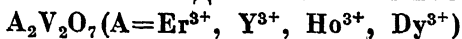


## МАГНИТНОЕ УПОРЯДОЧЕНИЕ В ПИРОХЛОРАХ



И. О. Троянчук, В. Н. Деркаченко

В работах [1, 2] сообщалось о синтезе и свойствах пирохлоров  $A_2V_2O_7$  ( $A=Lu^{3+}, Yb^{3+}, Tm^{3+}$ ). Эти соединения были получены в вакууме при  $T \approx 1200^\circ C$ . Соединений с радиусом редкоземельного иона, большим, чем у  $Tm^{3+}$ , по этой методике получить не удалось [3]. В настоящей работе сообщаются результаты исследования магнитных свойств новых пирохлоров  $A_2V_2O_7$  ( $A=Er, Y, Ho, Dy$ ), полученных при высоком давлении  $P=5$  ГПа и  $T=1300-1400^\circ C$ . Рентгенографические исследования, выполненные в  $Fe K_\alpha$  излучении, показали, что эти соединения обладают структурой кубического пирохлора (пространственная группа  $Fd\bar{3}m$ ). Параметры элементарных ячеек составляют  $a=9.984, 10.006, 10.005$  и

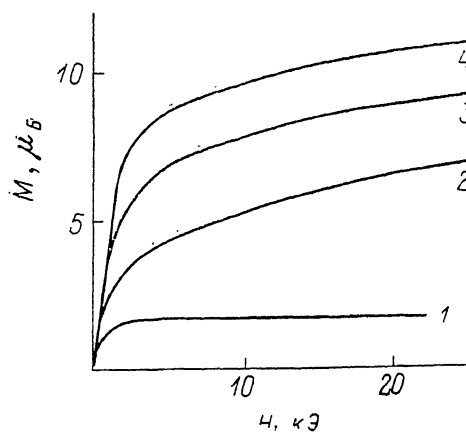


Рис. 1. Зависимости  $M(H)$  при 4.2 К пирохлоров  $Y_2V_2O_7$  (1),  $Er_2V_2O_7$  (2),  $Dy_2V_2O_7$  (3) и  $Ho_2V_2O_7$  (4).

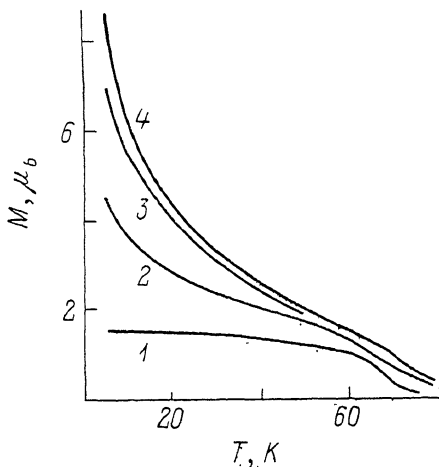


Рис. 2. Зависимости  $M(T)$  в поле 5 кЭ пирохлоров  $A_2V_2O_7$ .

Обозначения те же, что и на рис. 1.

$10.039 \text{ \AA}$  для соединения с  $A=Er^{3+}, Y^{3+}, Ho^{3+}, Dy^{3+}$  соответственно. В случае  $A=Dy$ , несмотря на широкое варьирование температуры, полностью однофазный образец получить не удалось. Образец, использованный для магнитных измерений, содержал около 15 % посторонних фаз.

Намагниченность измерялась на вибрационном магнитометре. На рис. 1 представлены зависимости  $M(H)$  при 4.2 К. Магнитный момент  $Y_2V_2O_7$  равен  $1.6 \mu_B$  на формульную единицу. Это значение несколько меньше  $2 \mu_B$ , которое следует ожидать в случае ферромагнитного упорядочения магнитных моментов  $V^{4+}$ . Соединения с  $A=Er^{3+}, Ho^{3+}, Dy^{3+}$  характеризуются значительно большей удельной намагниченностью и отсутствием насыщения намагниченности в полях, меньших 27 кЭ. Это может быть в случае слабой положительной обменной связи  $f$ - и  $d$ -ионов или большой величины магнитной анизотропии. Намагниченность соединений с редкоземельными ионами резко уменьшается с увеличением температуры (рис. 2), что характерно для соединений, содержащих парамагнитные редкоземельные ионы, магнитные моменты которых поляризованы обменным полем. Температура Кюри  $Y_2V_2O_7$  приблизительно равна 68 К. Температуры Кюри соединений с редкоземельными ионами очень близки и находятся в интервале 66—70 К.

Кроме пироксидов  $A_2V_2O_7$ , ферромагнетизм обнаружен в  $A_2Mo_2O_7$  [4],  $A_2Mn_2O_7$  [5] и  $A_2CrSbO_7$  [6]. В твердых растворах  $(La_{1-x}Y_x)_2Mo_2O_7$  по мере возрастания  $x$  наблюдался переход от ферромагнетизма к спиновому стеклу [7]. Сведений об антиферромагнитном упорядочении в пироксиде в литературе не имеется. Все пироксиды с тяжелыми редкоземельными ионами характеризуются положительной поляризацией или параллельным упорядочением магнитных моментов  $f$ - и  $d$ -ионов при переходе в магнитоупорядоченное состояние [3-7]. В парамагнитной области связь между  $f$ - и  $d$ -подсистемами может быть антиферромагнитной [4]. В молибдатах и манганатах обнаружена сильная зависимость магнитных свойств от природы А-катиона. Например, температура Кюри  $A_2Mn_2O_7$  ( $A = Se, Lu$ ) — 10 К, а  $In_2Mn_2O_7$  — 132 К [7].  $Gd_2Mo_2O_7$  — ферромагнетик с  $T_c = 85$  К, а  $Y_2Mo_2O_7$  — спиновое стекло с  $T_f = 30$  К [4]. В противоположность этим сериям в ванадатах  $T_c$  почти не зависит от состава. Температуры Кюри  $Lu_2V_2O_7$  и  $Yb_2V_2O_7$  равны 72.5 и 71 К соответственно [8].

Специфика магнитных свойств может быть обусловлена топологическими фрустрациями антиферромагнитных взаимодействий в структуре пироксида. Обмен между В-катионами в  $A_2B_2O_7$  осуществляется по цепочке В—О—В [8]. Каждый В-катион находится в кислородном октаэдре. Октаэдры соединяются вершинами, образуя трехмерный каркас. Однако в отличие от структуры перовскита ближайшие В-соседи любого В-катиона могут попарно взаимодействовать между собой через общий анион [8]. В этих условиях незначительный дополнительный обмен по цепочке В—О—А—О—В в манганатах или через носители тока в молибдатах может привести к резкому изменению свойств. По-видимому, в  $A_2V_2O_7$  существенны только обменные взаимодействия  $V^{4+}-O-V^{4+}$ , так как наблюдается очень слабая зависимость  $T_c$  от состава.

#### Список литературы

- [1] Базуев Г. В., Самохвалов А. А., Морозов Ю. Н. и др. // ФТТ. 1977. Т. 19. № 11. С. 3274—3278.
- [2] Souderholm L., Greedan J. E., Collins M. F. // J. Sol. St. Chem. 1980. V. 35. N 3. P. 385—390.
- [3] Базуев Г. В., Швейкин Г. П. Сложные оксиды элементов с дотраивающимися  $d$ - и  $f$ -оболочками. М.: Наука, 1985. С. 86.
- [4] Sato M., Xu Yan., Greedan J. E. // Z. Anorg. Chem. 1986. V. 540/541. P. 177—190.
- [5] Троянчук И. О., Деркаченко В. Н. // ФТТ. 1988. Т. 30. № 11. С. 3487—3488.
- [6] Bongers P. F., von Meurs E. R. // J. Appl. Phys. 1967. V. 38. N 3. P. 944—945.
- [7] Sato M., Greedan J. E. // J. Sol. St. Chem. 1987. V. 67. N 2. P. 248—253.
- [8] Jona F., Shirane G., Pepinsky R. // Phys. Rev. 1955. V. 98. N 4. P. 903—909.

Институт физики твердого тела  
и полупроводников АН БССР  
Минск

Поступило в Редакцию  
5 января 1989 г.

## УЕДИНЕННЫЕ ВОЛНЫ В ОБЛАСТИ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ВТОРОГО РОДА ДЛЯ КВАДРАТИЧНОЙ СВЯЗИ ПАРАМЕТРА ПОРЯДКА С НАПРЯЖЕНИЯМИ

В. И. Сериков, Т. А. Герасименко

Наличие автомодельных решений [1] в виде уединенных волн кинетического уравнения  $\dot{\eta} = L \delta \Phi / \delta \eta$  с потенциалом  $\Phi$  Ландау—Гинзбурга [2] при учете связи параметра порядка с напряжениями «индуцирует» уеди-