

Магнитные свойства редкоземельных интерметаллидов $\text{HoFe}_x\text{Al}_{12-x}$ ($x=5,6$) с точками компенсации.

Ч.К. Сабденов¹, М.Д. Давыдова¹, А.К. Звездин^{1,2}

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Институт общей физики им. А. М. Прохорова РАН

В последнее время в физике материалов и магнетизма немалое внимание уделялось исследованию богатого набора свойств, демонстрируемых редкоземельными интерметаллидами. Эти свойства делают их интересными как с практической точки зрения, так и с фундаментальной, и для исследования с последней позиции становится важным изучение магнитных фазовых переходов в этих материалах[1]. Представленные соединения относятся к классу 3d-4f интерметаллидов, в которых 4f-подрешетка зачастую является источником сильной магнитной анизотропии, а 3d-подрешетка характеризуется большим обменным взаимодействием.

Был проведен численный расчет фазовых диаграмм и кривых намагничивания для соединений HoFe_5Al_7 и HoFe_6Al_6 с использованием нескольких вариантов двухподрешеточной модели (с учетом и без учета высоких порядков анизотропии и приближения среднего поля) на основе следующего термодинамического потенциала:

$$\Phi(\theta_{Fe}, \varphi_{Fe}, \theta_{Ho}, \varphi_{Ho}) = -\mathbf{M}_{Fe}(T) \mathbf{H} - \int_0^{H_{eff,p}} g_J J \mu_B B_J \left(\frac{g_J J \mu_B h}{k T} \right) dh + E_a^{Ho}(\theta_{Ho}, \varphi_{Ho}) + E_a^{Fe}(\theta_{Fe}, \varphi_{Fe})$$

Здесь $\theta_{Fe}, \varphi_{Fe}$ и $\theta_{Ho}, \varphi_{Ho}$ – полярный и азимутальные углы, задающие ориентацию векторов намагниченности подрешеток Fe и Ho соответственно, $B_J(x)$ – функция Бриллюэна, в случае Ho $J = 8$, $g_J = 1.25$ – фактор Ланде, $H_{eff,p}$ – проекция эффективного поля \mathbf{H}_{eff} в котором находится редкоземельный ион на направление намагниченности РЗ подрешетки. $\mathbf{H}_{eff} = \mathbf{H} - \lambda \mathbf{M}_{Fe}$, где λ – константа обменного взаимодействия Ho-Fe, $|E_a| \ll \lambda M_{Fe} M_{Ho}$ – энергия магнитной анизотропии подрешеток редкой земли и железа.

Минимизацией термодинамического потенциала были найдены фазы, был проведен расчет кривых переходов первого и второго рода между ними, а также кривых потери стабильности фаз.

Эти диаграммы были проанализированы, и была выбрана модель, наиболее полно описывающая соединения и дающая хорошее согласие с экспериментальными данными, полученными ранее в импульсных полях до 60 Т[2][3]. Также было проанализировано влияние анизотропии редкоземельной подрешетки на конечную форму фазовых диаграмм.

Ниже приведены полученные фазовые диаграммы в направлении легкого намагничивания (общего для обоих соединений). Светлые кривые соответствуют потере устойчивости метастабильной фазы, темные – фазовым переходам. Относительные направления намагниченностей подрешеток показаны так, если бы внешнее поле было направлено «вверх». Точки R и R' являются критическими точками типа пар-жидкость.

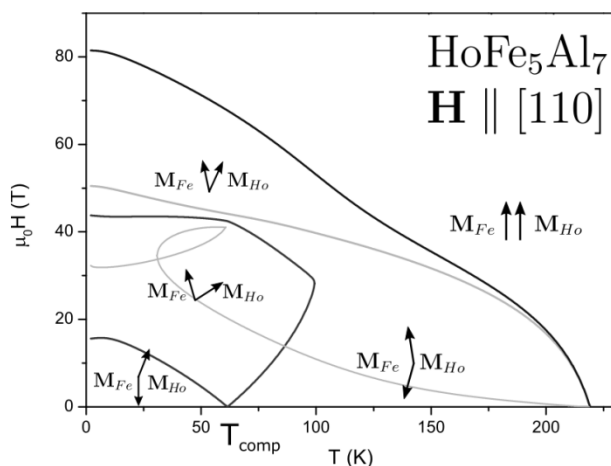


Рис 1: Фазовая диаграмма для соединения HoFe_5Al_7 в направлении $[110]$.

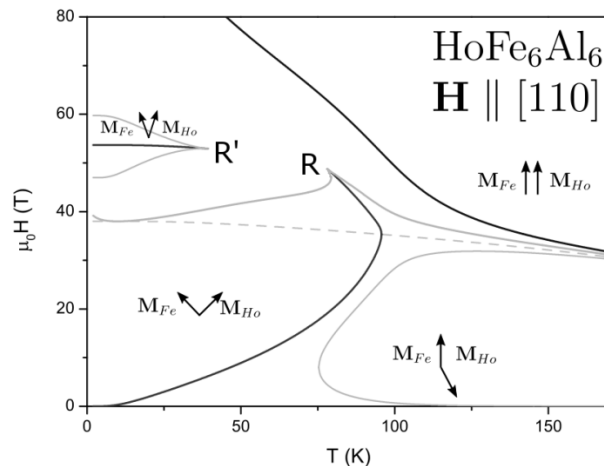


Рис 2: Фазовая диаграмма для соединения HoFe_6Al_6 в направлении $[110]$.

Литература:

1 Zvezdin A. K. Field induced phase transitions in ferrimagnets //Handbook of Magnetic Materials. – 1995. – Т. 9. – С. 405-543.

2 Gorbunov D. I. [et al.] High-field magnetization study of a HoFe_6Al_6 single crystal //Journal of Alloys and Compounds. – 2015. – Т. 648. – С. 488-493.

3 Gorbunov D. I. [et al.] High-field magnetization and magnetoelasticity of single crystalline HoFe_5Al_7 //Journal of Physics: Condensed Matter. – 2014. – Т. 26. – №. 13. – С. 136001.