

ВЛИЯНИЕ РАССОГЛАСОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕШЕТОК ПЛЕНКИ И ПОДЛОЖКИ НА ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЕ ВИСМУТСОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ

М.В. Логунов, В.В. Рандошкин

Институт общей физики при Мордовском государственном университете
им. Н.П. Огарева, 430000, Саранск
(Поступило в Редакцию 10 ноября 1993 г.)

Перемагничивание одноосных магнитных пленок посредством вращения намагниченности должно иметь место, если выполняется соотношение

$$H^{2/3} + H_{\text{пл}}^{2/3} \geq (H_k - 4\pi M_s)^{2/3}, \quad (1)$$

где H — действующее магнитное поле, приложенное вдоль оси легкого намагничивания (ОЛН); $H_{\text{пл}}$ — компонента магнитного поля, приложенного в плоскости пленки (перпендикулярно ОЛН); H_k — поле одноосной магнитной анизотропии; $4\pi M_s$ — намагниченность насыщения [1–3].

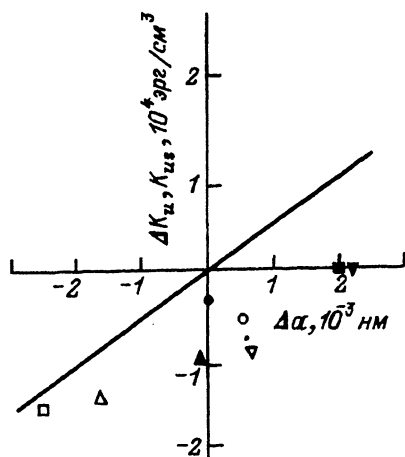
Если компонента $H_{\text{пл}}$ отсутствует, то пороговое поле вращения намагниченности $H_{\text{вр}} = H_k - 4\pi M_s = H_{\text{кв}}$.

Особенностью висмутсодержащих монокристаллических пленок феррит-гранатов (ВсМПФГ) является то, что при их импульсном перемагничивании вращение векторов намагниченности начинается в полях $H < H_{\text{кв}}$ [2–10]. Это обусловлено структурной стратификацией ВсМПФГ, вызывающей неоднородность эффективного поля одноосной магнитной анизотропии $H_{\text{кв}}$ по толщине пленки h . В частности, для ВсМПФГ характерно наличие переходного поверхностного слоя с пониженным содержанием висмута и, как следствие, с пониженной ростовой компонентой одноосной магнитной анизотропии $K_{\text{уг}}$ [11,12].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния рассогласования Δa параметров решеток подложки a_s и пленки a_f ($\Delta a = a_s - a_f$) на пороговое поле H^* вращения намагниченности в ВсМПФГ. Если такое рассогласование имеет место, то появляется магнитострикционная компонента одноосной магнитной анизотропии $K_{\text{ус}}$, которая может иметь как одинаковый, так и противоположный знак по сравнению с $K_{\text{уг}}$ [13].

Параметры исследованных образцов приведены в таблице, где W — равновесная ширина полосовых доменов, γ — эффективное значение гиромангнитного отношения. Значения $H_{\text{кв}}$ и γ измеряли методом ферромагнитного резонанса [14,15], а рассогласование Δa — методом Бонда [14].

В экспериментах ВсМПФГ намагничивали до насыщения вдоль ОЛН постоянным магнитным полем смещения $H_{\text{см}}$. Импульсное магнитное поле $H_{\text{и}}$ прикладывали в противоположном направлении. При этом действующее магнитное поле равно $H = H_{\text{и}} - H_{\text{см}}$ [2]. Пороговое поле вращения намагниченности H^* определяли по резкому изменению



- ▲ 1
- 2
- △ 3
- 4
- 5
- ▽ 6
- 7
- ▼ 8

Разность констант одноосной магнитной анизотропии ΔK_u основного и переходного слоев ВcМПФГ и магнитострикционная компонента одноосной магнитной анизотропии K_{us} для иттрий-железистого граната (сплошная линия) в зависимости от рассогласования параметров решеток пленки и подложки Δa . Цифры соответствуют номерам образцов в таблице.

коэффициента переключения на кривой импульсного перемагничивания в области $H \lesssim H_{k\phi}$ [16]. Полагая H^* равным эффективному полю одноосной магнитной анизотропии $H_{k\phi}^*$ для слоя, в котором процесс вращения намагниченности начинается в первую очередь, рассчитывали разность констант одноосной магнитной анизотропии для этого слоя и основного объема ВcМПФГ

$$\Delta K_u = (H_{k\phi} - H_{k\phi}^*) M_s / 2. \quad (2)$$

При этом полагали, что намагниченность насыщения не изменяется по толщине ВcМПФГ. Такое допущение оправдано, поскольку $H_k \gg 4\pi M_s$, хотя в действительности $4\pi M_s$ изменяется по толщине пленки, поскольку содержание железа и галлия изменяется в переходных поверхностных слоях [11,12].

Результаты экспериментов приведены на рисунке. Для пленок с $\Delta a \approx 0$ разброс значений ΔK_u , по-видимому, обусловлен различием состава и условий синтеза ВcМПФГ. Сплошная линия показывает вклад магнитострикционной компоненты в одноосную магнитную анизотропию, для расчета которой использовали данные для иттрий-железистого граната [13],

$$K_{us} = -\frac{3}{2} \frac{E}{(1 + \mu)} \lambda_{111} \frac{\Delta a}{a_s}, \quad (3)$$

где $E = 2.055 \cdot 10^{12}$ эрг/см³ — модуль Юнга, $\mu = 0.296$ — постоянная Пуассона, $\lambda_{111} = -2.73 \cdot 10^{-6}$ — константа магнитострикции.

Значения E и μ от состава феррит-граната значительно не зависят. Зависимость λ_{111} от состава более сильная. Тем не менее приведенная зависимость $K_{us}(\Delta a)$ в целом отражает свойства ВcМПФГ.

Для ВcМПФГ, находящихся в сжатом состоянии ($\Delta a < 0$), магнитострикционная компонента дает отрицательный вклад ($K_{us} < 0$), а процесс вращения намагниченности начинается при $H^* < H_{k\phi}$. Для пленок, находящихся в растянутом состоянии ($\Delta a > 0$), магнитострикционная компонента дает положительный вклад ($K_{us} > 0$), а $H^* \approx H_{k\phi}$.

Параметры ВcМПФГ состава $(R, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$, выращенных на подложках гадолиний-галлиевого граната с ориентацией (111)

Номер образца	R	h , мкм	W , мкм	$4\pi M_s$, Гс	H_k , Э	γ , $10^7 \text{ Э}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$
1	Tm	9.6	21	97	2800	...
2	Y, Lu	8.3	3.8	272	880	1.8
3	Tm	12.0	17	150	2800	1.0
4	Tm	32	11	263	2250	1.86
5	Tm	5.8	9.1	112	2400	1.1
6	Lu	4.0	5.3	285	2050	1.76
7	Y, Lu	9.8	4.7	322	2400	1.8
8	Tm	2.4	1.7	450	1350	1.7

Такое изменение H^* в зависимости от Δa возможно лишь в том случае, если магнитоотрицательная компонента одноосной магнитной анизотропии по толщине ВcМПФГ распределена неоднородно. При этом в "сжатых" пленках возникает ярко выраженный переходной поверхностный слой с пониженной одноосной магнитной анизотропией, снижающий пороговое поле вращения намагниченности. Для "растянутых" пленок магнитоотрицательная компонента, по-видимому, компенсирует изменение ростовой компоненты одноосной магнитной анизотропии в переходном поверхностном слое. Как следствие, пороговое поле вращения остается таким же, как предсказывает теория для однородной одноосной магнитной пленки.

Таким образом, в данной работе показано, что для снижения порогового поля вращения намагниченности ВcМПФГ должна обладать более высоким параметром решетки, чем подложка. Для снижения влияния переходного поверхностного слоя с пониженной ростовой компонентой одноосной магнитной анизотропии ВcМПФГ должна иметь пониженный параметр решетки по сравнению с подложкой. Именно такие "растянутые" пленки позволили исследовать спин-волновой механизм генерации микромонов вблизи двуужущейся доменной стенки в ВcМПФГ с предельно малым затуханием [17].

Список литературы

- [1] Филиппов В.Н., Шматов Г.А., Милев Ю.К. // ЖТФ. 1993. Т. 53. С. 2031-2038.
- [2] Рандошкин В.В., Червоенкис А.Я. Прикладная магнитооптика. М.: Энергоатомиздат, 1990. 320 с.
- [3] Рандошкин В.В. Магнитооптические пленки феррит-гранатов и их применение. М.: Наука, 1992. Тр. ИОФАН. Т. 35. С. 49-107.
- [4] Куделькин Н.Н., Прозоров А.М., Рандошкин В.В. и др. // ДАН СССР. 1985. Т. 281. № 4. С. 848-851.
- [5] Колотов О.С., Куделькин Н.Н., Погосев В.А., Телескин Р.В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 4. С. 761-764.
- [6] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 6. С. 1199-1201.
- [7] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ЖТФ. 1985. Т. 55. Вып. 10. С. 1987-1991.
- [8] Дудоров В.Н., Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. Вып. 5. С. 1549-1552.
- [9] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. Вып. 5. С. 1559-1562.
- [10] Колотов О.С., Погосев В.А. // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ., Астр. 1991. Т. 35. С. 3-18.

- [11] *Грошенко Н.А., Прохоров А.М., Рандошкин В.В. и др. // ФТТ. 1985. Т. 27. Вып. 6. С. 1712-1717.*
- [12] *Грошенко Н.А., Рандошкин В.В., Шапошников А.Н., Ширков А.В. // ЖТФ. 1986. Т. 56. Вып. 5. С. 935-937.*
- [13] *Рандошкин В.В. // Радиоэлектроника за рубежом. М.: ИИЭИР, 1983. № 8. С. 1-34.*
- [14] *Рандошкин В.В., Старостин Ю.В. // Радиоэлектроника за рубежом. М.: ИИЭИР, 1982. № 18. С. 1-57.*
- [15] *Рандошкин В.В., Чани В.И., Козлов В.И. // ФТТ. 1991. Т. 33. Вып. 3. С. 957-959.*
- [16] *Рандошкин В.В. // Препринт ИОФАН. 1989. № 23. 21 с.*
- [17] *Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ЖТФ. 1988. Т. 58. Вып. 6. С. 1237-1238.*

ОБ ИЗМЕРЕНИИ ПРОДОЛЬНОЙ ПРОВОДИМОСТИ СЛОИСТЫХ ПРОВОДНИКОВ

Л.И.Буравов

Институт химической физики, 142432, Черноголовка, Московская область
(Поступило в Редакцию 2 ноября 1993 г.)

Как известно, ряд органических сверхпроводников на основе бис-(этилендитиоло)тетратиофульвалена (сокращенно *ЕТ*), а также кристаллы ВТСП являются квазидвумерными проводниками с высокой анизотропией проводимости в нормальном состоянии. При измерениях продольной проводимости таких кристаллов часто пользуются упрощенным методом монтажа контактов, когда все 4 контакта подклеиваются на одну грань кристалла (плоскость xz), как показано на рисунке, *а*. Предполагается, что удельные сопротивления $\rho_x, \rho_z \ll \rho_y$. При этом вследствие высокой анизотропии проводимости значительная часть измерительного тока протекает вблизи поверхности грани xz , что может приводить к завышенным результатам измерений кажущейся величины продольного удельного сопротивления $\rho_{x, \text{каж}}$, так что $\rho_{x, \text{каж}} = A \cdot \rho_x$, где коэффициент $A > 1$, ρ_x — истинное удельное сопротивление.

В настоящей работе коэффициент A был вычислен на основе результатов работы [1] с помощью конформного преобразования, упрощающего геометрию задачи. Предполагалось, что образец имеет форму прямоугольного бруска, ориентированного по главным осям тензора проводимости; в этом случае при пропускании тока через контакты 1, 4 или 2, 3 распределение тока и потенциала в образце не зависит от координаты z , поэтому при анализе задачи может быть использован метод конформного преобразования.

Для того чтобы использовать конформное преобразование в данной задаче, следует сначала перейти к эквивалентной изотропной модели, для которой сопротивление объема $dx dy dz$ в направлении осей x или y равно сопротивлению объема $dx' dy' dz'$ в анизотропном образце в том же направлении.