

## Wytwarzanie i charakterystyka dwuwymiarowych warstw dwusiarczku molibdenu

W ostatniej dekadzie pojawił się zupełnie nowy obszar badań, który dotyczy materiałów o strukturze dwuwymiarowej, takich jak grafen czy dwusiarek molibdenu. Materiały te posiadają wachlarz wyjątkowych właściwości fizyko-chemicznych, często bardzo obiecujących z punktu widzenia aplikacji. Jeden z ciekawszych materiałów tej grupy to dwusiarek molibdenu ( $\text{MoS}_2$ ), który z uwagi na to, że jest pierwszym poznany półprzewodnikiem 2D, cieszy się ogromnym zainteresowaniem w dziedzinach nano- i optoelektroniki. Ze względu na swoje wyjątkowe właściwości materiał ten może okazać się kamieniem milowym w rozwoju elastycznej elektroniki (np. zwijane w rulonik smartfony).

Podobnie jak to miało miejsce w przypadku starszego, dwuwymiarowego brata  $\text{MoS}_2$  jakim jest grafen (nagroda Nobla z fizyki w 2010 roku) do pierwszych nad nim eksperymentów wykorzystano metodę tzw. eksfoliacji mechanicznej. Jest to prosta metoda, w której za pomocą zwyczajnej taśmy klejącej uzyskuje się drobne płatki wysokiej jakości kryształów dwuwymiarowych. O ile nie wymaga ona wyrafinowanej aparatury badawczej i udowodniła swoją przydatność w badaniach nad materiałami dwuwymiarowymi, jej zastosowania są ograniczone. Jest to spowodowane jej niską wydajnością i małą powtarzalnością, co uniemożliwia zintensyfikowanie i rozszerzenie badań nad  $\text{MoS}_2$  oraz przede wszystkim nad jego zastosowaniami. Naukowcy i inżynierowie chcący zająć się tematyką nowatorskich urządzeń opartych na monoatomowych warstwach  $\text{MoS}_2$  potrzebują wydajnej metody ich wytwarzania. Umożliwiłyby to systematyzację badań oraz optymalizację konstrukcji urządzeń na nim opartych.

Proponowany projekt wychodzi naprzeciw tym potrzebom. Jego głównym celem jest **opracowanie skalowalnej technologii epitaksjalnego wzrostu monowarstw  $\text{MoS}_2$  na różnych podłożach** o rozmiarach  $1 \text{ cm}^2$ . Zostanie do tego wykorzystany własnoręcznie zbudowany system CVD (Chemical Vapor Deposition), w którym możliwe jest otrzymanie cienkich warstw osadzanych z gazowych prekursorów. W procesie epitaksji z fazy gazowej, po dobraniu odpowiednich warunków, prowadzi się wzrost warstw krystalicznych z dokładnością nawet do pojedynczej monoatomowej grubości. Kluczową rolę w takim procesie odgrywa podłoże, na którym wzrost ten jest przeprowadzany. W projekcie zaproponowano wykorzystanie całkowicie nowego podłoża do wzrostu  $\text{MoS}_2$  jakim jest heksagonalny węgiel krzemu ( $\text{SiC}$ ). Jest to materiał dobrze poznany w technologiach półprzewodnikowych, a jego struktura krystaliczna (sposób uporządkowania atomów) jest w pewnym sensie bardzo podobna do struktury  $\text{MoS}_2$ . Czyni go to niezwykle atrakcyjnym podłożem, na którym otrzymane warstwy  $\text{MoS}_2$  mogą osiągnąć niespotykaną dotąd jakość.

W trakcie prac w projekcie przewiduje się szczegółową charakteryzację otrzymanych struktur. Pozwoli to na zrozumienie i optymalizację procesów wzrostu oraz poznanie ich właściwości (w szczególności elektrycznych i optycznych). Zastosowany do tego zostanie szereg metod badawczych t.j. spektroskopia ramanowska, fotoluminescencja, mikroskopia sił atomowych, mikroskopia elektronowa oraz pomiary właściwości elektrycznych. Na potrzeby ostatnich, na bazie otrzymanych warstw, planuje się konstrukcję urządzeń w geometrii tranzystora. Analiza działania tego typu urządzeń pozwoli na dogłębne zbadanie zjawisk transportu nośników prądu w  $\text{MoS}_2$  (również w zależności od grubości warstwy). Ponadto oczekuje się, że właściwości  $\text{MoS}_2$  na podłożu  $\text{SiC}$ , które nie zostały dotąd zbadane przyniosą szereg nowych informacji o tym materiale. Jest to kolejny element nowatorski w proponowanym projekcie, którego efekty po porównaniu z właściwościami na podłożu  $\text{SiO}_2$  mogą skutkować podniesieniem poziomu poznania dwuwymiarowego  $\text{MoS}_2$ .

Proponowane badania ujęte w projekcie zaliczają się do strategicznego obszaru badawczego opisanego w Krajowym Planie Ramowym, to jest: *VI. Nowe materiały i technologie: 6.1 Nanomateriały i nanoukłady wielofunkcyjne oraz 6.2 Zaawansowane materiały i urządzenia elektroniczne i optoelektroniczne.*