Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 102 (2011)
Heft: 3

Artikel: Cellules solaires en silicium à haut rendement
Autor: Ballif, Christophe
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-856785

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 05.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Cellules solaires en silicium à haut rendement

L'IMT de Neuchâtel figure parmi les leaders mondiaux en matière de recherche et de développement du photovoltaïque

A Neuchâtel, le laboratoire de photovoltaïque (PVLAB) de l'Institut de Microtechnique (IMT) prépare déjà les cellules solaires de demain. Il a développé une expertise particulière dans les procédés de dépôt par plasma et la fabrication des couches transparentes conductrices. A terme l'objectif est de produire des modules en couches minces à plus 10 % de rendement à 50 € par m² et des modules cristallins à 20 % de rendement pour moins de 150 € par m² !

Christophe Ballif

Avec près de 60 collaborateurs au début 2011, le laboratoire de photovoltaïque (PVLAB) de l'Institut de Microtechnique à Neuchâtel est l'un des plus grands groupes académiques de recherche dans le domaine du solaire. Axe fort du laboratoire, les cellules en silicium sont préparées par dépôts successifs de couches transparentes conductrices et de couches fines de silicium qui absorbent la lumière. Les deux matériaux essentiellement utilisés sont le silicium amorphe, qui absorbe la lumière dans le visible, et le silicium microcristallin, dont la gamme d'absorption est étendue dans l'infrarouge. En combinant une cellule amorphe avec une cellule microcristalline (déposées l'une sur l'autre), on obtient une cellule à double jonction particulièrement intéressante appelée « cellule micromorphe » (figure 1).

Quand on les dépose sur une plaque de verre, les cellules micromorphes permettent, avec seulement un ou deux micromètres d'épaisseur de silicium de réaliser des cellules à 12 % de rendement et des modules (1,4 m²) à près de 10 % de rendement (au stade de production pilote).

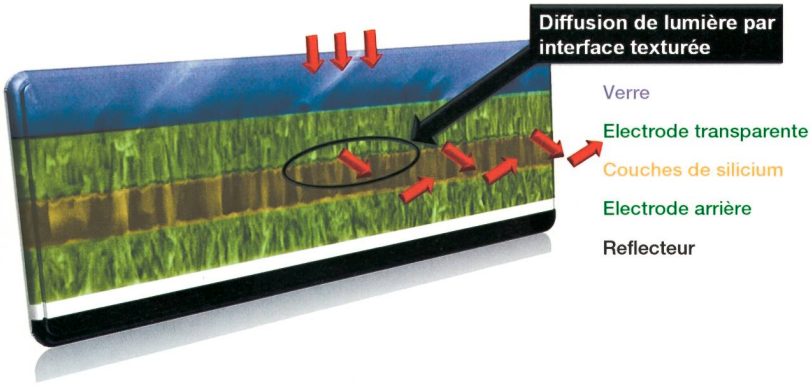
Développements industriels en cours

Depuis près d'une dizaine d'années, le PVLAB collabore avec l'entreprise Oerlikon Solar (OeS) à la mise au point de lignes de production de modules amorphes et micromorphes. Plusieurs centaines de MWc (Méga Watt crête) sortent annuellement des machines d'OeS installées en Europe et en Asie. D'ici quelques années, et en utilisant certains des résultats obtenus par les chercheurs de l'IMT, OeS pense que ses clients pourront fabriquer des panneaux photovoltaïques à 10 % de rendement pour un coût de l'ordre de 50 € par m². Un module de 1 m² produira de 100–220 kWh annuellement, selon l'ensoleillement, ce qui correspondra à 2500–5500 kWh durant la durée de vie minimum de 25 ans.

Sur un autre axe de recherche, les chercheurs de l'IMT travaillent à la mise au point de la prochaine génération de cellules solaires sur films flexibles. Récemment, ils ont pu fabriquer une cellule à 10 % de rendement sur une feuille de PET. La compagnie Flexcell à Yverdon, une start-up technologique de l'IMT, propose des produits innovants sur la base de telles feuilles plastiques. La génération actuelle des modules de Flexcell est pour l'instant basée sur des cellules amorphes simples. Celles-ci offrent des possibilités uniques pour la fabrication de modules à faible poids et pour de l'intégration architecturale de haut niveau (figure 2).

www.flexcell.com

Figure 2 Cellules solaires flexibles en intégration architecturale.



C. Battaglia, IMT, Neuchâtel

Figure 1 Coupe transversale à travers une cellule micromorphe. Une cellule « micromorphe » peut comporter plus d'une dizaine de couches différentes. La cellule amorphe fait 200 nm d'épaisseur et la cellule microcristalline 1000–2000 nm.

Cellule solaire en silicium cristallin à haut rendement

Depuis 2005, le PVLAB a suivi un programme de recherche agressif pour combiner les techniques de dépôt de couches minces avec le potentiel de haut rendement du silicium cristallin. En déposant

de chaque côté d'une plaquette de silicium 10–20 nm de silicium amorphe, en appliquant des couches minces transparentes conductrices, il est possible de réaliser des cellules dites « à hétérojonction ».

Le laboratoire réalise des cellules à plus de 20 % de rendement (statut fin 2010, cellule de 4 cm², **figure 3)** avec des tensions de circuit ouvert de plus de 720 mV, ce qui assure un coefficient de température meilleur que le silicium cristallin classique. Le procédé de fabrication délicat, mais comportant très peu d'étapes intéresse de nombreux industriels. En 2008, la société allemande Roth & Rau a établi une filiale à Neuchâtel pour développer, en collaboration avec le PVLAB, une nouvelle génération de lignes de production basées sur ces technologies. A terme, l'objectif serait de produire des modules à 20 % de rendement pour des coûts de fabrication de l'ordre de 150 € par m².

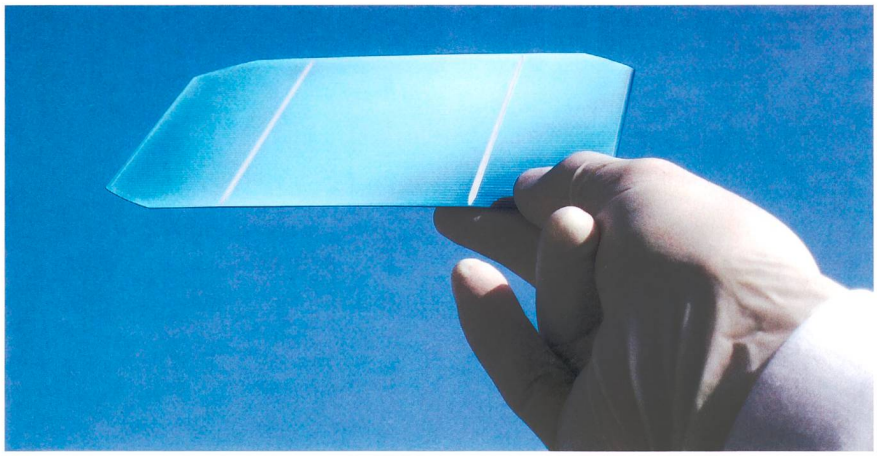

IMT, Neuchâtel

Figure 3 Cellule solaire à hétérojonction (silicium amorphe/silicium cristallin).

Fiabilité des modules

Les performances des modules photovoltaïques sont généralement garanties 20 ou 25 ans à 80 % de leur puissance nominale. La compréhension des phénomènes qui peuvent aboutir à des problèmes de fiabilité est cruciale pour s'assurer que les nouvelles technologies puissent trouver une place sur le marché. Le groupe « module design » s'intéresse donc au processus de stratification, aux adhésions entre les différentes interfaces, à la pénétration de l'humidité dans les modules ... Il a développé plusieurs techniques qui permettent de valider différents procédés de fabrication et l'utilisation de nouveaux matériaux polymères.

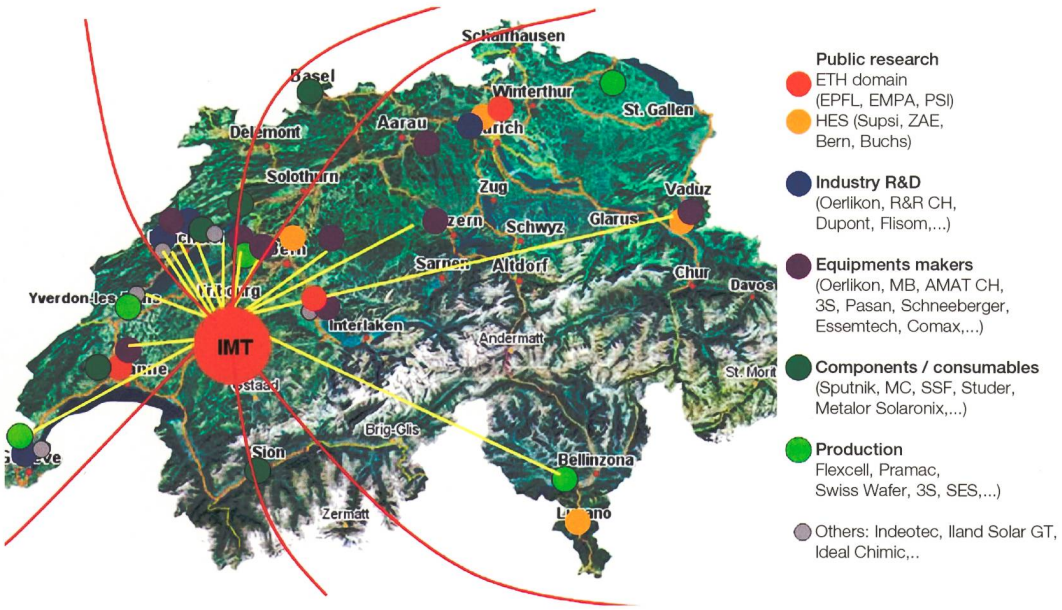
En collaboration avec le LESO (EPFL, Lausanne) et d'autres laboratoires suisses, les chercheurs travaillent également à la mise au point d'une nouvelle génération de modules, plus simples à installer, plus esthétiques et plus fiables.

Ici l'ambition est d'assurer une longévité de l'ordre de celle du toit et de garantir qu'un jour, de manière discrète (par exemple par des variations de texture ou de couleurs des modules), chaque toit puisse devenir une source d'électricité renouvelable bon marché. Le groupe a pu développer ces activités grâce au soutien de l'entreprise 3S Moduletec et collabore également avec différents fabricants de modules et de polymères.

Compétitivité du photovoltaïque

Grâce aux lois destinées à soutenir l'introduction du courant photovoltaïque, à l'instar de celles qui ont été édictées en Allemagne, l'industrie photovoltaïque a trouvé un cadre stable qui a permis les investissements nécessaires pour passer au stade de la production de masse. De fait, l'industrie PV a su démontrer des progrès spectaculaires dans la réduction des coûts (un facteur 20 sur les 30 dernières années). Le photovoltaïque devrait pouvoir contribuer à la production d'un bon pourcentage d'électricité dans de nombreux pays du monde d'ici 2025.

Les développements récents indiquent que le kWh photovoltaïque à 5 cts dans les régions ensoleillées et à 10 cts en Suisse n'est plus une utopie (cf. les coûts de production des modules, à compléter par les coûts de système). La source d'électricité inépuisable et bon marché est donc a portée de main. Dans ce contexte, la maîtrise de technologies



IMT, Neuchâtel

Figure 4 Carte « PV » de la Suisse et liens du PVLAB avec différents acteurs industriels de la branche.

clés par le PVLAB (aussi bien en couches minces qu'en cristallin) donne de fantastiques opportunités de développement pour le laboratoire et le pôle d'entreprises qui collaborent avec l'Institut de Microtechnique. Cependant, il est nécessaire qu'un soutien plus accru à la recherche énergétique (et solaire) se fasse. Au niveau financement il deviendra de plus en plus difficile de rester compétitif sans un effort supplémentaire de la Confédération dans ce secteur. Dans ce sens, le Centre suisse d'électronique et de microtechnique (CSEM) et l'EPFL ont soumis un projet de Centre photovoltaïque technologique, qui rejoindrait le CSEM dès 2013.

Les entreprises Suisses ont exporté en 2010 pour près de 2 mia. CHF d'équipement. Elles ont en général su profiter du boom photovoltaïque (figure 4). Avec un soutien adéquat, se secteur pourrait fortement se développer. La Suisse peine, par contre, à réaliser un marché intérieur stable pour les installations PV, alors qu'un agenda visant à produire 5–10 % de notre électricité par le PV pourrait être mis en place rapidement.

Parer aux fluctuations de production

Cependant, l'intégration à plus grande échelle (typiquement au-delà de 5–10 % de part de courant PV annuel) nécessitera la mise en place de stratégies résolues pour s'affranchir des fluctuations saisonnières et journalières liées aux énergies renouvelables. En particulier, la mise au point de systèmes de stockage (sous forme électrochimique, par pompage d'eau vers les barrages, par air comprimé) va devenir primordiale. La complémentarité des sources énergétiques (vent, géothermie, centrales à gaz d'appoint), la modification de la structure de la demande (« Demand Side Management ») ou encore les réseaux HV-DC (High Voltage Direct Current), à longue distance seront les thèmes clés des prochaines décennies.

Comme pour le photovoltaïque, pour lequel peu de gens avaient entrevu la possibilité de fabriquer des panneaux pour 50 €/m², il n'y a pas d'obstacles physiques fondamentaux. La transition vers un système plus complexe, mais basé sur des sources d'énergie essentiellement renouvelables et des matériaux abondants, peut se faire dans le courant du 21e siècle. La motivation du PVLAB est d'y contribuer et que la Suisse en soit un des acteurs clés !

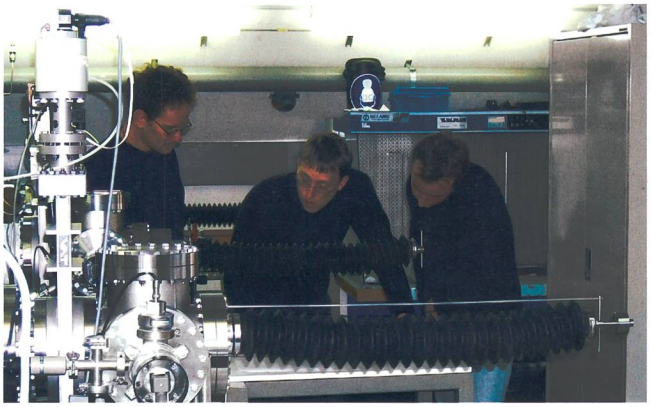

IMT, Neuchâtel

Figure 5 Chercheurs en discussion au PVLAB.

Lien

- http://pvlab.epfl.ch

Informations sur l'auteur

Christophe Ballif est ingénieur physicien. Docteur de l'EPFL depuis 1998, il effectue ses recherches postdoctorales au NREL (National Renewable Energy Laboratory, Golden, Colorado, USA). De 2000 à 2003, il travaille au Fraunhofer ISE (Institut für Solare Energiesysteme) en Allemagne (Gelsenkirchen, Freiburg), dans un laboratoire de recherche industrielle. Il est ensuite actif à l'EMPA avant d'être nommé professeur ordinaire à l'Université de Neuchâtel en 2004. Il dirige le laboratoire de photovoltaïque et couches minces électroniques de l'Institut de Microtechnique (IMT). En 2009, il devient professeur EPFL suite au rattachement de l'IMT à la Haute Ecole lémanique. Spécialiste du photovoltaïque, le professeur Ballif est auteur ou co-auteur de plus de 200 contributions scientifiques et techniques ainsi que de plusieurs brevets.

Photovoltaics and thin film electronics laboratory, Institute of Microengineering IMT, 2000 Neuchâtel
christophe.ballif@epfl.ch

Laboratoire PV de l'IMT

Repousser les frontières de la connaissance

Le PVLAB de l'Institut de Microtechnique, fondé par le Prof. A. Shah, est connu pour ses contributions clés à la technologie des couches minces de silicium. Soutenu par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN), le laboratoire s'est développé comme un centre intégré, avec des activités allant de la recherche de base au transfert de technologie. Il est essentiellement actif dans le domaine des cellules solaires en couches minces de silicium, des cellules en silicium cristallin à haut rendement ainsi que dans le domaine de la fiabilité et du design des modules photovoltaïques. Riche d'un portefeuille de projets industriels bien garni, le PVLAB collabore directement avec une quinzaine d'entreprises. Le laboratoire assure également la formation d'étudiants, de doctorants (figure 5) et organise régulièrement des cours d'une semaine pour les industriels producteurs d'équipement ou de modules photovoltaïques. Les recherches du laboratoire s'effectuent grâce à un parc technologique d'équipements impressionnant. Près d'une vingtaine de systèmes de dépôt, des bancs chimiques, des systèmes de stratification, des outils de test de fiabilité et de caractérisation permettent de réaliser des cellules ou modules prototypes en partant d'une plaque de verre, d'une feuille de plastique ou d'une plaquette de silicium pour arriver à des modules fonctionnels.

Zusammenfassung **Hochleistungs-Solarzellen**

Das IMT als Spitzenreiter in Forschung und Entwicklung

In Neuenburg arbeitet das Photovoltaiklabor (PVLAB) des Instituts für Mikrotechnik (IMT) an den Solarzellen von morgen. Das Labor hat ein besonderes Fachkönnen in den Bereichen des Plasmabeschichtungsverfahrens sowie der Herstellung durchsichtiger stromführender Lagen erarbeitet.

Seit bald 10 Jahren arbeitet das PVLAB mit der Firma Oerlikon zusammen. Schon in wenigen Jahren werden die von Oerlikon angefertigten Produktionslinien dank einigen von IMT-Forschern erarbeiteten Erkenntnissen Solarmodule herstellen, die für einen Preis von etwa 50 €/m² einen Wirkungsgrad von 10 % aufweisen werden. Je nach Sonneneinstrahlung wird ein 1 m² grosses Solarpannel jährlich zwischen 100 und 220 kWh produzieren, was hochgerechnet auf eine minimale Lebensdauer von 25 Jahren einem Mindesttotal von 2500 bis 5500 kWh entspricht. Gn

ANDRITZ Hydro

Service and rehabilitation
over the entire life cycle

Service & Rehab bietet Lösungen, Produkte und Dienstleistungen über den gesamten Lebenszyklus von Wasserkraftanlagen:
▪ Zustandserhebungen und - beurteilung ▪ Revisionen ▪ Sanierungen ▪ Modernisierung und Leistungssteigerung ▪ Wirtschaftlichkeitsstudien ▪ Risikobewertungen ▪ Störungsanalyse und - beseitigung ▪ Ersatzteilmanagement ▪ Wartungsverträge ▪ Training und Schulungen. Dank der Verbindung von globalem Know-How mit lokaler Präsenz erhalten Sie für jede Problemstellung schnelle und kompetente Antworten und Lösungen.

Service & Rehab – your partner nearby.

ANDRITZ HYDRO AG
Obernauerstrasse 4, 6010 Kriens, Schweiz
Tel.: +41 (41) 329 5111, Fax: +41 (41) 329 5112

contact-hydro.ch@andritz.com
www.andritz.com