

Élaboration d'oxydes transparents conducteurs (TCO) par «Infrared Assisted Spray Chemical Vapor Deposition»

Jean-Jacques HANTZPERGUE

Les oxydes transparents sont généralement de mauvais conducteurs de l'électricité et les conducteurs sont généralement opaques. Les oxydes transparents conducteurs (TCO) sont des semi-conducteurs à large gap dont le dopage, en créant des niveaux d'énergie dans la bande interdite, les rend conducteurs. Ils sont largement utilisés pour la fabrication de diodes électroluminescentes (LED), de détecteurs de gaz, de vitrages intelligents et de cellules solaires.

Dans la cellule solaire, une couche de TCO sert d'électrode transparente pour collecter les porteurs de charges électriques tout en laissant passer le rayonnement solaire. Le TCO principalement employé est l'oxyde d'indium dopé à l'étain (ITO). Cependant, l'indium est un élément rare et donc coûteux et il n'y aura jamais assez d'indium sur terre pour envisager une production de masse de cellules solaires utilisant une couche d'ITO.

Le candidat de remplacement de l'ITO devra donc être un matériau abondant et peu coûteux. L'oxyde de zinc est un candidat très prometteur pour le remplacement de l'ITO. Plusieurs méthodes peuvent être employées pour déposer des couches minces sur des substrats de verre : pulvérisation cathodique, procédé Sol-Gel, dépôt chimique à partir de la phase gazeuse (Chemical Vapor Deposition) ou à partir d'un brouillard (Spray CVD). Cette dernière technique présente plusieurs avantages décisifs : i) très grande simplicité donc très bas coût, ii) possibilité de déposer sur de grandes surfaces et même en continu « au défilé ». Elle consiste à envoyer une solution du précurseur et du dopant (ici l'acétate de zinc et le pentanedionate d'aluminium en solution dans l'alcool) sous forme de très fines gouttelettes sur un substrat chaud. Si la température de celui-ci est suffisante, une réaction de pyrolyse conduit au dépôt d'une couche solide de TCO (ici de l'oxyde de zinc dopé aluminium ZnO :Al) et les coproduits gazeux de la réaction sont évacués. La source de brouillard est généralement un système pneumatique ou piézoélectrique. Le substrat est généralement posé sur une plaque chauffante.

Dans ce travail, une nouvelle source de brouillard basée sur une injection pulsée est utilisée et le chauffage est assuré par des lampes infrarouges. La méthode est appelée « Infrared Assisted Spray Chemical Vapor Deposition ».

Des couches de ZnO :Al de quelques centaines de nanomètres ont été déposées. La vitesse de dépôt, la taille moyenne des grains ainsi que les propriétés électriques et optiques ont été étudiées en fonction de la configuration de l'injection du spray et du chauffage du substrat. Des couches de 430 nm d'épaisseur peuvent être déposées en 20 minutes. Leur résistivité est de $3,85 \cdot 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ et leur transparence T de 82,9%. Ceci conduit à une figure de mérite $\phi = T/10/R_{sq}$ (avec R_{sq} , la résistance superficielle) de $1,7 \cdot 10^{-3} \Omega^{-1}$ ce qui est encourageant en comparaison avec la valeur de celle de l'ITO qui est de $10^{-2} \Omega^{-1}$.