

ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ ЗАКРЕПЛЯЮЩЕГО СЛОЯ НА ОБМЕННОЕ СМЕЩЕНИЕ В ПЛЁНКАХ ТИПА FeNi/FeMn/FeNi

Быкова А.А.¹, Горьковенко А.Н.¹, Кулеш Н.А.¹, В.О. Васьковский^{1,2}

¹) Уральский федеральный университет имени первого президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

²) Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН, Екатеринбург, Россия
E-mail: nastyabykova@gmail.com

INFLUENCE OF THE PINNING LAYER THICKNESS ON EXCHANGE BIAS IN FeNi/FeMn/FeNi FILMS

Bykova A.A.¹, Gorkovenko A.N.¹, Kulesh N.A.¹, Vas'kovski V.O.^{1,2}

¹) Ural Federal University, Ekaterinburg, Russia

²) Institute of Metal Physics, Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

Temperature dependencies of exchange bias field and coercivity in FeNi/FeMn/FeNi films with different thicknesses of antiferromagnetic FeMn and top FeNi layers are investigated. Experimental results are interpreted using micromagnetic simulation performed on a polycrystalline multilayer model.

Магнитное смещение, характеризующее устойчивость магнитного состояния ферромагнитных плёнок к воздействию внешнего магнитного поля, является важной функциональной характеристикой материалов, используемых в устройствах магнитной сенсорики и спинтроники. Оно, в частности, может присутствовать в ферромагнитных слоях многослойных плёнок при наличии обменной связи этих (закреплённых) слоёв с антиферромагнитным (закрепляющим) слоем [1] и поэтому называется обменным смещением. Данная работа посвящена исследованию закономерностей формирования магнитного смещения в трёхслойной структуре Fe₂₀Ni₈₀/FeMn/Fe₂₀Ni₈₀, содержащей закрепляющий антиферромагнитный слой FeMn.

Образцы для исследования получены методом магнетронного распыления сплавных мишеней на стеклянных подложках Corning, покрытых буферным слоем Ta толщиной 5 нм. Толщины двух ферромагнитных слоёв Fe₂₀Ni₈₀ были фиксированы (FM-1 – 5 нм, FM-2 – 40 нм), а толщина L слоя FeMn варьировалась от образца к образцу в пределах от 2 до 20 нм (см. вставку на рис.1, а). При этом тонкий слой ферромагнетика осаждался непосредственно на Ta, а более толстый – на антиферромагнитный слой. Для экспериментального определения магнитных свойств использовались Керр-магнитометр EvicoMagnetics (при комнатной температуре) и измерительный комплекс PPMS DynaCool (в температурном интервале 5-300 К). Анализ полученных результатов выполнен с использованием компьютерного моделирования в программе Mumax3.

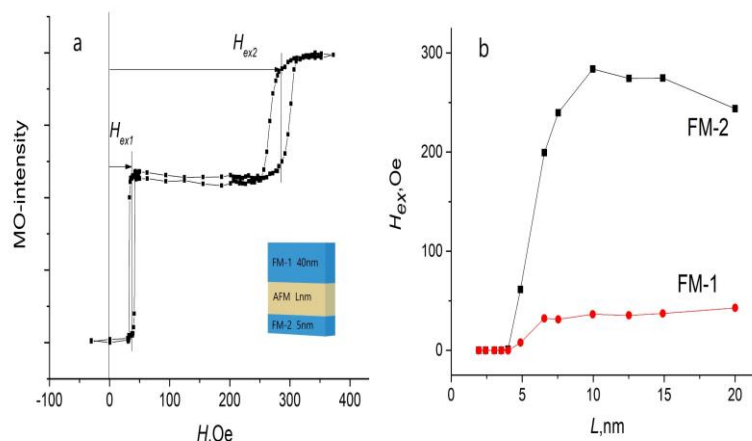


Рис.1. Магнитооптическая петля гистерезиса плёнки $\text{SiO}_2/\text{Ta}/\text{FeNi}/\text{FeMn}/\text{FeNi}$ (a) и зависимости полей обменного смещения H_{ex1} в слое FM-1 и H_{ex2} в слое FM-2 от толщины антиферромагнитного слоя (b). На вставке – схематическое изображение плёночной структуры.

На рис.1, а показана типичная магнитооптическая петля гистерезиса, измеренная со стороны подложки на плёнке с толщиной слоя FeMn равной 10 нм. Наличие двух скачкообразных изменений магнитооптического сигнала соответствует перемагничиванию двух слоёв пермаллоя. Их петли гистерезиса смещены по оси магнитного поля, свидетельствуя о наличии обменного смещения в плёночной структуре. При этом отношение полей обменного смещения $H_{\text{ex1}}/H_{\text{ex2}} = 1/8$, то есть обратно пропорционально отношению толщин ферромагнитных слоёв, что говорит о практически одинаковой эффективности обменной связи на обоих межслойных интерфейсах данного образца. При комнатной температуре подобная картина наблюдается и для образцов с другими значениями $L > 5$ нм (см. рис. 1, b). В то же время известно [2], что на межслойную обменную связь большое влияние оказывает микроструктура контактирующих слоёв, на которую в определённой мере можно влиять за счёт варьирования толщин слоистых составляющих. Эти положения нашли количественное подтверждение при анализе температурных зависимостей полей обменного смещения $H_{\text{ex1}}(T)$, $H_{\text{ex2}}(T)$ в образцах с разной L , выполненном нами с использованием микромагнитного моделирования свойств ферро/антиферромагнитной поликристаллической среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема № FEUZ-2020-0051.

1. Radu F., Zabel H. Magnetic Heterostructures. Springer Tracts in Modern Physics, vol 227, pp 97-184 (2008).
2. Harres A, Geshev J, J. Phys. Condens. Matter, V. 24, P.326004 (2012).