

На рис. 2 приведены температурные зависимости намагниченности монокристалла $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$, измеренные в магнитном поле $H=140$ Э для двух ориентаций магнитного поля $\mathbf{H} \parallel c$ (1) и $\mathbf{H} \perp c$ (2). Измерения проводились на вибрационном магнитометре «PARC-153» (США) в интервале температур 5–300 К.

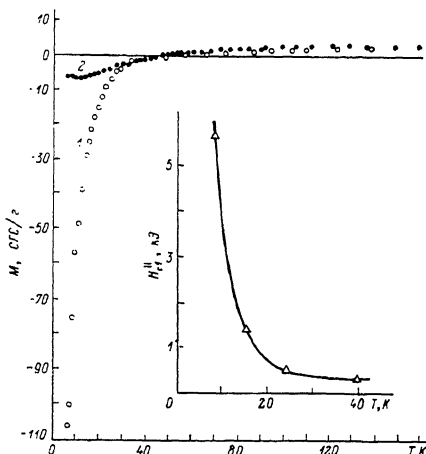


Рис. 2.

На вставке к рис. 2 показана температурная зависимость 1-го критического поля $H_{c1}^{\parallel}(T)$, определенная из полевых зависимостей $M(H, T_0)$ с учетом размагничивающего фактора. Видно, что с повышением температуры $H_{c1}(T)$ быстро убывает, причем $\partial^2 H_{c1}(T)/\partial T^2 < 0$.

Л и т е р а т у р а

- [1] Kaiser D. L., Holtzberg F., Scott B. A., Mogoize T. R. Appl. Phys. Lett., 1987, vol. 51, N 12, p. 1040–1042.
- [2] Семенов М. В. Автореф. канд. дис. М., 1975.
- [3] Бужель В. Сверхпроводимость. М.: Мир, 1975. 366 с.
- [4] Ивановский В. И., Черникова Л. А. Физика магнитных явлений. М., 1981. 287 с.
- [5] Dinger T. R., Worthington T. K., Gallagher W. J., Sandstrom R. L. Phys. Rev. Lett., 1987, vol. 58, N 11, p. 2687–2690.
- [6] Bean C. P. Phys. Rev. Lett., 1962, vol. 8, N 6, p. 250–253.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова
Москва

Поступило в Редакцию
30 мая 1988 г.

УДК 538.67

Физика твердого тела, том 30, в. 11, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 11, 1988

НОВЫЕ ФЕРРОМАГНЕТИКИ СО СТРУКТУРОЙ ПИРОХЛОРА

И. О. Троянчук, В. Н. Деркаченко

Методом твердофазных реакций при высоких давлениях и температурах получены новые соединения с химической формулой $A_2^{3+}Mn_2^{4+}O_7$ (A —Sc, In, Er, Ho, Tb). Согласно данным рентгенографических исследований, эти соединения имеют структуру пирохлора (пространственная группа $Fd\bar{3}m$). Для исследования магнитных свойств использовались образцы, на рентгенограммах которых не обнаружено следов других фаз. Намагниченность измерялась на вибрационном магнитометре. В таблице

представлены параметры элементарных ячеек a , спонтанный магнитный момент M на формульную единицу при 4.2 К, температура Кюри T_c пирохлоров $A_2Mn_2O_7$. Можно отметить некоторые особенности магнитных свойств.

Параметры $A_2Mn_2O_7$

A^{3+}	$a, \text{Å}$	T_c, K	M, μ_B
Sc	9.586	15	3.8
In	9.717	132	4.4
Er	9.888	24	13.0
Ho	9.906	24	—
Tb	9.972	38	15.9

В $Sc_2Mn_2O_7$ магнитный момент на формульную единицу еще меньше. Переход в парамагнитное состояние для этого соединения растянут по температуре (рис. 1), что может быть обусловлено магнитной неоднородностью. Отношения интенсивностей некоторых рефлексов на рентгенограммах образцов $Sc_2Mn_2O_7$ и (в меньшей мере) $In_2Mn_2O_7$ несколько отличаются от аналогичных отношений в соединениях с редкоземельными ионами. Известно [2], что если радиусы ионов А и В в структуре пирохлора $A_2B_2O_7$ незначительно отличаются, возможно перераспределение ионов по подрешеткам. Вероятно, заниженное значение магнитного момента $A_2Mn_2O_7$ ($A=Sc, In$) обусловлено этим процессом.

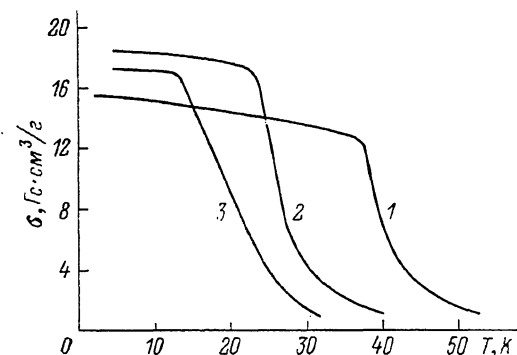


Рис. 1. Зависимости намагниченности от температуры: 1 — $Tb_2Mn_2O_7$ в поле 40 Э, 2 — $Er_2Mn_2O_7$ (30 Э), 3 — $Sc_2Mn_2O_7$ (30 Э).

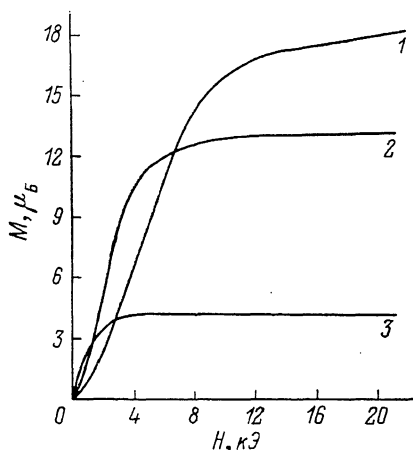


Рис. 2. Зависимости магнитного момента на формульную единицу пирохлора от магнитного поля. $A_2Mn_2O_7$: $A=Tb$ (1), Er (2), In (3).

2) Температура Кюри соединения $In_2Mn_2O_7$ 132 К, что значительно больше, чем в других пирохлорах. Обычно считается, что в соединениях со структурой пирохлора основным обменным взаимодействием между $3d$ -ионами является косвенный обмен через ионы кислорода [2]. Чтобы объяснить высокую температуру Кюри $In_2Mn_2O_7$, можно предположить, что в этом соединении наряду с ферромагнитным обменом $Mn^{4+}-O^{2-}-Mn^{4+}$ существует дополнительный ферромагнитный обмен через ионы In^{3+} . Имеются указания на то, что и в ферритах со структурой шпинели возможен обмен через ионы In^{3+} [3]. Соединение $In_2Mn_2O_7$ обладает самой высокой температурой магнитного упорядочения среди известных пирохлоров.

3) Зависимости $\sigma(H)$ при 4.2 К (рис. 2) соединений $Tb_2Mn_2O_7$ и $Er_2Mn_2O_7$ указывают на ферромагнитное упорядочение магнитных моментов редкоземельных ионов. Спонтанный магнитный момент иона Tb^{3+} около $6\mu_B$,

а иона Er^{3+} около $4.5 \mu\text{Б}$ при 4.2 К . Ферромагнитное упорядочение редкоземельной подрешетки возникает одновременно с упорядочением марганцевой подрешетки (рис. 1), что может быть только в случае большой величины положительного $f-d$ -обменного взаимодействия. В ванадатах [2] и молибдатах [4] со структурами пирохлора знак $f-d$ -обменного взаимодействия также положителен, однако величина его значительно меньше, чем в манганатах, и редкоземельная подсистема в большинстве соединений находится в парамагнитном состоянии.

Л и т е р а т у р а

- [1] Bertaut E. F., Buisson G., Quezel G. Sol. St. Commun., 1967, vol. 5, N 1, p. 25—28.
 [2] Базуев Г. В., Швейкин Г. П. Сложные оксиды элементов с достраивающимися d - и f -оболочками. М.: Наука, 1985. 240 с.
 [3] Белов К. П., Горяга А. Н., Кокарев А. И. Вестник МГУ, сер. 3, 1986, т. 27, № 6, с. 91—93.
 [4] Mineo Sato, Xu Yan, Greedan J. E. Z. Anag. Allg. Chem., 1986, vol. 540/541, N 9—10, p. 177—190.

Институт физики твердого тела
и полупроводников АН БССР
Минск

Поступило в Редакцию
6 июня 1988 г.

УДК 538.22

Физика твердого тела, том 30, в. 11, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 11, 1988

НЕЛИНЕЙНЫЙ МОДУЛЯЦИОННЫЙ ОТКЛИК ЗА ПОРОГОМ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО РЕЗОНАНСА СПИНОВЫХ ВОЛН

А. М. Фришман

В настоящее время наиболее чувствительным способом определения порога параметрического возбуждения и соответственно частоты релаксации спиновых волн, по-видимому, является модуляционная методика [1], в основе которой лежит предположение о том, что порог можно регистрировать по появлению колебаний поглощения на низкой частоте Ω поля модуляции $H_m \cos \Omega t$. Это поле приложено параллельно постоянному, а его частота много меньше частоты резонансной накачки $h \cos \omega t$. При малых H_m , когда можно воспользоваться теорией возмущений по параметру $z = 4\mu H_m / \hbar \Omega$, обоснование применимости модуляционной методики было получено в работе [1]. Было показано, что за порогом возникают колебания числа возбужденных магнонов с частотой Ω . Однако модуляционная методика с успехом использовалась и при достаточно больших H_m , когда возникает новое нелинейное явление — комбинационный параметрический резонанс. Целью настоящей работы является вычисление нелинейного отклика на поле модуляции и обоснование модуляционной методики при произвольных значениях параметров модуляции H_m и Ω .

Комбинационный параметрический резонанс в магнитоупорядоченной системе возникает под действием переменного магнитного поля вида $h(t) = h \cos \omega t + H_m \cos \Omega t$, где $\omega \gg \Omega \gg \gamma_k$, γ_k — частота релаксации магнонов. При $h \geq h_c$ пороговым образом возбуждаются магноны с энергиями $\varepsilon_k = \hbar(\omega + n\Omega)/2$. Порог h_c равен

$$(h_c/h_{c0})^{-1} = \max_n |J_n(z)|, \quad (1)$$

где h_{c0} — порог при $H_m = 0$; $J_n(z)$ — функция Бесселя.

Поскольку комбинационный параметрический резонанс возникает только при достаточно больших значениях z (при $z > z_1$, где $z_1 \approx 1.5$ на-