

## **W kierunku rozwoju nowych funkcjonalnych nanomateriałów: Ustalenie zależności wytwarzanie-struktura-właściwości dla pojedynczych nanocząstek stopów binarnych**

Nanocząstki nieorganiczne o wielkości poniżej 100 nm stanowią nową klasę materiałów. Wykazują one niezwykle właściwości fizyczne, chemiczne i elektroniczne, które zależą od rozmiaru cząstek. W rezultacie obecne i potencjalne zastosowania nanocząstek stale się poszerzają, obejmując szeroką gamę materiałów dla zdrowia, energetyki, transportu oraz technologii informacyjno-komunikacyjnych. Są one na przykład wykorzystywane w obrazowaniu metodą rezonansu magnetycznego i termowizji, jako czujniki, do dostarczania leków, w biomedycynie, elektronice, katalizie, magnetycznym przechowywaniu danych, urządzeniach plazmowych, optoelektronicznych i termoelektrycznych.

W ostatnich dziesięcioleciach uwagę naukowców przyciągnęły dwuskładnikowe nanocząstki. Obecność dwóch różnych pierwiastków chemicznych w nanocząsteczkach zapewnia dodatkowe możliwości w dostosowywaniu ich właściwości fizycznych i chemicznych, poprzez wzorzec wymieszania atomów, opisujący układ atomów w nanocząstce. Atomy mogą być losowo wymieszane, tworząc jednorodną strukturę lub zawierać dwa obszary zawierające różne pierwiastki w jednej cząstce, tworząc tzw. układ Janusa. Jeszcze inną opcją jest konstrukcja typu rdzeń-powłoka. Niektóre wzorce powstają w nanocząsteczkach samoistnie, inne są wytwarzane sztucznie i mogą istnieć w ograniczonym zakresie temperatur, czyli są metastabilne. Metastabilne fazy i wzorce mieszania są szczególnie interesujące, ponieważ zapewniają nową funkcjonalność poprzez dostęp do właściwości materiałów, wykraczających poza właściwości równowagowe. W ten sposób, mieszając niemożliwe do zmieszania pierwiastki chemiczne w pojedynczej nanocząstce, naukowcy wytwarzają materiały, które nie istnieją w naturze i korzystają z nowych właściwości. Na przykład nanocząstki półprzewodnikowe domieszkowane znacznie poza stężeniami równowagowymi, wykazują właściwości optyczne metali szlachetnych. Inną strategią jest połączenie dwóch różnych materiałów w jeden nanosystem Janusa, zapewniając w ten sposób wiele funkcjonalności wynikających z niezwykłych kombinacji pierwiastków. Na przykład, łącząc magnetyczne Co, Ni lub Fe z plazmowym Au, Ag lub Cu w jednej nanocząstce, naukowcy projektują wielofunkcyjny materiał, wykazujący jednocześnie właściwości optyczne i magnetyczne. Takie nanocząstki są często określane jako nanomateriały hybrydowe.

Jednocześnie zrozumienie procesów powstawania wzorców mieszania atomów w dwuskładnikowych nanocząsteczkach pozostaje wielkim wyzwaniem nanofizyki i nanotechnologii. Dzieje się tak z powodu skończonej objętości nanocząstki, która zmienia zasady gry. Fizyczne reguły, które są powszechnie stosowane do opisu materiałów o dużych wymiarach, często zawodzą w skali nanometrycznej, a nowe reguły nie zostały jeszcze zbadane. Dlatego w tym projekcie postawiono za cel rozwiązanie tego problemu i ustalenie mechanizmów powstawania i rozdzielania faz w dwuskładnikowych nanocząsteczkach w przemianach fazowych ciało stałe-ciecz i ciało stałe-ciało stałe. Drugim celem jest zbadanie wpływu wzorców wymieszania na fizyczne właściwości nanocząstek.

Używane będą nanocząstki Au-Ge, Ag-Cu, Sn-Ge, Au-Ni o wielkościach zmiennych w zakresie 5 – 200 nm. Nanocząstki będą poddawane wygrzewaniu cyklicznemu bezpośrednio w transmisyjnym mikroskopie elektronowym o wysokiej rozdzielczości (TEM) przy użyciu nowatorskiego uchwytu grzewczego. Spodziewamy się, że uda się zaobserwować, jak atomy są ułożone w nanocząsteczkach w różnych temperaturach, jak tworzy się i rośnie jądro nowej fazy. Dzięki tej wiedzy będzie można sterować mechanizmem zarodkowania, wytwarzając w taki sposób równowagowe i metastabilne wzorce wymieszania w nanocząsteczkach. Ponadto będziemy badać właściwości optyczne i termiczne wytworzonych nanocząstek za pomocą najnowocześniejszych technik TEM i mikroskopii sił atomowych (AFM). Synergiczne połączenie tych technik w celu scharakteryzowania tej samej nanocząstki, pozwoli podnieść jakość i ilość zebranych danych na bezprecedensowy poziom. W rezultacie dla pojedynczych nanocząstek zostaną ustalone zależności wytwarzanie-struktura-właściwości.