

Streszczenie

Badania nad nowymi systemami mikroelektromechanicznymi (z ang. microelectromechanical systems – MEMS) do zastosowań w nanometrologii stają się współcześnie coraz bardziej atrakcyjne. Trudnością technologii MEMS jest wykonanie wszystkich elementów je tworzących za pomocą standardowych procesów mikroelektronicznych. Narzędziem, które umożliwia prototypowanie nanokomponentów elektronicznych jest skaningowy mikroskop elektronowy (z ang. scanning electron microscope – SEM) ze zogniskowaną wiązką jonów (z ang. focused ion beam – FIB), a także helowy mikroskop jonowy (z ang. helium ion microscope – HIM). Mikro- i nanostruktury są modyfikowane w wyniku trawienia, a także osadzania wspomaganego zogniskowaną wiązką elektronów (z ang. focused electron beam induced deposition – FEBID) i jonów (z ang. focused ion beam induced deposition – FIBID). Technologie FEBID i FIBID są addytywnymi technikami wzrostu materiału – drukiem 3D w nanoskali. Aktywności opisane w rozprawie wpisują się w rozwijaną w Katedrze Nanometrologii technologię *LabInSEM*, czyli równoczesnego wykonywania pomiarów elektrycznych, mechanicznych i optycznych mikrostruktur, podczas ich modyfikacji zogniskowaną wiązką elektronów/jonów.

Celem pracy było badanie zjawiska emisji polowej z ostrzowych elektrod. W konsekwencji, w pierwszej kolejności przeprowadzono testy ostrzy za pomocą mikroskopu sił atomowych (z ang. atomic force microscope – AFM). Zastosowano dwie metody prototypowania ostrzowych sond. Na początku, przy użyciu manipulatora wewnątrz komory próżniowej mikroskopu, przeprowadzano transfer mikrodrobin na wierzchołek mikrodźwigni. Następnie w drodze trawienia FIB formowano je w kształt ostrza o promieniu mniejszym niż 30 nm. W ten sposób wytworzono ostrza diamentowe i GaN. Przetestowano je w pomiarach topografii i map przewodności elektrycznej, aby wykazać ich odporność na zużycie. Technika transferu była czasochłonna, dlatego podjęto próby wytwarzania nanodrutowych ostrzy Pt(C) drugą metodą – FEBID i FIBID. Pomiary AFM wykazały ich mniejszą odporność mechaniczną, jednak zaletą był jednokrokowy i szybki proces produkcji. Przeprowadzono serię badań mających na celu zbadanie składu materiałowego kompozytu Pt(C). Przeanalizowano jego właściwości elektryczne, przeprowadzając obróbkę po-procesową materiału.

W ostatnim etapie skupiono się na zbadaniu zjawiska emisji polowej z nanodrutów osadzanych metodą FEBID i FIBID, oraz opracowaniu detektora wychyleń mikrodźwigni. Do prototypowania nanodrutowych elektrod z kompozytów Pt(C) i W(C) zastosowano odpowiednio system SEM z FIB oraz HIM. Dokonano kalibracji wzrostu nanostruktur. Aby zmniejszyć napięcie progowe emisji polowej dążono do wytworzenia katody o jak najmniejszym promieniu krzywizny (ok. 25 nm), redukując jednocześnie jej odległość od anody (ok. 120 nm). Nanodrutowe emitery polowe osadzono bezpośrednio na mikrodźwigniach MEMS. Przeprowadzono pomiary emisji polowej w próżni – obserwowane

napięcie progowe mieściło się w zakresie 45-70 V, w zależności od układu. Korzystając z teorii Fowlera-Nordheima wyliczono efektywną powierzchnię emisji elektronów, współczynnik wzmocnienia pola, a także pracę wyjścia materiału katody. Następnie przetestowano działanie czujnika detekcji ugięcia mikrodźwigni – wyginając mikrostrukturę manipulatorem zmniejszono dystans między elektrodami o 20 nm. Wówczas rejestrowano większą średnią wartość prądu emisji elektronów o 328 nA. Przeprowadzonymi badaniami wniesiono wkład w rozwój mikroelektroniki próżniowej. Zarazem wskazano możliwość tworzenia działających nanodrutowych emiterów polowych zintegrowanych z dowolnymi urządzeniami MEMS.

Ewelina Gpcka