

05.2

© 1991

ЭФФЕКТ УСКОРЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЦМД ВДОЛЬ ГРАВИРОВАННОЙ „КАНАВКИ“ НА ПОВЕРХНОСТИ ДВУСЛОЙНОЙ ФЕРРИТ-ГРАНАТОВОЙ СТРУКТУРЫ

Е.И. Николаев, А.И. Линник,
В.Н. Саяпин

Двуслойные эпитаксиальные феррит-гранатовые структуры, в которых нижний тонкий ($h \sim 0.1$ мкм) слой состава $(YLuCd)_3(FeGa)_5O_{12}$ с планарным расположением вектора намагниченности, а верхний слой – магнитоодноосный с ЦМД, исследованы в качестве твердотельной среды для устройств на ЦМД с токовым управлением. Назначение нижнего слоя – подавление „жестких“ ЦМД в верхнем слое, обеспечение структурного совершенства, воздействие на динамику ЦМД и др. [1].

Образцы структур исследования были получены путем последовательного жидкофазного эпитаксиального наращивания 1-го и 2-го слоя на подложке $\varnothing 76$ мм из монокристалла $GdGa_5O_{12}$ ориентацией (111). Характеристики типичных образцов двух сопоставляемых композиционных систем представлены в таблице.

Обозначение образца	Композиционная система доменосодержащего слоя	h , мкм	d , мкм	Q	$2\Delta H$, э	$\lambda_{111} \cdot 10^6$
I	$(YLuSmCa)_3(FeGe)_5O_{12}$	3.0	3.0	7.0	~400	<0
II	$(YEuLuCd)_3(FeGaMn)_5O_{12}$	3.0	3.0	6.0	~200	»0
III	—//—	5.0	5.0	7.0	~100	~0

Здесь h – толщина слоя, d – диаметр ЦМД, Q – фактор качества, $2\Delta H_{\text{ФМР}}$ – ширина линии поглощения при ФМР, λ_{111} – константа магнитострикции.

Образец I можно считать типичным материалом для техники ЦМД, тогда как образец II примечателен присутствием в его составе иона марганца, обеспечившего большой положительный вклад в обычно отрицательную величину λ_{111} [2]. В остальном магнитные параметры образцов I и II можно считать достаточно близкими (различие в значениях $2\Delta H_{\text{ФМР}}$ не является принципиальным для оценки нижеприведенных экспериментальных результатов).

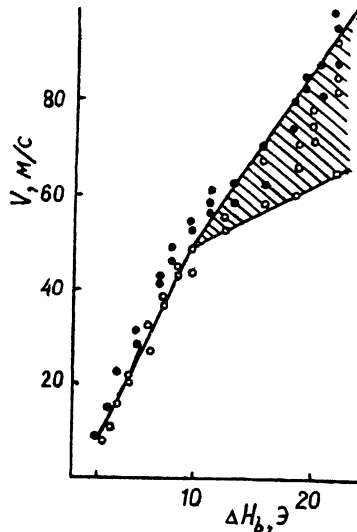
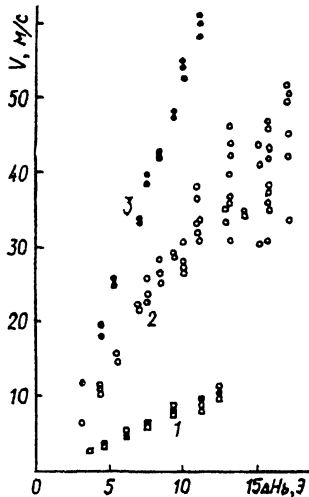


Рис. 1. Зависимость скорости трансляции ЦМД от величины продвигающего поля в образцах I и II.

Рис. 2. Зависимость скорости ЦМД от величины продвигающего поля в образце III.

Средствами фотолитографии на поверхности образцов были выгравированы канавки прямоугольного профиля шириной 3 мкм и глубиной 0,3 мкм, ограничивающие возможность бокового смещения ЦМД при воздействии токового импульса и являющиеся важным элементом токовой доменопродвигающей схемы.

Трансляционное движение ЦМД под воздействием импульса градиентного поля смещения исследовали, используя схему с параллельными проводниками тока [3]. В каждом из образцов все ЦМД удовлетворяют главным критериям „нормальных“ ЦМД, а именно: коллапсируют с разбросом значений критического поля H_0 менее 1 Э и на участке линейной зависимости скорости V от продвигающего поля ΔH_b имеют практически идентичные и воспроизводимые динамические характеристики. Результаты измерения скорости V ЦМД представлены на рис. 1. Тангенс угла наклона линейного участка кривой соответствует подвижности μ_0 ЦМД в данном образце. Черные фигуры на рисунке соответствуют трансляции ЦМД вдоль „накавки“, светлые – трансляции ЦМД на участке образца с гладкой поверхностью. Зависимость 1 относится к образцу 1, а 2 и 3 – к образцу II.

Можно видеть, что подвижности μ_0 удовлетворительно коррелируют с характеристиками $\Delta H_{ФМР}^{-1}$ образцов I и II; скорость ЦМД в гладкой части образцов достигает соответственно 10 и 30 м/с.

Принципиально новыми являются данные о движении ЦМД в образце II, из которых следует, что при движении вдоль „канавки“ (прямая 3) ЦМД развивает значительно большую скорость и обладает большей подвижностью, чем при движении вне „канавки“ (кривая 2). В то же время в образце 1 этот эффект не наблюдается (прямая 1).

Нетривиальным результатом является также скорость 60 м/с, которую способен развить ЦМД в образце II, двигаясь вдоль „канавки“ (и это, возможно, не предел, так как зависимость 3 не обнаруживает признаков нелинейности при наибольших возможных в нашем эксперименте значениях ΔH_B). Расчет показывает, что такая скорость соответствует предельной скорости Уокера для феррит-граната такого состава, и для ее достижения необходимо заблокировать действие механизма насыщения скорости вследствие зарождения и смещения вдоль доменных границ блоховских линий [4]. Ни один из известных способов блокирования этого механизма в данном случае не применялся.

Можно было предположить, что обнаруженный эффект связан с магнитоупругими свойствами феррит-граната состава II. С целью проверки этой версии в растворе-расплаве для эпитаксии снизили содержание оксида марганца, так чтобы приблизить к нулю модуль величины λ_{111} эпитаксиального слоя. Одновременно было уменьшено содержание ионов Eu^{3+} и Fe^{3+} и соответственно увеличены подвижность $\mu_0 \sim \Delta H_{ФМР}^{-1}$ и диаметр ЦМД, что позволило наблюдать большие скорости ЦМД при тех же возможностях экспериментальной техники (см. таблицу, образец III). Результаты исследования динамики ЦМД в образце III представлены на рис. 2. Как следует из этих данных, зависимость $V(\Delta H_B)$ для ЦМД в „канавке“ (черные кружки) и вне ее (светлые кружки) качественно одинакова и подобна кривой 2 на рис. 1, т.е. в обоих случаях есть линейный участок в области малых значений ΔH_B и нелинейный участок с увеличивающимся разбросом значений V в области больших полей ΔH_B . Сохраняется небольшое количественное различие (черные фигуры располагаются несколько выше светлых), но оно не идет ни в какое сравнение с различием между кривыми 2 и 3 на рис. 1. Этот эксперимент, хотя и не вполне объясняет природу обнаруженного эффекта, позволяет видеть направление дальнейших исследований.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Николаев Е.И., Линник А.И., Саяпин В.Н., Ильчишин О.В., Семенов К.Н. // Микроэлектроника. 1988. Т. 17. В. 4. С. 327-331.

- [2] B r e e d D.J., V o e r m a n s A.B., N e -
d e r p e l P.Q.J., V a n B a k e l B.H.H. //
J. Appl. Phys. 1983. V. 54. N 3. P. 1519-1527.
- [3] V e l l a - C o l e i r o G.P., T a b o r W.J.//
Appl. Phys. Lett. 1972. V. 21. P. 7-9.
- [4] М а л о з е м о в А., С л о н з у с к и Дж. Доменные
стенки в материалах с ЦМД. М.: Мир, 1982. 382 с.

Поступило в Редакцию
12 апреля 1991 г.