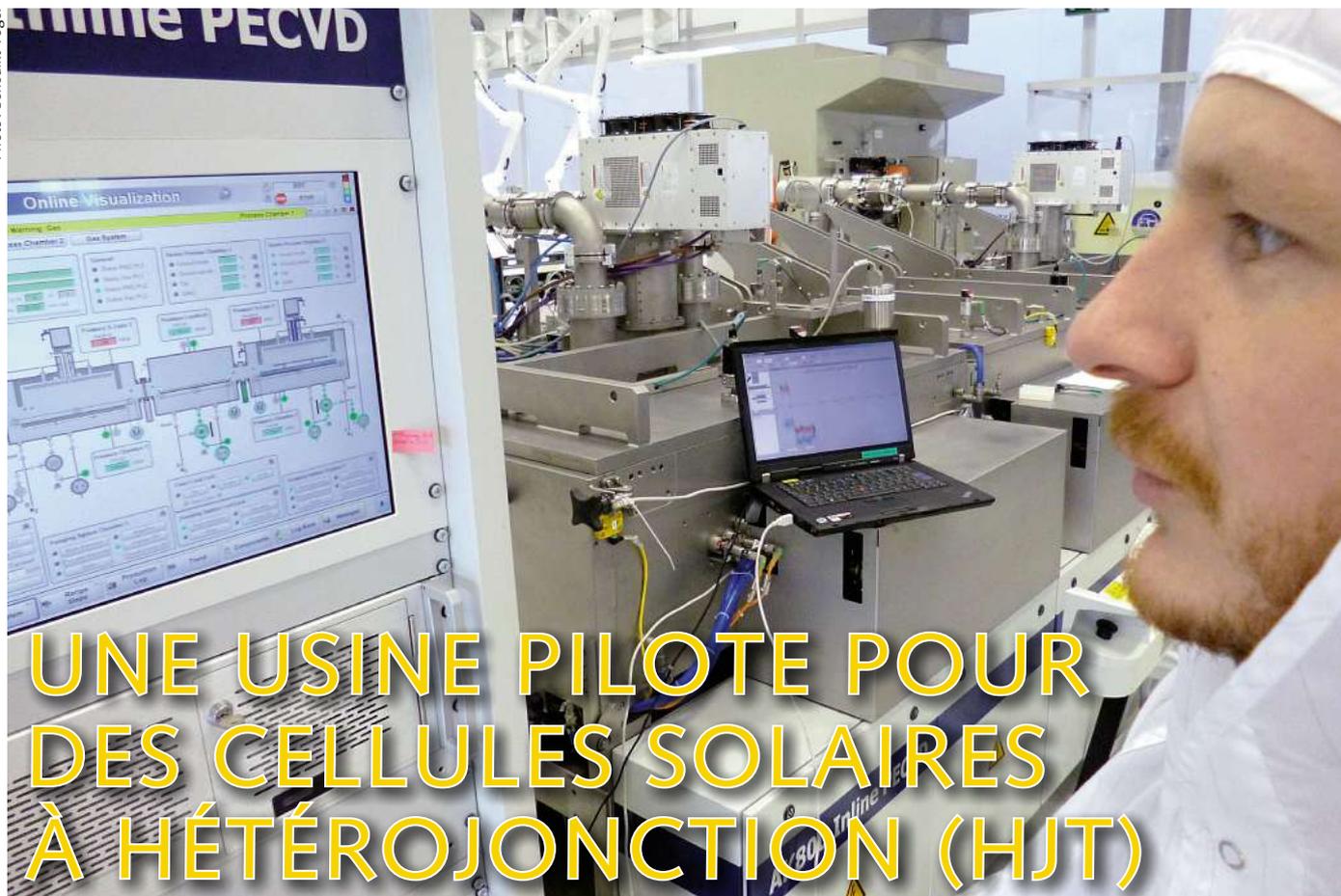


L'INDUSTRIE SOLAIRE SUISSE

LE SIGLE 'SWISS INNO HJT' REPRÉSENTE UN PROJET PILOTE AMBITIEUX. QUATRE ACTEURS DE L'INDUSTRIE SOLAIRE SUISSE RÉALISENT UNE CHAÎNE DE PRODUCTION APPLICABLE DANS L'INDUSTRIE POUR UN TYPE INNOVANT DE CELLULES SOLAIRES À HAUTERIVE (NE). TROIS ENTREPRISES DU GROUPE MEYER BURGER (ROTH & RAU RESEARCH, PASAN, MEYER BURGER THUN) AINSI QUE LE CENTRE PV DU CENTRE SUISSE D'ÉLECTRONIQUE ET DE MICROTECHNIQUE (CSEM) PARTICIPENT À CE PROJET. LA TECHNOLOGIE HJT PERMET DE FABRIQUER DES MODULES SOLAIRES QUI PROMETTENT UN GRAND RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE ÉGALEMENT EN CAS DE HAUTES TEMPÉRATURES.

Photo: Benedikt Vogel



Le physicien originaire de Suisse romande Benjamin Strahm a contribué de manière déterminante au développement du processus de revêtement des cellules solaires avec du silicium amorphe.

||||||| TEXTE: BENEDIKT VOGEL

Si la force du soleil se ressent quelque part, c'est bien sur la rive du lac de Neuchâtel à Hauterive. Les rayons du soleil se reflètent sur la surface ridée de l'eau et ils réchauffent les vignes situées au bord du lac. Exploiter le maximum d'énergie de ce soleil: c'est ce que tente également l'usine située au pied du Jura. Une douzaine de scientifiques et de techniciens de la société Roth&Rau Research AG y exploite une usine pilote pour une nouvelle catégorie de cellules solaires depuis le mois de mars 2014. Les cellules solaires transforment plus d'un cinquième (jusqu'à 23%)

de l'énergie du rayonnement solaire en électricité. En raison du processus de production à faibles coûts réalisé en quelques étapes, ce haut rendement représente un grand potentiel économique.

INSTALLATION PILOTE POUR LA PRODUCTION DE MODULES SOLAIRES HJT

Les cellules solaires fabriquées à Hauterive non loin de Neuchâtel dans une exploitation d'essai se basent sur la technologie à hétérojonction (Heterojunction Technology en anglais, HJT). L'entreprise japonaise Sanyo (aujourd'hui: Panasonic), a déjà appliqué cette technologie aupara-

vant pour la production de cellules solaires. Après l'expiration de la protection du brevet, une équipe d'experts en énergie solaire suisses et allemands a recouru à cette technologie et créé un processus de production inédit pour la technologie connue. «Le nouveau processus de fabrication que nous avons conçu avec un panneau solaire de même puissance est moins coûteux que le processus réalisé par Sanyo il y a 15 ans», affirme Dr. Matthieu Despeisse, spécialiste en photovoltaïque au Centre Suisse d'Électronique et de Microtechnique (CSEM) qui a considérablement fait avancer le développement. Ce nouveau processus est désormais testé

à Hauterive. L'installation pilote doit démontrer qu'il est possible de fabriquer des cellules solaire HJT avec des rendements de pointe et de hauts rendements énergétiques à l'échelle industrielle.

Le chef de projet Benjamin Strahm se trouve dans la halle de production et porte une combinaison de protection blanche. La combinaison ne protège pas les personnes qui la portent mais les cellules solaires fabriquées dans des conditions stériles et qui ne doivent en aucun cas être souillées de particules de poussière. Strahm prend un fin disque carré d'une armoire, d'une taille de 156 x 156 mm et d'une épaisseur de 0,2 mm: une plaquette de silicium cristallin. Les plaquettes ont été coupées à partir de blocs de silicium par Meyer Burger à Thoun à l'aide d'une technologie à fil diamanté à base d'eau et écologique.

Dans l'usine pilote de Roth&Rau Research à Hauterive, les plaquettes sont transformées en cellules solaires HJT et ce, en moins d'étapes que pour d'autres cellules solaire: la plaquette est mordancée sur les deux faces afin d'obtenir le plus de surface possible pour le couplage de la lumière. Ensuite, deux couches extrêmement fines de silicium amorphe (les électrons sont « collectés » ici pour absorber la lumière du soleil de la plaquette de silicium) et une couche conductrice antireflet transparente sont appliquées sur chaque face de la plaquette. De très fines couches métalliques (par exemple en aluminium) sont ensuite appliquées au dos. Elles visent à augmenter la réflexion et la conductivité. Les structures en treillis typiques en argent sont alors appliquées sur le « sunny side » (face avant) par sérigraphie. Les fines pistes de contact métalliques (« doigts ») conduisent le courant dans le réseau.



Photo: Benedikt Vogel

Le directeur du projet 'Swiss Inno HJT' Benjamin Strahm avec une cellule solaire HJT. La production pilote à Hauterive a lieu dans des conditions stériles.

OPTIMISER LA TECHNOLOGIE DE FABRICATION

Les technologies disponibles pour chaque étape de la production doivent être testées, optimisées et développées à l'échelle de la production industrielle dans l'usine pilote. On tente, par exemple, de réduire l'épaisseur de la plaquette de 0,2 mm à 0,14 mm. Il serait ainsi possible de couper plus de plaquettes à partir du même bloc de silicium et l'économie faite sur le matériau permettrait de réduire le coût d'une cellule de 5 %. En collaboration avec le Centre de Recherche de Neuchâtel CSEM, on tente également de remplacer l'argent par le cuivre plus économique pour la

fabrication des contacts métalliques. Ainsi, la largeur des doigts pourrait passer de 0,035 à 0,02 mm, ce qui serait très avantageux dans la mesure où les doigts plus fins altèrent moins l'arrivée de la lumière sur la cellule solaire et augmente ainsi son rendement. L'exploitation pilote doit montrer si le processus de galvanisation appliqué pour la pose des pistes en cuivre peut être compétitif à l'échelle industrielle.

L'innovation concrète de l'installation pilote de Neuchâtel se situe dans la sépa-

ration des couches de silicium amorphe: la plaquette est d'abord revêtue sur les deux faces d'une couche de 5 nm (millionième de millimètre) de silicium amorphe (non cristallin) puis d'une seconde couche composée d'un alliage bore-silicium (dotation p) sur la face supérieure de la cellule, et d'un alliage phosphore-silicium sur la face inférieure (dotation n). Ces quatre couches sont caractéristiques de la cellule HJT car dans le cas présent, du silicium non cristallin est appliqué sur des plaquettes en silicium cristallin ce qui

crée l'hétérojonction entre deux types de silicium qui est à l'origine du nom de la technologie.

Un procédé PECVD (séparation des phases gazeuses par voie chimique assistée par plasma) permet d'appliquer ces couches extrêmement fines. Cette technologie de production a été conçue par Roth et Rau et le laboratoire photovoltaïque de l'Institut de Microtechnique de l'EPFL de Lausanne. Benjamin Strahm participe depuis le début au processus de développement qui a vu le jour en 2008. Il a d'abord étudié les sciences des matériaux puis fut reçu à l'EPFL de Lausanne en physique de plasmas. «J'ai ensuite intégré le projet car mes connaissances en physique des plasmas étaient sollicitées pour le développement du processus de réactions PECVD.»

Le processus se déroule à Hauterive à basse température (200° C) et requiert ainsi des températures nettement plus basses (et une moindre consommation énergétique) que la fabrication des cellules de silicium classiques (700° C). Le processus délicat à basse température permet également de concevoir, comme décrit ci-dessus, des plaquettes encore plus fines.

SAVOIR-FAIRE POUR LA FABRICATION INDUSTRIELLE

Depuis mars 2014, les premières cellules solaires HJT sont fabriquées dans l'installation pilote d'Hauterive. À partir de l'été 2014, des installations de production plus grandes devraient être utilisées pour satisfaire aux exigences industrielles et atteindre une capacité de 600 kWp par an. 60% des cellules solaires fabriquées à Hauterive sont ensuite transformées en module solaire chez Meyer Burger à Thoune. Les modules terminés sont mesurés et contrôlés par la société Pasan à Neuchâtel.

Le projet «Swiss Inno HJT» est financé par l'Office fédéral pour l'énergie, le canton de Neuchâtel et les sociétés partenaires avec dix millions de francs suisses. Trois générations de modules solaires doivent être construites pendant le projet de trois ans: une première génération sera créée comme décrit ci-dessus d'ici la fin de l'année 2014. Une deuxième génération est prévue pour la fin de l'année 2015/début 2016. Les contacts ne seront plus en argent mais en cuivre. Pour la troisième génération, le rayonnement solaire pourra être transformé en électricité sur les deux faces. Avec la troisième génération de modules

solaires, la lumière du soleil réfléchi pourra également être transformée en électricité, ce qui augmentera l'efficacité des panneaux HJT. Dix modules HJT de chaque génération seront testés sur le terrain.

UNE CHANCE POUR L'INDUSTRIE SOLAIRE SUISSE

Le projet «Swiss Inno HJT» étudie l'intégralité du processus de production des plaquettes au système photovoltaïque installé. Le groupe Meyer Burger et le CSEM espèrent que leur coopération améliore et optimise les processus de production de cellules et modules à hétérojonction pour les fabricants industriels de panneaux solaires dans le monde entier afin d'ouvrir des possibilités d'exportation pour les livraisons d'équipements à l'industrie suisse. «Les modules HJT ont un grand potentiel justement pour l'application dans des régions plus chaudes. C'est pourquoi nous sommes convaincus que cette technologie jouera un rôle essentiel sur les marchés d'exportation pour nous et ainsi également pour nos fournisseurs suisses à l'avenir», affirme Dr Patrick Hofer-Noser, directeur du secteur Renewable Energy Systems chez Meyer Burger Technology AG. ■■■■■

CELLULE EN SILICIUM À HÉTÉROJONCTION VERSUS CELLULE EN SILICIUM CLASSIQUE

La cellule solaire HJT fabriquée dans le cadre du projet «Swiss Inno HJT» a une plaquette en silicium cristallin en son cœur comme la cellule solaire classique. Si la lumière du soleil tombe sur le réseau cristallin d'atomes de silicium, l'énergie du rayonnement dissout les électrons du réseau d'atomes. Ces électrons «libres» peuvent générer un courant électrique lorsque la plaquette est revêtue sur ses faces supérieure et inférieure de silicium dans lequel des atomes étrangers ont été appliqués de manière appropriée. Le défi principal lors de la construction de cellules solaires conductrices en silicium est de savoir quel matériau utiliser pour la dotation p (sur la face supérieure) et la dotation n (sur la face inférieure) et quel procédé utiliser pour l'application des couches.

Pour les cellules en silicium «classiques», les plus répandues, la face supérieure exposée au soleil est revêtue, par exemple, de phosphore, et la face inférieure de bore ou d'aluminium. Le bore est déjà ajouté au silicium dans la fonte tandis que le phosphore est quasiment 'pressé' par diffusion dans le silicium cristallin de la plaquette. Pour la cellule en silicium HJT au contraire, on applique le procédé PECVD décrit dans le texte principal. Ce procédé permet d'appliquer les couches sur les deux faces de la plaquette: d'abord une couche en silicium amorphe sur les faces supérieure et inférieure qui a pour but la passivation de la cel-

lule (c'est-à-dire la réduction de la perte de supports de charges libres) et ainsi l'augmentation de son rendement. La deuxième couche se compose sur la face supérieure d'un alliage bore-silicium qui sert à la dotation p, et la face inférieure se compose d'un alliage silicium-phosphore pour la dotation n.

La cellule solaire HJT fonctionne donc comme la cellule en silicium classique sur la base d'une plaquette en silicium cristallin mais son rendement est plus élevé grâce à l'application supplémentaire de silicium non cristallin. Grâce à son mode de construction, la production électrique des cellules HJT baisse également moins en cas de hautes températures ambiantes que celle des cellules standard. Ainsi, le coefficient de température des cellules HJT est de -0,20 %/degré tandis que celui de la technologie standard est de -0,48 %/degré. L'expert en photovoltaïque Dr Matthieu Despeisse de la CSEM explique ce que cela signifie dans la pratique: «Si un module n'est pas exploité à la température standard (température de référence lors des mesures) de 25° C mais à 60° C, la perte due à l'augmentation de la température est de 7 % pour le module HJT et de 14,7 % pour le module standard. Si nous partons du principe qu'un module HJT a une puissance normalisée de 300 Watt et un module standard une puissance de 270 Watt, la puissance normalisée du module HJT passe à 279 Watt en cas de haute température et celle du module standard à 230 Watt.»