

КОМПОЗИЦИОННО-МОДУЛИРОВАННЫЕ МАГНИТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ 3-d МЕТАЛЛОВ: ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ.

Чеканова Л.А.¹, Шепета Н.А.^{2,3}, Денисова Е.А.^{1,2}, Исхаков Р.С.¹,
Немцев И.В.⁴, Кузовникова Л.А.⁵

¹*Институт физики СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск*

²*Сибирский федеральный университет, Красноярск*

³*Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск*

⁴*КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН, Красноярск*

⁵*Красноярский институт железнодорожного транспорта филиал ИрГУПС
e-mail: nashka116@mail.ru*

В нашей работе представлены результаты исследования магнитных свойств материалов на основе 3-d металлов с градиентом концентрации и различной геометрией пространственного расположения наночастиц. Основное внимание направлено на изучение параметров случайной магнитной анизотропии и параметров магнитной микроструктуры градиентных материалов, полученных в виде пленок и нитей, по кривым намагничивания. Проведен сравнительный анализ поверхностной магнитной анизотропии градиентных материалов, полученных в различной морфологической форме.

Методом химического осаждения были синтезированы композиционно-модулированные материалы CoNi(P), CoFe(P), FeNi(P), в виде магнитных нитей в порах поликарбонатных трековых мембран с градиентом концентрации фосфора, никеля или железа вдоль оси нити (одномерная упаковка); мультисегментные нити CoNi/FeNi; мультислойные пленки Co/CoNi; CoFe и CoNi пленки с градиентом концентрации Co по толщине (двумерное пространственное расположение зерен); ультрадисперсные порошки Co/Ni с радиальным градиентом концентрации (трехмерная упаковка зерен). Полученные образцы исследовались методами электронной микроскопии, энергодисперсионного анализа и рентгеновской дифракции. Исследованы зависимости магнитных характеристик (намагниченность насыщения, константа обменного взаимодействия, величина поля локальной анизотропии, ширина линии ФМР, коэрцитивная сила) от состава сплава и морфологической формы (пленки, нити, трубки). Установлено, что структурное состояние исследуемых

образцов определяется содержанием фосфора в сплаве. Определены граничные концентрации фазовых равновесий и превращений в градиентных материалах одинакового состава с различной пространственной упаковкой нанозерен (нити, тонкие пленки, порошки). Отметим, что граничная концентрация фосфора для перехода кристалл-аморфность различна для порошков, нитей и пленок.

Информация о величине поля локальной магнитной анизотропии получена из закона приближения намагниченности к насыщению. Эффективная анизотропия формы оценивалась по характеристикам спектра ФМР. В случае нитей определяющим фактором является размер пор матрицы: увеличение размеров пор ПКТМ приводит к уменьшению величины поля локальной кристаллографической анизотропии. Макроскопическая анизотропия формы достигает максимума при размере пор 0.4 мкм, в этом случае легкая ось намагничивания лежит вдоль оси нити. Изучены характеристики спектров ферромагнитного резонанса Co(P), CoNi(P) CoFe(P) однородных нитей и трубок, а также нитей с градиентом концентрации фосфора, железа и никеля. Установлено, что монотонный градиент концентрации элементов вызывает значительное увеличение ширины линии ФМР. Чередование слоев различного состава приводит к появлению дополнительных резонансных пиков. В случае мультислойных пленок Co/CoNi при толщине слоя Co менее $t_L=30 \text{ \AA}$ наблюдается один резонансный пик, при толщине слоя Co сравнимой или более t_L спектр ФМР состоит из двух пиков - от слоев Co и CoNi. Для образцов с двумерной упаковкой зерен величина коэрцитивной силы остается неизменной при изменении толщины слоя Co в ряду 10-100Å. В случае композиционных Ni/Co порошков величина H_c (700 КЭ) значительно превышает значение характерное для однородных частиц CoNi (200 КЭ) аналогичного размера и соотношения элементов. По результатам исследований проведен сравнительный анализ магнитных свойств градиентных и однородных материалов на основе сплавов 3-d металлов. Определено влияние размерности упаковки зерен на магнитные характеристики. Магнитные свойства обсуждаются в рамках модели случайной магнитной анизотропии.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Правительства Красноярского края, Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 18-42-240006