долгоживущая плазма и особенности тушения N2(C3П) в азоте, возбужденном импульсным наносекундным разрядом при высоких удельных энерговкладах

Н.Д. Лепихин1, Н.А. Попов2, С.М. Стариковская1

1Laboratory of Plasma Physics (CNRS, Ecole Polytechnique, Sorbonne Universities,
 University of Pierre and Marie Curie–Paris 6, University Paris-Sud) Paris, France
2НИИ Ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва

Приведены результаты экспериментально-теоретических исследований кинетических процессов, инициированных импульсным наносекундным разрядом в азоте при P = 4 – 45 Торр, высоких значениях удельного энерговклада и полях E/N = 200 – 300 Тд. Представлены результаты измерений временной динамики тока разряда, вложенной энергии, электрического поля, а также динамики свечения 2+ системы азота. Описание экспери-ментальной установки и методики измерений приведено в [1].

 Представлены результаты расчетов динамики приведенного электрического поля, концентрации заряженных частиц, электронно-возбужденных атомов и молекул азота, нагрева газа. Расчеты проводились в рамках токового прибли-жения с использованием кинетической модели [2]. Сравнение расчетных и экспериментальных данных по динамике E/N в первом разрядном импульсе при P = 27 мбар приведено на Рисисунке. Удельный энерговклад в разряд достигал W = 1 эВ/мол, причем основная энергия вкладывается при E/N = 150 – 300 Тд. Степень диссоциации молекул азота достигала [N(4S)]/[N2(X)] = 1%, степень электронного возбуждения [N2(B3Пg,C3П­u)]/[N2(X)] = 8%.

Показана важная роль реакций ассоциативной ионизации с участием электронно-возбужденных молекул азота. Эти процессы определяют распад созданной плазмы и динамику электрического поля во втором разрядном импульсе, происходящем через 250 нс после первого.

Обсуждается роль тушения излучающих состояний N2(C3Пu) электронным ударом в послеразрядный период. В рассматриваемых условиях большая часть энергии разряда поступает на возбуждение электронных степеней свободы и на диссоциацию молекул азота. Показано, что тушение электронно-возбужденных состояний определяет динамику быстрого нагрева в газоразрядной азотной плазме.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 12-02-00637), AOARD AFOSR, FA2386-13-1-4064 grant и проекта Международной Ассоциированной Лаборатории “Кинетика и физика импульсных разрядов и их послесвечения” (Франция-Россия).

Литература

1. Lepikhin N.D., Klochko A.V., Edwards M.R., Popov N.A., Starikovskaia S.M. //53rd AIAA Aerospace Sciences Meeting (5-9 January, 2015, Kissimmee, Florida). AIAA 2015-0937.
2. Попов Н.А. // Физика плазмы. 2009. Т. 35. № 5. С. 482.