

Фазовые переходы первого рода жидкость–жидкость

Р.А. Сартан, Г.Э. Норман, И.М. Саитов

Объединенный институт высоких температур РАН

Проведен обзор работ, в которых измерены отдельные точки и кривые фазового перехода первого рода жидкость-жидкость при высоких температурах для ряда веществ. Анализируется их согласованность, отмечены имеющиеся противоречия. Рассмотрены попытки теоретических подходов. Приведены сводные данные.

По результатам различных исследований [1, 2, 3, 4, 5] фазовый переход первого рода зафиксирован в следующих веществах: Sn, Bi, Te, Se, S, Ce, Fe, H (D). Фазовые кривые олова, висмута, теллура, селена и серы лежат в диапазоне $T = 500-1500$ К, $P = 1-10$ ГПа. Почти во всех случаях скачок плотности этих веществ (порядка 1%) сопровождается изменением проводимости. Так, теллур, селен и сера металлизуются (скачок проводимости 2-3 порядка). У последней обнаружено три жидких фазы, при чём только в одном случае замечен скачок проводимости. Висмут, в отличие от описанных веществ, не металлизуется: скачок проводимости составляет 1-2% [1]. Согласно [2] фазовый переход церия лежит в области $T = 1000-2000$ К, $P_0 = 2-22$ ГПа. Экспериментально, была промерена одна точка на фазовой линии, скачок плотности на ней составляет 14%, без изменения проводимости. У железа подобный переход сопровождается потерей металлических свойств [3]. Для водорода (а также дейтерия) фазовый переход первого рода, сопровождающийся металлизацией, лежит в области $T = 1000-2000$ К, $P = 100-200$ ГПа [4, 5].

Не во всех экспериментах измерение плотности (объёма) или сопротивления проводилось напрямую. Так, в исследовании церия [2] измерение плотности проводилось рентгеноструктурным методом. В работе [4] для детектирования перехода водорода в проводящее состояние измерялись оптические свойства. Различными были и методы получения вещества в экстремальных условиях. В упомянутых работах ([2], [4]) образец в алмазной наковальне нагревался лазерным излучением. В [3] железо, заключенное в сапфировый пресс, нагревалось электрическим током. Для исследования дейтерия применялось адиабатическое сжатие [5].

Общее свойство фазовых линий Sn, Bi, Te, Se и S - отрицательный наклон. Церий имеет по теоретическим расчётам положительный наклон. Линия фазового равновесия железа в координатах давление-плотность имеет максимум при давлении ≈ 4.8

ГПа. Открытым для обсуждения является наклон фазовой линии водорода. В [4] он положителен, в то время как в [5] - отрицателен.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках проекта 14-19-01295.

Литература

1. *Brazhkin V.V., Popova S.V. & Voloshin R.N.* High-pressure transformations in simple melts. – High Pressure Research: An International Journal. – 1997 – p. 267-305.
2. *Cadien A. [et al]* First-Order Liquid-Liquid Phase Transition in Cerium. – Physical Review Letters. – 2013 – 125503 – p. 1-5.
3. *Korobenko V. N. and Rakhel A. D.* Observation of a first-order metal-to-nonmetal phase transition in fluid iron. – Physical Review Letters. – 2012 – 85, 014208.
4. *Zaghoo M., Salamat A., Silvera I. F.* A First-order Phase Transition to Metallic Hydrogen. – arxiv – 2015 – p. 1-10
5. *Fortov V. E. [et al]* Phase Transition in a Strongly Nonideal Deuterium Plasma Generated by Quasi-Isentropical Compression at Megabar Pressures. – Physical Review Letters. – 2007 – 99, 185001.