

Kinetyka zjawisk na granicy metal-półprzewodnik w nanowarstwach: badania in situ w wysokorozdzielczym transmisyjnym mikroskopie elektronowym

Fizyka i inżynieria struktur niskowymiarowych jest jedną z najszybciej rozwijających się dziedzin nowoczesnej nauki. Dzieje się tak, ponieważ w strukturach tego typu obserwowane są nowe zjawiska fizyczne. Każde z tych zjawisk otwiera możliwości tworzenia nowych materiałów i urządzeń o unikalnych właściwościach. Niniejszy projekt skupia się na poszukiwaniu nowych zjawisk w nanowarstwach metal-półprzewodnik.

Nowoczesna elektronika nie może istnieć bez cienkich krystalicznych warstw germanu oraz krzemu. Warstwy te, osadzone na nieprzewodzących podłożach są niezbędne dla wytworzenia elastycznych urządzeń elektronicznych, np. wysokowydajnych tranzystorów cienkowarstwowych, urządzeń optycznych o wysokiej sprawności, trójwymiarowych obwodów scalonych oraz urządzeń spintronicznych. Cienkowarstwowy krzem jest również najważniejszym materiałem wykorzystywanym do wytwarzania tanich, wysokowydajnych ogniw słonecznych. Rynek tych urządzeń szybko wzrasta, np. rynki drukowanej, elastycznej oraz organicznej elektroniki wzrosną z 29,80 mld USD w 2015 r. do 73,69 mld USD w 2025 r. (źródło: IDTechEx). Jednakże warstwy Si oraz Ge osadzone z fazy gazowej w niskiej temperaturze są najczęściej amorficzne. Ich krystalizacja wymaga zastosowania dodatkowego wygrzewania w temperaturze przekraczającej 500°C, co jest często niemożliwe, ze względu na stosowane do produkcji podłoża polimerowe. Maksymalna temperatura pracy typowych, dostępnych komercyjnie podłoży nie przekracza 200 – 350°C. Spośród wielu metod stosowanych w celu krystalizacji amorficznych warstw półprzewodnikowych, krystalizacja w kontakcie z metalem (MIC, z ang. metal-induced crystallization) jest postrzegana jako bardzo prosta i tania metoda, która z łatwością może być wykorzystana w dotychczas istniejącym przemyśle półprzewodnikowym. Jednakże podstawowy mechanizm procesu MIC pod wieloma względami wciąż pozostaje niezrozumiały, a znane modele nie pozwalają trafnie przewidzieć temperatury krystalizacji w parach metal-półprzewodnik.

W toku projektu chcemy wyjaśnić zagadkę tego efektu, wykorzystując nowoczesne techniki eksperymentalne. Obecny postęp w dziedzinie transmisyjnej mikroskopii elektronowej pozwala na obserwację w czasie rzeczywistym materiałów w nanoskali, jak również umożliwia jednoczesne badanie składu chemicznego i struktury materiałów na poziomie atomowym oraz uzyskanie informacji o dynamice układu. Do obserwacji wzajemnych oddziaływań pomiędzy metalem a półprzewodnikiem w skali atomowej wykorzystany zostanie światowej klasy mikroskop elektronowy FEI Titan³ S/TEM o rozdzielczości atomowej, wyposażony w nowoczesny uchwyt próbek ze stolikiem grzewczym. W wyniku spodziewamy się zobaczyć, jak rozłożone są atomy na granicy międzyfazowej oraz jak zarodkują i wzrastają fazy. Informacja ta jest kluczowa dla zrozumienia podstawowych zjawisk rządzących przemianami fazowymi w nanoukładach dwuskładnikowych. Wyniki projektu mogą mieć bezpośredni wpływ na wiele współczesnych technologii, np. hodowla nanodrutów, nowoczesne luty czy magazynowanie danych.