



**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71

# Projet

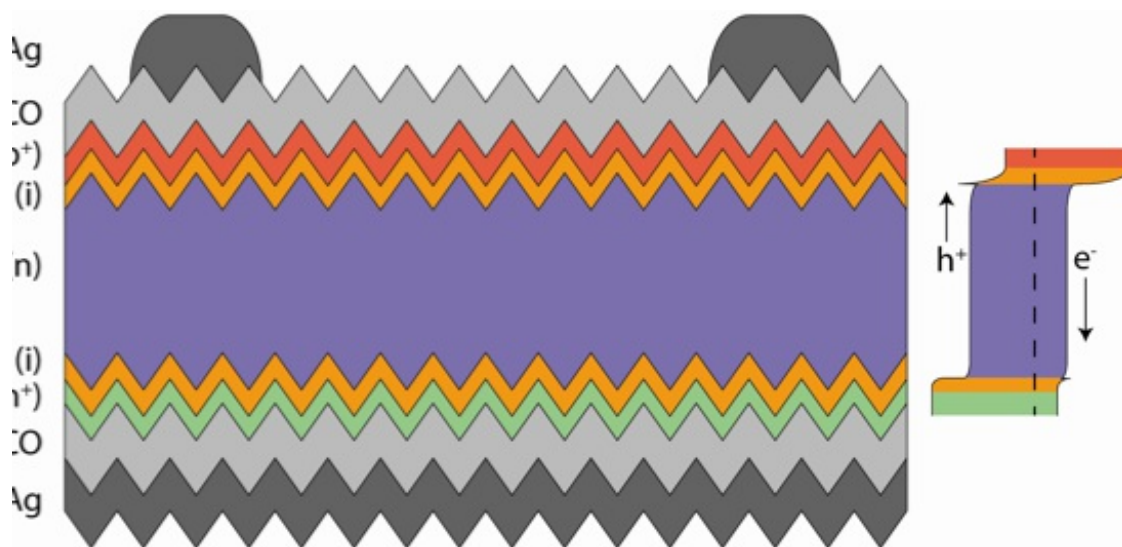
## Interfaces dans les cellules solaires



Bien plus qu'un simple interstice : les couches intermédiaires dans les cellules photovoltaïques

## Bien plus qu'un simple interstice : les couches intermédiaires dans les cellules photovoltaïques

Les couches intermédiaires passent presque inaperçues. Pourtant, elles sont la clé d'une production d'électricité plus efficace à partir de la lumière du soleil. Des chercheurs de l'Empa et de l'EPFL usent de matériaux et procédés innovants pour jeter les bases de la prochaine génération de cellules photovoltaïques.



Les couches intermédiaires sont déterminantes pour le bon fonctionnement des cellules photovoltaïques, tout comme le sont les membranes pour les cellules biologiques. Les couches en silicium amorphe (en rouge) optimisent la tension des cellules solaires en silicium. Mais elles absorbent également la lumière, raison pour laquelle des alternatives plus transparentes sont à l'étude. *Source* : EPFL - PVLab





## En un coup d'œil

- Les couches intermédiaires inactives jouent un rôle essentiel dans les cellules photovoltaïques.
- Les innovations technologiques dans le domaine des couches intermédiaires permettent d'augmenter le rendement des cellules solaires, tout en simplifiant les processus de fabrication.
- Les progrès réalisés dans le domaine des couches intermédiaires ouvrent la voie à une nouvelle génération de cellules solaires.

Par quel procédé l'électricité est-elle produite à partir de la lumière du soleil ? Bien que la transformation dans les cellules solaires semble presque magique, ce sont des matériaux hautement performant et capables d'absorber la lumière qui la rendent possible. Une cellule solaire ne fonctionne que si elle contient des couches dites intermédiaires, donc des couches aux propriétés optiques et électriques spéciales qui entourent les composants actifs de la cellule. Ces couches intermédiaires remplissent dans les cellules photovoltaïques des fonctions aussi vitales que les membranes dans les cellules biologiques. Ce n'est que grâce à elles que l'énergie absorbée au cœur de la cellule solaire peut être transformée en courant électrique.

Des chercheurs de l'Empa et de l'EPFL se sont attelés à la tâche importante d'optimiser les propriétés des couches intermédiaires. Ils jettent ainsi les bases pour le développement de cellules solaires plus efficaces et plus durables, et ouvrent la voie à des méthodes de fabrication plus simples. Outre l'amélioration de technologies déjà très performantes, ces recherches faciliteront également le développement de nouveaux produits tels que des cellules solaires pouvant être exposées des deux côtés à la lumière du soleil ou des cellules tandem pour une production d'énergie en deux étapes. De tels concepts innovants posent des exigences nouvelles en termes de performance et de propriétés des couches intermédiaires.



## Des assistants invisibles

Le mécanisme sensible de production d'électricité à partir de la lumière met en évidence les multiples tâches des couches intermédiaires. Dans un premier temps, l'absorption d'un photon conduit à l'expulsion d'un électron de sa structure habituelle. Cette particule chargée négativement devient ainsi un porteur de charge mobile, alors qu'à son emplacement initial est créé une lacune qui se comporte comme une particule à charge positive. On parle d'une paire électron-trou. Lorsque l'électron retombe dans ce trou, son énergie se dissipe sous forme de chaleur ou de lumière. Pour empêcher ce phénomène appelé recombinaison, l'électron négatif et le "trou" positif doivent emprunter des voies différentes. Ce processus dépend entièrement des couches intermédiaires susmentionnées. Celles-ci doivent effectuer leur travail sans obstruer le flux de la lumière, donc de la source d'énergie qui anime l'ensemble de l'opération.

## À la recherche d'alternatives ingénieuses

De nombreux développements actuels visent donc à rendre les couches intermédiaires optiquement plus transparentes ; sans pour autant réduire les performances électriques, bien entendu. Les cellules photovoltaïques en silicium sont une technologie éprouvée que les chercheurs espèrent perfectionner. Le noyau cristallin de ces cellules est généralement entouré de couches intermédiaires en silicium amorphe (non cristallin), idéales pour une décharge sans perte de charges électriques, mais malheureusement responsables de l'absorption de la lumière sans production d'électricité. En remplaçant ces couches par des oxydes métalliques transparents, les chercheurs ont réussi à réduire les pertes, tout en simplifiant le processus de fabrication.

Un problème similaire se pose avec un autre type de cellule solaire : dans les cellules en couche mince à base de séléniure de cuivre, d'indium et de gallium (CIGS), trop de lumière est absorbée par une surface intermédiaire en sulfure de cadmium. Les scientifiques ont réussi à amincir la couche intermédiaire en remplaçant une couche adjacente en oxyde de zinc par un composé zinc-titane.

Sur le plan technique, les cellules tandem sont encore plus exigeantes. Les deux couches de ces cellules solaires exploitent des longueurs d'ondes différentes de la lumière. La cellule supérieure doit donc être totalement transparente dans une certaine plage du spectre lumineux, ce qui nécessite, entre autres, des alternatives transparentes pour les électrodes qui sont normalement en or. Grâce à de nouveaux revêtements, les chercheurs ont obtenu pour la cellule supérieure une perméabilité de 80,4 % dans le proche infrarouge, voire supérieure pour certaines couches.



## La clé du progrès

La couche supérieure de la cellule tandem étant constituée de pérovskite, un matériau sensible à la température, les exigences technologiques liées à ces nouveaux développements sont élevées, particulièrement lorsque les cellules tandem doivent être fabriquées d'une seule pièce. Ce procédé requiert en effet la compatibilité de deux technologies de fabrication très différentes.

Cependant, les cellules tandem ne sont pas encore commercialisables : la durée de vie de la cellule supérieure en pérovskite est encore insuffisante. Ici aussi, les couches intermédiaires font partie intégrale tant du problème que de la solution. Les progrès réalisés par les chercheurs moyennant des matériaux innovants en sont la preuve.

Les couches intermédiaires des cellules solaires représentent un domaine important de recherche. De nouveaux matériaux et procédés sont sources de résultats révolutionnaires et ouvrent ainsi la voie à une nouvelle génération de cellules photovoltaïques, dont les cellules solaires tandem à rendement record décrites [ici](#).

## Produkte aus diesem Projekt

- Efficient silicon solar cells with dopant-free asymmetric heterocontacts  
Date de publication: 25.09.19
- 22.5 % efficient silicon heterojunction solar cell with molybdenum oxide hole collector  
Date de publication: 25.09.19
- Controlled growth of PbI<sub>2</sub> nanoplates for rapid preparation of CH<sub>3</sub>NH<sub>3</sub>PbI<sub>3</sub> in planar perovskite solar cells  
Date de publication: 25.09.19
- High efficiency polycrystalline thin film tandem solar cells  
Date de publication: 25.09.19
- Evolution of carbon impurities in solution-grown and sputtered Al:ZnO thin films exposed to UV light and damp heat degradation  
Date de publication: 25.09.19
- High Efficiency Perovskite Solar Cells Employing a S,N - Heteropentacene-based D-A Hole-Transport material  
Date de publication: 25.09.19
- On a better estimate of the charge collection function in CdTe solar cells : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> enhanced electron beam induced current measurements  
Date de publication: 25.09.19
- ALD-Zn<sub>x</sub>Ti<sub>y</sub>O as Window Layer in Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> Solar Cells  
Date de publication: 25.09.19
- Low-temperature-processed efficient semi-transparent planar perovskite solar cells for bifacial and tandem applications  
Date de publication: 25.09.19
- Impact of interlayer application on band bending for improved electron extraction for efficient flexible perovskite mini-modules  
Date de publication: 25.09.19
- A transparent, solvent-free laminated top electrode for perovskite solar cells, in Science and Technology of Advanced Materials  
Date de publication: 25.09.19
- 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: 25.09.19
- Over 20 % PCE perovskite solar cells with superior stability achieved by novel and low-cost hole-transporting materials  
Date de publication: 25.09.19
- One-Dimensional Organic-Inorganic Hybrid Perovskite Incorporating Near-Infrared-Absorbing Cyanine Cations  
Date de publication: 25.09.19
- TiO<sub>2</sub> as intermediate buffer layer in Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> solar cells  
Date de publication: 25.09.19
- Flexible NIR-transparent perovskite solar cells for all-thin-film tandem photovoltaic devices  
Date de publication: 25.09.19
- Dopant-free star-shaped hole-transport materials for efficient and stable perovskite solar cells, in Dyes and Pigments  
Date de publication: 25.09.19



- High-efficiency inverted semi-transparent planar perovskite solar cells in substrate configuration  
Date de publication: 25.09.19
- Fully textured monolithic perovskite/silicon tandem solar cells with 25.2 % power conversion efficiency  
Date de publication: 25.09.19
- Ternary semitransparent organic solar cells with a laminated top electrode  
Date de publication: 25.09.19
- Evolution of carbon impurities in solution-grown and sputtered Al :ZnO thin films exposed to UV light and damp heat degradation  
Date de publication: 25.09.19



## Team & Kontakt

Prof. Dr. Frank Nüesch

Empa

Überlandstrasse 129

8600 Dübendorf

+41 58 765 4740

[frank.nueesch@empa.ch](mailto:frank.nueesch@empa.ch)



Frank Nüesch

Projektleiter



Christophe Ballif

Enrico Avancini



Florent Sahli

Michael Grätzel



Jiyoun Seo

Ayodhya Nath Tiwari

Anna Véron





**Energie**

Programmes nationaux de recherche 70 et 71



Ching-Hsun Weng

Liu Yuhang

Shaik Mohammed  
Zakeeruddin

Le contenu de ce site représente l'état des connaissances au  
17.12.2018.