

# ПАРАМЕТРЫ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ И МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Cd_xO_{19}$ СО СТРУКТУРОЙ МАГНЕТОПЛОМБИТА

С.В. Смоленчук, Л.А. Башкиров, К.И. Янушкевич\*  
БГТУ, 220005, г. Минск, ул. Свердлова, 13<sup>а</sup>

\*ИФТТП НАН Беларуси, 220072, г. Минск, ул. П.Бровки, 17

Вещества, обладающие большой величиной константы магнитной анизотропии, имеют высокие значения коэрцитивной силы и из них изготавливаются постоянные магниты, которые широко используются в различных отраслях науки и техники [1]. К ним относятся ферриты бария и стронция со структурой магнетопломбита. Недавно появилось сообщение [2], что частичное замещение стронция на лантан и эквивалентное замещение железа на цинк и другие ионы в феррите стронция позволяет влиять на магнитные характеристики феррита стронция.

Таким образом, в настоящей работе впервые синтезированы твердые растворы на основе феррита стронция, в котором проведено частичное замещение ионов стронция ионами лантана, а эквивалентное количество ионов железа ионами кадмия. При таком гетеровалентном замещении ионов стронция и железа ионами лантана и кадмия состав феррита стронция выражается формулой  $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Cd_xO_{19}$ , где  $x=0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ . Синтез образцов твердых растворов на основе феррита стронция проводили по керамической технологии из оксидов  $Fe_2O_3$ ,  $CdO$  (марки ч.д.а.) и карбоната стронция  $SrCO_3$  (марки ч.д.а.). Перемешивание и помол смесей порошков исходных веществ, взятых в необходимом соотношении, проводили в планетарной монмельнице с шарами из диоксида циркония в среде этилового спирта в течение 1–2 ч. Готовые порошки прессовали в таблетки диаметром 2,1 см и высотой 0,7–1,1 см. Первый обжиг таблеток исследованных смесей проводили на воздухе при 1473 К в течение 4 ч. Обожженные таблетки дробили в стальной ступке и мололи в планетарной монмельнице в среде этилового спирта в течение 2 ч. Окончательно образцы обжигали на воздухе при температуре 1453 К в течение 2 ч. Рентгеновские дифрактограммы получены на аппарате ДРОН-2 в излучении  $CuK_{\alpha}$ . Как показал рентгенофазовый анализ, при обжиге смесей порошков соответствующих оксидов и карбонатов металлов все полученные образцы гексаферритов были однофазными.

Полученные рентгенограммы позволили рассчитать основные параметры элементарной ячейки  $a$  и  $c$  для образцов каждого состава (табл. 1).

Таблица 1

Параметры элементарной ячейки

Состав	$a, \text{Å}$	$c, \text{Å}$	$c/a$
$SrFe_{12}O_{19}$	5,8598	22,9595	3,9181
$Sr_{0,9}La_{0,1}Fe_{11,9}Cd_{0,1}O_{19}$	5,8682	23,0241	3,9235
$Sr_{0,8}La_{0,2}Fe_{11,8}Cd_{0,2}O_{19}$	5,8765	22,9029	3,8974
$Sr_{0,7}La_{0,3}Fe_{11,7}Cd_{0,3}O_{19}$	5,8599	22,5573	3,8494
$Sr_{0,6}La_{0,4}Fe_{11,6}Cd_{0,4}O_{19}$	5,8848	23,1535	3,9345
$Sr_{0,5}La_{0,5}Fe_{11,5}Cd_{0,5}O_{19}$	5,8932	23,0458	3,9106

Удельная намагниченность насыщения  $\sigma$  в магнитном поле 8,6 кЭ измерялась методом Фарадея в интервале температур 77–1100 К. Результаты изучения температурных зависимостей удельной намагниченности представлены на рис. 1. Используя эти зависимости  $\sigma=f(T)$ , для каждого состава установлена температура Кюри  $T_C$ , которая определялась экстраполяцией на ось температур кривой температурной зависимости

удельной намагниченности насыщения до нулевой величины, и значение удельной намагниченности  $\sigma$  при температуре  $T=77$  К (табл. 2).

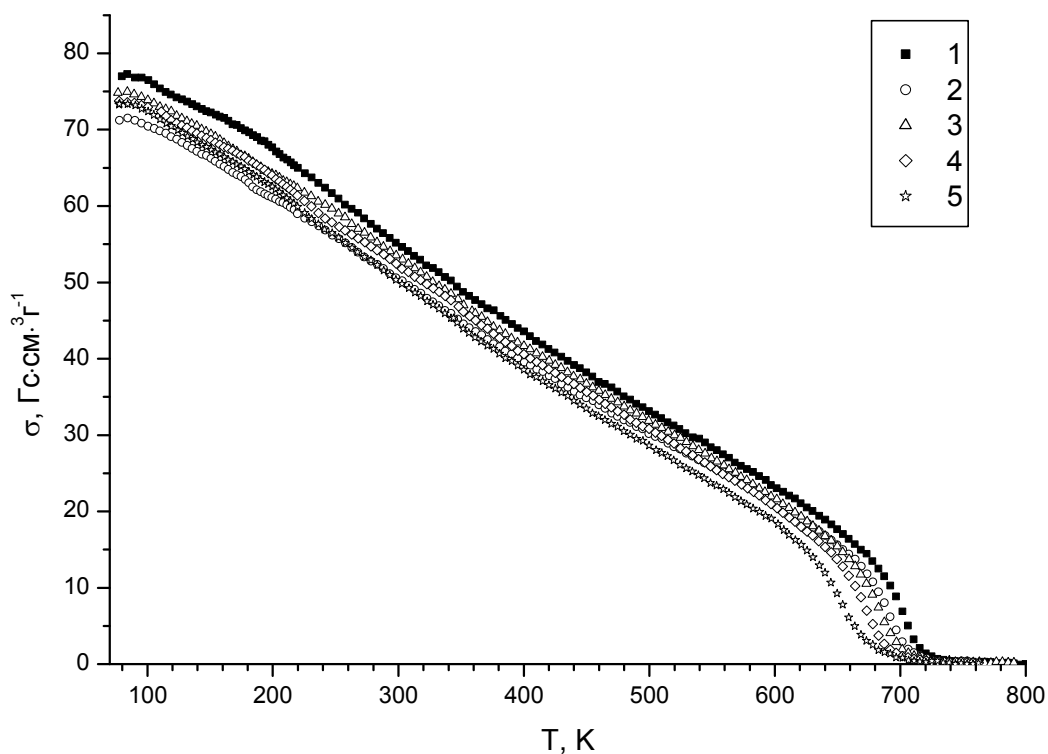


Рис. 1. Температурные зависимости удельной намагниченности образцов состава  $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Cd_xO_{19}$ , где  $x=0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$

Таблица 2

Значения температуры Кюри, удельной намагниченности насыщения  $\sigma$  и магнитного момента  $n_B$  в магнетонах Бора одной формульной единицы твердого раствора  $Sr_{1-x}La_xFe_{12-x}Cd_xO_{19}$

Состав	$T_C$ , К	$\sigma$ при $T=77$ К, $G\cdot cm^3/g$	$n_B$
$SrFe_{12}O_{19}$	725	79,6	15,16
$Sr_{0,9}La_{0,1}Fe_{11,9}Cd_{0,1}O_{19}$	718	77,01	14,82
$Sr_{0,8}La_{0,2}Fe_{11,8}Cd_{0,2}O_{19}$	705	71,23	13,84
$Sr_{0,7}La_{0,3}Fe_{11,7}Cd_{0,3}O_{19}$	700	74,84	14,69
$Sr_{0,6}La_{0,4}Fe_{11,6}Cd_{0,4}O_{19}$	690	73,76	14,62
$Sr_{0,5}La_{0,5}Fe_{11,5}Cd_{0,5}O_{19}$	675	73,46	14,70

Температура Кюри  $T_C$  гексаферрита стронция  $SrFe_{12}O_{19}$  составляет 725 К. Это практически соответствует значению  $T_C=723$  К, приведенному в литературе [3]. Совместное замещение ионов стронция ионами лантана и ионов железа ионами кадмия до значения  $x=0,3$  снижает температуру Кюри на 25 К. Дальнейшее увеличение степени замещения до  $x=0,5$  приводит к последующему уменьшению температуры Кюри еще на 25 К, до  $T_C=675$  К для феррита состава  $Sr_{0,5}La_{0,5}Fe_{11,5}Cd_{0,5}O_{19}$  (Рис. 2). При этом удельная намагниченность падает от  $\sigma=79,6$   $G\cdot cm^3/g$  для  $SrFe_{12}O_{19}$  до  $\sigma=71,23$   $G\cdot cm^3/g$  для твердого раствора

$\text{Sr}_{0,8}\text{La}_{0,2}\text{Fe}_{11,8}\text{Cd}_{0,2}\text{O}_{19}$ , затем немного увеличивается до  $\sigma=74,84 \text{ Гс}\cdot\text{см}^3/\text{Г}$  для  $\text{Sr}_{0,7}\text{La}_{0,3}\text{Fe}_{11,7}\text{Cd}_{0,3}\text{O}_{19}$  и снова падает до  $\sigma=73,46 \text{ Гс}\cdot\text{см}^3/\text{Г}$  для состава  $\text{Sr}_{0,5}\text{La}_{0,5}\text{Fe}_{11,5}\text{Cd}_{0,5}\text{O}_{19}$ .

Анализ хода кривой такой концентрационной зависимости удельной намагниченности от содержания ионов кадмия в твердых растворах  $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_{12-x}\text{Cd}_x\text{O}_{19}$  показывает, что при замещении ионов железа  $\text{Fe}^{3+}$  ионами кадмия  $\text{Cd}^{2+}$  до значения  $x=0,2$  диамагнитные ионы кадмия располагаются в октаэдрических позициях (удельная намагниченность уменьшается значительно). Дальнейшее увеличение степени замещения ионов железа ионами кадмия приводит к некоторому возрастанию удельной намагниченности, это указывает на расположение ионов кадмия в окта и тетраэдрических позициях, в результате чего удельная намагниченность изменяется незначительно. Однако температура Кюри при этом уменьшается монотонно (Рис. 2).

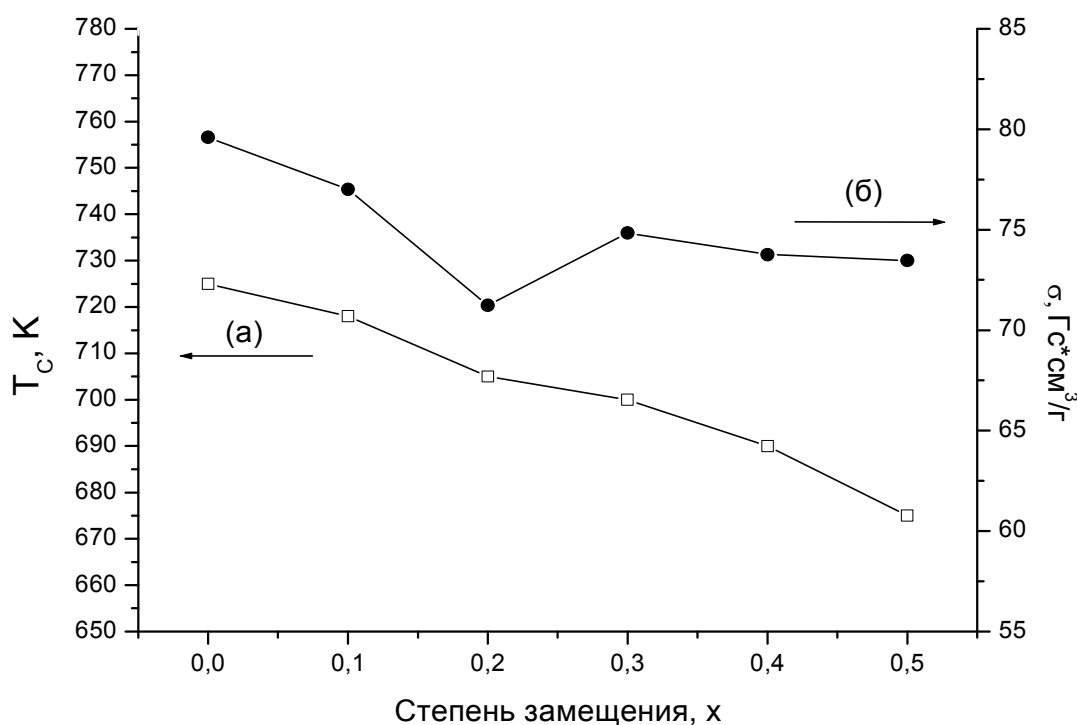


Рис. 2. Зависимость температуры Кюри  $T_C$  (а) и удельной намагниченности (б) твердых растворов  $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{Fe}_{12-x}\text{Cd}_x\text{O}_{19}$  от степени замещения x

Таким образом, введение немагнитных ионов  $\text{Cd}^{2+}$  в различные позиции кристалла приводит к изменению того или иного обменного взаимодействия, это и приводит к уменьшению удельной намагниченности.

#### Литература

1. Крупичка С. Физика ферритов и родственных им магнитных окислов. Мир, М. (1976), Т. 2, 504 с.
2. Taguchi, T. Takeishi, K. Suwa, K. Masuzawa and Y. Minach. High Energy Ferrite Magnets. Supplement au Journal de Physique III de mars (1997)
3. Смит Я., Вейн Х. Ферриты. Физические свойства и практическое применение. Иностр. лит., М. (1962), 504 с.