

ОСОБЕННОСТИ УДАРНОГО СЛАТИЯ ЛАНТАНИДОВ

Л.В.Альтшулер, А.А.Баканова, И.П.Дудолоадов

Как известно, у редкоземельных элементов с увеличением атомного номера происходит последовательная достройка $4f$ -электронной подгруппы.

Поскольку заполнение наружных электронных слоев остается при этом неизменным, физико-химические свойства редких металлов весьма близки друг к другу. В частности, почти все они обладают пространственными решетками, представляющими различные варианты плотнейших упаковок.

Для подобных структур появление при сжатии более плотных фаз или резкое уменьшение сжимаемости свидетельствует об изменении электронных распределений.

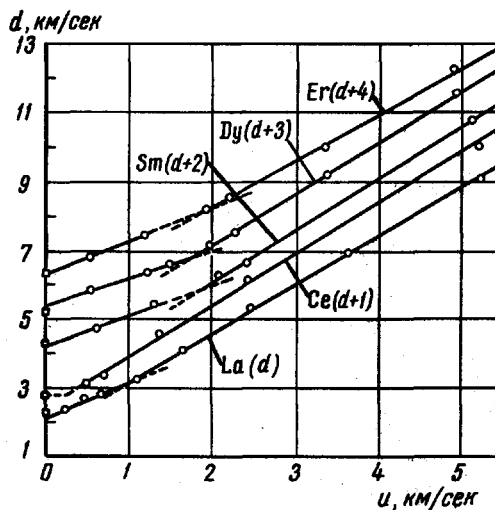


Рис. I. d - u -соотношения для пяти лантанидов. \square - начальная скорость звука c_0 , вычисленная по адиабатическому коэффициенту сжимаемости, взятому из [7]; \circ - экспериментальные точки авторов; ---- экстраполированные участки d - u -соотношений

До настоящего времени перестройка электронной структуры была обнаружена среди лантанидов только у церия [1] при статических давлениях в 12 кбар. По методу Км-Розери и Рейнера [2], в этом случае осуществляется вариант перехода $4f$ - электронов на $5d$ - полосу и, как следствие этого, - возникновение сильной ковалентной связи, повышающей плотность металла.

В настоящем сообщении изложены первые результаты исследования динамической сжимаемости пяти лантанидов: La, Ce, Sm, Dy, Er до давлений в 3,5 Мбар.

Параметры ударного сжатия находились по методу отражения [3,4] на экспериментальных устройствах [5,6], создающих в экранах, прикрывающих образцы, ударные волны фиксированной интенсивности.

Непосредственно измеряемыми величинами являлись скорости d ударных волн в изучаемых металлах.

С помощью законов сохранения и условий на границах экран-образец по ним определялись массовые скорости u , давления ударного сжатия $P = \rho_0 du$ (ρ_0 - исходная плотность образца) и степени сжатия $\sigma = \frac{\rho}{\rho_0} = \frac{d}{d-u}$. $d-u$ -диаграммы элементов, построенные по экспериментальным данным, изображены на рис. 1. Для каждого из лантанидов его $d-u$ - соотношение с большой точностью описывается двумя прямолинейными участками разного наклона.

Параметры уравнений

$$d = c_{01} + \lambda_1 u; \quad d = c_{02} + \lambda_2 u \quad (1)$$

этих участков, также как и координаты точек их пересечения, приведены в таблице.

Параметры $d-u$ - диаграмм лантанидов

Элемент	c_{01} , км/сек	λ_1	c_{02} , км/сек	λ_2
La, $\rho_0 = 6,15$ г/см ³	2,08	1,064	1,66	1,45
Ce, $\rho_0 = 6,63$ г/см ³	-	-	1,38	1,51
Sm, $\rho_0 = 7,50$ г/см ³	2,22	0,870	1,00	1,531
Dy, $\rho_0 = 8,52$ г/см ³	2,36	0,810	1,17	1,497
Er, $\rho_0 = 9,05$ г/см ³	2,31	0,96	1,50	1,368

Линейный характер $d-u$ - зависимостей позволит выразить верхние и нижние ветви адиабат в координатах $P-\sigma$ соотношениями вида:

$$P = \frac{\rho_0 c_0^2 (\sigma - 1) \sigma}{(\lambda - 1)^2 \left[\frac{\lambda}{\lambda - 1} - \sigma \right]^2} \quad (2)$$

Для трех лантанидов (*Sm*, *Dy*, *Er*), у которых излом замечен наиболее отчетливо, построенные по формулам (1), (2) ударные адиабаты до I Мбар, изображены на рис. 2.

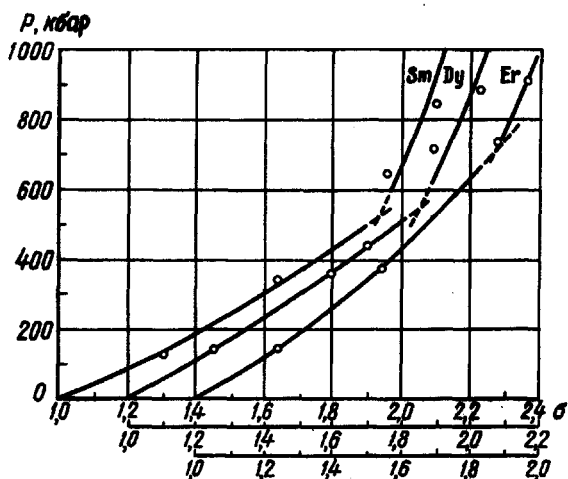


Рис. 2. P - σ - зависимости трех лантанидов, $\sigma = \rho/\rho_0$

У всех ранее исследовавшихся металлов [3,5,8,9] α - u -зависимости описывались либо прямыми линиями (*Ni*, *Mo*), либо слабо изогнутыми кривыми уменьшающегося наклона. Напротив, у лантанидов правые отрезки кривых, идущие почти параллельно друг другу, имеют наклоны, существенно превышающие наклоны их левых участков. У церия, электронный переход которого по [1] происходит при низких давлениях, "правая" ветвь адиабаты охватывает почти весь обследованный диапазон давлений. У лантана излом кривой ударного сжатия обнаруживается при давлениях в 220 кбар, у самария, диспрозия и эрбия - в интервале давлений от 590 до 740 кбар.

Для большинства изучавшихся лантанидов детальное поведение кривых в области критических давлений пока не выявлено. Судя по лантану и диспрозию, здесь при непрерывном изменении объемов имеет место излом кривых сжатия того же типа, что и при фазовых переходах второго рода.

Пологий участок адиабат, вероятно, определяется сжатием наружных, малоплотных $6s$ - оболочек, и одновременно происходящими процессами перераспределения электронов между зонами. В этом случае изломы адиабат объясняются завершением этих процессов и образованием мало-сжимаемых электронных конфигураций. Более полная и однозначная интерпретация полученных экспериментальных данных требует вычисления энергетических спектров сжатых металлов, например по методу Гандельмана [10, 11].

В заключение авторы выражают большую признательность за проявленный интерес и активное содействие исследованию чл.-корр. АН СССР проф. Н.П.Сажину и инженерам Л.А.Доломанову и В.М.Муравьевой.

Поступило в редакцию

25 апреля 1966 г.

Литература

- [1] P.W. Bridgman. Proc. Amer. Acad. Arts. Sci., 76, 55, 1948.
- [2] В.Им-Розери, Г.В.Рейнер. Структура металлов и сплавов, М., Металлургияиздат, 1959.
- [3] Л.В.Альтшулер, К.К.Крупников, Б.Н.Леденев, В.И.Жучихин, М.И.Бражник. ЖЭТФ, 34, 874, 1958.
- [4] Л.В.Альтшулер. Успехи физ. наук, 85, 197, 1965.
- [5] Л.В.Альтшулер, С.Б.Кормер, А.А.Баканова, Р.В.Трунин. ЖЭТФ, 38, 790, 1960.
- [6] Л.В.Альтшулер, М.Н.Павловский, Л.В.Кулешова, Г.В.Симаков. Физ. твердого тела, 5, 279, 1963.
- [7] Справочник по редким металлам. Изд. "Мир", М., 1965.
- [8] Л.В.Альтшулер, А.А.Баканова, Р.Ф.Трунин. ЖЭТФ, 42, 91, 1962.
- [9] К.К.Крупников, А.А.Баканова, М.И.Бражник, Р.Ф.Трунин. Докл. АН СССР, 148, 1302, 1963.
- [10] Г.М.Гандельман. ЖЭТФ, 43, 131, 1962.
- [11] Г.М.Гандельман. ЖЭТФ, 51, вып.7, 1966.