

mgr Sylwia Malinowska

Pracowania Teorii i Zastosowań Elektrod

Wydział Chemii

Uniwersytetu Warszawskiego

Autoreferat rozprawy doktorskiej pt.:

„Synteza i właściwości cienkowarstwowych układów kompozytowych zespalanych polimerami”

Promotor prof. dr hab. Mikołaj Donten

W pracy doktorskiej zatytułowanej: „Synteza i właściwości cienkowarstwowych układów kompozytowych zespalanych polimerami” dokonano kompleksowego opisu syntezy nanostrukturalnych materiałów kompozytowych. Była ona prowadzona metodą polimeryzacji zachodzącej na granicy dwóch praktycznie niemieszających się ośrodków, bez wykorzystania zewnętrznego źródła potencjału elektrycznego. W wytworzonych kompozytach jako osnowę zastosowano polimer przewodzący, a wzmocnieniem były nanocząstki nieorganiczne (najczęściej nanodrobiny metali szlachetnych). Jako główny cel pracy uznano opracowanie skutecznej metody tworzenia cienkich warstw kompozytów łatwych do osadzania na stałym podłożu. Aby uczynić pracę pełniejszą i nadać jej charakter użytkowy dokonano badań niektórych parametrów i właściwości wytworzonych materiałów.

Zasadnicza część przedstawionych w dysertacji badań dotyczyła optymalizacji procedur przygotowania cienkowarstwowych układów kompozytowych zbudowanych z polipirołu lub polianiliny oraz nanostrukturalnych cząstek metali szlachetnych (złoto lub srebro), a następnie określeniu właściwości tych substancji. Dla wszystkich syntezowanych układów szacowano wielkość występujących w kompozytach drobin metalicznych, a w niektórych również poziom utlenienia zawartego w badanych produktach polimeru przewodzącego. Z myślą o użyciu uzyskiwanych substancji jako materiałów elektrodowych mierzono ich przewodnictwo elektryczne. Śledzono zmiany, które dokonywały się w strukturze materiałów kompozytowych syntezowanych z użyciem ultradźwięków. Ważnym aspektem badań było określenie zmian struktury i właściwości pozyskiwanych produktów zachodzących pod wpływem agresywnych warunków środowiskowych, a szczególnie wolnych rodników. Wykorzystanie fali ultradźwiękowej miało na celu syntezowanie jak najbardziej homogenicznego materiału bądź

stworzenie emulsji pozwalającej na syntezywanie produktu w postaci mikrokapsulek. Z kolei poddawanie wytworzonego kompozytu działaniu wolnych rodników pozwoliło na ocenę jego odporności chemicznej oraz trwałości w trudnych warunkach środowiskowych. Morfologię powierzchni oraz skład pierwiastkowy nanokompozytów badano za pomocą SEM (Skaningowego Mikroskopu Elektronowego) wyposażonego w przystawkę rentgenowską (EDS), a ultrastrukturę wewnętrzną głównie stosując TEM (Transmisyjny Mikroskop Elektronowy). Przeprowadzone doświadczenia dowiodły, że wytworzone metodą bezprądową, międzyfazową cienkie warstwy materiałów kompozytowych polimer przewodzący - nanostrukturalny metal szlachetny szczelnie pokrywały powierzchnię podłoża, na której były osadzone. Posiadały charakterystyczną dla tego typu układów strukturę w postaci mniej lub bardziej pofalowanych warstw polimeru oraz metalicznych drobin o budowie nanostrukturalnych mikro rozet, czy pojedynczych nanobiektów o kształcie owali, kwadratów oraz bardziej nieregularnych granul pojawiających się w zależności od zastosowania zmieniających warunków syntezy oraz odmiennego rodzaju utleniacza czy monomeru. Wytworzone materiały cechowały się dobrym przewodnictwem elektrycznym, wykazywały właściwości katalityczne i były odporne na trudne warunki środowiskowe, co wykazano na przykładzie kompozytu polipirol-złoto. Stwierdzono także, że ich struktura ulegała znacznej homogenizacji pod wpływem fal ultradźwiękowych wytwarzanych podczas syntezy w łaźni ultradźwiękowej. Z kolei zastosowanie homogenizatora, który działał bezpośrednio na roztwory utleniacza i monomeru, pozwalało na otrzymywanie kompozytu o budowie kapsułkowej. Na podstawie wyników badań uzyskanych w trakcie wykonywanych eksperymentów zaproponowano potencjalne zastosowania tych materiałów, głównie jako katalizatorów w elektrosyntezie.

Pozostałe, przedstawione w rozprawie doktorskiej, badania dotyczyły wytwarzania materiałów innych niż układy metaliczno-polimerowe, takich jak np.: materiały trójskładnikowe lub „czyste” nie posiadające dodatkowych nanocząstek polimery przewodzące, a także kompozyty polimer-nanocząstki nieorganiczne (bez cząstek metali szlachetnych). Wymienione jako pierwsze układy trójskładnikowe syntezyowano poprzez połączenie materiałów o odmiennych strukturach i właściwościach. Hydrożel polimerowy (NIPA, N-izopropylakrylamid)) pokrywano warstwą kompozytu polianilina-złoto, polianilina-srebro, oraz polipirol-złoto otrzymując trzy różne układy wieloskładnikowe. Wykorzystywany w badaniach żel NIPA był materiałem o porowatej strukturze i nie wykazywał zdolności przewodzenia prądu elektrycznego. Materiał kompozytowy osadzał się na

wewnętrznych ściankach porów hydrożelu w formie cienkiej warstwy pozytywnie wpływając na poprawę właściwości przewodzących prąd czyli elektrochemicznych takiego żelu. Międzyfazową polimeryzację bezprądową zastosowano również do wytworzenia nie zawierających dodatkowych nanocząstek polimerów. Syntezowano polipirol oraz polianilinę w postaci cienkich warstw oraz proszków dzięki czemu możliwe było porównanie ich struktury oraz właściwości z polimerami otrzymywanymi metodą prądową oraz określenie wartości ich przewodnictwa elektrycznego.

W ostatnim etapie pracy chcąc powiększyć różnorodność wytwarzanych produktów opracowano metody wytwarzania także polimerów przewodzących zawierających nanocząstki nieorganiczne posiadające unikalne właściwości. Polipirol i polianilinę wypełniono następującymi cząstkami nieorganicznymi: CdSe (nanocząstki półprzewodnika), Fe@C (nanodrobiny magnetyczne), Al₂O₃ (nanobiektory obojętne), MWCNTs (wielościennie nanorurki węglowe). Podczas przeprowadzonych eksperymentów dokonano optymalizacji istniejących procedur bądź tworzono nowe warunki syntezy układów trójskładnikowych, kompozytów polimerowych z nanocząstkami nieorganicznymi (z wyłączeniem metali szlachetnych), jak również samych, niczym niezmodyfikowanych materiałów polimerowych. Testowano różne sposoby prowadzenia syntezy: różnorodne utleniacze, zmieniające się monomery, modyfikowano skład faz, czas trwania reakcji. Stosowano różne podłoża, na których prowadzono reakcje polimeryzacji do momentu uzyskania najbardziej satysfakcjonujących rezultatów w postaci cienkiej warstwy materiału kompozytowego ściśle pokrywającej powierzchnię podkładu. Dzięki zastosowanej procedurze uzyskano nowe materiały posiadające ciekawe struktury i właściwości elektrochemiczne, optyczne, magnetyczne lub chemiczne.

Zaprezentowane w pracy doktorskiej układy kompozytowe stanowią innowacyjny obszar badań o dużym potencjale aplikacyjnym, obejmującym takie dziedziny jak kataliza, biocujniki, elektronika, fotowoltaika. Dzięki specyficznym właściwościom, takim jak przewodnictwo elektryczne, odporność chemiczna i wysoka aktywność katalityczna powierzchni układy te oferują szereg nowych możliwości technologicznych szczególnie w urządzeniach i tworzywach wymagających określonej funkcjonalności na poziomie nano. Dokładne zgłębienie wiedzy na temat metod syntezy oraz właściwości polimerów przewodzących zmodyfikowanych nanocząstkami nieorganicznymi umożliwi ich łatwiejsze wykorzystanie w nauce i przemyśle w przyszłości np.: do konstrukcji układów katalitycznych, sensorów, a także urządzeń oczyszczających wodę i powietrze, superkondensatorów i wielu innych jeszcze nieświadomych zastosowań.