

- [8] Коган Л. М. Полупроводниковые светоизлучающие диоды. М.: Энергоиздат, 1983. 208 с.  
 [9] Птащенко А. А., Сушков В. П., Ирха В. П. и др. // Письма в ЖТФ. 1979. Т. 5. Вып. 10. С. 624—627.  
 [10] Торчинская Т. В., Брайловский Е. Ю., Семенова Г. Н. и др. // ФТП. 1984. Т. 18. Вып. 8. С. 1397—1402.

Институт полупроводников  
 АН УССР  
 Киев

Поступило в Редакцию  
 5 апреля 1988 г.

06; 05; 09

Журнал технической физики, т. 59, в. 7, 1989

## ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЙ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ ДОМЕННЫХ СТРУКТУР НА ПРОЦЕСС НЕОДНОРОДНОГО ВРАЩЕНИЯ МАГНИТНЫХ МОМЕНТОВ ВБЛИЗИ ДВИЖУЩИХСЯ ДОМЕННЫХ ГРАНИЦ

А. С. Логгинов, Г. А. Непокойчицкий, Н. И. Никитин,  
 Т. Б. Розанова, В. А. Трофимов

В ряде работ [1-4] было показано, что при движении доменных границ (ДГ) возможна генерация опережающих их магнитных возмущений (МВ), представляющих собой нескованные магнитные образования, возникающие вблизи ДГ за счет неоднородного вращения векторов намагниченности. Данная работа посвящена изучению природы таких образований.

Образцами служили Bi-содержащие пленки феррит-гранатов, выращенные на подложках ориентации (111). Исследования проводились методом электронно-оптической высокоскоростной фотографии, подробно описанным ранее [3]. Ниже приведены результаты для пленок со следующими параметрами (см. таблицу).

№ пленки	Состав	Толщина $h$ , мкм	Поле кол-лапса ЦМД $H_0$ , Э	Намагниченность насыщения $4\pi M_S$ , Гс	Поле одноосной анизотропии $H_a$ , Э	Фактор качества $Q$
1	$(\text{BiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$	7.5	126	173	600	3.5
2	$(\text{BiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$	10	101	137	950	6.9
3	$(\text{YBiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$	5	99	218	3070	14.1
4	$(\text{BiTm})_3(\text{FeGa})_5\text{O}_{12}$	7.3	17.8	70	4950	70.6

Обнаружено, что параметры образца существенно влияют на особенности генераций МВ движущимися доменными границами. Так, в пленках 1, 2 с ростом импульсного поля  $H_{\text{вмп}}$  процесс неоднородного вращения вблизи ДГ усиливался [3], в образце 3 генерация изолированных МВ происходила лишь в относительно узком диапазоне полей  $H_{\text{вмп}}$ , соизмеримых с  $H_a$ , а в пленке 4 во всем диапазоне полей  $H_{\text{вмп}}$  от 0 до  $H_a$  генерация МВ не наблюдалась. Таким образом, показано, что в однородных внешних полях, ориентированных по нормали к плоскости образцов, процесс неоднородного вращения вблизи движущихся ДГ проявляется тем ярче, чем меньше фактор качества  $Q = H_a/4\pi M_S$ . Исследования особенностей генерации МВ доменными стенками полосовых доменов и цилиндрических магнитных доменов (ЦМД), находящимися одновременно в однородном поле смещения  $H_{\text{см}}$ , показали, что этот процесс у границ полосовых доменов может начинаться существенно раньше, чем у ЦМД. На рис. 1 представлены зависимости минимального времени  $\tau^*$  от момента приложения  $H_{\text{вмп}}$  до начала неоднородного вращения у ЦМД  $\tau_{\text{ЦМД}}^*$  и полосовых доменов  $\tau_{\text{ПД}}^*$  (образец 2). Отметим, что для образцов с другим набором параметров (1,3) такого явного различия во временах  $\tau_{\text{ЦМД}}^*$  и  $\tau_{\text{ПД}}^*$  не обнаружено. На рис. 2, а схематически показана типичная картина, наблюдаемая при полностью скрещенных полях в момент времени  $\tau$  ( $\tau_{\text{ПД}}^* < \tau < \tau_{\text{ЦМД}}^*$ ), а на рис. 2, б — при  $\tau > \tau_{\text{ПД}}^*$ ,  $\tau_{\text{ЦМД}}^*$ .

Проанализируем полученные результаты. Сразу после приложения импульса поля  $H_{\text{вмп}}$  на прилегающих к доменам участках образца магнитные моменты  $M$  параллельны друг другу и перпендикулярны плоскости пленки. В силу параллельности  $M$  обменным взаимодействием можно пренебречь. Образование МВ вблизи доменных границ начинается только в том случае, когда эффективное магнитное поле  $H_{\text{эфф}} = H_{\sigma} + H_{\text{см}} + H_{\text{вмп}} + H_p$  (где  $H_p$  — размагничивающее поле, создаваемое доменной структурой) превысит критическое поле  $H_{\text{кр}}$  начала неоднородного вращения. Поскольку в начальный момент времени нормальная компонента поля  $H_{\text{эфф}\perp}$  не создает вращающего момента, то размеры областей, в которых начинается неоднородное вращение, и различия во временах  $\tau_{\text{ЦМД}}^*$  и  $\tau_{\text{ПД}}^*$ , по-видимому, связаны с конфигурациями размагничивающих полей  $H_p$  различных типов доменных струк-

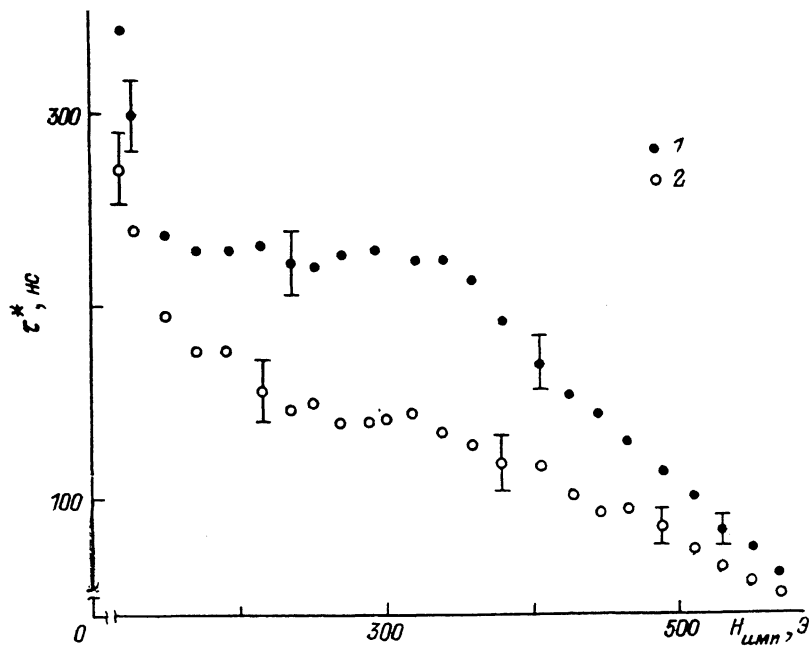


Рис. 1. Зависимости минимального времени  $\tau^*$  от момента приложения импульса магнитного поля до начала генерации МВ границами ЦМД (1) и полосовых доменов (2) от напряженности  $H_{\text{вмп}}$ .

тур, создающих плоскостную компоненту эффективного поля  $H_{\text{эфф}\parallel}$ . Расчеты полей  $H_p$  проводились для идеализированных моделей доменов, на границе которых ориентация магнитных моментов  $M$  скачком менялась на  $180^\circ$ . На рис. 2 представлены зависимости эффективного магнитного поля  $|H_{\text{эфф}}|$  и его плоскостной составляющей  $H_{\text{эфф}\parallel}$  от расстояния  $x$ , отсчитываемого от границы полосового и цилиндрического доменов, схематически показанных снизу. Видно, что независимо от типа доменной структуры компонента поля  $H_{\text{эфф}\parallel}$  существенна только в областях, удаленных от ДГ на расстояния порядка толщины образца  $h$ . Поскольку критическое поле  $H_{\text{кр}}$  уменьшается с ростом плоскостной составляющей  $H_{\text{эфф}\parallel}$ , то ясно, что возникновение неоднородного вращения вблизи движущихся ДГ связано с размагничивающими полями, напряженность которых не превышает  $4\pi M_S$ . Справедливость данного положения подтверждают следующие факты.

1. Во всех проведенных экспериментах максимальные удаления магнитных возмущений от ДГ практически не превышали расстояний порядка  $h$ , а на участках образца без доменной структуры процесс неоднородного вращения при этом не наблюдался.

2. Процесс неоднородного вращения вблизи ДГ проявляется тем лучше, чем меньше фактор качества материала  $Q$ .

3. При прочих равных условиях генерация МВ начинается раньше у границ полосовых доменов (рис. 1), где поле  $H_{\text{эфф}\parallel}$  на 30—40 % больше, чем вблизи ЦМД (рис. 2), а следовательно, на столько же больше вращающий момент, действующий на векторы  $M$ . При этом установлено эмпирическое соотношение между временами  $\tau_{\text{ПД}}^*$  и  $\tau_{\text{ЦМД}}^*$  (рис. 1) и полями  $H_{\text{эфф}\parallel}^{\text{ЦМД}}$  и  $H_{\text{эфф}\parallel}^{\text{ПД}}$  (рис. 2)

$$\frac{H_{\text{эфф}}^{\text{ПД}}(x)}{H_{\text{эфф}}^{\text{ЦМД}}(x)} = \frac{\tau_{\text{ЦМД}}^*}{\tau_{\text{ПД}}^*},$$

которое при  $x \leq 1$  мкм в различных полях  $H_{\text{нмд}}$  выполняется с точностью не ниже  $\pm 10\%$ .

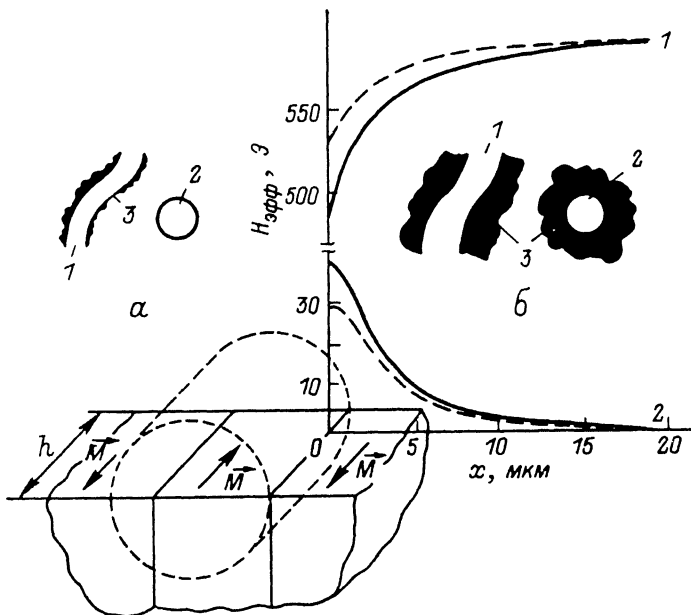


Рис. 2. Зависимости эффективного магнитного поля  $|H_{\text{эфф}}|$  (1) и его плоскостной компоненты  $H_{\text{эфф}}(2)$  от расстояния  $x$ , отсчитываемого от ДГ полосового домена (сплошные линии) и ЦМД (пунктирные линии), схематически представленных снизу.

Расчеты проведены для плоскости, удаленной на 2,5 мкм от поверхности пленки при  $H_{\text{нмд}} = 316$  Э,  $H_{\text{см}} = 90$  Э  $\tau = \tau_{\text{ПД}} = 170$  нс (образец 2). а, б: 1 — полосовой домен, 2 — ЦМД, 3 — МВ.

Таким образом, показано, что неоднородное вращение магнитных моментов на участках образца, примыкающих к движущимся ДГ, вызвано размагничивающими полями, создаваемыми доменными структурами, а также тем, что этот процесс проявляется тем ярче, чем меньше фактор качества материала  $Q = H_a/4\pi M_S$ .

### Литература

- [1] Иванов Л. П., Логгинов А. С., Непокойчицкий Г. А. Препринт МГУ. № 4. М., 1982.
- [2] Иванов Л. П., Логгинов А. С., Непокойчицкий Г. А. // Изв. вузов. Радиоэлектроника. 1982. Т. 25. № 8. С. 99—100.
- [3] Иванов Л. П., Логгинов А. С., Непокойчицкий Г. А. // ЖЭТФ. 1983. Т. 84. Вып. 3. С. 1006—1022.
- [4] Куделькин Н. Н., Прохоров А. М., Рандошкин В. В. и др. // ДАН СССР. 1985. Т. 281. № 4. С. 848—851.

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Физический факультет

Поступило в Редакцию  
5 апреля 1988 г.