

Streszczenie

Niniejsza rozprawa przedstawia wyniki moich badań przeprowadzonych podczas mojego doktoratu na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Tematyką pracy jest badanie procesów samoorganizacji nanostruktur metalicznych na powierzchniach kryształów półprzewodnikowych. Celem pracy było wytworzenie i charakteryzacja nanostruktur Au powstających na podłożu Ge(001) w wyniku termicznie indukowanej samoorganizacji w zależności od temperatury wygrzewania oraz zbadanie zmian morfologii i przewodnictwa elektrycznego warstwy Ag na Ge(111).

Układ Au/Ge(001) badany był metodami dyfrakcji elektronów RHEED i LEED, mikroskopii elektronowej SEM i TEM oraz mikroskopią skanującą sondy STM i AFM. W wyniku badań przedstawiony został model wzrostu nanowyps metalicznych powstających poprzez wygrzewanie warstwy Au o grubości odpowiadającej 6 monowarstwom na powierzchni Ge(001). W temperaturze pokojowej Au tworzy na Ge(001) ciągłą, szorstką warstwę, która podczas wygrzewania reorganizuje się, poprzez dyfuzję atomów Au po warstwie Au, w nanowypsy. Wyznaczona została zależność kształtu, gęstości i rozmiarów nanowyps od temperatury wygrzewania. Zaobserwowany został wpływ eutektyki układu Au-Ge na charakterystykę otrzymywanych nanowyps. W temperaturach poniżej temperatury eutektycznej nanowypsy Au przybierają kształt o podstawie prostokąta, podczas gdy w wyższych – o podstawie ośmiokąta. Prostokątne nanowypsy są monokrystalitami Au o strukturze fcc, zorientowanej płaszczyzną (110) równolegle do powierzchni Ge(001). Zaproponowany model nanowyps powstających podczas ochładzania układu od temperatur przewyższających temperaturę eutektyczną zakłada krystalizację płynnego stopu Au-Ge z segregacją faz, co prowadzi do powstania obserwowanych nanowyps Au w połowie zagłębionych pod powierzchnię podłoża. Nanowypsy te składają się z krystalitu Au o strukturze fcc, znajdującego się w najniższej części nanowypsy, oraz krystalitów Au o strukturze heksagonalnej. Faza Au hcp powstaje w wyniku dyfuzji Ge z metastabilnej fazy β Au-Ge. Badania przedstawione w prezentowanej rozprawie wyjaśniają obserwowane kształty i rozmiary nanowyps Au na powierzchni Ge(001) oraz definiują sposób otrzymywania trójwymiarowych krystalitów Au o strukturze hcp stabilnych przy obrazowaniu wiązką elektronową w powtarzalny sposób.

Dodatkowo pokazany został wpływ pasywacji powierzchni 6 ML Au/Ge(001) poprzez wystawienie przed wygrzaniem na działanie warunków normalnych oraz ciśnienia gazów podczas

procesu wygrzewania. Adsorbaty na powierzchni warstwy Au na Ge(001) tworzą dodatkowe miejsca wzrostu wysp przy jednoczesnym obniżeniu bariery Erhlicha-Schwoebla, prowadząc do powstania drobnych krystalitów Au oraz wysp Au o rozmiarach wielokrotnie większych niż w przypadku próbek niepasywowanych. W przypadku wygrzewania Au/Ge(001) w warunkach atmosfery niskiego ciśnienia par H_2O powierzchnia Ge jest trawiona, co zostało powiązane z procesem trawienia podobnym do trawienia chemicznego wspomaganego metalem, obserwowanego wcześniej jedynie w roztworach wodnych. W temperaturach powyżej temperatury eutektycznej Au-Ge występuje również drugi kanał trawienia poprzez preferencyjne odparowanie atomów Ge z kropli płynnego Au-Ge.

Na podstawie wyników badań potencjometrycznych, pokazano występowanie metalicznej warstwy przewodzącej znajdującej się pod powierzchnią Au/Ge(001). Warstwę tę zidentyfikowano jako obszar około 1 nm pod powierzchnią, w którym występuje wzbogacenie w atomy Au.

W przypadku warstwy Ag na powierzchni Ge(111) pokazano reorganizację z ciągłej warstwy o grubości 3 ML do warstwy perforowanej o grubości 6 ML w temperaturze pokojowej, z powodu występowania preferencyjnych grubości warstwy wywołanych rozmiarowym efektem kwantowym. Scharakteryzowano przewodnictwo powierzchni i różnice potencjału pomiędzy warstwą Ag i powierzchnią podłoża wewnątrz dziur w perforowanej warstwie. Został pokazany wpływ obniżania bariery Erhlicha-Schwoebla indukowany ostrzem STM na morfologię i przewodnictwo powierzchni Ag/Ge(111).