

Tytuł Pracy Doktorskiej: *Monowarstwy typu SAM dla elektroniki molekularnej i organicznej: wpływ grupy wiążącej na stabilność termiczną i przewodnictwo elektryczne*

Autor: Mateusz Wróbel

Nr albumu: 1101055

Afiliacja: Zakład Fizyki Nanostruktur i Nanotechnologii, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków

Słowa kluczowe: samoorganizujące się monowarstwy organiczne, elektronika molekularna, elektronika organiczna, stabilność termiczna, przewodnictwo elektryczne

Streszczenie Pracy Doktorskiej

Rozwój cywilizacji napędzany jest przez postęp technologiczny. W obecnych czasach zaczynają być osiągnięte limity, dobrze ugruntowanej w dziedzinie elektroniki, technologii krzemowej. Zwiększanie wydajności procesorów poprzez zmniejszanie wymiarów tranzystorów (opisywane przez tzw. „prawo Moore’a”), ograniczane jest przez problemy związane z kwantową naturą skali nanometrycznej, mianowicie pojawianie się prądów upływu, które znacząco zmniejszają wydajność układów. Potrzebne jest zatem poszukiwanie alternatywnych koncepcji rozwoju. Obiecującą dziedziną jest elektronika organiczna/molekularna, gdzie wykorzystywane są pojedyncze cząsteczki bądź ich ugrupowania, takie jak samoorganizujące się monowarstwy organiczne (ang. *self-assembled monolayers, SAMs*). Pomimo (jak na razie) dużo mniejszej wydajności układów organicznych, wykorzystanie ich może nieść pewne zalety, takie jak chociażby możliwość deekscytacji ze stanów wzbudzonych również na drodze emisji fotonów, a nie tylko fononów (jak dla materiałów nieorganicznych). Zwiększenie udziału pierwszej ścieżki mogłoby zniwelować problemy z przegrzewaniem się układów podczas ich pracy.

Samoorganizujące się monowarstwy organiczne, dzięki łatwości formowania, relatywnie niskim kosztom produkcji oraz teoretycznie nieograniczonej dowolności w konstrukcji cząsteczek znalazły niezwykle szerokie pole zastosowań, od biotechnologii do elektroniki molekularnej. Efektywne wykorzystanie związków organicznych do elektroniki wymaga jednak optymalizacji struktur przez nie tworzonych oraz ich właściwości, takich jak stabilność termiczna i przewodnictwo elektryczne.

W niniejszej rozprawie podjęto się zbadania, w jaki sposób grupa wiążąca wpływa na strukturę energetyczną w nanostrukturach typu SAM, która bezpośrednio przekłada

się na właściwości tych monowarstw. W pierwszym etapie zbadano zjawisko oscylacji w energii wiązań chemicznych na interfejsie molekula – metal i wykazano, że ma ono charakter ogólny, a mierzony efekt pochodzi z monowarstwy SAM (cząsteczek chemisorbowanych) a nie z cząsteczek w stanie niezwiązanym. Wyniki te posłużyły w kolejnym kroku do racjonalizacji silnego wpływu wyboru grupy wiążącej na stabilność termiczną monowarstw, która związana jest z tzw. „najsłabszym ogniwem”, czyli wiązaniem o najniższej energii. Pozwoliło to również wytłumaczyć niezależność przewodnictwa elektrycznego od sposobu wiązania z podłożem na drodze redystrybucji gęstości elektronowej w cząsteczkach. Do badań wykorzystano również stosunkowo nową grupę związków, mianowicie N-heterocykliczne karbeny. Uzyskane wyniki pozwoliły obalić powszechną hipotezę o niemożliwości konstrukcji gęsto upakowanych, „wertykalnych” warstw z wykorzystaniem małych grup bocznych.

Najważniejszym wynikiem przeprowadzonych badań jest określenie dwóch typów monowarstw SAM charakteryzujących się wysoką stabilnością termiczną i odpowiednio dopasowanym przewodnictwem elektrycznym, do zastosowań w elektronice molekularnej/organiczej, a w szczególności w organicznych tranzystorach polowych. Pierwsza z wytypowanych monowarstw SAM zbudowana z wykorzystaniem cząsteczek naftalenotoli, jest szczególnie atrakcyjna w kontekście funkcjonalizacji elektrod źródła bądź drenu ze względu na jej ponadprzeciętnie wysokie przewodnictwo, które minimalizuje opór kontaktowy na styku metal – półprzewodnik organiczny. Natomiast drugi układ, oparty na benzoimidazolu z metylowymi grupami bocznymi, może być z powodzeniem wykorzystany do pokryć elektrod bramki, gdzie jego niezwykle izolujący charakter oraz potencjalnie wysoka stała dielektryczna mogą zniwelować problemy z niechcianym tunelowaniem prądu oraz zwiększyć wydajność urządzenia.