

- [1] Прокофьева Л. В., Виноградова М. Н., Зарубов С. В. ФТП, 1980, т. 14, № 11, с. 2201—2204.  
 [2] Насредин Ф. С., Прокофьева Л. В., Курмантаев А. Н., Серегин П. П. ФТТ, 1984, т. 26, № 3, с. 862—864.  
 [3] Зарубо С. В., Никулин Ю. А., Гуриева Е. А., Прокофьева Л. В., Равич Ю. И., Виноградова М. Н., Жукова Т. Б. ФТП, 1982, т. 16, № 10, с. 1892—1894.

Физико-технический институт  
им. А. Ф. Иоффе АН СССР  
Ленинград

Поступило в Редакцию  
28 декабря 1987 г.

УДК 537.611.44/46, 536.218

Физика твердого тела, том 30, в. 6, 1988  
Solid State Physics, vol. 30, № 6, 1988

## МАГНИТОРЕЗОНАНСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ФОТОИНДУЦИРОВАННОГО МАГНЕТИЗМА В $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : Co, Si ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

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

Ранее [1] мы сообщали об обнаружении фотоиндуцированного изменения параметров антиферромагнитного резонанса (АФМР) в монокристалле гематита, легированного ионами кобальта и кремния. На частоте СВЧ колебаний  $f=40$  ГГц детектируемые изменения наблюдались в слабоферромагнитной фазе в окрестности температуры перехода Морина. В температурной области, где происходит спин-переориентационный переход, температурное поведение резонансного поля АФМР коррелирует с особенностями в температурной зависимости магнитного момента в базисной плоскости кристалла [2]. Однако не ясно, что же ответственно за чувствительность гематита к облучению? Привносится ли она введением примесей, или такое свойство присуще самому кристаллу, а примеси лишь открывают область температур, доступную для измерений?

Мы продолжили наши исследования на образце, не имеющем перехода Морина вплоть до  $T=4.2$  К. Монокристалл имел форму квадратной пластинки со стороной  $l=2.8$  мм и толщиной  $t=0.2$  мм. Среднее содержание ионов кобальта было 0.49 ат.%, и разброс по толщине составлял 24% от среднего. Содержание кремния не контролировалось. Все экспериментальные условия и геометрия эксперимента были такими же, как и прежде [1].

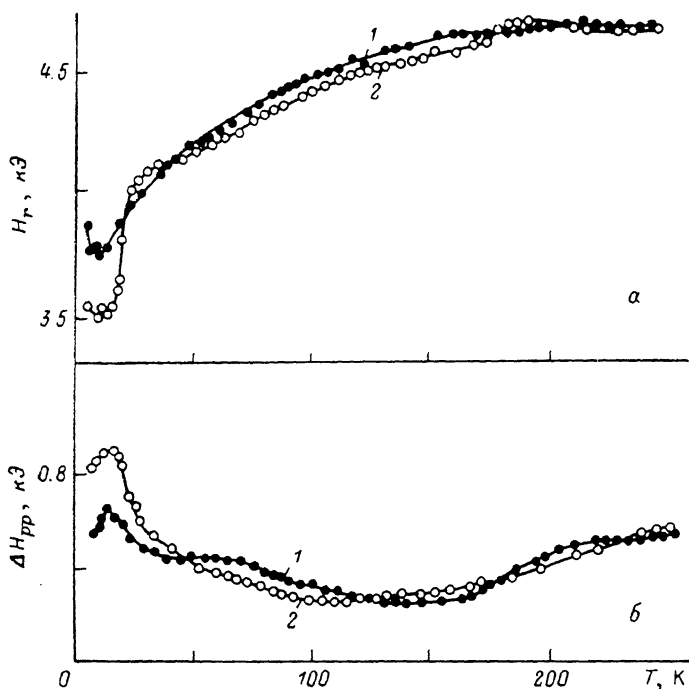
На рисунке приведены температурные зависимости резонансного поля (*a*) и ширины линии АФМР (*b*); 1 — для исходного кристалла и 2 — после облучения непрерывным лазером с  $\lambda=1.06$  мкм при плотности излучения  $S=30$  Вт/см<sup>2</sup>.

Форма линии СВЧ поглощения исходного кристалла имела слабовыраженную тонкую структуру. При температурах около 200 и 70 К наблюдалось изменение этой структуры.

Как видно из рисунка, *b* (кривая 1), на температурной зависимости ширины линии имеются три максимума при  $T \cong 200$  К,  $T \cong 70$  К и в районе  $T = 20$  К. После облучения (рисунок, *b*, кривая 2) высота низкотемпературного максимума увеличилась и произошло сглаживание высокотемпературных максимумов. В температурном поведении величины резонансного поля (рисунок, *a*, кривая 1) в области  $T \cong 20$  К имеет место минимум. В результате облучения этот минимум стал еще глубже и в зависимости появились изломы (рисунок, *a*, кривая 2). Заметим, что в гематите с примесью ионов олова [3] и ранее [4] в кристаллах с другим содержанием кобальта при  $T \cong 20$  К наблюдался максимум на температурной зависимости изотропной щели.

Из приведенного рисунка видно, что фотоиндуцированные изменения параметров АФМР существуют в интервале температур  $T=4.2\div 240$  К. Однако наиболее сильное влияние облучения наблюдается в районе  $T \leq \leq 30$  К. Мы измерили также угловую зависимость резонансного поля. Оказалось, что после облучения в зависимости резонансного поля от угла в базисной плоскости не было никакой закономерности.

Для того чтобы понять механизм фотоиндуцированных изменений магнитных характеристик облученного кристалла, необходимо знать, каким образом и за счет каких взаимодействий формируется магнитная структура исходного кристалла. Обращает на себя внимание тот факт [5], что все известные добавки, кроме  $4d$ - и  $5d$ -ионов, приводят к понижению



Температурные зависимости параметров АФМР: резонансного поля (а) и ширины линии (б).

1 — до облучения, 2 — после облучения.

температуры перехода Морина. Это означает, что во всех этих случаях происходит суммарное увеличение легкоплоскостной анизотропии. Также отметим работу [6], где при исследовании эффекта Мёссбауэра на номинально чистых кристаллах гематита, выращенных с использованием разных растворителей при температурах значительно ниже температуры перехода Морина, обнаружено присутствие слабоферромагнитной фазы. Если пытаться искать общую причину такого поведения с учетом особенностей поведения резонансных параметров при низких температурах, то можно предположить следующее. Как известно [7], окислам железа присуща внутренняя нестехиометрия, которая зависит от многих причин, но всегда присутствует. Поэтому на стадии роста кристалла возникают фазы состава  $Fe_xO_y$  ( $x \leq y$ ), которые образуют в матрице гематита микродомены либо могут входить как структурные образования. Установлено, что в таких фазах неизбежно присутствуют ионы железа в двухвалентном состоянии. Конечно, результирующий эффект возникает от совместного действия собственно примесей и вышеупомянутых фаз. Но, по-видимому, при низких температурах проявляется влияние ионов двухвалентного железа. К тому же присутствие микродоменов других фаз в силу иного внутреннего магнитного порядка должно приводить к неоднородному распределению намагниченности по объему кристалла, а также могут возникать

замороженные метастабильные локальные магнитные состояния. При этом граница раздела фаз представляет собой дислокацию превращения [3]. Такое рассмотрение не противоречит и тому факту, что в гематите с добавками олова и кобальта наблюдается одноосная анизотропия в базисной плоскости, которая в последнем случае случайным образом меняется от образца к образцу [4].

В данном случае, как и ранее [1, 2], мы связываем фотоиндуцированные изменения параметров АФМР с изменением магнитной кристаллографической анизотропии в базисной плоскости. А именно, в результате облучения происходит изменение магнитных свойств локальных областей. Возможно, идет перестройка внутри области неоднородности, например перезарядка ионов, находящихся в неэквивалентных кристаллографических положениях, или, возможно, что фоточувствительные центры находятся на границе раздела фаз и тогда центры играют роль граничных условий для равновесной намагниченности в области неоднородности. Изменение состояния таких центров приведет к изменению магнитного состояния внутри области неоднородности.

Механизм усиления легкоплоскостной анизотропии при внедрении в гематит различных примесей до конца не ясен. Что касается фотоиндуцированного изменения параметров АФМР, то в результате проведенного исследования мы склонны считать, что роль примесей сводится к расширению температурной области. Не исключено, что примеси могут служить катализаторами при возникновении и образовании микрофаз.

В заключение выражаем благодарность В. Н. Васильеву за выращенные монокристаллы гематита и Г. В. Бондаренко за проведение рентгено-флуоресцентного анализа.

#### Л и т е р а т у р а

- [1] Патрин Г. С., Петраковский Г. А. ФТТ, 1987, т. 29, № 7, с. 2165—2167.
- [2] Patrin G. S., Petrakovskii G. A., Vasiliev V. N. Sol. St. Commun., 1987, vol. 63, N 3, p. 183—186.
- [3] Котюжанский Б. Я., Марышко М., Прозорова Л. А. ЖЭТФ, 1979, т. 77, № 2, с. 764—772.
- [4] Петраковский Г. А., Панкрац А. И., Соснин В. М., Васильев В. Н. ЖЭТФ, 1983, т. 85, № 2, с. 691—699.
- [5] Васильев В. Н., Смык А. А., Бондаренко Г. В. В кн.: Магнитные и резонансные свойства магнитодieleктриков. Красноярск: Изд-во института физики, 1985, с. 165—183.
- [6] Pankhurst Q. A., Johnson C. E., Thomas M. F. J. Phys. C: Sol. St. Phys., 1986, vol. 19, N 35, p. 7081—7098.
- [7] Коллонг Р. Нестехиометрия. М.: Мир, 1974. 196 с.
- [8] Кристиан Дж. Теория превращений в металлах и сплавах. М.: Мир, 1978. 806 с.

Институт физики им. Л. В. Киреевского  
СО АН СССР  
Красноярск

Поступило в Редакцию  
5 января 1988 г.

УДК 537.311

Физика твердого тела, том 30, в. 6, 1988  
Solid State Physics, vol. 30, № 6, 1988

## ОРИЕНТАЦИОННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ЧАСТОТЫ ПОВЕРХНОСТНЫХ КОЛЕБАНИЙ ГЕРМАНИЯ

В. А. Гайслер, М. П. Синюков,  
А. Б. Талочкин

В [1] при исследовании комбинационного рассеяния света (КРС) германия в спектрах нами была обнаружена дополнительная линия, связанная с колебанием, локализованным вблизи поверхности кристалла.