

УДК 539.26

СТРУКТУРНЫЕ И МАГНИТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ  
МОДЕЛЬНЫХ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ  $[Gd_1(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}]Cu_5$ В. Е. АДАМЯН, А. А. АРЦРУНИ, Э. С. АБОВЯН, М. А. МЕЛИКЯН,  
Ф. С. КАРАПЕТЯН, М. К. АВЕТЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 6 сентября 1995 г.)

Рассчитаны составы и синтезированы пять образцов системы  $A \equiv Gd_1(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}Cu_5$ , в которых постоянные решетки  $a_0$  и  $c_0$ , а также концентрация электронов проводимости  $z_0$ , не меняются с изменением концентрации магнитоактивных ионов  $t$ . Рентгенофазовый анализ изготовленных образцов показал, что структурные характеристики практически совпали с расчетными данными. По изменениям температурной зависимости магнитной восприимчивости определены парамагнитные температуры Кюри ( $\theta_p$ ), значения эффективного магнитного момента ( $\mu_{эфф}$ ) для каждого образца.

В [1] приведен метод расчета составов твердых растворов со структурой типа  $CsCl$ , используя который можно в выбранной системе сплавов изменением концентраций компонентов менять только один из параметров, ответственных за магнитные характеристики сплава (концентрация магнитоактивных ионов и электронов проводимости, параметр кристаллической решетки). Это позволило провести серию исследований [2, 3, 4] с целью выяснения влияния каждого из указанных параметров в отдельности на магнитные свойства некоторых сплавов РЗМ и сравнить полученные результаты с предсказаниями теории РККИ.

В настоящей работе рассчитаны, синтезированы и исследованы образцы системы твердых растворов  $A \equiv [Gd_1(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}]Cu_5$  ( $0 \leq t \leq 1$ ), имеющих гексагональную структуру, в которых параметры решетки  $a_0$  и  $c_0$ , а также концентрация электронов проводимости  $z_0$  неизменны, а с изменением  $t$  меняется только концентрация магнитоактивных ионов гадолиния.

Для синтеза образцов вышеуказанной системы твердых растворов в качестве исходных компонентов взяты бинарные сплавы  $GdCu_5$ ,  $LaCu_5$  и  $YCu_5$ . Так как в этих сплавах  $Gd$ ,  $La$ ,  $Y$  имеют одинаковую валентность  $+3$ , то любая их комбинация не приведет к изменению  $z$ . Значения постоянных решетки бинарных сплавов приведены в таблице 1 [5]

Таблица 1

	$a$ (нм)	$c$ (нм)
$LaCu_5$	0,5184	0,4112
$GdCu_5$	0,5018	0,4117
$YCu_5$	0,4984	0,4117

Из таблицы видно, что разница в значениях параметра  $c$  не превышает  $5 \cdot 10^{-4}$  нм, в то же время разброс в значениях параметра  $a$  составляет  $2 \cdot 10^{-2}$  нм. Это обстоятельство позволило воспользоваться тем же методом расчета, который был применен для случая твердых растворов с кубической структурой. Расчетные значения параметров:  $a_0 = 0,5018$  нм,  $c_0 = 0,4117$  нм.

Были синтезированы пять образцов рассчитанной системы с  $t = 0,1; 0,3; 0,5; 0,75$  и  $1,0$ . Плавка проводилась в печи с индукционным нагревом. Навески компонентов помещались в алуновом тигле, который, находясь в графитовой чашке в инертной атмосфере, прогревался индукционными токами до температуры порядка  $1600^\circ\text{C}$ . В жидком состоянии сплав подвергался механической вибрации для обеспечения гомогенности. Плавка повторялась три раза, каждая из которых длилась примерно 30 минут. Для установления структурного типа и измерения параметров элементарной ячейки, а также фазового контроля полученных образцов, было проведено рентгенографическое исследование на дифрактометре ДРОН-2,0.

Параметры  $a$  и  $c$  вычислялись с помощью квадратичной формы для гексагональной решетки [6]:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4\sin^2\theta}{l^2} = \frac{4}{3} \frac{h^2 + hk + k^2}{a^2} + \frac{l^2}{c^2}.$$

Средние значения  $a$  и  $c$  вычислялись по одиночным рефлексам, соответствующим большим углам дифракции. Полученные результаты показали, что значение параметра  $c$  изменяется незначительно с изменением концентрации магнитоактивных ионов  $Gd$ . (Наибольшее отклонение от расчетного значения  $\sim 1,4 \cdot 10^{-3}$  нм). Несколько выше максимальное отклонение у параметра  $a$ :  $\sim 3,1 \cdot 10^{-3}$  нм.

Таким образом, рентгеновский анализ показал, что расчет стехиометрического состава модельных твердых растворов типа  $RM$  по методу, предложенному для кубической структуры типа  $CsCl$  с целью выборочного варьирования любого из параметров, влияющего на магнитные свойства, может быть применен и в случае гексагональной решетки со структурой типа  $CaCu_2$ . Рентгеновский анализ подтвердил также фазовую однородность исследуемых образцов.

Для получения наглядного представления о расположении атомов в элементарной ячейке, наличии контактов и пустот между соседними  $R(La, Cd, Y)$  и  $M(Cu)$  атомами, проведен кристаллохимический анализ структуры исследуемых твердых растворов. Рассмотрены различные сечения элементарной ячейки: перпендикулярные оси  $C$  ( $z=0$  и  $z=\frac{1}{2}$ ) и параллельные оси  $C$  по плоскостям  $(100)$ ,  $(110)$  и  $(010)$ .

Как показал анализ, плотная упаковка имеет место в плоскостях, параллельных направлению  $(001)$ , при этом в слоях с  $z = \frac{1}{2}$  плотная упаковка обусловлена только контактами между атомами меди, а в

слоях с  $z=0$  в контакте с медью находятся  $R$ -элементы. В плоскостях, параллельных оси  $C$ , плотная упаковка осуществляется только контактами между атомами меди. Таким образом, основной каркас структуры твердых растворов в основном поддерживается благодаря контактам, реализуемым между атомами меди.

Статическая магнитная восприимчивость образцов измерялась методом Фарадея на установке с торсионными кварцевыми весами в температурном интервале 77—300 К при пяти фиксированных значениях магнитного поля от 0,06 Тл до 0,4 Тл. Результаты измерений приводятся в таблице 2.

Таблица 2

$t$	0.1	0.3	0.5	0.75	1.0
$\vartheta_p, K$	-6	-1.5	-3	+11	+16
$\mu_{эфф}, \mu_B$	7.0	8.4	8.5	8.1	8.1

Как и следовало ожидать, значения эффективных магнитных моментов для различных образцов данной системы твердых растворов близки к ожидаемому значению эффективного магнитного момента свободного иона гадолиния ( $7,94\mu_B$ ). Исключение составляет образец с  $t=0,1$ , у которого  $\mu_{эфф}=7,0\mu_B$ . В этом образце концентрация гадолиния минимальна, и, возможно, поэтому при синтезе его ионы распределились неравномерно по объему образца. Не исключено также, что из-за анизотропии, характерной для гексагональной структуры, при малых концентрациях магнитоактивных ионов ослабляется обменное взаимодействие [7].

Как видно из таблицы, максимальная температура Кюри  $\vartheta_p$  наблюдается у образца с  $t=1$ . Это значение невелико (16 К) и уменьшается с уменьшением количества единственного магнитоактивного иона  $Gd$ , присутствующего в образцах. Однако  $\vartheta_p=0$  уже при  $t=0,5$ , что не согласуется с ожидаемой зависимостью по теории РККИ ( $\vartheta_p \Rightarrow 0$  при  $t \Rightarrow 0$ ). Это, по-видимому, связано с небольшой исходной величиной концентрации ионов по сравнению с металлическим гадолинием (исследуемая система твердых растворов сильно разбавлена немагнитными ионами меди). Как известно, в области малых концентраций магнитоактивных ионов линейная зависимость  $\vartheta_p(t)$  нарушается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. Е. Адамян. ДАН Арм ССР, LXXXIV, 35 (1987).
2. V. E. Adamian, A. A. Artsruni, A. Benaissa, A. N. Kocharian, A. M. Melikjan and A. G. Tonelian. Phys. Stat. Sol. (b), 156, 633 (1989).
3. В. Е. Адамян, А. А. Арцруни, А. Бенайсса, А. Н. Кочарян, М. А. Меликян. ФММ, № 5, 197 (1990).

4. А. А. Арцруни, Э. С. Абовян, В. Е. Адамян, М. А. Меликян. ФММ, 77, вып. 3, 44 (1994).
5. Физика и химия редкоземельных элементов. Справочник под ред. К. Гшнайнднера и Л. Айринга. Москва, «Металлургия», 1983.
6. А. А. Русаков. Рентгенография металлов. Москва, Атомиздат, 1977.
7. A. Mujeed and R. B. Stinchcombe. J. Phys., C. 15. 3163 (1982).

[ $Gd_t(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}]Cu_5$  ՄՈՂԵԼԱՅԻՆ ՊԻՆԴ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ  
ԿԱՌՈՒՅՉՎԱԾՔԱՅԻՆ ԵՎ ՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԸ

Վ. Ե. ԱՐՄԱՐՅԱՆ, Ա. Ա. ԱՐՄՐՈՒՆԻ, Է. Ս. ԱՐՈՎՅԱՆ, Մ. Ա. ՄԵԼԻԿՅԱՆ,  
Յ. Ս. ԿԱՐԱՊԵՏՅԱՆ, Մ. Կ. ԱՎԵՏՅԱՆ

Հաշվարկված է  $A \equiv [Gd_t(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}]Cu_5$  համակարգի բաղադրությունը և սինթեզված հինգ նմուշ, որոնցում  $t$  մագնիսաակտիվ իոնների խտությունը փոխվելու ղեկարգում  $a$  և  $c$  ցանցի հաստատունները, ինչպես նաև հաղորդականության էլեկտրոնների խտությունը, մնում են անփոփոխ: Ռենտգենափոլային հետազոտությունը ցույց տվեց, որ կառուցվածքային բնութագրերը համընկնում են հաշվարկային տվյալների հետ: Ցուրաբանչուր նմուշի համար մագնիսական ընկալունակության ջերմաստիճանային կախման արդյունքներով որոշված են կյուրիի պարամագնիսական ջերմաստիճանը և էֆեկտիվ մագնիսական մոմենտի արժեքը:

## STRUCTURAL AND MAGNETIC CHARACTERISTICS OF [ $Gd_t(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}]Cu_5$ MODEL SOLID SOLUTIONS SYSTEM

V. E. ADAMIAN, A. A. ARTSRUNI, E. S. ABOVIAN, M. A. MELIKIAN  
F. S. KARAPETIAN, M. K. AVETIAN

The composition of  $[Gd_t(La_{0.17}Y_{0.83})_{1-t}]Cu_5$  systems are calculated and five specimens are synthesized in which the lattice constants  $a$  and  $c$  as well as concentration of conduction electrons  $z$  do not change with variation of concentration  $t$  of magnetic ions. X-ray analysis of prepared specimens revealed the coincidence of structural characteristics with calculated data. By the usage of temperature dependence of magnetic susceptibility data the paramagnetic Curie temperature and the values of effective magnetic moment for each specimen are determined.