

## **Wpływ domieszkowania i stopowania na dichalkogenki metali przejściowych wytwarzane metodą epitaksji z wiązek molekularnych**

### **Streszczenie popularnonaukowe**

Otrzymanie grafenu, czyli pojedynczych warstw grafitu (o grubości jednego atomu węgla) o niebywałych właściwościach elektronowych i mechanicznych, zachęciło badaczy z całego świata do szukania i badania materiałów dwuwymiarowych (inaczej grafenopodobnych). Przekonaliśmy się o istnieniu całej rodziny ultra-cienkich materiałów, wśród której możemy znaleźć półprzewodniki, izolatory, materiały magnetyczne, a także topologiczne. Co więcej, materiały te mogą być układane na sobie w formie swoistych kanapek, czyli heterostruktur van der Waalsa, które pozwalają zmodyfikować właściwości elektryczne, optyczne czy magnetyczne, dając nadzieje na przyszłe zastosowania i tworzenie mikroskopijnych urządzeń takich jak np. tranzystory.

W obecnym przemyśle półprzewodnikowym łączenie materiałów, czyli tworzenie heterostruktur, nie wystarcza jednak do pełnego wykorzystania ich potencjału. Narzędziami które, pozwalają na ostateczne dostrojenie właściwości półprzewodnika są: domieszkowanie (dodawanie małych ilości pierwiastków spoza macierzystego kryształu) i stopowanie (gdy proporcje różnych składników stają się porównywalne).

O ile heterostruktury van der Waalsa można tworzyć metodami mechanicznej eksfoliacji, a techniki wzrostu kryształu są potrzebne głównie do tego żeby zwiększyć powierzchnię struktur, o tyle domieszkowanie i stopowanie jest zdecydowanie domeną uzależnioną od technik wytwarzania. Jedną z najbardziej zaawansowanych w tym aspekcie jest technika wzrostu metodą epitaksji z wiązek molekularnych (MBE).

Celem niniejszego projektu jest zbadanie możliwości i konsekwencji domieszkowania oraz stopowania materiałów dwuwymiarowych hodowanych metodą epitaksji z wiązek molekularnych. O domieszkowaniu będziemy mówić gdy np. co setny atom molibdenu w  $\text{MoSe}_2$  zostanie zastąpiony wanadem i powstaje materiał domieszkowany  $\text{Mo}_{0.99}\text{V}_{0.01}\text{Se}_2$ . Natomiast w stopie obecność dwóch atomów metalu jest bardziej zbliżona, np. 30% atomów molibdenu i 70% atomów wolframu tworzy stop  $\text{Mo}_{0.3}\text{W}_{0.7}\text{Se}_2$ . Co ważne, dzięki metodzie MBE będzie możliwe wytworzenie serii próbek o różnym składzie i obserwowanie systematycznych zmian związanych z różnicami w koncentracji użytych atomów. Spodziewamy się modyfikacji w strukturze elektronowej, właściwościach mechanicznych, optycznych i magnetycznych.

Wymienione wyżej materiały są materiałami warstwowymi, a najciekawsze efekty optyczne i elektryczne obserwuje się badając ich pojedyncze warstwy (monowarstwy). Dodatkowo wzmocnione efekty uzyskuje się układając takie monowarstwy na dwuwymiarowym izolatorze, czyli heksagonalnym azotku boru. Powodzenie niniejszego projektu będzie możliwe dzięki rozwojowi technologii wzrostu MBE monowarstw materiałów 2D (np. do tej pory  $\text{MoSe}_2$ ,  $\text{WSe}_2$ ,  $(\text{Mo},\text{Mn})\text{Se}_2$ ) przez kierowniczkę grantu, bezpośrednio na heksagonalnym azotku boru i uzyskanie struktur o rekordowych parametrach optycznych, pozwalających na obserwację i zrozumienie nawet bardzo subtelnych efektów fizycznych.