

PHYSIQUE DES MATÉRIAUX

SUR LA PISTE D'UN MATÉRIAU CONDUCTEUR ET TRANSPARENT

L'ITO est massivement utilisé dans l'industrie, mais l'indium qu'il contient est très cher. Une autre solution, celle du vanadate de strontium, est prometteuse.

Les matériaux à la fois conducteurs et transparents sont rares. C'est le cas de l'oxyde d'indium-étain (ITO). Il est par exemple utilisé comme électrode dans les panneaux photovoltaïques pour récolter les charges électriques sans bloquer la lumière, qui doit pénétrer jusqu'aux matériaux photosensibles. De même, il entre dans la composition des écrans tactiles. Mais avec une demande industrielle importante et une abondance faible dans la croûte terrestre, l'indium a vu son prix s'envoler. Les spécialistes se penchent donc sur d'autres matériaux présentant des caractéristiques similaires. C'est le cas des oxydes pérovskites, comme le vanadate de strontium (SrVO_3). Récemment, l'équipe autour de Mathieu Mirjolet, à l'institut de science des matériaux de Barcelone, en Espagne, a progressé dans la compréhension de l'origine de la transparence de SrVO_3 , tandis qu'Arnaud Fouchet, chercheur CNRS au laboratoire Crismat de Caen, et ses collègues ont mis au point une technique efficace pour le faire croître sur du verre.

Dans les métaux, la présence d'électrons libres, interagissant avec les photons de la lumière incidente, est responsable de leur forte réflectivité (typiquement exploitée pour la confection de miroirs). Ils ne sont donc en général pas transparents. Or SrVO_3 est un métal qui laisse passer la lumière. Les physiciens pensaient que cette propriété était le résultat de forces coulombiennes entre les électrons du matériau. Ces interactions répulsives interfèrent avec la mobilité des électrons, qui se comportent comme s'ils avaient une masse plus élevée. Il en résulte que le seuil de réflexion se trouve dans l'infrarouge, hors des fréquences optiques du visible. Les photons du visible traversent alors le matériau sans être absorbés ou diffusés.

Cependant, les résultats de mesures réalisées sur du SrVO_3 par Mathieu Mirjolet et ses collègues n'étaient pas compatibles avec le scénario des interactions coulombiennes. Les physiciens suggèrent que les électrons interagiraient plutôt avec les phonons du milieu, c'est-à-dire les vibrations du réseau cristallin du SrVO_3 . Comme avec les forces coulombiennes, les électrons seraient ralentis et n'interagiraient pas avec les photons dans le visible.



Comment fonctionne un écran tactile ? L'écran à proprement parler est recouvert d'un film conducteur, puis d'une couche isolante, d'un nouveau film conducteur et d'un revêtement protecteur. Quand on appuie sur l'écran tactile, les différentes couches se déforment, et les deux films conducteurs sont mis en contact, déclenchant le signal désiré. Pour que l'on puisse voir l'écran, les couches doivent toutes être transparentes. Les matériaux conducteurs et transparents ont rarement. Le plus utilisé aujourd'hui est l'ITO, qui contient de l'indium, un élément cher.

Au-delà de cette avancée théorique qui sera peut-être extensible à d'autres matériaux pérovskites, le vanadate de strontium posait aussi un problème concret pour sa synthèse en couche mince. Pour présenter les bonnes propriétés de transparence et de conduction électrique, cet élément doit être cristallisé. Or cela était difficile à réaliser sur des plaques de verre, un préalable pour fabriquer des panneaux solaires. Arnaud Fouchet et ses collègues ont trouvé une solution qui consiste à couvrir le verre de nanofeuillets (à base de niobium) dont la structure est similaire à celle de la pérovskite SrVO_3 . La couche nanométrique est transparente du fait de sa faible épaisseur et se fixe simplement par trempage du verre dans une solution contenant ces nanofeuillets. Une fois ce verre préparé, les films de SrVO_3 sont obtenus de façon homogène et contrôlée par épitaxie (une méthode éprouvée de croissance des cristaux) à une température de l'ordre de 400 °C. Cette approche pourrait être facilement industrialisée. ■

Sean Bailly

A. Boileau et al., *Advanced Functional Materials*, en ligne le 9 septembre 2021 ; M. Mirjolet et al., *Advanced Science*, en ligne 19 juin 2021