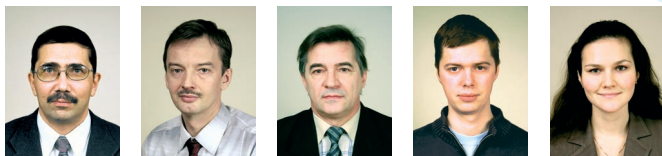


Магнитные фазовые переходы в редкоземельных интерметаллидах со слоистой структурой

Мушников Н.В., Герасимов Е.Г., Гавико В.С., Терентьев П.Б., Шредер Л.А.



Экспериментально установлено, что в интерметаллических соединениях на основе марганца со слоистой структурой можно реализовать разнообразные спонтанные и индуцированные магнитным полем фазовые переходы 1-го рода. Показано, что магнитные фазовые переходы возникают вследствие конкуренции межслойных обменных взаимодействий разного знака, а также вкладов в магнитную анизотропию от различных магнитных подрешеток.

Соединения RMn_2Si_2 и RMn_6Sn_6 (R – редкоземельный элемент) обладают естественной слоистой кристаллической структурой, в которой магнитные атомы каждого сорта образуют отдельные слои, чередующиеся вдоль кристаллографической c -оси (рис. 1). Это позволяет рассматривать их как модельные объекты для исследования физических явлений, наблюдающихся в квазидвумерных магнетиках и многослойных пленочных структурах.

В большинстве случаев атомы марганца в пределах слоя связаны сильным ферромагнитным обменным взаимодействием, обеспечивающим высокие температуры магнитного упорядочения (около 400°C) данных соединений. В то же время, межслойные взаимодействия

оказываются более сложными, что обеспечивает чрезвычайно разнообразие магнитных структур и магнитных фазовых переходов.

Одной из отличительных особенностей магнитных свойств соединений RMn_2Si_2 является изменение знака межслойных Mn – Mn обменных взаимодействий при изменении расстояния между атомами Mn внутри слоя. Нами был получен монокристалл соединения $La_{0.75}Sm_{0.25}Mn_2Si_2$, в котором расстояние Mn – Mn близко к критическому значению 0.287нм, и всесторонне изучены его свойства, в том числе, с приложением внешнего давления [1]. В этом соединении наблюдается спонтанный переход из антиферромагнитной (АФМ) в ферромагнитную (ФМ) фазу при температуре 150 К. В АФМ фазе под действием магнитного поля происходят метамагнитные переходы. Оказалось, что метамагнитные переходы происходят при приложении поля как вдоль, так и перпендикулярно оси антиферромагнетизма, что свидетельствует о зонном характере переходов. Критические поля переходов сильно зависят от внешнего давления (рис. 2). Давление стабилизирует АФМ взаимодействия, увеличивая значения критических полей. Аналогичный эффект наблюдается в системе $La_{1-x}Sm_xMn_2Si_2$ [2], в которой с ростом концентрации Sm межатомные расстояния уменьшаются.

Метамагнитные переходы в данных соединениях сопровождаются большой объемной магнитострикцией ($\Delta V/V = 2.3 \times 10^{-3}$), что также

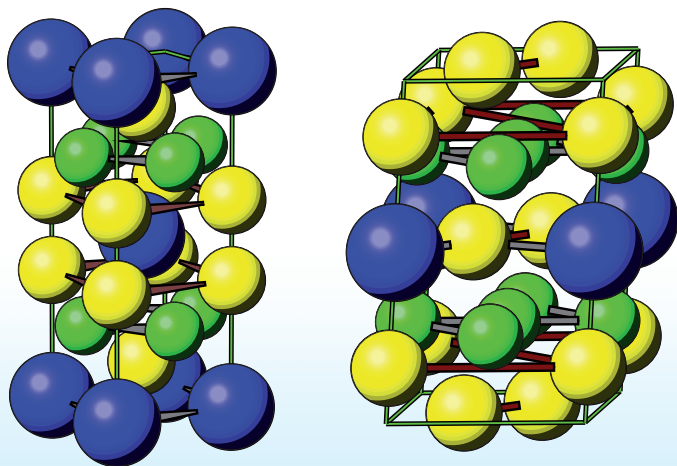


Рис. 1

Кристаллические структуры соединений RMn_2Si_2 (слева) и RMn_6Sn_6 (справа). Синие шары – атомы R , зеленые – Mn, желтые – Si или Sn.

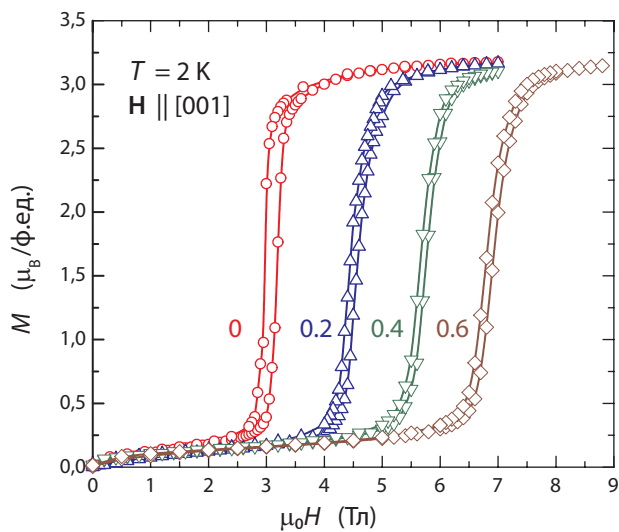


Рис. 2

Кривые намагничивания монокристалла $La_{0.75}Sm_{0.25}Mn_2Si_2$ вдоль оси [001] при различных значениях внешнего гидростатического давления.

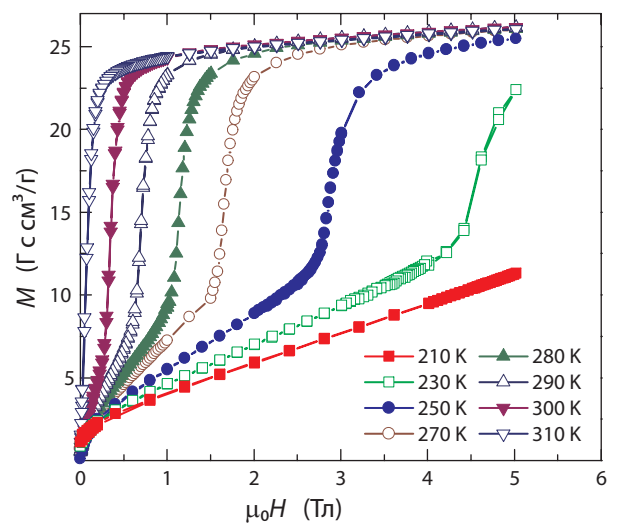


Рис. 3

Кривые намагничивания текстурированного поликристаллического образца $TbMn_6Sn_6$ перпендикулярно оси текстуры при различных температурах.

является типичным для переходов зонной природы. Изменение электросопротивления при АФМ - ФМ переходе превышает 20%. При этом наблюдается положительное магнитосопротивление [2], в отличие от известных объектов с гигантским и колоссальным магнитосопротивлением, где сопротивление образца в антиферромагнитной фазе, как правило, выше, чем в ферромагнитной. Вероятно, механизм магнитосопротивления не связан со спин-зависимым рассеянием электронов.

В соединениях RMn_6Sn_6 межслойное взаимодействие зависит от типа редкоземельного иона. Для немагнитного $R = Y$ реализуется сложная геликоидальная антиферромагнитная структура. Если ион R обладает магнитным моментом, то подрешетка марганца упорядочивается ферромагнитно вследствие положительного непрямого Mn-R-Mn обменного взаимодействия. В системе $Y_{1-x}Tb_xMn_6Sn_6$ происходит концентрационный фазовый переход из АФМ

в ФМ фазу при $x = 0.2$ [3]. Вблизи критической концентрации наблюдаются индуцированные полем фазовые переходы типа метамагнитных. Критическое поле под давлением ведет себя аномально: уменьшается с ростом давления. Это находится в согласии с обнаруженной нами отрицательной спонтанной объемной магнито-стрикцией [4].

В ферримагнетике $TbMn_6Sn_6$ на текстурированных образцах при приложении магнитного поля перпендикулярно оси текстуры обнаружены ярко выраженные процессы намагничивания 1-го рода (рис.3). Их отличительной особенностью является то, что они наблюдаются вблизи комнатной температуры и поэтому могут представлять практический интерес. Исследование системы $Gd_{1-x}Tb_xMn_6Sn_6$ позволило установить, что наличие скачкообразного намагничивания обусловлено особенностями анизотропии подрешетки Tb и ее конкуренцией с анизотропией Mn подсистемы [5].

¹ Gerasimov E.G., Mushnikov N.V., and Goto T. Phys. Rev. B 72 (2005) 064446

² Gerasimov E.G. Gaviko V.S., Neverov V.N., and Korolyov A.V. J. Alloys Compounds 343 (2002) 14

³ Zajkov N.K., Mushnikov N.V., Gerasimov E.G., Gaviko V.S., Bartashevich M.I., Goto T., and Khrabrov V.I. J. Alloys Compounds 363 (2004) 40

⁴ Гавико В.С., Шредер Л.А., Мушников Н.В., Терентьев П.Б. Сб. трудов XX международной школы-семинара НМММ, Москва, 2006, с. 960.

⁵ Терентьев П.Б. Мушников Н.В. Физика металлов и металловедение 100 (6) (2005) 50