



15 Luglio 2024

MXenes: Materials of the Future—From Energy to Environmental and Biomedical Applications

Yury Gogotsi

A.J. Drexel Nanomaterials Institute, and Department of Materials Science and Engineering,
Drexel University, Philadelphia, PA 19104, USA

<http://nano.materials.drexel.edu> E-mail: Gogotsi@drexel.edu

I MXeni sono una famiglia di carburi, nitruri, ossicarburi, carbonitri e strutture correlate bidimensionali (2D) dei metalli di transizione [1]. Sono la famiglia di materiali 2D in più rapida crescita e il numero di pubblicazioni sui MXeni è cresciuto esponenzialmente negli ultimi 5-6 anni. Sono già state riportate più di 40 composizioni stochiometriche di MXeni $M_{n+1}X_n$. Tuttavia, il numero di composizioni possibili è infinito se si considerano le soluzioni solide (più di 50 sono state realizzate nel nostro laboratorio) e le combinazioni di terminazioni superficiali. I MXeni hanno inaugurato un'era di progettazione atomistica dei materiali 2D guidata computazionalmente. Possiedono proprietà elettroniche, ottiche, meccaniche ed elettrochimiche che li differenziano da altri materiali. Molti MXeni sono metalli ma con una densità modulabile degli stati al livello di Fermi, come i semiconduttori. Inoltre, le loro proprietà sono modulabili mediante design e possono essere regolate utilizzando un approccio ionotronico [2,3], portando a scoperte nei campi che vanno dall'optoelettronica, schermatura dalle interferenze elettromagnetiche e comunicazione, allo stoccaggio di energia, catalisi, sensoristica e assistenza sanitaria. In diverse applicazioni, come la schermatura dalle interferenze elettromagnetiche, i MXeni hanno già superato tutti gli altri materiali. Essendo biocompatibili e non tossici, i MXeni sono stati esplorati per una varietà di applicazioni mediche, dalla somministrazione di farmaci alla biosensoristica e terapia fototerapica. In questa presentazione, discuterò delle proprietà uniche dei MXeni e del loro potenziale impatto su una vasta gamma di tecnologie avanzate, praticamente in ogni campo delle attività umane.



- [1] A. VahidMohammadi, J. Rosen, Y. Gogotsi, The World of Two-Dimensional Carbides and Nitrides (MXenes), *Science*, **372**, eabf1581 (2021)
- [2] M. Han, D. Zhang, C. E. Shuck, B. McBride, T. Zhang, R. (John) Wang, K. Shevchuk, Y. Gogotsi, Electrochemically Modulated Interaction of MXenes with Microwaves, *Nature Nanotechnology*, **18**, 373–379 (2023)
- [3] M. Downes, C. E. Shuck, J. McBride, J. Busa, Y. Gogotsi, Comprehensive Synthesis of $Ti_3C_2T_x$ - from MAX phase to MXene, *Nature Protocols*, **19**, 1807–1834 (2024)

15 July 2024

MXenes: Materials of the Future—From Energy to Environmental and Biomedical Applications

Yury Gogotsi

A.J. Drexel Nanomaterials Institute, and Department of Materials Science and Engineering,
Drexel University, Philadelphia, PA 19104, USA

<http://nano.materials.drexel.edu> E-mail: Gogotsi@drexel.edu

MXenes are a family of two-dimensional (2D) early transition metal carbides, nitrides, oxycarbides, carbonitrides, and related structures [1]. They are the fastest-growing family of 2D materials, and the number of publications on MXenes has been growing exponentially in the past 5-6 years. More than 40 stoichiometric $M_{n+1}X_n$ MXene compositions have already been reported. Still, the number of possible compositions is infinite if one considers solid solutions (more than 50 have been made in our lab) and combinations of surface terminations. MXenes have opened an era of computationally driven atomistic design of 2D materials. They possess electronic, optical, mechanical, and electrochemical properties that differentiate them from other materials. Many MXenes are metals but with a tunable density of states at the Fermi level, like semiconductors. Moreover, their properties are tunable by design and can be modulated using an ionotronic approach [2,3], leading to breakthroughs in the fields ranging from optoelectronics, electromagnetic interference shielding, and communication to energy storage, catalysis, sensing, and healthcare. In several applications, such as electromagnetic interference shielding, MXenes have already outperformed all other materials. Being biocompatible and non-toxic, MXenes have been explored in a variety of biomedical applications, from drug delivery and biosensing to photothermal therapy. In this talk, I will discuss the unique properties of MXenes and their potential to impact a very large range of advanced technologies, practically every field of human activities.



- [1] A. VahidMohammadi, J. Rosen, Y. Gogotsi, The World of Two-Dimensional Carbides and Nitrides (MXenes), *Science*, **372**, eabf1581 (2021)
- [2] M. Han, D. Zhang, C. E. Shuck, B. McBride, T. Zhang, R. (John) Wang, K. Shevchuk, Y. Gogotsi, Electrochemically Modulated Interaction of MXenes with Microwaves, *Nature Nanotechnology*, **18**, 373–379 (2023)
- [3] M. Downes, C. E. Shuck, J. McBride, J. Busa, Y. Gogotsi, Comprehensive Synthesis of $Ti_3C_2T_x$ - from MAX phase to MXene, *Nature Protocols*, **19**, 1807–1834 (2024)