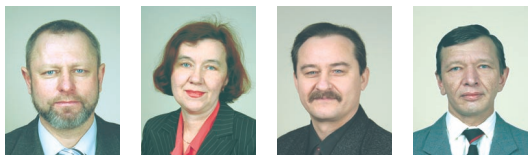


Стабильность структурных, электронных и магнитных состояний 3d-металлов, их сплавов и интерметаллидов под высоким давлением

Пилюгин В.П., Медведева И.В., Пацелов А.М., Чернышёв Е.Г.



Установлено влияние высокого давления на кинетику и гистерезис α - ϵ фазового перехода в поли- и нанокристаллическом железе на электронные и магнитные переходы соединений 3d-металлов $YBa_2Cu_3O_x$, $BaCo_{0.9}Ni_{0.1}S_{2-y}$, $CuIr_2S_4$, $R_{1-x}D_xMnO_3$, $La(Fe_{0.88-x}Co_{0.12})_{13}$, R_2Fe_{17} ($R=Y, Ce, Lu$), $R_2Fe_{14}B$

Информация о свойствах твёрдых тел в условиях сжатия под давлением позволяет более глубоко понимать природу физических явлений, а также важна для прогнозирования эксплуатационных свойств материалов современных устройств. Перспективные нанокристаллические материалы обладают особыми физическими свойствами по отношению к моно- и поликристаллическому состоянию. Важно определить влияние нанокристаллического состояния на особенности протекания мартенситных превращений под давлением.

Исследованы образцы железа в двух структурных состояниях – крупнокристаллическом с размерами кристаллитов $d=(5-10)$ мкм и нанокристаллическом, $d=(80-100)$ нм [1,2]. Последнее состояние получали сдвигом под давлением при высоких степенях деформации, что привело к пятикратному упрочнению по сравнению с исходным. Обнаружена особенность в изменении гистерезиса барического α - ϵ перехода в нанокристаллическом железе (рис.1). Начало прямого превращения смещается в область более высоких давлений, а начало и окончание обратного превращения смещается в область более низких давлений по сравнению со своим значением для крупнокристаллического образца.

Обнаруженный эффект обусловлен стабилизацией исходной фазы нанокристаллической структурой, формирующейся при большой деформации. Сдерживающей силой мартенситного превращения является физический предел текучести материала, который выше в нанокристаллическом состоянии, за счет его высокого

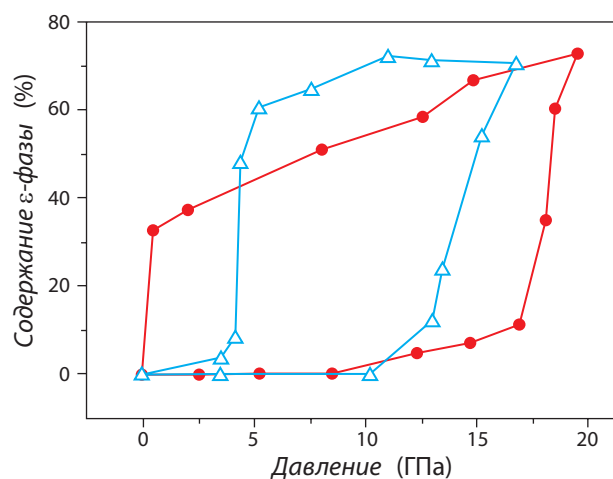


Рис. 1

Гистерезис барического α - ϵ превращения в крупнокристаллическом (синяя кривая) и нанокристаллическом (красная кривая) железе

деформационного упрочнения. Высокое значение твёрдости и предела текучести нанокристаллической структуры железа по сравнению с крупнокристаллической вызывает значительное увеличение гистерезиса барического α - ϵ перехода.

Новые данные по устойчивости магнитных и электронных фаз по отношению к изменению объема представляют практическую ценность для описания поведения материалов, перспективных для использования, например, в качестве сверхпроводящих, магнитных, магниторезистивных и других элементов электронных устройств в условиях изменяющихся температур и давлений.

Эмпирические корреляции между изменением температур магнитных и электронных переходов и их барических производных в систе-

мах на основе $3d$ - и $4f$ - элементов представляют основу для дальнейшего развития теоретических моделей, углубляющих современные представления о физических механизмах формирования магнитных и электронных состояний.

Изучено влияние гидростатического и квазигидростатического давления на магнитные и электрические свойства систем на основе оксидов и сульфидов переходных $3d$ - металлов а также смешанных систем на основе интерметаллидов редкая земля – железо и аморфных сплавов с большим содержанием железа.

Для широкого класса объектов – высокотемпературных сверхпроводящих купратов $YBa_2Cu_3O_x$, сульфидов $BaCo_{0.9}Ni_{0.1}S_{2-y}$, $CuIr_2S_4$, ортоманганитов $R_{1-x}D_xMnO_3$, твердых растворов на основе интерметаллидов железа и редкоземельных элементов $La(Fe_{0.88-x}Co_{0.12}Al_{0.13})_{13}R_2Fe_7$ ($R=Y, Ce, Lu$), $R_2Fe_{14}B$, получены данные по барическим коэффициентам критических температур (температуры сверхпроводящего перехода, температуры перехода металл-изолятор, температуры Кюри), которые могут быть использованы при разработке датчиков в микроэлектронике [3-5].

В исследованных системах $YBa_2Cu_3O_x$, $R_{1-x}D_xMnO_3$ и интерметаллидах на основе R_xFe_y установлены закономерности изменения барических производных температур электронных и магнитных переходов. На *рис.2* в качестве примера представлено влияние гидростатического давления на температуру перехода из ферромагнитного металлического в парамагнитное немагнитное состояние T_m для манганитов $Pr_{0.7}Ca_{0.3-x}Sr_xMnO_3$ с различным размером усредненного А-катиона.

Получена корреляция между положительными значениями барической производной dT_m/dP и T_m в манганитах $R_{0.7}D_{0.3}MnO_3$ с различным замещением R, D и Mn в широком интервале изменения $100 < T_m < 300$: $dT_m/dP = A + B(T_m)^{-1}$.

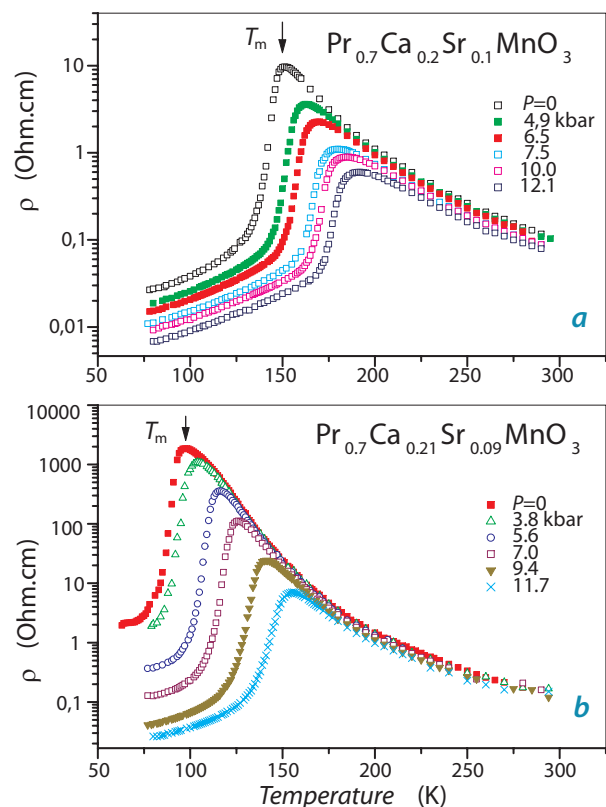


Рис. 2

Температурные зависимости удельного электросопротивления ортоманганитов $Pr_{0.7}Ca_{0.3-x}Sr_xMnO_3$ при различных давлениях

Обнаружены системы с гигантскими эффектами смещения температуры ферромагнитного превращения: Ce_2Fe_{17} с $dT_t/dP = -38$ К/кбар и Lu_2Fe_{17} с $dT_t/dP = -20$ К/кбар и температуры перехода металл – изолятор под давлением: $BaCo_{0.9}Ni_{0.1}S_2$ у с $dT_{MI}/dP = -38$ К/кбар.

Полученные данные указывают на направление поиска материалов для барорезистивных и баромагнитных датчиков – в сильнокоррелированных системах с сильной зависимостью обменных взаимодействий от межатомных расстояний вблизи концентрационных и структурных переходов между ферро- и антиферромагнитными фазами.

¹ Efros B.M., Pilyugin V.P., Patselov A.M., Beygelzimer Y.Y., Efros N.B. *Ultrafine Grained Materials II*, TMS (2002) 193

² Пилюгин В.П., Эфрос Б.М., Пацелов А.М., Гладковский С.В., Чернышев Е.Г. *ФТВД* 11 (2001) 35

³ Medvedeva I., Arnold Z., Kuchin A., Kamarád J. *J. Appl. Phys.* 86 (1999) 6295

⁴ Medvedeva I., Maignan A., Bärner K., Bersenev Yu., Roev A., Raveau B. *Physica B* 325 (2003) 57

⁵ Medvedeva I. *High Pressure Research* 26 (2006) 467