XXIX Неделя науки СПбГТУ. Материалы межвузовской научной конференции. Ч.I: С.90-91, 2001.
© Санкт-Петербургский государственный технический университет, 2001.

УДК 537.523: 533.924

Д.В.Иванов (асп. каф. ЭиЭ), С.В.Дресвин, д.т.н., проф.,
Нгуен Куок Ши, к.т.н., доц.

РАСЧЕТ СВОЙСТВ АРГОНОВОЙ ПЛАЗМЫ ПРИ НАРУШЕНИИ ТЕРМИЧЕСКОГО РАВНОВЕСИЯ

Плазма находится в состоянии термического равновесия только при отсутствии внешнего электромагнитного поля, точнее, когда в плазме не протекает электрический ток, и, соответственно, не выделяется энергия (например, в струе ВЧИ-плазмы). Однако для того, чтобы получить плазму, т. е. ионизовать газ, в этот газ необходимо передать энергию, что обычно осуществляется с помощью электромагнитного поля (пропускания тока через плазму). Следовательно, в плазмотронах существуют области, в которых плазма находится в состоянии с нарушением термического равновесия – это области, где плазма получает энергию от внешнего электромагнитного поля. Для моделирования процессов в плазмотронах при нарушении термического равновесия необходимо знать свойства плазмы в этих условиях.

Нарушение термического равновесия обусловлено тем, что энергию электромагнитного поля получают главным образом легкие, безынерционные частицы – электроны. Часть этой энергии они передают тяжелым частицам (атомам, ионам) при столкновениях. Но при определенных условиях электроны получают больше энергии, чем успевают отдать. Средняя кинетическая энергия электронов становится больше средней кинетической энергии тяжелых частиц, т. е. происходит отрыв температуры электронов T_e от температуры тяжелых частиц T_h. В этом случае необходимо отдельно определять свойства электронов и свойства тяжелых частиц, причем каждое из этих свойств зависит как от температуры электронов, так и от температуры тяжелых частиц.

Были рассчитаны свойства атомарной аргоновой плазмы при нарушении термического равновесия для давления 0,1 МПа и диапазона электронной температуры и температуры тяжелых частиц: 300...15000 К. В этих условиях можно считать, что аргоновая плазма состоит из трех групп частиц: атомов a, ионов i (a и i –тяжелые частицы) и электронов e.

Состав плазмы определялся по формуле Потапова [1], которая дополнялась законом Дальтона для парциальных давлений и уравнением квазинейтральности.

Формула Потапова имеет следующий вид:

$$n_e\left(\frac{n_i}{n_a}\right)^{T_h/T_e} = \frac{Z_e Z_i}{Z_a}\left(\frac{2\pi m_e k T_e}{h^2}\right)^{3/2}\exp\left(-\frac{E_i}{kT_e}\right),$$

где n_e, n_i, n_a – концентрация электронов, ионов, атомов соответственно; m_e – масса электрона; k – постоянная Больцмана; h – постоянная Планка; E_i=15.8 эВ – потенциал ионизации атома аргона; Z_e=2, Z_i, Z_a – статистические суммы электрона, иона и атома соответственно. Для атмосферного давления и рассматриваемого диапазона температур Z_a=1, Z_i=6.

Свойства аргоновой плазмы при нарушении термического равновесия найдены на основе теории, приведенной в работах [2, 3].

В дальнейшем полученные свойства будут использоваться для моделирования плазменных процессов в двухтемпературном приближении.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Потапов А. В. Химическое равновесие многотемпературных систем // ТВТ, 1966. т.4, №1.С.18-21.

2. Devoto R. S. Transport coefficients of ionized argon // Phys. Fluids – 1973. – v. 5 – p. 616-623.
3. Дресвин С. В. Основы теории и расчета высокочастотных плазмотронов. – Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1991.