

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАВИСИМОСТЬ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ, НАМАГНИЧЕННОСТИ И ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ СИСТЕМЫ $Gd_x Tm_{1-x} Zn$

В. Е. АДАМЯН, В. В. АЛЕКСАНДРЯН, А. А. АРЦРУНИ,
М. А. МЕЛИКЯН, С. О. ОВСЕПЯН

Ереванский государственный университет

(Поступила в редакцию 15 сентября 1989 г.)

Синтезированы поликристаллические сплавы системы твердых растворов $Gd_x Tm_{1-x} Zn$ ($x = 0; 0,1; \dots 1,0$), имеющие структуру типа $CsCl$, измерена температурная зависимость их магнитной восприимчивости, намагниченности и электросопротивления. Показано, что ионы редкоземельных металлов в сплавах этой системы находятся в трехвалентном состоянии. При понижении температуры система проявляет ферромагнитное поведение. В области температур Кюри сплавов наблюдаются резкие изменения температурного коэффициента электросопротивления.

Настоящая работа является продолжением исследований, посвященных изучению характера магнитного упорядочения системы твердых растворов типа $Gd_x R_{1-x} Zn$ [1—3], где R — редкоземельный металл (РЗМ), для случая $R = Tm$. Известно, что РЗМ образуют с цинком равноатомные соединения RZn со структурой типа $CsCl$ [4—9] антиферромагнитные, когда R — легкие РЗМ [4—6] и ферромагнитные, когда R — тяжелые РЗМ [4, 7—9] (как $GdZn$, так и $TmZn$ — ферримангнетики с точками Кюри 268 К [7] и 8,12 К [9] соответственно).

Были приготовлены поликристаллические образцы системы $Gd_x Tm_{1-x} Zn$ с $x = 0; 0,1; \dots 1,0$. Методика изготовления образцов аналогична описанной в работе [3]. Рентгенофазовый анализ показал, что в исследуемых образцах образуется непрерывный ряд твердых растворов со структурой типа $CsCl$. Зависимость параметра решетки (определенной с относительной ошибкой не более 0,2%) от состава приведена на рис. 1. Видно, что при замещении гадолиния тулием, параметр решетки, как и следовало ожидать, уменьшается, так как ионный радиус трехвалентного тулия меньше ионного радиуса трехвалентного гадолиния. Образцы отжигались в атмосфере очищенного гелия при 400°C в течение 40 часов.

Магнитная восприимчивость измерялась методом Фарадея на весах с полуавтоматической компенсацией действующей силы, в полях до 0,5 Т и температурном интервале 77—800 К, с точностью до 1%. Подобная установка описана в работе [10]. Намагниченность измерялась на вибрационном магнитометре, аналогичном описанному в [11], в полях с индукцией 1,5 Т при температурах 77—300 К, с точностью до 3%. Электросопротив-

ление образцов измерялось четырехконтактным потенциометрическим методом на стержнях.

Температурная зависимость обратной магнитной восприимчивости исследованных образцов линейна (для $TmZn$ линейность наблюдается при $T > 400 K$), т. е. в исследованном температурном интервале магнитная восприимчивость подчиняется закону Кюри—Вейсса $\chi = \frac{C}{T - \theta_p}$, где C — постоянная Кюри, θ_p — парамагнитная температура Кюри.

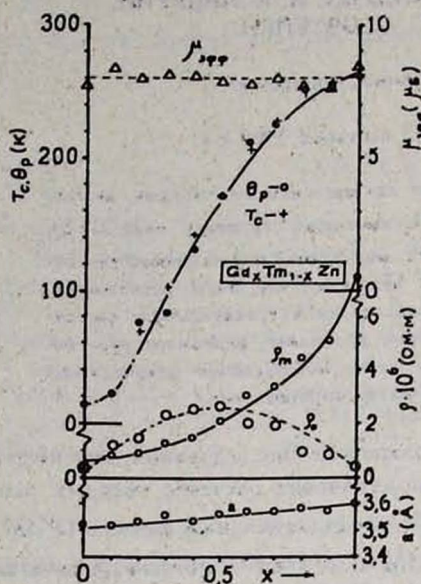


Рис. 1. Зависимость ферромагнитной (T_c) и парамагнитной (θ_p) температур Кюри, постоянной решетки, (ρ_0), сопротивления, обусловленного рассеянием на магнитных моментах (ρ_m) и эффективного магнитного момента $\mu_{\text{эфф}}$ от состава сплава.

Из наклона прямых $\chi^{-1}(T)$ вычислялись средние эффективные магнитные моменты $\mu_{\text{эфф}}$, приходящиеся на один РЗ ион, зависимость величин которых от состава приведена на рис. 1. Там же пунктирной линией приведена аналогичная зависимость ожидаемых значений $\mu_{\text{эфф}}^{\text{ожид}}$, рассчитанных в предположении отсутствия взаимодействия между магнитоактивными ионами.

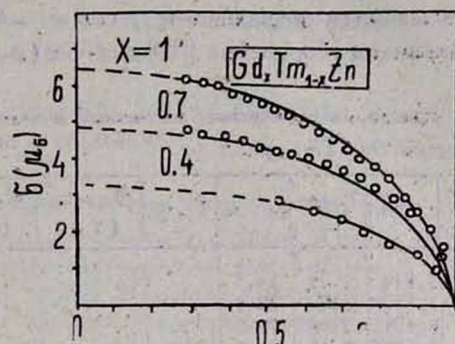
Экстраполяцией $\chi^{-1}(T)$ к ОК определялись парамагнитные температуры Кюри θ_p (см. таблицу и рис. 1).

Были измерены намагниченности в зависимости от внешнего магнитного поля H при различных температурах. Вид кривых характерен для ферромагнетиков. Линейной экстраполяцией изотерм $\sigma(H)$ к нулевому полю были получены значения самопроизвольной намагниченности σ_s в зависимости от приведенной температуры $\tau = T/T_c$. На рис. 2 представлены экспериментально полученные температурные зависимости среднего атомного магнитного момента $\sigma_s(\tau)$ для некоторых образцов этой системы. Температуры Кюри T_c и величины самопроизвольной намагниченности вблизи температур Кюри определялись методом термодинамических коэффициентов [12]. Концентрационная зависимость температур Кюри при-

ведена на рис. 1. Видно, что значения Θ_p и T_c близки и монотонно убывают с уменьшением количества гадолиния в сплаве, что свидетельствует об ослаблении обменного взаимодействия между магнитоактивными ионами.

Анализ данных магнитных измерений, подобный приведенному в работе [2], позволяет предположить, что для системы $Gd_x Tm_{1-x} Zn$ в парамагнитной области проявляются магнитные моменты свободных ионов Gd и Tm , а в упорядоченной фазе предпочтительной оказывается такая

Рис. 2. Зависимость среднего магнитного момента σ_s от приведенной температуры $\tau = \frac{T}{T_c}$,



ситуация, при которой ионы тулия, статистически замещая ионы гадолиния в сплаве, магнитно не упорядочиваются, или их суммарный момент равен нулю. Возможно также подавление магнитного момента иона Tm^{3+} со стороны кристаллического поля.

На рис. 3 представлены температурные зависимости электросопротивления некоторых изучаемых сплавов в области 77—300 К. Вид их характерен для ферромагнитных металлов. В области точек Кюри наблю-

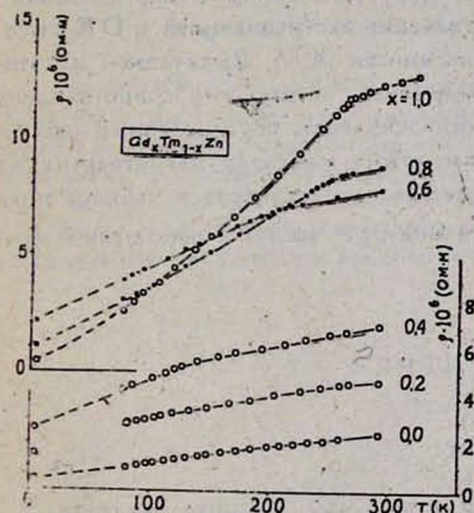


Рис. 3. Температурная зависимость удельного электросопротивления некоторых сплавов системы $Gd_x Tm_{1-x} Zn$.

дается изменение температурного коэффициента сопротивления. Следуя правилу Матиссена удельное сопротивление магнитного сплава $\rho(T)$ при температуре T можно представить в виде $\rho(T) = \rho_0 + \rho_\phi(T) + \rho_m(T)$, где ρ_0 —удельное сопротивление, обусловленное рассеянием электронов

проводимости на дефектах кристаллической решетки и экспериментально определяется путем экстраполяции кривой сопротивления к абсолютному нулю температуры, $\rho_f(T)$ — сопротивление, обусловленное рассеянием электронов проводимости на фононах, $\rho_m(T)$ — сопротивление, обусловленное рассеянием электронов проводимости на магнитных моментах магнитоактивных ионов.

Проведены измерения сопротивления при гелиевой температуре. Значения ρ_0 в зависимости от состава представлены в таблице и на рис. 1 и описываются выражением $\rho(x) = -9,45x^2 + 9,65x + 0,165$ в согласии с правилом Нордгейма [13] ($\rho \sim x(x-1)$).

Кристаллографические, магнитные и электрические параметры твердых растворов системы $Gd_x Tm_{1-x} Zn$.

x	$a, \text{\AA}$	$\mu_{\text{эфф}}, \mu_B$	θ_p, K	T_c, K	M_{Gd}, μ_B (↑↑)	M_{Gd}, μ_B (↑↓)	M_{Gd}, μ_B (↑0)	$\rho_0 \cdot 10^6 (\rho_0 - \rho_m) \cdot 10^6$ Ом. м.	$\rho_m \cdot 10^6$ Ом. м.	
0	3,514	7.74	14,5	—	—	—	—	0,40	0,75	0,35
0,1	3,5226	8,40	22,4	—	—	—	—	1,19	1,95	0,76
0,2	3,5312	7,98	76,2	70	—	—	—	1,50	2,30	0,80
0,3	3,5398	8,16	84,0	104,6	—	—	8,9	2,43	3,60	1,17
0,4	3,5484	8,13	132,7	144,6	-1,9	18,5	8,3	2,62	4,06	1,44
0,5	3,5570	7,89	172,4	172,4	1,5	15,0	8,3	2,62	4,70	2,08
0,6	3,5656	7,85	212,5	207,0	3,0	12,0	7,5	2,11	5,11	3,00
0,7	3,5742	8,02	227,2	225,2	4,1	9,9	7,0	2,00	5,33	3,33
0,8	3,5828	7,79	253,3	249,2	5,4	8,8	7,1	1,06	5,45	4,39
0,9	3,5914	7,57	254,1	255,4	6,0	7,5	6,8	0,94	5,95	5,01
1,0	3,600	8,56	263,0	266,2	6,3	—	—	0,38	7,90	7,52

Сделана попытка разделения вкладов, обусловленных различными механизмами рассеяния [14] в общее сопротивление. Величина фононного вклада вычислась из общего сопротивления экстраполяцией к ОК высокотемпературной части ($T > T_c$) зависимости $\rho(T)$. Вычитанием из этого экстраполированного значения величины остаточного сопротивления определялся максимальный вклад в сопротивление, обусловленный рассеянием электронов проводимости на магнитных моментах магнитоактивных ионов, зависимость которого от состава представлена в таблице и на рис. 1. Как и следовало ожидать величина ρ_m^{max} растет с повышением точки Кюри сплавов [15].

ЛИТЕРАТУРА

1. Адамян В. Е. и др. ФТТ, 20, 578 (1978).
2. Адамян В. Е. и др. ФТТ, 21, 3186 (1979).
3. Адамян В. Е. и др. ФММ, 51, 556 (1981).
4. Kanematsu K., Alfieri G. T., Banks E. J. Phys. Soc., Japan, 26, 244 (1969).
5. Buschow K. H. J., van Laar B., Elemans J. B. A. A. J. Phys., F: Metal Phys., 4, 1517 (1974).
6. Morin P., Pierre J. Phys. Stat. Sol., (a) 30, 549 (1975).
7. Eckrich K. et al. Z. Physik, B23, 157 (1976).
8. Morin P., Waintal A., Lüthi B. Phys. Rev., B14, 2972 (1976).
9. Morin P., Rouchy J., Schmitt D. Phys. Rev., B17, 3684 (1978).
10. Адамян В. Е. и др. ФТТ, 7, 3372 (1965).

11. Foner S. Rev. Sci. Instr., 30, 548 (1959).
12. Белов К. П. Магнитные превращения. ГИФМЛ, М., 1959, 260 с.
13. Займан Дж. Электроны и фононы. ИИЛ, М., 1962, 488 с.
14. Тейлор К., Дарби М. Физика редкоземельных соединений. Изд. Мир, М., 1974, 374 с.
15. Kossia T. Prog. Theor. Phys., 16, 53 (1956).

$Gd_x Tm_{1-x} Zn$ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՊԻՆԴԻ ՆՈՒՄԵՐՆԵՐԻ ՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ
ԸՆԿԱԼՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ, ՄԱԳՆԵՍԱՑՄԱՆ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԴԻՄԱՆԴՐՈՒԹՅԱՆ
ՋԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՑԻՆ ԿԱԽՈՒՄԸ

Վ. Ե. ԱԴԱՄՅԱՆ, Վ. Վ. ԱԼԵՔՍԱՆԴՐՅԱՆ, Ա. Ա. ԱՐՏՐՈՒՆԻ,
Մ. Ա. ՄԵԼԻԿՅԱՆ, Ս. Հ. ՀՈՎՍԵՓՅԱՆ

Սինթեզված է $Gd_x Tm_{1-x} Zn$ պինդ լուծույթների բաղադրությունը համաձուլվածքներ ($x = 0, 0,1 \dots 1,0$), որոնք ունեն $CsCl$ տիպի բյուրեղային կառուցվածք: Չափված է դրանց մագնիսական ընկալունակության, մագնիսացման և էլեկտրադիմագրության ջերմաստիճանային կախվածությունը: Ցույց է տրված, որ հաղվագյուտ հողային մետաղների իոնները այդ համակարգի համաձուլվածքներում գտնվում են եռավալենտ վիճակում: Ցածր ջերմաստիճանային տիրույթում համակարգը դառնում է ֆերրոմագնիսական: Կյուրիի ջերմաստիճանի տիրույթում նկատվում է էլեկտրական դիմադրության ջերմաստիճանային գործակցի խիստ փոփոխություն:

THE TEMPERATURE DEPENDENCE OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY, MAGNETIZATION AND ELECTRICAL RESISTIVITY OF $Gd_x Tm_{1-x} Zn$ SOLID SOLUTIONS

V. E. ADAMYAN, V. V. ALEKSANDRYAN, A. A. ARTSRUNI,
M. A. MELIKYAN, S. H. HOVSEPYAN

The polycrystalline alloys of $Gd_x Tm_{1-x} Zn$ ($x=0; 0.1; \dots 1.0$) solid solutions having $CsCl$ type structure were synthesized. The temperature dependence of their magnetic susceptibility, magnetization and electrical resistivity was measured. It is shown that ions of rare-earth metals in the alloys of this system are in trivalent state. With the decrease in temperature the system exhibits the ferromagnetic behaviour. In the range of Curie temperatures of the alloys sharp changes in the temperature coefficient of resistance are observed.