

ТРАНСПОРТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ФЕРРОМАГНИТНЫХ НАНОКОМПОЗИТАХ

Дмитриев А.И., Радченко М.В., Бугаева М.Э., Федорченко Д.А.

Институт проблем материаловедения им. И.М. Францевича НАН Украины,
03142, Киев-142, ул. Кржижановского 3, Украина E-mail: dmitr@ipms.kiev.ua

Ферромагнитные наноконпозиты (ФМНК) с управляемой магнитной структурой ФМ наночастиц (НЧ) на основе диэлектрической матрицы являются перспективными для создания спинтронных магниторезистивных материалов. Рассматриваемый нами ФМНК представляет собой диэлектрическую тугоплавкую матрицу Al_2O_3 , в которой распределены ферромагнитные НЧ Со (15 – 52 ат %). Путем технологического контроля размера, концентрации и формы ферромагнитных однодоменных НЧ можно придать ФМНК необходимые характеристики, такие как супер-парамагнитные или ферромагнитные свойства, величину порога перколяции, отрицательное и положительное магнитосопротивление.

Исследования температурных зависимостей электросопротивления позволили установить порог перколяции (Со ~ 44 ат.%), ниже которого НЧ Со изолированы друг от друга диэлектрическими прослойками; выявить закономерности изменения механизма проводимости ФМНК от прыжкового (закон Мотта) при содержании Со < 44 ат% к металлическому при Со ≥ 44 ат%.

Показано, что увеличение размеров НЧ от 3-5 нм до 10-20 нм, благодаря увеличению энергии их магнитной анизотропии, приводит к расширению температурной области существования состояния спинового стекла от 4,2-50 К до 4,2-200 К.

Обсуждается особенность линейной температурной зависимости термоэлектродвижущей силы (ТЭДС) в виде излома в области $T_i \approx 170$ К. Величина T_i не зависит от концентрации Со и характера проводимости: прыжковый (33,6% Со); туннельный, в области перколяции; металлический (52,5% Со). Это дает основание предполагать общую причину эффекта.

Излом может являться следствием неаддитивности вкладов в ТЭДС от НЧ металлического Со и диэлектрической

матрицы. Учет отношения температурных зависимостей теплопроводностей (γ) НЧ Со и матрицы (что приводит к перераспределению градиентов температуры на фазах ФМНК) позволил теоретически определить вероятную область особенности, хорошо совпадающую с экспериментальными результатами (Рис.1).

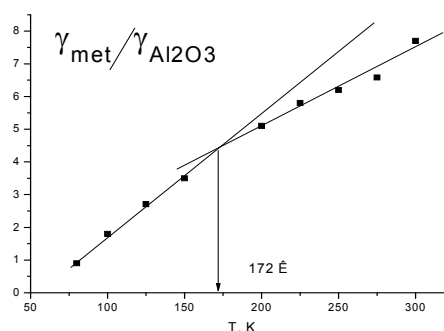


Рис.1. Отношение температурных зависимостей теплопроводностей (γ) НЧ Со и матрицы.

Можно также предположить, что при $T < 170$ К элементами проводящего канала являются энергетические барьеры матрицы Al_2O_3 и интерфейса состава CoO_x . При $T \geq 170$ К, вследствие термической активации энергия электронов превышает величину энергетического барьера интерфейса. Таким образом, электрическое сопротивление проводящего канала при $T \geq 170$ К уменьшается и, в основном, определяется параметрами энергетического барьера диэлектрической матрицы. Последнее приводит к излому линейной зависимости термоэдс в области 170 К и дополнительному увеличению с ростом температуры при $T \geq 170$ К.

Авторы благодарны проф. Лашкареву Г.В. за полезные дискуссии и поддержку исследований.

Работа выполнена при частичном финансировании в рамках программы НАН Украины «Наносистемы, наноматериалы и нанотехнологии».