

ШИРИНА ЛИНИЙ ФМР И ЭПР ФЕРРИТОВ—ГРАНАТОВ СИСТЕМЫ $Gd_{3-x}Ca_xFe_{5-x}Sn_xO_{12}$

С. А. МНАЦАКАНЯН

В настоящей работе проведено исследование температурной зависимости ширины линий ферромагнитного (ФМР) и парамагнитного (ЭПР) резонансов поликристаллических образцов ферритов-гранатов системы $Gd_{3-x}Ca_xFe_{5-x}Sn_xO_{12}$ (где $x=0, 0,1, 0,5, 0,7$ и $0,9$) в интервале температур от комнатной до $\sim 500^\circ\text{C}$. Измерения проводились на серийном радиоспектрометре типа РЭ 1301 на полированных образцах сферической формы диаметром $0,4-0,6$ мм.

Магнитные характеристики ферритов-гранатов этой системы были исследованы в работе [1]. С помощью эффекта Мёссбауэра были исследованы [2] эффективные магнитные поля на ядрах немагнитных ионов Sn^{4+} , замещающих при $0 < x \leq 1,5$ ионы железа в октаэдрических узлах. Ионы Ca^{2+} вводились в решетку кристалла для сохранения электрической нейтральности образца. Исследования [2] показали, что введение немагнитного иона олова уменьшает обменную связь между ионами железа через ионы кислорода (что видно по уменьшению точки Кюри), но не приводит к разрыву этой связи.

Представляет интерес исследовать влияние разбавления магнитного кристалла немагнитными ионами на ширину резонансной линии (ΔH).

Ширина линии ФМР поликристаллов определяется как собственной шириной монокристалла, так и размагничивающим действием границ монокристалликов, хаотическим распределением осей легкого и трудного намагничивания и, соответственно, разбросом значений резонансных полей отдельных монокристалликов, включениями, порами и т. п. Вблизи точки Кюри (θ) и выше, когда происходит резкое уменьшение магнитной кристаллографической анизотропии и когда не работает основной механизм уширения линии ФМР посредством передачи энергии однородной прецессии в решетку через вырожденные с однородной прецессией спиновые волны с $k \neq 0$ [3] (так как спонтанный магнитный момент образца резко падает), природа ширины линий монокристаллов и поликристаллов одинакова. При этом анизотропией g -фактора пренебрегаем. Исследования температурной зависимости ΔH различных моно- и поликристаллических образцов иттриевого и гадолиниевого ферритов-гранатов показали, что вблизи θ и выше данные для монокристаллов и поликристаллов в пределах ошибок измерения хорошо совпадают между собой.

На рисунке приведены графики температурной зависимости ΔH исследованных образцов. Вблизи θ , как и при исследовании других

ферритов [4], наблюдается резкий рост ΔH , который продолжается и в области температур выше θ . При температурах примерно на $100 \div 200^\circ\text{C}$ превышающих θ зависимость ΔH от T выходит на плато и при дальнейшем увеличении T мало меняется.

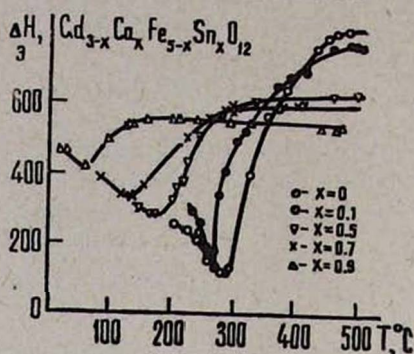


Рис. Температурная зависимость ΔH ферритов-гранатов системы $Gd_{3-x}Ca_xFe_{5-x}Sn_xO_{12}$ вблизи точки Кюри.

Значения величины точки Кюри, высокотемпературной ширины линии ЭПР на плато ($\Delta H_{в.т.}$) и минимальной ширины линии ФМР вблизи θ (ΔH_{min}) приведены в таблице. Увеличение x означает возрастание количества немагнитных примесей в кристалле, на которых происходит рассеяние однородной прецессии в спиновые волны, что, в свою очередь, приводит к возрастанию ΔH_{min} . С увеличением x уменьшается точка Кюри и в соответствии с выводом работы [3] о том, что материалы с высокой точкой Кюри при прочих равных условиях должны иметь более узкую кривую, имеет место возрастание ΔH_{min} .

Таблица

x	$\theta^\circ\text{K}$ из [2]	ΔH_{min} , э	$\Delta H_{в.т.}$ эксп., э	ΔH по Ф-ле (4), э	$\theta^\circ\text{K}$ по Ф-ле (3)
0	560	116	830	830	560
0,1	538	137	780	800	540
0,5	453	260	640	660	450
0,7	412	329	600	600	400
0,9	332	412	554	530	360

Ширина линии ЭПР системы спинов с сильным обменным взаимодействием, к которым можно отнести ферриты-гранаты, определяется известной формулой [5]

$$\Delta H = \frac{10}{3} \frac{H_p^2}{H_e}, \quad (1)$$

где H_p^2 — второй момент линии поглощения, пропорциональный квадрату числа спинов в единице объема образца — n^2 , H_e — обменное поле, определяющее точку Кюри вещества.

Исходя из того обстоятельства, что в нашем случае ионы Sn^{4+} замещают ионы железа, находящиеся в октаэдрических узлах, занятых двумя ионами железа из пяти входящих в формулу, имеем

$$n \sim (5 - 2x). \quad (2)$$

Точка Кюри исследованных образцов с хорошей точностью определяется из формулы Джилио [6] и после некоторых упрощений может быть представлена следующим образом:

$$\frac{\theta(x)}{\theta(0)} \sim (1 - 0,4x), \quad (3)$$

где $\theta(0)$ — точка Кюри феррита-граната гадолиния ($x = 0$). Из (1) — (3) имеем

$$\Delta H \sim \frac{(5-2x)^2}{1-0,4x} \sim (1-0,4x). \quad (4)$$

Значения θ и ΔH , полученные из (3) и (4), приведены в таблице, из которой видно хорошее совпадение с экспериментально полученными результатами.

Институт физических исследований,
АН АрмССР

Поступила 8.VIII.1972.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. И. С. Любутин, ФТТ, 7, 1397 (1965).
2. И. С. Любутин, Автореферат кандидатской диссертации, М., 1965.
3. A. M. Clogston, H. Suhl, L. R. Walker, P. W. Anderson, Journal of Phys. Chem. Sol., 1, 129 (1956).
4. С. А. Мнацаканян, А. О. Марилян, ФТТ, 14, 1821 (1972).
5. P. W. Anderson, P. R. Weiss, Rev. Mod. Phys., 25, 269 (1953).
6. К. П. Белов, М. А. Белянчикова, Р. Э. Левитин, С. А. Никитин, Редкоземельные ферро- и антиферромагнетики, М., 1965.

$\text{Cd}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{5-x}\text{Sn}_x\text{O}_{12}$ ֆերրիտ-գրանատների ֆերո- և էփո-կորի
լայնությունները

Ս. Ա. ՄՆԱՏԱԿԱՆՅԱՆ

Ուսումնասիրված է $\text{Cd}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{5-x}\text{Sn}_x\text{O}_{12}$ ֆերիտ-գրանատների ֆերոմագնիսական և պարամագնիսական լայնությունների կորի լայնության կախումը ջերմաստիճանից Կյուրիի ջերմաստիճանի մոտակայքում: Ստացված է էքսպերիմենտալ և հաշվարկված արդյունքների լավ համընկում:

FMR AND EPR LINEWIDTH IN $\text{Gd}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{5-x}\text{Sn}_x\text{O}_{12}$ FERRIT-GARNETS

S. A. MNATSAKANYAN

The temperature dependence of the ferromagnetic and paramagnetic resonance linewidth in $\text{Gd}_{3-x}\text{Ca}_x\text{Fe}_{5-x}\text{Sn}_x\text{O}_{12}$ ferrit-garnets near the Curie point is studied.