

Streszczenie

Dichalkogenki metali przejściowych należą do klasy materiałów charakteryzujących się wieloma niespotykanymi w innych materiałach właściwościami, co prowadzi do ich intensywnego stosowania 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 jednocześnie ze złożonymi zjawiskami występującymi na granicy warstw.

Głównym celem niniejszej pracy było zbudowanie heterostruktur grafen/1T-TaS₂ i przeprowadzenie ich pełnej analizy. Praca w szczególności porusza problem wzajemnego oddziaływania obu komponentów i jego wpływu na właściwości grafenu i 1T-TaS₂.

W pracy przedstawiono dogłębne badania materiałów użytych do budowy heterostruktur. 1T-TaS₂ w trzech różnych fazach jest analizowany w skali makro i nano. Wyniki eksperymentalne i teoretyczne nie tylko potwierdzają oczekiwane właściwości 1T-TaS₂, ale także poszerzają dostępną wiedzę na temat jego faz wysokotemperaturowych, które nie były wcześniej wystarczająco zbadane. Dodatkowo scharakteryzowano złożoną naturę grafenu syntetyzowanego na podłożach germanowych i wskazano ten rodzaj grafenu jako preferowany do dalszego budowania i badania struktur hybrydowych. Oceniana jest również skuteczność grafenu jako ochrony przed utlenianiem, co ma kluczowe znaczenie dla ochrony powierzchni 1T-TaS₂.

Następnie omówiono proces budowy i scharakteryzowano właściwości dwóch typów heterostruktur opartych na 1T-TaS₂ i grafenie, tj. płatków 1T-TaS₂ na grafenie i grafenu na powierzchni kryształu 1T-TaS₂. Zgodnie z naszą wiedzą, takie heterostrukтуры nigdy wcześniej nie były badane. Pierwszy z układów tj. 1T-TaS₂/grafen/SiC powstał w kontrolowanej atmosferze. Dla tego typu hybryd opracowano dodatkowo wydajną metodę identyfikacji warstw 1T-TaS₂ opartą na KPFM, co jednocześnie umożliwiło analizę procesu utleniania 1T-TaS₂. Opracowano litografię opartą na STM, która pozwoliła na selektywne usunięcie zanieczyszczeń z powierzchni 1T-TaS₂. Badania LT-STM przeprowadzone w UHV pozwoliły na analizę ultracienkiego 1T-TaS₂, w tym o grubości pojedynczej warstwy. Jednocześnie zaobserwowano modyfikację właściwości elektronowych dwuwarstwowego grafenu na krawędzi płatków 1T-TaS₂ związaną z efektem bliskości występującym w układzie. Z kolei drugi badany układ (grafen na powierzchni 1T-TaS₂)

był unikalną, milimetrową heterostrukturą, która umożliwiła wykonanie pomiarów zarówno w skali makro, jak i nano. Po raz pierwszy zbadano strukturę elektronową takiego układu za pomocą ARPES, dowodząc, że 1T-TaS₂ i grafen zachowują swoje podstawowe właściwości. Dodatkowo, ze względu na efekt bliskości występujący w heterostrukturze, obserwuje się 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/1T-TaS₂. Technika STM dowiodła istnienia fal gęstości ładunku pod grafenem zarówno w fazie nisko, jak i wysokotemperaturowej. To z kolei pozwoliło wykazać czystość interfejsu i skuteczność grafenu jako warstwy ochronnej i nieniszczącej.

IAROSLAV LUTSYK