

Des nanomatériaux dans le domaine THz

Les nanocristaux de semiconducteurs suscitent depuis quatre ans un intérêt grandissant, notamment grâce à leur récente intégration en tant que source de lumière dans les téléviseurs LCD de dernière génération. Ces matériaux sont également très prometteurs dans le domaine de l'optoélectronique, en particulier pour des applications liées à la photo détection (à savoir pour les cellules solaires ou l'imagerie infrarouge). Pour autant, synthétiser des matériaux infrarouges avec des propriétés optiques bien contrôlées demeure un vrai défi. Depuis une dizaine d'années, une course a été lancée vers la synthèse de matériaux absorbant toujours plus loin dans l'infrarouge. Des membres de l'équipe Physico-Chimie et dynamique des surfaces de l'INSPI ont obtenu un nouveau record en démontrant la synthèse de matériaux dans la gamme THz (30-300 μm), une gamme de longueur d'onde jusque-là inaccessible aux particules colloïdales. Cette invention a également fait l'objet d'un dépôt de brevet conjoint entre le CNRS et la société Nexdot.

Quand il s'agit d'obtenir des matériaux travaillant dans l'infrarouge à partir de matériaux semiconducteurs, deux stratégies sont envisageables. Soit d'utiliser des semiconducteurs à faible bande interdite (InSb), voire sans bande interdite (HgTe) pour observer des transitions interbandes. Soit d'utiliser des semiconducteurs dopés pour observer des transitions intrabandes. Cette seconde stratégie a longtemps été difficile à mettre en place pour les nanocristaux colloïdaux car le dopage restait assez mal contrôlé. Des progrès importants dans la synthèse des nanocristaux ont en particulier permis de développer des matériaux auto-dopés, c'est-à-dire qui présentent un dopage électrique sans introduction d'impuretés. Dans ce cas, le dopage est le résultat de la réduction électrochimique de la nanoparticule par l'environnement.

L'équipe a utilisé une stratégie hybride qui consiste à synthétiser des matériaux dopés à partir de semi-métaux (semiconducteurs sans bande interdite), typiquement HgSe et HgTe. De plus pour être capable d'obtenir des transitions de très faible énergie, elle a dû réduire autant que possible l'effet du confinement quantique. La nouvelle méthode de synthèse, mise au point par l'équipe en collaboration avec le laboratoire LPEM de l'ESPCI, permet d'ajuster la taille des particules sur une très large gamme typiquement de quelques nm (régime confiné) à plusieurs centaines de nm. En conséquence, c'est l'ensemble du spectre infrarouge qui peut être couvert de 1 à 100 μm . C'est en particulier la première fois que des propriétés d'absorption sont rapportées dans la gamme THz pour des nanocristaux colloïdaux de semiconducteurs.

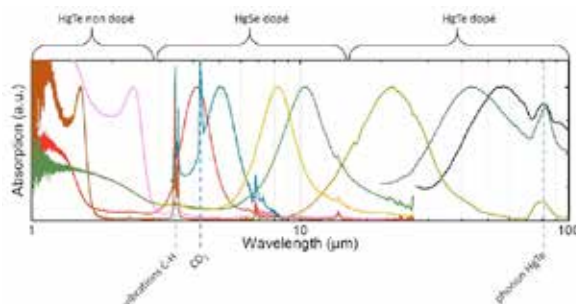


Figure
Spectres de nanoparticules de chalcogénures de mercure dopées et non dopées couvrant l'intégralité de la gamme infrarouge de 1 à 100 μm .

Les prochains enjeux vont consister à explorer les propriétés de photoconduction de ces matériaux et à contrôler plus finement le niveau de dopage de ces particules.

Références

- Terahertz HgTe nanocrystals: beyond confinement, N. Goubet, A. Jagtap, C. Livache, B. Martinez, H. Portales, X. Zhen Xu, R.P.S.M. Lobo, B. Dubertret, E. Lhuillier, *J. Am. Chem. Soc.* **140**, 5053 (2018).
- HgSe self-doped nanocrystals as a platform to investigate the effects of vanishing confinement, B. Martinez, C. Livache, L. Donald Notemgnou Mouafo, N. Goubet, S. Keuleyan, H. Cruguel, S. Ithurria, H. Aubin, A. Ouerghi, B. Doudin, E. Lacaze, Benoit Dubertret, M. G. Silly, R. P.S.M. Lobo, J. F. Dayen, E. Lhuillier, *ACS Appl. Mater. Interfaces* **9**, 36173 (2017)
- Infrared photo-detection based on colloidal quantum-dot films with high mobility and optical absorption up to the THz, E. Lhuillier, M. Scarafagio, P. Hease, B. Nadal, H. Aubin, X. Z. Xu, N. Lequeux, G. Patriache, S. Ithurria, B. Dubertret, *Nano Lett* **16**, 1282 (2016)
- Surface Control of Doping in self-doped Nanocrystals, A. Robin, C. Livache, S. Ithurria, E. Lacaze, B. Dubertret, E. Lhuillier, *ACS Appl. Mat. Interface* **8**, 27122–27128 (2016).

Contact

Emmanuel Lhuillier : lhuillier@insp.jussieu.fr