

ПОЛЯРИЗАЦИОННО-ЗАВИСИМОЕ СВЕТОИНДУЦИРОВАННОЕ
ИЗМЕНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО РЕЗОНАНСА В
 $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{:Ga, Yb}$

Г.С.Патрин, Н.В.Волков, Г.А.Петраковский

Институт физики им.Л.В.Киренского СО РАН

660036 Красноярск, Россия

Поступила в редакцию 25 ноября 1994 г.

В слабоферромагнитных кристаллах гематита, легированных ионами иттербия, обнаружено фотоиндуцированное изменение магнитных свойств. При температурах $T < 130\text{ K}$ в зависимости от поляризации оптического излучения наблюдаются изменения как величины резонансного поля, так и ширины линии АФМР. Эффект связывается с фотопревращением центра, содержащего ион иттербия.

Известные в настоящее время фотомагнетики, у которых ответственными за фотоиндуцированное изменение магнитных свойств оказываются редкоземельные ионы (РЗ), отличаются разнообразием наблюдаемых фотомагнитных эффектов [1–3]. Все эти эффекты определяются индивидуальным электронным строением РЗ ионов и имеют место при низких температурах. Расширение температурной области существования фотомагнитного эффекта важно как в виду возможных практических применений, так и с точки зрения экспериментального исследования индуцированных неравновесных состояний в магнетиках. В отличие от эффектов, имеющих место при низких температурах, создание метастабильного фотоиндуцированного состояния при высоких температурах (например, выше температуры кипения жидкого азота) требует наличия высоких потенциальных барьеров, разделяющих различные состояния, и чтобы взаимодействие фоточувствительного центра с магнитным окружением не было слабым по сравнению с тепловым воздействием.

Легирование монокристаллов гематита ионами редких земель привело к обнаружению у них интересных анизотропных свойств, связанных с влиянием конкурирующих анизотропий $3d$ - и $4f$ -подсистем. А кристаллы $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{:Eu, Ga}$ показывают поляризационно-зависимый фотомагнитный эффект при температурах $T < 70\text{ K}$, где в результате облучения, в зависимости от поляризации оптического излучения, либо возникают, либо исчезают анизотропные магнитные центры, содержащие ионы европия [4].

В настоящей работе мы сообщаем об обнаружении изменений параметров магнитного резонанса в слабоферромагнитных кристаллах $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3\text{:Yb(0,005\% ат.), Ga(5\% ат.)}$ при облучении поляризованным светом, имеющих место при температурах $T \leq 130\text{ K}$.

Схема эксперимента описана в работе [4]. Ионы галлия, как и прежде, вводились для расширения температурной области существования слабоферромагнитной фазы.

Прежде всего отметим, что эти кристаллы, в отличие от легированных ионами европия, показывают сильную анизотропию резонансного поля (H_r), которая в области азотных температур является строго гексагональной и составляет около 1 кЭ . Это сравнимо с данными для кристаллов, легированных ионами кобальта [5], однако при концентрации ионов Co , превосходящей более

чем на порядок концентрацию ионов Уб. При уменьшении температуры от комнатной до азотной интенсивность сигнала уменьшается в пять раз, что может служить свидетельством уменьшения составляющей магнитного момента в базисной плоскости кристалла за счет выхода момента из плоскости.

Реакция кристалла на облучение поляризованным светом также отличается от того, что наблюдалось ранее [4]. В данном случае, в зависимости от поляризации света, происходит либо увеличение ($\vec{E} \perp \vec{H}_r$), либо уменьшение ($\vec{E} \parallel \vec{H}_r$) резонансного поля (см. рис.1). Знак сдвига резонансного поля (δH_r) для фиксированного угла поляризации θ не зависит от направления внешнего магнитного поля в базисной плоскости кристалла (угол φ). Созданное в результате облучения состояние (кривая 2 или 3 на рис.1) находится в динамическом равновесии с полем светового электромагнитного излучения. После выключения света, независимо от поляризации возбуждающего излучения, происходит релаксация к исходному состоянию (кривая 1, рис.1). В интервале температур от 80 до 130 К имеет место небольшой остаточный сдвиг резонансного поля (менее 5% от максимального значения). В зависимости сдвига δH_r от мощности оптического излучения (P) при облучении белым светом наблюдается выход на насыщение при $P \geq 60 \text{ мВт/см}^2$. Время выхода на насыщение зависит как от мощности оптического излучения, так и от температуры измерения. Возникновение фотомагнитного эффекта при движении со стороны высоких температур коррелирует со значительным увеличением магнитной кристаллографической анизотропии в базисной плоскости.

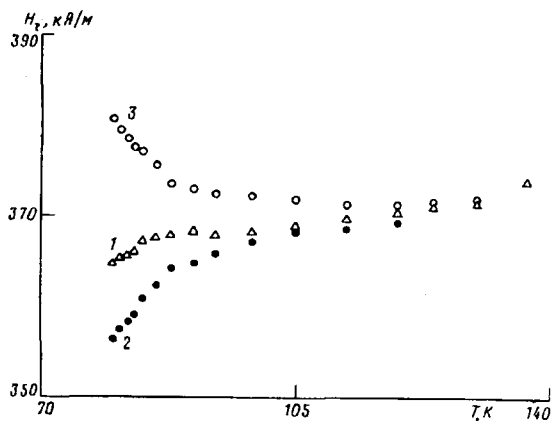


Рис.1. Температурные зависимости резонансного поля: 1 – исходный образец, 2 и 3 – при облучении с $\vec{E} \parallel \vec{H}_r$ и $\vec{E} \perp \vec{H}_r$, соответственно. Направление магнитного поля в базисной плоскости соответствует углу $\varphi_n = 15$ град, отсчитываемому от оси легкого намагничивания

Зависимости параметров магнитного резонанса от угла поляризации оптического излучения приведены на рис.2. Сдвиг резонансного поля может быть описан эмпирической формулой

$$\delta H_r(\varphi, T, P) = A(\varphi, T, P) - B(\varphi, T, P) \cos^2 \theta, \quad (1)$$

где через A и B определяются экстремальные значения δH_r . Обращает на себя внимание, что существует такое значение угла $\theta_0 \neq 0$, где $\delta H_r = 0$ и система как бы не чувствует влияния светового воздействия. Новым моментом является и зависимость ширины линии магнитного резонанса (ΔH_{pp}) от поляризации оптического излучения. Минимум ΔH_{pp} имеет необлученный кристалл, а при облучении минимум ΔH_{pp} приходится на значение θ_0 , где $\delta H_r = 0$.

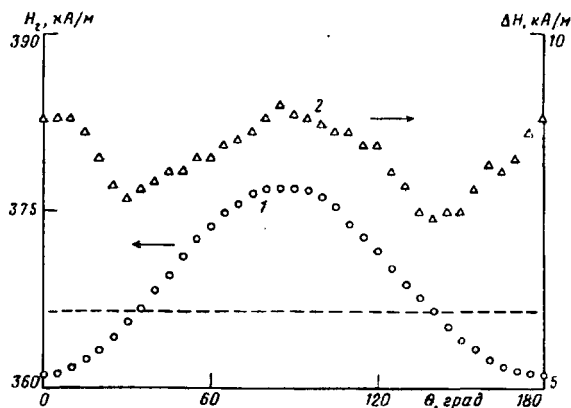


Рис.2. Зависимости параметров магнитного резонанса от угла поляризации оптического излучения: 1 – резонансное поле, 2 – ширина линии. Горизонтальная пунктирная линия соответствует резонансному полю необлученного образца. $\varphi_n = 15$ град, $T = 85$ К

Ввиду отсутствия низкотемпературных особенностей параметров магнитного резонанса, возникающих из-за присутствия ионов двухвалентного железа, мы считаем, что в данном случае дефицит кислорода компенсируется возникновением ионов Yb^{2+} . Ион двухвалентного иттербия имеет заполненную $4f$ -электронную оболочку и обладает нулевым магнитным моментом. Предположительно, при оптическом облучении фотоэлектрон от иона Yb^{2+} в результате релаксации из оптически возбужденного состояния попадает в поле кислородной вакансии и образует сильно анизотропный магнитный комплекс, состоящий из иона трехвалентного иттербия и связанного с ним F -центра. Регистрируемые фотоиндуцированные изменения в магнитной системе являются результатом суммарного влияния различных, по-видимому конкурирующих, комплексов, находящихся в неэквивалентных кристаллографических позициях. Вероятность образования такого магнитного комплекса определяется вероятностью перехода фотоэлектрона на оптически возбужденный уровень, которая зависит от поляризации оптического излучения, а именно от угла между вектором \vec{E} световой волны и локальной Z -осью квантования фотоцентра. В этом случае понятно, что при определенном значении угла поляризации поля, возникающие от центров в разных позициях, могут компенсировать друг друга.

Авторы выражают благодарность Г.В.Бондаренко за рентгеновский анализ исследованных образцов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект 93-02-2487).

1. Е.И.Головенчик, В.А.Санина, ЖЭТФ **80**, 1911 (1981).
2. Susumu Kurita, Yoshihisa Tazaka, and Kuniro Tsushima, J. Phys. Soc. Japan **56**, 612 (1987).
3. Г.А.Петраковский, Г.С.Патрин, ЖЭТФ **90**, 1769 (1986).
4. Г.С.Патрин, Н.В.Волков, Г.А.Петраковский, ЖЭТФ **101**, 635 (1992).
5. Г.А.Петраковский, А.И.Панкрац, В.М.Соснин, В.Н.Васильев, ЖЭТФ **85**, 691 (1983).