PSINANO | université PARIS-SACLAY

Faits marquants 2023

Nanoparticules de $BiFeO_3$ pour une efficacité record en piézo-photocatalyse

AUTEURS

Wafa Amdouni
Matthieu Fricaudet
Mojca Otoničar
Vincent Garcia
Stephane Fusil
Jens Kreisel
Hager Maghraoui-Meherzi
Brahim Dkhil

PROJET

NanoVIBES financé par le LabEx NanoSaclay (2021) à hauteur de 133 000 €

Matériaux multifonctionnels, par excellence, les ferroélectriques permettent de convertir plusieurs types d'énergie, souvent disponibles dans notre environnement proche, en énergie électrique. Au-delà, de leur polarisation intrinsèque qui peut être vue comme un champ électrique interne capable de séparer des charges photo-induites sous illumination, les ferroélectriques sont aussi de bons piézoélectriques et permettent la génération de charges électriques sous une sollicitation mécanique. Ces charges ainsi induites sont utilisées ici pour activer des réactions d'oxydo-réduction catalytiques, qu'on appelle la piézocatalyse, offrant un nouveau processus, alternatif et complémentaire à la photocatalyse, pour déclencher la dégradation de polluants, la production d'hydrogène ou encore la désinfection bactérienne.

Dans ce contexte, en collaboration avec le Jožef Stefan Institute (Slovénie), l'Université de Tunis El-Manar (Tunisie), l'Unité Mixte de Physique CNRS-Thales (France), l'Université du Luxembourg et le LIST (Luxembourg), nous avons montré que des nanoparticules de $BiFeO_3$ (BFO) synthétisées par une technique chimique originale [1] présentent des performances piézocatalytiques et piézo-photocatalytiques exceptionnelles pour la dégradation de polluants organiques tels que des pigments ou des antibiotiques [2]. À titre d'exemple, lorsque la lumière du soleil et des excitations mécaniques (générées par un bain à ultrasons) sont combinées, la molécule de Rhodamine B qui est un colorant classique est complètement décomposée en 5 minutes en présence de nanoparticules de BFO, avec une constante de vitesse k_{obs} égale à 41746 L $mol^{-1}min^{-1}$; ce qui est la valeur la plus élevée jamais rapportée (voir Figure). Cette efficacité remarquable est expliquée par la taille et les propriétés piézoélectriques, diélectriques, mécaniques et optiques spécifiques de ces nanoparticules de BFO. Afin d'éviter toute pollution secondaire potentielle dans les eaux à décontaminer et permettre la collecte et la réutilisation des nanoparticules, nous les avons incorporées dans une matrice polymère de P(VDF-TrFE). Ces films composites réutilisables et flexibles continuent de conserver une très bonne efficacité (Figure). Ces résultats font donc des nanoparticules de BFO des catalyseurs très prometteurs qui, au-delà de la dégradation de polluants, peuvent être considérés pour la production d'hydrogène, la réduction de CO_2, la désinfection bactérienne ou la thérapie tumorale.

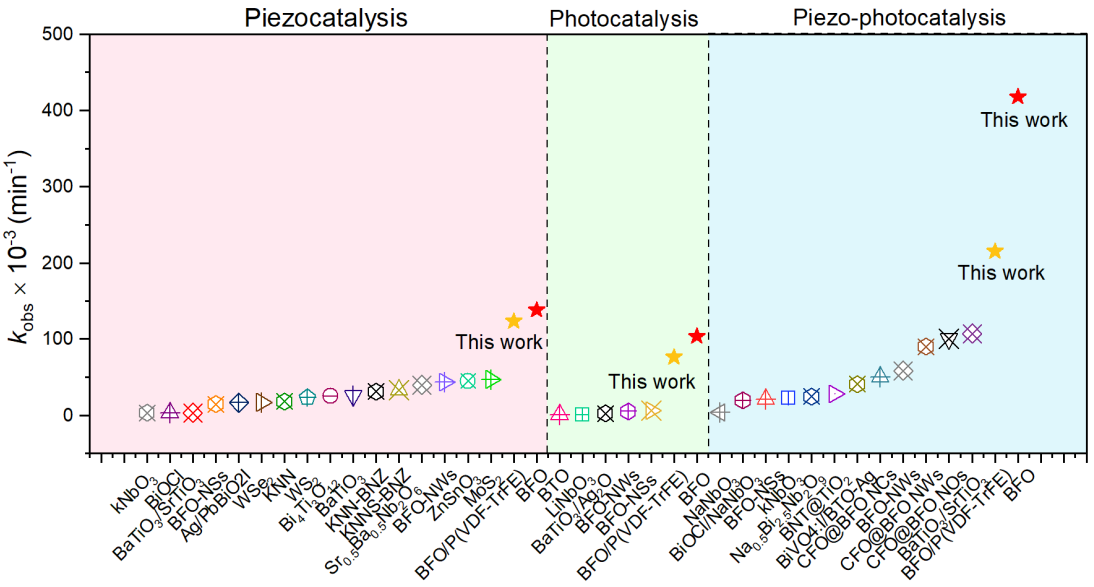
Références

[1] W. Amdouni et al., Angew. Chem. Int. Ed. 62,e202215700 (2023) doi.org/10.1002/anie.202215700

[2] W. Amdouni et al., Adv. Mater. 35, 2301841 (2023) doi.org/10.1002/adma.202301841

Contact

wafa.amdouni@centralesupelec.fr
(ou wafa.amdouni@fst.utm.tn)
brahim.dkhil@centralesupelec.fr

Figure

Comparaison des performances piézocatalytiques, photocatalytiques et piézo-photocatalytiques des nanoparticules de BFO et de BFO/P(VDF-TrFE) avec d'autres ferro/piézoélectriques pour la dégradation du Rhodamine B. k_{obs} est la constante de vitesse de dégradation.