

$$\begin{pmatrix} h \\ k \\ l \end{pmatrix}_{hcr}^* \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0,5 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} h \\ k \\ l \end{pmatrix}_{dhcr}^* \quad (7)$$

Тогда приведенная на рис. 2, а микроэлектроннограмма может быть расшифрована как принадлежащая $dhcr$ и совпадающая с $(021)_{dhcr}^*$ (рис. 2, б) или как принадлежащая hcr и совпадающая с $(011)_{hcr}^*$ (индексы, относящиеся к hcr , подчеркнуты). Однако микроэлектроннограмма на рис. 2, в может быть проиндцирована только в структуре hcr как совпадающей с $(100)_{hcr}^*$ (рис. 2, г, крестики — запрещенные рефлексы, появляющиеся за счет двойной дифракции).

Итак, образование в сплаве Pr — 25 ат. % Fe равновесной фазы Pr_2Fe_{17} , а в сплаве Pr — 77 ат. % Fe — равновесной фазы α -Pr убедительно показывает, что оба сплава находятся в двухфазной области α -Pr + Pr_2Fe_{17} и что на диаграмме равновесных состояний в системе Pr—Fe ниже эвтектической точки действительно имеется лишь одна двухфазная область.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Кубашевский О. Диаграммы состояний двойных систем на основе железа. М., 1985. [2] Бурханов Г. С., Илюшин А. С., Хатанова Н. А. и др. // Изв. РАН, Металлы. 1994. № 5. С. 10. [3] Илюшин А. С., Хатанова Н. А., Рыкова Е. А. и др. // Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон. 1993. 34, № 6. С. 91. [4] Jopson Q., Wood D. H., Smith G. S., Ray A. E. // Acta Cryst. 1968. B24. P. 274. [5] Crystal Data Determination Tables. ACA monograph, 5/Ed. J. D. H. Donnay, E. G. Cox, Olga Kennard. Publ. by Amer. Cryst. Assoc., April 1963. P. 743. [6] Gschneidner K. A., Jr., Calderwood F. W. // Handbook on the Phys. and Chem. of Rare Earths/Ed. K. A. Gschneidner, Jr. and L. Eyring. Elsevier Science Publishers. Amsterdam — New York — Oxford — Tokio, 1986. Vol. 8. P. 1.

Поступила в редакцию
04.05.94

ВЕСТН. МОСК. УН-ТА. СЕР. 3, ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 1994. Т. 35, № 5

УДК 537.624:538.221.245

О ФОРМЕ КРИВОЙ ИМПУЛЬСНОГО ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ МОНОКРИСТАЛЛОВ БОРАТА ЖЕЛЕЗА

О. С. Колотов, Ким Ен Хен *, А. П. Красножон, В. А. Погожев

(кафедра общей физики)

Показано, что излом кривой импульсного перемангничивания монокристаллов бората железа обусловлен уменьшением потерь в магнитной системе на возбуждение ударных магнитоупругих колебаний.

Одной из центральных задач магнитодинамики является выяснение связи между формой кривой импульсного перемангничивания (КИП) и качественными и количественными изменениями поведения намагниченности. Напомним, что КИП — основная динамическая характеристика магнетиков — представляет собой зависимость обратного времени перемангничивания t^{-1} от амплитуды перемангничивающегося поля H_s [1, 2]. Указанная задача поставлена более 30 лет назад [1]. Она решена (и то частично) лишь для нескольких материалов: поликристаллических Ni—Fe-пленок [3], пленок ферритов-гранатов [4] и магнито-мягких аморфных пленок [5], в которых удалось исследовать поведение намагниченности путем наблюдения и анализа неравновесных динамических доменов. Что касается такого широкого класса материалов, как слабые ферромагнетики, то импульсное перемангничивание изучалось только в монокристаллах бората железа $FeBO_3$ [6]. На их КИП выявлены два характерных участка, разделенных довольно резким изломом в поле $H_{br} \sim 3-5$ Э. Динамические домены в борате железа, возникающие при импульсном перемангничивании, не исследовались.

В настоящей работе обсуждается причина резкого увеличения скорости перемангничивания в полях $H_s > H_{br}$. Исследованы монокристаллы $FeBO_3$ в виде пластин

* КНДР.

толщиной от 24 до 110 мкм с помощью индукционного и магнитооптического методов [7]. Для наблюдения динамических доменов применялась стробоскопическая магнитооптическая установка [8] с пространственным разрешением 2 мкм и временным разрешением $\sim 0,7$ нс.

В первую очередь мы попытались сопоставить излом КИП с каким-либо качественным изменением характера динамических доменов. Оказалось, что во всем исследованном диапазоне полей изменение магнитооптического изображения однородного образца сводится к постепенному во времени и равномерному по поверхности потемнению. Выявить какую-либо доменную структуру не удалось. Вместе с тем отмеченную особенность можно объяснить тем, что во всем исследованном интервале полей перемагничивание осуществляется вращением намагниченности. На справедливость такого суждения указывает и малое ($\sim 10^{-8} \div 10^{-9}$ с) время перемагничивания [6].

При импульсном перемагничивании FeVO_3 из-за сильного магнитоупругого взаимодействия, присущего этому материалу [9—11], возникают ударные магнитоупругие колебания [12]. Для выяснения причин излома КИП исследовалась зависимость интенсивности магнитоупругих колебаний от напряженности поля H_s . За меру интенсивности колебаний принимался модуль напряжения A_1 индукционного сигнала в точке минимума, соответствующего первому периоду колебаний, наблюдаемых после окончания основной части индукционного сигнала, на которую приходится основное изменение намагниченности (рис. 1). При построении КИП использовались два на-

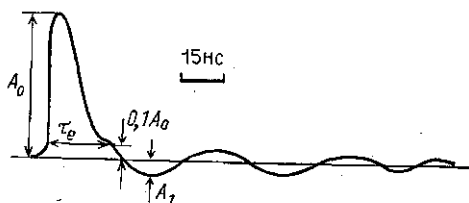


Рис. 1. Индукционный сигнал перемагничивания монокристалла FeVO_3 толщиной 80 мкм: $H_s = 2,6 \text{ Э}$

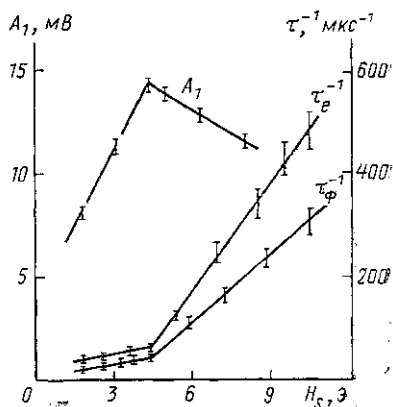


Рис. 2. Кривые импульсного перемагничивания, полученные при использовании двух способов определения времени перемагничивания τ_e и τ_ϕ , и зависимость амплитуды колебаний A_1 от напряженности поля H_s для монокристалла толщиной 80 мкм

более распространенных определения времени перемагничивания [1, 2, 7]: τ_e — по амплитуде сигнала на уровне 0,1 и τ_ϕ — по изменению потока индукции по уровням 0,1—0,9.

На рис. 2 приведены КИП, полученные для образца толщиной 80 мкм. Видно, что значения поля H_{br} , при которых наблюдаются изломы кривых $\tau_e^{-1}(H_s)$ и $\tau_\phi^{-1}(H_s)$, одинаковы. Там же приведена зависимость амплитуды магнитоупругих колебаний от напряженности поля H_s . С ростом поля амплитуда колебаний сначала увеличивается, а потом начинает уменьшаться, причем поле H_s , при котором достигается максимальная амплитуда, близко к полю излома КИП H_{br} . Характерно, что длительность основной стадии перемагничивания в точке излома $\tau_e(H_{br})$ слабо зависит от толщины монокристалла и определяемого ею периода магнитоупругих колебаний. Так, при изменении толщины в указанных выше пределах период изменялся от ~ 13 до ~ 56 нс, в то время как $\tau_e(H_{br})$ оставалось в пределах 13—16 нс.

Начальное возрастание амплитуды колебаний объясняется, очевидно, ростом избытка энергии $2M_s H_s$, получаемой магнитной системой кристалла (здесь M_s — намагниченность насыщения). При $H_s > H_{br}$ резко уменьшается эффективность передачи энергии из магнитной системы в фононную. Возможно, что при длительности основной стадии, меньшей 13—16 нс, проявляется «отставание» фононной системы от магнитной: происходит частичное «замораживание» кристаллической решетки. Ранее эффект полного «замораживания» кристаллической решетки наблюдался на частотах $\sim 10^3$ — 10^4 МГц, например в опытах по антиферромагнитному резонансу [9, 10].

Таким образом, на основании полученных результатов можно предположить, что излом кривой импульсного перемагничивания обусловлен уменьшением потерь в магнитной системе на возбуждение акустических колебаний кристаллической решетки. В результате уменьшается эффективная константа затухания Гильберта и резко возрастает скорость вращения намагниченности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Humphrey F. V., Gyorgy E. M. // *J. Appl. Phys.* 1959. 30. P. 935. [2] Колотов О. С., Погожев В. А., Телеснин Р. В. // *УФН.* 1974. 113. С. 539. [3] Кашинцев А. С., Колотов О. С., Погожев В. А. // *ФММ.* 1987. 64. С. 891. [4] Колотов О. С., Погожев В. А. // *Вестн. Моск. ун-та. Физ. Астрон.* 1992. 32. С. 3. [5] Глазер А. А., Кашинцев А. С., Колотов О. С. и др. // *ФММ.* 1992. № 2. С. 154. [6] Kolotov O. S., Pogozhev V. A. et al. // *Phys. Stat. Sol. (a).* 1982. 72. P. K. 197. [7] Колотов О. С., Погожев В. А., Телеснин Р. В. *Методы и аппаратура для исследования импульсных свойств тонких магнитных пленок.* М., 1970. [8] Ишков А. Б., Кашинцев А. С., Ким Ён Хен, Колотов О. С., Погожев В. А. // *Тез. докл. XII Всесоюз. шк.-семина. «Новые магнитные материалы микроэлектроники».* Ч. 1. М., 1990. С. 192. [9] Diehl R., Jantz W., Nolang B. I., Wetling W. // *Current Topics Mater. Sci.* 1984. 11. P. 241. [10] Туров Е. А., Шавров В. Г. // *УФН.* 1983. 140. С. 429. [11] Ожогин В. И., Преображенский В. Г. // *УФН.* 1988. 155. С. 593. [12] Колотов О. С., Погожев В. А., Смирнов Г. В., Швыдько Ю. В. // *ФТТ.* 1987. 29. С. 2548.

Поступила в редакцию:
11.05.93