

05.2; 07

© 1990

ФОТОИНДУЦИРОВАННОЕ ИЗМЕНЕНИЕ МАГНИТНОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ В МОНОКРИСТАЛЛАХ $Y_3Fe_5O_{12}$ ПРИ КОМНАТНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

В.Г. Веселого, Р.А. Дорошенко,
Р.З. Халилов, В.А. Тимофеева

Интерес к изучению воздействия света на магнитные материалы обусловлен перспективами практического использования высокотемпературного фотомagnetизма. При азотно-гелиевых температурах фотоиндуцированные магнитные явления наиболее широко исследованы в $Y_3Fe_5O_{12}$, $CdCr_2Se_4$, $FeBO_3$. Среди этих материалов до наиболее высоких температур ~ 265 К фотоиндуцированный эффект наблюдался на проницаемости как номинально чистых, так и легированных Si монокристаллов $Y_3Fe_5O_{12}$ [1, 2].

В настоящей работе представлены результаты исследований фотоиндуцированных изменений магнитной проницаемости в монокристаллах иттрий-железистого граната, выращенного из растворителя $BaO - B_2O_3$ без каких-либо легирующих добавок. Измерения магнитной проницаемости μ проводились по коэффициенту передачи на образцах тороидальной формы, внешний и внутренний диаметр которых соответственно 2 и 1 мм, толщина 100 мкм. Измерения проведены на частоте 100 кГц. Освещение производилось от лампы КГМ 24-150. В качестве источника освещения использовался также светодиод АЛ107Б. Интенсивность света контролировалась измерителем ИМО-2. Для термостабилизации во время измерений образец находился в этиловом спирте.

Исследования показали, что уменьшение проницаемости под воздействием света при комнатной температуре имеет обратимый характер, после выключения освещения проницаемость возрастает до своего темнового значения μ_T . Типичная зависимость представлена на вставке рис. 1. Как видно на рис. 1, максимальное фотоиндуцированное изменение проницаемости наблюдается в малых полях напряженностью ~ 0.02 Э. Максимальная проницаемость в исследованных образцах $\mu_{max} \sim 1300$ наблюдается в поле ~ 0.25 Э. Отметим, что с ростом амплитуды переменного поля H_m происходит более быстрое возвращение проницаемости до темнового значения. Например, при увеличении H_m от $7 \cdot 10^{-3}$ до $7 \cdot 10^{-2}$ Э вдвое уменьшается время восстановления темнового значения проницаемости μ_T , характеризуемое параметром τ . Величина фотоиндуцированного уменьшения проницаемости при белом свете растет практически линейно с возрастанием интенсивности до значений $J \approx 2$ Вт/см², насыщение фотоиндуцированного эффекта наблюдается при $J \sim 5$ Вт/см².

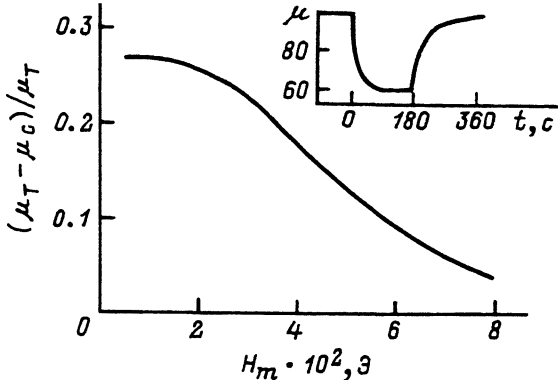


Рис. 1. Зависимость фотоиндуцированного изменения $(\mu_T - \mu_C) / \mu_T$ динамической магнитной проницаемости от амплитуды переменного магнитного поля H_m при температуре 27°C . μ_T и μ_C — установившиеся значения проницаемости соответственно в темноте и при освещении. На вставке приведен временной ход изменения проницаемости μ при включении ($t = 0$) и выключении ($t = 180$ с) света интенсивностью 5 Вт/см^2 .

При использовании в качестве источника света АЛ107Б величина фотоиндуцированного эффекта $(\mu_T - \mu_C) / \mu_T$ достигает $\sim 15\%$ при $J = 10 \text{ мВт/см}^2$. Исследование спектра fotocувствительности эффекта показало, что активен свет с длиной волны короче 1.2 мкм . Отметим, что при отсутствии жидкостной термостабилизации и достаточной интенсивности света имеет место возрастание проницаемости μ при освещении, исследованное ранее [3]. Эффект возрастания μ при освещении более медленно уменьшается по величине при увеличении амплитуды переменного поля H_m , чем фотоиндуцированный эффект.

На рис. 2 представлены зависимости величины суммарного $(\mu_T - \mu_C) / \mu_T$ и обратимого $(\mu_T - \mu_C) / \mu_C$ эффектов фотоиндуцированного уменьшения магнитной проницаемости от температуры. Максимум обратимого эффекта при используемых интенсивностях света наблюдается в интервале $0-10^\circ\text{C}$, причем с ростом интенсивности света область наблюдения обратимого эффекта сдвигается к более высоким температурам. При 60°C фотоиндуцированный эффект $(\mu_T - \mu_C) / \mu_C \sim 2\%$ при интенсивности света 5 Вт/см^2 . Время возвращения магнитной проницаемости к исходному значению после выключения света резко сокращается с возрастанием температуры, в диапазоне $260-300 \text{ К}$ τ изменяется от 400 до 25 с. В исследованных образцах в интервале температур $77-200 \text{ К}$ фотоиндуцированное изменение проницаемости является необратимым в условиях эксперимента, но за счет последовательного воздействия света в отсутствие и в размагничивающем поле имеется возможность реверсивного фотоиндуцированного изменения проницаемости [4].

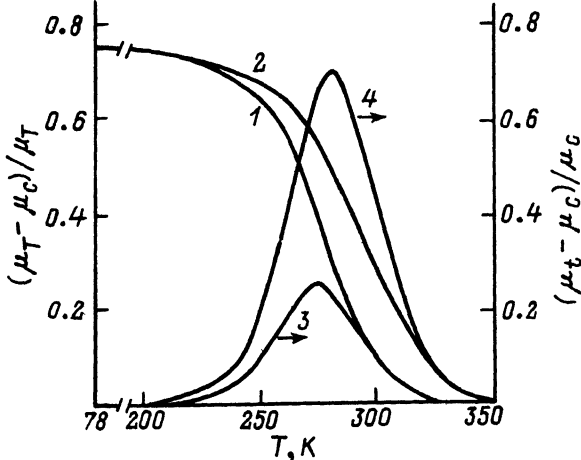


Рис. 2. Температурные зависимости суммарного $(\mu_T - \mu_C) / \mu_T$ (кривые 1 и 2) и обратимого $(\mu_T - \mu_C) / \mu_C$ (кривые 3 и 4) фотоиндуцированного изменения проницаемости при интенсивности света 1.5 Вт/см^2 (кривые 1 и 3) и 5 Вт/см^2 (кривые 2 и 4). μ_C — значение магнитной проницаемости через 150 с после-выключения света.

Обнаруженное уменьшение магнитной проницаемости обусловлено закреплением доменных границ на фотоиндуцированных центрах. При больших амплитудах колебаний границ закрепляющие фотоиндуцированные центры не эффективны. При азотных температурах фотоиндуцированное изменение проницаемости наблюдается до полей максимума проницаемости [4].

Из температурной зависимости обратимого фотоиндуцированного изменения стационарной проницаемости $1/\Delta\mu = 1/\mu_C - 1/\mu_C$ ($1/\Delta\mu \sim n$, где $n \sim \exp(\Delta E/kT)$ — количество закрепляющих ДГ фотоиндуцированных центров) в интервале 250–320 К была определена энергия активации $\Delta E \approx 0,8 \text{ эВ}$. Столь большая энергия активации в исследованных образцах и обуславливает высокотемпературное фотоиндуцированное изменение проницаемости.

Исследования фотоиндуцированных изменений проводились при устойчивых значениях проницаемости, когда начальное состояние не испытывало изменений во времени. Воздействие света приводит к возникновению состояния, являющегося неравновесным в отсутствии освещения. Возвращением к равновесному состоянию после выключения света объясняется обратимый фотоиндуцированный эффект при температурах выше 200 К. С понижением температуры измерений возрастает необратимая часть фотоиндуцированного изменения проницаемости, обусловленная эффектом „замораживания” процесса рекомбинации фотоиндуцированных центров. Обратимость при „замороженном” фотоиндуцированном изменении проницаемости достигается нагревом образцов. Другим проявлением света в исследованных

образцах ИЖГ является возникновение наведенной одноосной магнитной анизотропии при азотной температуре [5], обуславливающей стабилизацию ДС. В этом случае достигается равновесное состояние относительно распределения фотоиндуцированных центров. Реверсивность эффекта стабилизации ДС, частичная или полная, осуществляется повторным воздействием света при ином направлении намагниченности или состоянии ДС. В температурном интервале, когда наблюдается магнитное долговременное последствие, свет ускоряет процесс спада проницаемости к равновесному значению. Отметим, что в $Y_3Fe_5O_{12}:Co$ фотоиндуцированное ускорение временных изменений проницаемости наблюдается при высоких температурах ~ 280 K и является необратимым [6]. При комнатной температуре в исследованных образцах эффект ускорения магнитного последствия под воздействием света не изучался.

Для достижения больших реверсивных фотоиндуцированных изменений проницаемости при высоких температурах необходимо, чтобы в отсутствие освещения стабилизирующие направления намагниченности или положения ДГ центры не имели возможность к термоактивированным перескокам. Улучшение временных характеристик обратимого фотоиндуцированного эффекта возможно с увеличением вероятности возникновения фотоиндуцированных центров при уменьшении энергии активации.

С п и с о к л и т е р а т у р ы

- [1] Hisatake K., Matsubara I., Maeda K. et al. // Phys. Stat. Sol. (a). 1987. V. 104. P. 815-824.
- [2] Коваленко В.Ф., Чеховой А.Ю. // Изв. вузов. Физика. 1989. № 1. С. 119-120.
- [3] Веселаго В.Г., Дорошенко Р.А., Сетченков М.С., Надеждин М.Д. // ФТТ. 1988. Т. 30. Вып. 9. С. 2863-2865.
- [4] Дорошенко Р.А., Халипов Р.З. В сб.: Динамика и статика доменной структуры в магнитоупорядоченных кристаллах. Уфа, 1988. С. 79-84.
- [5] Дорошенко Р.А., Владимиров И.В., Сетченков М.С. Тез. докл. ХУШ Всес. конф. по физике магнитных явлений. Калинин, 1988. С. 131-132.
- [6] Lotgering F.K. // J. Phys. Chem. Sol. 1975. V. 36. P. 1183-1191.

Поступило в Редакцию
3 января 1990 г.