

УДК 538.955

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ СПИН-ВЕНТИЛЬНЫХ НАНОСТРУКТУР

© 2022 г. Е. В. Дроворуб¹, *, В. В. Прудников¹, П. В. Прудников¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского, Омск, Россия

*E-mail: drovorub.egor@gmail.com

Поступила в редакцию 20.09.2021 г.

После доработки 11.10.2021 г.

Принята к публикации 22.10.2021 г.

Реализовано Монте-Карло описание магнитных свойств спин-вентильных структур от температуры и внешнего магнитного поля. Исследованы зависимости гистерезисных явлений от типа анизотропии в структурах, толщины магнитных пленок, величин внутрислоевого и межслоевого обменного взаимодействия.

DOI: 10.31857/S0367676522020089

ВВЕДЕНИЕ

Тенденцией современных исследований в области магнетизма стало смещение фундаментальных интересов от изучения свойств объемных образцов к изучению наноразмерных структур из ультратонких магнитных пленок [1, 2]. В данных низкоразмерных системах возрастает роль поверхностных эффектов, а также процессов, происходящих на границе раздела фаз, которые определяют такие свойства наноразмерных устройств, как гигантское магнитное сопротивление (ГМС) [3–5] и туннельное магнитосопротивление (ТМС) [6–8]. Магнитные структуры с эффектами ГМС и ТМС нашли широчайшее применение в сенсорах магнитного поля, считывающих головках жестких дисков и энергонезависимой магниторезистивной памяти [9, 10].

Синтетические антиферромагнитные наноструктуры с эффектами ГМС состоят из ферромагнитных слоев, разделенных немагнитной металлической прослойкой. Выбор толщины такой прослойки обеспечивает за счет дальнедействующего и осциллирующего межслоевого обменного взаимодействия эффективную антиферромагнитную связь между соседними магнитными слоями. Недостатком таких структур является большое поле насыщения ($H_s \approx 20$ кЭ), необходимое для параллельной ориентации намагниченностей слоев и осуществления ГМС.

Заметным прогрессом в деле совершенствования структур с ГМС можно рассматривать создание спин-вентильных систем, которые, как и мультислойные структуры состоят из магнитных слоев, разделенных немагнитной металлической

прослойкой. Однако направление намагниченности одного из ферромагнитных слоев в структуре закрепляется взаимодействием с введенным дополнительным слоем антиферромагнетика. Для ослабления величины обменной связи между магнитными слоями толщину немагнитной проводящей прослойки из благородных металлов (Cu, Ag или Au) подбирают достаточно большой (1.5–5 нм), чтобы ориентация намагниченности в магнитном слое, незакрепленном связью с антиферромагнетиком, могла свободно изменяться под действием слабого внешнего магнитного поля. Преимуществом спин-вентильных структур являются низкие поля насыщения ($H_s = 5–50$ Э), значительно меньшие, чем в мультислойных магнитных структурах. Это свойство спиновых вентиляей делает их техническое использование наиболее выгодным. Введенные в 1991 г. [11], спин-вентильные структуры находят широкое применение, например, в конструкциях считывающих головок для жестких дисков с плотностью записи более 100 Гбайт/кв. дюйм. В спиновых вентилях магнитные слои изготавливают из мягкого ферромагнетика, например, сплава $Ni_{80}Fe_{20}$ (пермаллой) толщиной 1.5–5 нм. В качестве материала для антиферромагнитной пленки используют сплавы FeMn, NiO или IrMn [11–13]. Структура спинового вентиля, например, $Ni_{80}Fe_{20}/Cu/Ni_{80}Fe_{20}/FeMn$ характеризуется тем, что намагниченность изолированного медью слоя $Ni_{80}Fe_{20}$ может свободно вращаться под действием внешнего магнитного поля относительно намагниченности слоя $Ni_{80}Fe_{20}$, чье направление закреплено обменной связью с антиферромагнетиком FeMn.

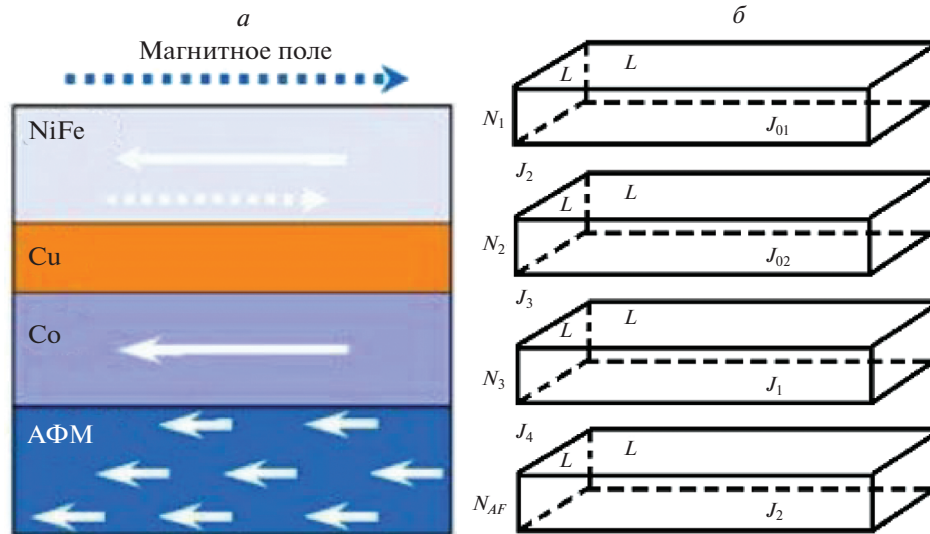


Рис. 1. Схематическое изображение спин-вентильной структуры во внешнем магнитном поле (а). Модель структуры усложненного спинового вентиля (б), состоящего из трех ферромагнитных пленок, разделенных пленками немагнитного металла, и слоя антиферромагнетика, примыкающего к третьей (сверху) ферромагнитной пленке; L , N_1 , N_2 , N_3 и N_{AF} – линейные размеры пленок, J_{01} , J_{02} , J_1 , J_2 , J_3 , J_4 , J_5 – обменные интегралы.

В настоящее время разработаны различные виды усложненных спин-вентильных структур [14], которые по сравнению со спиновым вентилем, введенным в [11], характеризуются наличием дополнительной трехслойной антиферромагнитной системы Co/Ru/Co, усиливающей действие антиферромагнетика FeMn на свободно перемагничивающийся слой ферромагнетика. В данной работе ставится целью осуществить моделирование магнитных свойств такой усложненной спин-вентильной структуры с выделением влияния магнитной анизотропии, величин внутрислоевого и межслоевого обменного взаимодействия на гистерезисные эффекты в спиновом вентиле при изменении толщины наноразмерных ферромагнитных пленок.

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПИСАНИЯ УСЛОЖНЕННОЙ СПИН-ВЕНТИЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

На рис. 1а изображена схематическая модель спин-вентильной структуры [11], в которой обычно применяются комбинированные ферромагнитные слои из сплава $Ni_{80}Fe_{20}$ и Co для повышения в них температуры магнитного упорядочения и увеличения магнитосопротивления. Отметим, что в слое ферромагнетика данной структуры, спаренном со слоем антиферромагнетика и закрепляющем ориентацию намагниченности слоя, под влиянием обменного взаимодействия со стороны антиферромагнетика происходит сдвиг петли гистерезиса на величину H_{ex} , получившего название поля обменного сдвига [11]. На рис. 1б

представлено изображение усложненной спин-вентильной структуры, использующей влияние обменного взаимодействия через пленку, например, рутения для образования дополнительной трехслойной антиферромагнитной системы Co/Ru/Co, которая совместно со слоем антиферромагнетика более эффективно закрепляет ориентацию намагниченности в слое кобальта Co, ближайшем к слою меди Cu.

В ультратонких ферромагнитных слоях Co и $Ni_{80}Fe_{20}$, контактирующих со слоями меди или рутения, намагниченность, как правило, ориентируется в плоскости пленок. Однако в настоящее время в технологических применениях ультратонких магнитных пленок особое внимание начинает уделяться структурам с намагниченностями, перпендикулярными к плоскости пленок. Это обусловлено тем, что целый ряд активных элементов спинтроники с эффектами ГМС, в частности, считывающие магнитные головки с жестких дисков с перпендикулярными к плоскости пленок магнитными конфигурациями демонстрируют значительно лучшие характеристики [15, 16] по сравнению со структурами с намагниченностью в плоскости пленок. Реальными примерами таких магнитных систем являются структуры Pt/Co/Ir/Co/Pt и Pt/Co/Cu/Co/Pt с ультратонкими пленками платины, нанесенными на пленки кобальта [17]. В данной работе мы будем изучать магнитные свойства наноструктур с намагниченностью, ориентированной как в плоскости пленок, так и перпендикулярной плоскости пленок.

В работах [18–20] нами был реализован теоретический подход, который показал, что магнитные свойства ультратонких пленок переходных металлов на основе Fe, Co и Ni, контактирующих с немагнитной металлической подложкой, адекватно описываются анизотропной моделью Гейзенберга. При этом, обменное взаимодействие ферромагнитных пленок в спин-вентильных структурах с намагниченностью, перпендикулярной плоскости ферромагнитных пленок, удобно характеризовать гамильтонианом вида [20]:

$$H = -\sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} \{ (1 - \Delta_1(N)) (S_i^x S_j^x + S_i^y S_j^y) + S_i^z S_j^z \} - h \sum_i S_i^z, \quad (1)$$

а в структурах с намагниченностью в плоскости пленок гамильтонианом

$$H = -\sum_{\langle i,j \rangle} J_{ij} \{ S_i^x S_j^x + 0.8 S_i^y S_j^y + (1 - \Delta_2(N)) S_i^z S_j^z \} - h \sum_i S_i^x. \quad (2)$$

В данных выражениях $\vec{S}_i = (S_i^x, S_i^y, S_i^z)$ – классический трехмерный единичный вектор спина, зафиксированный в i -ом узле ГЦК-решетки ферромагнитной пленки (кобальта), $\Delta_{1,2}(N)$ – параметры, учитывающие эффективное влияние анизотропии, создаваемой кристаллическим полем подложки, на магнитные свойства пленки с толщиной N в единицах монослоев. Параметром $\Delta_1(N)$ мы характеризуем анизотропию типа “легкой оси”, перпендикулярной плоскости пленки, а параметром $\Delta_2(N)$ – анизотропию типа “легкой плоскости”. Зависимости для параметров $\Delta_{1,2}(N)$ брались из работ [19, 20]. Параметр $h = g_{\text{B}} H$ характеризует влияние внешнего магнитного поля, ориентированного вдоль “легкой оси” (оси z) в случае (1) или в плоскости пленки с введенной слабой анизотропией вдоль оси x (случай (2)) для снятия вырождения.

Методика моделирования критических свойств ультратонких гейзенберговских ферромагнитных пленок и мультислойных структур на их основе была отработана нами ранее и представлена в работах [18–22]. В работе [23] нами осуществлялось моделирование поведения простой спин-вентильной структуры с акцентом на разработку методики по расчету ее магнитосопротивления. В данной работе, ориентированной на рассмотрение магнитных свойств усложненной спин-вентильной структуры (рис. 1б), моделирование проводилось для пленок с размерами $L \times L \times N_{1,2,3}$ и наложенными периодическими граничными условиями в плоскости пленки. Значения обменных интегралов внутрислоевого взаимодействия задавались как $J_1/k_{\text{B}}T = 1$, $J_{01}/J_1 = 0.4$, $J_{02}/J_1 = 0.75$, а

межслоевого взаимодействия пленок (1 и 2 сверху) $J_2/J_1 = 0.01$. Температура T системы измеряется при этом в единицах обменного интеграла J_1/k_{B} . Положительный знак обменного интеграла J_2 указывает на реализацию ферромагнитной (параллельной) ориентации намагниченностей ферромагнитных пленок относительно друг друга в отсутствие внешнего магнитного поля, что достигается соответствующим подбором толщины немагнитной прослойки. Для моделирования свойств антиферромагнетика вводится отрицательный по знаку обменный интеграл внутрислоевого межподрешеточного взаимодействия $J_5/J_1 = -2.0$ с $J_1 = 1$ для описания взаимодействия внутри ферромагнитных подрешеток. Данный слой антиферромагнетика фиксирует ориентацию намагниченности спаренного с ним слоя ферромагнетика за счет обменного взаимодействия с константой $J_4/J_1 = -2.0$. В модели усложненного спинового вентиля (рис. 1б) вводится дополнительная трехслойная антиферромагнитная система, образованная двумя ферромагнитными пленками (2 и 3 сверху), разделенными пленкой немагнитного металла, и характеризуемая межслоевым взаимодействием с $J_3/J_1 = -3.0$.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ И ИХ АНАЛИЗ

В данной работе нами осуществлялся расчет температурной зависимости приведенных намагниченностей пленок (на спин)

$$M_{n,\alpha} = \left\langle \frac{1}{N_n L^2} \sum_{i=1}^{N_n L^2} S_i^\alpha \right\rangle \quad (\alpha = z, x) \quad (3)$$

для структур с различными толщинами пленок N_n при $L = 32$ в отсутствие внешнего магнитного поля с проявлением в них различного типа магнитной анизотропии. Это позволяло определить температуры спонтанного магнитного упорядочения для различных пленок в рассматриваемых структурах. В качестве примера на рис. 2а, 2б представлены температурные зависимости намагниченности пленок для структур с анизотропией “легкая плоскость” с толщинами $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС (рис. 2а) и анизотропией “легкая ось” с $N_1 = N_2 = N_3 = 5$ МС (рис. 2б). Из результатов расчета температурной зависимости спонтанной намагниченности пленок видно, что температуры магнитного упорядочения в 1-ой, 2-ой и 3-ей пленках $T_{\text{сн}}$ данных структур отличаются друг от друга прежде всего за счет влияния внутрислоевого и межслоевого взаимодействий, характеризуемых различными значениями обменных интегралов, а также зависят от толщины этих пленок. В проведенных исследованиях толщину слоя антиферромагнетика мы брали фиксированной с $N_{\text{AF}} = 15$ МС.

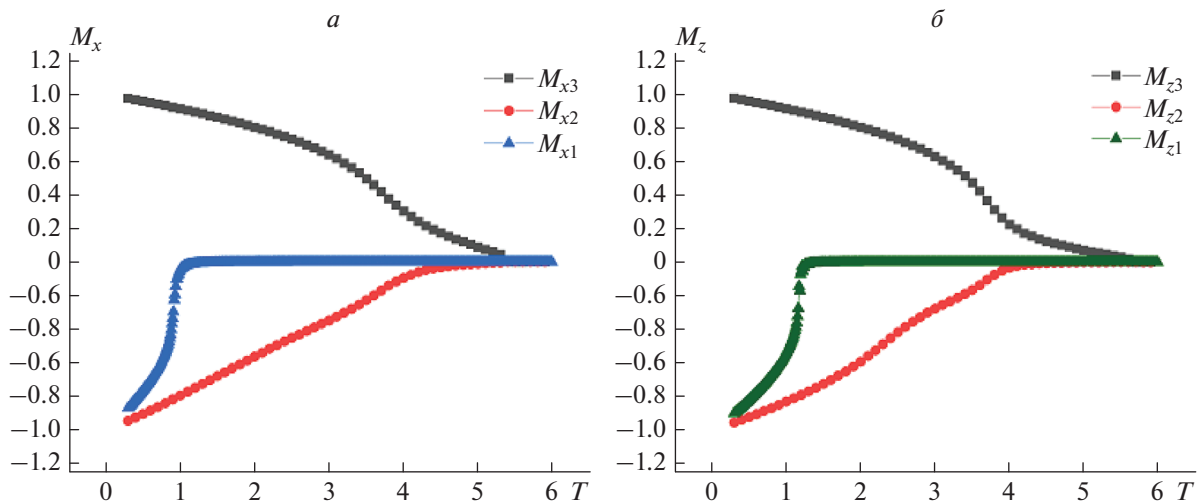


Рис. 2. Температурные зависимости спонтанной намагниченности пленок в спин-вентильной структуре (а) с намагниченностью в плоскости пленок и толщинами $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС и (б) с намагниченностью перпендикулярной плоскости пленок и толщинами $N_1 = N_2 = N_3 = 5$ МС.

С целью исследования гистерезисных явлений в спин-вентильных структурах нами было осуществлено моделирование их магнитных свойств при циклическом изменении внешнего магнитного поля, характеризуемого параметром h , в интервале его изменения от $h = -2$ до $h = 2$ и обратно. Для изучения выбирались температуры близкие, но ниже температуры T_{c1} реализации ферромагнитного упорядочения в 1-ой пленке для осуществления перемагничивания в ней при слабых магнитных полях с минимальными гистерезисными эффектами. Полученные графики петель гистерезиса для структур с анизотропией “легкая плоскость” представлены на рис. 3 как для отдельных ферромагнитных пленок с толщинами $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС (рис. 3а) при температуре $T = 0.7 J_1/k_B$ и с толщинами $N_1 = N_2 = N_3 = 7$ МС (рис. 3в) при температуре $T = 1.2 J_1/k_B$, так и для всей структуры в целом на рис. 3б и 3г. Для данных структур магнитное поле применялось вдоль оси x в плоскости пленок в соответствии с применяемым для моделирования гамильтонианом (2) и введенной в нем слабой анизотропией вдоль оси x для снятия вырождения. Поэтому на рис. 3 представлены изменения компоненты намагниченности M_x от циклического изменения поля h как для отдельных пленок M_{xi} , так и намагниченности M_x всей структуры в целом.

Анализ графиков, представленных на рис. 3а и 3в, показывает, что в интервале изменения внешнего магнитного поля, определяемого $|h| \leq 2$, ориентация намагниченности M_{x3} в 3-ей пленке не меняется за счет ее закрепления межслоевым об-

менным взаимодействием $J_4/J_1 = -2.0$ со слоем антиферромагнетика. При выбранных температурах $T = 0.7 J_1/k_B$ для структуры с $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС и $T = 1.2 J_1/k_B$ для структуры с $N_1 = N_2 = N_3 = 7$ МС, а также слабого межслоевого взаимодействия пленок 1-ой и 2-ой ферромагнитных пленок с $J_2/J_1 = 0.01$, достигаемого за счет достаточно толстого (≈ 25 А) немагнитного слоя меди, намагниченность 1-ой пленки легко переориентируется уже в слабых магнитных полях. Наиболее интересное поведение демонстрирует намагниченность 2-ой пленки, петля гистерезиса которой демонстрирует сильное обменное смещение в область полей, характеризуемых $h \approx 1.5$, для структуры с $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС и более слабое обменное смещение с $h \approx 0.5$ для структуры с $N_1 = N_2 = N_3 = 7$ МС при тех же параметрах межслоевого и внутрислоевого обменного взаимодействия. Данные эффекты обменного смещения обусловлены прежде всего введенной в структуру спинового вентиля трехслойной антиферромагнитной системой из 2-ой и 3-ей ферромагнитных пленок с прослойкой немагнитного металла (как правило, рутения с толщиной примерно 7 \AA), и характеризуемой межслоевым взаимодействием с $J_3/J_1 = -3.0$. На рис. 3б и 3г представлено проявление гистерезисных эффектов в данных структурах в целом. Наблюдаемое обменное смещение петли гистерезиса для 2-ой пленки при узкой петле гистерезиса для 1-ой пленки обеспечивает лучшие условия для проявления эффектов ГМС в данных структурах со стабильными характеристиками.

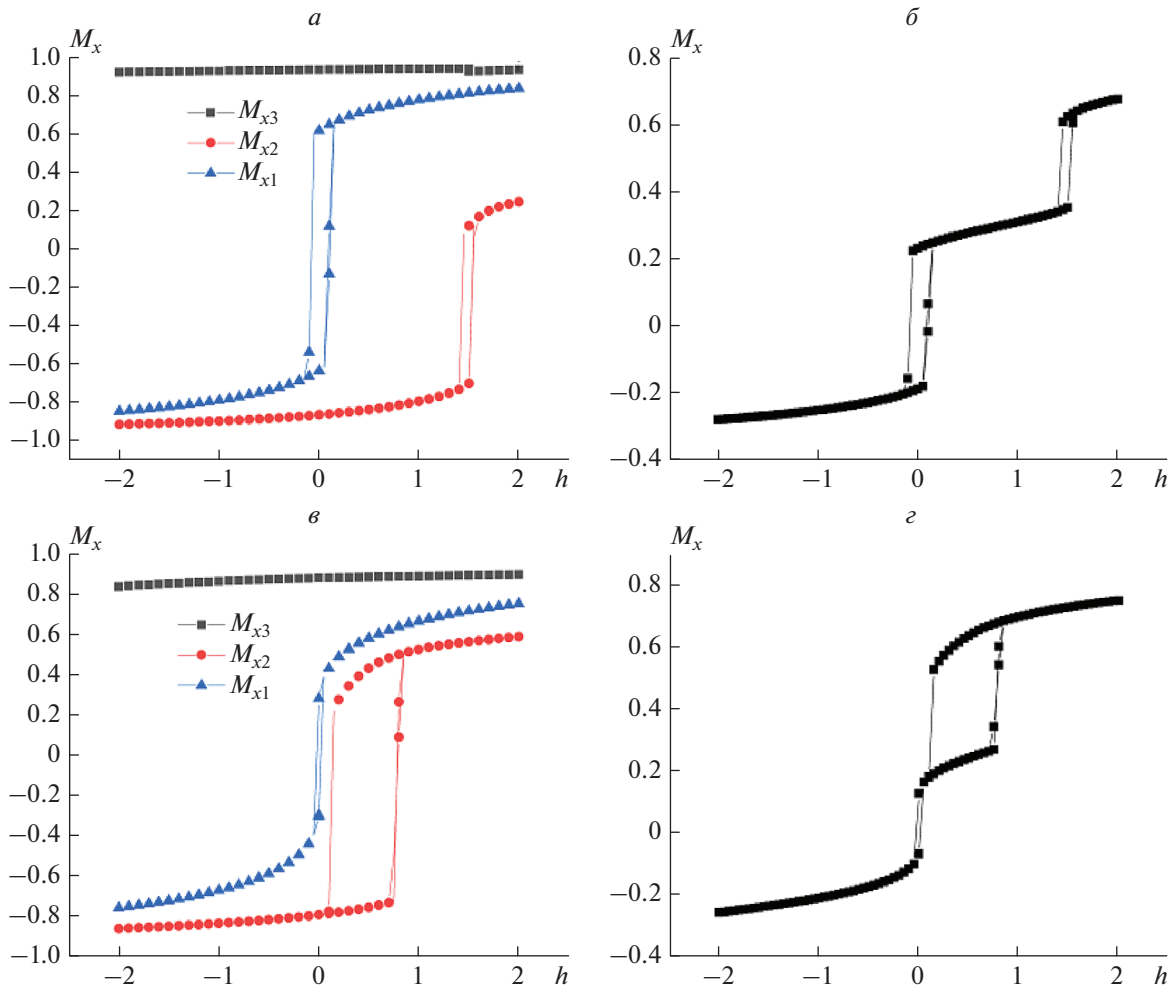


Рис. 3. Петли гистерезиса в спин-вентильной структуре с намагниченностью в плоскости пленок для отдельных пленок с толщинами (а) $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС, (в) $N_1 = N_2 = N_3 = 7$ МС и для всей структуры в целом с (б) $N_1 = N_2 = N_3 = 3$ МС, (г) $N_1 = N_2 = N_3 = 7$ МС при температурах $T = 0.7 J_1/k_B$ и $T = 1.2 J_1/k_B$, соответственно.

Нами было также проведено исследование проявления гистерезисных эффектов в структурах с анизотропией “легкая ось”, обеспечивающей ориентацию намагниченности перпендикулярную плоскости пленок. Для моделирования применялся гамильтониан в форме (1). Для сопоставления влияния различных типов анизотропии на явления гистерезиса использовался одинаковый набор параметров, задающих внутрислоевое и межслоевое обменное взаимодействие в структурах. В качестве примера результатов исследования для спиновых вентилей с толщинами пленок $N_1 = N_2 = N_3 = 5$ МС на рис. 4а–4в приведены графики полевой зависимости компонент намагниченности M_{zn} ($n = 1, 2, 3$) для отдельных пленок (рис. 4а) и M_z для всей структуры в целом (рис. 4б) при намагниченности, перпендикулярной плоскости пленок, и графики компонент на-

магниченности M_{xn} для отдельных пленок (рис. 4в) и M_x для всей структуры в целом (рис. 4г) при намагниченности, лежащей в плоскости пленок, при температуре $T = 1.0 J_1/k_B$. Сопоставление графиков для данных структур показывает их общую схожесть с проявлением заметного обменного смещения петли гистерезиса для 2-ой пленки при узкой петле гистерезиса для 1-ой пленки. Отличия связаны с более широкой петлей гистерезиса у 2-ой пленки для случая с намагниченностью, перпендикулярной плоскости пленок, чем для случая с намагниченностью в плоскости пленок. Это связано с большей величиной намагниченности 2-ой пленки при температуре $T = 1.0 J_1/k_B$ для случая с намагниченностью, перпендикулярной плоскости пленок. Уменьшение величины интеграла J_{02} внутрислоевого обменного взаимодействия во 2-ой пленке приводит к уменьшению

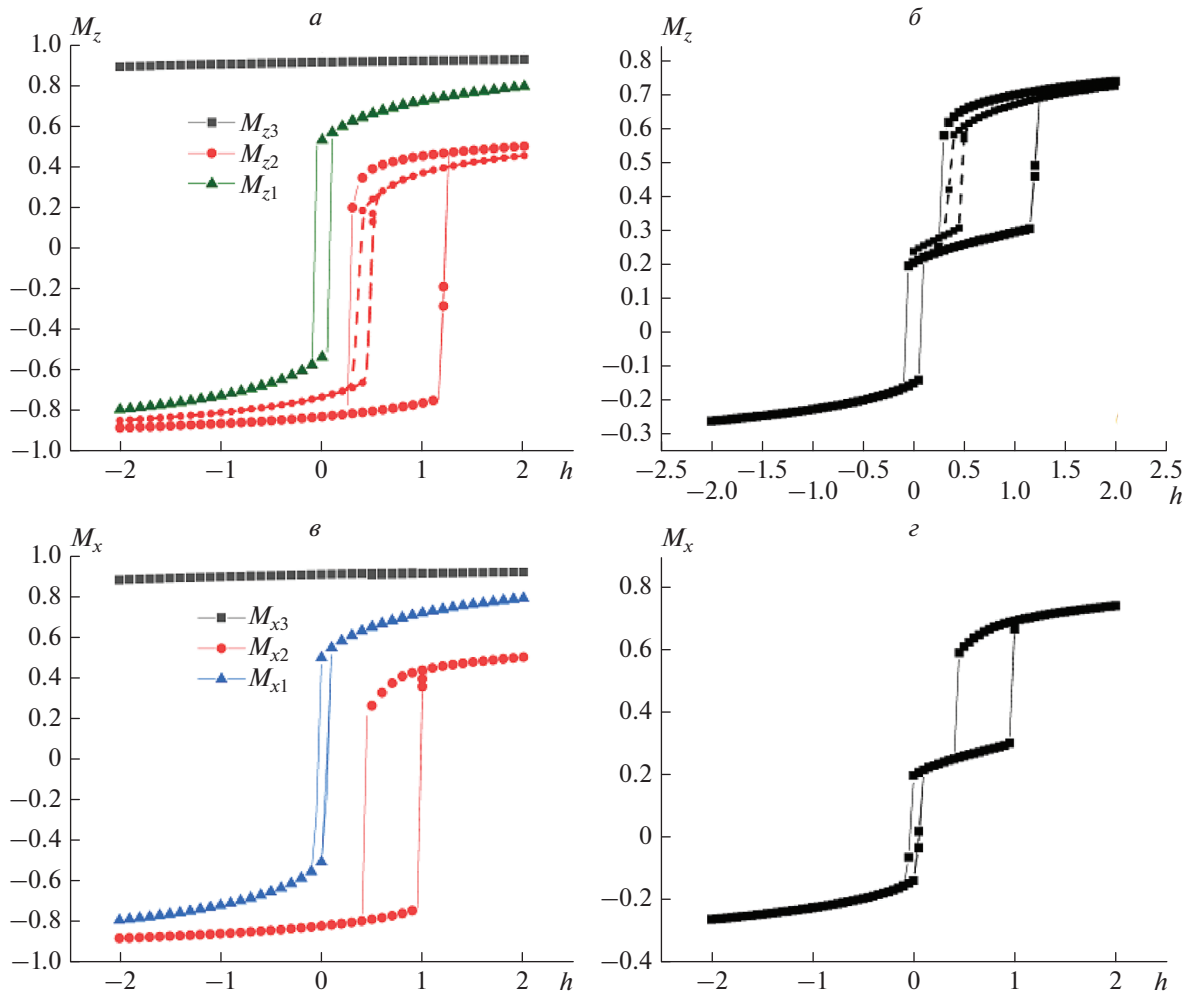


Рис. 4. Петли гистерезиса в спин-вентильных структурах с различным типом анизотропии и толщинами пленок $N_1 = N_2 = N_3 = 5$ МС при температуре $T = 1.0 J_1/k_B$: с намагниченностью, перпендикулярной плоскости пленок, (а) для отдельных пленок и (б) для всей структуры в целом; с намагниченностью в плоскости пленок (в) для отдельных пленок и (з) для всей структуры в целом. Штриховыми линиями на (а) и (б) представлены расчеты при уменьшенном значении величины внутрислоевого обменного взаимодействия во 2-ой пленке с $J_{02} = 0.5$.

ее ширины петли гистерезиса, как это показано на рис. 4а и 4б для $J_{02} = 0.5$ штриховыми линиями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С применением метода Монте-Карло осуществлено численное моделирование усложненной спин-вентильной структуры, используемой в качестве активного элемента приборов спинтроники и характеризующейся эффектами гигантского магнитосопротивления. Для описания магнитных свойств ультратонких пленок, образующих данные структуры, была применена анизотропная модель Гейзенберга как с анизотропией “легкая плоскость”, позволяющая реализовать ориентацию намагниченности, лежащую в плоскости пленок, так и с анизотропией “легкая ось” с реализацией намагниченности, перпендикуляр-

ной плоскости пленок. Получена зависимость магнитных характеристик пленок в этих структурах от температуры и внешнего магнитного поля. Исследовано влияние на проявление гистерезисных эффектов толщины магнитных пленок, температуры и величины внутрислоевого и межслоевого обменного взаимодействия. Выделены факторы, позволяющие влиять на условия лучшего проявления в структурах эффектов гигантского магнитосопротивления со стабильными свойствами. Полученные зависимости магнитных характеристик пленок и структур в целом хорошо согласуются с результатами экспериментальных исследований спин-вентильных структур [11, 14, 24].

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект № 20-32-70189), Минобрнауки РФ (соглашение № 0741-2020-0002) и

Совета по грантам Президента РФ (проект МД-2229.2020.2).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Vaz C.A.F., Bland J.A.C., Lauhoff G.* // Rep. Prog. Phys. 2008. V. 71. Art. No. 056501.
2. *Lavrijsen R., Lee J.-H., Fernández-Pacheco A. et al.* // Nature. 2013. V. 493. P. 647.
3. *Baibich M.N., Broto J.M., Fert A. et al.* // Phys. Rev. Lett. 1988. V. 61. No. 21. P. 2472.
4. *Binash G., Grunberg P., Saurenbach F., Zinn W.* // Phys. Rev. B. 1989. V. 39. No. 7. P. 4828.
5. *Ферт А.* // УФН. 2008. Т. 178. № 12. С. 1336; *Fert A.* // Phys. Usp. 2008. V. 51. No. 12. P. 1336.
6. *Julliere M.* // Phys. Lett. A. 1975. V. 54. No. 3. P. 225.
7. *Miyazaki T., Tezuka N.* // J. Magn. Magn. Mater. 1995. V. 139. Art. No. L231.
8. *Sousa R.C., Sun J.J., Soares V. et al.* // Appl. Phys. Lett. 1998. V. 73. No. 22. P. 3288.
9. *Prinz G.A.* // J. Magn. Magn. Mater. 1999. V. 200. P. 57.
10. *Chappert C., Fert A., Van Dau F.* // Nature Mater. 2007. V. 6. No. 11. P. 813.
11. *Dieny B., Speriosu V.S., Parkin S.S.P. et al.* // Phys. Rev. B. 1991. V. 43. No. 1. P. 1297.
12. *Anthony T.C., Brug J.A., Zhang S.* // IEEE Trans. Mag. 1994. V. 30. No. 11. P. 3819.
13. *Iwasaki H., Saito A.T., Tsutai A., Sahashi M.* // IEEE Trans. Mag. 1997. V. 33. No. 5. P. 2875.
14. *Marrows C.H., Stanley F.E., Hickey B.J.* // J. Appl. Phys. 2000. V. 87. No. 9. Art. No. 5058.
15. *Richter H.J.* // J. Phys. D. 2007. V. 40. No. 9. Art. No. R149.
16. *Suess D., Schrefl T., Fahler S. et al.* // Appl. Phys. Lett. 2005. V. 87. Art. No. 12504.
17. *Morgunov R., Hamadeh A., Fache T. et al.* // Superlatt. Microstruct. 2017. V. 104. P. 509.
18. *Прудников П.В., Прудников В.В., Медведева М.А.* // Письма в ЖЭТФ. 2014. Т. 100. № 7. С. 501; *Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Medvedeva M.A.* // JETP Lett. 2014. V. 100. No. 7. P. 446.
19. *Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Menshikova M.A., Piskunova N.I.* // J. Magn. Magn. Mater. 2015. V. 387. P. 77.
20. *Prudnikov P.V., Prudnikov V.V., Mamonova M.A., Piskunova N.I.* // J. Magn. Magn. Matter. 2019. V. 482. P. 201.
21. *Прудников В.В., Прудников П.В., Романовский Д.Е.* // Вестн. Омск. ун-та. 2015. № 4. С. 27.
22. *Прудников В.В., Прудников П.В., Борзилов В.О., Сайфутдинов И.К.* // Вестн. Омск. ун-та. 2019. Т. 24. № 2. С. 25.
23. *Прудников В.В., Прудников П.В., Самошилова А.А., Христовский К.А.* // Вестн. Омск. ун-та. 2020. Т. 25. № 1. С. 22.
24. *Dieny B.* // J. Magn. Magn. Mater. 1994. V. 136. P. 335.

Simulation of behavior and magnetic properties of spin-valve nanostructures

E. V. Drovorub^a*, V. V. Prudnikov^a, P. V. Prudnikov^a

^a Dostoevsky Omsk State University, Omsk, 644077 Russia

*e-mail: drovorub.egor@gmail.com

The Monte Carlo description of the magnetic properties for spin-valve structures has been realized on the temperature and external magnetic field. Dependence of hysteresis phenomena on type of magnetic anisotropy in structures, thickness of ferromagnetic films and various values of intralayer and interlayer exchange interaction is investigated.