

Tytuł polski: „Funkcjonalne warstwy i nanostruktury otrzymywane przy pomocy epitaksji z wiązek molekularnych wspomaganiej zewnętrznymi czynnikami”

Tytuł angielski: „External stimuli-assisted Molecular Beam Epitaxy of functional layers and nano-structures”

Kierownik projektu: prof. dr hab. Józef Korecki

Epitaksja z wiązek molekularnych (Molecular Beam Epitaxy – MBE) to proces, w którym otrzymuje się cienkie warstwy jakiegoś materiału (np. metalu lub półprzewodnika) o strukturze krystalicznej wymuszonej przez monokrystaliczne podłoże. Warstwy takie, o dobrze określonych właściwościach chemicznych, elektrycznych lub magnetycznych, mają szerokie zastosowanie jako modelowe katalizatory, sensory, a także elementy urządzeń elektronicznych i spintronicznych. Proces MBE jest określony dwoma terminami w nazwie metody. Na słowo „epitaksja” pochodzące z greckiego składają się: epi (ἐπί), czyli „na” oraz taxis (τάξις), czyli „ułożenie”, „porządek”, co należy rozumieć w ten sposób, że atomy (cząsteczki) warstwy układają się na podłożu w sposób uporządkowany i zorientowany, tworząc jednorodną, cienką (składającą się z niewielu warstw atomowych) strukturę. Pojęcie „wiązki molekularne” odnosi się do strumienia atomów (cząsteczek), które odparowały lub uległy sublimacji i osadziły się na podłożu. Przymiotnik „molekularne” mówi, że atomów w wiązce jest tak mało, że się ze sobą nie zderzają (nie zderzają się też z żadnymi innymi atomami, bo cały proces odbywa się w ultrawysokiej próżni), i w związku z tym zmierzają do podłoża w reżimie molekularnym, po prostoliniowych trajektoriach. Atomy, które dotarły do podłoża biorą udział w formowaniu się (wzroście) epitaksjalnej warstwy. Struktura chemiczna i krystaliczna warstwy zależy przede wszystkim od jej strukturalnego dopasowania do podłoża (symetrii i odległości atomowych). Natomiast sposób wzrostu (ciągły lub wyspowy) zależy zarówno od relacji pomiędzy siłami spójności w warstwie i podłożu oraz siłami adhezji między atomami warstwy i podłoża, jak i od parametrów kinetycznych. Czynniki kinetyczne to szybkości docierania atomów do podłoża i poruszania się (dyfuzji) po powierzchni, a także zdolność pokonywania barier energii (np. wspinania się na stopnie atomowe znajdujące się na każdej powierzchni). Kinetyka wzrostu może być wydajnie sterowana strumieniem par lub temperaturą podłoża. W projekcie proponowane jest interdyscyplinarne podejście do sterowania procesem wzrostu, polegająca na wspomaganiu MBE zewnętrznymi polami, elektrycznym lub magnetycznym, oraz naprężeniami. Pozwoli to na sterowanie procesem wzrostu w kierunku określonych właściwości fizykochemicznych, a także na kontrolę tych właściwości warstw, na które zewnętrzne czynniki mogą wpływać. Na przykład przyłożone pole elektryczne może modyfikować dyfuzję jonów po powierzchni w wyniku procesów elektromigracji, a pole magnetyczne oddziałuje z atomami obdarzonymi momentem magnetycznym, powodując ich ustawianie się zgodnie z kierunkiem pola. W wyniku naprężeń (na przykład mechanicznego wygięcia podłoża w trakcie nanoszenia warstwy) można nieznacznie zmieniać odległości międzyatomowe, co będzie skutkowało modyfikacją właściwości chemicznych, strukturalnych i magnetycznych. Badanie tych zjawisk w warstwach i układach wielowarstwowych metali i tlenków pozwoli na poprawę ich funkcjonalności chemicznej i magnetycznej.