

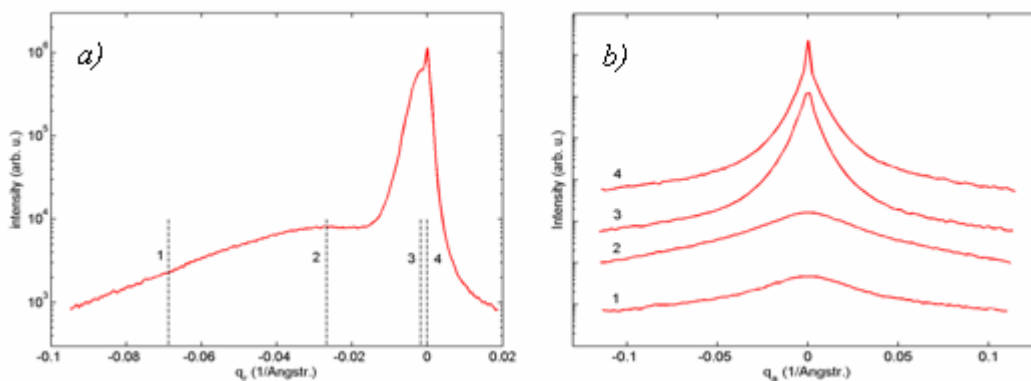
Study of the stress field and structural defects in LT-MBE grown Si(n)/Ge(m) superlattices with ultra small quantum dots

Iraida Demchenko, Jarosław Domagała, Edyta Piskorska, Vaclav Holý

Struktury niskowymiarowe takie, jak kropki i studnie kwantowe Ge/Si znajdują szerokie zainteresowanie we współczesnej elektronice i optoelektronice. Jedno z ważnych zastosowań Ge/Si nisko-wymiarowych struktur związane jest z realizacją w nich 'kwaziprostopasmowej' luminescencji. Fakt ten umożliwia stworzenie źródeł promieniowania na bazie krzemowej integralnej technologii w obszarze długości fal bliskich 1.5 μm , wykorzystywanych we włóknooptycznych systemach komunikacyjnych.

Jest znanych wiele metod hodowania samoorganizujących się kropek kwantowych Ge na podłożu Si. Jedną z nich jest wzrost ultra małych kropek za pomocą epitaksji z wiązki molekularnej (MBE) przy obniżeniu temperatury wzrostu (T_w) warstwy Ge do 150 - 300°C. Z obniżeniem T_w warstwy Ge zwiększa się jej grubość krytyczna (GK) do 10-15 monowarstw (dla wzrostu „wysokotemperaturowego” GK wynosi 2-4 monowarstwy) i gwałtownie zmniejsza się długość dyfuzyjna atomów Ge, co powoduje powstawanie trójwymiarowych pseudomorficznymi wysp Ge na początkowych etapach wzrostu. Przy grubości 12 monowarstw wysepki łączą się w ciągłą warstwę, a od 15 monowarstw zaczyna się relaksacja elastycznych naprężeń Ge poprzez tworzenie dyslokacji niedopasowania (co zostało potwierdzone przez badania tych struktur za pomocą elektronowego mikroskopu transmisyjnego). Niskotemperaturowe kropki kwantowe mają małe rozmiary, ujawniają się, więc, w nich efekty kwantowania wymiarowego poziomów elektronowych, których położenie zależy od rozmiarów, kształtu oraz składu kropek. Parametry te w zależności od temperatury wzrostu mogą doprowadzić do istotnych różnic w diagramach struktur pasmowych.

Na Rysunku 1 przedstawione są: a) radialny przebieg oraz b) przebiegi kątowe, dla wartości wektorów sieci odwrotnej q_r zaznaczonych na radialnej zależności liniami przerywanymi 1-4 dla płaszczyzn (220). Na zależności radialnej zaobserwowane zostało maksimum w obszarze 1-2 (Rys. 1a). Zakładając, że to maksimum pochodzi od częściowo zrelaksowanych kropek kwantowych można oszacować lateralne naprężenia w kropkach, $\varepsilon_{||} \approx 0.008$. Następnie, używając tak zwanej metody „iso-strain” z szerokości przebiegów kątowych (Rys. 1b) można oszacować rozmiary kropek w podstawie – 20nm. Ponieważ: 1) metoda „iso-strain” może być nieprawidłowa dla ultra-małych kropek oraz 2) bez dokładnych numerycznych symulacji nie można jednoznacznie powiązać maksimum widoczne na przebiegu radialnym (obszar 1-2, Rys. 1a) z obecnością częściowo zrelaksowanych kropek, lub na przykład, z rozpraszaniem dyfuzyjnym od dyslokacji dla tych struktur przeprowadzony został dodatkowy cykl pomiarów za pomocą metody dyfrakcji anomalnego rozpraszania (używając geometrii poślizgowej (GID)), który miał na celu określenie zależności właściwości strukturalnych utworzonych kropek kwantowych Ge/Si od wybranej temperatury wzrostu. Interpretacja wyników jest w toku.



Rysunek 1. a) Przebieg radialny, oraz jak konsekwencja b) Przebiegi kątowe, które zmierzone zostały dla wartości wektorów sieci odwrotnej q_r zaznaczonych na rysunku a) liniami przerywanymi (1-4) dla płaszczyzn (220).