

Pomiary charakterystyki prądowo-napięciowej nanostruktur formowanych w obszarze złącza metal-półprzewodnik

Maciej Wawrzyniak¹, Jan Martinek², Maciej Szorc², Bogdan Idzikowski²

¹ Wydział Elektroniki i Telekomunikacji, Politechnika Poznańska, Piotrowo 3A, 60-965 Poznań,

² Instytut Fizyki Molekularnej PAN, Smoluchowskiego 17, 60-179 Poznań.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów charakterystyki prądowo-napięciowej nanostruktur z kwantowym stykiem punktowym - QPC (ang. *quantum point contact*) formowanych w obszarze złącza metal półprzewodnik. Nanostruktury z QPC formowano w sposób dynamiczny pomiędzy ostrzem z metalu a powierzchnią półprzewodnika. Do pomiarów charakterystyki prądowo-napięciowej zastosowano system pomiarowy umożliwiający pomiary charakterystyki w ultra krótkim czasie, krótszym od czasu trwania stabilnej konfiguracji atomów w nanostrukturze (rzędu 1 μ s).

Obszar złącza (interfejsu) metal-półprzewodnik charakteryzuje się właściwościami wynikającymi z różnic w strukturze pasmowej metalu i półprzewodnika tworzącego złącze. Jeżeli w obszarze interfejsu wytworzymy nanostrukturę o rozmiarach na tyle małych, że wewnątrz nanostruktury będzie zachodziło zjawisko kwantowania przewodności, na transport elektronów będzie miał wpływ zarówno efekt kwantowania przewodności jak i efekt interfejsu. Dla złącza metal-półprzewodnik typu n nieliniowość charakterystyki prądowo napięciowej wynika z przepływu strumienia elektronów emisji termoelektrycznej z półprzewodnika do metalu. Wysokość bariery dla tego kierunku przepływu jest zmieniana przez wartość i kierunek napięcia polaryzującego złącze. Zakłada się, że oprócz emisji termoelektrycznej są jeszcze dwa inne procesy, które wywołują przepływ prądu elektrycznego: dyfuzja oraz tunelowanie. Możliwość formowania się QPC w obszarze złącza metal-półprzewodnik jest nową ciekawą sytuacją, gdyż nie jest jasne, który z wymienionych powyżej mechanizmów fizycznych w obszarze transportu balistycznego będzie miał decydujące znaczenie w tworzeniu się silnie nieliniowej charakterystyki prądowo-napięciowej w tym układzie.

Pomiary charakterystyki prądowo-napięciowej przeprowadzono dla nanostruktur formowanych pomiędzy ostrzem z kobaltu a powierzchnią z germanu w temperaturze pokojowej i ciśnieniu atmosferycznym. W eksperymencie wykorzystano german domieszkowany na typ p o następujących koncentracjach domieszki: $44 \cdot 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, $44 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, $44 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ oraz $44 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Zmierzone charakterystyki zostały porównane z charakterystykami obliczonymi na podstawie modelu złącza metal-półprzewodnik. Przedstawione wyniki pomiarów wykazują silną nieliniowość i efekt wzmocnienia prądu, który może świadczyć o tworzeniu się bariery Schottky'ego w obszarze złącza kwantowego. Potwierdzenie tezy o możliwości wytworzenia złącza metal-półprzewodnik z barierą Schottky'ego o rozmiarach porównywalnych z rozmiarami atomowymi ma bardzo duże znaczenie dla rozwoju nanoelektroniki. Diody Schottky'ego o rozmiarach nanometrów, po opracowaniu odpowiedniej technologii, mogą być wykorzystane do produkcji układów elektronicznych o ekstremalnie dużym stopniu scalenia i bardzo dużej szybkości działania.