

НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЕ В ПРОЦЕССЕ ТЕРМООБРАБОТКИ ТОЛСТЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ Ni₃B.

Рудь Б. М., Тельников Е. Я., Марчук А. К., Тимофеева И. И., Рогозинская А. А.

Институт проблем материаловедения им. И. М. Францевича НАНУ

п/и 03680, г. Киев, ул Кржижановского, 3; dir@ipms.kiev.ua.

Гранулированные композиционные тонкие пленки ферромагнитный металл – диэлектрик при условии, когда структурные элементы составляют нанометры, обладают высокими значениями магнитосопротивления. Этот эффект связан с наличием в таких пленках спин- зависимой проводимости. Такие пленки нашли широкое применение в современной технике. Тем не менее, сведения о получении магниторезистивных пленок по толстопленочной технологии в литературе отсутствуют.

В работе толстые пленки получали трафаретной печатью паст на керамическую подложку и последующей их термообработкой на воздухе. В состав пасты входили порошок Ni₃B и органическая связка, выгорающая в процессе термообработки: нагрев до 790 °С в атмосфере воздуха, и выдержка при этой температуре – 20 мин.

Фазовый состав пленки после термообработки по данным дифрактограмм: кристаллические Ni; NiO и Ni₂O₃ (в малых количествах присутствуют в пленках, изготовленных из мелких порошков Ni₃B) и аморфный B₂O₃ (располагается на поверхности частиц ферромагнитного Ni).

Размер частиц Ni в пленке D определялся методом Селякова по уширению рентгеновских линий. В качестве эталона был выбран алмаз: производилась съемка алмаза кубической модификации и сравнивались линии, соответствующие 2θ = 44° эталона и пленки.

Расчет проводился по формулам; $D = \frac{\lambda}{m \cos \theta}$,

$m = \sqrt{b^2 - b_{st}^2}$ где b и b_{st} – полуширина линий (111), соответствующих 2θ = 44° исследуемых пленок и эталона. Размер частиц Ni в структуре пленки определялся и методом электронной микроскопии.

Толщина прослойки диэлектрического B₂O₃ между токопроводящими ферромагнитными частицами Ni оценивалась расчетным методом. Для простоты расчета частицы Ni взяты в форме куба. Расчет проводился на основе уравнения химической реакции, имеющей место при термообработке: 4Ni₃B+3O₂=12Ni+2B₂O₃.

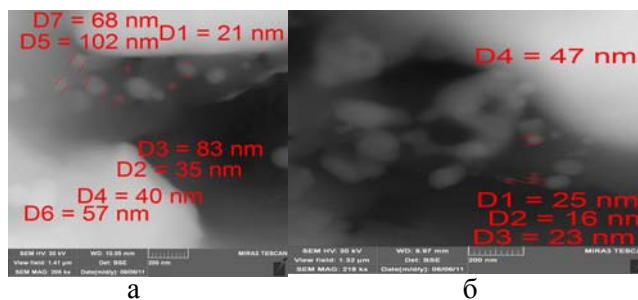


Рисунок – Электронная микроскопия магниторезистивных пленок, полученных из порошков Ni₃B с усредненным размером частиц 6,49 мкм (а) и 5,37 мкм (б); D – размер частиц никеля

Толщина диэлектрического слоя h находилась из выражений: P_{Ni} = d_{Ni} · V_{Ni}; V_{Ni} = r³; P_{Ni} / P_{B₂O₃} = 5,06 (из уравнения химической реакции), P_{B₂O₃} = r² · h · d_{B₂O₃} · 6; h_{B₂O₃} = P_{B₂O₃} / (r² · d_{B₂O₃} · 6); где P_{Ni} – вес образовавшегося Ni; P_{B₂O₃} – вес образовавшегося B₂O₃; d_{Ni} – плотность Ni; d_{B₂O₃} – плотность B₂O₃; V_{Ni} – объем никеля; r – размер ребра куба (размер частицы Ni в пленке); h – толщина слоя B₂O₃.

Таблица – Размеры структурных элементов в пленке

Ni, нм	B ₂ O ₃ , нм	Ni, нм	B ₂ O ₃ , нм
10	1,6	35	5,5
16	2,5	40	6,3
21	3,3	47	7,4
23	3,6	57	9,0
25	3,9	68	10,86
30	4,8	102	16,0

Из таблицы следует, что чем мельче частицы Ni в структуре пленки, тем меньше толщина диэлектрической прослойки B₂O₃ между ними, что должно приводить к увеличению вероятности спин-зависимого туннелирования носителей тока; появление же оксидов NiO и Ni₂O₃, – приводит к утолщению прослойки и уменьшению такой вероятности.