

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

05:12

Журнал технической физики, т. 65, в. 1, 1995

© 1995 г.

## ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Sm-СОДЕРЖАЩИХ ПЛЕНОК ФЕРРИТ-ГРАНАТОВ

.В.В.Рандошкин, А.Ф.Мартынов, В.Н.Дудоров, Н.В.Васильева

(Поступило в Редакцию 17 января 1994 г.)

Самарийсодержащие монокристаллические пленки феррит-гранатов (МПФГ) широко используются в запоминающих устройствах на цилиндрических магнитных доменах (ЦМД) [1,2]. В связи с этим их статические магнитные свойства достаточно хорошо изучены [1-9]. Исследованию динамических свойств этих материалов уделялось меньшее внимание [6,8,10], причем такие исследования проводились в основном при достаточно малых действующих магнитных полях, поскольку, как правило, использовался метод трансляционного продвижения ЦМД [10-12].

Настоящая работа посвящена изучению влияния температуры  $T$  на динамические свойства Sm-содержащих МПФГ в более высоких действующих магнитных полях, чем позволяет метод трансляционного продвижения ЦМД.

МПФГ выращивали методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава на основе  $PbO-B_2O_3$  [6,13,14]. В работе приводятся данные для МПФГ составов  $(Sm, Y, Lu, Ca)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$  (образец 1) и  $(Sm, Y)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$  (образец 2), параметры которых приведены в таблице, где  $h$  — толщина пленки,  $l$  — характеристическая длина,  $4\pi M_s$  — намагниченность насыщения,  $A$  — константа обменного взаимодействия,  $K_u$  — константа одноосной магнитной анизотропии ( $H_k = 2K_u/M_s$  — поле одноосной магнитной анизотропии),  $Q$  — фактор качества материала.

Динамику доменных стенок (ДС) исследовали методом высокоскоростной фотографии с временем однократной экспозиции 5 нс. В исходном состоянии ЦМД или полосовой домен находился в постоянном магнитном поле смещения  $H_{см}$ , приложенном перпендикулярно плоскости пленки. Импульсное магнитное поле  $H_{и}$  прикладывали в противоположном направлении. Регистрировали перемещение доменной стенки расширяющегося домена. Кроме того, с помощью метода ферромагнитного резонанса определяли значение  $H_k$ , гиромангнитное отношение  $\gamma$  и безразмерный параметр затухания Гильберта  $\alpha$ , значение

Параметры исследованных образцов

| Номер образца | $h$ , мкм | $l$ , мкм | $4\pi M_s$ , Гс | $A$ , $10^{-7}$ эрг/см | $K_u$ , $10^4$ эрг/см <sup>3</sup> | $Q$ | $v_s$ , м/с | $v_w$ , м/с | $v_{01}$ , м/с | $v_{02}$ , м/с |
|---------------|-----------|-----------|-----------------|------------------------|------------------------------------|-----|-------------|-------------|----------------|----------------|
| 1             | 6.5       | 0.51      | 169             | 3.0                    | 0.6                                | 5.6 | 31          | 100         | 7.4            | 20             |
| 2             | 4.7       | 0.53      | 178             | 2.7                    | 0.7                                | 5.2 | 24          | 75          | 6.8            | 17             |

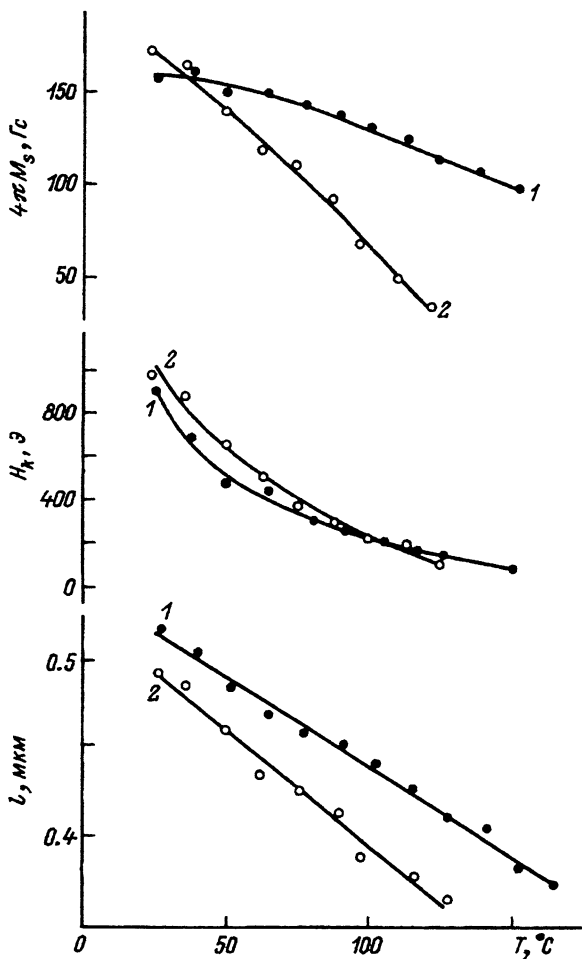


Рис. 1. Температурные зависимости намагниченности насыщения  $4\pi M_s$ , поля одноосной магнитной анизотропии  $H_k$  и характеристической длины  $l$ . Номера кривых соответствуют номерам образцов.

которого использовали для расчета начальной подвижности ДС

$$\mu = \gamma \alpha^{-1} \Delta_0, \quad (1)$$

где  $\Delta_0 = (A/K_u)^{1/2}$  — параметр ширины ДС.

Температурные зависимости намагниченности насыщения  $4\pi M_s$ , поля одноосной магнитной анизотропии  $H_k$  и характеристической длины  $l$  приведены на рис. 1. Как и следовало ожидать, Са-Ge-замещенные МПФГ обладают лучшей термостабильностью магнитных параметров, чем Ga-содержащие, поскольку значительная часть ионов  $Ga^{3+}$

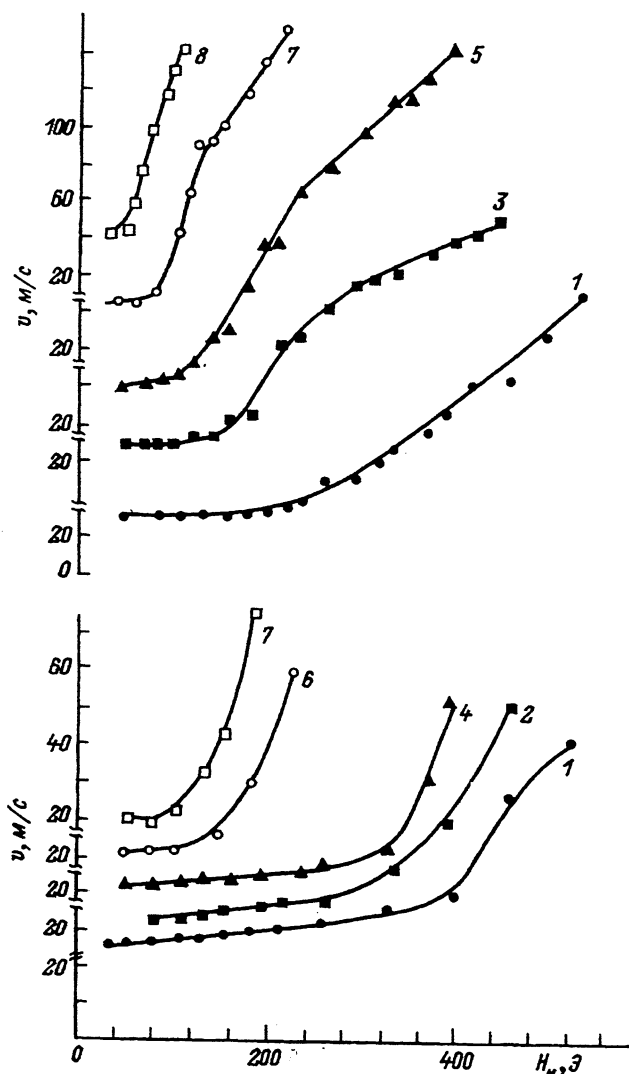


Рис. 2. Зависимость скорости ДС  $v$  от амплитуды импульсного магнитного поля  $H_m$  для образца 1 (вверху) и образца 2 (внизу) при разной температуре  $T$ , °С.

1 — 20, 2 — 40, 3 — 45, 4 — 66, 5 — 79, 6 — 92, 7 — 105, 8 — 132.

входит в  $a$ -подрешетку, тогда как практически все ионы  $\text{Ge}^{4+}$  замещают  $\text{Fe}^{3+}$  в  $d$ -подрешетке. Особенно сильно худшая термостабильность Ga-содержащих МПФГ проявляется для намагниченности насыщения.

Зависимости  $v(H_n)$  при разных значениях температуры  $T$  приведены на рис. 2. Видно, что на всех кривых можно выделить участок "насыщения", для которого  $v$  слабо зависит от  $H_n$ . Экстраполяцией участка до пересечения с осью ординат определяли скорость насыщения  $v_s$ . Данные эксперимента для  $v_s$  сравнивали с теоретическими значениями скорости Уокера [15]

$$v_w = 2\pi\gamma M_s \Delta_0 \quad (2)$$

и скорости насыщения Слончевского [10]

$$v_{01} = 7.1\gamma A/h \cdot K_u^{1/2}, \quad (3)$$

а также эмпирической скорости насыщения Де Лива [16]

$$v_{02} = 0.4\pi M_s \gamma \Delta_0. \quad (4)$$

Сравнение (см. таблицу) показывает, что  $v_{01} < v_{02}$ ,  $v_{02} \approx v_s$  и  $v_w > v_s$ .

При увеличении действующего магнитного поля поведение движущейся ДС начинает качественно расходиться с теоретическими предсказаниями. При этом скорость  $v$  резко увеличивается с ростом  $H_n$

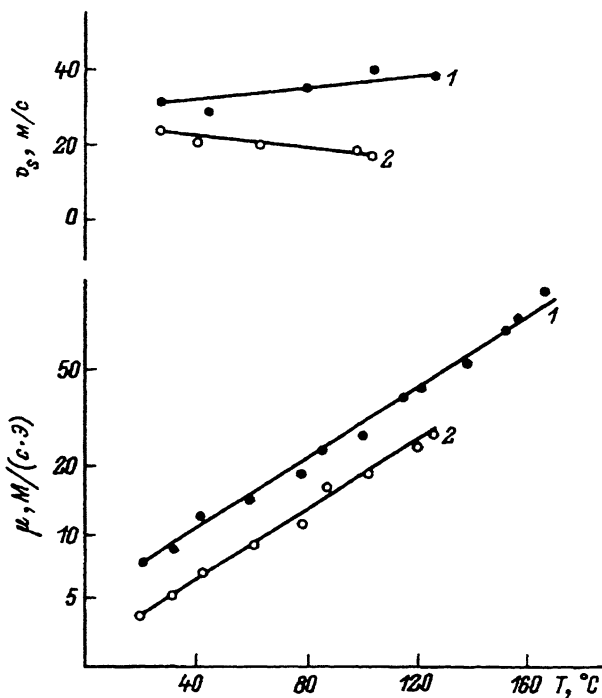


Рис. 3. Температурные зависимости подвижности ДС  $\mu$  и скорости насыщения  $v_s$ . Номера кривых соответствуют номерам образцов.

(резко возрастает дифференциальная подвижность ДС  $\mu_d$ ) (рис. 2). Аналогичный ход кривой  $v(H_{и})$  наблюдался ранее для МПФГ, как содержащих быстрорелаксирующие ионы [17,18], так и при малом затухании в пленках [19-21]. В последнем случае движение ДС сопровождается генерацией микродоменов ("магнитных возмущений") перед ней. Этот эффект объясняется накачкой спиновых волн (СВ) в "невыгодно" намагниченный домен, что инициирует локальное вращение намагниченности на некотором расстоянии впереди движущейся ДС [20-22].

В исследованных Sm-содержащих МПФГ генерация микродоменов впереди движущейся ДС не наблюдалась, что объясняется достаточно высоким параметром затухания Гильберта  $\alpha \gtrsim 0.15$ . Тем не менее, по-видимому, и при большом затухании в МПФГ излучение СВ движущейся ДС играет важную роль в эффекте резкого возрастания скорости при увеличении  $H_{и}$  (рис. 2). Однако в этом случае глубина затухания СВ мала и они не могут удалиться на большое расстояние от ДС, поэтому локальное вращение намагниченности начинается в непосредственной близости от ДС, что и вызывает резкое увеличение  $\mu_d$ . Об этом также косвенно свидетельствует тот факт, что интервал значений  $H_{и}$ , для которого значение  $\mu_d$  максимально, находится внутри диапазона действующих магнитных полей с нижней границей  $H_k/3$  и верхней границей  $2H_k/3$ , для которого теория предсказывает интенсивное излучение СВ движущейся ДС [22].

На рис. 3 приведены зависимости  $\mu(T)$  и  $v_s(T)$ . Видно, что скорость насыщения достаточно слабо изменяется с температурой, причем для Ca-Ge-замещенных МПФГ она увеличивается с ростом  $T$ , а для Ga-замещенных — уменьшается. Начальная подвижность ДС с ростом температуры увеличивается по закону, близкому к экспоненциальному, причем ее значение выше для Ca-Ge-замещенных пленок.

Таким образом, исследование динамических свойств МПФГ составов  $(Sm, Y, Lu, Ca)_3(Fe, Ge)_5O_{12}$  и  $(Sm, Y)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$  показало, что на зависимости  $v(H_{и})$  за участком "насыщения" наблюдается участок, которому соответствует резкое повышение дифференциальной подвижности ДС, причем критическое поле перехода к этому участку уменьшается с ростом температуры; резкое повышение скорости ДС с ростом  $H_{и}$  можно объяснить с помощью спин-волнового механизма; скорость насыщения МПФГ обоих составов относительно слабо изменяется с температурой; начальная подвижность ДС увеличивается с температурой по закону, близкому к экспоненциальному; Ca-Ge-замещенные МПФГ обладают более высокой начальной подвижностью ДС и скоростью насыщения, чем Ga-замещенные.

### Список литературы

- [1] Эшенфельдер А. Физика и техника цилиндрических магнитных доменов. Пер. с англ. М.: Мир, 1986. 496 с.
- [2] Элементы и устройства на цилиндрических магнитных доменах. Справочник / Под ред. Н.Н. Евтихиева, Б.Н. Наумова. М.: Радио и связь, 1987. 488 с.
- [3] Телеснин Р.В., Дудоров В.Н., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1975. Т. 17. Вып. 10. С. 3015-3018.
- [4] Телеснин Р.В., Дудоров В.Н., Клепарский В.Г., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1976. Т. 18. Вып. 6. С. 1773-1775.
- [5] Телеснин Р.В., Дудоров В.Н., Морченко А.Т., Рандошкин В.В. // Микроэлектроника. 1977. Т. 6. № 3. С. 297-300.

- [6] Дудоров В.Н., Рандошкин В.В., Телеснин Р.В. // УФН. 1977. Т. 122. № 2. С. 253-293.
- [7] Дмитриук М.В., Зюзин А.М., Проторов А.М. и др. // ДАН СССР. 1982. Т. 265. № 1. С. 63-65.
- [8] Балбашов А.М., Рыбак В.И., Черволенкис А.Я. // Зарубежная электронная техника. 1982. № 6-7. С. 1-143.
- [9] Рандошкин В.В. // Радиоэлектроника (состояние и тенденции развития). С. НИИЭИР, 1984. Тетр. II. С. 17-25.
- [10] Малозёмов А., Слоузуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими магнитными доменами. Пер. с англ. М.: Мир, 1982. 382 с.
- [11] Рандошкин В.В. // Метрология. 1978. № 7. С. 39-48.
- [12] Рандошкин В.В., Старостин Ю.В. // Радиоэлектроника за рубежом. 1982. № 18. С. 1-57.
- [13] Дудоров В.Н., Милль Б.В., Телеснин Р.В. // ПТЭ. 1974. № 2. С. 245-247.
- [14] Телеснин Р.В., Дудоров В.Н. // Изв. АН СССР. 1974. В. 11. С. 2453-2456.
- [15] Schryer N.L., Wabker L.R. // J. Appl. Phys. 1974. Vol. 45. N 10. P. 5406-5421.
- [16] De Leenw F.H. // IEEE Trans. Magn. 1978. Vol. Mag-14. N 5. P. 596-598.
- [17] Телеснин Р.В., Зимачева С.М., Рандошкин В.В. // ФТТ. 1977. Т. 19. Вып. 3. С. 907-909.
- [18] Мартынов А.Ф., Рандошкин В.В., Телеснин Р.В. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8. Вып. 3. С. 803-806.
- [19] Иванов Л.П., Логзинов А.С., Непокойчицкий Г.А. // ЖЭТФ. 1983. Т. 84. Вып. 3. С. 1006-1022.
- [20] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // ЖТФ. 1988. Т. 58. Вып. 6. С. 1237-1238.
- [21] Логунов М.В., Рандошкин В.В. // Магнитооптические пленки ферритгранатов и их применения. Тр. ИОФАН. Т. 35. М.: Наука, 1992. С. 107-122.
- [22] Рандошкин В.В., Сизачев В.В. // ФТТ. 1986. Т. 28. Вып. 5. С. 1522-1525.

07;12  
© 1995 г.

Журнал технической физики, т. 65, в. 1, 1995

## НОВЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ СИГНАЛА В ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ДАТЧИКАХ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКОГО ТИПА

*В.А. Григорьев, Б.В. Мизайлов*

Малое государственное предприятие "Нави-Далс",  
197046, Санкт-Петербург, Россия  
(Поступило в Редакцию 10 ноября 1993 г.  
В окончательной редакции 21 апреля 1994 г.)

### Введение

Построение волоконно-оптических датчиков физических величин по принципу измерения интенсивности света влечет за собой ряд серьезных проблем. Прежде всего сюда следует отнести старение и температурный дрейф компонентов — источников и приемников света, а также вариации мощности света вследствие изменения потерь в оптических волокнах и оптических соединениях. В том случае, когда частотный диапазон измеряемого сигнала не совпадает с диапазоном частот различного рода помех (влияние температуры, акустические, вибрационные воздействия и т.п.), перечисленные выше эффекты могут быть скомпенсированы электронными методами обработки сигнала (например, [1,2]).