

Streszczenie rozprawy

Celem niniejszej rozprawy doktorskiej była synteza oraz szczegółowe zbadanie właściwości fizykochemicznych nowych hybrydowych związków organiczno-nieorganicznych (HOICs – Hybrid Organic-Inorganic Compounds), charakteryzujących się przełączalnymi przemianami fazowymi wywoływanymi zewnętrznym polem elektrycznym. Badaniom poddano siedem związków otrzymanych na bazie kationu chinuklidyny (Q) i soli metali przejściowych: $(Q)_2MBr_4$ i $(Q)_2MCl_4$, gdzie $M = Cu, Co, Mn, Cd, Pb$. Materiały te zostały wyhodowane metodą powolnego odparowywania rozpuszczalników i wykazały wysoką jakość krystalograficzną.

Zakres badań obejmował szeroką charakterystykę strukturalną, termiczną, dielektryczną oraz spektroskopową. Wykorzystano zaawansowane techniki badawcze, takie jak dyfrakcja rentgenowska pojedynczych kryształów, różnicowa kalorymetria skaningowa (DSC), spektroskopia dielektryczna w szerokim zakresie częstotliwości (BDS), spektroskopia impedancyjna (IS) oraz spektroskopia EPR. Szczególny nacisk położono na identyfikację przejść fazowych i ich korelację ze strukturą krystaliczną oraz dynamiką molekularną kationów Q, które wykazują rotacyjną swobodę wpływającą na właściwości ferroiczne.

Kluczowym rezultatem pracy było wykazanie ferroelektryczności w związku (chinuklidyna) $_2CuBr_4$, która została potwierdzona za pomocą analizy strukturalnej oraz dielektrycznej. Obserwacja przejścia fazowego typu porządek–nieporządek, obecność histerezy dielektrycznej oraz stabilne, odwracalne zmiany przenikalności elektrycznej w funkcji temperatury stanowią jednoznaczny dowód na spontaniczne uporządkowanie dipoli i jego odwracalność pod wpływem pola zewnętrznego – cechy charakterystyczne dla materiałów ferroelektrycznych.

Wyniki te mają istotne znaczenie dla rozwoju nowej klasy środowiskowo bezpiecznych, funkcjonalnych materiałów mogących znaleźć zastosowanie w elektronice przyszłości – takich jak pamięci nieulotne typu FeRAM, przełączniki stanów logicznych, sensory czy elementy systemów mikroelektromechanicznych (MEMS). Hybrydowe materiały oparte na kationach organicznych stanowią obiecującą alternatywę dla klasycznych ferroelektryków, które często zawierają toksyczne pierwiastki jak ołów i są trudne do integracji z elastyczną elektroniką.

Praca podkreśla również fundamentalne znaczenie wiązań wodorowych, które łączą kationy i aniony w sieci krystalicznej oraz umożliwiają dynamiczną reorientację kationów organicznych. Zależność między ruchem molekularnym a uporządkowaniem dielektrycznym staje się kluczowa w projektowaniu nowych, przełączalnych materiałów funkcjonalnych.

Uzyskane wyniki otwierają drogę do dalszych badań nad tego typu związkami, w szczególności z wykorzystaniem innych kationów organicznych oraz kombinacji halogenków, co pozwoli na dostosowanie ich właściwości do konkretnych aplikacji technologicznych.