

- [4] Агафонов О. В., Кудзин А. Ю., Соколянский Г. Х., Юдин А. С. // Тез. докл. Всес. конф. «Фотоэлектрические явления в полупроводниках». Ташкент, 1989. С. 345.
- [5] Кудзин А. Ю., Соколянский Г. Х., Юдин А. С. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 6. С. 1864—1865.
- [6] Hou S. L., Laner R. B., Aldrich R. E. // J. Appl. Phys. 1973. V. 44. N 6. P. 2652—2658.
- [7] Глебовский Д. Н., Крашенинников А. А., Бедрина М. Е., Зеликман П. И. // ЖПС. 1981. Т. 35. № 3. С. 1816—1818.
- [8] Авраменко В. П., Кудзин А. Ю., Соколянский Г. Х. // ФТТ. 1984. Т. 26. № 2. С. 485—489.
- [9] Авраменко В. П., Кудзин А. Ю., Клименко Л. П., Соколянский Г. Х. Активные диэлектрики. Днепропетровск, 1984. С. 71—82.
- [10] Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. М., 1962. 558 с.

Днепропетровский государственный университет  
им. 300-летия воссоединения Украины с Россией

Поступило в Редакцию  
17 октября 1990 г.

© Физика твердого тела, том 33, № 3, 1991  
Solid State Physics, vol. 33, N 3, 1991

## ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ НА МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА СОЕДИНЕНИЯ $Y_2Fe_{17}$

*С. А. Никитин, А. М. Тишин, Ю. И. Спичкин,  
П. И. Леонтьев, А. Ф. Островский*

Магнитные свойства интерметаллических соединений редкоземельных металлов с  $3d$ -элементами интенсивно исследуются последнее время. Однако влияние изменения такого важного термодинамического параметра, как давление  $p$ , на магнетизм данного класса соединений изучено сравнительно слабо. В настоящей работе экспериментально исследовано воздействие всестороннего давления на намагниченность соединения  $Y_2Fe_{17}$ .

Кристаллографическая структура соединений  $R_2Fe_{17}$  ( $R$  — редкая земля) может быть построена на основе гексагональной структуры типа  $CaCu_5$  [1]. Соединение  $Y_2Fe_{17}$  имеет гексагональную стехиометрию типа  $Th_2Ni_{17}$ .  $Y_2Fe_{17}$  является ферромагнетиком с точкой Кюри, лежащей в диапазоне температур от  $T_c=310$  [2] до 324 К [3]. Магнитные моменты ионов Fe параллельны, лежат в базисной плоскости и близки к моменту чистого Fe. В поле, приложенном вдоль оси  $C$ , магнитный момент не насыщается в поле до 40 кЭ [4]. В работах [3–5] магнетизм  $Y-Fe$  систем объясняется на основе расчетов плотности состояний. Иттрий является паулевским парамагнетиком и не имеет локализованного  $4f$ -момента. Средний магнитный момент соединения  $Y_2Fe_{17}$ , вычисленный с использованием экспериментального объема элементарной ячейки, близок к экспериментальному моменту [6]. Величины констант магнитной анизотропии соединения  $Y_2Fe_{17}$  определены в [4]. Теория молекулярного поля для описания магнетизма соединений  $R_2Fe_{17}$  использовалась в [7].

В данной работе магнитные свойства соединения  $Y_2Fe_{17}$  исследовались при атмосферном давлении и давлениях до 1 ГПа в диапазоне температур 78—350 К и магнитных полях до 14 кЭ. Метод измерения удельной намагниченности детально описан в [8]. Образец был приготовлен методом дуговой плавки на медном водоохлаждаемом поду в атмосфере аргона. Фазовый анализ показал, что образец является однофазным и имеет структуру типа  $Th_2Ni_{17}$ . Содержание фаз с другими типами структур не превышало 4 %.

Температурные зависимости удельной намагниченности при атмосферном давлении и давлении  $P=1$  ГПа представлены на рис. 1. Во всем ис-

следованном диапазоне давлений кривые  $\sigma(T)$  имеют типично ферромагнитный характер. Величина  $\sigma(T)$  быстро уменьшается в области температур  $T \geq 250$  К. Анализ зависимостей  $\sigma^2(H/\sigma)$  показал, что переход фер-

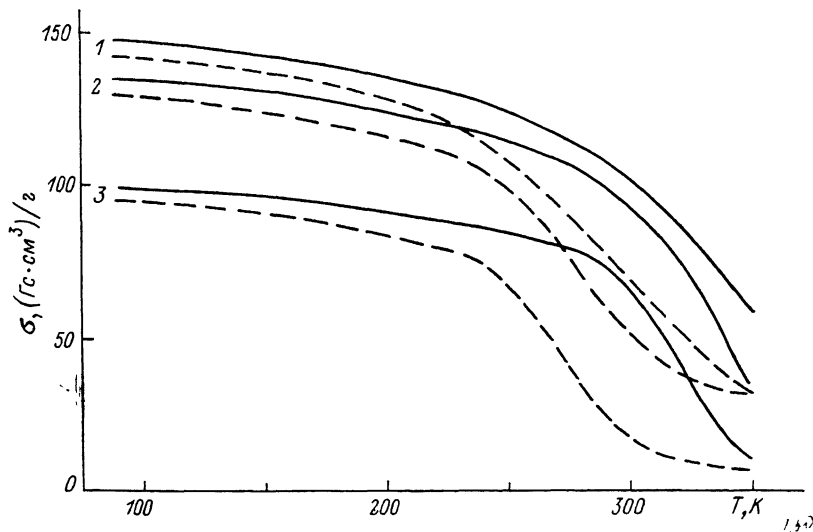


Рис. 1. Температурные зависимости удельной намагниченности соединений  $Y_2Fe_{17}$  при атмосферном давлении (сплошные линии) и давлении 1 ГПа (штриховые линии) в полях 12 (1), 6 (2) и 1 кЭ (3).

ромагнетизм—парамагнетизм при атмосферном давлении имеет место при  $T_c = 330$  К. При увеличении давления кривые  $\sigma(T)$  сдвигаются в область более низких температур. Обнаруженный характер поведения кривых  $\sigma(T)$  может быть объяснен воздействием давления на температуру Кюри. Установлено, что  $dT_c/dp = -47.2$  К/ГПа.

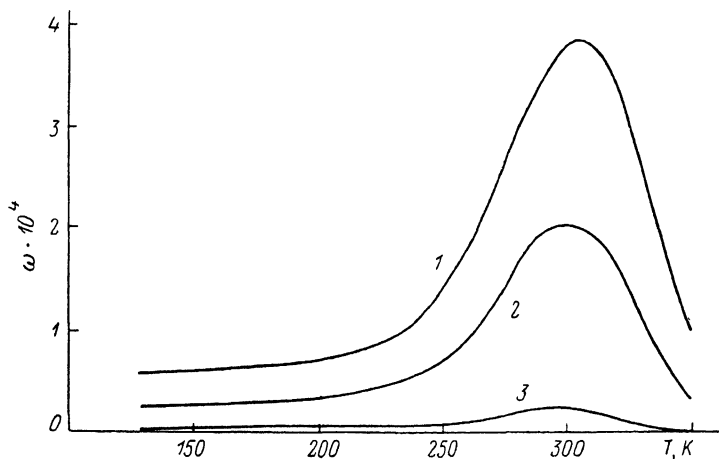


Рис. 2. Температурные зависимости объемной магнитострикции  $\omega$  соединения  $Y_2Fe_{17}$  в магнитных полях 12 (1), 6 (2) и 1 кЭ (3).

Известно, что из-за конкуренции взаимодействий противоположных знаков в данном классе соединений тип обменного взаимодействия сильно зависит от межатомных расстояний [9]. Исследования, проведенные в [10], показывают, что  $T_c$  в соединениях типа  $R_2Fe_{17}$  в основном определяется Fe—Fe взаимодействием. R—Fe взаимодействие слишком слабо для того, чтобы объяснить изменение  $T_c$  в ряду  $R_2Fe_{17}$ . Полученное нами весьма значительное изменение  $T_c$  под действием давления, таким образом, можно

объяснить за счет существенной трансформации взаимодействия Fe—Fe под давлением.

Изучение зависимости удельной намагниченности от величины магнитного поля  $\sigma(H)$  показало, что величина  $\sigma(H)$  не насыщается в поле до 14 кЭ как при атмосферном давлении, так и при давлении 1 ГПа. Увеличение давления не приводило к трансформации вида зависимостей  $\sigma(H)$  во всем исследованном интервале температур.

Аномалии спонтанной и индуцированной магнитным полем объемной магнитострикции  $\omega$  (относительно изменения объема образца  $\Delta V/V$ ) в соединениях  $R_2Fe_{17}$  тесно связаны с трансформацией магнитного упорядочения.

Ниже температуры  $T_c$  во всех соединениях  $R_2Fe_{17}$  наблюдается большая положительная спонтанная магнитострикция [11, 12]. Магнитообъемные аномалии в данном классе соединений исследовались в работах [13, 14]. Вместе с этим объемная магнитострикция, вызванная приложением к образцу магнитного поля в соединениях  $R_2Fe_{17}$ , до сих пор не исследована. С помощью термодинамического соотношения

$$\omega = - \int_0^H (\partial I / \partial p)_H dH, \quad (1)$$

где  $I$  — намагниченность, можно, используя полученные нами экспериментальные данные, рассчитать зависимость  $\omega$  от температуры и магнитного поля.

На рис. 2 приведены температурные зависимости  $\omega(T)$ , вычисленные по формуле (1). В окрестности  $T_c$  величина объемной магнитострикции достигает значения  $\omega = 3.9 \cdot 10^{-4}$ .

Используя соотношение Эдварда—Вольфарта [15]

$$d \ln T_c / dV = -5/3 + BT_c^2, \quad (2)$$

где  $B = \alpha/K$ ,  $K$  — сжимаемость,  $\alpha$  — параметр зонной структуры, мы оценили коэффициент  $\alpha$ , который оказался равным  $1.73 \cdot 10^{-6}$  К·см<sup>2</sup>/дин. В расчетах использовалось значение  $K = 0.94 \cdot 10^{-12}$  дин/см<sup>2</sup>, полученное интерполяцией между значениями сжимаемости иттрия и железа.

#### Список литературы

- [1] Givord D., Lemaire R., Moreau J. M., Roudaut E. // J. Less-Comm. Metals. 1972. V. 29. P. 361.
- [2] Burzo E. // J. Angew. Phys. 1971. V. 32. P. 127.
- [3] Shimizu M., Inoue J. // J. Magn. Magn. Mater. 1987. V. 70. P. 61.
- [4] Mattachi B., Franse J. J. m., Sinnema S., Radwanski R. J. // J. de Phys. 1988. V. 49. N 12. Suppl. 1. P. 533.
- [5] Inoue J. // Physica B. 1988. V. 149. P. 376.
- [6] Coehoorn R. // J. de Phys. 1988. V. 49. N 12. Suppl. 1. P. 301.
- [7] Radwanski R. J. // Z. Phys. B. Condens. Mater. 1986. V. 65. P. 65.
- [8] Леонтьев П. И. // Автореф. канд. дис. М., МГУ, 1988.
- [9] Taylor K. N. R. // Advances in Physics. 1971. V. 20. P. 551.
- [10] Radwanski R. J., Franse J. J. m., Krop K. // Acta Physica Polonica. 1985. V. A 68. P. 373.
- [11] Givord D., Lemaire R. // IEEE Trans. Magn. 1974. V. 10. P. 109.
- [12] Givord D., Lemaire R., James W. J., Moreau J. M., Shah J. S. // IEEE Trans. Magn. 1964. V. 7. P. 657.
- [13] Gavigan J. P., Givord D., Li H. S., Voiron J. // Physica B. 1988. V. 149. P. 345.
- [14] Gignoux D., Givord D., Givord F., Lemaire R. // J. Magn. Magn. Mater. 1979. V. 10. P. 288.
- [15] Edwards E., Wohlfarth E. P. // Proc. Roy. Soc. 1968. V. A 303. P. 127.