

МАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ТВЕРДЫХ РАСТВОРОВ $Nd_xY_{1-x}Zn$ В ИНТЕРВАЛЕ ТЕМПЕРАТУР $77 \div 600^\circ K$

В. Е. АДАМЯН, В. В. АЛЕКСАНДРЯН, М. А. МЕЛИКЯН,
Р. И. БАГДАСАРЯН

Синтезирована система $Nd_xY_{1-x}Zn$, проведен рентгенофазовый анализ и измерена температурная зависимость магнитной восприимчивости. Показано, что рассматриваемая система в области температур $77 \div 600^\circ K$ парамагнитна и эффективные магнитные моменты близки к ожидаемым значениям.

В настоящей работе исследуются магнитные свойства интерметаллических твердых растворов системы $NdZn - YZn$. Образцы синтезировались из элементов по методу, описанному ранее в работе [1]. Рентгенофазовый анализ, проведенный методом Дебая—Шеррера, показал, что образцы практически однофазны и имеют кубическую структуру типа $CsCl$. Магнитная восприимчивость измерялась методом Фарадея на весах с полуавтоматической компенсацией действующей силы, со стабилизацией температуры и магнитного поля (с напряженностью $7 \div 13$ кэ) в атмосфере газообразного гелия на образцах с массой $5 \div 10$ мг. Установка калибровалась с помощью соли Мора.

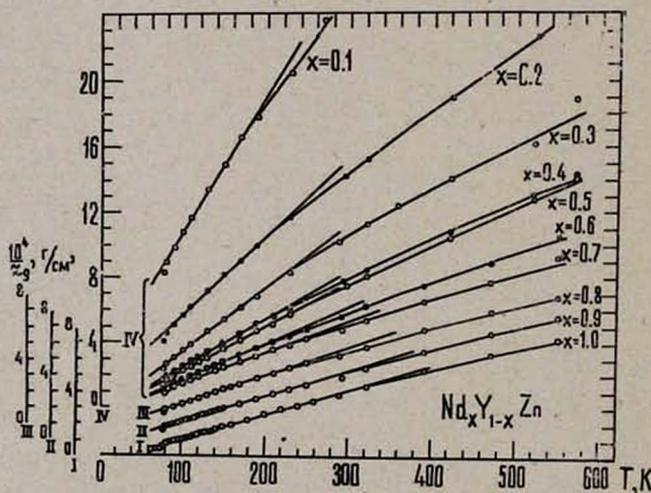


Рис. 1. Температурная зависимость обратной магнитной восприимчивости $Nd_xY_{1-x}Zn$: ось I — для состава $x=1$; II — $x=0,9$; III — $x=0,8$; IV — $x=0,7 \div 0,1$.

Температурные зависимости магнитной восприимчивости для различных образцов приведены на рис. 1. Из рисунка видно, что зависимость обратной восприимчивости от температуры — $\gamma^{-1}(T)$ — линейна в до-

вольно узком интервале в области низких температур, т. е. в этом интервале температур χ подчиняется закону Кюри—Вейсса $\chi = \frac{C}{T - \theta_p}$, где C — постоянная Кюри, а θ_p — парамагнитная температура Кюри. С повышением температуры χ уменьшается медленнее, чем это следует из закона Кюри—Вейсса, в результате чего график отклоняется от первоначально выбранной линейной части в сторону оси температур.

Такое поведение может быть объяснено вкладом, вносимым в магнитную восприимчивость более высокими уровнями мультиплета иона Nd^{3+} . Имеется, однако, и другая причина, приводящая к такому поведению магнитной восприимчивости. Поскольку образцы исследованной системы являются мегаллами, то можно полагать, что электроны проводимости дают вклад χ_0 в магнитную восприимчивость, причем этот вклад, как известно, слабо зависит от температуры. При этом магнитная восприимчивость может быть описана законом $\chi = \frac{C}{T - \theta_p} + \chi_0$. С учетом того, что χ_0 зависит от концентрации электронов проводимости, которая во всей исследованной системе одна и та же, следовало ожидать, что χ_0 для всех образцов этой системы должна иметь величину одного и того же порядка. Действительно, оценка величины χ_0 дала значение $\sim 10^{-6}$ для всех образцов.

В таблице приведены значения эффективных магнитных моментов ($\mu_{эфф}^x$) сплавов состава x , парамагнитных температур Кюри (θ_p), а так-

Таблица
Магнитные и кристаллографические данные системы $Nd_xY_{1-x}Zn$

x	a (Å)	Интервал температур	θ_p (K)	$\mu_{эфф}^x$
0	3,535	—	—	—
0,1	3,601	100—170	—31,2	1,25
0,2	3,576	100—190	—20,01	1,67
0,3	3,610	80—170	10,1	1,88
0,4	3,611	80—170	15,1	2,20
0,5	3,624	80—190	17,8	2,31
0,6	3,629	80—170	27,3	2,58
0,7	3,640	80—170	21,2	2,85
0,8	3,654	80—190	28,5	3,05
0,9	3,581	80—190	27,3	3,23
1,0	3,661	100—200	32,01	3,34

же параметры решеток (a) исследованных образцов. Зависимости перечисленных выше величин, а также эффективного магнитного момента иона Nd^{3+} в сплаве и ожидаемого значения эффективного магнитного момента сплава, рассчитанного в предположении отсутствия взаимодействия между магнитоактивными ионами Nd^{3+} , от состава x приведены на рис. 2.

Ожидаемое значение эффективного магнитного момента рассчитывалось в соответствии с правилом аддитивности Паскаля по формуле

$$\frac{(\mu_{эфф}^{ожид.})^2}{3kT} = \frac{x(\mu_{эфф.}^{Nd^{3+}})^2}{3kT} + \frac{(1-x)(\mu_{эфф.}^{Y^{3+}})^2}{3kT}, \quad (1)$$

где $\mu_{\text{эфф}}^{Nd^{3+}} = g |J(J+1)| \mu_B = 3,52 \mu_B$ — эффективный момент иона Nd^{3+} , g — фактор Ланде, J — квантовое число полного момента, μ_B — магнетон Бора, $J^{3+} = 0$ (так как трехвалентный ион имеет замкнутую электронную оболочку), k — постоянная Больцмана.

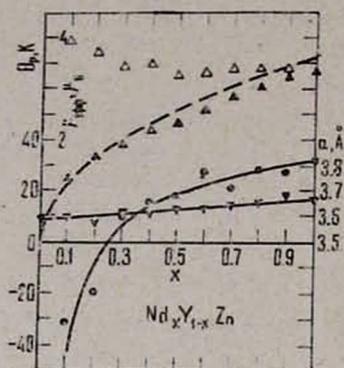


Рис. 2. Зависимости от состава эффективного магнитного момента сплава (\blacktriangle), ожидаемого эффективного момента сплава (пунктирная линия), эффективного магнитного момента Nd^{3+} в сплаве (Δ), парамагнитной температуры Кюри (\odot) и параметра решетки (\blacktriangledown).

Из рис. 2 видно удовлетворительное согласие между экспериментальными значениями и ожидаемыми величинами. Из того же рисунка видно, что парамагнитные температуры Кюри при уменьшении x монотонно падают, что свидетельствует об уменьшении взаимодействий между атомами Nd вследствие их магнитного разбавления.

Укажем на некоторые особенности зависимости $\chi^{-1}(T)$. У образца $NdZn$, как видно из рис. 1, в температурном интервале $130 \div 140^\circ K$ наблюдается незначительное отступление от закона Кюри—Вейсса, отмеченное ранее в работе [2], которое, как показано в [3], ошибочно приписывалось антиферромагнитному упорядочению. Антиферромагнитный порядок действительно наблюдается в $NdZn$ при температурах ниже $70^\circ K$, что подтверждается данными по измерению восприимчивости, намагниченности, теплосемкости и магнитной нейтронографией [3, 4]. В работе [4] измерения восприимчивости проводились в относительно слабых полях и на зависимости $\chi^{-1}(T)$ наблюдался минимум.

В случае наших измерений внешние поля H_0 являются более сильными, и при температурах ниже T_N восприимчивость практически не зависит от температуры. Как известно, в полях, превосходящих некое критическое поле $H_{кр}$, подрешетки антиферромагнетика ориентируются перпендикулярно к внешнему магнитному полю и ниже точки перехода наблюдается χ_{\perp} , которое не зависит от температуры. В этом случае можно рассчитать верхний предел поля анизотропии H_A данного соединения по формуле $H_0 > H_{кр} = \sqrt{2} H_A \overline{H_E}$; здесь H_E — обменное поле, равное σ , где $\lambda = (1/\chi)_{T < T_N}$ — постоянная молекулярного поля, $\sigma_n = g \mu_B N_0 / 2M$ — намагниченность подрешеток, N_0 — число Авогадро, M — молекулярный вес. В нашем случае $\lambda = 5000 \text{ г/см}^3$, $\sigma_n = 42,5 \text{ г/см}^3$, $H_E = \lambda \sigma_n = 212,5 \text{ кэВ}$ и, следовательно, при $H_0 = 7 \text{ кэВ} > H_{кр}$ получаем $H_A < 116 \text{ э}$.

Заметим также, что у всех образцов при температурах ниже $80^\circ K$ наблюдается резкое возрастание магнитной восприимчивости. На первый

взгляд, резкое возрастание восприимчивости можно было бы приписать магнитному упорядочению, но так как оно наблюдается и у составов, богатых Y, то более вероятно, что такое поведение связано с эффектами кристаллического поля. Для выяснения этого вопроса предполагается проведение исследований при более низких температурах.

Ереванский государственный
университет

Послупила 20.II.1979

ЛИТЕРАТУРА

1. В. Е. Адамян и др. ФТТ, 20, 578 (1978).
2. К. Kanematsu, J. T. Aljieri, E. Banks. J. Phys. Soc. Japan, 26, 224 (1969).
3. P. Morin, A. de Cernatien. Solid St. Comm., 17, 975 (1975).
4. P. Morin, J. Pierre. Phys. Stat. Sol., (a) 30, 549 (1975).

$Nd_xY_{1-x}Zn$ ՊԻՆԴ ԼՈՒՄՈՒՅԹՆԵՐԻ ՍԻՍՏԵՄԻ ՄԱԳՆԵՍԱԿԱՆ
ԸՆԿԱԼՈՒՆԱԿՈՒԹՅՈՒՆԸ $77 \div 600^\circ K$ ԶԵՐՄԱՍՏԻՃԱՆԱՅԻՆ
ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Վ. Ե. ԱԴԱՄՅԱՆ, Վ. Վ. ԱԼԵՔՍԱՆԴՐՅԱՆ, Մ. Մ. ՄԵԼԻԿՅԱՆ,
Ր. Ի. ԲԱԳԴԱՍԱՐՅԱՆ

Սինթեզված է $Nd_xY_{1-x}Zn$ սիստեմը, կատարված է ունտգենֆազային անալիզ և չափված է մագնիսական ընկալունակությունը: Ցույց է տրված, որ դիտարկվող համակարգը $77 \div 600^\circ K$ ջերմաստիճանային տիրույթում պարամագնիսական է և էֆեկտիվ մագնիսական մոմենտները մոտիկ են սպասվող արժեքներին:

THE MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF SOLID SOLUTION SYSTEM $Nd_xY_{1-x}Zn$ IN THE ($77 \div 600^\circ K$) RANGE

V. E. ADAMYAN, V. V. ALEXANDRYAN, M. M. MELIKYAN,
R. I. BAGDASARYAN

A $Nd_xY_{1-x}Zn$ system has been prepared. An X-ray analysis of this system has been carried out and the temperature dependence of the magnetic susceptibility has been measured. The measurements indicate, that this system is paramagnetic in the temperature range $77 \div 600^\circ K$. In this range the effective magnetic moments agree with the expected values.