

05.2; 08; 09

© 1990

ОБНАРУЖЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ В СТОХАСТИЧЕСКИХ МАГНИТНЫХ СТРУКТУРАХ

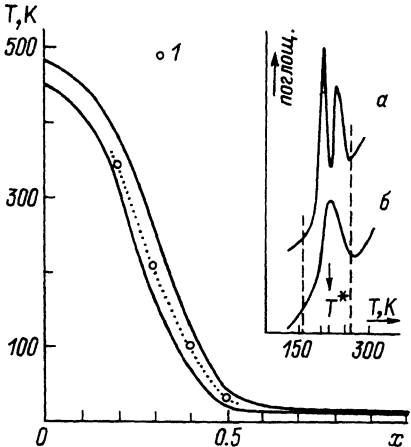
С.Н. Барило, А.П. Гесь,
Н.К. Даньшин, Г.Г. Крамарчук,
А.М. Лугинец, М.А. Сдвижков,
В.В. Федотова

Среди неупорядоченных магнетиков особое место занимают соединения на основе редкоземельных перовскитов, в которых стохастические структуры возникают в процессе спиновой переориентации (СП) [1, 2]. В работе исследованы соединения $Sr_{1-x}Yb_xFeO_3$ ($0 \leq x \leq 1$), в которых происходит спонтанная переориентация вектора антиферромагнетизма $\vec{G} : G_x (T > T_1) - G_{xz} (T_2 < T < T_1) - G_z (T < T_2)$ [3]. Границы фаз являются точками фазовых переходов (ФП) 2-го рода с характерными для ферроэластических переходов аномалиями. Основной результат наших исследований заключается в обнаружении таких же аномалий в угловой фазе G_{xz} , не связанных, однако, с существованием ФП.

При возбуждении образцов магнитной составляющей СВЧ поля в плоскости ac , кроме сигналов поглощения, связанных с размягчением моды антиферромагнитного резонанса (АФМР) на границах СП, в составах с $x = 0.2-0.5$ обнаружены резонансные пики (вставка на рис. 1), свидетельствующие о размягчении моды АФМР при $T^* \sim (T_1 + T_2)/2$, т.е. внутри интервала СП. По совокупности записей сигналов поглощения на разных частотах построены температурные зависимости частоты АФМР для тех составов, в которых наблюдалось ее размягчение в угловой фазе. Одна из таких зависимостей, для $x = 0.3$, показана на рис. 2. Чтобы не перегружать график, экспериментальные точки, соответствующие „обычным“ [4] мягким модам при T_1 и T_2 , на рисунке 1 не нанесены. Минимальная частота мягкой моды ν^* , выше которой регистрируется два, а ниже — один пик поглощения СВЧ мощности, сильно зависит от степени замещения для $x = 0.4$ и 0.5 в рабочем диапазоне спектрометра (14–79 ГГц) поглощение наблюдается только на краю линии АФМР, т.е. ниже ν^* . Зависимость $T^*(x)$ показана на фазовой $x-T$ диаграмме (рис. 1). Для состава с $x = 0.7$ проведены акустические исследования [5], обнаружившие минимум скорости звука с волновым вектором $\vec{q} \parallel \vec{c}$ и вектором смещения $\vec{\epsilon} \parallel \vec{a}$ не только при T_1 и T_2 , но и при T^* (рис. 2).

Обнаруженные динамические аномалии (понижение частоты АФМР и уменьшение скорости звука) при T^* наблюдаются в составах с большими интервалами СП $\Delta T = T_1 - T_2$ (рис. 1). Увеличение ΔT в замещенных ортоферритах объясняется случайным распреде-

Рис. 1. Фазовая диаграмма $Sm_{1-x}Yb_xFeO_3$. Сплошные линии - границы СП $T_1(x)$ и $T_2(x)$; 1 - значения T^* , определенные по положению минимума частоты АФМР. На вставке - сигналы поглощения в $Sm_{0.7}Yb_{0.3}FeO_3$ на частотах 74 ГГц (а) и 48 ГГц (б). Пунктиром обозначены границы СП.



нием ионов Sm^{3+} и Yb^{3+} , приводящим к флуктуациям локальных полей анизотропии на спинах Fe^{3+} [1]. За пределами интервала СП спины в каждой из подрешеток и, следовательно, локальные векторы \vec{G}_i коллинеарны. Однако в интервале $T_2 < T < T_1$ каждый спин отклоняется к своей локальной оси анизотропии, т.е. возникает частичное магнитное разупорядочение. Пространственные флуктуации характеризуются дисперсией углов θ_i , задающих направление \vec{G}_i относительно оси c : $D_\theta = \langle \delta\theta_i^2 \rangle$, $\delta\theta_i = \theta_i - \bar{\theta}$. Здесь $\bar{\theta}$ - угол, определяющий направление среднего по кристаллу вектора $\vec{G} = \sum \vec{G}_i$. В процессе переориентации его величина меняется относительно длины вектора $G_0 = N\vec{G}_i$ в упорядоченном состоянии (т.е. вне области СП) [2]:

$$G = G_0 \exp\left(-\frac{D_\theta}{2}\right) \left(1 - \frac{D_\theta}{2}\right). \quad (1)$$

Поскольку $D_\theta \sim \sin^2 2\theta$, то наибольшее разупорядочение достигается при $\bar{\theta} = 45^\circ$ [1, 2]. В угловой фазе для частоты моды АФМР, которой соответствуют колебания вектора \vec{G} в плоскости ac , можно записать [6]: $v^2 \sim G^4 \sin^2 2\theta$. Из (1) следует, что температурная зависимость частоты ν будет иметь локальный минимум при температуре T^* , которой соответствует $\bar{\theta} = 45^\circ$, т.е. наибольшее разупорядочение спинов. Магнитоупругая связь приводит к тому, что скорость акустической волны, которой соответствуют деформации сдвига в плоскости ac , определяется частотой мягкой моды γ : $\Delta S \sim -v^2 \cos^2 2\bar{\theta}$. Из этого следует, что скорость S звука должна уменьшаться в тех же точках (T_1 , T_2 и T^*), в которых размягчается мода АФМР. Именно это наблюдается в эксперименте (рис. 2).

Таким образом, обнаруженные динамические аномалии в угловой фазе можно объяснить частичным разупорядочением, возникающим в процессе СП из-за флуктуаций энергии анизотропии. Здесь прослеживается аналогия с разупорядочивающим действием теплового движения, уменьшающего частоту АФМР и скорость звука с повы-

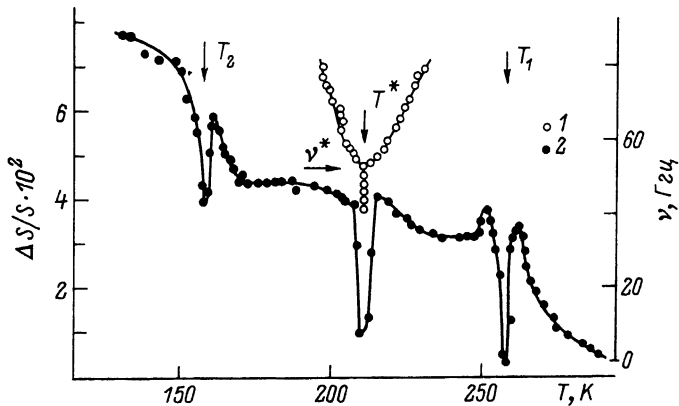


Рис. 2. Температурные зависимости частоты АФМР (1) внутри интервала СП при $T \sim T^*$ и изменения скорости поперечной звуковой волны с $\vec{q} \parallel \vec{c}$, $\vec{e} \parallel \vec{a}$ в окрестности СП (2) в $Sm_{0.7}Yb_{0.3}FeO_3$.

шением температуры. Обычно влияние неоднородных взаимодействий на динамические свойства сводится к понижению добротности колебаний магнитной и упругой подсистем. В данном случае, кроме этого, наблюдается флуктуационная перенормировка резонансных частот и упругих модулей к виду, характерному для мягких и акустических мод. Фактически речь идет об обнаружении новых, дополнительных ветвей мягких резонансной и акустической мод в области, где в силу указанных выше причин их существование не было очевидным. Проявление флуктуаций в динамических экспериментах позволяет использовать соответствующие методики в качестве нового эффективного инструмента для исследования неупорядоченных структур, возникающих при индуцированных и спонтанных переходах. Кроме того, открывается дополнительная возможность управления высокочастотными и акустическими свойствами соответствующих соединений путем изменения внешних параметров (магнитного поля, температуры), а также степени замещения и конкретного сочетания взаимозамещаемых редкоземельных ионов.

Л и т е р а т у р а

- [1] Синицын Е.В., Бострем И.Г. // ЖЭТФ. Т. 85. № 2. С. 661-669.
- [2] Милов В.Н., Артемьев Г.Г., Неделько В.И., Прун А.Ф., Семенова М.В., Синицын Е.В. // ЖЭТФ. 1985. Т. 88. № 1. С. 272-279.
- [3] Белов К.П., Звездин А.К., Кадомцева А.М., Левитин Р.З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979. С. 320.

- [4] Да нь ш и н Н.К., Кра мар ч у к Г.Г., С д в и ж -
ков М.А. // Письма в ЖЭТФ. 1968. Т. 44. В. 2.
С. 85-86.
- [5] Б а р и л о С.Н., Г е с ь А.П., Л у г и н е ц А.М.,
Со ш н и к о в Л.Е. // ФТТ. 1987. Т. 29. № 5.
С. 1541-1543.
- [6] Б а л б а ш о в А.М., К о з л о в Г.В., Л е б е д е в С.М.
М у х и н А.А., П р о н и н А.Ю., П р о х о р о в А.С.
Препринт ИОФ АН СССР, № 97. М.: 1988. С. 71.
- [7] G o r o d e t s k y G., L i t h i B. // Phys.
Rev. B. 1970. V. 2. N 9. P. 3688-3698.

Донецкий физико-технический
институт АН УССР

Письма в ЖТФ, том 16, вып. 5 12 марта 1990 г.

07

© 1990

К ЭФФЕКТУ НЕЛИНЕЙНОЙ ГЕНЕРАЦИИ ВЧ ОПТИЧЕСКОГО ШУМА В РЕЗОНАТОРЕ ФАБРИ-ПЕРО

А.Н. М о р о з о в, В.О. Г л а д ы ш е в

Развитые в последнее время методы повышения чувствительности когерентных оптических измерений малых перемещений за счет многократных переотражений в оптических линиях задержки или резонаторах Фабри-Перо (РФП) дали большой толчок прогрессу в данной области экспериментальной техники. Однако практическая реализация выявила определенные недостатки и границы применимости этих устройств в прецизионных измерениях [1]. К числу отрицательных явлений, существенно снижающих чувствительность целого ряда методов отражательной многолучевой интерферометрии, относится нелинейный характер взаимодействия давления лазерного излучения с массами, на которых установлены зеркала [2].

В данной работе предлагается новое объяснение аномально высокому уровню оптического шума в системе лазер-РФП в области ВЧ. Полученные результаты играют особенно важную роль при проектировании новых прецизионных интерферометров для геофизических исследований, лазерных интерференционных гравитационных антенн (ЛИГА) и тому подобных, в которых АЧХ представляет собой одну из основных информативных величин. Необходимость данного рассмотрения вызвана также тем, что наличие аномально высокого уровня оптического шума в области ВЧ требует незамедлительного учета обсуждаемого эффекта при оптимизации параметров прецизион-