

A l'université du Luxembourg, le service photovoltaïque travaille sur le perfectionnement des cellules solaires de l'avenir

Transformer la lumière en électricité

Comment une cellule solaire réussit-elle à produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire? Au service photovoltaïque de l'université du Luxembourg, les chercheurs dirigés par le Dr Susanne Siebentritt travaillent sur le perfectionnement des «cellules solaires de l'avenir».

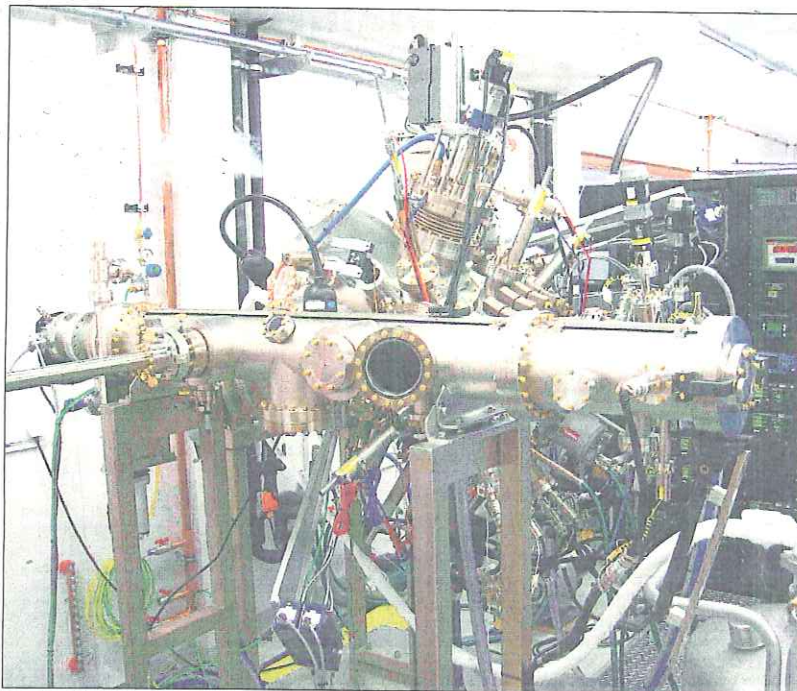
■ Prenez un petit morceau de verre incisé, enduit d'une couche de molybdène (disponible dans le commerce) et recouvrez-le d'une légère couche d'un mélange de chalcopirite. Dans un four préchauffé à 500 °C, chauffez jusqu'à ce que la couche soit bien cristallisée. Ensuite faites une nouvelle incision légèrement décalée par rapport à celle faite préalablement dans le molybdène. Répétez le processus avec de l'oxyde de zinc, puis recouvrez d'une couche de verre.

Pour le Dr Susanne Siebentritt, chef du service photovoltaïque de l'université du Luxembourg, la «cuisson» de cellules solaires fait partie de la vie au quotidien. Ce n'est cependant pas aussi simple que décrit ci-dessus. L'application des différentes couches nécessite une technologie complexe et des machines coûteuses.

Les chercheurs de l'université du Luxembourg utilisent trois procédés de fabrication. Deux colosses d'acier et une installation un peu plus légère occupent une partie de la place disponible des laboratoires. Epitaxie (métallisation sous vide), dépôt en phase vapeur et par électrodéposition permettent de façon différente la formation de couches de cristaux, le principal composant d'une cellule solaire.

«L'énergie solaire est pour moi une des énergies de l'avenir», déclare le Dr Siebentritt, qui se consacre depuis treize ans de manière intensive à la photovoltaïque. Une chose est claire pour la chercheuse: «Soit nous réussissons à adopter les énergies régénératives, soit la société, telle qu'elle est, n'a aucune chance.»

A l'université du Luxembourg, des chercheurs travaillent sur le perfectionnement des cellules solaires en couche mince, encore appelées «cellules solaires de l'avenir». Celles-ci ne sont pas encore aussi efficaces que les cellules classiques au silicium, mais cela n'est qu'une question de temps. Elles offrent cependant déjà certains avantages: elles sont environ 100 fois plus minces que leurs prédécesseurs, qui paraissent presque massifs avec pourtant seulement 0,2 mm d'épaisseur. Ceci permet non seu-



Ce colosse d'acier installé dans le laboratoire utilise le procédé de fabrication appelé épitaxie

lement une manipulation plus facile, mais également des économies de matière importantes. Le processus de fabrication est beaucoup moins complexe, nécessitant nettement moins d'énergie et est, en outre, beaucoup moins cher.

Mais comment une cellule solaire réussit-elle à produire de l'électricité à partir de l'énergie solaire? Deux couches cristallines superposées forment le noyau de chaque cellule: l'une de ces couches contient un excès d'électrons libres, des particules chargées négativement. Cette couche est donc chargée négativement dans son ensemble.

L'autre couche par contre a un déficit en électrons. De ce fait elle est chargée positivement. Les espaces vides où les électrons devraient se trouver sont appelés «trous». Si les cristaux éprouvaient des sentiments, ils seraient très mécontents de cette situation, car ils recherchent l'équilibre. Les électrons flottant librement d'un côté et les trous vides de l'autre côté leur sont insupportables. Les deux s'annulent.

A la surface de contact des deux couches, les électrons sont tirés d'une couche à l'autre pour combler les trous: il se forme une mince zone chargée. Mais le bon-

heur cristallin est de courte durée, car précisément cette zone génère une sorte de chute électrique. Tout comme l'eau ne peut s'écouler que vers l'aval, les électrons libres dans la cellule solaire ne seront tirés que dans un sens. Ils ne peuvent plus suivre leur préférence naturelle pour les trous, mais sont conduits inlassablement dans l'autre direction.

Mais il advient pire encore: pour les couches de cristal le plein soleil n'est pas une plaisanterie. L'énergie contenue dans les rayons solaires chasse hors de leur ancrage même les électrons solidement liés aux cristaux. Les petites particules absorbent l'énergie solaire et se détachent du cristal. Il ne reste plus qu'un trou, un emplacement vide. Alors que les électrons libres suivent la pente électrique, les trous flottent vers le haut, comme des bulles d'air. Les électrons d'un côté, les trous de l'autre. Le chemin de l'un vers l'autre leur est bloqué, la tension dans les cristaux augmente au sens propre du terme.

Pourtant, il existe une solution: un simple câble entre les deux côtés permet de franchir la distance. Les électrons se précipitent immédiatement vers les trous pour les remplir. La boucle

se ferme, un flux continu d'électrons circule, mieux connu sous le nom de courant électrique.

Sur leur chemin à travers le câble, les électrons restituent l'énergie reçue de la lumière solaire. C'est justement cela que l'homme met à profit. Le rendement d'une cellule solaire dépend en grande partie de la structure des couches cristallines. C'est ici qu'intervient le service photovoltaïque de l'université du Luxembourg. Les cellules solaires en couche mince étudiées fonctionnent sur base de chalcopirite (CIS) et d'oxyde de zinc (ZnO).

Les cellules CIS sont déjà en exploitation depuis un certain temps. Les premières sont venues sur le marché en 1998, la production en masse a commencé à partir de 2006. Leurs caractéristiques exactes sont cependant encore insuffisamment connues.

«Les cristaux CIS ont des défauts naturels, des défauts dans leur structure», explique le Dr Siebentritt. Fait intéressant, ce sont justement ces défauts qui augmentent la fonctionnalité du cristal. «Il est par exemple connu qu'un cristal chargé irrégulièrement a un rendement plus élevé, c'est-à-dire fournit plus d'énergie, qu'un cristal formé uniformément. La caractéristique de la structure qui provoque cette différence n'est cependant pas encore connue exactement», explique la chercheuse.

Son équipe étudie en détail ce défaut ainsi que d'autres et met ainsi le cap sur un jalon de la technique solaire. En effet, s'ils parviennent à établir la liaison entre les défauts respectifs et leurs effets, ils pourront produire par une croissance contrôlée des couches cristallines des cellules solaires d'une qualité et d'une efficacité encore jamais atteintes.

L'équipe voit cependant encore plus loin: l'indium, élément nécessaire pour les cellules CIS, est relativement rare et coûteux. Actuellement, ce n'est pas encore un problème, mais la recherche de matériaux de substitution a déjà commencé à l'université du Luxembourg. Le nouveau candidat s'appelle kesterite: il a une structure similaire à celle des cristaux CIS. Il offre cependant le net avantage que ses éléments de base sont largement présents et ne sont en outre pas toxiques. Les premiers succès avec des cellules solaires fonctionnant au kesterite ont déjà été obtenus avec un rendement de 3,2 %.

■ Liza Gläserer



On voit ici le cœur du colosse d'acier

(Sources: Laboratory of Photovoltaics)

La recherche au Luxembourg.
Pour vous. Pour votre vie quotidienne.

Fonds National de la
Recherche Luxembourg

www.fnrl.lu

INVESTIGATING FUTURE CHALLENGES