Heterostruktury Van der Waalsa oparte na 2D/2D MXene do zastosowań optoelektronicznych nowej generacji

Optoelektronika jest uważana za technologię przyszłości. Przyczyniła się już do masowego rozwoju wysokich technologii nie tylko w przemyśle informacyjnym, ale także w innych różnych aspektach, takich jak medycyna, lotnictwo, obronność i rozwiązywanie problemów środowiskowych. W oparciu o raport Market Insight Report przewiduje się, że rynek optoelektroniki wzrośnie o około 10% w 2024 roku. Obecnie prawie każdy aspekt codziennego życia jest ułatwiany przez szybki rozwój optoelektroniki. Na przykład, rozwój cienkich i składanych urządzeń elektronicznych, wykorzystanie fotokatalizatorów do degradacji szkodliwych substancji, wykorzystanie różnych inteligentnych czujników w celu ułatwienia życia ludzi oraz wykorzystanie ogniw słonecznych jako zielonej energii w celu zmniejszenia emisji dwutlenku węgla. Zasadniczo urządzenia optoelektroniczne opierają się na interakcji światła z materią w materiałach. Dlatego, aby posunąć naprzód rozwój urządzeń optoelektronicznych, należy poszukiwać zaawansowanych materiałów o doskonałych właściwościach, łatwej obróbce i przystępnej cenie.

Połączenie dwóch różnych materiałów w jeden układ jest uważane za obiecujący sposób na uzyskanie materiałów o hybrydowych właściwościach fizykochemicznych. Obecnie nanomateriały 2D są postrzegane jako idealny element konstrukcyjny do wytwarzania heterostruktury Van der Waalsa (VdW) 2D/2D. W 2011 roku Naguib i in. wprowadził na świat Ti_3C_2 MXene poprzez wytrawienie go z fazy rodzicielskiej Ti_3AlC_2 MAX. W szczególności MXene oferuje kilka zalet w porównaniu z innymi nanomateriałami 2D, takich jak dobra dyspergowalność w roztworze wodnym i doskonała przewodność. Ostatnie badania wykazały, że heterostruktura oparta na MXene może poprawić działanie optoelektroniczne półprzewodników, na przykład przedłużone przenoszenie ładunku, pochłanianie światła i przewodnictwo elektryczne. Co więcej, Ti_3C_2 jest najpopularniejszym MXene, z 70% badań MXene poświęconych temu materiałowi. Uważa się, że synergiczny mechanizm w Ti_3C_2/2D prowadzi do poprawy żywotności fotogenerowanych nośników. Ponieważ jednak MXene jest złożonym materiałem optycznym, który może zachowywać się jak półprzewodnik lub metal, mechanizm poprawy właściwości optoelektronicznych heterostruktury opartej na MXene jest nadal niejasny.

Ponieważ MXenes mają różne właściwości fizykochemiczne, ważne jest odkrycie złożonej interakcji światło-materia w innych rodzajach MXenów. W ramach tego projektu wybrano do badań trzy różne MXeny o różnej stabilności i strukturze elektronowej, tj. Ti_2C (półprzewodnik), Nb_2C (przewodnik) i V_2C (brak stabilości). Oczekuje się, że różne heterostruktury oparte na MXenach dadzą różne mechanizmy transportu elektronów. Do budowy heterostruktury MXene zostanie sprzężony z grafenem, ponieważ grafen ma wysoką teoretyczną powierzchnię właściwą, doskonałą mobilność nośnika, wysoką stabilność i wysoką przewodność cieplną.

Oczekuje się również, że sprzężenie grafenu z MXene umożliwi otrzymanie heterostruktury o silnej adhezji, zapobiegając problemom z wytworzeniem połączenia, a co ciekawe, tę strukturę można łatwo wytworzyć metodami tzw. self-assembly. Ostatecznym celem projektu jest wdrożenie proponowanej heterostruktury VdW w zastosowaniach optoelektronicznych. W ten sposób zademonstrowane zostaną dwa różne modele zastosowań optoelektronicznych, tj. fotodetektor nadający się do codziennego użytku i fotokatalizator do degradacji zanieczyszczeń z wody. Projekt ten umożliwi zrozumienie mechanizmu zachowania nośników ładunku MXene i otworzy drogę dla heterostruktur opartych na MXenes, które zostaną zaimplementowane w zastosowaniach optoelektronicznych nowej generacji.