

ОСОБЕННОСТИ ВКЛАДА $f-d$ -ОБМЕНА В МАГНИТНУЮ АНИЗОТРОПИЮ В РАЗБАВЛЕННЫХ ОРТОХРОМИТАХ И ОРТОФЕРРИТАХ НЕОДИМА

Г. Г. Артемьев, А. М. Кадомцева, М. М. Лукина,
А. А. Мухин, Т. Л. Овчинникова

Известно, что магнитная структура и ориентационные переходы в ортохромитах и ортоферритах сильно различаются между собой. Особенно ярко это проявляется для ортоферрита и ортохрома неодиима, где для NdFeO_3 с понижением температуры наблюдается спиновая переориентация в ac -плоскости $G_x F_x \rightarrow G_z F_x$ ($\Gamma_4 \rightarrow \Gamma_1$) [1, 2], а в NdCrO_3 происходит ориентационный переход типа Морина в bc -плоскости $G_x F_x \rightarrow G_y$ ($\Gamma_2 \rightarrow \Gamma_1$) [3]. Не вызывает сомнения, что за это различие ответственно анизотропное $f-d$ -взаимодействие, которое особенно велико в ортохромите неодиима, где эффективное поле $f-d$ -обмена на редкоземельных ионах, согласно [3], достигает 100 кЭ.

Представляло интерес исследовать монокристаллы разбавленных ортоферритов и ортохромитов неодиима с целью воздействия на их магнитные свойства путем частичного подавления вклада от $f-d$ -обмена в их магнитную анизотропию.

Исследовались магнитные свойства монокристаллов $\text{Nd}_x\text{Eu}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$ ($x=0.1, 0.5, 0.8$), $\text{Nd}_{0.5}\text{Y}_{0.5}\text{CrO}_3$, $\text{Nd}_{0.5}\text{Eu}_{0.5}\text{FeO}_3$, выращенных из раствора в расплаве свинцовых соединений; количественное содержание различных редкоземельных ионов определялось методом рентгеноспектрального анализа с точностью до 4%. В качестве ионов, разбавляющих Nd-подсистему, наряду с немагнитными ионами Y^{3+} брались также ионы Eu^{3+} , для которых $J=0$ и которые вносят меньшее искажение в кристаллическую решетку, чем ионы Y^{3+} , имеющие существенно меньший ионный радиус.

Как и следовало ожидать, в разбавленном ортоферрите спин-переориентационный переход $G_x F_x \rightarrow G_z F_x$ ($\Gamma_2 \rightarrow \Gamma_4$), который в NdFeO_3 наблюдается в температурном интервале 80—210 К [2], сместился в область более низких температур 55—90 К, что свидетельствует об уменьшении анизотропии в ac -плоскости при разбавлении ионов Nd^{3+} ионами Eu^{3+} .

Проследим теперь влияние разбавления на магнитные свойства и ориентационные переходы в ортохромите неодиима. Удивительным результатом является здесь то, что наблюдаемый в чистом NdCrO_3 при $T_M=35$ К переориентационный переход типа Морина $\Gamma_2 \rightarrow \Gamma_1$ в разбавленной системе при концентрации ионов Nd^{3+} $x=0.5, 0.7$ в отличие от аналогичных разбавлений ортоферритов не обнаруживает заметного изменения температуры переориентационного перехода (рис. 1). Как видно из рис. 1, только при очень сильном разбавлении (при $x=0.1$) температура, при которой наблюдается ориентационный переход в антиферромагнитное состояние G_y (Γ_1), понизилась до $T_M=20$ К.

Наблюдаемое аномально слабое влияние замещения ионов Nd^{3+} ионами Eu^{3+} на температуру переориентационного перехода Морина свидетельствует о том, что константа анизотропии в bc -плоскости не чувствительна в данном случае к разбавлению Nd-подсистемы. Константу анизотропии системы $\text{Nd}_x\text{Eu}_{1-x}\text{CrO}_3$ в bc -плоскости можно представить в виде [4]

$$K^{bc} = K_{\text{Cr}}^{bc} + xK_{\text{B}^{\text{c}}}^{bc} - \frac{x(\Delta_{\Gamma_1}^2 - \Delta_{\Gamma_2}^2)}{T_M}, \quad (1)$$

K_{Cr}^{bc} — константа анизотропии Cr-подсистемы, $k_{\text{B}^{\text{c}}}^{bc}$ — константа анизотропии за счет ван-Флековского механизма, обусловленная примешиванием к основному состоянию ионов Nd^{3+} возбужденных состояний [4]. Последний вклад в константу анизотропии в (1) возникает за счет анизотропии

зеemanовского расщепления основного дублета ионов Nd^{3+} . Величины расщеплений в фазах Γ_1 и Γ_2 , согласно [3], сильно различаются: $\Delta_{\Gamma_1} = 25.5$ К, $\Delta_{\Gamma_2} = 23.6$ К, что и является причиной наблюдаемых ориентационных переходов $\Gamma_2 \rightarrow \Gamma_1$ в NdCrO_3 и разбавленных составах. Вклад

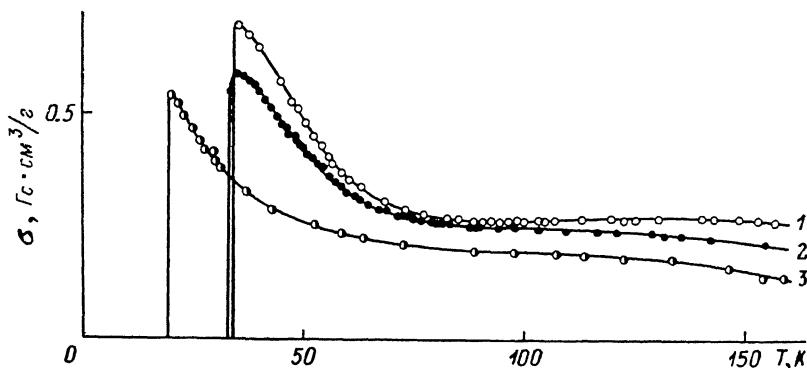


Рис. 1. Температурная зависимость спонтанного магнитного момента монокристаллов системы $\text{Nd}_x\text{Eu}_{1-x}\text{CrO}_3$.

1 — $x=0.7$, 2 — 0.5 , 3 — 0.1 .

в константу анизотропии за счет этого механизма велик, и переориентационный переход возникает при температуре T_M , когда

$$K_{\text{Cr}}^{bc} + xK_{\text{BФ}}^{bc} = \frac{x(\Delta_{\Gamma_1}^2 - \Delta_{\Gamma_2}^2)}{T_M}$$

Поскольку в области низких температур константа анизотропии за счет ван-Флековского механизма практически не зависит от температуры, слабая зависимость температуры переориентации T_M от концентрации ионов Nd^{3+} может наблюдаться только в случае $K_{\text{Cr}}^{bc} \ll K_{\text{BФ}}^{bc}$, при этом $K_{\text{BФ}}^{bc}$ должна стабилизировать фазу Γ_2 .

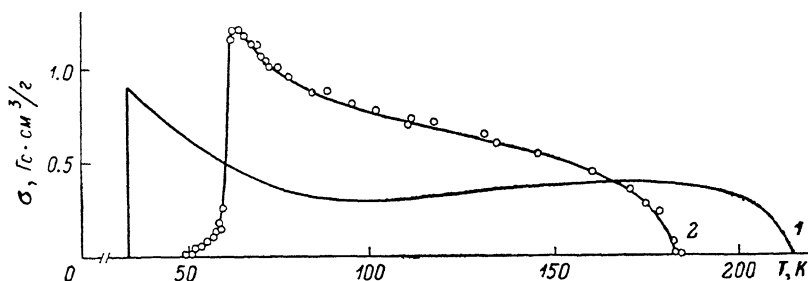


Рис. 2. Температурная зависимость спонтанной намагниченности монокристаллов NdCrO_3 (1) и $\text{Nd}_{0.5}\text{Y}_{0.5}\text{CrO}_3$ (2).

Используя найденные в [3] величины зеemanовских расщеплений Δ_{Γ_1} и Δ_{Γ_2} , получим для $x=0.1$ согласие с нашим экспериментом при $K_{\text{BФ}}^{bc} = 2$ К и $K_{\text{Cr}}^{bc} = 0.25$ К. Таким образом, причиной слабой зависимости температуры переориентации от концентрации при больших концентрациях ионов Nd^{3+} ($x=0.5$; 0.7) является компенсация двух существенных по величине вкладов, связанных с $f-d$ -обменом, зеemanовского и ван-Флековского, каждый из которых пропорционален концентрации ионов Nd^{3+} . Интересно отметить, что при разбавлении неодимовой подсистемы ионами Y^{3+} переориентационный переход $\Gamma_2 \rightarrow \Gamma_1$ сместился даже в область более высоких температур ($T_M = 50-60$ К) (рис. 2). На наш взгляд, причина этого заключается в том, что ион Y^{3+} , обладающий значительно меньшим ионным радиусом, чем Nd^{3+} , может вносить заметные искажения в кристалли-

ческую решетку, в результате чего могут измениться как константа анизотропии хромовой подсистемы, так и редкоземельный вклад за счет $f-d$ -обмена. Поэтому в данном случае пользоваться формулой (1) с параметрами обменного расщепления, такими же как в NdCrO_3 , по-видимому, нельзя.

Таким образом, исследование разбавленных ортохромитов неодима помогло выявить существенный вклад в константу анизотропии ван-Флековского механизма, обусловленного $f-d$ -взаимодействием нижнего дублета ионов Nd^{3+} с возбужденными уровнями, причем $K_{\text{ВФ}}^{bc}$ превалирует над анизотропией Cr-подсистемы.

Отметим важность ван-Флековского вклада в константу анизотропии в ac -плоскости (K^{ac}) и для NdFeO_3 , где $K_{\text{ВФ}}^{ac}$ может быть сравнимо с $K_{\text{ВФ}}^{bc}$ и противоположно по знаку. Именно в этом предположении можно объяснить высокое значение температуры переориентации в NdFeO_3 и ее смещение в замещенных составах, несмотря на малую величину обменного расщепления основного дублета ($\Delta_{\Gamma_2} = 1.6 \text{ K} [^2]$).

Л и т е р а т у р а

- [1] Белов К. П., Кадошцева А. М., Овчинникова Т. Л., Тимофеева В. А., Усков В. В. ФТТ, 1971, т. 13, № 3, с. 631—632.
- [2] Hornreich R. M., Jaeger J. Int. J. Mag., 1973, vol. 4, N 1, p. 71—76.
- [3] Hornreich R. M., Komel J., Nolan R. et al. Phys. Rev., 1975, vol. B 12, N 11, p. 5094—5104.
- [4] Белов К. П., Звездил А. К., Кадошцева А. М., Левитин Р. З. Ориентационные переходы в редкоземельных магнетиках. М.: Наука, 1979. 317 с.

Московский государственный
университет им. М. В. Ломоносова
Москва

Поступило в Редакцию
29 января 1988 г.

УДК 539.4.019.3

Физика твердого тела, том 30, в. 6, 1988
Solid State Physics, vol. 30, № 6, 1988

ВЛИЯНИЕ ГРАНИЦ НАКЛОНА НА ЗАЛЕЧИВАНИЕ ТРЕЩИН В ЦГК

В. М. Финкель, Н. В. Дорохова

Возможность залечивания трещин рассматривается в ряде работ [1, 2]. Имеется, однако, лишь единственная статья [3], посвященная экспериментальному исследованию качества восстановления сплошности кристаллов NaCl в окрестности субграней (СГ) с разворотом до $1'$. Целью настоящей работы явилось более подробное выявление роли межблочных границ в реанимации материала.

Образцы выкалывались по плоскости спайности из блоков монокристаллов LiF и NaCl . Для определения углов разориентировки субграней использовался гониометр ГС-2 и стандартная методика химического травления. Трещина зарождалась лезвием в плоскости (001) и залечивалась посредством одноосных механических усилий или гидростатическим сжатием при давлениях до 1.2 кбар. Угол θ парьировался от секунд до 2.5° .

Возникло предположение, что в плоскости залеченной трещины вдоль границ должна образовываться невязка. Для поиска и визуализации несомкнутых участков применялись различные методы. Наиболее удобным оказалось исследование на просвет кристалла с залеченной трещиной. Вскрытые участки регистрировались по интерференционной картине, а расстояние между берегами оценивалось по порядку интерференционного максимума. Было обнаружено три группы невязок: вдоль суб-