

pour produire des films. Ces derniers ont une structure cristalline proche de celle des couches de silicium obtenues grâce à un coûteux traitement à haute température. Une imprimante spécialement conçue pourrait un jour produire rapidement des rouleaux de films de pérovskite, minces et flexibles, à la place des épaisses et rigides plaques de silicium, dans l'objectif de réaliser des feuilles ou revêtements photovoltaïques légers, souples et même colorés.

Mais pour concurrencer le silicium, les cellules à pérovskite devront surmonter certains obstacles notables. Les prototypes actuels ne dépassent pas la taille d'un ongle, et les chercheurs doivent trouver le moyen de les agrandir considérablement. Ils doivent aussi améliorer fortement la sécurité et la stabilité à long terme de ces cellules.

Gagner la course au rendement

Les meilleures cellules au silicium ont aujourd'hui un rendement de 25,6 %. Pourquoi les cellules photovoltaïques ne peuvent-elles pas convertir 100 % de la lumière solaire ? Et en vertu de quoi les pérovskites seraient-elles capables de dépasser le record du silicium ?

Les réponses à ces questions se trouvent du côté de l'électron, cette particule qui est au fondement du courant électrique. Quand une cellule photovoltaïque est dans le noir, les électrons du matériau restent liés à leurs atomes respectifs. Aucune électricité ne circule. Mais quand de la lumière solaire frappe une cellule, elle peut libérer certains des électrons. Dotés d'énergie supplémentaire, ces électrons « excités » traversent chaotiquement le réseau cristallin de la cellule jusqu'à ce qu'ils en ressortent à une extrémité (happés par une électrode sous forme de courant utile), ou qu'ils rencontrent un obstacle ou un piège, où leur énergie se perd sous forme de chaleur.

Plus la qualité du cristal est élevée, moins il y a de défauts susceptibles de perturber le trajet de l'électron. Les cellules au silicium sont généralement chauffées jusqu'à 900 °C pour éliminer les défauts. Les pérovskites sont largement dépourvues de ces défauts, alors même qu'elles sont traitées à bien plus basse température, autour de 100 °C. Il en résulte que les électrons excités par la lumière réussissent aussi bien à sortir des cellules à pérovskite, et qu'ils risquent moins de perdre autant d'énergie en entrant

LES AUTEURS



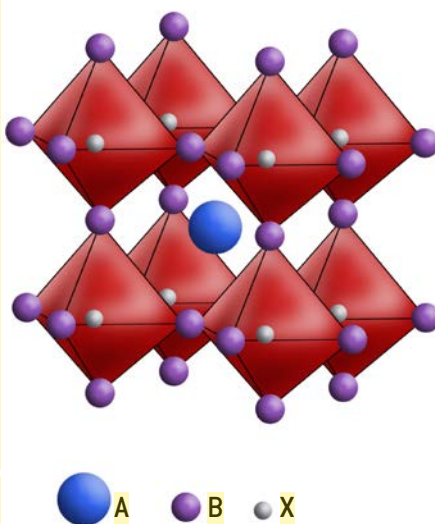
Varun SIVARAM est membre du cercle de réflexion américain Council on Foreign Relations, et s'intéresse aux domaines de l'énergie, de la technologie et de la sécurité nationale.



Samuel STRANKS est chercheur au MIT (Institut de technologie du Massachusetts), où il étudie les applications optiques et électroniques des pérovskites.



Henry SNAITH est professeur de physique à l'université d'Oxford, en Grande-Bretagne, et directeur scientifique chez Oxford Photovoltaics, entreprise qu'il a cofondée.



LA STRUCTURE CRISTALLINE

d'une pérovskite cubique. Dans les pérovskites intéressantes pour les cellules photovoltaïques, le cation (ion positif) A est généralement l'ion méthylammonium CH_3NH_3^+ , le cation B est du plomb (Pb^{2+}) et l'anion X est un ion halogénure (en général un iode, I^- , mais parfois aussi un chlorure, Cl^- , ou un bromure, Br^-).

en collision avec des obstacles. Comme la puissance électrique d'une cellule est le produit du flux d'électrons sortant de cette cellule (l'intensité du courant) et de l'énergie que transportent ces électrons (la tension), les pérovskites ont un rendement qui peut rivaliser avec celui du silicium, tout en étant plus facile à produire.

Mais il y a une limite à la quantité d'énergie solaire qu'une cellule photovoltaïque constituée de semi-conducteurs tels que le silicium ou les pérovskites peut convertir en puissance électrique. C'est essentiellement parce que les semi-conducteurs ont une bande d'énergies interdites aux électrons, ou gap, dont la hauteur (en énergie) correspond à l'énergie minimale nécessaire pour libérer les électrons (voir la figure page ci-contre). Le rayonnement solaire inclut toutes les longueurs d'onde, mais seules certaines correspondent à des photons d'énergie supérieure au gap, qui peuvent donc être absorbés et exciter un électron. Les photons des autres longueurs d'onde traversent simplement le matériau sans aucun effet.

La bande interdite varie selon le semi-conducteur et définit un compromis fondamental : plus le gap est étroit, plus la cellule peut absorber de lumière solaire susceptible d'exciter les électrons, mais plus l'énergie de chaque électron sera basse. Comme la puissance électrique dépend à la fois du nombre et de l'énergie des électrons, même une cellule photovoltaïque ayant la bande interdite idéale ne pourra convertir que 33 % environ de l'énergie solaire.

Le silicium a une bande interdite fixe qui n'est pas idéale, mais il domine l'industrie de l'énergie solaire parce que les processus de fabrication associés à cette technologie sont bien compris et efficaces. Toutefois, avec des pérovskites, les chercheurs peuvent ajuster la bande interdite en jouant sur le mélange des ingrédients, ce qui donne l'espoir de dépasser les rendements atteints avec le silicium. Les chercheurs peuvent également superposer des pérovskites dotées de bandes interdites différentes. Les pérovskites à deux étages devraient permettre de crever le plafond des 33 % ; selon certaines projections, le rendement énergétique pourrait atteindre 46 %.

Les minéralogistes connaissent depuis le XIX^e siècle les formes naturelles de pérovskite présentes dans la croûte terrestre. De tels matériaux ont fait leur entrée dans le domaine de la supraconductivité à haute température en 1988. Ces deux dernières décennies, les ingénieurs ont également fait