifs.

Les mesures montrent une inefficacité de collecte qui, comme l'hystérésis, reste dépendante du type de couche de contact. Par ailleurs, les inhomogénéités spatiales peuvent aussi dégrader les paramètres globaux de la cellule. Ces inhomogénéités peuvent être quantifiées par l'imagerie hyperspectrale et leur importance sera discutée.

Finalement, pour quantifier l'inefficacité dans le transport électronique identifiée, nous avons établi des cartographies de l'efficacité de transport latérale en appliquant les relations de réciprocité généralisées de Green [4]. Les résultats montrent qu'au niveau des deux dispositifs pérovskites, uniquement 60% des paires électrons-trous photogénérés et séparés, réussissent à rejoindre les terminaux où elles sont collectées.

[1] Henry J. Snaith, *J. Phys. Chem. Lett.* 4, 3623 (2013); Martin A. Green, Anita Ho-Baillie, and Henry J. Snaith, *Nat Photon* 8 (7), 506 (2014); Michael Gratzel, *Nat Mater* 13 (9), 838 (2014).

[2] P. Würfel, “The chemical potential of radiation”, *Journal of Physics C: Solid State Physics*, 15:3967_3985, 198.

[3] U. Rau, “Reciprocity relation between photovoltaic quantum efficiency and electroluminescent emission of solar cells,” *Physical Review B*, vol. 76, 2007.

[4] J.Wong and M.A.Green, *Phys. Rev. B* 85, 235205 (2012).

[5] Gilbert El-Hajje et al. Submitted to EES