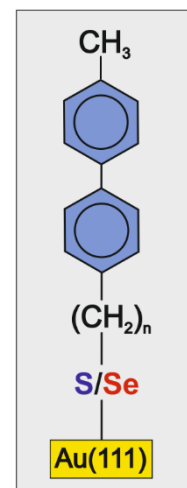


Od elektryczności, przez elektronikę, po komputery osobiste i smartfony. Na co dzień sobie tego nie uświadamiamy, ale rozwój obecnych technologii i dostępu do nich dla przeciętnego człowieka jest bezprecedensowy w skali historycznej. Obecnie większość z nas nosi w kieszeni urządzenie, którego moc obliczeniowa jeszcze kilkadziesiąt lat temu była swobodną fantazją przyszłości, a dzisiaj jest absolutnym standardem, bez którego ciężko wyobrazić sobie codzienność. Wystarczy kilka ruchów palcami, aby mieć dostęp do wiedzy całego gatunku ludzkiego, skrupulatnie gromadzonej przez tysiąclecia. Czasy, w których żyjemy są skutkiem odkrycia jakiegoś 70 lat temu dokonano przez trzech uczonych w laboratoriach firmy Bell Telephone Laboratories. William Shockley, John Bardeen i Walter Houser Brattain dnia 16 grudnia 1947 roku skonstruowali pierwszy tranzystor. Wtedy było to urządzenie, którego powierzchnia była zbliżona do powierzchni ekranu typowego smartfona. Dzisiejszy tranzystor produkowany w technologii 14 nm ma powierzchnię około $0.06 \mu\text{m}^2$, więc po 70 latach rozwoju technologicznego na ekranie smartfona można zmieścić 150 miliardów tranzystorów. Zawrotne tempo rozwoju elektroniki nie byłoby możliwe bez jednoczesnego rozkwitu stosunkowo młodej gałęzi nauki jaką jest nanotechnologia. Jedną z intensywnie badanych dziedzin nanotechnologii jest nowy rodzaj elektroniki, bazujący na organicznych cząsteczkach chemicznych. Mowa o elektronice molekularnej, w której rolę konwencjonalnie stosowanego krzemu przejmą cząsteczki organiczne. Jednak zanim to nastąpi, nauka musi rozwiązać kilka ważnych problemów stojących na przeszkodzie komercyjnym zastosowaniom.

Obecnie elektronika molekularna zmagają się z problemem odpowiedniego połączenia metalicznych elektrod z cząsteczkami chemicznymi. Nie do końca wiadomo w jaki sposób molekuly realizują wiązanie chemiczne z metalem. Wobec tego przeprowadzono badania na samoorganizujących się monowarstwach molekularnych (SAM ang. *Self-Assembled Monolayers*) za pomocą spektrometrii masowej jonów wtórnych (SIMS, ang. *Secondary Ion Mass Spectrometry*). SAMy można sobie wyobrazić jako gęsty las cząsteczek stojących na powierzchni np. złota, jedna przy drugiej w bardzo uporządkowany sposób. Odpowiednikiem korzeni drzew w przypadku SAMów są wiązania chemiczne jakie cząsteczki tworzą z powierzchnią złota. Z kolei SIMS jest techniką polegającą na bombardowaniu różnymi pociskami badanego obiektu i analizowaniu fragmentów jakie są rozpylane. To tak, jakby rzucić kamieniem w jezioro i zbierać krople, które po uderzeniu wyskakują nad powierzchnię tafli wody. Intuicja może podpowiadać, że tak brutalna metoda pomiarowa nie jest w stanie dostarczyć informacji o subtelnych różnicach w międzyatomowych wiązaniach chemicznych. Jednak nauka naprawdę potrafi zaskakiwać, a już szczególnie badania w obszarze nanotechnologii, którą rządzą prawa całkowicie odmienne od tych, z którymi mamy do czynienia na co dzień.

W badaniach zostało wykorzystanych 10 monowarstw SAM, każda z nich zbudowana z innego typu molekuł, różniących się między sobą atomem (siarka lub selen) łączącym cząsteczkę z podłożem oraz innym n , numerującym liczbę grup CH_2 w łańcuchu alifatycznym (rys. 1). Zarówno atom siarki jak i selenu realizuje dwa wiązania chemiczne – jedno z atomem złota na powierzchni, drugie z atomem węgla w łańcuchu alifatycznym. Zliczając odpowiednie fragmenty cząsteczek, które zostały wyrzucone pod wpływem uderzenia pocisku w monowarstwę SAM, można spróbować wyciągnąć wnioski dotyczące stabilności wiązań chemicznych. Analiza danych SIMS dla monowarstw na bazie selenu pokazała, że dużo mniej fragmentów powstaje przy zerwaniu wiązania Au-Se niż Se-C. Na tej podstawie można stwierdzić, że selen angażując się bardziej w jedno wiązanie (z Au) jednocześnie traci na sile drugiego wiązania (z C). Idąc dalej, skoro atom węgla po jednej stronie ma słabe wiązanie z selenem, to po drugiej stronie ma mocne wiązanie z następnym atomem węgla w łańcuchu alifatycznym. W pełni analogiczne, choć bardziej zbalansowane (o mniejszej amplitudzie) zaburzenie w stabilności kolejnych wiązań chemicznych obserwowano w przypadku monowarstw SAM bazujących na atomie siarki. Efekt ten pokazuje oscylację w energii kolejno po sobie występujących wiązań chemicznych, idąc od powierzchni złota wzdłuż łańcucha alifatycznego molekuly. Takie same monowarstwy SAM uformowano na powierzchni srebra i otrzymany wynik ujawnił bardzo podobne oscylacje. Różnica wynika z tego, że selen wiąże się mocniej do powierzchni srebra, stąd amplituda oscylacji jest nieco większa w porównaniu do efektu na złocie. W przypadku badań podobnych molekuł, ale bez łańcucha alifatycznego (bezpośrednio związana siarka bądź selen z częścią aromatyczną) wynik stabilności wiązań Au-S(Se)-C okazał się w pełni analogiczny.

Opisane badania ujawniły wzajemną relację wiązań chemicznych w molekule związanej z powierzchnią metalu oraz wytłumaczyły mechanizm przewodnictwa przez złącze molekula-metal. Niezależnie od atomu tworzącego kontakt, wartość przewodnictwa elektrycznego jest taka sama dla obu typów atomów (siarki i selenu).



Rysunek 1. Molekuly wykorzystane w badaniach. N oznacza liczbę grup metyloowych w łańcuchu alifatycznym.