

ОТРИЦАТЕЛЬНЫЙ ΔE -ЭФФЕКТ В АМОРФНОМ СПЛАВЕ $Fe_{74}Co_{10}B_{16}$

И.В. Золотухин, Ю.Е. Калинин,
В.А. Кондусов

Аморфный сплав $Fe_{74}Co_{10}B_{16}$ в виде фольг толщиной ~ 30 мкм получали ионно-плазменным методом на охлаждаемую подложку. ΔE -эффект измерялся методом „резонанса-антирезонанса“ на образцах размером $14 \times 5 \times 0.03$ мм, которые помещались внутрь катушки возбуждения резонатора, расположенного между полюсами электромагнита, служащего для создания внешнего магнитного поля. Катушка возбуждения резонатора служила для возбуждения основной продольной резонансной моды колебаний образца ($f_p \sim 170$ кГц). Погрешность определения частоты не превышала 0.1%. ΔE -эффект рассчитывался по формуле

$$\Delta E/E_0 = (f_{pH}^2 / f_{p0}^2 - 1) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где $\Delta E = E_s - E_0$, E_s и E_0 — модуль упругости в магнитном поле насыщения и в $H = 0$, f_{pH} и f_{p0} — частота резонанса в магнитном поле напряженностью H и в магнитном поле $H \approx 300$ А/м, служащим в качестве подмагничивающего поля. Перед каждым измерением образцы подвергались размагничиванию.

На рис. 1 (кривая 1) представлена зависимость $\Delta E/E_0 = f(H)$ аморфного сплава $Fe_{74}Co_{10}B_{16}$, полученного осаждением на охлаждаемую подложку. Отличительной особенностью данной зависимости является то, что ΔE -эффект отрицателен для всех значений напряженности внешнего поля, направленного перпендикулярно оси магнитной анизотропии, сформированной при получении аморфной структуры сплава. В поле напряженности $H = 2.8 \cdot 10^3$ А/м ΔE -эффект имеет наиболее низкое значение ($\Delta E/E_0 \approx -14\%$), а при $H \approx 5 \cdot 10^4$ А/м образец не возбуждается вследствие исчезновения эффекта магнитострикции. При намагничивании строго параллельно созданной при напылении оси анизотропии образец не возбуждается при всех значениях напряженности внешнего магнитного поля. Если же ось наведенной анизотропии расположить под небольшим углом относительно внешнего магнитного поля, то зависимость $\Delta E/E_0 = f(H)$ имеет вид, представленный кривой 2.

Как известно, ΔE -эффект наблюдался как в кристаллических [1, 2], так и в аморфных материалах [3, 4]. В большинстве случаев ΔE -эффект является положительным, т.е. модуль упругости при увеличении внешнего магнитного поля возрастает. Однако в некоторых материалах на начальной стадии намагничивания наблюдался незначительный по величине отрицательный ΔE -эффект, который при дальнейшем намагничивании сменялся положительным. Наличие отрицательного ΔE -эффекта объяснялось задержкой механострикцион-

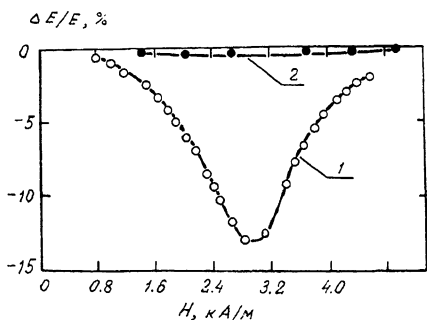


Рис. 1. ΔE -эффект в аморфном сплаве $Fe_{74}Co_{10}B_{16}$: 1 - при намагничивании перпендикулярно оси наведенной магнитной анизотропии, 2 - при намагничивании почти параллельно оси наведенной магнитной анизотропии.

ных процессов при $H = 0$ и последующим их включением с увеличением поля.

Рассмотрим условия и магнитную структуру, при

которых возможно проявление отрицательного ΔE -эффекта.

В ферромагнитных материалах с нулевой магнитострикцией модуль упругости определяется как

$$E = \sigma / \epsilon, \quad (2)$$

где σ - приложенное внешнее механическое напряжение и ϵ - упругая деформация. В магнитострикционных материалах к обычной упругой деформации ϵ добавляется механострикционная λ , обусловленная изменением намагниченности материала под действием внешнего механического поля. Тогда модуль упругости магнито-стрикционного материала определяется соотношением

$$E_0 = \sigma / (\epsilon + \lambda). \quad (3)$$

Выражение (3) показывает, что в магнитострикционных материалах E_0 меньше истинного. Если же измерение модуля упругости производить в магнитном поле насыщения, то механострикционная деформация отсутствует и модуль упругости как и в немагнитных материалах описывается выражением (2). Следовательно, ΔE -эффект можно определить как

$$\Delta E / E_0 = (E_s - E_0) / E_0 = \lambda / \epsilon, \quad (4)$$

т.е. он прямо пропорционален величине механострикции.

Полученная нами доменная структура (рис. 2,а), представляет собой чередующиеся узкие (~ 3 мкм) домены, длина которых ограничена размером образца. При возбуждении продольных ультразвуковых колебаний, направленных перпендикулярно границам доменов (см. схему рис. 2,б) и в отсутствие внешнего магнитного поля, механострикционная деформация отсутствует, и модуль упругости определяется соотношением (2). Наложение внешнего магнитного поля вдоль продольной оси образца изменяет направление векторов намагниченности (схема рис. 2в) и приводит к появлению механо-

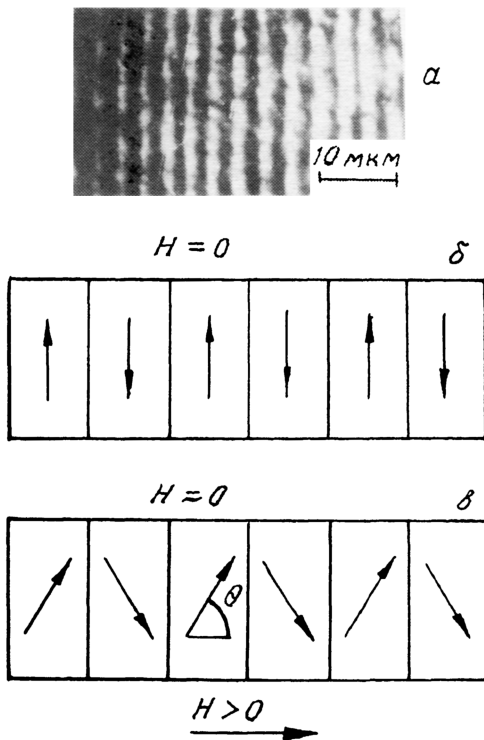


Рис. 2. Доменная структура аморфного сплава $Fe_{74}Co_{10}B_{16}$ (а).
 Схема векторов намагниченности доменов при $H = 0$ (б) и $H > 0$ (в).

стрикционной деформации. В этом случае модуль упругости определяется выражением (3), приводящим к отрицательному ΔE -эффекту. В магнитном поле насыщения механострикционная деформация также отсутствует, и модуль упругости вновь приближается к истинному значению, определяемому выражением (2).

В общем виде с изменением угла θ между направлением векторов намагниченности и направлением напряженности внешнего магнитного поля ΔE -эффект выражается соотношением [5]

$$\Delta E/E_0 = 3E_s \lambda_s \sin^2 \theta \cdot \cos^2 \theta / \sigma_i = 3E_s \lambda_s \sin^2 2\theta / 4\sigma_i, \quad (5)$$

где λ_s — магнитоупругость насыщения, σ_i — внутреннее напряжение. Как видно из выражения (5), максимальная величина эффекта будет наблюдаться при $\theta = 45^\circ$ и $\Delta E/E_0 = 0$ при θ , равном 0 или 90° .

Таким образом, отрицательный ΔE -эффект обусловлен благоприятно созданной доменной структурой и механострикционной деформацией, возникающей в слабых магнитных полях.

В заключение отметим практическую возможность использования подобного рода материалов в управляемых малыми полями ультразвуковых линиях задержки.

Л и т е р а т у р а

- [1] К е к а л о И.Б. - В кн.: Итоги науки и техники, сер. Металловедение и термическая обработка. М.: ВИНТИ, 1973, т. 7, с. 5-88.
- [2] Д о л г и х Е.В., Н о в и к о в В.Ф. - ФММ, 1984, т. 57, в. 4, с. 692-698.
- [3] К а л и н и н Ю.Е., С у х о д о л о в Б.Г., З о л о т у х и н И.В., А л е х и н В.П. - ФММ, 1983, т. 55, в. 2, с. 243-247.
- [4] К о б е л е в Н.П., С о й ф е р Я.М. - ФТТ, 1986, т. 28, № 2, с. 425-432.
- [5] Б е р р и Б.С. - В кн.: Металлические стекла. М.: Металлургия, 1984, с. 128-150.

Воронежский
политехнический институт

Поступило в Редакцию
14 июня 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 14, вып. 4

26 февраля 1988 г.

ГИГАНТСКИЕ ИМПУЛЬСЫ ЛАЗЕРА НА КРИСТАЛЛЕ $Al_2O_3 : Ti^{3+}$

Х.С. Багдасаров, В.П. Данилов,
А.Н. Колеров, С.С. Каляго,
Т.М. Мурина, Е.А. Федоров

Перестраиваемые лазеры на кристаллах $BeAl_2O_4 : Cr^{3+}$ [1], ГСГГ: Cr^{3+} [2], $KZnF_3 : Cr^{3+}$ [3] и $Al_2O_3 : Ti^{3+}$ [4] генерируют излучение в диапазоне 680-960 нм и перекрывают область между когерентными источниками на органических красителях и центрах окраски. Их применение для прикладных задач имеет большую перспективу (например, в лазерной спектроскопии высокого разрешения). В ряде случаев необходимо управлять временными и энергетическими характеристиками излучения с помощью лазерных затворов (ЛЗ). Так, в работе [5] сообщалось об использовании для этой цели F_3^- -центров окраски (ЦО) в LiF .

В настоящей работе предлагается использовать для получения коротких импульсов генерации $Al_2O_3 : Ti^{3+}$ -лазера затвор на основе $NaF : F_2^+$ ($\lambda_{макс} \sim 820$ нм), ранее использованного для других перестраиваемых лазеров [6]. Использовались кристаллы