

Związane to jest z postępowaniem zarówno w technikach charakteryzacji obiektów w nanoskali, jak i metodach ich wytwarzania. W szczególności możliwości badawcze transmisyjnej i skaningowej mikroskopii elektronowej pozwoliły zajrzeć do nano-świata tak jak to było w przypadku mikroskopii optycznej i mikroświata. Nanoobiekty, takie jak kropki kwantowe, druty kwantowe i wreszcie nanodrut, zostały z powodzeniem zrealizowane odpowiednio od lat 80., 90. i początku XXI wieku. W dzisiejszych czasach stopy i kompozyty nano-krystaliczne, kropki kwantowe i nanodrut również wchodzi do powszechnego użycia (telewizory na krokach kwantowych); ale wciąż wiele podstawowych problemów dotyczących metod ich formowania i charakterystyki jest otwartych na działalność badawczą.

Projekt koncentruje się na badaniach in-operando hybrydowych nanodrutów (H-NWs). Obiekty takie mają średnice w zakresie od 20 do 200 nm i długości od 3 do około 10 mikronów. Będziemy wytwarzali i badali hybrydowe nanodrut, które składają się z rdzenia monokrystalicznego z materiału półprzewodnikowego o właściwościach piezoelektrycznych np. azotkowy półprzewodnik GaN, ZnO lub heksagonalna odmiana GaAs i powłoki z metalu a konkretniej faz międzymetalicznych o właściwościach magnetostrykcyjnych, takich jak MnAs, MnGa i FeGa. Przypominający w kształcie ołówka, monokrystaliczny rdzeń jest krystalizowany za pomocą epitaksji wiązki molekularnej (MBE) przy użyciu metody katalizacyjnej para-ciecz-ciało stałe (VLS). Metaliczne powłoki zostaną osadzone epitaksjalnie na bocznych ściankach monokrystalicznego rdzenia przy użyciu tej samej techniki.

Jednym z ciekawych możliwych zastosowań takich nanostruktur jest zasilanie miniaturowych wszczepialnych urządzeń elektronicznych z energii pobieranej z środowiska tzn z energii drgań, ruchu ciała, śmieciowego pola elektromagnetycznego.

Ze względu na nanometryczne wymiary H-NW wykazują różnorodne nowe właściwości i funkcjonalności, których nie ma w masywnych i warstwowych strukturach tych samych materiałów. Pomimo szeroko zakrojonych badań w dziedzinie nanodrutów, wciąż pozostaje wiele otwartych pytań dotyczących mechanizmów ich formowania i specyficznych właściwości charakterystycznych dla tych quasi obiektów 1D.

By te własności zbadać, poszczególne H-NW zostaną umieszczone na (przezroczystych dla elektronów) membranach układów MEMS. Pojedyncze nanodrut zostaną podłączone do aparatury pomiarowej z wykorzystaniem techniki osadzania kompozytów metal-węgiel za pośrednictwem zogniskowanej wiązki jonów w skaningowym mikroskopie elektronowym. Pozwoli to na precyzyjny pomiar napięć i prądów płynących przez nanostrukturę. Następnie tak przygotowane stanowisko pomiarowe oparte na miniaturowym układzie MEMS, zostanie umieszczone w dwupochyłowym uchwycie próbek i wprowadzone do komory transmisyjnego mikroskopu elektronowego w obszarze magnetycznej soczewki obiektywu.

Nanostruktura będzie w mikroskopie „torturowana” z wykorzystaniem napięcia przykładanego do końców rdzenia H-NW, pola magnetycznego wytwarzanego przez soczewkę obiektywu, oraz podgrzewana dla wywołania naprężenia pomiędzy powłoką, rdzeniem i membraną. Piezo-magnetostrykcyjny nanodrut będzie na te bodźce reagował. Rdzeń i powłoką będą podlegać odkształceniom, rdzeń będzie generował napięcie a powłoką pole magnetyczne. To wszystko będziemy na żywo mogli oglądać i rejestrować w bardzo dużym powiększeniu. Można będzie również obserwować zmiany rozkładu pola magnetycznego dzięki zastosowaniu holografii elektronowej. Deformacje sieci krystalicznej nanodrutów będą mierzone z wykorzystaniem dyfrakcji elektronowej i analizy ilościowej obrazów struktury atomowej. Zarejestrujemy jak zmienia się ta struktura pod wpływem zewnętrznych sił.

Dzięki takim eksperymentom in-operando, uzyskamy ogromną ilość danych, które po analizie pozwolą zrozumieć jak taka hybrydowa nanostruktura działa i jak ją możemy zoptymalizować i zastosować w praktyce.

Poznamy zjawiska zachodzące na granicy dwóch różnych materiałów rdzenia i powłoki o całkowicie różnych własnościach fizycznych. Będą to bardzo cenne i użyteczne informacje przydatne dla innych badaczy pracujących np. nad nanokrystalicznymi kompozytami składającymi się z nanoziaren różnych materiałów.