

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАЦИИ ХИМИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ЧАСТИЦ В ВЧ РАЗРЯДЕ СМЕСИ $\text{Ar} + \text{SF}_6$

А.Г. Жидков, И.В. Новиков

На основе самосогласованной модели ВЧ разряда низкого давления в смеси $\text{Ar} + \text{SF}_6$ исследованы механизмы генерации химически активных частиц.

В работах авторов /1, 2/ продемонстрирована возможность управления процессом генерации химически активных частиц (ХАЧ) в ВЧ разряде низкого давления ($p < 10^2$) посредством разбавления галогеносодержащих газов Cl_2 , F_2 инертными, что представляет значительный интерес для технологии процессов сухого травления /2/. В данной работе исследуются механизмы генерации ХАЧ в газе SF_6 , имеющем более широкое применение в технологических процессах травления. Показано, что для газов более сложных соединений галогенов также возможно управление процессом генерации ХАЧ.

Для исследования механизмов генерации ХАЧ в смеси $\text{Ar} + \text{SF}_6$ была построена самосогласованная модель ВЧ разряда, включающая самосогласованное решение уравнений плазмохимической кинетики Больцмана для функции распределения электронов по энергии (ФРЭЭ) и Пуассона с модельным пространственным профилем плотности электронов и ионов /3/.

В кинетической модели учитывались следующие реагенты: Ar^+ , Ar^* , SF_x , SF_x^+ , SF_x^- , F^- , F . Учитывались следующие процессы: ионизации, возбуждения, диссоциативного прилипания электронов, гарпунные реакции, реакции перезарядки и Пеннинга, колебательного возбуждения SF_6 /4/. Амбиполярная диффузия учитывалась только для избыточного положительного заряда /3/. Уравнение Больцмана решалось численно в предположении слабой несферичности ФРЭЭ и квазистационарном приближении с учетом упругих и неупругих процессов.

Некоторые результаты расчетов зависимости потоков ХАЧ (атомов F и ионов) показаны на рис. 1, 2. (Амплитуда напряжения на электродах 600 В, частота 13,56 МГц, площадь электродов 200 см^2 , расстояние между электродами 10 см.) Как видно, наблюдается сильная зависимость от состава смеси и давления. При давлении смеси 44 Па поток F при соотношении $\text{Ar}:\text{SF}_6 = 7:3$ превышает аналогичный в чистом SF_6 почти в 4 раза. Основной рост ионного тока начинается при соотношении $\text{Ar}:\text{SF}_6 = 8:2$ и его величина на порядок превосходит ионный ток в чистом SF_6 .

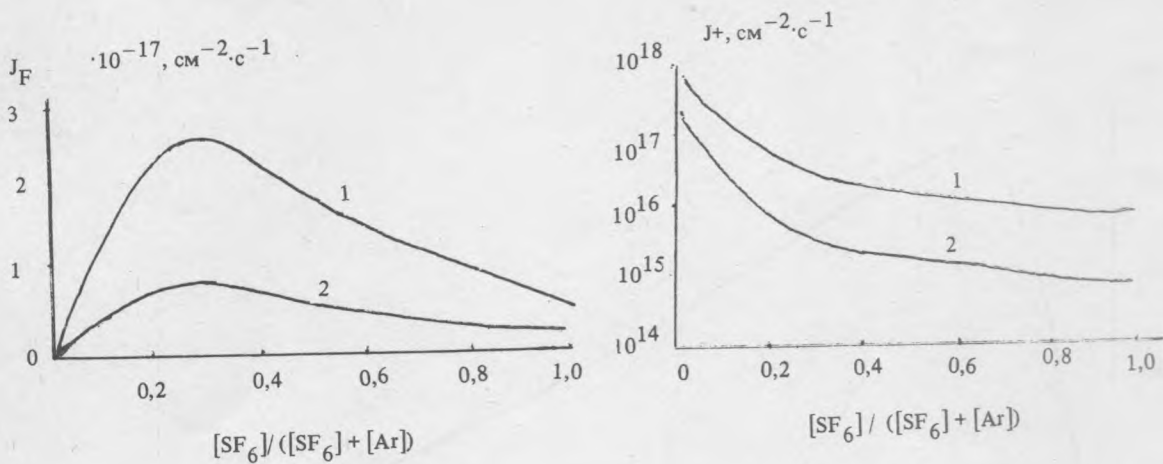
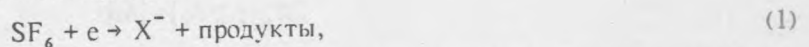


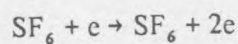
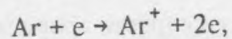
Рис. 1. Поток $F(J_F)$ из плазмы в зависимости от соотношения Ar и SF_6 в смеси при давлении 13,3 Па (1), 44 Па (2).

Рис. 2. Поток высокоэнергетических ионов из плазмы при различных содержаниях Ar и SF_6 в смеси при давлении 13,3 Па (1), 44 Па (2).

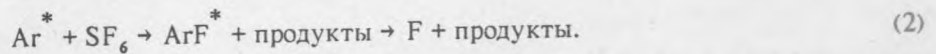
Анализ механизмов генерации ХАЧ показывает, что этот рост обусловлен изменением роли процесса диссоциативного прилипания электронов,



который является основным механизмом генерации F и ухода электронов при давлении больше 10 Па. При снижении процентного содержания SF_6 в смеси увеличивается концентрация электронов, так как эффективная скорость ухода электронов в реакции (1) уменьшается, и скорость образования электронов в реакциях



не только не снижается, но и растет из-за увеличения средней энергии электронов. В результате возрастает скорость генерации F в реакции (1). К этому механизму добавляется также процесс



Из-за этого поток F заметно увеличивается (рис. 1). При уменьшении давления эффект роста скорости генерации F при разбавлении смеси аргоном проявляется до тех пор, пока скорость гибели Ar^* не становится больше скорости реакции (2).

Ионный ток связан в основном с избыточным положительным зарядом, нескомпенсированным зарядом отрицательных ионов. Так как с ростом концентрации Ar уменьшается концентрация отрицательных ионов, то ионный ток возрастает. С ростом давления полный ионный ток уменьшается (рис. 2).

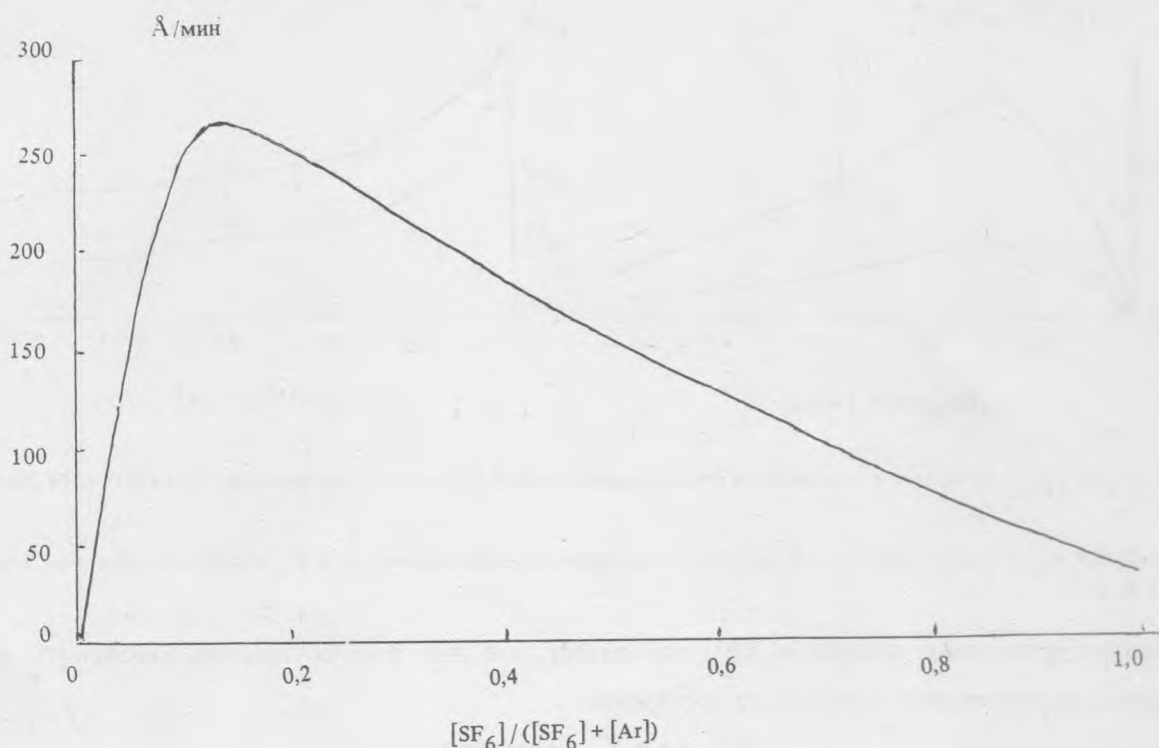


Рис. 3. Скорость травления SiO_2 в зависимости от соотношения Ar и SF_6 в смеси при давлении 13,3 Па.

Результаты измерения скорости травления SiO_2 при давлении 13 Па, показанные на рис. 3 /5/, хорошо совпадают с расчетами, поскольку скорость травления SiO_2 определяется как потоком $F(J_F)$ так и ионным током J_+ .

ЛИТЕРАТУРА

1. Врублевский Э.М. и др. Краткие сообщения по физике ФИАН, №10, 3 (1989).
2. Врублевский Э.М. и др. Химия высоких энергий, 24 (6), 356 (1990).
3. Жидков А.Г., Новиков И.В. Препринт ИОФРАН №6, М., 1992.
4. Phelps A.V. J. Appl. Phys., 64 (9), 4269 (1988).
5. Fortuno G. Mat. Res. Sos. Symp. Proc., 68, 261 (1986).

Институт общей физики РАН

Поступила в редакцию 25 мая 1992 г.