

Photodétection : des verres ioniques qui contrôlent la densité de porteurs dans les films de nanocristaux

Grâce aux progrès importants faits sur la synthèse des nanocristaux, ces nanomatériaux se sont imposés comme une alternative aux semiconducteurs épitaxiés pour la fabrication de composants optoélectroniques. Pour autant, le dopage de ces particules reste difficile et il est donc primordial de trouver des méthodes innovantes pour le contrôle de la densité d'électrons dans ces systèmes. L'équipe Physico-chimie et dynamique des surfaces de l'INSPI, en collaboration avec une équipe de l'IPCMS, a travaillé à l'intégration d'un nouveau type de grille pour la fabrication de transistors à effet de champ à base de verre ionique.

En quelques années, les nanocristaux colloïdaux sont devenus une alternative très prometteuse pour la fabrication de composants optoélectroniques infrarouges. Une géométrie de dispositif particulièrement intéressante repose sur le transistor à effet de champ. Dans cette configuration, le film va absorber la lumière incidente et la grille du transistor permet de contrôler la densité de porteurs afin de minimiser le courant d'obscurité.

Dans sa version classique, le transistor est fait d'un diélectrique tel que SiO_2 . Ici, nous avons testé le potentiel d'un verre ionique : LaF_3 . Dans ce verre les lacunes de fluor vont se déplacer sous l'application d'une tension, ce qui génère une polarisation et donc un effet de champ. Cette stratégie permet d'obtenir une capacité de grille presque aussi élevée qu'avec les électrolytes tout en assurant un fonctionnement rapide et en dessous de la température ambiante (ce qui correspond aux températures de fonctionnement des détecteurs infrarouges afin de réduire leur bruit interne). C'est une méthode très générale que nous avons appliquée à la fois aux nanocristaux à faible bande interdite [1-2] et à des matériaux 2D comme MoSe_2 [3].

Nous avons ensuite démontré que remplacer les électrodes métalliques par des électrodes de graphène, dont la fabrication a été faite à l'IPCMS (Jean-François Dayen), induit un nouveau mode de fonctionnement. Pour cela, nous avons utilisé le graphène, non pas pour sa large mobilité, mais pour sa transparence aux champs électriques. Contrairement à des électrodes métalliques, le graphène n'écrante pas le champ de la grille. Il devient alors possible de générer une jonction $p-n$ dans le film de nanocristaux qui permet de fortement augmenter la dissociation de charges lorsque le film est sous illumination infrarouge [4], voir la figure ci-dessous.

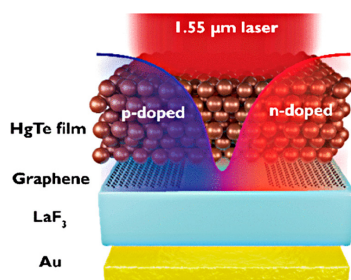


Figure 1

Schéma d'un transistor à effet de champ combinant des électrodes en graphène, des nanocristaux de HgTe comme canal et un verre ionique comme grille.

Maintenant que ce nouveau type de grille est développé, l'enjeu pour le futur sera de coupler ces structures à des résonateurs plasmoniques afin d'obtenir un couplage lumière-matière exalté. Ce projet se fait en particulier dans le cadre de l'ANR Copin et du projet ERC BlackQD.

Références

- [1] Field-Effect Transistor and Photo-Transistor of Narrow-Band-Gap Nanocrystal Arrays Using Ionic Glasses
C Gréboval, U Noumbe, N Goubet, C Livache, J Ramade, J Qu, A Chu, ... Nano letters 19, 3981-3986 (2019)
- [2] Pushing absorption of perovskite nanocrystals into the infrared
P Rastogi, A Chu, C Gréboval, J Qu, UN Noumbé, SS Chee, M Goyal, ... Nano Letters 20, 3999-4006 (2020)
- [3] Ionic Glass-Gated 2D Material-Based Phototransistor: MoSe_2 over LaF_3 as Case Study
UN Noumbé, C Gréboval, C Livache, T Brulé, B Doudin, A Ouerghi, ... Advanced Functional Materials 29, 1902723 (2019)
- [4] Reconfigurable 2D/0D $p-n$ Graphene/ HgTe Nanocrystal Heterostructure for Infrared Detection
UN Noumbé, C Gréboval, C Livache, A Chu, H Majjad, LE Parra López, ... ACS nano 14, 4567-4576 (2020)
<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsnano.0c00103>

Contact

Emmanuel Lhuillier - el@insp.upmc.fr