

СВОЙСТВА ПЛЕНОК $(Pr, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ ВБЛИЗИ ТОЧКИ КОМПЕНСАЦИИ МОМЕНТА ИМПУЛЬСА

© В.В.Рандошкин, А.М.Зюзин, В.В.Радайкин

Совместная хозрасчетная лаборатория «Магнитооптоэлектроника» института общей физики Российской академии наук при Мордовском государственном университете им. Н.П.Огарева, 430000 Саранск, Россия

(Поступила в Редакцию 9 октября 1995 г.)

В окончательной редакции 31 января 1996 г.)

Высокой скоростью доменных стенок (ДС) обладают феррит-гранаты с повышенным эффективным значением гиромангнитного отношения γ , которое реализуется вблизи точки компенсации момента импульса (КМИ), когда материал содержит быстрорелаксирующие редкоземельные магнитные ионы R^{3+} , а суммарный магнитный момент медленнорелаксирующих ионов (Fe^{3+} , Gd^{3+}) равен нулю [$1-3$]. В настоящее время синтезированы висмутсодержащие монокристаллические пленки феррит-гранатов (Вс-МПФГ) с КМИ для всех быстрорелаксирующих редкоземельных магнитных ионов ($R^{3+} = Yb^{3+}$, Tm^{3+} , Er^{3+} , Ho^{3+} , Dy^{3+} , Tb^{3+} , Eu^{3+}), которые в паре с ионом Bi^{3+} создают одноосную магнитную анизотропию [4].

В данной работе сообщается о получении Вс-МПФГ-состава $(Pr, Bi)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ с повышенным гиромангнитным отношением. Пленки выращивались методом жидкофазной эпитаксии из переохлажденного раствора-расплава $PbO-Bi_2O_3-V_2O_5$ при температуре $700-830^\circ C$ на подложках $Gd_3(Sc, Ga)_5O_{12}$ с ориентацией (111). Поскольку выращенные пленки обладали анизотропией типа «легкая плоскость», для их исследования неприменимы методы, основанные на регистрации статических и динамических доменных структур в одноосных магнитных пленках.

Исследования проводились методом ферромагнитного резонанса (ФМР) на частоте $9.34 GHz$ [$5,6$]. Измерялись резонансные поля H_{\perp} и H_{\parallel} при ориентации внешнего магнитного поля перпендикулярно и параллельно плоскости пленки соответственно, а также соответствующие значения $2\Delta H_{\perp}$ и $2\Delta H_{\parallel}$ ширины линии ФМР. К сожалению, даже в Tm -содержащих пленках непосредственно в точке КМИ зарегистрировать сигнал ФМР из-за значительного уширения линии ФМР и выхода резонансных полей за пределы развертки ФМР-спектрометра не удавалось. В Pr -содержащих пленках ситуация еще более усложняется,

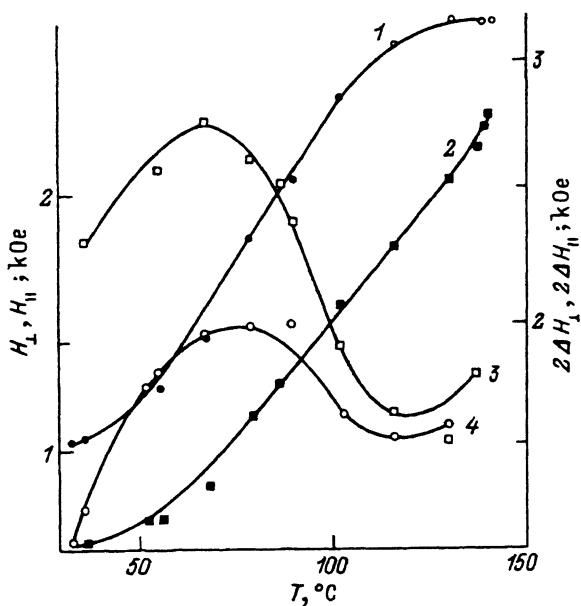


Рис. 1. Температурные зависимости резонансных полей H_{\perp} (1), H_{\parallel} (2), ширины линии ФМР $2\Delta H_{\perp}$ (3) и $2\Delta H_{\parallel}$ (4).

поскольку ионы Pr^{3+} приводят к более высокому затуханию, чем ионы Tm^{3+} .

Температурные зависимости резонансных полей и ширины линий ФМР для Вс-МПФГ $(\text{Pr}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$ (образец № 1) приведены на рис. 1. Оба резонансных поля H_{\perp} и H_{\parallel} увеличиваются с ростом температуры, причем во всем исследованном интервале температур выполняется соотношение $H_{\perp} > H_{\parallel}$. Зависимости $2\Delta H_{\perp}(T)$ и $2\Delta H_{\parallel}(T)$ имеют локальный максимум при $T \approx 70^\circ\text{C}$.

По данным H_{\perp} и H_{\parallel} рассчитывали эффективное значение гиромагнитного отношения γ и эффективное поле магнитной анизотропии $H_k^{\text{ef}} = H_k - 4\pi M_s$, где H_k — поле наведенной анизотропии, а $4\pi M_s$ — намагниченность насыщения. Расчет производился с помощью соотношений

$$\frac{\omega}{\gamma} = H_{\perp} + H_k^{\text{ef}},$$

$$\left(\frac{\omega}{\gamma}\right)^2 = H_{\parallel} (H_{\parallel} - H_k^{\text{ef}}).$$

Зависимости $H_k^{\text{ef}}(T)$ и $\gamma(T)$ приведены на рис. 2 (кривые 1 и 2 соответственно). Величина H_k^{ef} относительно невелика и, по-видимому, как и в эпитаксиальных пленках $\text{Pr}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, в основном определяется намагниченностью насыщения. В этом случае экстремум на кривой $H_k^{\text{ef}}(T)$ объясняется близостью точек компенсации магнитного момента и Нееля. Для подтверждения этого были выращены пленки Вс-МПФГ с меньшим уровнем замещения железа галлием и как следствие с более высокой (примерно на 20°C) температурой Нееля. Зависимости $H_k^{\text{ef}}(T)$

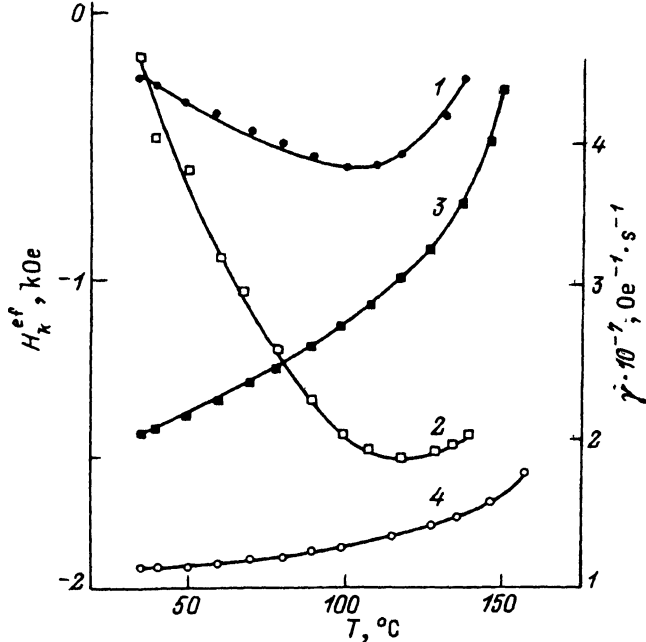


Рис. 2. Температурные зависимости эффективного поля анизотропии H_k^{ef} (1,3) и эффективного значения гиромангнитного отношения γ (2,4) для образцов № 1 (1,2) и 2 (3,4).

и $\gamma(T)$ для Вс-МПФГ с меньшим содержанием Ga (образец № 2) также приведены на рис. 2 (кривые 3 и 4 соответственно). Заметим, что в отличие от образца № 1 для образца № 2, как и для пленок $\text{Pt}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$, зависимость $H_k^{\text{ef}}(T)$ является монотонной.

Еще более существенным является различие кривых $\gamma(T)$ для образцов № 1 и 2. Для первого образца максимальное значение g -фактора составляет 5.25, тогда как для пленок $\text{Pt}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ при соответствующей температуре $g = 2.34$. С ростом температуры гиромангнитное отношение для этого образца снижается, что объясняется удалением от точки КМИ (кривая 2 на рис. 2). Для образца № 2 эффективное значение γ , наоборот, увеличивается с ростом температуры (кривая 4 на рис. 2), причем для него значение g -фактора всегда меньше двух, тогда как для пленок $\text{Pt}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ оно всегда больше двух. Из сопоставления кривых $\gamma(T)$ для этих двух образцов можно заключить, что по содержанию галлия они находятся по разные стороны от состава, обеспечивающего КМИ: для образца № 1 содержание Ga больше, чем необходимо для КМИ, а для образца № 2 — меньше.

Вс-МПФГ с более высоким γ исследовать методом ФМР не удалось, поскольку резонансные поля H_{\perp} и H_{\parallel} , как показывает сравнение кривых 1 и 2 на рис. 1 и кривой 2 на рис. 2, уменьшаясь с ростом γ , выходят за пределы развертки ФМР-спектрометра.

Таким образом, в настоящей работе показано, что в пленках Вс-МПФГ состава $(\text{Pt}, \text{Bi})_3(\text{Fe}, \text{Ca})_5\text{O}_{12}$, выращенных на подложках $\text{Gd}_3(\text{Sc}, \text{Ga})_5\text{O}_{12}$, реализуется повышенное гиромангнитное отношение.

Авторы благодарят В.В.Ефремова за помощь при выращивании пленок Вс-МПФГ.

Список литературы

- [1] Заболотская Н В , Осико В.В , Рандошкин В.В., Сигачев В.Б., Тимошечкин М И. Письма в ЖТФ **10**, 13, 788 (1984).
- [2] Рандошкин В.В., Мартынов А.Ф. ФТТ **36**, 4, 1179 (1994).
- [3] Vella-Coleiro G P., Blank S L , le Graw R C Appl Phys. Lett **26**, 12, 722 (1975)
- [4] Рандошкин В.В Тр ИОФАН **35**, 49 (1992)
- [5] Телеснин Р.В., Зюзин А.М., Рандошкин В.В., Старостин Ю.В. ФТТ **24**, 4, 1166 (1982).
- [6] Васильева Н.В., Зюзин А.М., Иванов М.А., Рандошкин В.В. ФТТ **28**, 5, 1505 (1986).