

ДИНАМИКА ДОМЕННЫХ СТРУКТУР В ПЛЕНКАХ ФЕРРИТОВ-ГРАНАТОВ

*Л.П.Иванов, А.С.Логинов, В.В.Рандошкин,
Р.В.Телеснин*

Исследовано поведение доменных структур в пленках ферритов-гранатов под действием импульсного магнитного поля путем непосредственного наблюдения динамических доменов при помощи магнитооптической установки с использованием электроннооптического преобразователя и полупроводникового инжекционного лазера.

Регистрация динамических доменов в пленках ферритов-гранатов осуществляется, как правило, методом высокоскоростной фотографии [1 - 3]. Изменения свойств исследуемых объектов вследствие нагревания излучением лазера можно избежать, применяя электроннооптический преобразователь (ЭОП) с усилением яркости [4].

В настоящей работе исследовано поведение доменных структур в пленках ферритов-гранатов в импульсных магнитных полях путем непосредственного наблюдения динамических доменов с помощью эффекта Фарадея. Использование в качестве источника подсветки полупроводникового инжекционного лазера с двойным гетеропереходом на основе GaAs - GaAlAs, работающего на длине волны $\sim 0,9$ мкм, позволило легко управлять длительностью оптического импульса в пределах 5 - 500 нсек, изменяя длительность импульса тока накачки лазера. Изображение доменных структур фокусировалось на фотокатод ЭОП. В установке применялся ЭОП с усилением яркости (в 10^5 раз) и системой отклонения электронного пучка, что позволило не только получать фотографии динамических доменов с экспозицией от одиночного импульса излучения лазера длительностью 10 - 20 нсек и мощностью не более 10 вт, но и, в отличие от [1 - 4], регистрировать временные развертки изображения одномерных объектов, например, диаметра цилиндрических магнитных доменов (ЦМД). Одномерное изображение вырезалось с помощью щели, находящейся в фокальной плоскости. Его развертка во времени осуществлялась путем подачи пилообразного напряжения на отклоняющие пластины ЭОП. С целью уменьшения уровня шума ЭОП отпирался только на время, несколько превышающее длительность оптического импульса. Импульсы магнитного поля, тока накачки лазера и пилообразного напряжения жестко синхронизовались относительно друг друга. Их относительное временное положение изменялось с помощью линий задержки. Импульсное магнитное поле формировалось 20-витковой катушкой диаметром ~ 2 мм, расположенной вблизи поверхности пленки.

При изучении неповторяющихся и случайных процессов методика дает данные об исходной доменной структуре, ее конфигурации в некоторый момент времени в процессе действия перемещающего импульса или после его окончания и о результирующей доменной структуре.

При исследовании поведения ЦМД в однородном импульсном магнитном поле регистрация временных разверток изображения ЦМД позволяет определить при воздействии одного единственного импульса поля зависимость диаметра ЦМД от времени t , тем самым, радиальную скорость движения стенок ЦМД V , в то время, как методика [3] — только диаметр ЦМД в некоторый момент времени.

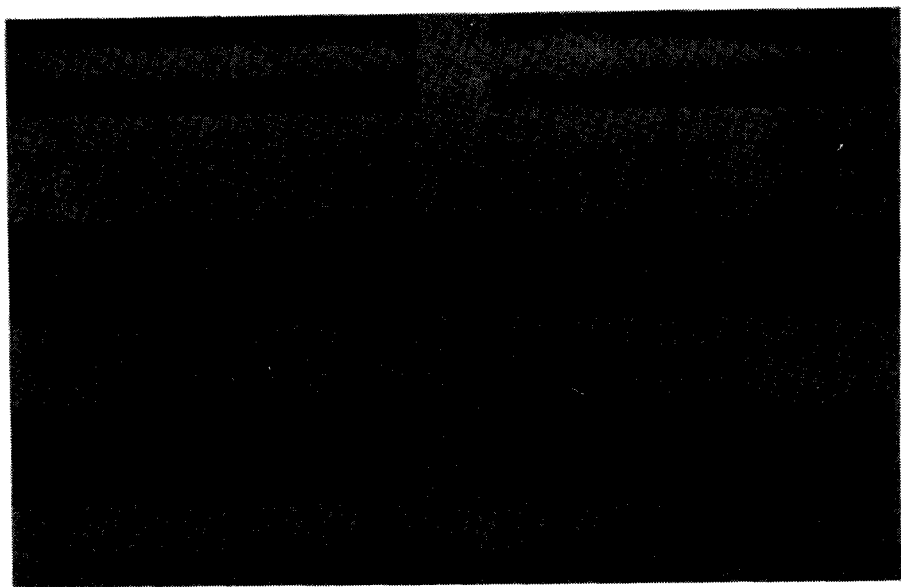


Рис. 1. Временные развертки изображения ЦМД при воздействии импульсов поля различной амплитуды: (a) $H_M = 0$; (b) 200 э; (c) 400 э; (d) 600 э; (e) 800 э; (f) 1000 э. Поле смещения равно ~ 100 э

При воздействии импульса магнитного поля амплитудой 100 — 1000 э диаметр ЦМД линейно изменяется со временем. Скорость V возрастает при увеличении импульсного поля с дифференциальной подвижностью $1 - 5 \text{ см} \cdot \text{сек}^{-1} \cdot \text{э}^{-1}$. На рис. 1 показаны фотографии временных разверток изображения ЦМД в пленке состава $Y_{1,0} Gd_{1,1} Yb_{0,6} Bi_{0,3} Ga_{0,15} Al_{0,7} Fe_{4,15} O_{12}$ (толщина $h = 20 \text{ мкм}$, намагниченность насыщения $4 \pi M_S = 175 \text{ эс}$, поле коллапса ЦМД $H_0 = 126 \text{ э}$) при воздействии импульсов магнитного поля различной амплитуды, которые прикладывались в момент времени $t = 0$.

При исследовании процесса импульсного намагничивания исходная доменная структура создавалась путем медленного уменьшения величины постоянного магнитного поля смещения, приложенного перпендикулярно плоскости пленки, от значения, превышающего поле коллапса, до нуля. Процесс импульсного намагничивания начинается движением доменных стенок, причем, в стенках чередуются участки, перемещающиеся с разной скоростью. Различие скоростей движения "медленных" и "быстрых" участков приводит к образованию разрывов "невыгодно"

намагниченных доменов. Если действие перемгничивающего импульса прекратится прежде, чем произойдет полное перемгничивание областей, образовавшихся после разрыва доменов, то их размеры начнут расти, в результате чего образуется решетка ЦМД. На рис. 2 показаны фотографии, иллюстрирующие процесс формирования решетки ЦМД в пленке состава $Y_{1,2}Gd_{1,1}Yb_{0,3}Bi_{0,4}Al_{0,7}Fe_{4,3}O_{12}$ ($h = 15$ мкм, $4\pi M_S = 190$ э, $H_0 = 141$ э). Конфигурации исходной и результирующей доменных структур совпадают лишь при достаточно малых амплитудах и длительности перемгничивающего импульса, когда образования разрывов доменов не происходит.

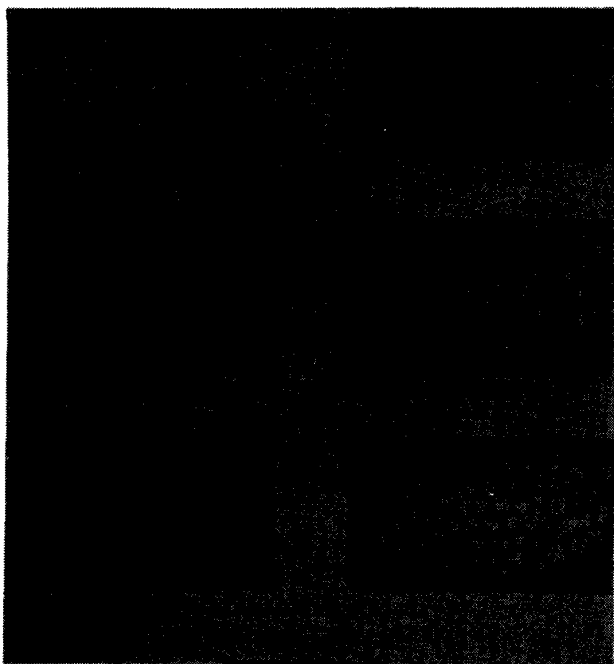


Рис. 2. Исходная (а), динамические (b – e) и результирующая (f) доменные структуры при воздействии перемгничивающего импульса амплитудой $H_{и} \approx 500$ э и длительностью $\tau_{и} \approx 400$ нсек. Цифры указывают момент регистрации динамических доменов относительно момента приложения импульса поля

Исследование процесса перемгничивания пленок ферритов-гранатов из насыщенного состояния под действием перемгничивающего импульса, приложенного антипараллельно полю смещения $H_{см}$, показало, что образование зародышей обратной намагниченности происходит на различного рода неоднородностях. Число центров зародышеобразования n при данном значении $H_{см}$ возрастает с увеличением амплитуды перемгничивающего импульса $H_{и}$, а также при нагревании образца. Уменьшение величины $H_{см}$ также приводит к росту числа n . При повторении циклов перемгничивания в одинаковых условиях число и местоположение центров зародышеобразования, как правило, оставалось неизменным.

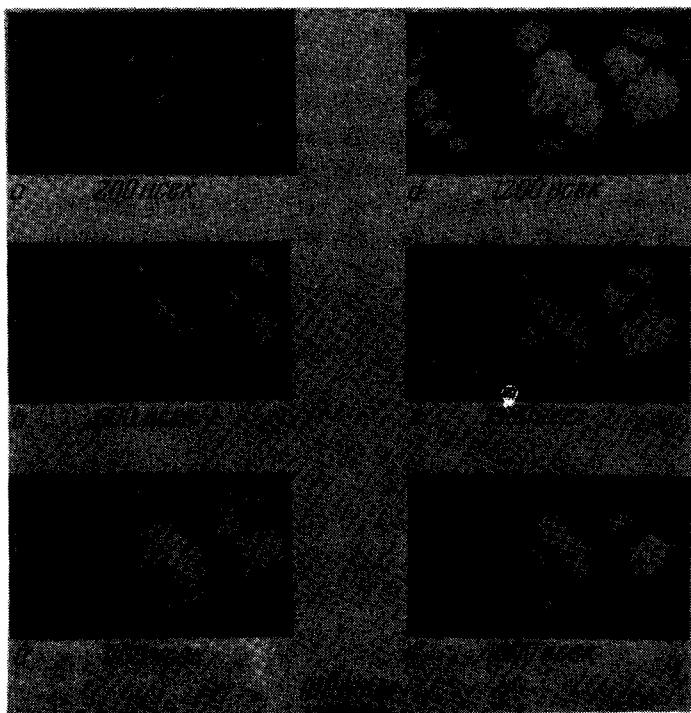


Рис. 3. Динамические домены в различные моменты времени относительно момента приложения импульса магнитного поля амплитудой $H_{И} \approx 800$ э и длительностью $\tau_{И} \approx 1$ мксек. Поле смещения равно 160 э

Появление зародышей обратной намагниченности происходило через некоторое время $\tau_3 \sim 10^{-7}$ сек после приложения импульса магнитного поля, причем на различных центрах зародышеобразования их появление происходило неодновременно. Величина τ_3 уменьшалась с ростом амплитуды $H_{И}$. После появления зародышей происходило увеличение размеров и слияние областей обратной намагниченности. Если действие импульсного поля прекращается прежде, чем произойдет полное перемагничивание образца, то через некоторое время после его окончания образуются "звездоподобные" динамические домены, аналогичные наблюдавшимся авторами [1, 2] в экспериментах с полосовыми и цилиндрическими магнитными доменами. На рис. 3 показаны фотографии, иллюстрирующие процесс зародышеобразования, полученные для того же образца, что и рис. 2.

Московский
государственный университет
им. М.В.Ломоносова

Поступила в редакцию
25 апреля 1976 г.

Литература

- [1] G.J.Zimmer, T.M.Morris, F.B.Humphrey. IEEE Trans.Magn., MAG-10, 651, 1974.

- [2] L.Gal, G.J.Zimmer, F.B.Humphrey. Phys. Stat. Sol. (a), 30,561, 1975.
- [3] G.J.Zimmer, L.Gal, K.Vural, F.B.Humphrey. J. Appl. Phys.,
46, 4976, 1975.
- [4] G.P.Vella-Coleiro, F.B.Hagedorn, S.L.Blank. Appl. Phys. Lett.,
26, 69, 1975.
-