

Od momentu odkrycia koncentrycznych nanorurek węglowych w sadzy, która powstała w wyniku przepuszczania prądu między węglowymi elektrodami, prowadzone są prace nad opanowaniem syntezy uporządkowanych nanostruktur rurowych różnych materiałów - nie tylko węglowych, ale również tlenków i azotków. Wśród nich szczególnie interesujące są nanorurki ditlenku tytanu, otrzymywane na drodze elektrochemicznego utlenienia folii tytanowej, a następnie kalcynacji celem osiągnięcia fazy krystalicznej. Ze względu na wysoki stopień uporządkowania, rozwiniętą powierzchnię, oraz doskonałą biokompatybilność, znalazły one zastosowanie w ochronie środowiska, fotooptyce, ogniwach fotowoltaicznych, bateriach, katalizie oraz medycynie. Niestety, w przypadku wykorzystania nanorurek TiO_2 w procesach indukowanych światłem, główną ich wadą jest duża szerokość przerwy energetycznej (3,2 eV), co sprawia, że materiał ten jest aktywny jedynie w świetle UV, a przeprowadzenie efektywnych procesów fotokonwersji możliwe jest jedynie w obecności sztucznego źródła światła. Ponadto, należy mieć na uwadze fakt, że proponowane metody modyfikacji nanorurek TiO_2 mające na celu ich aktywację w świetle widzialnym, np. przy użyciu nanocząstek wymagają częstokroć dodatkowego etapu ich osadzenia na powierzchni materiału czy wysokotemperaturowej i czasochłonnej obróbki termicznej.

Dlatego celem projektu jest **otrzymanie warstw nanorurek TiO_2 modyfikowanych nanocząstkami wybranych metali przejściowych (m.in. Fe, Co, Ni, Cu, Cr, W) oraz/lub ich tlenków charakteryzujących się znacznie wzmocnioną fotoaktywnością w porównaniu do niemodyfikowanego materiału**. Jako podłoże zostanie zastosowana warstwa wysoce uporządkowanych nanorurek uzyskana na drodze anodyzacji folii tytanowej. Nanocząstki wybranych metali i/lub ich tlenków będą otrzymywane bezpośrednio na podłożu stanowiącym warstwę nanorurek TiO_2 **poprzez kontrolowaną obróbkę przy użyciu wiązki laserowej** cienkich warstw osadzonych uprzednio w procesie rozpylania magnetronowego, w którym źródłem metalu będzie czysta chemicznie płytka danego metalu. Zakłada się, że dobranie odpowiednich parametrów obróbki laserowej pozwoli na przekształcenie cienkiego metalicznego filmu w kuliste nanocząstki, kontrolę stopnia utlenienia metalu oraz trwałą integrację nanocząstek z warstwą nanorurek. Dekorowaniu nanorurek **będzie towarzyszyć zmiana ich fazy z amorficznej na krystaliczną**.

Modyfikacja przy użyciu wybranych metali przejściowych pozwoli na zbadanie korelacji pomiędzy strukturą elektronową metalu, a właściwościami optycznymi, strukturalnymi, elektrochemicznymi oraz fotoelektrochemicznymi. Z tego powodu zadania zaplanowane w ramach niniejszego projektu obejmują, m.in. badania morfologii materiałów przy użyciu mikroskopii SEM i TEM, opisanie właściwości optycznych określenie energii wiązania poszczególnych atomów i analizę stopnia utlenienia metali, a także wyznaczanie struktury krystalograficznej. Otrzymane materiały zostaną również poddane kompleksowym badaniom przy użyciu technik elektrochemicznych, m.in. woltamperometrii cyklicznej i elektrochemicznej spektroskopii impedancyjnej, co dostarczy informacji, np. o aktywności elektrochemicznej czy rezystancji materiału. Szczególna uwaga będzie poświęcona badaniom fotoaktywności, podczas których materiał elektrodowy będzie oświetlany przy użyciu symulatora słonecznego (promieniowanie będzie czasowo przerywane oraz o modulowanym natężeniu). Pozwoli to na określenie wydajności fotokonwersji, jak i analizę procesów rekombinacji nośników ładunku.

W porównaniu do obecnego stanu wiedzy, nowatorstwo planowanych badań obejmuje zastosowanie obróbki laserowej, która nie tylko pozwoli na otrzymanie nanocząstek metali/tlenków metali z uprzednio napyłonego cienkiego metalicznego filmu na podłożu nanorurek ale też zapewni konwersję fazy amorficznej do krystalicznej. Takie podejście eliminuje konieczność zastosowania procesu immobilizacji nanocząstek, jak ma to miejsce w przypadku, gdy nanocząstki są wcześniej wytworzone w formie zawiesiny, jak również nie wymaga przeprowadzenia długotrwałej i energochłonnej wysokotemperaturowej kalcynacji.

W ostatnim etapie prowadzonych prac badawczych przewiduje się zastosowanie wytworzonych materiałów charakteryzujących się najwyższą fotoaktywnością w dwóch modelowych układach: ogniwie fotowoltaicznym i reaktorze do fotokatalitycznego rozkładu wody oraz określenie wydajności ich pracy. Wiedza zgromadzona w trakcie realizacji projektu jest niezbędna by w dalszej perspektywie możliwe było komercyjne wykorzystanie laserowego przetapiania do modyfikacji, jak i krystalizacji materiałów, a także do zastosowań fotoaktywnych warstw nanorurek TiO_2 w urządzeniach, których działanie wymaga ich oświetlenia promieniowaniem słonecznym.