Численное моделирование кинетики ионизации и диссоциации молекулярного водорода в пеннинговском разряде с учетом колебательного возбуждения молекул

Д.А. Сторожев1, С.Т. Суржиков2, С.Е. Куратов3

1Московский физико-технический институт (государственный университет),  
 г. Москва, Россия  
2Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН, г. Москва, Россия  
3Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н Л. Духова,  
 г. Москва, Россия

Пеннинговский разряд широко используется в производстве различного рода электровакуумных приборов, например в качестве инжектора для ускорителей частиц или источника ионов в газонаполненных нейтронных трубках. Одной из важнейших характеристик таких источников ионов является химический состав образующейся в пеннинговском разряде плазмы, в особенности соотношение числа молекулярных и атомарных ионов.[1]

Химический состав плазмы пеннинговского разряда зависит от характерной энергии заряженных частиц (электронов и ионов), набираемой ими в скрещенных электрическом и магнитном полях, а также определяется скоростью обмена этой энергией с нейтральными молекулами газа [2 – 4]. Трудоемкость определения компонентного состава плазмы пеннинговского разряда объясняется необходимостью учитывать большое количество кинетических процессов [5], описывающих столкновения электрона и молекулы, молекулы и атома, молекул в различных возбужденных состояниях, сложностью решения системы кинетических уравнений, а также малым количеством экспериментальных данных по химическому составу плазмы.

В данной работе выполнены расчеты компонентного состава плазмы в молекулярном водороде с использованием поуровневого описания. Используемая для расчета химического состава кинетическая схема включает в себя процессы возбуждения колебательных состояний молекулы, VV- и VT- переходы, ионизацию и диссоциацию молекулы из основного и возбужденных состояний, рекомбинацию и конверсию ионов, процессы диссоциативной ионизации. С использованием численного моделирования были определены заселенности колебательных состояний молекулы водорода, степени ионизации и диссоциации газоразрядной плазмы, а также влияние различных кинетических процессов на компонентный состав плазмы.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований РАН.

Литература

1. Brown S.C. Basic Data of Plasma Physics. Technology Press of M.I.T. and Wiley, 1966.
2. Surzhikov S.T. Computational Physics of Electric Discharges in Gas Flows. 2013, Walter de Gruyter GmbH, Berlin/Boston
3. D.A. Storozhev, S.T. Surzhikov, “Numerical Simulation of Two-Dimensional Structure of Glow Discharge in Molecular Hydrogen” AIAA paper, 45th AIAA Thermophysics Conference, 2015, 10.2514/6.2015-3108.
4. Сторожев Д. А., Суржиков С. Т. Численное моделирование двухмерной структуры тлеющего разряда в молекулярном азоте с учетом колебательной кинетики //Теплофизика высоких температур. – 2015. – Т. 53. – №. 3. – С. 325-336.
5. Capitelli, M., Armenise, I., Bisceglie, E., Bruno, D., Celiberto, R., Colonna, G., D’Ammando, G., De Pascale, O., Esposito, F., Gorse, C., Laporta, V., and Laricchiuta, A., “Thermodynamics, Transport and Kinetics of Equilibrium and Non-Equilibrium Plasmas: A State-to-State Approach,” Plasma Chemistry and Plasma Processing, vol. 32, Dec. 2011, pp. 427–450.