

"Physical Investigations of Nanomaterials for Lithium-ion Batteries"

Mgr inż. Dominika Agnieszka ZIÓŁKOWSKA

Celem niniejszej pracy jest opracowanie metod badań strukturalnych i optycznych nanomateriałów pozwalających na udoskonalenie działania baterii litowo-jonowych. Badania nad tymi materiałami są uzasadnione coraz większym zainteresowaniem tą klasą systemów magazynowania i przetwarzania energii elektrycznej w odniesieniu do przyszłych wydajnych zastosowań zarówno stacjonarnych, jak i mobilnych. Należy również zaznaczyć, że materiały omawiane w tej pracy zostały uzyskane tanimi i prostymi metodami syntezy.

W pierwszej części rozprawy doktorskiej zostały przedstawione podstawy fizyko-chemiczne działania odwracalnych baterii litowo-jonowych oraz krótka charakterystyka najbardziej obiecujących materiałów aktywnych na elektrody pozytywne i negatywne. W ramach prowadzonych badań wykorzystano kilka technik pomiarowych uwzględniając metody *ex situ* i *in situ*, które pozwoliły na obserwację zmian strukturalnych analizowanych materiałów i powiązanie tych zmian z ich aktywnością elektrochemiczną. Wszystkie używane techniki zostały omówione w rozdziale drugim. W trzeciej części omówiono nanomateriały na bazie oliwinów i spineli wykorzystane w badaniach wraz z ich syntezami.

W części eksperymentalnej ujęto dokładną analizę pomiarów *ex situ* wyżej wymienionych materiałów wraz z badaniami efektów wywołanych przez domieszkowanie i modyfikacje powierzchniowe. W ramach pracy wykazano m.in. korzystny wpływ modyfikacji powierzchniowych (wraz z ich dokładną identyfikacją) na stabilność elektrochemiczną konstruowanych ogniw. Zbadano również wpływ procesu interkalacji na strukturę analizowanych klas związków prowadząc eksperymenty na elektrodach naładowanych i rozładowanych w ogniwach elektrochemicznych. W ramach tych badań wykazano korzyści płynące z zastosowania spektroskopii ramanowskiej do szybkiej i kompleksowej analizy powierzchni elektrod, ze szczególnym uwzględnieniem funkcji mapowania, które dają możliwość powiązania otrzymanych wyników z wydajnością ogniwa i poszukiwania przyczyn spadku pojemności.

Następnie przedstawiono analizy pomiarów *in situ* wygrzewań prekursorów spineli i oliwinów. Wykazano znaczenie badań *in situ* w procesie optymalizacji ogniw litowo-jonowych, jak również w samym procesie syntezy materiałów. Zastosowana procedura eksperymentalna pokazała, w jaki sposób dobierając warunki syntezy można kontrolować właściwości elektrochemiczne otrzymywanych materiałów. W ramach prowadzonych badań *in situ* w transmisyjnym mikroskopie elektronowym uzyskano również nowe kompozyty na bazie struktur kubicznych i trójwymiarowych struktur węglowych. Zbadano mechanizm powstawania nowych nanosfer węglowych i wykazano, że manipulując jedynie atmosferą wygrzewania możliwe jest utworzenie materiałów, zarówno anodowego jak i katodowego, o takiej samej morfologii z tego samego prekursora. Dodatkowo zbadano możliwość zastosowania tej metody syntezy do otrzymywania podobnych nanokompozytów węglowych w połączeniu z innymi tlenkami metali lub metalami.

W podsumowaniu rozprawy porównano używane techniki eksperymentalne oraz uzyskane dzięki nim postępy w procesie syntezy materiałów i optymalizacji baterii litowo-jonowych.