

НАБЛЮДЕНИЕ АВТОВОЛНОВОГО СОСТОЯНИЯ И УСТОЙЧИВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СТРУКТУР В МНОГОДОМЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПЛЕНКАХ

Г.С. К а н д а у р о в а, А.Э. С в и д е р с к и й

Целью работы являлось исследование поведения доменной структуры (ДС) магнитоодноосных тонких пленочных кристаллов в переменных полях, частота которых значительно меньше частот, характерных для резонанса доменных границ и возбуждения спиновых волн. Изучались эпитаксиальные пленки ферритов-гранатов разного состава толщиной в несколько микрон. Основные из полученных результатов продемонстрируем на примере пленки $(YSm)_3(FeGa)_5O_{12}$ с осью легкого намагничивания, перпендикулярной плоскости пленки. Доменная структура выявлялась с помощью магнитооптического эффекта Фарадея.

В исходном состоянии пленка имела обычную лабиринтарную ДС. Средняя ширина доменов $d = 5.4$ мкм. По нормали к образцу прикладывалось переменное магнитное поле $H_{\sim}(t)$, амплитуда которого могла плавно измениться от нуля до 200 Э, а частота f от нуля до 10 кГц. Форма зависимости $H_{\sim}(t)$ — знакопеременный меандр с фронтом нарастания сигнала от $(+H_{\sim})_{max}$ до $(-H_{\sim})_{max}$ равным 0.04 мс. Доменная структура фотографировалась со временем экспозиции $\Delta t = 1.2$ мс. Опыт проводился по такой схеме: выбиралась некоторая частота f , а амплитуда H_{\sim} постепенно увеличивалась до 200 Э, затем процедура повторялась при другом значении f и т.д.

При приложении статического магнитного поля происходило увеличение размера доменов, намагниченных по полю (\mathcal{J}^+), например, „светлых“ доменов и уменьшение ширины доменов с обратной намагниченностью (\mathcal{J}^-), т.е. „черных“ доменов. В поле $H_g = 91.5$ Э достигалось насыщение. При приложении переменного поля доменные границы (ДГ) начинают „дрожать“, затем с увеличением поля H_{\sim} двигаться все более интенсивно и беспорядочно. В полях $H_{\sim} > 70$ Э картина ДС исчезает, остается лишь более или менее ровный серый фон. Так происходит до частот $f < 120$ Гц. При больших частотах в полях H_{\sim} , меньших по амплитуде поля насыщения H_g , наблюдается качественное изменение состояния образца. Среди хаоса движущихся границ происходит самоорганизация, в образце формируются четкие, контрастные системы концентрических кольцевых доменов. Эти системы колец возникают, изменяются в размерах, исчезают, снова появляются. Вся картина подвижна, изменчива и напоминает распространение концентрических волн на поверхности жидкости. На рис. 1, а показаны такие домены. Они сфотографированы при $f = 150$ Гц и $H_{\sim} = 80$ Э. Размер внутренних колец составляет 200–400 мкм, среднее расстояние между кольцами 20–30 мкм. В одной системе наблюдалось до 5–6 кольцевых доменов.

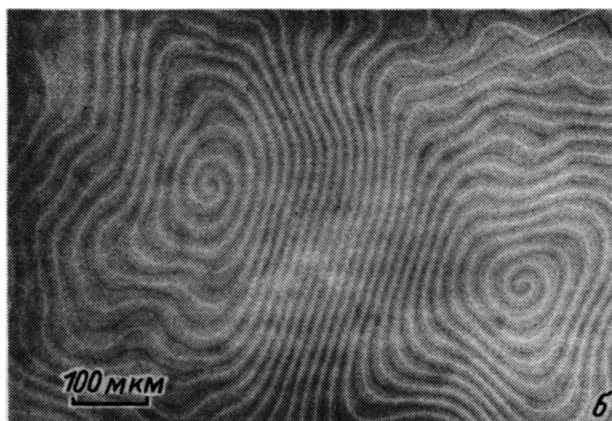
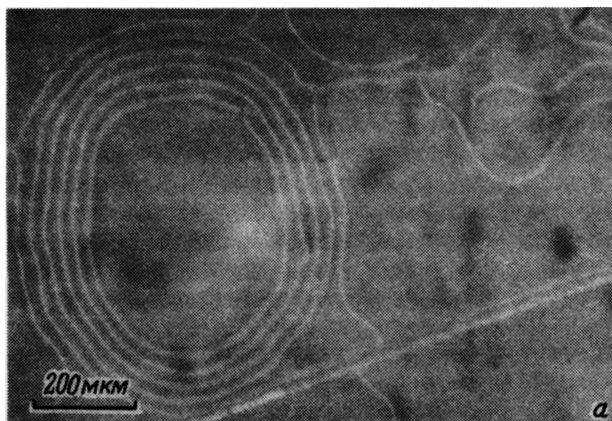


Рис. 1.

Возникшая система колец может какое-то время оставаться на месте или перемещаться как целое по образцу с небольшой скоростью. Время жизни одной системы колец может достигать нескольких секунд. На некоторых пленках наблюдалось, что возникшие одновременно несколько систем колец, взаимодействуя между собой, образуют регулярную подвижную сеть. Время жизни ее заметно больше, чем у одиночной системы. С ростом амплитуды H_{ω} до 88 Э картина ДС исчезает. Таким образом, при $f = 150$ Гц динамическая кольцевая ДС существует в узком интервале полей 0.85–0.95 от H_{ϕ} .

При увеличении частоты f до 200 Гц и выше наблюдается переход к новой динамической структуре, состоящей из спиралеобразных доменов. На рис. 1, б показаны две спирали. Они сфотографированы при $H_{\omega} = 79.8$ Э и $f = 300$ Гц. Так же как и кольцевые структуры, спиральные являются подвижными, волнообразными, „живыми“ структурами. Спирали возникают, увеличиваются в размере, перемещаются, сталкиваются друг с другом, исчезают, появляются вновь и так же все время пока действует переменное поле.

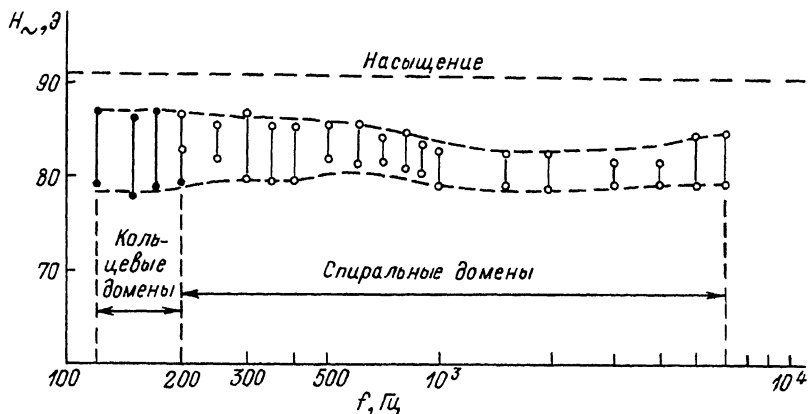


Рис. 2.

Спирали имеют разные топологические заряды. Время жизни одной спирали может достигать 10 с.

На рис. 1, б видно, что спирали имеют два рукава, образованные „белым“ и „черным“ доменами с намагненностью соответственно (\mathcal{Y}^+) и (\mathcal{Y}^-). Это эффект методический. Можно получить фотографии только черных или только белых спиралей. Все зависит от того, попадает ли интервал экспозиции Δt на положительный или на отрицательный полупериод поля или захватывает и тот и другой полупериоды.

Следует обратить внимание на то, что ширина отдельного „белого“ или „черного“ домена на рис. 1, б составляет ~ 3.5 мкм и практически равна ширине полосовых доменов в статическом магнитном поле той же напряженности. Можно предполагать, что источником спиральных структур служат узкие протяженные (полосовые) домены, а источником систем концентрических кольцевых динамических структур (рис.1,а) скорее всего служат отдельные цилиндрические домены или их группы.

С увеличением частоты f от 300 Гц до 6 кГц качественных изменений в динамике ДС по сравнению с описанной не происходит. На рис. 2 показан интервал полей ΔH_m , где наблюдаются кольцевые или спиральные динамические домены. Видно, что этот интервал почти не меняется с частотой. В то же время замечена тенденция к уменьшению времени жизни каждой из возникших динамических конфигураций доменов с увеличением f . Однако это время на несколько порядков больше периода $H_m(t)$. Поэтому наблюдаемые ДС (такие, как на рис. 1) надо относить к устойчивым динамическим образованиям. При частотах $f = 6-10$ кГц увидеть динамическую ДС нам не удалось. Изменение формы поля $H_m(t)$ на данном образце приводило к исчезновению описанных особенностей в поведении ДС. В других пленках, наоборот, появление динамической ДС

наблюдалось под действием $H_{\sim} (t)$, форма которого существенно отличалась от знакопеременного меандра.

Таким образом, вся совокупность описанных экспериментальных данных свидетельствует о том, что при подходящих условиях накачки многодоменный магнитный образец переходит в автоволновое состояние, подобное тому, которое наблюдается в плазме или в жидких, газообразных, сильно неравновесных системах [1, 2]. Этот переход сопровождается формированием специфических по конфигурации динамических доменных структур, которые могут представлять собой образование типа солитонов. Для окончательного решения вопроса о природе увиденного в данной работе нового типа возбужденного состояния многодоменного магнетика необходимы дальнейшие исследования.

Л и т е р а т у р а

- [1] Д а в ы д о в В.А., М и х а й л о в А.С. В кн.: Нелинейные волны. Структуры и бифуркации, М.: Наука, 1987, с. 261-279.
- [2] Н и к о л и с Г., П р и г о ж и н И. Самоорганизация в неравновесных системах, М.: Мир, 1979.

Уральский государственный
университет им. А.М. Горького

Поступило в Редакцию
29 января 1988 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 9

12 мая 1988 г.

ИНИЦИИРОВАННОЕ ГЕЛИЕМ ОКРАШИВАНИЕ КРИСТАЛЛОВ ФТОРИДА КАЛЬЦИЯ

С.Н. Б о г д а н о в, А.Я. К у п р я ж к и н

Создание сложных центров окраски в кристаллах щелочно-земельных фторидов (ЩЗФ) для получения лазерных сред ограничивается, как правило, введением активных добавок (ионы металлов, водорода, кислорода) в анионную или катионную подрешетку кристалла [1-3]. Однако в отдельных работах (см., например, [4]) отмечалось существенное влияние инертной примеси (гелия) на увеличение термостимулированной люминесценции (ТСЛ) кристаллов ЩЗФ. Настоящая работа посвящена выяснению механизма усиления ТСЛ и роли гелия в повышении эффективности радиационного дефектообразования.

Для измерений использовали монокристаллы CaF_2 , содержание примесей не более $10^{-3}\%$, плотность дислокаций $(2.0 \pm 0.5) \cdot 10^5 \text{ см}^{-2}$. Образцы насыщали гелием известным образом [5], определяя его содержание на модернизированном масс-спектрометре МИ1201Б в статическом режиме работы. Облучение проводили с помощью рент-