

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТЖИГА НА МЕЖКРИСТАЛЛИТНОЕ МАГНИТНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ В ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ СТРУКТУРАХ НА ОСНОВЕ Co

Немцевич Л.В., Шадров В.Г., Болтушкин А.В., Тагиров Р.И.*
ИФТТП НАНБ, 220017 г. Минск, ул. П.Бровки, 17
*ИФМ УрО РАН 620219 г. Екатеринбург, ул. С.Ковалевской, 18

В настоящей работе исследовано влияние термической обработки на межзеренное магнитное взаимодействие в электролитически осажденных пленках сплавов Co-W со столбчатой микроструктурой, сплавов Co-P с мелкодисперсной структурой (размер кристаллитов ~ 10 нм), а также в пленках сплавов на основе Co-P, полученных кристаллизацией из исходного аморфного состояния [1-5]. Была использована методика оценки магнитного взаимодействия с помощью кривых остаточной намагниченности и δM кривых [6].

Проведенные исследования свидетельствуют о преобладании магнитоэлектростатического взаимодействия ($H_r < H_r'$, $\delta M < 0$) в исходных магнитоэлектростатических пленках, величина которого зависит преимущественно от количества включенных в межкристаллитные границы примесей, размера кристаллитов и текстуры [1]. В пленках Co-W с текстурой [001] и столбчатыми кристаллитами, состоящими из субзерен, форма которых близка к сферической ($\sigma \sim 500$ А) магнитоэлектростатическое взаимодействие обусловлено, в основном, вкладом элементов субструктуры сферической формы и больше по величине, чем в пленках с текстурой [100] и кристаллитами пластинчатой формы, не имеющими выраженной субструктуры. Отжиг пленок с текстурой [001] приводит к заметному уменьшению магнитоэлектростатического взаимодействия и практически не изменяет величину взаимодействия в пленках с текстурой [100] (Рис.1). Это может быть обусловлено совершенствованием столбчатой структуры, уменьшением объема границ между субзернами и, соответственно, уменьшением вклада элементов субструктуры в случае пленок с текстурой [001], и отличиями в механизме формирования микроструктуры электролитических пленок с текстурой [100] (преимущественно нормальный рост пластинчатых кристаллитов и формирование преимущественно когерентных границ между элементами субструктуры) и [001] (тангенциальный рост столбчатых кристаллитов).

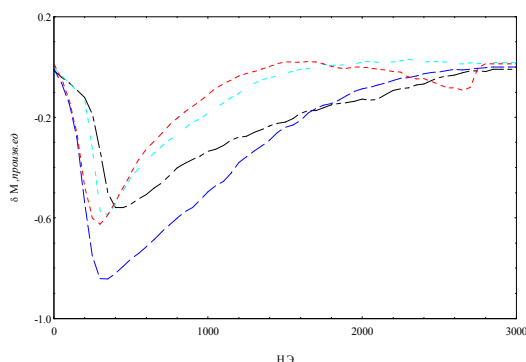


Рис.1. Кривые $\delta M(H)$ пленок Co-W с текстурой [001] (1,3) и [100](2,4) до(1,2) и после (3,4) отжига

При близких параметрах столбчатой микроструктуры и текстуры определяющий вклад в величину межкристаллитного магнитного взаимодействия вносят внутренние напряжения, что проявляется при отжиге пленок Co-W, полученных при различной геометрии осаждения, в магнитном поле, ориентированном в плоскости пленки и по нормали.

В пленках сплавов Co-P с мелкодисперсной структурой совершенствование текстуры [001] с ростом температуры отжига (Табл., образцы 1 и 3) сопровождается постепенным усилением магнитостатического взаимодействия (увеличением фактора взаимодействия $\Phi В = (H_r' - H_r) / H_c$) между кристаллитами. В этом случае отжиг дефектов упаковки увеличивает в кристаллитах объем ГПУ фазы с ориентацией [001]. Возможен также незначительный вклад роста зародышей, благоприятно ориентированных по отношению к основной текстуре электрокристаллизации. Выход фосфора и дефектов кристаллического строения на границы зерен усиливают их магнитное разделение. В образцах с наиболее совершенной исходной текстурой [001] ($I_{002} / I_{100} = 25, 15$ г/л гипофосфита натрия) практически не изменяется степень ее совершенства и изолированность кристаллитов в процессе отжига, так как большая их часть имеет основную ориентацию [001] и более низкую концентрацию дефектов упаковки.

Таблица

Влияние отжига на характеристики пленок Co-P

№ обр.	Текстура	Состав ат.%P	Исх		150° С		350°С	
			H _c , Э	ФВ	H _c , Э	ФВ	H _c , Э	ФВ
1	сл [001]	2	660	0,1	380	0,3	240	0,9
2	[001]	4	980	0,8	540	0,8	240	1,0
3	сл[001]	5	1020	0,2	730	0,4	280	0,9

Значительное количество кристаллитов с ориентацией [100] ($I_{00.1} / I_{18.0} = 4-6$) обуславливает магнитную неоднородность образцов 1 и 3 и появление двух пиков на кривых dI_d/dH (Рис.2), при этом вид кривых существенно различен [7]. Кроме изменения относительной величины пиков, соответствующих перемагничиванию кристаллитов с ориентацией [100] и [001], для образца 1 наблюдается большая разделенность пиков. В данном случае, по-видимому, сказывается разрушение при увеличении гипофосфита натрия крупных зерен-агрегатов (~70 нм) и более равномерное распределение в объеме осадка мелких (~10 нм) кристаллитов ориентации [100] и [001] (образец 3) [3]. Отмеченное различие проявляется и в более существенном росте совершенства текстуры [001] и, соответственно, изменении ширины на полувысоте пиков кривых dI_d/dH , характеризующих распределение полей переключения. Так, ширина кривой dI_d/dH образца 1 при 150 °С уменьшается в 4 раза по сравнению с исходным значением, а образца 3 – в 2 раза [8]. В целом изменение кривых dI_d/dH с увеличением температуры отжига отражает более однородное магнитное состояние образцов со слабой текстурой после отжига (Рис.2).

Переход пленок Co-P, Co-Re-P из аморфного в кристаллическое состояние осуществляется по схеме $АМС \xrightarrow{240-300^{\circ}C} АМС + ГПУ \xrightarrow{300-400^{\circ}C} ГПУ + Со_2Р \xrightarrow{400-500^{\circ}C} ГПУ + ГЦК + Со_2Р \xrightarrow{500-800^{\circ}C} ГЦК + Со_2Р + Re_2Р$. Всем закристаллизованным пленкам свойственно магнитостатическое взаимодействие кристаллитов, величина которого зависит от температуры отжига и состава образцов. Так, при увеличении температуры отжига от 350 до 450 °С магнитостатическое взаимодействие усиливается, что может быть обусловлено совершенствованием текстуры [001] ГПУ -кристаллитов и выделением немагнитного соединения Со₂Р по границам зерен (Рис.3). Дальнейшее увеличение температуры приводит к уменьшению магнитостатического взаимодействия, что связано, по-видимому, с исчезновением кристаллитов с ГПУ решеткой [5]. Увеличение содержания фосфора от 6 до 10 вес.% в исходных пленках Co-P приводит к увеличению магнитостатического

взаимодействия вследствие образования в процессе кристаллизации большего количества фосфидов кобальта по границам зерен. Замена атомов фосфора рением до 2 вес.% [9] спосо-

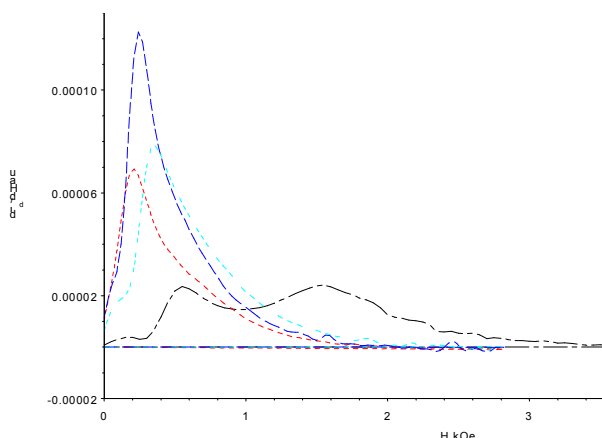


Рис.2.Кривые dI_d/dH пленок сплавов Co-P: 1-исх., 2-150, 3-250, 4-350°C (Обр.1)

бствует увеличению степени магнитного разделения, по-видимому, вследствие уменьшения размеров кристаллитов, в результате чего значительно возрастает длина и уменьшается ширина межзеренных прослоек, а также по причине образования нового немагнитного соединения- фосфида рения. Дальнейшее увеличение содержания рения в сплаве (более 2 вес.%) приводит к уменьшению степени магнитного разделения кристаллитов по сравнению со сплавом Co-P, так как введение в сплав Co-P рения (образец Co-P-Re, 450°C) способствует снижению вероятности образования фосфидов кобальта в закристаллизованном образце, при этом следует также учитывать сдвиг по температуре стадий кристаллизации и некоторое различие в размерах кристаллитов пленок Co-P и Co-P-Re [4].

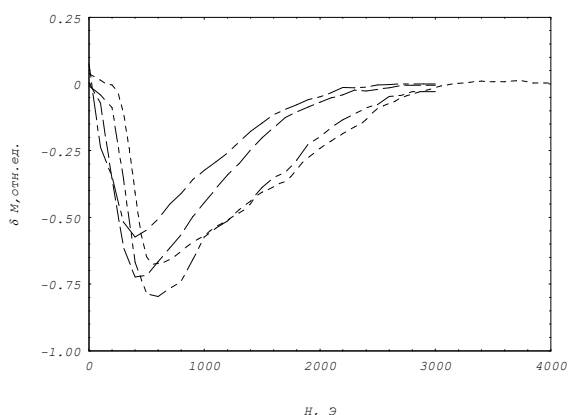


Рис.3 Кривые δM для пленок сплавов -Co-9вес.%P (1,2) и Co-8вес%P-3вес.% Re(3,4): 1,2-360° C; 3,4-450° C

Таким образом установлено, что с помощью термической обработки можно изменять величину магнитоэлектронного межзеренного взаимодействия как в электроосажденных, так и в закристаллизованных из аморфного состояния пленках сплавов на основе Co. При этом характер изменения кривых необратимой восприимчивости и δM кривых при отжиге определяется изменением текстуры пленок и параметров межкристаллитных прослоек, а также наличием субструктуры и позволяет выявить особенности микроструктуры исследованных пленок.

Работа частично поддержана грантом ФФИ РБ (Ф05-223) и НАТО HT LG 940656

[1] В.Г.Шадров и др. ФММ 1, 77 (1998).

[2] В.Г.Шадров и др. Металлофизика и нов.технол. 12, 79 (1997)

[3] V. G.Shadrov, L.V.Nemtsevich Functional Mat. 6, 884 (1999).

[4] Л.В.Немцевич, В.Г.Шадров Металлы 2, 122 (1998)