

эффект ПАВ заключается в их влиянии на поверхностные стопоры, препятствующие движению дислокаций. В серии работ О.В.Клявина и Г.И.Швец (см., например, [4]) показано, что процесс деформирования ряда твердых тел в среде гелия или воды сопровождается захватом соответственно гелия или воды внутрь вещества (на глубину 1–10 μm) по движущимся дислокациям. Согласно этому подходу, влияние ПАВ на дислокации заключается в изменении скорости движения перегибов [6], причем движение перегибов может как облегчаться, так и затрудняться. Очевидно, что указанные механизмы не исключают, а дополняют друг друга. При этом на стадии зарождения дислокаций основная роль может принадлежать поверхностным стопорам, а на стадии движения и размножения дислокаций — движению перегибов. Для более детального представления этого процесса необходимы дальнейшие исследования.

Список литературы

- [1] Ребиндер П.А., Шукин Е.Д. УФН **108**, 1, 3 (1972).
- [2] Westwood A.R.C., Goldheim D.L. J. Appl. Phys. **39**, 7, 3401 (1968).
- [3] Новиков Н.Н., Руденко О.В. УФЖ **6**, 886 (1975).
- [4] Клявин О.В., Швец Г.И. **30**, 4, 1034 (1988).
- [5] Westwood A.R.C., Macmillan N.H., Kaluoncu A.S. J. Amer. Ceram. Soc. V. **56**, 5, 258 (1973).
- [6] Владимиров В.И., Клявин О.В., Кусов А.А. ФТТ **27**, 10, 2926 (1985).

УДК 568.67

© Физика твердого тела, том 37, № 4, 1995
Solid State Physics, vol. 37, N 4, 1995

ЭФФЕКТ ПАМЯТИ ФОРМЫ В ГЕКСАГОНАЛЬНЫХ МАНГАНИТАХ RMnO_3 (R—Ho, Y)

Н.В.Каспер, А.И.Акимов, Л.А.Близнюк, И.О.Троянчук

Институт физики твердого тела и полупроводников АН Беларуси, Минск
(Поступило в Редакцию 15 июля 1994 г.
В окончательной редакции 14 октября 1994 г.)

При комнатной температуре соединения HoMnO_3 и YMnO_3 относятся к гексагональной сингонии, пр.гр. $R\bar{6}_3st$ [1]. Методом высокотемпературного рентгеноструктурного анализа в [2] в YMnO_3 были установлены фазовый переход (фп) при 200°C и сегнетоэлектрический фп в пр.гр. $R\bar{6}_3/tct$ при 660°C. Однако в [3] фп при 200°C выявлен не был, а при 732°C структуру не удалось расшифровать в предположении пр.гр. $R\bar{6}_3/tct$. В этой же работе при 1000°C в YMnO_3 был выявлен переход в пр.гр. $R\bar{6}_3/ttc$ с уменьшением ячейки. В HoMnO_3 был найден сегнетоэлектрический переход при 600°C [4]. В более поздних работах [5,6] с помощью высокотемпературного рентгеноструктурного анализа в HoMnO_3 был обнаружен фп $R\bar{6}_3st \Rightarrow R\bar{6}_3/ttc$ при 1037°C. В литературе нет данных о дилатометрических исследованиях фп в этих соединениях. Однако этим методом можно получить ценную информацию о поведении материалов под нагрузкой при фп.

Соединения Y MnO_3 и Ho MnO_3 были получены по обычной керамической технологии из стехиометрической смеси простых оксидов Y_2O_3 , Ho_2O_3 и Mn_2O_3 квалификации ОС4. Температура синтеза составляла 1510°C . Пористость образцов не превышала 10%. Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре ДРОН-3М в $\text{CuK}\alpha$ -излучении. Все образцы были получены в однофазном состоянии, параметры гексагональных ячеек следующие: Y MnO_3 — $a = 6,142 \text{ \AA}$, $c = 11.398 \text{ \AA}$, Ho MnO_3 — $a = 6.145 \text{ \AA}$, $c = 11.414 \text{ \AA}$, что согласуется с литературными данными [1-6]. Дилатометрические исследования проводились на дилатометре DI-24 ADAMEL LHOMARGY на образцах длиной 10–14 мм и диаметром 8.5–9 мм. Скорость изменения температуры — $2-3^\circ\text{C}/\text{min}$, среда — воздух. Преднагрузка на образец (нагрузка при 20°C) во всех случаях составляла 0.2 N. Калибровка дилатометра производилась периодически измерениями коэффициента теплового линейного рас-

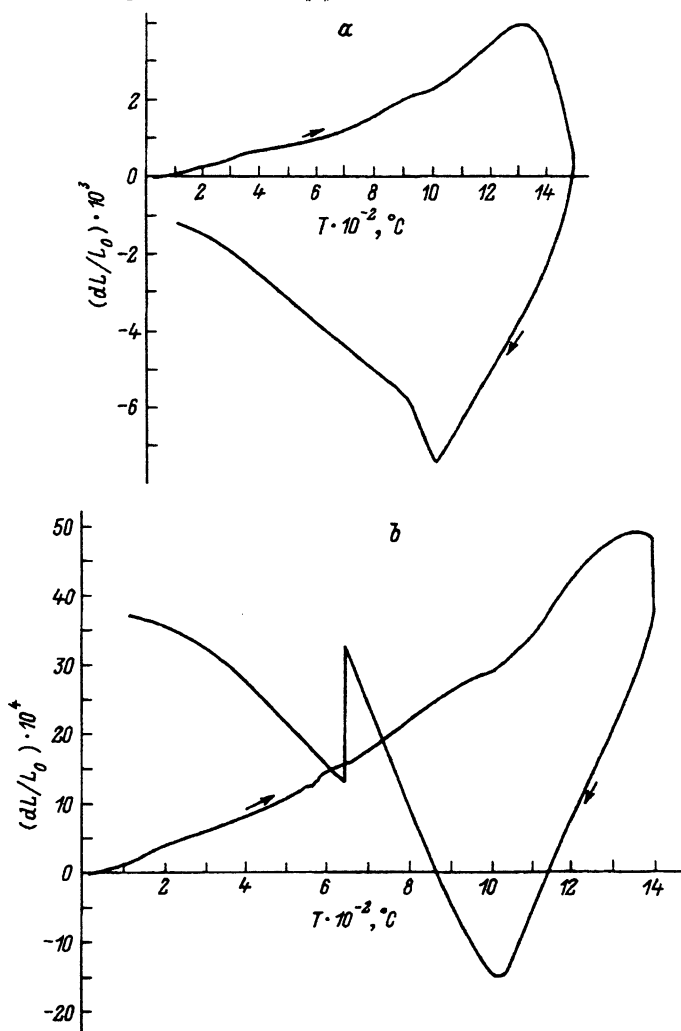


Рис. 1. Зависимость относительного удлинения от температуры для HoMnO_3 .

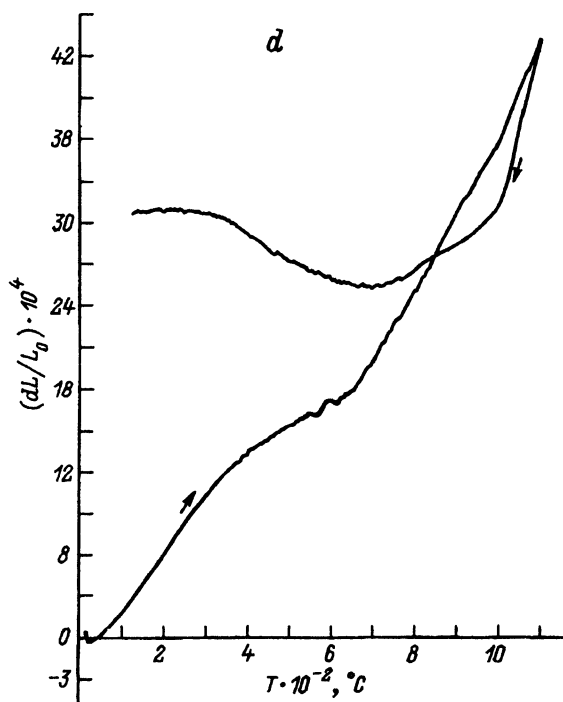
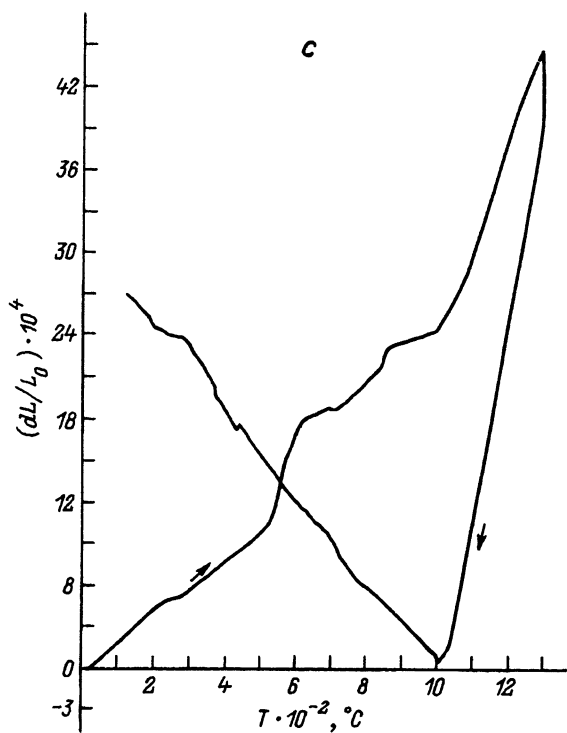


Рис. 1 (продолжение).

ширения (КТЛР) образцов плавленного кварца, керамики Al_2O_3 и ZrO_2 с хорошо известными зависимостями $\Delta L/L_0(T)$. Термогравиметрические исследования проведены на дериватографе DTA-TG SETARAM 92. Скорость изменения температуры — $4.8^\circ\text{C}/\text{min}$.

Для HoMnO_3 было проведено несколько циклов измерений. Все они производились на одном и том же образце. Первый цикл состоял из нагрева до 1500°C и охлаждения (рис. 1,а). На кривой $\Delta L/L_0(T)$ при нагревании и охлаждении наблюдаются аномалии вблизи 300 , 600 и 1000°C , что позволяет предположить наличие около этих температур фп. Как видно из рис. 1,а, охлаждение ниже 1007°C сопровождается увеличением длины образца, причем на этом участке можно выделить два этапа: в интервале температур $1007\text{--}900^\circ\text{C}$ удлинение идет более интенсивно, чем при дальнейшем охлаждении.

Второй цикл для HoMnO_3 проведен по схеме: нагрев до 1400°C , выдержка 1 h и охлаждение (рис. 1,б). Выдержка при 1400°C сопровождается уменьшением $\Delta L/L_0$. Ниже 1000°C при охлаждении происходит увеличение длины образца, причем более интенсивно, чем в первом цикле. В интервале температур $644\text{--}643^\circ\text{C}$ наблюдается скачкообразное уменьшение $\Delta L/L_0$ на 0.19% , после чего скорость увеличения $\Delta L/L_0$ с понижением температуры уменьшилась.

Третий цикл для HoMnO_3 состоял из нагрева до 1300°C , выдержки в течение 1 h и охлаждения (рис. 1,с). По сравнению с первыми двумя циклами отметим, что более выраженными стали аномалии при 300 и 600°C при нагревании, а также более резким излом вблизи 1007°C при охлаждении.

Четвертый цикл для HoMnO_3 был выполнен в режиме нагрева до 1100°C и охлаждения (рис. 1,д). В этом случае в процессе охлаждения увеличение $\Delta L/L_0$ начинается ниже 700°C .

Термогравиметрические измерения HoMnO_3 в интервале от комнатной температуры до 1400°C выявили, что относительное изменение массы образца не превышает 0.02% .

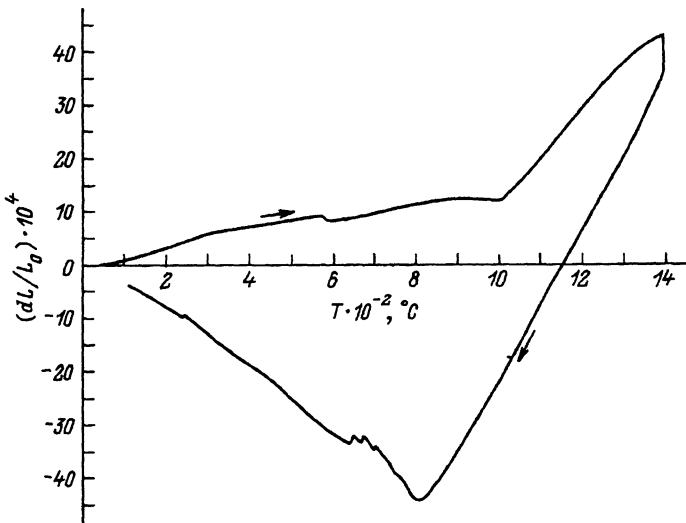


Рис. 2. Зависимость относительного удлинения от температуры для YMnO_3 .

Дилатометрическая кривая для YMnO_3 представлена на рис. 2. Измерения проведены по схеме: нагрев до 1400°C , выдержка 1 h и охлаждение. На кривой при нагревании и охлаждении наблюдаются аномалии в районе 250 , 580 и 1000°C , что находится в удовлетворительном согласии с данными [2,3]. Охлаждение ниже 800°C сопровождается увеличением $\Delta L/L_0$. В промежутке температур 710 – 630°C при охлаждении наблюдается несколько скачков длины образца.

Средний КТЛР для YMnO_3 , рассчитанный по данным рентгеноструктурных измерений [3], равен $1.18 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$, а по кривой $\Delta L/L_0(T)$ при нагревании (рис. 2) — $0.12 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Процессы спекания исключены. На всех кривых (рис. 1, 2) при охлаждении наблюдается увеличение длины образца с уменьшением температуры. Отмеченные факты можно объяснить наличием у исследуемых образцов эффекта памяти формы, хорошо изученного в металлах и сплавах [7,8], а также наблюдавшегося в керамике на основе ZrO_2 [9,10]. При нагревании наряду с обычным тепловым расширением образец деформируется под действием толкателя дилатометра вследствие пластичности фазовых превращений. Эта деформация является обратимой и возвращается при охлаждении. Возврат деформации может реализоваться как плавно, так и скачкообразно. На величину возвращаемой деформации и кинетику возврата влияют термоциклирование и максимальная температура, до которой происходит нагревание.

Работа поддержана Фондом фундаментальных исследований Республики Беларусь.

Список литературы

- [1] Yakel H.L., Koehler W.C., Bertaut E.F., Forrat E.F. *Acta Cryst.* **13**, 12, 1015 (1960).
- [2] Исмаилзаде И.Г., Кижяев С.А. *ФТТ* **7**, 1, 298 (1965).
- [3] Lukaszewicz K., Karut-Kalicinska J. *Ferroelectrics* **7**, 1/4, 81 (1974).
- [4] Coeure P.H., Guinet P., Peuzin J.C., Buisson G., Betaut E.F. *Proc. Int. Meet. Ferroelectr. Prague* (1966), V. 1. P. 332.
- [5] Lesniewska B., Bombik A., Oles A., Sicora W. *Proc. 11th Conf. Appl. Crystallogr.* **2**, 571 (1984).
- [6] Lesniewska B., Oles A. *Rap-Inst. Fiz. Tech. Jad AGH JNT 171/PS*, 77 P. (1982).
- [7] Лихачев В.А., Кузьмин С.Л., Каменцева З.П. *Эффект памяти формы. Л.* (1987), 216 с.
- [8] Бойко В.С., Гарбер Р.И., Косевич А.М. *Обратимая пластичность кристаллов. М.* (1991), 280 с.
- [9] Patricio E. Reyes-Morel, Jyn-Shiarn Cherng, I.-Wei Chen *J. Am. Cer. Soc.* **71**, 8, 648 (1988).
- [10] Schmid C., Meriani S. *Ceram. Inf.* **26**, 300, 159 (1991).