

## ЗОННЫЙ МЕТАМАГНЕТИЗМ СОЕДИНЕНИЯ $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$ В СЛАБОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ

*Н.В.Баранов, В.В.Келарев, А.И.Козлов,  
А.Н.Пирогов, Е.В.Синицын*

На основании результатов измерений электросопротивления, теплового расширения и дифракции нейтронов сделан вывод о необратимом расщеплении  $d$ -зоны в соединении  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$  под действием небольшого ( $\sim 4$  кЭ) внешнего магнитного поля при 4,2 К.

В редкоземельных интерметаллических соединениях  $\text{R}_{1-x}\text{Y}_x\text{Co}_2$   $d$ -зона, образованная гибридизацией  $3d$ -электронов кобальта с  $5d$ - ( $4d$ - — в случае иттрия) электронами  $R$ -металла, обладает свойствами зонного метамагнетика<sup>1, 2</sup>. Величина эффективного поля, действующего на  $d$ -подсистему в соединениях  $\text{R}_{1-x}\text{Y}_x\text{Co}_2$  может быть представлена в

виде:

$$H_{\text{эф}} = \lambda_{R-Co} (1-x) \langle \mu_R \rangle + H, \quad (1)$$

где  $\lambda_{R-Co}$  — коэффициент, характеризующий обменное взаимодействие между R- и Co-ионами,  $\langle \mu_R \rangle$  — средний магнитный момент R-иона,  $H$  — внешнее поле. Концентрацию магнитоактивных R-ионов можно подобрать таким образом, что величина  $H_{\text{эф}}$  при  $H = 0$  будет несколько ниже критического поля  $H_{\text{эф}}^{\text{кр}}$  (700 — 1000 кЭ) метамагнитного перехода в системе коллективизированных  $d$ -электронов. В таком случае можно ожидать, что приложение небольшого по сравнению с  $H_{\text{эф}}^{\text{кр}}$  внешнего поля вызовет существенные изменения в состоянии  $d$ -подсистемы. Частично разориентированная из-за разбавления иттрием R-подсистема<sup>3</sup> будет благодаря R — Co-обмену выступать своеобразным усилителем действия внешнего поля.

В настоящей работе предпринята попытка реализовать метамагнитный переход в  $d$ -подсистеме соединения  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$  при 4,2 К. В этом соединении, согласно нашим предварительным измерениям, эффект влияния внешнего поля на магнитное состояние при 4,2 К проявляется наиболее отчетливо. Данные об изменении магнитного состояния образцов получены с помощью измерений электросопротивления  $\rho$ , теплового расширения и нейтронной дифракции.

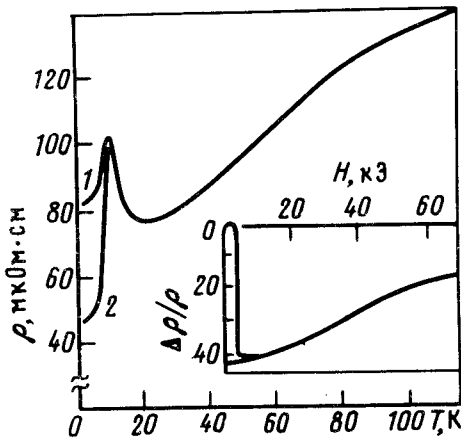


Рис. 1

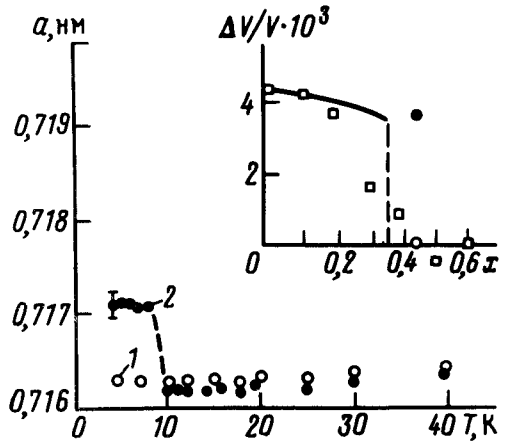


Рис. 2

Рис. 1. Температурные зависимости удельного электросопротивления  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$ , измеренные до воздействия (кривая 1) и после воздействия поля  $H \geq 4$  кЭ (кривая 2). На вставке — полевая зависимость  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$  при  $T = 4,2$  К

Рис. 2. Температурные зависимости параметра решетки соединения  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$ :  $\circ$  — при  $H = 0$ ,  $\bullet$  —  $H = 4$  кЭ. На вставке — концентрационная зависимость магнитообъемной аномалии  $\Delta V/V$ :  $\square$  — данные<sup>5</sup>,  $\circ$  — и  $\bullet$  — данные настоящей работы, полученные при  $H = 0$  и  $H = 4$  кЭ соответственно

Получение образцов и методика определения их электросопротивления описаны в<sup>4</sup>. Измерения теплового расширения выполнены на рентгеновском дифрактометре. Нейтроннографические измерения проводились на образце, спрессованном из порошка исследуемого соединения. Длина волны нейтронов равна 2,416 Å.

Как видно из рис. 1, приложение внешнего поля при  $T = 4,2$  К к образцу соединения  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$ , у которого в исходном состоянии  $H_{\text{эф}} < H_{\text{эф}}^{\text{кр}}$  и расщепление  $d$ -зоны мало, вызывает при  $H \geq 4$  кЭ необратимое уменьшение  $\rho$  почти в два раза, а также качественное изменение кривой температурной зависимости электросопротивления. Она после

воздействия полем стала подобна зависимости  $\rho(T)$  для богатых эрбием соединений  $\text{Er}_{1-x}\text{Y}_x\text{Co}_2$  ( $x \leq 0,3$ )<sup>3</sup>, в которых  $d$ -зона расщеплена уже при  $H = 0$ . Следовательно, во внешнем поле при  $T = 4,2$  К в соединении  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$  происходит увеличение расщепления  $d$ -зоны.

На это указывают и результаты по тепловому расширению, представленные на рис. 2. Видно, что при 4,2 К включение поля  $H = 4$  кЭ сопровождается ростом параметра решетки. Соответствующее увеличение объема элементарной ячейки  $\Delta V/V$  равно  $3,8 \cdot 10^{-3}$ , что хорошо согласуется (см. вставку на рис. 2) со значениями  $\Delta V/V$ , полученными при температуре магнитного упорядочения на соединениях с большим содержанием эрбия<sup>5</sup>.

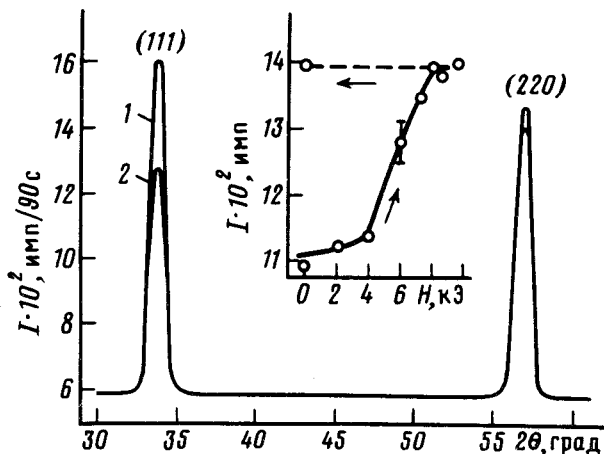


Рис. 3. Фрагменты нейтронограмм соединения  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$ , измеренные при 4,2 К без воздействия (1) и после воздействия поля  $H = 9,5$  кЭ (2). На вставке – полевая зависимость пиковой интенсивности рефлекса (111) при  $T = 4,2$  К

На рис. 3 приведены результаты нейтронографических измерений соединения  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$  при 4,2 К. Как видно, наложение внешнего поля приводит к изменению интенсивностей рефлексов на нейтронограмме, что указывает на изменение магнитного состояния образца. На вставке к рис. 3 дана полевая зависимость пиковой интенсивности рефлекса (111). Ее вид свидетельствует о метамгнитном характере перехода в  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$ , происходящем под действием поля. Интересно, что установившееся при  $H \geq 8$  кЭ магнитное состояние образца сохраняется и после выключения поля.

Из количественного анализа нейтронограмм установлено, что магнитные моменты Er- и Co-ионов равны:  $\langle \mu_{\text{Er}} \rangle = 7,4 \pm 0,1 \mu_{\text{B}}$ ,  $\mu_{\text{Co}} = 0,3 \pm 0,1 \mu_{\text{B}}$  в исходном состоянии и  $\langle \mu_{\text{Er}} \rangle = 8,1 \pm 0,1 \mu_{\text{B}}$ ,  $\mu_{\text{Co}} = 0,9 \pm 0,1 \mu_{\text{B}}$  в конечном. Полученное значение  $\mu_{\text{Co}}$  практически совпадает с величиной  $\mu_{\text{Co}}$  при  $H = 0$  в соединениях  $\text{Er}_{1-x}\text{Y}_x\text{Co}_2$  с  $x \leq 0,3$ <sup>1,2</sup>.

Таким образом, с помощью небольшого внешнего поля удается реализовать в  $\text{Er}_{0,55}\text{Y}_{0,45}\text{Co}_2$  такое же магнитное состояние  $d$ -подсистемы, какое она имеет в богатых эрбием соединениях  $\text{Er}_{1-x}\text{Y}_x\text{Co}_2$  в которых  $H_{\text{эф}} > H_{\text{эф}}^{\text{кр}}$  уже при  $H = 0$ .

Используя приведенное выше соотношение можно объяснить зависимость величины  $\mu_{\text{Co}}$  от  $H$ . Согласно нейтронографическим данным включение внешнего поля оказывает упорядочивающее действие на R-подсистему, сопровождающееся ростом  $\langle \mu_{\text{Er}} \rangle$  и, следовательно, эффективного поля, действующего на  $d$ -подсистему. По нашим оценкам поле  $H_{\text{эф}}$  увеличивается от 660 кЭ до 720 кЭ (значение  $\lambda_{\text{R-Co}}$  взято из<sup>6</sup>), что, по-видимому, достаточно для выполнения условия  $H_{\text{эф}} > H_{\text{эф}}^{\text{кр}}$ .

Авторы выражают благодарность Р.З.Левитину за полезные дискуссии и А.В.Андрееву за помощь в проведении эксперимента.

#### Литература

1. Kirchtayr H.R., Poldy C.A. JMMM, 1978, 8, 1.
2. Левитин Р.З., Маркосян А.С. УФН, 1988, 155, 623.

3. *Gratz E., Pillmayr N., Bauer E.* JMMM, 1987, 70, 159.
4. *Александрян В.В., Баранов Н.В., Козлов А.И., Маркосян А.С.* ФММ, 1988, 66, 682.
5. *Левитин Р.З., Маркосян А.С., Снегирев В.В.* ФММ, 1984, 75, 274.
6. *Bloch D., Lemaire R.* Phys. Rev. B., 1970, 2, 2648.

Институт физики металлов  
Уральское отделение Академии наук СССР

---

Поступила в редакцию  
16 января 1989 г.