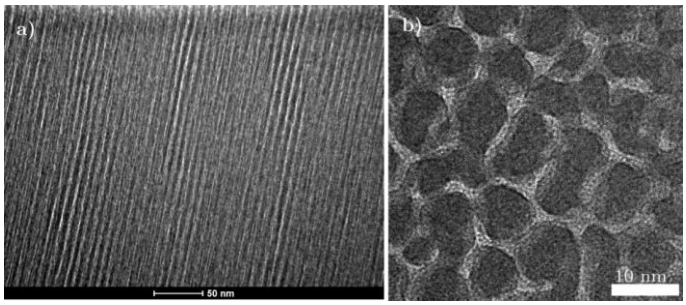
Samoorganizujące się powłoki na podłożach 3D do reakcji wydzielania wodoru – synteza, nanostruktura i właściwości

Ze względu na konieczność ograniczenia emisji CO_2 współczesna gospodarka zwraca się ku nowym źródłom energii, z których jednym z najważniejszych jest wodór. Może on być wykorzystywany do magazynowania energii ze źródeł odnawialnych zamiast baterii lub elektrowni szczytowo-pompowych. Ważne jest jednak, aby produkować wodór przy minimalnej emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, w celu zapobieżenia coraz szybszym zmianom klimatycznym. Taki wodór nazywany jest wodorem zielonym, który stanowi znacznie mniej niż 1% całkowitej produkcji wodoru.

Wiodące obecnie badania nad wytwarzaniem zielonego wodoru koncentrują się na elektrolizie wody z wykorzystaniem elektrolizerów pracujących w środowisku kwaśnym lub alkalicznym. Każda technologia ma swoje własne ograniczenia i wyzwania: od krytycznych materiałów po wydajność i trwałość.

Jednym z wyzwań jest opracowanie materiałów elektrod o wysokiej aktywności katalitycznej i maksymalnej trwałości. Planowane działania w ramach projektu skupiają się na specjalistycznych powłokach elektrod przejmujących funkcje katalityczne, osadzonych na masywnych elektrodach pełniących jedynie rolę kolektorów prądu elektrycznego. Do syntezy powłok planowane jest użycie **rozpylania magnetronowego**. Metoda ta polega na wytworzeniu w komorze próżniowej intensywnego wyładowania elektrycznego, wspomaganego polem magnetycznym, w którym dochodzi do rozpylania atomów materiału. Następnie atomy te osadzane są na podłożach umieszczonych w komorze. Jeśli dodatkowo do generowania plazmy wykorzystywane są gazy reaktywne, osadzone atomy tworzą związki chemiczne i ich kompozyty.

Wśród wielu materiałów proponowanych na warstwy katalityczne szczególnie interesujące są **powłoki nanostrukturalne**. W pewnych warunkach można uzyskać powłoki nanostrukturalne o pożądanej morfologii. Nasze ostatnie badania zaowocowały opracowaniem quasi-amorficznych powłok metaliczno-węglowych wykazujących specyficzną samoorganizującą się strukturę nanokolumnową z osiami kolumn równoległymi do kierunku wzrostu, jak pokazano na poniższym rysunku. Nanokolumny mają średnice od 3 do 7 nm i składają się z metalowych rdzeni otoczonych powłokami z amorficznego węgla.



Rys. *Obrazy z transmisyjnego mikroskopu elektronowego powłoki NiCr-C: (a) przekrój i (b) widok z góry względem powierzchni podłoża.*

Sądzimy, że dzięki wykorzystaniu do syntezy powłok metali takich jak nikiel, tytan i niob, możliwe będzie uzyskanie opisanej nanostruktury, korzystnej także z punktu widzenia elektrolizy wody. Czoła kolumn będą centrami katalitycznymi, a metaliczne kolumny przenikające całą powłokę będą dobrze przewodzić prąd elektryczny. Osłonka węglowa poprawi natomiast odporność korozyjną powłoki.

Jednym z podstawowych zadań projektu jest odnalezienie odpowiedniego składu chemicznego warstw w celu uzyskania ich pożądanej struktury. Kolejnym zadaniem jest testowanie zdolności katalitycznej powłok w reakcji elektrolizy wody oraz procesu uwalniania pęcherzyków wodoru z powierzchni elektrody.

Gaz powinien być uwalniany jak najszybciej, gdyż jego obecność na elektrodach zmniejsza rzeczywistą powierzchnię styku elektrolitu z elektrodą i spowalnia proces. Dlatego celem jest również osiągnięcie jak najlepszej zwilżalności powierzchni przez elektrolit.

Zwilżalność powierzchni związana jest z jej składem chemicznym i strukturą, ale jest również związana z geometrią (kształtem) powierzchni. Dlatego w ramach projektu w szczególny sposób będą wykorzystywane elektrody o powierzchniach płaskich i teksturowanych, które wytworzymy metodą druku 3D, poprzez selektywne stapianie laserowe.

W realizację projektu zaangażowane będą trzy zespoły naukowe: z Instytutu Metalurgii i Inżynierii Materiałowej PAN, Politechniki Koszalińskiej i Uniwersytetu Gdańskiego. Będą one prowadzić wspólnie badania nad syntezą i strukturą powłok oraz ich właściwościami katalitycznymi w reakcji elektrolizy, a także nad procesami uwalniania gazowego wodoru z powierzchni elektrod.