

## ***Karbeny jako nowa platforma budowy wysoce uporządkowanych monowarstw organicznych***

W obecnych czasach elektronika odgrywa fundamentalną rolę w rozwoju zarówno nauki jak i technologii wywierając bezprecedensowy nacisk nie tylko na światową ekonomię ale także na naszą cywilizację i społeczeństwo. Najbardziej charakterystyczną cechą elektroniki, która jest odpowiedzialna za wywieranie tak dużego wpływu na nasze życie, jest jej ciągły i gwałtowny rozwój. Aby utrzymać ten wysoki poziom rozwoju podejmowane są badania rozwoju elektroniki w zupełnie nowych kierunkach takich jak elektronika molekularna i organiczna. Ten nowy kierunek rozwoju wydaje się być bardzo dobrze uzasadniony biorąc pod uwagę, że materiały organiczne, jak wszyscy wiemy, zostały ewolucyjnie wybrane przez naturę do stworzenia ekstremalnie wydajnego układu elektronicznego jakim jest nasz mózg. Podczas gdy elektronika molekularna, która wykorzystuje pojedyncze molekuly lub pojedyncze warstwy takich molekuł jest wciąż na bardzo początkowym etapie swojego rozwoju, to elektronika organiczna, wykorzystująca warstwy polimerowe oraz kryształy molekularne, jest już teraz wykorzystywana w produkcji ekranów smartfonów i telewizorów na bazie świecących diod organicznych (OLED), co stanowi zdecydowanie najbardziej „widoczny” przykład jej zastosowań.

Niezależnie jednak od tego czy zamierzamy wykorzystać elektronikę molekularną czy organiczną, musimy połączyć ją z elektrodami metalowymi w celu zarówno zasilania jak i komunikacji z innymi częściami naszego urządzenia. Połączenie to jest trudne i to nie tyle z powodów jego technicznej realizacji na odpowiednim poziomie, ale przede wszystkim z powodu strukturalnych różnic pomiędzy materiałami organicznymi i metalami. Te różnice strukturalne prowadzą do braku wzajemnej kompatybilności w zakresie właściwości elektronicznych, termicznych, chemicznych oraz mechanicznych, co prowadzi do szeregu trudności w realizacji dobrze funkcjonującego interfejsu metalo-organicznego. Jednym z najlepiej kontrolowanych sposobów wytwarzania takiego interfejsu jest formowanie monowarstw molekularnych na bazie tak zwanych samoorganizujących się monowarstw organicznych (SAMs), które powstają w sposób spontaniczny (samoczynnie) na podłożu metalicznym na drodze samoorganizacji. W sytuacji idealnej taki interfejs na bazie SAMów powinien być chemicznie i termicznie stabilny, posiadać dobrze określoną strukturę molekularną (forma krystaliczna z małą koncentracją defektów), odpowiednio zdefiniowane własności elektryczne (przewodzące, izolujące lub przełączające) i odpowiednią funkcjonalność zapewniającą w przypadku elektroniki molekularnej kontakt z drugą elektrodą metalową, a w przypadku elektroniki organicznej, z grubą warstwą materiału organicznego.

Do tej pory w większość „standardowych” układów SAM wykorzystuje się atom siarki do wiązania chemicznego z metalem. W tym projekcie będziemy analizować nowy typ SAMów na bazie karbenów, które w wyniku zastosowania atomu węgla do wiązania chemicznego z powierzchnią metalu wykazują znacznie większą termiczną i chemiczną stabilność w porównaniu do jakichkolwiek innych warstw SAM. Do tej pory jednak monowarstwy SAM na bazie karbenów nie zostały scharakteryzowane pod względem swoich własności elektrycznych i, co znacznie ważniejsze, nie pokazano możliwości tworzenia uporządkowanych struktur krystalicznych na bazie tych warstw, co oznacza problem wysokiej koncentracji defektów oraz trudności w formowaniu z takich monowarstw dobrze określonych struktur w skali nanometrowej poprzez proces litografii. Właśnie te dwie cechy są kluczowe w procesie budowania układów elektronicznych, podobnie jak jest to istotne w budowie obecnej elektroniki na bazie półprzewodników nieorganicznych (takich jak krzem), których własności elektroniczne i doskonałość struktury krystalicznej były optymalizowane przez ostatnie kilka dekad aby umożliwić produkcję tranzystorów w skali nanometrowej.

Wydaje się jednak, że te poważne problemy możemy rozwiązać ponieważ nasze wstępne eksperymenty zademonstrowały nie tylko możliwość formowania dobrze uporządkowanych struktur SAM na bazie karbenów ale również pokazały, że stopień tego uporządkowania może być wyższy niż dla jakichkolwiek innych warstw SAM. Ta obserwacja otwiera bardzo ekscytującą możliwość przeprowadzenia po raz pierwszy analizy przewodnictwa tego typu monowarstw wykorzystując do ich budowy specyficznie skonstruowane molekuly mające charakter przewodzący, izolujący i przełączający. Ponadto, przy użyciu dwóch różnych technik litograficznych takich jak stemplowanie oraz naświetlanie za pomocą wiązki elektronowej będziemy mogli przetestować zastosowanie tych SAMów albo do szybkiej i prostej metody formowania wzorów w rozdzielczości mikrometrowej, którą można przeprowadzić na laboratoryjnym biurku, albo do znacznie bardziej skomplikowanej metody litografii projekcyjnej z wiązką elektronową, która wymaga zastosowania specjalnego układu badawczego i przeprowadzenia wcześniejszej analizy oddziaływania elektronów z nowym typem SAMów ale w zamian oferuje rozdzielczość nawet w skali nanometrowej, tak jak jest to wymagane w obecnych układach elektronicznych. Podsumowując, w naszym odczuciu projekt jest jednocześnie rozwijający naukowo i bardzo atrakcyjny technologicznie w obrębie aktywnie rozwijanej dziedziny jaką jest nanotechnologia, która silnie stymuluje rozwój cywilizacji i społeczeństwa, czego wyrazem może być rozwój elektroniki organicznej, gdzie monowarstwy SAM są jednym z kluczowych jej elementów.