

Tytuł: Modyfikacje powierzchni światłowodowych siatek długookresowych do zastosowań w bioczuJNIkach

Autor: Marta Janczuk-Richter

Promotorzy: dr hab. inż. Joanna Niedziółka-Jönsson, prof. IChF PAN

dr hab. inż. Mateusz Śmietana, prof. PW

Data: 13.09.2019

Streszczenie

W ostatnich latach rynek bioczuJNIków rozwija się szybko w związku z rosnącym zapotrzebowaniem na urządzenia typu point-of-care (tzw. przyłóŻkowe testy laboratoryjne) oraz szybkie metody detekcji, które mogłyby zostać wykorzystane w opiece zdrowotnej, ochronie środowiska czy przemyśle spożywczym. Dlatego dużym zainteresowaniem cieszą się czujniki optyczne zapewniające szybką, prostą i precyzyjną analizę badanych próbek bez konieczności znakowania wykrywanej substancji bądź receptora. Dodatkowo, wykorzystanie światłowodów pozwala na otrzymanie urządzeń o małych rozmiarach oraz niskich kosztach produkcji, a także na zwiększenie bezpieczeństwa dzięki możliwości oddzielenia miejsca detekcji od miejsca analizy otrzymanego sygnału w przypadku próbek niebezpiecznych. Głównym celem mojej pracy było opracowanie prostych i uniwersalnych metod modyfikacji powierzchni długookresowych siatek światłowodowych (LPFG) oraz ich zastosowanie jako bioczuJNIków do oznaczania m.in. wirusów i cząstek wirusopodobnych.

W pierwszej części pracy scharakteryzowałam LPFG użyte w badaniach. W celu uzyskania wysokiej czułości na współczynnik załamania (RI) otoczenia zastosowałam metodę chemicznego trawienia powierzchni płaszcza światłowodu. Uzyskana czułość (~2000 nm/RIU) umożliwiła również zastosowanie LPFG do bezznacznikowej detekcji biomolekuł. Dodatkowo, zbadałam wpływ wysychania powierzchni czujnika na odpowiedź optyczną. Otrzymane wyniki pokazały, że wysuszenie powierzchni pomiędzy pomiarami prowadzonymi w roztworze znacząco wpływa na widmo transmisyjne użytych czujników LPFG. Obserwowane różnice wynikają ze zmian w morfologii powierzchni płaszcza światłowodu pod wpływem suszenia. Aby wyeliminować to niekorzystne zjawisko, a tym samym uniknąć otrzymania nieprawidłowych wyników, zaprojektowałam celkę przepływową umożliwiającą wymianę badanych roztworów przy stałym zanurzeniu czujnika w roztworze podczas modyfikacji powierzchni i oznaczania badanych analitów.

Przygotowanie bioczuJNIka wymaga opracowania niezawodnej metody unieruchamiania bioreceptorów na jego powierzchni. W mojej pracy testowałam i opisałam metody silanizacji z fazy gazowej, dzięki którym możliwe było wprowadzenie na powierzchnię grup funkcyjnych umożliwiających kowalencyjne przyłączenie receptorów białkowych. Metody te były do tej pory stosowane do modyfikacji płaskich

powierzchni szklanych, a moje badania wykazały, że z powodzeniem mogą być stosowane także do cylindrycznych światłowodów. Najlepsze z testowanych metod wykorzystano do modyfikacji czujników LPFG.

W kolejnej części pracy opisałam wykorzystanie wysokoczułych LPFG oraz opracowanych przeze mnie metod modyfikacji do przygotowania bioczujników do wykrywania wirusów. Czujniki LPFG modyfikowane specyficznymi przeciwciałami umożliwiły oznaczenie niskich stężeń bakteriofagów T7 (5×10^3 cząstek/ml) oraz cząstek wirusopodobnych norowirusa (1 ng/ml) w czasie analizy nieprzekraczającym 40 minut. Co więcej, opracowałam metodę regeneracji powierzchni, dzięki której możliwe będzie obniżenie kosztów produkcji oraz prowadzenie różnych pomiarów z wykorzystaniem tego samego czujnika LPFG.

W ostatniej części eksperymentalnej zaprezentowałam wykorzystanie czujników LPFG pokrytych cienkimi warstwami tlenków metali. Warstwy tlenku tantalu zostały wykorzystane do zwiększenia czułości czujników LPFG na zmiany RI. Uzyskano sześciokrotny wzrost czułości na zmiany RI w stosunku do czujników bez osadzonej warstwy, co przełożyło się również na wzrost czułości opracowanych z ich udziałem bioczujników. Drugim badanym pokryciem był tlenek cyny indu (ITO). Czujnik LPFG pokryty cienką warstwą ITO wykorzystywałam do prowadzenia równoczesnych pomiarów optycznych i elektrochemicznych w specjalnie przygotowanym układzie. Warstwa ITO służyła zarówno jako elektroda pracująca w układzie elektrochemicznym, jak i pokrycie zwiększające czułość na zmiany RI. Zaobserwowałam, że odpowiedź optyczna czujnika była zależna od potencjału przyłożonego do ITO oraz od składu wykorzystanego elektrolitu.

W ostatnim rozdziale przedstawiłam podsumowanie wszystkich opisanych osiągnięć, a także możliwe ścieżki rozwoju opracowanych technologii w przyszłości.