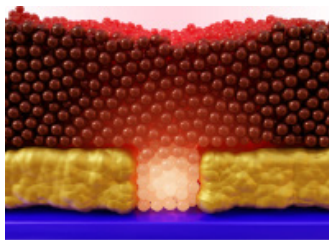


Photoconduction à la limite de diffusion

Les nanocristaux se sont imposés comme des briques essentielles de l'optoélectronique moderne. Dans l'infrarouge, les nanocristaux de HgTe sont utilisés pour la fabrication de caméra ou de LED. Dans ces matériaux polycristallins, le transport par sauts (hopping) a souvent été vu comme une limitation forte à leur performance. Des membres de l'équipe de Physico-chimie et dynamique des surfaces de l'INSPI viennent de démontrer qu'en adaptant la géométrie du composant, il est possible d'obtenir des propriétés de photoconduction aussi élevées que celles des matériaux massifs.

HgTe est un semiconducteur de gap nul. Lorsqu'il est synthétisé sous forme de nanoparticules, il est possible d'induire un gap accordable entre 20 meV (gamme THz) et 1.5 eV (proche infrarouge). Cette accordabilité sans égal fait de HgTe une plateforme unique pour le développement de composants optoélectroniques infrarouges. Le lecteur intéressé se réfèrera à une revue récente du groupe de l'INSPI sur ce sujet [1]. Pour autant le caractère polycristallin du matériau induit un transport par sauts tunnels successifs, réduisant ainsi la mobilité des porteurs par rapport au matériau massif. Récemment les groupes de Talapin et Guyot-Sionnest ont suggéré que le transport soit partiellement délocalisé entre des îlots nanocristaux fortement couplés et que la diffusion interviendrait seulement entre ces îlots [2]. De cette hypothèse découle notre idée de venir sonder la photoconduction à l'échelle d'un seul îlot de nanocristaux fortement couplés [3]. En collaboration avec le groupe de J.F. Dayen (IPCMS) nous utilisons une technique simple pour fabriquer des nanotranchées : deux électrodes séparées de seulement quelques dizaines de nm, et cela en utilisant uniquement de la lithographie optique.

Nous avons mis en évidence que les propriétés de photoconduction sont exaltées lorsque la taille du dispositif est de l'ordre de la longueur de diffusion ≈ 20 nm. Cela permet d'obtenir les meilleurs détecteurs infrarouges fabriqués à base de nanocristaux. En particulier la géométrie du dispositif permet d'induire un considérable gain électronique avec près de 105 électrons générés par photon (contre moins de 1 dans une structure micrométrique). Par ailleurs le mécanisme de fonctionnement de ce composant a été étudié en détail grâce à nos collaborateurs de l'IEMN (C. Delerue) et de l'Onera (G. Vincent) qui modélisent la structure électronique et le champ électromagnétique, respectivement.



Figure

Schéma d'une nanojonction fonctionnalisée par des nanocristaux de HgTe (Chaque bille fait environ 10 nm).

Il existe à présent deux enjeux pour ce type de composant. D'une part, le coupler à des résonateurs optiques afin d'exalter leur absorption, qui est pour le moment faible en raison de la petite taille du composant. D'autre part, l'intégrer dans des composants matriciels pour réaliser des imageurs.

Références

[1] Mercury Chalcogenide Quantum Dots: Material Perspective for Device Integration, C. Gréboval et al., Chemical Reviews 121, 3627 (2021)

[2] Quantum dot solids showing state-resolved band-like transport, X. Lan et al., Nat. Mater. 19, 323 (2020).

[3] Infrared photoconduction at the diffusion length limit in HgTe nanocrystal arrays, A Chu et al., Nature Communications 12, 1794 (2021)

<https://www.nature.com/articles/s41467-021-21959-x>

Contact

Emmanuel Lhuillier : el@insp.jussieu.fr

