

Магнитные свойства соединений $R_2Sc_3Si_4$ ($R = Gd, Tb, Dy, Ho, Er$)

© С.А. Никитин, А.Е. Богданов, А.В. Морозкин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119899 Москва, Россия

E-mail: bogdanov@afrodita.phys.msu.su

(Поступила в Редакцию 27 января 1999 г.)

Измерена намагниченность соединений $R_2Sc_3Si_4$ в постоянных магнитных полях до 14 кОе в температурном интервале 77–300 К. Установлено, что при этих температурах все соединения данной серии парамагнитны. Определены величины парамагнитных точек Кюри и рассчитаны значения эффективных магнитных моментов. Измерения проводились на поликристаллических образцах.

Недавно методом дуговой плавки и последующего высокотемпературного отжига были синтезированы новые соединения $R_2Sc_3Si_4$ ($R = Gd, Tb, Dy, Ho, Er$) [1]. Рентгеноструктурный анализ этих соединений, выполненный на основе данных, полученных на рентгеновском дифрактометре на поликристаллических образцах при комнатной температуре, показал, что они имеют орторомбическую кристаллическую структуру типа Sm_5Ge_4 (пространственная группа $Pnma$). Параметры кристаллической решетки и объем элементарной ячейки сокращаются при возрастании атомного номера редкоземельного иона (лантаноидное сжатие). Цель настоящего исследования — изучение магнитных свойств данных соединений и определение основных магнитных характеристик. Намагниченность измерялась на магнетометре типа маятника Доменикали в магнитных полях до 14 кОе при температурах, лежащих в интервале 78–300 К. Измерения проводились на поликристаллических образцах. На рис. 1 приведено семейство изотерм намагниченности образца $Cd_2Sc_3Si_4$. Видно, что зависимость намагниченности σ от приложенного магнитного поля в области

температур 78–300 К носит линейный характер. Такой же характер имеют кривые $\sigma(H)$ для соединений с $R = Tb, Dy, Ho, Er$. Температурные зависимости обратной восприимчивости $1/\chi$ для этих составов приведены на рис. 2. Кривые $1/\chi(T)$ являются линейными в зависимости от температуры. Это означает, что магнитная восприимчивость подчиняется закону Кюри-Вейсса. Из полученных результатов можно сделать вывод о наличии парамагнитного состояния исследованных составов в температурном интервале 78–300 К. Полученные данные для $1/\chi$ обрабатывались при помощи метода наименьших квадратов, что позволило определить парамагнитные температуры Кюри θ_p и величины эффективных магнитных моментов μ_{eff} . Результаты представлены в таблице. Экспериментальные значения μ_{eff} близки к теоретическим для трехвалентных ионов редкоземельных элементов, но слегка превышают их для всех составов, кроме состава с Ho. Согласно результатам теории косвенного обмена [2], согласующимся с экспериментальными данными для θ_p редкоземельных металлов, $\theta_p = (2/3)GA_{ex}/k_B$, где A_{ex} — интеграл косвенного

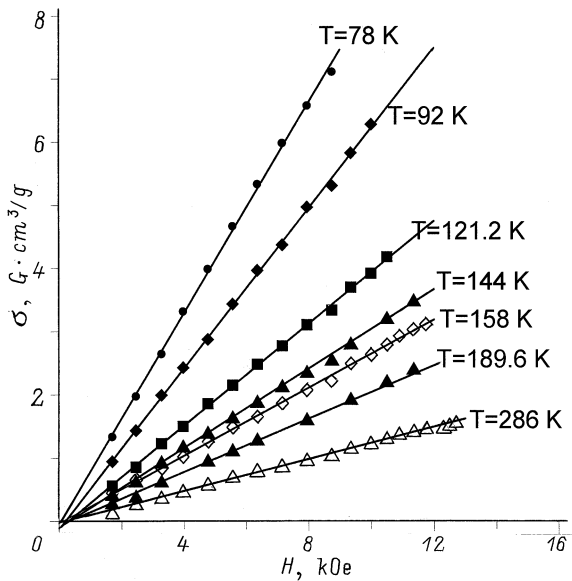


Рис. 1. Изотермы намагниченности соединения $Cd_2Sc_3Si_4$.

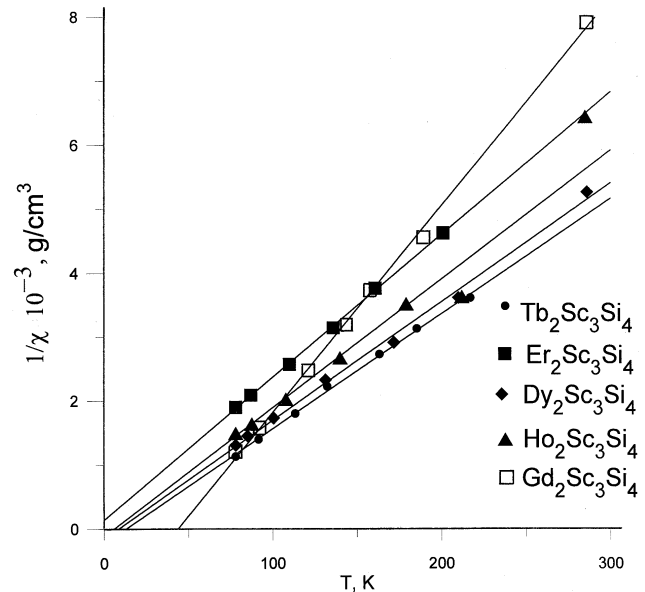


Рис. 2. Температурные зависимости обратной магнитной восприимчивости соединений $R_2Sc_3Si_4$.

Парамагнитные температуры Кюри θ_p , эффективные магнитные моменты μ_{eff} и интегралы обменного взаимодействия A_{ex} для соединений $R_2Sc_3Si_4$

Соединение	θ_p, K	μ_{eff}/μ_B		G	$A_{ex}/k_B, K$
		эксперимент	теория		
$Gd_2Sc_3Si_4$	43.6	8.29	7.98	15.75	4.15
$Tb_2Sc_3Si_4$	12.8	11.15	9.62	10.5	1.83
$Dy_2Sc_3Si_4$	8.4	11.05	10.64	7.08	1.78
$Ho_2Sc_3Si_4$	5.7	10.65	11.2	4.5	1.9
$Er_2Sc_3Si_4$	-6.4	10.16	9.9	2.55	-3.76

обмена. Используя эту формулу, мы вычислили значения интегралов косвенного $s-f$ -обменного взаимодействия A_{ex} . Полученные значения A_{ex} показывают, что парамагнитные температуры Кюри не одинаково пропорциональны фактору де Жена $G = (g_j - 1)^2 J(J + 1)$ для различных образцов. Кроме того, величина θ_p является положительной для $R = Gd, Tb, Dy, Ho$, но отрицательной для $R = Er$. Можно предположить, что в данных соединениях кроме $s-f$ -взаимодействия между редкоземельными ионами играют роль и другие типы косвенного взаимодействия.

Магнитное поведение соединений $R_2Sc_3Si_4$ в исследованном температурном интервале аналогично имеющимся в литературе данным для похожих составов $R_2Nb_3Si_4$ [3] и $R_2Mo_3Si_4$ [4]. Для $Tb_2Nb_3Si_4$ и $Dy_2Nb_3Si_4$ температуры Нееля составили 19 и 5 К соответственно [3]. Полученная в настоящей работе отрицательная величина парамагнитной точки Кюри для соединения $Er_2Sc_3Si_4$ свидетельствует о наличии в нем антиферромагнитного упорядочения при низких температурах. Высокое положительное значение $\theta_p = 43.6$ К для соединения $Gd_2Sc_3Si_4$, по-видимому, свидетельствует о довольно сильном ферромагнитном взаимодействии между ионами Gd , которое может иметь различные вклады: косвенный обмен через электроны проводимости, $3d$ -зонные электроны скандия и атомы кремния.

Работа поддержана Федеральной программой поддержки ведущих научных школ (грант № 96-15-96429).

Список литературы

- [1] A.V. Morozkin, Yu.D. Seropegin, V.K. Portnoy, A.V. Leonov, I.A. Sviridov. *J. Alloys and Compounds* **281**, L1 (1998).
- [2] С.А. Никитин. Магнитные свойства редкоземельных металлов и их сплавов. Изд-во МГУ, М. (1989). 248 с.
- [3] T.Le Bihan, K. Hiebl, P. Rogl. *J. Alloys and Compounds* **235**, 1, 80 (1996).
- [4] О.И. Бодак, Ю.К. Гореленко, В.И. Яровец, Р.В. Сколоздра. *Изв. АН СССР. Неорганические материалы* **20**, 5, 853 (1984).