

Streszczenie popularnonaukowe

Rozwój konwencjonalnej elektroniki opartej na krzemie (Si) osiąga graniczne możliwości technologiczne. Dalszy jej rozwój wymaga integracji nowych materiałów do istniejącej technologii CMOS (z ang. Complementary Metal-Oxide Semiconductor), w wybranych elementach w celu zwiększenia ich funkcjonalności oraz dalszej miniaturyzacji. Materiały dwuwymiarowe (2D) są potencjalnym kandydatem do zastosowania w warstwach czynnych takich elementów. Do materiałów 2D zaliczamy materiały, które charakteryzują się ograniczeniem ruchu elektronów w obrębie warstwy nanometrycznej. Cecha ta powoduje powstanie anizotropii właściwości fizycznych materiału w warstwie i kierunku do niej prostopadłym. Jedną z takich właściwości jest przewodnictwo elektryczne w obrębie warstwy. W warstwie uzyskuje się ruchliwość nośników ładunków porównywalną z idealnymi kryształami trójwymiarowymi (3D) o wysokiej ruchliwości uzyskanych dla grubości 1000 - krotnie większych, podczas gdy w kierunku prostopadłym jest ono o kilka rzędów wielkości niższe. Najlepszym przykładem w tym wypadku jest grafen (Gr), który zawierając pojedynczą warstwę atomów węgla i pozwala na przepływ prądu o nieosiągalnej dla materiałów konwencjonalnej elektroniki gęstości prądu elektrycznego. Dostępność i łatwość wytwarzania Gr pozwoliły mu zdominować badania materiałowe w tym zakresie na kilka lat. Jednak efekty starzeniowe i wrażliwość na destrukcyjną adsorpcję pary wodnej w atmosferze powietrza powodują zainteresowanie naukowców także innymi rodzajami materiałów warstwowych. Do tego typu materiałów zaliczamy: izolatory topologiczne (TI), czy dichalogenki metali przejściowych TMDs (z ang. Transition metal dichalcogenides), które zawierają odpowiednio 5 i 3 warstwy atomowe w elementarnej strukturze warstwy. Nadal wymagają one szeregu badań podstawowych, w tym oddziaływania z warstwami metalicznymi, bez których nie jest możliwe ich pełne zrozumienie i późniejsze wykorzystanie, a określenie właściwości materii w skali mikrometrycznej pozwala często na zrozumienie właściwości fizyko-chemicznych badanych układów także w większej skali.

Planowane w projekcie prace badawcze dotyczą nowo zsyntetyzowanych materiałów TMDs (w szczególności PtSe₂). W teorii wykazują one właściwości fizyczne (np. wysoka ruchliwość i koncentracja nośników ładunku elektrycznego), porównywalne z właściwościami Gr. W odróżnieniu od Gr, powierzchnia PtSe₂ cechuje się zdecydowanie lepszą stabilnością długoczasową w trakcie ekspozycji na powietrze atmosferyczne. Dodatkową zaletą wspomnianego materiału jest zależność struktury elektronowej i charakteru przewodnictwa od ilości warstw (grubości) w kanale przewodnictwa. Pozwala to na tworzenie różnego rodzaju elementarnych urządzeń elektronicznych wykorzystując jeden rodzaj materiału w warstwie czynnej. Możliwość modyfikacji właściwości elektronowych warstwy czynnej poprzez jej grubość, nadal pozostającą w zakresie pojedynczych nanometrów, pozwoli w przyszłości na szerokie możliwości aplikacyjne. Jednak prowadzenie badań podstawowych jest niezbędne ze względu na rozwiązywanie pojawiających się wyzwań technologicznych, związanych np. z wytworzeniem nisko-oporowego kontaktu metalicznego poprzez osadzanie warstw metalicznych metodami fizycznymi. Wyzwanie to spowodowane jest niską aktywnością chemiczną podłoża i koniecznością stosowania kontaktów o architekturze krawędziowej?

Główny problem badawczy proponowanego projektu dotyczy charakteryzacji elektrycznej i globalnej struktury interfejsów metal przejściowy/materiał 2D, w szczególności złączy zawierających PtSe₂. Zagadnienie to pozostaje nie w pełni zrozumiałe, a mechanizmy oddziaływania oraz właściwości złączy metal przejściowy/PtSe₂ stanowią istotny element wiedzy podstawowej. Głównymi celami badawczymi wniosku są: określenie wpływu obróbki termicznej na rezystywność złączy oraz charakterystyka kontaktów metalicznych zawierających warstwę buforową wykonaną z analizowanych metali w skali mikrometrycznej. Końcowe wyniki tych prac pozwolą na kontrolę właściwości rozważanych złączy, które potencjalnie będą przydatne do budowy prototypów urządzeń zawierających cienkie warstwy PtSe₂ jako elementu aktywnego tych urządzeń.

W ostatnich realizowanych pracach eksperymentalnych, prowadzonych także przez autora projektu, pokazano istotny wpływ warstwy buforowej na właściwości kontaktu elektrycznego i interfejsu Gr - metal. Zaobserwowano warstwowy charakter wzrostu oraz efekty związane z interdyfuzją między metalem, a podłożem determinowane są poprzez obecność materiału warstwowego (Gr) w interfejsie badanego układu. Wykonano także strukturyzację powierzchni pozwalającą na określenie właściwości fizycznych warstwy i złącza Gr z podłożem izolującym (SiC). Do tej pory skupiono się nad wytworzeniem kontaktu elektrycznego o wymaganej, minimalnej oporności złącza, jednakże proces ten można w znaczący sposób zoptymalizować poprzez: dobór materiału, parametrów wzrostu i architekturę kontaktu omowego, co wydaje się kluczowe dla przyszłych urządzeń nanoelektronicznych, szczególnie zawierających warstwy PtSe₂.