

где $R = (1 - v^2/c^2)^{-1/2} + (\tau/m_0) (\partial f/\partial V)$ — аналог числа Рейнольдса, V — скорость ДГ. Как известно, с помощью нелинейной замены переменных (2) сводится к линейному уравнению диффузии, и тем самым можно получить общее решение для q

$$q = Vt + \frac{4c^2\tau}{VR} \ln \left\{ \left(\frac{R}{4\pi c^2\tau t} \right)^{1/2} \int_{-\infty}^{\infty} \exp \left[\frac{R}{4c^2\tau} \left(Vq_0(\xi, t=0) - \frac{(x-\xi)^2}{t} \right) \right] d\xi \right\}. \quad (3)$$

Для параболического начального возмущения ДГ

$$q = b [(L/2)^2 - x^2]^{1/2} \text{ при } -L/2 \leq x \leq L/2; \quad 0 \text{ при } x > L/2, x < -L/2$$

интеграл в (1) сводится к интегралу вероятностей. Расчеты времени релаксации велись при следующих значениях параметров ДГ: $m_0 = 5 \cdot 10^{-12}$ г/см², $\mu = 10^4$ см/с·Э, $A_0 = L/5$, $\Delta H_i = 30$ Э, $\Delta H_l = 40$ Э.

На рис. 2 представлены теоретические зависимости β , β' времени релаксации амплитуды нелинейного возмущения от скорости ДГ. При $V_l < V < 5.1$ км/с, $V_l < V < 9.2$ км/с устойчивое решение отсутствует. Полученные теоретические зависимости качественно описывают результаты эксперимента. Максимумы времени релаксации соответствуют максимумам R . Интересен факт отсутствия устойчивых решений при $V > V_l$ и $V > V_l$.

В заключение можно отметить, что наблюдавшиеся явления могут иметь место в реальных приборах функциональной микроэлектроники в процессах движения ДГ при наличии дефектов в образцах или неоднородностей внешнего управляющего магнитного поля.

Л и т е р а т у р а

- [1] Четкин М. В., Гадецкий С. Н., Кузьменко А. П., Филатов В. Н. ПТЭ, 1984, № 3, с. 196—199.
- [2] Четкин М. В., Звездил А. К., Гадецкий С. Н. и др. ЖЭТФ, 1988, т. 94, № 1, с. 269—279.
- [3] Звездил А. К., Попков А. Ф. Письма в ЖЭТФ, 1984, т. 39, № 8, с. 348—351.
- [4] Звездил А. К., Костюченко В. В., Попков А. Ф. ФТТ, 1985, т. 27, № 10, с. 2936—2940.

Московский государственный университет
им. М. В. Ломоносова
Москва

Поступило в Редакцию
7 июля 1988 г.

ВАЛЕНТНОЕ СОСТОЯНИЕ ЦЕРИЯ В ТЕРНАРНЫХ СИЛИЦИДАХ d-МЕТАЛЛОВ

Е. М. Левин, О. И. Бодак, Л. Д. Финкельштейн

В проблеме промежуточной валентности (ПВ) редкоземельных ионов, в частности, церия, входящих в состав сложных интерметаллических соединений, до настоящего времени не выяснена роль различных факторов в формировании параметров этого состояния. Исходя из этого, представляет интерес изучение различных соединений, отличающихся как типом кристаллической структуры, так и качественным и количественным составом.

Особый интерес среди соединений с промежуточной валентностью редкоземельных ионов представляют тернарные соединения $R_xM_yX_z$, где $R =$

=4f-металл, M=d-металл, X=Si, Ge, P, B, Sn. Для силицидов $R_xM_ySi_z$ установлено существование широко представленных изоструктурных рядов: RM_2Si_2 , $RMSi$, $RMSi_2$, $R(M, Si)_2$ и др. [1].

Для зависимости объема элементарной ячейки соединений данных составов от порядкового номера редкоземельного иона при R=Ce наблюдаются отклонения в сторону уменьшения, величина которых зависит от конкретного соединения и обусловлена отклонением валентности ν церия от 3+. Этот вывод согласуется с результатами определения ν церия в соединениях CeM_2Si_2 [2], $CeMSi$, $CeMSi_2$ и $Ce(M, Si)_2$ с M=Fe, Co, Ni, проведенного с помощью рентгеновской L_{III} -абсорбционной спектроскопии.

На рис. 1 приведены L_{III} -спектры в соединениях церия с никелем и кремнием. Результаты расчета ν по данным рентгеновской спектроскопии, ряд структурных характеристик

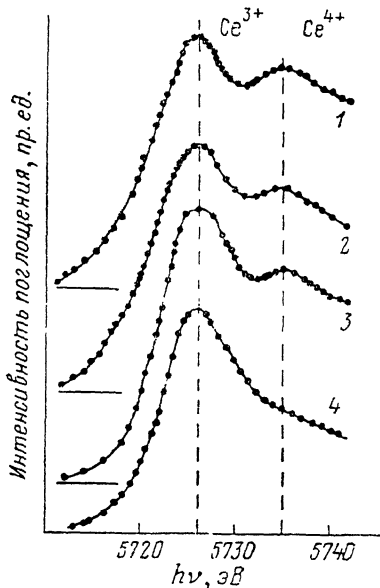


Рис. 1. Рентгеновские L_{III} -абсорбционные спектры церия:

1 — $CeNi_2Si_2$, 2 — $CeNiSi$, 3 — $CeNiSi_2$, 4 — $Ce(Ni, Si)_2$.

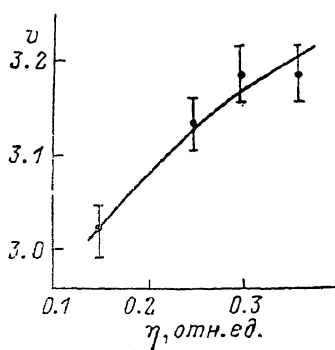


Рис. 2. Зависимость валентности церия в тернарных силицидах системы Ce—Ni—Si от относительного числа η атомов Ni в координационном многограннике Ce.

соединений с никелем, а также с кобальтом и железом, представлены в таблице.

Величина валентности церия в тернарных силицидах изменяется в пределах от 3.02 ± 0.03 до 3.21 ± 0.03 . Это несколько меньше, чем в бинарных соединениях церия с d-металлами; максимальное значение ν в бинарных соединениях достигает 3, 3. . . 3, 4 [3]. Таким образом, присутствие кремния уменьшает валентность церия по сравнению с бинарными соединениями, что уже отмечалось для олова в [4].

Сравнение величин валентности церия с относительным уменьшением объема элементарной ячейки соответствующего соединения по сравнению с ожидаемым для соединения с Ce^{3+} (см. таблицу) показывает достаточно низкую эффективность использования рентгено-структурных методов для определения валентности церия в интерметаллических соединениях.

Для выяснения роли содержания никеля и кремния в формировании величины валентности Ce были проанализированы зависимости ν от содержания атомов Ni и Si, в том числе от относительного числа атомов Ni в координационном многограннике церия η . В последнем случае наблюдается хорошая корреляция: при росте η величина ν также увеличивается (рис. 2). Близость ν в $CeNi_2Si_2$ и $CeNiSi$ при различных значениях может быть связана с изменением межатомных расстояний Ce—Ni. В $CeNi_2Si_2$ ближайшее расстояние Ce—Ni составляет 0.312 нм, в $CeNiSi$ — 0.310 нм.

Сравнение значений валентности церия в изоструктурных силицидах, германидах [5] и станнидах $CeNi_2X_2$ показывает, что рост размеров атома

Структурные характеристики тернарных соединений *d*-металлов
и валентность церия

Соединение	Структурный тип	Число атомов в элементарной ячейке	Относительное уменьшение объема элементарной ячейки на 1 ат. Ce, %	Валентность Ce (± 0.03)	Относительное число атомов <i>d</i> -металла в координационном многограннике Ce (η)
Ce(Fe, Si) ₂	AlB ₂	3	2.9	3.06	0.15
Ce(Co, Si) ₂		3	3.4	3.08	0.15
Ce(Ni, Si) ₂		3	0	3.02	0.15
CeFeSi ₂	CeNiSi ₂	16	—	3.10	0.25
CeCoSi ₂		16	—	3.18	0.25
CeNiSi ₂		16	1	3.13	0.25
CeFeSi	PbFCI	12	1	3.17	0.22
CeCoSi		12	0	3.16	0.22
CeNiSi	α -ThSi ₂	12	—	3.18	0.3
CeFe ₂ Si ₂	CeGa ₂ Al ₂	10	4.3	3.21	0.36
CeCo ₂ Si ₂		10	2.8	3.15	0.36
CeNi ₄ Si ₂		10	3.1	3.18	0.36
				3.20 [6]	—
CeNi ₂ Ge ₂	CaBe ₂ Ge ₂	10	—	3.07 [5]	0.36
CeNi ₂ Sn ₂		10	0.3	3.00 [4]	0.41 [4]

Примечание. Прочерк — не определялось.

металлоида в ряду X=Si → Ge → Sn (что в свою очередь является причиной роста расстояния Ce—Ni) также приводит к падению ν .

Качественно такая же корреляция наблюдается и для тернарных силицидов с M=Fe, Co: при росте η тенденция увеличения ν церия сохраняется. При этом следует отметить, что характер изменения ν церия при фиксированном замещении M=Fe → Co → Ni для всех представленных в таблице изоструктурных соединений не адекватен и, очевидно, зависит от симметрии ближайшего к Ce окружения.

Увеличение ν церия при росте содержания атомов *d*-металла в тернарных силицидах согласуется с моделью [6], согласно которой $\nu \sim \Gamma_f g_M(\epsilon_F) |V_{df}|$, где Γ_f — гибридационная ширина *f*-уровня, $|V_{df}|$ — матричный элемент *d*—*f*-гибридизации, $g_M(\epsilon_F)$ — плотность электронных состояний вблизи уровня Ферми, задаваемая, в основном, атомами *d*-металла.

Таким образом, значение валентности церия в тернарных силицидах, также как и в станнидах, возрастает при увеличении содержания атомов *d*-металла, что можно связывать с ростом плотности электронных состояний металлической матрицы.

Л и т е р а т у р а

- [1] Гладышевский Е. И., Бодак О. И. Кристаллохимия интерметаллических соединений редкоземельных металлов. Львов: Выща школа. 1982. 252 с.
- [2] Левин Е. М., Луцив Р. В., Финкельштейн Л. Д., Самсонова Н. Д., Ясницкий Р. И. ФТТ, 1981, т. 23, № 8, с. 2401—2405.
- [3] Шабуров В. А., Смирнов Ю. П., Совестнов А. Е., Тюнис А. В. Письма в ЖЭТФ, 1985, т. 41, № 5, с. 213—215.
- [4] Самсонова Н. Д., Сколоздра Р. В., Финкельштейн Л. Д., Комаровская Л. ФТТ, 1985, т. 27, № 7, с. 2203—2205.
- [5] Wohleben D., Röhrler J. J. Appl. Phys., 1984, vol. 55, N 6, p. 1904—1909.
- [6] Sales B. S., Viswanathan R. J. Low Temp. Phys., 1976, vol. 23, N 3/4, p. 449—467.

Львовский государственный университет им. И. Франко
Львов

Поступило в Редакцию
7 июля 1988 г.