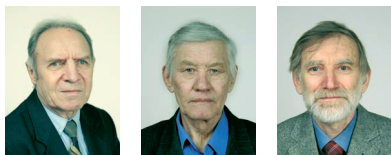


Модулированные магнитные структуры в редкоземельных интерметаллических соединениях $TbNi_5$ и Er_5Si_3

Вохмянин А.П., Дорофеев Ю.А., Скрыбин Ю.Н., Пирогов А.Н.



При использовании магнитной нейтронографии, являющейся единственным прямым методом определения магнитной структуры конденсированных сред, нами установлены магнитные структуры интерметаллических соединений $TbNi_5$ и Er_5Si_3 . Магнитное упорядочение моментов в $TbNi_5$ описывается суперпозицией ферромагнитной составляющей и поперечной спиновой волны. Магнитные моменты в Er_5Si_3 образуют продольную спиновую волну.

$TbNi_5$

Результаты ряда экспериментальных исследований магнитных свойств $TbNi_5$, имеющего кристаллическую структуру, описываемую пространственной группой $R\bar{6}/m\bar{m}m$, хорошо согласовывались с моделью ферромагнитной структуры этого соединения. Однако недавно на основании измерений ac -восприимчивости [1] было высказано предположение, что соединение $TbNi_5$ имеет модулированную магнитную структуру. Нами впервые обнаружены сателлиты, обусловленные рассеянием нейтронов на модуляциях магнитного момента (рис.1). Магнитная структура описывается двумя волновыми векторами, $k_1=0$ и $k_2=2\pi/c(0, 0, 0.0198)$ (рис.2).

Магнитный момент Tb иона имеет две компоненты - ферромагнитную, параллельную оси a кристалла, и модулированную, перпендикулярную этой оси. Обе компоненты расположены в базисной плоскости. Температурная зависимость интенсивностей магнитных рефлексов и сателлитов, а также волнового вектора, полученная при повышении и понижении температуры, свидетельствует о большом (около 15K) гистерезисе, проявляющемся при переходе первого рода из фазы с зависящим от температуры волновым вектором в фазу с независимым от температуры вектором (lock-in структура). В режиме охлаждения переход имеет место при $T_f = 10K$ и сопровождается ростом ферромагнитной и уменьшением модулированной

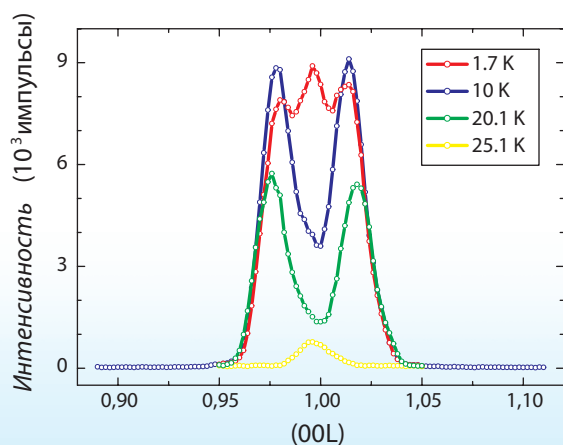


Рис. 1

Нейтронные сканы, полученные при сканировании в направлении $[001]$ при различных температурах.

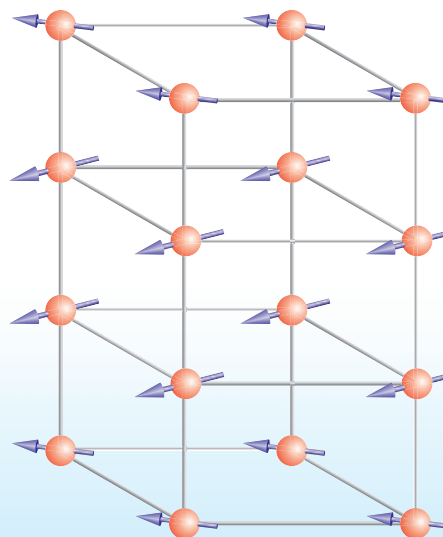


Рис. 2

Магнитная структура соединения $TbNi_5$ при 10 K.

компонент.

Внешнее магнитное поле $H_c=3.5\text{кЭ}$, приложенное вдоль a -оси кристалла, разрушает модулированную структуру, трансформируя её в коллинеарный ферромагнетик (рис.3). Величина магнитного момента Tb иона составляет $7.3 \mu_B$. Индуцированное внешним полем ферромагнитное состояние кристалла сохраняется и после выключения поля.

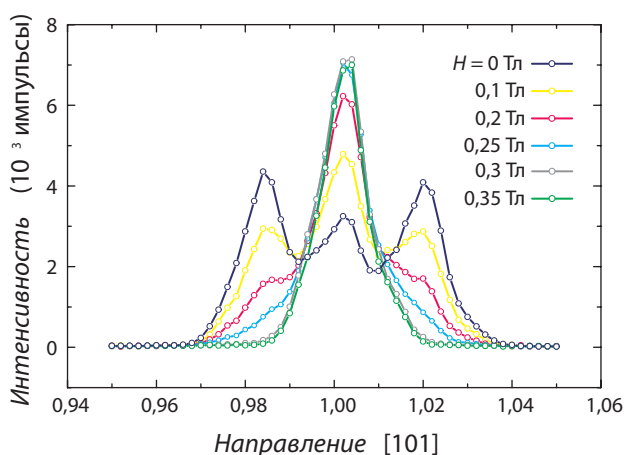


Рис. 3

Нейтронные сканы, полученные во внешнем магнитном поле.

Er_5Si_3

При температуре, несколько меньшей 20K, в Er_5Si_3 , по-видимому, осуществляется магнитный фазовый переход. Необходимость уточнения магнитной структуры Er_5Si_3 при $20\text{K} \leq T \leq 30\text{K}$ явилась причиной, побудившей нас к выполнению настоящей работы.

Нами установлено, что Er_5Si_3 при всех температурах имеет кристаллическую структуру, описываемую пространственной группой $R\bar{6}_3/mcm$. Ионы ErI занимают позиции 4d, а ионы ErII – 6g-позиции с $x \approx 0.241$. Атомы Si занимают тоже позиции 6g, но с $x \approx 0.604$.

Сделан вывод, что Er_5Si_3 обладает модулированной магнитной структурой, характеризуемой волновым вектором $\mathbf{k}=\mu\mathbf{b}_3$, где $\mu \approx 0.264$ при 20K и 0.274 при 25K.

Предлагаемая нами модель магнитной

структуры Er_5Si_3 при $20\text{K} \leq T \leq 30\text{K}$ представлена на рис. 4.

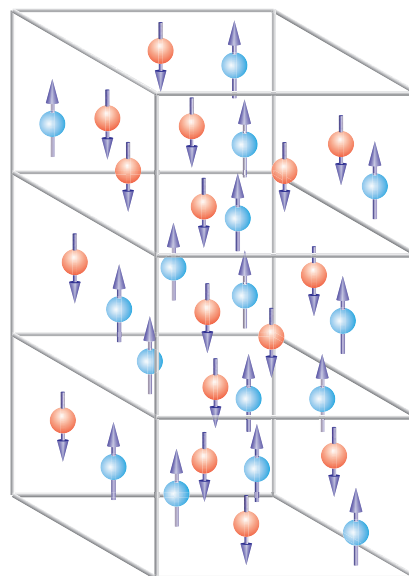


Рис. 4

Магнитная структура соединения Er_5Si_3 при $20\text{K} \leq T < 30\text{K}$

В 4d-позиции структура реализуется по неприводимому представлению τ_3 , а в 6g-позиции – по представлению τ_3 . Магнитные моменты образуют антиферромагнитную продольную спиновую волну (AFLSW).

Всем атомным магнитным моментам в 6g-позиции необходимо приписать дополнительный фазовый сдвиг относительно моментов в 4d-позиции, равный $\Delta\varphi \approx -0.5833\pi$ и -0.4406π при 20 и 25K, соответственно. Периоды магнитной структуры, соответствующие этим температурам, равны $3.774a_3$ и $3.690a_3$.

Величина магнитного момента иона Er описывается выражением $\mu_{\text{Er}} = \mu_0 \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi')$. Здесь μ_0 – максимальная величина магнитного момента иона Er в 4d-позициях ((8.1 ± 0.1) и (5.2 ± 0.1) μ_B) и 6g-позициях ((3.5 ± 0.1) и (2.2 ± 0.1) μ_B) при 20 и 25K, φ_0 – исходная фаза, $\Delta\varphi' = 2\pi\mu z$ – фаза, приобретаемая за счет модуляции магнитной структуры.

При 30K Er_5Si_3 находится уже в парамагнитном состоянии.