Energie
Programmes nationaux de recherche 70 et 71

Projet

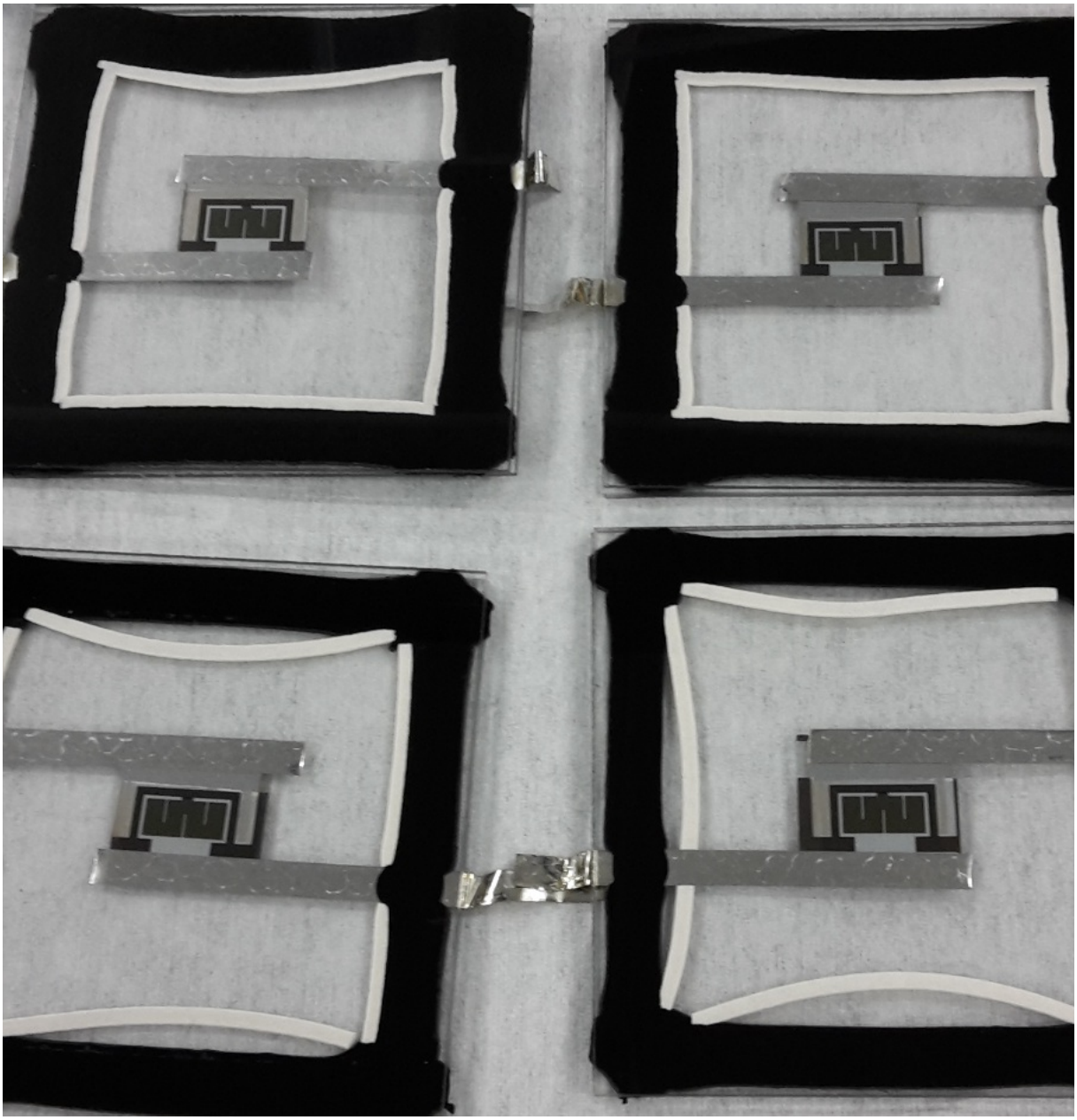
Les cellules à perovskites du futur



La pérovskite est l’avenir des cellules solaires

La pérovskite est l’avenir des cellules solaires

Les cellules solaires à pérovskites sont sur le point de percer. Abordable et polyvalent, ce matériau est idéal pour une production efficace de courant solaire. Les nouvelles cellules solaires manquent toutefois encore de robustesse pour une mise en œuvre en conditions réelles. Des équipes de recherche de l’EPF de Lausanne et de l’Université de Fribourg s’efforcent de perfectionner les aptitudes pratiques de la technologie des pérovskites.



Le passage du stade du laboratoire à la fabrication industrielle de modules solaires grand format est un des derniers obstacles à surmonter en vue de la production à grande échelle de cellules solaires à pérovskites. *Source :* Final Report

En un coup d'œil

- Les cellules solaires à pérovskites sont bon marché, faciles à mettre en œuvre et efficaces, mais leur fonctionnement manque encore de stabilité.
- Les derniers développements de la recherche suisse tendent à se rapprocher de l'objectif : des cellules solaires à pérovskites avec des performances durablement élevées.
- Pour rencontrer le succès, la nouvelle technologie doit être compatible avec les processus de fabrication industrielle existants.

Des panneaux bleu foncé sur des toits de tuiles rouges – c'est le résultat obtenu lorsque l'on recherche des images sur le thème « énergie solaire » sur Internet. En effet, les fameuses cellules solaires bleues en silicium sont la technologie photovoltaïque la plus répandue. Pourtant ce n'est plus la seule. Une nouvelle technologie est dans les starting blocks : les cellules solaires à pérovskites. Ce terme générique désigne de nouveaux matériaux dont la structure cristalline est semblable à celle du matériau naturel nommé pérovskite.

Les cellules solaires à pérovskites ont connu un développement éclair. Au cours de la dernière décennie, leur rendement a littéralement explosé, passant d'à peine 3 % à plus de 20 %. Les pérovskites ont des propriétés remarquables : ils absorbent la lumière de façon particulièrement efficace et évacuent bien le courant produit. De plus, ils sont à la fois bon marché et simples à fabriquer et à transformer. Les cellules solaires à base de pérovskites ont cependant aussi un inconvénient non négligeable : elles ne fonctionnent pas encore de façon suffisamment constante et ne sont pas assez durables pour une utilisation à grande échelle. Des chercheuses et chercheurs de l'EPF de Lausanne et de l'Université de Fribourg travaillent à améliorer la stabilité et le rendement de cette technologie prometteuse.

Dopage des cellules solaires

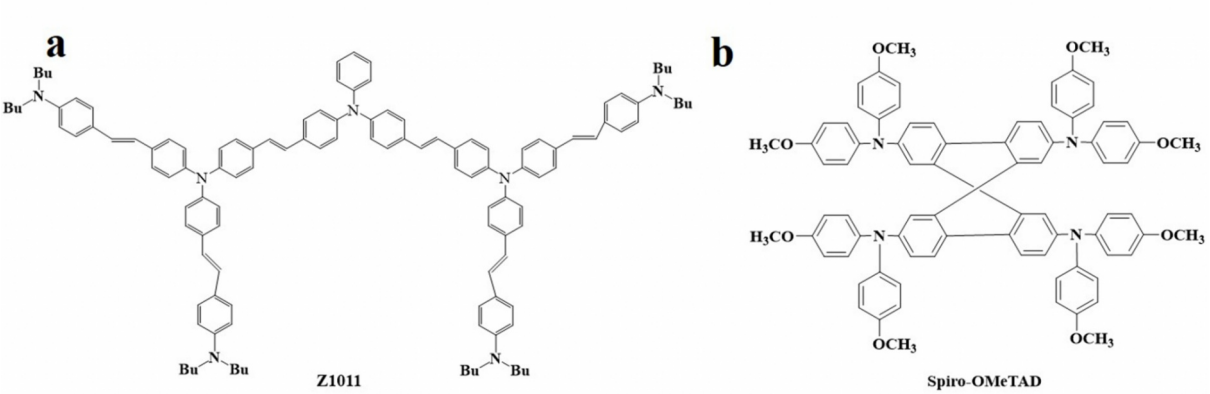
À cet effet, il est fréquent d'avoir recours au dopage, un moyen parfaitement légitime d'accroître les performances. Ce procédé consiste à enrichir des matériaux semi-conducteurs avec de petites quantités d'un élément étranger. Les progrès sur cette voie sont surprenants. En dopant au lithium une électrode en oxyde de titane, l'équipe de recherche est par exemple parvenue à augmenter les performances d'une cellule solaire à pérovskites de plus de deux points de pourcentage à plus de 19 %.

En utilisant du néodyme au lieu du lithium pour le dopage, le rendement atteint – un peu plus de 18 % – n'était pas si exceptionnel. Par contre – fait tout aussi important – la cellule solaire a fonctionné beaucoup plus longtemps avec une performance élevée. Les chercheuses et chercheurs ont découvert que les atomes de néodyme agissaient comme un mastic comblant les fissures et les fêlures du réseau cristallin. Ceci permet de désamorcer les pièges à électrons, qui perturbent le déplacement des porteurs de charge et ont un impact négatif sur les performances d'une cellule solaire. Ceux-ci se forment entre autres sous l'effet du rayonnement ultraviolet, qui attaque l'oxyde de titane.

Dans le cadre d'une autre étude, l'équipe de recherche a remplacé l'oxyde de titane sensible aux UV par un autre composé : de l'oxyde de zinc. Ce dernier est moins sensible aux UV mais affichait jusqu'à présent un rendement électrique décevant. Là aussi, la solution était le « dopage », cette fois avec du gallium. Le résultat convainc avec un bon rendement de l'ordre de 16,5 % et surtout une excellente résistance au rayonnement UV.

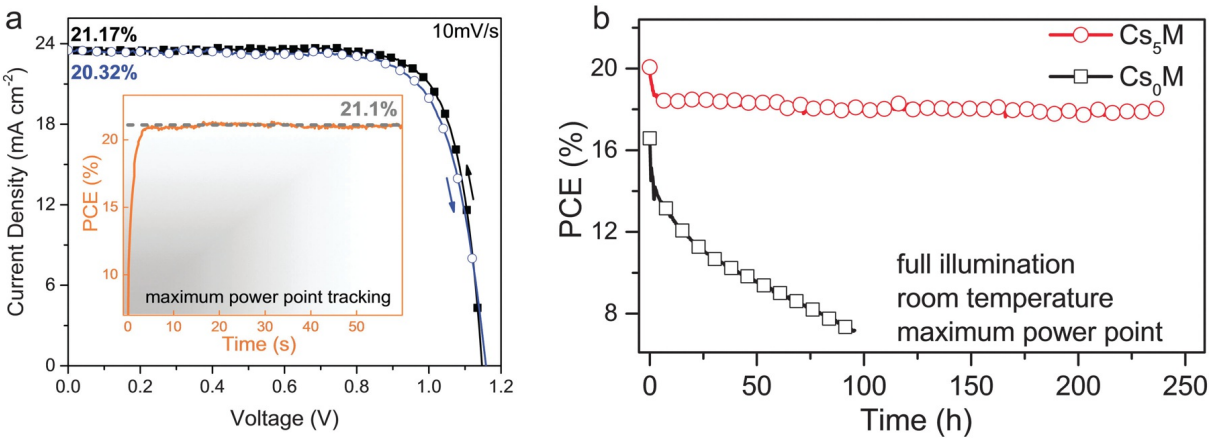
Stabilité grâce à une molécule « papillon »

Le dopage n'est cependant pas toujours la solution aux défis de la technologie pérovskite. Ainsi une autre solution développée par l'EPFL se passe totalement de dopage. Il s'agit dans ce cas d'un composé organique dont la forme complexe des molécules évoque un papillon (image 1). La mission d'apparence quelque peu ésotérique de ce matériau consiste à « transporter des trous ». Les « trous » désignent des charges positives qui apparaissent lorsque des électrons sont éjectés de leur environnement par absorption de lumière. Les molécules « papillon » organiques permettent d'atteindre des rendements semblables aux matériaux traditionnels, mais sont nettement plus stables.



Solution élégante – les molécules de ce matériau non dopé ressemblent à s'y méprendre à un papillon.

Dans les cas évoqués jusqu'à présent, les chercheuses et les chercheurs ont axé leurs efforts sur l'amélioration des électrodes et des autres couches de transport du courant. Ce sont cependant les développements qu'ils ont apportés au cœur de la cellule solaire – c'est-à-dire aux pérovskites qui absorbent la lumière – qui comptent parmi leurs plus grands succès. En effet, ils ont découvert que l'adjonction d'une petite quantité de césium aux composants organiques de la pérovskite permettait d'obtenir des cristaux beaucoup plus purs – et un rendement record de 21,1 %



L'amélioration est évidente – l'adjonction de 5 % de césium (symboles rouges) améliore sensiblement le rendement et la stabilité des cellules à pérovskites par rapport à la version sans césium (symboles noirs).

Le mélange avec du césium est par ailleurs plus tolérant vis-à-vis des petites imprécisions du processus de fabrication. La fabrication de cellules solaires à pérovskites affichant des rendements supérieurs à 20 % devient ainsi une routine – une rupture en matière de

reproductibilité et une avancée considérable en vue d'une industrialisation de cette nouvelle technologie.

Sur la voie de l'industrialisation

Une autre étape clé sur la voie de la commercialisation est le passage de l'échelle du laboratoire à la fabrication de modules solaires de grandes dimensions. Les circuits électriques de ces modules sont réalisés de façon industrielle à l'aide de lasers, qui gravent des séparations isolantes ou des canaux pour les pistes dans les matériaux. La possibilité d'utiliser ce procédé industriel pour les pérovskites était longtemps incertaine. Avec le premier module solaire à pérovskites fabriqué au laser, les chercheuses et chercheurs de l'EPFL ont fourni la preuve de sa faisabilité.

Chaque innovation permet de se rapprocher un peu plus de l'objectif de produire des cellules solaires à pérovskites rentables et hautement efficaces. Ces nouvelles cellules favoriseront la transition énergétique non seulement sur le plan technique mais aussi du point de vue esthétique. En effet, les matériaux et procédés mis au point offrent des alternatives très discrètes aux cellules solaires bleues standard. Selon Michael Grätzel de l'EPFL, les chances d'introduction rapide des cellules solaires à pérovskites sont bonnes. Notamment parce que les nouvelles solutions élaborées peuvent être intégrées aux chaînes de production industrielles existantes. Cela devrait permettre aux entreprises et aux groupes de recherche suisses de conserver leur avance dans un environnement international extrêmement concurrentiel, assure Michael Grätzel.

Produkte aus diesem Projekt

- High-Efficiency Polycrystalline Thin Film Tandem Solar Cells
  Date de publication: 07.10.19
- Lowtemperature-processed efficient semi-transparent planar perovskite solar cells for bifacial and tandem applications
  Date de publication: 07.10.19
- Controlled growth of PbI_2 nanoplates for rapid preparation of $CH_3NH_3PbI_3$ in planar perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Mechanosynthesis of the hybrid perovskite $CH_3NH_3PbI_3$: characterization and the corresponding solar cell efficiency
  Date de publication: 07.10.19
- Perovskite Photovoltaics with Outstanding Performance Produced by Chemical Conversion of Bilayer Mesostructured Lead Halide/TiO_2 Films
  Date de publication: 07.10.19
- Flash Infrared Annealing for Antisolvent-Free Highly Efficient Perovskite Solar Cells
  Date de publication: 07.10.19
- A Ga-doped SnO_2 mesoporous contact for UV stable highly efficient perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Rational Design of Molecular Hole-Transporting Materials for Perovskite Solar Cells : Direct versus Inverted Device Configurations
  Date de publication: 07.10.19
- Molecular Tailoring of Phenothiazine-Based Hole-
- A Novel Dopant- Free Triphenylamine Based Molecular « Butterfly » Hole-Transport Material for Highly Efficient and Stable Perovskite Solar Cells, in Advanced Energy Materials
  Date de publication: 07.10.19
- Not All That Glitters Is Gold : Metal-Migration-Induced Degradation in Perovskite Solar Cells
  Date de publication: 07.10.19
- Highly efficient planar perovskite solar cells through band alignment engineering
  Date de publication: 07.10.19
- Efficient Near-Infrared-Transparent Perovskite Solar Cells Enabling Direct Comparison of 4-Terminal and Monolithic Perovskite/Silicon Tandem Cells
  Date de publication: 07.10.19
- Partial oxidation of the absorber layer reduces charge carrier recombination in antimony sulfide solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Patterning of perovskite–polymer films by wrinkling instabilities
  Date de publication: 07.10.19
- Perovskite Solar Cell Stability in Humid Air : Partially Reversible Phase Transitions in the PbI_2-CH_3NH_3I-H_2O System
  Date de publication: 07.10.19
- Doping of TiO_2 for sensitized solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Efficient luminescent solar cells based on tailored mixed-cation perovskites

Transporting Materials for High-Performing Perovskite Solar Cells
Date de publication: 07.10.19

- Spontaneous crystal coalescence enables highly efficient perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Migration of cations induces reversible performance losses over day/night cycling in perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Mesoporous SnO_2 electron selective contact enables UV-stable perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Enhanced Efficiency and Stability of Perovskite Solar Cells Through Nd-Doping of Mesostructured TiO_2
  Date de publication: 07.10.19
- Boosting the Efficiency of Perovskite Solar Cells with CsBr-Modified Mesoporous TiO_2 Beads as Electron-Selective Contact
  Date de publication: 07.10.19
- Effect of Cs-Incorporated NiO_x on the Performance of Perovskite Solar Cells
  Date de publication: 07.10.19
- The effect of illumination on the formation of metal halide perovskite films
  Date de publication: 07.10.19
- Room-Temperature Formation of Highly Crystalline Multication Perovskites for Efficient, Low-Cost Solar Cells
  Date de publication: 07.10.19
- Isomer-Pure Bis-PCBM-Assisted Crystal Engineering of Perovskite Solar Cells Showing Excellent
  Date de publication: 07.10.19
- High-Efficiency Perovskite Solar Cells Employing a S, N-Heteropentacene-based D-A Hole-Transport material
  Date de publication: 07.10.19
- Novel p-dopant toward highly efficient and stable perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- A novel one-step synthesized and dopant-free hole transport material for efficient and stable perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Incorporation of rubidium cations into perovskite solar cells improves photovoltaic performance
  Date de publication: 07.10.19
- High-Performance Regular Perovskite Solar Cells Employing Low-Cost Poly(ethylenedioxythiophene) as a Hole-Transporting Material
  Date de publication: 07.10.19
- A vacuum flash-assisted solution process for high-efficiency large-area perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Cesium-containing triple cation perovskite solar cells : improved stability, reproducibility and high efficiency
  Date de publication: 07.10.19
- Entropic stabilization of mixed A-cation ABX_3 metal halide perovskites for high performance perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Ionic Liquid Control Crystal Growth to Enhance Planar Perovskite Solar

Efficiency and Stability
Date de publication: 07.10.19

- Dopant-free star-shaped hole-transport materials for efficient and stable perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Dopant-Free Donor (D)-π-D-π-D Conjugated Hole-Transport Materials for Efficient and Stable Perovskite Solar Cells
  Date de publication: 07.10.19
- Enhanced electronic properties in mesoporous TiO_2 via lithium doping for highefficiency perovskite solar cells
  Date de publication: 07.10.19

Cells Efficiency
Date de publication: 07.10.19

- Closing the Cell-to-Module Efficiency Gap : A Fully Laser Scribed Perovskite Minimodule With 16 % Steady-State Aperture Area Efficiency,
  Date de publication: 07.10.19
- Zinc tin oxide as hightemperature stable recombination layer for mesoscopic perovskite/silicon monolithic tandem solar cells
  Date de publication: 07.10.19
- Perovskite solar cells hit 21.1 % efficiency and record reproducibility
  Date de publication: 07.10.19

Team & Kontakt

Prof. Michael Grätzel
Institut des sciences et ingénierie chimiques
EPF Lausanne
Station 6
Office : CH G1 526
1015 Lausanne

+41 (0)21 693 31 12
michael.graetzel@epfl.ch

Ullrich Steiner

Jun-Ho Yum

Konrad Domanski

Björn Niesen

Sandy Sanchez Alonso

Antonio Abate

Dominik Josef Kubicki



Michael Grätzel
Directeur de projet

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au 10.05.2019.