Badanie struktury elektronowej heterostruktur grafen/TMDC

I. Lutsyk1,\*, P. Dąbrowski1, M. Rogala1, D. A. Kowalczyk1, P. Krukowski1, W. Kozłowski1, M. Piskorski1, M. Le Ster1, W. Ryś1, A. Nadolska1, K. Toczek1, P. Przybysz1, R. Dunal1, K. Szałowski1, T. Sobol2, E. Partyka-Jankowska2, M. Szczepanik2, N. Olszowska2, J.J. Kołodziej2,3, Y. Kuwahara4, and P. J. Kowalczyk1

1Katedra Fizyki Ciała Stałego, Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Łódzki, ul. Pomorska 149/153, 90-236 Łódź

2Narodowe Centrum Promieniowania Synchrotronowego SOLARIS

ul. Czerwone Maki 98, 30-392 Kraków

3Instytut Fizyki im. M. Smoluchowskiego, Uniwersytet Jagielloński, ul. Łojasiewicza 11, 30‑348 Kraków

4Wydział Nauki i Technologii Precyzyjnej, Uniwersytet Osakijski, 2-1 Yamada-oka, Suita, Osaka 565-0871, Japonia

\*autor korespondencyjny: iaroslav.lutsyk@uni.lodz.pl

Dichalkogenki metali przejściowych (*ang. transition metal dichalcogenides –* TMDCs) należą do klasy materiałów charakteryzujących się wieloma niespotykanymi w innych układach właściwościami, co prowadzi do ich potencjalnych zastosowań w elektronice i spintronice. Ze względu na swoją warstwową budowę, ta grupa materiałów może być stosowana jako element heterostruktur z innymi układami dwuwymiarowymi, np. z grafenem. W rezultacie oczekuje się, że w takich hybrydowych materiałach pojawią się nowe właściwości, które związane są ze złożonymi zjawiskami występującymi na granicy warstw.

Głównym celem prezentowanych badań było zbudowanie heterostruktur grafen/TMDC i przeprowadzenie analizy ich własności elektronowych. Najistotniejsze było zbadanie wzajemnego oddziaływania obu komponentów i oszacowanie wpływu tego oddziaływania na właściwości grafenu i TMDC.

W tym celu zbudowano i scharakteryzowano dwa typy heterostruktur opartych na TMDC (1T-TaS2, Td-WTe2)i grafenie – grafen/TMDC oraz TMDC/grafen/SiC. Dla hybrydy typu 1T-TaS2/grafen/SiC opracowano dodatkowo wydajną metodę identyfikacji warstw 1T-TaS2 za pomocą pomiarów KPFM, co jednocześnie umożliwiło analizę procesu utleniania 1T-TaS2. Wykazano także że ostrze STM, pozwala na selektywne usunięcie zanieczyszczeń z powierzchni 1T-TaS2. Badania LT-STM przeprowadzone w środowisku ultra wysokiej próżni (UHV) pozwoliły na analizę cienkich płatków 1T-TaS2, w tym także tych o grubości pojedynczej warstwy.

Z kolei drugi typ badanych układów grafen/1T-TaS2 oraz grafen/Td-WTe2 są unikalnymi, heterostrukturami, które umożliwiły wykonanie pomiarów zarówno w skali makro, jak i nanometrowej. Po raz pierwszy zbadano strukturę elektronową takiego układu za pomocą ARPES, dowodząc, że TMDC i grafen zachowują swoje podstawowe właściwości. Dodatkowo, ze względu na efekt bliskości występujący w heterostrukturze, obserwuje się p-domieszkowanie grafenu. Pokazuje to, że oddziaływanie wewnątrz hybrydy należy traktować jako czynnik regulujący właściwości układu, a nie niszczący je, co nie było wcześniej jasne dla struktury grafen/TMDC. Ponadto, tego typu układy mają duży potencjał badawczy w kierunku efektów twistronicznych, na co wskazują nasze wstępne badania STM.

Przedstawione badania były finansowane przez Narodowe Centrum Nauki w ramach projektów: 2019/32/T/ST3/00487, 2015/19/B/ST3/03142, 2018/31/B/ST3/02450.