

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТОСТРИКЦИИ В ИТТРИЙ-ЖЕЛЕЗИСТОМ ГРАНАТЕ

В.Г.Веселаго, Н.В.Воробьева, Р.А.Дорошенко

В $Y_3Fe_5O_{12}$ обнаружено изменение магнитострикции после воздействия света. Большой фотоиндуцированный эффект наблюдается как на полевых зависимостях магнитострикционной деформации λ , так и на зависимостях магнитострикции насыщения от ориентации намагниченности.

Магнитоупругие явления могут играть определяющую роль в возникновении и релаксации фотоиндуцированной магнитной и оптической анизотропии в фотомагнитных монокристаллах $Y_3Fe_5O_{12}$.

В данной работе представлены первые результаты экспериментальных исследований влияния освещения на линейную магнитострикцию фотомагнитных монокристаллов $Y_3Fe_5O_{12}$, выращенных из растворителя $BaO - V_2O_5$ ¹. Образцы для исследований изготавливались в виде дисков (110) диаметром ~ 6 мм и толщиной до 1 мм, с полированными и химически травленными поверхностями. Измерения относительных деформаций при магнитострикции осуществлялись посредством хромовых тензодатчиков непосредственно изготовленных на исследуемых дисках. Слой хрома наносился на поверхность дисков в вакууме, и затем в направлении $[\bar{1}11]$ формировался тензодатчик методом фотолитографии. Использовались тензодатчики с сопротивлением 0,5 – 4,0 кОм с коэффициентом тензочувствительности близким к 2. Контакт образцов с хладопроводом осуществлялся с помощью пасты, не вызывающей деформаций при охлаждении. Изменение сопротивления тензодатчика при магнитострикционной деформации измерялось мостовой схемой с выводом на самописец. Установка позволяла измерять магнитострикционные деформации $\lambda \sim 10^{-6}$. Конструкция криостата позволяла контролировать состояние доменной структуры по эффекту Фарадея в ИК свете. Изучались полевые зависимости магнитострикционной деформации λ в направлении $[\bar{1}11]$ в постоянных полях напряженностью до 3 кЭ в интервале температур 100–300 К до и после воздействия света. Зависимости магнитострикции насыщения $\lambda - \lambda_\phi$ в направлении $[\bar{1}11]$ от ориентации намагниченности в плоскости (110) снимались путем поворотов электромагнита от оси $[\bar{1}11]$. Воздействие света интенсивностью ~ 10 мВт/см² осуществлялось в течении 15 минут от лампы накаливания.

На рис. 1 приведены полевые зависимости магнитострикционной деформации λ , измеренные при различных температурах до и после воздействия света. Видно, что при 100 К происходит большое фотоиндуцированное уменьшение величины магнитострикции λ . С возрастанием температуры фотоиндуцированное изменение магнитострикции $\Delta\lambda = \lambda^T - \lambda^C$ заметно уменьшается и выше ~ 150 К не наблюдается при условиях эксперимента. Необходимо отметить, что наблюдаемая до освещения положительная магнитострикционная деформация λ в направлении $[111]$ при перпендикулярной плоскости диска ориентации магнитного поля, после воздействия света возрастает. Также положительное изменение магнитострикции λ после воздействия света наблюдается при намагничивании в плоскости диска перпендикулярно тензодатчику.

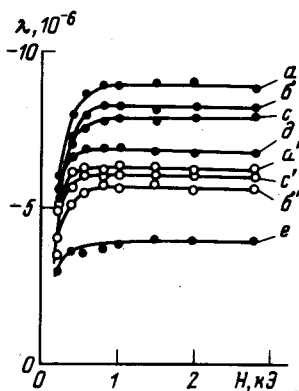


Рис. 1

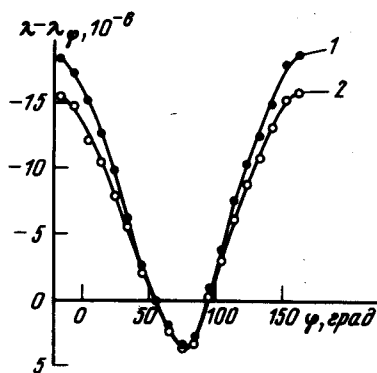


Рис. 2

Рис. 1. Полевые зависимости магнитострикционной деформации λ измеренные до $a - e$ и после $a' - e'$ воздействия света при различных температурах: $a, a' - 100$ К; $b, b' - 110$ К; $c, c' - 135$ К; $d - 155$ К; $e - 300$ К

Рис. 2. Угловые зависимости магнитострикции насыщения $\lambda - \lambda_\varphi$ в направлении $[\bar{1}11]$ от ориентации магнитного поля в плоскости (110) : 1 - до воздействия света, 2 - после воздействия света. Угол φ отсчитывается от оси $[001]$. Напряженность магнитного поля 3 кЭ

На рис. 2 представлены зависимости магнитострикции насыщения $\lambda - \lambda_\varphi$ в направлении $[\bar{1}11]$ от ориентации магнитного поля в плоскости (110) , измеренные до и после освещения при 100 К. Как видно, наблюдается необычный вид угловой зависимости с максимальной магнитострикционной деформацией λ в направлении $[\bar{1}11]$ при намагничивании по $[\bar{1}10]$. Существенно наблюдаемое фотоиндуцированное изменение магнитострикции в магнитонасыщенном состоянии.

Проведенные магнитооптические исследования показали, что в дисках (110) наблюдается наличие фарадеевской доменной структуры. Причем фотоиндуцированных изменений наблюдаемой доменной структуры обнаружено не было. Поэтому фотоиндуцированные изменения полевых зависимостей магнитострикции не могут быть объяснены изменениями начального состояния доменной структуры. Обнаруженные фотоиндуцированные изменения магнитострикции в магнитонасыщенном состоянии, а также и полевых зависимостей λ , могут быть объяснены возникновением под воздействием света анизотропных центров, изменяющих упругие и магнитоупругие свойства образцов. Наблюдаемая угловая зависимость магнитострикции насыщения, очевидно связана с наведенной перпендикулярной анизотропией, о наличии которой свидетельствует фарадеевская доменная структура в образцах. Для плоскости (110) наведенная перпендикулярная анизотропия является не одноосной, а орторомбической. При магнитоупругой природе наведенной анизотропии, в плоскости (110) возникает анизотропия упругого напряжения. С учетом упругих напряжений, зависящих от направления намагниченности, с ненулевыми компонентами $\sigma_{22} = \sigma_{33} = \sigma_{23} = \frac{1}{2} \sigma \sin^2 \varphi$, угловая зависимость магнитострикции $\lambda - \lambda_\varphi$ в направлении $[\bar{1}11]$ от ориентаций магнитного поля H в плоскос-

ти $(\bar{1}10)$, с точностью до членов второго порядка по намагниченности, запишется в виде

$$\lambda - \lambda_{\varphi} = \lambda_{\sigma} \left(\frac{2}{3} - \sin^2 \varphi \right) + \lambda_{111} \left(1 - \frac{\sqrt{2}}{2} \sin 2\varphi - \frac{1}{2} \sin^2 \varphi \right),$$

где $\lambda_{\sigma} = \frac{\sigma}{3} \left(\frac{1}{c_{11} - c_{12}} + \frac{1}{2c_{44}} \right)$, σ — упругое напряжение сжатия перпендикулярно плос-

кости $(\bar{1}10)$, c_{11} , c_{12} , c_{44} — модули упругости. Наблюдается хорошее соответствие экспериментальных и рассчитанных зависимостей $\lambda - \lambda_{\varphi}$ при следующих значениях параметров: до воздействия света $\lambda_{111}^T = -0,73 \cdot 10^{-5}$, $\lambda_{\sigma}^T = -1,42 \cdot 10^{-5}$, и после воздействия света $\lambda_{111}^C = -0,63 \cdot 10^{-5}$, $\lambda_{\sigma}^C = -1,17 \cdot 10^{-5}$. Учет экспериментальных погрешностей несколько изменяет значения констант λ_{σ} и λ_{111} , но при этом всегда сохраняется знак и порядок величины фотоиндуцированных изменений $\Delta\lambda_{\sigma} = \lambda_{\sigma}^T - \lambda_{\sigma}^C$ и $\Delta\lambda_{111} = \lambda_{111}^T - \lambda_{111}^C$.

Таким образом, под воздействием неполяризованного света происходит уменьшение константы магнитострикции λ_{111} и λ_{σ} и при этом наблюдается изменение упругого состояния образца. Фотоиндуцированные изменения полевых зависимостей магнитострикции в исследованных монокристаллах ИЖГ также происходят за счет изменений констант магнитострикции. Полученные результаты свидетельствуют о магнитоупругой природе фотоиндуцированных анизотропных центров в $Y_3Fe_5O_{12}$.

Литература

1. Тимофеева В.А. Рост кристаллов из растворов — расплавов. М.; Наука, 1978, 267 с.

Отдел физики и математики
с вычислительным центром
Башкирского филиала
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
5 марта 1987 г.