

СПИРАЛЬНЫЕ ДОМЕНЫ В МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ В СТАТИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

А.П.Гесь, В.В.Федотова, А.К.Богущ, Т.А.Горбачевская

В магнитоодноосных пленках ферритов-гранатов обнаружено существование спиральных доменов в статических магнитных полях. Изучены процессы их возникновения, перестройки и взаимодействия при воздействии внешнего магнитного поля. Выявлена зависимость возникновения спиральных доменов от физических параметров исследуемых пленок и от наличия дефектов особого типа.

Доменные структуры в магнитных монокристаллических пленках с магнитной анизотропией типа "легкая ось" характеризуются большим многообразием обусловленным как физическими свойствами самого материала, так и воздействием внешних магнитных полей и температур¹. Существующая классификация доменных структур в одноосных магнитных пленках по данным недавних работ^{2,3} пополнилась спиральными доменами (СД), которые могут быть сформированы при воздействии биполярных² и монополярных³ импульсных магнитных полей определенной частоты и амплитуды. В нашей работе СД формировались при воздействии постоянного магнитного поля определенной величины перпендикулярного плоскости пленки. Таким образом, расширены и дополнены условия формирования СД, однако это требует иного подхода к объяснению этого процесса.

В работе исследовались монокристаллические пленки ферритов-гранатов системы $(YBiSm)_3(Fe, Ga)_5O_{12}$ выращенные методом жидкофазной эпитаксии на подложках $Gd_3Ga_5O_{12}$ с (111)-ориентацией и толщиной не менее 5 мкм. Ось легкого намагничивания перпендикулярна плоскости пленки. Доменные структуры на разных этапах формирования наблюдались с помощью эффекта Фарадея. Внешнее магнитное поле необходимой величины было нормальным к исследуемой пленке.

Исходная доменная структура представляла собой обычную лабиринтную (рис. 1а), характерную для феррит-гранатовых пленок с перпендикулярной анизотропией с периодом $2d = 4 - 6$ мкм и полем полного перемагничивания $H_s = 85$ Э. При наложении постоянного магнитного поля перпендикулярного плоскости пленки происходит изменение ДС не только путем уширения доменов с намагниченностью по полю, но и перемещения их. В поле $H = 45$ Э (рис. 1б) в результате перестройки доменной картины произошло формирование спирали, витки которой представляют "гафрированные" темные домены. Дальнейшее увеличение поля ведет к спрямлению гафрированности и образованию более четкой спирали, в которой при поле $H = 48$ Э насчитывается 13 витков. Рост поля до $H = 55$ Э сопровождался совершенствованием спирали, отрывом ее от окружающей доменной лабиринтной структуры, постепенным коллапсированием витков спирали с периферии и образованием светлого пространства между спиралью и лабиринтными доменами (рис. 1в). Спираль, обладая повышенной чувствительностью к внешнему магнитному полю, полностью исчезает раскручиваясь в направлении точки закрепления первого внутреннего витка при $H = 63$ Э. Окружающие место расположения спирали лабиринтные домены исчезают только при $H = 95$ Э.

При уменьшении внешнего магнитного поля в полностью перемагниченной пленке в поле $H = 56$ Э первыми зарождаются и развиваются спиральные домены (рис. 2а). Незначительное дальнейшее уменьшение поля ведет к быстрому увеличению числа витков в спиралях и заполнению остального пространства

пленки лабиринтными доменами (рис. 2б), которые сильно измельчаются, спирали деформируются (рис. 2в) и возвращаются к исходному состоянию (рис. 1а). Наблюдения показали, что в ряде случаев центром зарождения спиральных доменов является дефект (рис. 1г), природа которого пока не установлена.

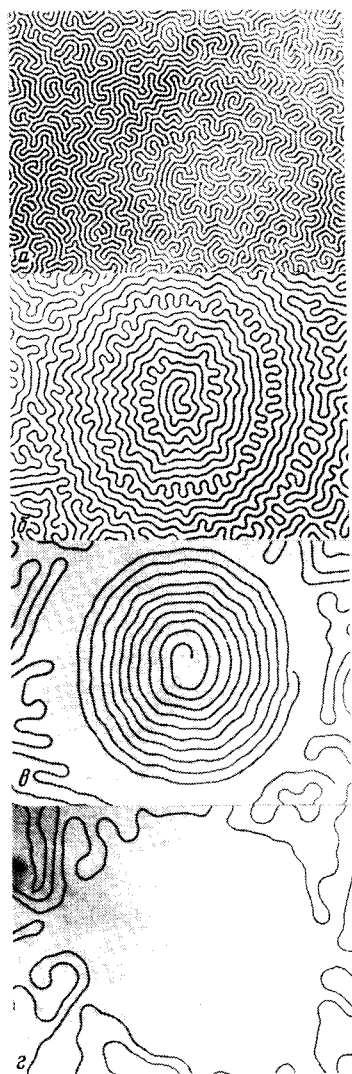


Рис. 1.



Рис. 2.

Рис. 1. Динамика преобразования доменной структуры по мере роста магнитного поля H : а - 0 Э; б - 45 Э; в - 55 Э; г - 63 Э

Рис. 2. а, б, в - Возникновение и преобразование спирального домена по мере уменьшения величины магнитного поля H : а - 56 Э; б - 51 Э; в - 47 Э; г - вид доменной структуры в пленках состава $(YCa)_3(FeCoGe)_5O_{12}$; д - группа спиральных доменов

Таким образом, СД в пленках ферритов-гранатов и исследованной системы представляют собой устойчивые статические образования при наличии внешнего магнитного поля определенной величины, которые можно отнести к регулярным доменным структурам подобным лабиринтным, полосовым или ЦМД, характер которых определяется физикой самого материала. Подтверждением этому может служить доменная структура, содержащая СД противоположной киральности, наблюдаемая в пленках $(\text{YCa})_3(\text{FeCoGe})_5\text{O}_{12}$ в поле $H = 0$ (рис. 2г).

В пленках, в которых возможно существование спиральных доменов при $H = 0$, отсутствует предпочтительное направление ориентации доменных границ, что подтверждается практически полной изотропностью удельной энергии этих границ.

В образцах пленок в условиях воздействия статического магнитного поля может одновременно возникать большое количество спиралей с одним направлением закручивания и различным количеством витков. На рис. 2б видно, что на площади, соответствующей полю зрения микроскопа (увелич. $60\times$), насчитывается 7 СД. Заметных изменений формы или деформаций спиралей, обусловленных их взаимным расположением, не наблюдалось.

Основываясь на полученных экспериментальных данных о спиральных доменах, возникающих в динамических ^{2,3} и статических режимах воздействия магнитных полей, следует отметить, что они представляют собой новый тип регулярных доменных структур, для выяснения природы возникновения и существования которых требуются дальнейшие исследования как физических свойств самих пленок, так и параметров доменов на различных стадиях формирования спиралей.

Литература

1. Малоземев А., Слоизуски Дж. Доменные стенки в материалах с цилиндрическими доменами. М.: Мир, 1982, 382 с.
2. Кандаурова Г.С., Свидерский А.Э. Письма в ЖЭТФ, 1988, 47, 410.
3. Лисовский Ф.В., Мансветова Е.Г. ФТТ, 1989, 31, 273.

Институт физики
твёрдого тела и полупроводников
Академии наук Белорусской ССР

Поступила в редакцию
10 сентября 1990 г.