

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ПЕРПЕНДИКУЛЯРНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ В МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛЕНКАХ Co/Pd

*С.А.Гусев, Ю.Н.Ноздрин, Д.Б.Розенштейн, А.А.Фраерман,
М.Г.Тетельман, М.Г.Широков*

*Институт прикладной физики РАН
603600 Нижний Новгород, Россия¹⁾*

Поступила в редакцию 14 мая 1993 г.

Исследована температурная зависимость перпендикулярной намагниченности в многослойных пленках Co/Pd на основе измерения аномального эффекта Холла. При повышении температуры перпендикулярный магнитный момент становится неустойчивым в нулевом поле. Это указывает на возможность ориентационного перехода, температура которого лежит в интервале от 40 до 400 К, в зависимости от параметров пленок.

В недавних работах [1-4] обнаружен экспериментально и описан теоретически ориентационный переход в сверхтонких пленках толщиной в несколько монослоев. Изменение знака перпендикулярной магнитной анизотропии связывается с сильными двумерными флуктуациями намагниченности в таких пленках [3,4]. В настоящей работе экспериментально обнаружена неустойчивость перпендикулярной остаточной намагниченности при повышении температуры в многослойных пленках из сверхтонких слоев Co и Pd, что указывает на возможность ориентационного перехода в многослойной системе.

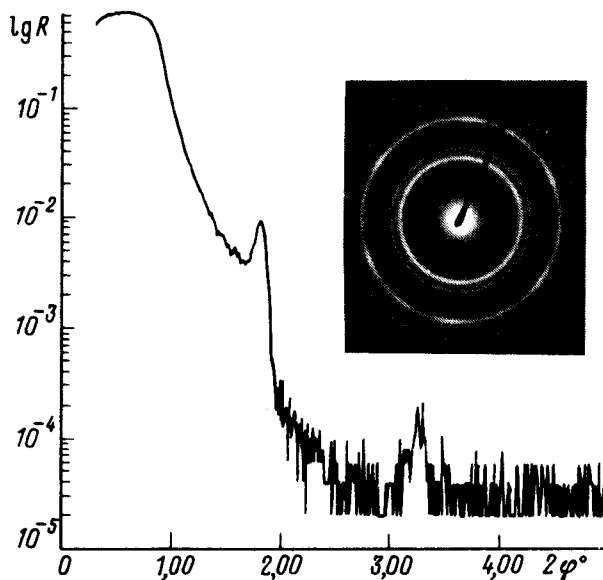


Рис.1.

¹⁾e-mail: teitel@appl.nnov.su.

Методом магнетронного напыления получены многослойные пленки Co/Pd на подложках слюды и кремния с толщинами Co от 0,5 до 2 нм и Pd от 0,5 до 3 нм при общей толщине структуры 20 нм. Толщины слоев в многослойной структуре контролировались по данным малоуглового рассеяния рентгеновского излучения $\lambda_{\text{CuK}\alpha} = 1,54 \text{ \AA}$ (рис.1) и времени напыления. Микроструктура пленок исследована с помощью просвечивающей электронной микроскопии. Многослойная пленка представляет собой мелкодисперсный поликристалл с размерами кристаллитов $\sim 30 \text{ нм}$ со слабо выраженной текстурой (111) (см. вставку к рис.1).

В интервале температур от 4 до 400 К определялось сопротивление Холла в перпендикулярном к пленке магнитном поле, величина которого изменялась от -10 до 10 кГс . При комнатной температуре измерялась величина эффекта Керра при отражении света с длиной волны $\lambda = 0,63 \text{ мкм}$. Данные для намагниченности, полученные из измерения сопротивления Холла и угла вращения Керра, согласуются между собой.

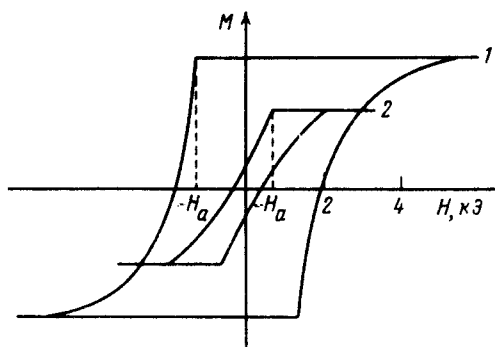


Рис.2. Кривая намагничивания при разных температурах $T = 4 \text{ К}$, $T < T_r$ (кривая 1), и $T = 60 \text{ К}$, $T > T_r$ (кривая 2)

При низких температурах кривая намагничивания является почти прямоугольной (рис.2). Намагниченный до насыщения перпендикулярный магнитный момент не изменяет своего значения в магнитном поле, пока оно не достигает значения $-H_a$. При повышении температуры величина поля H_a уменьшается, и при температуре T_r поле H_a обращается в нуль. При температурах $T > T_r$ перпендикулярный магнитный момент в нулевом поле является неустойчивым, что проявляется в значительном уменьшении остаточной намагниченности по сравнению с намагниченностью насыщения. Величина температуры T_r зависит от толщин пленок Co и Pd в многослойной структуре. Из наших экспериментов следует, что уменьшение толщины пленок Co от 1,5 до 0,5 нм приводит к увеличению T_r от 40 до 350 К.

Отметим, что температура возникновения неустойчивости T_r значительно меньше температуры Кюри T_c . Наблюдаемый эффект является обратимым и кривые намагничивания воспроизводятся при изменении температуры пленок в интервале от 4 до 400 К.

На рис.3 приведены температурные зависимости поля неустойчивости намагниченности H_a и приведенного холловского сопротивления в насыщающем поле (данные по холловскому сопротивлению приведены в разных масштабах для образцов 1 – 3). Толщины пленок $h_{\text{Co}} = 0,7 \text{ нм}$, $h_{\text{Pd}} = 2 \text{ нм}$ (образец 1); $h_{\text{Co}} = 0,5 \text{ нм}$, $h_{\text{Pd}} = 1,5 \text{ нм}$ (образец 2); $h_{\text{Co}} = 0,4 \text{ нм}$, $h_{\text{Pd}} = 1,4 \text{ нм}$ (образец 3).

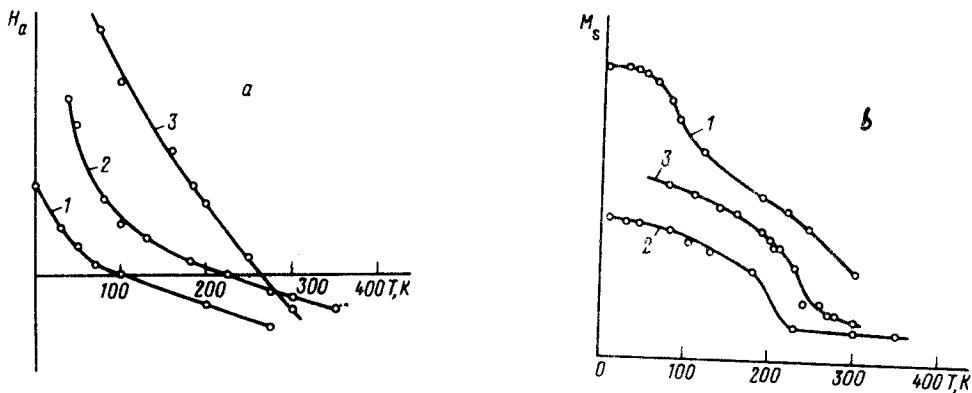


Рис.3. Температурные зависимости $H_a(T)$ (а) и намагниченности $M_s(T)$ (б) для образцов 1-3

С точностью до зависимости константы Холла от температуры температурная зависимость холловского сопротивления определяет изменение намагниченности насыщения с температурой.

Поле H_a изменяет знак при температуре $T = T_r$, величина которой зависит от параметров образца (рис.3,а). Важно отметить, что температурная зависимость намагниченности существенно изменяется при $T > T_r$ (рис.3,б). Эти особенности естественно объясняются, если предположить, что при температуре T_r происходит изменение знака эффективного параметра анизотропии, а температурная зависимость $H_a(T)$ отражает температурную зависимость параметра перпендикулярной анизотропии. Многослойные пленки Co/Pd, являясь геометрически трехмерными системами, могут проявлять квазидвумерные свойства, так как обменная связь между слоями Co значительно меньше, чем обмен в одном слое Co. В такой системе дальний порядок определяется энергией анизотропии и магнитодипольным взаимодействием [5], а величина и характер этих взаимодействий существенно зависят от толщин пленок в многослойной структуре [6-8]. При низких температурах поле H_a имеет большую величину для образцов с меньшей толщиной слоев Co (см. рис.3,а), что согласуется с представлениями о существенной величине поверхностного вклада в анизотропию [8]. Магнитодипольное взаимодействие в квазидвумерных системах может приводить к смене знака эффективной анизотропии с ростом температуры [3,4], а температурная зависимость намагниченности коррелирует с изменением анизотропии с температурой и совершенно не совпадает с линейной зависимостью, характерной для двумерных спиновых систем с анизотропией, но без дипольной связи [3].

Приведенные экспериментальные результаты позволяют предположить существование ориентационного фазового перехода в многослойных пленках Co/Pd.

1. J.J.Krebs, B.T.Jonker, and G.A.Prinz, J. Appl. Phys. **63**, 3467 (1988).
2. D.P.Pappas, K.P.Kämpfer, and H.Hpster, Phys. Rev. Lett. **64**, 3179 (1990).
3. М.Г.Тетельман, ЖЭТФ **98**, 1003 (1990).
4. D.Pescia and V.L.Pokrovsky, Phys. Rev. Lett. **65**, 2599 (1990).

5. Л.Д.Ландау, Е.М.Лифшиц, Статистическая Физика, ч.2. М.: Наука, 1978.
6. P.J.H.Bloemen, C.H.W.Swüste, G.J.M.Poodt, et al., J. Appl. Phys. **67**, 4470 (1990).
7. J.Q.Xiao, A.Gavrin, Gang Xiao, et al., J. Appl. Phys. **67**, 5388 (1990).
8. C.M.Falco, Phys. Rev. Lett. **67**, 1910 (1991).