

3.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ КОНКУРЕНЦИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ АНИЗОТРОПИИ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА МУЛЬТИСЛОЙНЫХ СТРУКТУР

Минькова А.В.<sup>1</sup>, Прудников П. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского  
E-mail: minkovaav@stud.omsu.ru

### INVESTIGATION OF THE COMPETITION EFFECTS FOR DIFFERENT TYPES OF ANISOTROPY ON THE MAGNETIC PROPERTIES OF MULTILAYER STRUCTURES

Minkova A.V.<sup>1</sup>, Prudnikov P.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>) Dostoevsky Omsk State University

The effect of two competitive types of anisotropy - single-ion and easy-plane anisotropy - in a Co/Cu/Co multilayer magnetic structure has been studied. The simulation was carried out by Monte Carlo methods. The temperature and field behavior is studied for various values of anisotropy parameters.

Магнитные свойства ультратонких пленок обладают особой восприимчивостью к эффектам магнитной анизотропии [1], создаваемой кристаллическим полем подложки [2, 3]. В данной работе проведено компьютерное моделирование влияния двух конкурентных типов анизотропии – одноионной и типа «легкая плоскость» на поведение трехслойной магнитной структуры. Рассматриваемая структура состоит из двух ферромагнитных слоев Co, разделенных немагнитной прослойкой Cu. Для проведения численного моделирования методами Монте-Карло использовалась анизотропная модель Гейзенберга [4, 5].

В данной работе были рассчитаны магнитные характеристики с учетом различных значений параметра одноионной анизотропии  $A = -2.0, -1.0, 0.0, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0$  и значений анизотропии типа «легкая плоскость» в зависимости от толщины каждой пленки структуры  $N = 3, 5, 7, 9, 11$  атомных монослоев.

Результаты компьютерного моделирования намагниченности в зависимости от приложенного магнитного поля при разных толщинах пленок представлены на рисунке 1. Значение параметра анизотропии типа «легкая плоскость» убывает с увеличением толщины пленок  $N$ . Видно, что начиная с  $N = 9$  проявляются эффекты одноионной анизотропии со значением  $A = 2.0 J_1$ .

Было рассмотрено поведение намагниченности в зависимости от приложенного магнитного поля при изменении параметра одноионной анизотропии. Получено, что с увеличением значения одноионной анизотропии до  $A = 3.0, 4.0$  можно наблюдать появление петли гистерезиса при направлении поля вдоль оси  $Z$ , потому что эффекты одноионной анизотропии становятся сильнее, чем эффекты

типа «легкая плоскость». Исследования явлений по влиянию эффектов анизотропии могут быть использованы при проектировании спин-вентильных структур.

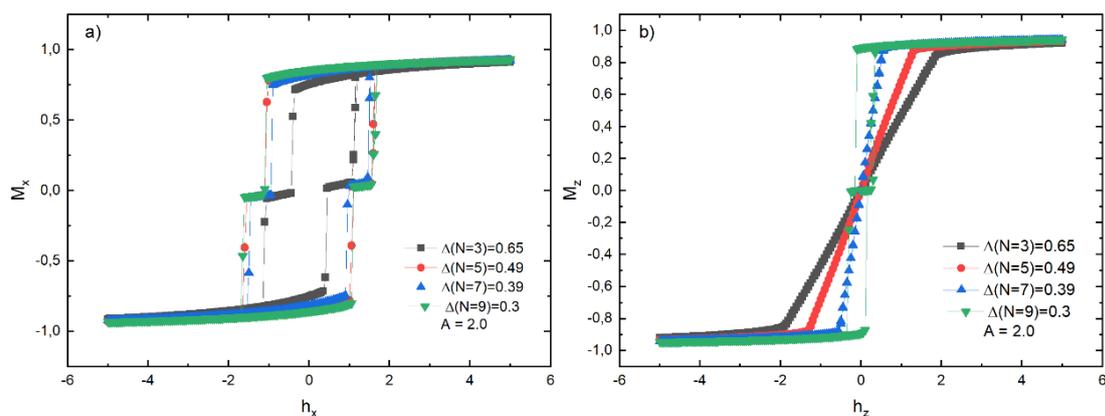


Рис. 1. Результаты моделирования намагниченности в зависимости от магнитного поля  $h$ , направленных а) вдоль оси  $X$  и б) вдоль оси  $Z$  для разных толщин пленок с разными значениями параметра анизотропии типа «легкая плоскость».

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, проект № 20-32-70189, Минобрнауки РФ (соглашение 0741-2020-0002) и гранта МД-2229.2020.2 Президента РФ.*

1. He. X.D., Zhang L.L., Wu G.J., Gao J.W., Ran P., Muhammad Sajjad, Zhou X.W., Cao J.W., Xi L., Zuo YL., Ren Y. Controllable intrinsic Gilbert damping in Pt buffered [Co/Ni] $n$  multilayers with enhanced perpendicular magnetic anisotropy // J. Magn. Magn. Mater. 2021. V. 519. art. 167429.
2. Vaz C.A.F., Bland J.A.C., Lauhoff G. Magnetism in ultrathin film structures // Rep. Prog. Phys. 2008. V. 71. art. 056501.
3. Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Mamonova M.V., Piskunova N.I. Influence of anisotropy on magnetoresistance in magnetic multilayer structures // J. Magn. Magn. Mater. 2019. V. 482. P. 201–205.
4. Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Menshikova M.A., Piskunova N.I. Dimensionality crossover in critical behaviour of ultrathin ferromagnetic films // J. Magn. Magn. Mater. 2015. V. 387. P. 77-82.
5. Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Danilova A.Yu., Borzilov V.O., Baksheev G.G. Non-equilibrium critical dynamics of low-dimensional magnetics and multilayer structures // EPJ Web Conf. 2018. V. 185. art. 11009.