

Высокотемпературная и низкотемпературная химические модели плотной плазмы паров металлов.

Хомкин А.Л., Шумихин А.С.

Объединенный институт высоких температур РАН

При джоулевым нагреве металлов их состояние меняется от твёрдого состояния к газообразному, происходит переход металл-диэлектрик. Исследованию закономерностей этого перехода посвящено достаточно много экспериментальных и теоретических работ. Экспериментально измерены давление, внутренняя энергия и проводимость при быстром нагреве металлических проволочек и фольг [см. например 1, 2, 3 и приведенные там ссылки]. Теоретические работы можно условно разделить на две группы. В первой используются подходы, развитые в теории жидких металлов с последующей экстраполяцией расчетных результатов в газоплазменную область [см. например 4]. Вторая группа рассматривает плотную газоплазменную смесь и экстраполирует расчёты в околоскритическую область параметров жидких металлов [5]. Естественно, что первая группа работ хорошо описывает поведение электропроводности на стадии плавления металлов и сталкивается с трудностями при переходе в газоплазменное состояние испарившегося металла. У второй группы работ основные трудности появляются при описании состояний высокой плотности, особенно при низких температурах ($T < 5000$ К).

В настоящей работе, которую можно отнести ко второй группе, для продвижения в область более низких температур и высоких плотностей предлагаются химические модели плазмы паров алюминия, в которой дополнительно к рассмотренным ранее в работе [5] электронам, ионам, атомам, а также двух- трёхкратно ионизованным атомам алюминия, добавлены молекулы и молекулярные ионы алюминия (высокотемпературный вариант), а также нейтральные и заряженные кластеры с числом атомов до 6, при этом многократно заряженные ионы не учитываются (низкотемпературный вариант). Предложенные модели используются для расчёта калорического и термического уравнений состояния плазмы. Проанализированы подходы, используемые в литературе, для учета взаимодействия заряд-заряд в многозарядной плазме и в результате использованы иные, чем в [5] соотношения для учёта взаимодействия свободных зарядов в многозарядной плазме [6]. Рассмотрено взаимодействие заряд-нейтрал и уточнено приближение Ликальтера [7] для взаимодействия ион-атом и приближение длины рассеяния для взаимодействия электрон-атом. С использованием имеющихся в литературе данных рассчитаны колебательные и вращательные статистические суммы кластеров, что позволило проанализировать зарядовый состав плазмы цезия и алюминия с использованием низкотемпературного варианта модели. Зависимость удельного сопротивления плазмы от внутренней энергии рассчитывается по интерполяционной формуле Фроста с использованием полученного калорического уравнения состояния и известных приближений для расчета транспортных сечений рассеяния. Получено удовлетворительное согласие с данными экспериментов и продемонстрирована важная роль молекул, молекулярных ионов и кластеров алюминия в начальной фазе разогрева металла.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант №08-08-00689-а и Программы Президиума РАН.

Литература

1. A.W. DeSilva, A.D. Rakhel. *Contrib. Plasma Phys.* **45**, No.3-4, p. 237 – 243 (2005).
2. V.N. Korobenko, A.D. Rakhel. *Phys. Rev. B*, **75**, 064208 (2007).
3. P. Renaudin, C. Blancard, J. Clerouin, G. Faussurier, P. Noiret, V. Recoules. *Phys. Rev. Lett.* **91**, 075002 (2003).
4. E M Apfelbaum. *J. Phys. A: Math. Gen.* **39**, No 17, 4407 (2006).
5. R. Redmer. *Phys. Rev. E*, **59**, № 1, 1999.
6. Грязнов В.К., Иосилевский И.Л., Красников Ю.Г. и др. *Теплофизические свойства рабочих сред газофазного ядерного реактора.* –М.: Атомиздат, 1980. – 304 с
7. А.А. Ликальтер, *ЖЭТФ.* **56**, № 1. 240, (1969).