

WYTRĄCENIA MnSb W MATRYCY GaSb WYTWARZANE PRZY POMOCY METODY MBE

A. Wolska^{1*}, K. Lawniczak-Jablonska¹, M.T. Klepka¹ and J. Sadowski^{1,2}

¹Institute of Physics PAS, al. Lotników 32/46, 02-66, Warsaw, Poland

²Lund University, MAX-Lab, Lund SE-221 00, Sweden

Słowa kluczowe: MnSb, GaSb, MBE

*) e-mail: wolska@ifpan.edu.pl

Wśród materiałów, które mogą znaleźć zastosowanie w spintronice, duże zainteresowanie budzą te, które zawierają ferromagnetyczne wytrącenia w matrycy półprzewodnikowej. W celu uzyskania materiałów o pożądanym własnościach magnetycznych, rozsądnie jest zacząć od wytrąceń związku, którego temperatura Curie (T_C) przekracza temperaturę pokojową. Warunek ten spełnia MnSb. Objętościowy MnSb ma T_C równą 587 K [1], zaś dla warstw $Mn_{1-x}Sb_x$ hodowanych na podłożu GaAs T_C sięga 620 K [2].

Poszukiwanie sposobu formowania wytrąceń MnSb w matrycy GaSb podczas hodowli przy pomocy metody MBE wymagało przetestowania różnych typów podłoża, temperatur wzrostu i wygrzewania. Jako przykład przedstawione zostaną warstwy wyhodowane na trzech różnych podłożach: GaMnSbAs na GaAs(100), GaMnSb na GaAs(111)B oraz GaMnSb na GaSb(100).

W przypadku pierwszej próbki warstwa GaMnAs o grubości 700 Å zawierająca 6% Mn została naniesiona na podłoże GaAs(100). Następnie naniesiono na nią 1 ML Mn oraz amorficzny antymon. Tak przygotowaną próbkę wygrzewano przez 1.5 h w temperaturze 200°C. Nadmiarowy antymon odparowano wygrzewając ją dodatkowo przez 10 min w temperaturze 400°C.

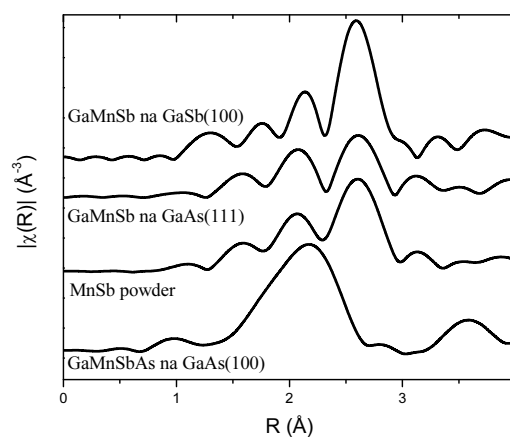
Próbkę drugą otrzymano nakładając najpierw bufor GaSb o grubości 0.12 μm na podłoże GaAs(111)B, a następnie warstwę GaMnSb o grubości 0.63 μm i zawartości manganu około 1%, w temperaturze 450°C.

Próbka trzecia to warstwa GaMnSb o grubości 0.63 μm i zawartości Mn bliskiej 1% naniesiona na podłoże GaSb(100) w temperaturze 450°C.

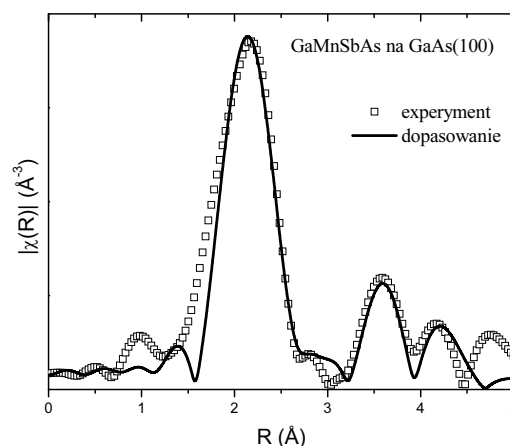
Pomiary widm EXAFS na krawędzi K Mn zostały wykonane w laboratorium HasyLab na stacjach Cemo i E4 przy użyciu 7-elementowego krzemowego detektora fluorescencyjnego. Próbki były schłodzone do temperatury ciekłego azotu. Dodatkowo metodą transmisyjną zmierzono widmo komercyjnego proszku MnSb. Uzyskane dane były analizowane przy pomocy programów Athena i Artemis wchodzących w skład pakietu IFEFFIT [3].

Rysunek 1 przedstawia porównanie transformacji fouriera oscylacji EXAFS dla badanych próbek i proszku MnSb. Można zauważyć, że tylko warstwa GaMnSbAs na GaAs(100) różni się zdecydowanie od standardowego MnSb. Najlepsze dopasowanie uzyskano w tym przypadku rozważając model, gdzie Mn lokuje się na

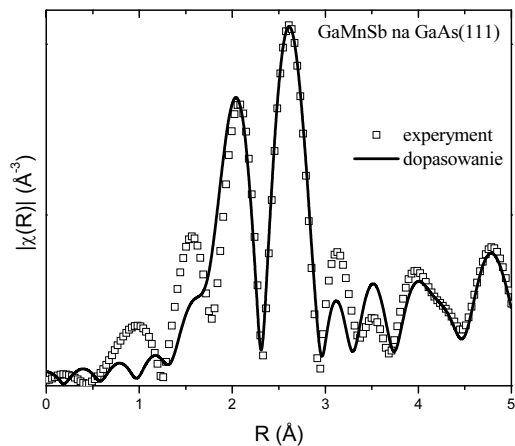
pozycjach podstawieniowych w związku GaAs (Rys. 2). W widmie EXAFS dominuje mangan z warstwy GaMnAs. Jeżeli nawet amorficzny antymon związał się z naniesioną warstwą Mn to jego wkład do obserwowanego sygnału jest bardzo niewielki.



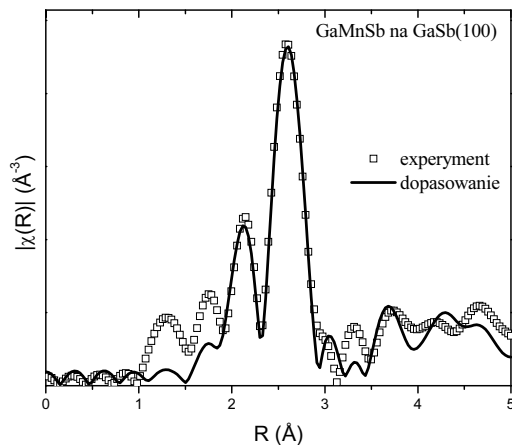
Rysunek 1. Porównanie transformacji Fouriera oscylacji EXAFS dla prezentowanych próbek.



Rysunek 2. Wynik dopasowania modelu teoretycznego do widma eksperymentalnego warstwy GaMnSbAs na GaAs(100).



Rysunek 3. Wynik dopasowania modelu teoretycznego do widma eksperymentalnego warstwy GaMnSb na GaAs(111).



Rysunek 4. Wynik dopasowania modelu teoretycznego do widma eksperymentalnego warstwy GaMnSb na GaSb(100).

W przypadku warstwy GaMnSb na GaAs(111)B dopasowanie przy użyciu tylko modelu MnSb nie przyniosło pozytywnego wyniku. Po sprawdzeniu innych modeli, okazało się, że część atomów manganu podstawia się pod atomy antymonu w matrycy GaSb. Wykorzystując oba modele w dopasowaniu określono, że dla tej próbki około 50% atomów manganu lokuje się w wytrąceniach MnSb, zaś kolejne 50% lokuje się w matrycy GaSb podstawiając atomy antymonu (Rys. 3). Czyste wytrącenia MnSb zostały natomiast uzyskane w warstwie GaMnSb na GaSb(100). Rysunek 4 przedstawia dopasowanie przy użyciu tylko modelu MnSb.

W zależności od typu podłoża i procedury wzrostu, atomy manganu lokowały się w różny sposób w sieciach GaAs i GaSb. Wytrącenia MnSb udało się uzyskać w przypadku dwóch typów podłoża: GaAs(111)B oraz GaSb(100) i procesu prowadzonego w stosunkowo wysokiej temperaturze równej 450°C.

Podziękowania: Autorzy wyrażają podziękowanie za finansowanie uzyskane dzięki grantowi Ministerstwa Nauki i Edukacji N202-052-32/1189 oraz DESY/HASYLAB i Unię Europejską w ramach projektu RII3-CT-2004-506008 (IASFS).

Literatura

- [1] A.F. Panchula, C. Kaiser, A. Kellock, S.S. Parkin, "Spin polarization and magnetotransport of Mn–Sb alloys in magnetic tunnel junctions", *Appl. Phys. Lett.* **83** (2003) 1812–1814.
- [2] H. Akinaga, K. Tanaka, K. Ando, T. Katayama, "Fabrication and magneto-optical properties of epitaxial ferromagnetic $Mn_{1-x}Sb$ thin films grown on GaAs and sapphire", *J. Cryst. Growth.* **150** (1995) 1144–1149.
- [3] B. Ravel, M. Newville, "ATHENA, ARTEMIS, HEPHAESTUS: data analysis for X-ray absorption spectroscopy using IFEFFIT", *J. Synchrotr. Rad.* **12** (2005) 537–541.