

《正弦削波电压调控大气压氦气非平滑表面介质阻挡放电 均匀性的仿真研究》*的补充材料

刘凯 方泽 戴栋[†]

(华南理工大学电力学院, 广州 510641)

表 S1 等离子体动力学模型化学反应

Table S1. Chemical reactions considered in plasma dynamics model.

序号	反应式	速率常数	焓/eV	文献
1	$e + \text{He} \rightarrow e + \text{He}$	$f(\bar{\mathcal{E}})$	0	[1]
2	$e + \text{He} \rightarrow e + \text{He}^*$	$f(\bar{\mathcal{E}})$	19.82	[1]
3	$e + \text{He} \rightarrow 2e + \text{He}^+$	$f(\bar{\mathcal{E}})$	24.58	[1]
4	$e + \text{N}_2 \rightarrow 2e + \text{N}_2^+$	$f(\bar{\mathcal{E}})$	15.6	[1]
5	$e + \text{He}^* \rightarrow 2e + \text{He}^+$	$4.661 \times 10^{-16} \times T_e^{0.6} \times e^{-4.78/T_e}$	4.78	[2]
6	$e + \text{He}_2^* \rightarrow 2e + \text{He}_2^+$	$9.75 \times 10^{-16} \times T_e^{0.71} \times e^{-3.4/T_e}$	3.4	[2]
7	$e + \text{He}^* \rightarrow e + \text{He}$	2.9×10^{-15}	-19.82	[3]
8	$e + \text{He}_2^* \rightarrow e + 2\text{He}$	3.8×10^{-15}	-17.9	[3]
9	$e + \text{He}^+ \rightarrow \text{He}^*$	$6.76 \times 10^{-19} \times T_e^{-0.5}$	0	[4]
10	$e + \text{He}_2^+ \rightarrow 2\text{He}$	1.0×10^{-14}	0	[5]
11	$e + \text{He}_2^+ \rightarrow \text{He}^* + \text{He}$	$8.9 \times 10^{-15} \times (T_e/0.026)^{-1.5}$	0	[5]
12	$e + \text{He} + \text{He}^+ \rightarrow \text{He}^* + \text{He}$	$1.0 \times 10^{-38} \times (T_e/0.026)^{-2}$	0	[5]
13	$e + \text{He} + \text{He}_2^+ \rightarrow 3\text{He}$	2.0×10^{-39}	0	[3]
14	$e + \text{N}_2^+ \rightarrow \text{N}_2$	$4.8 \times 10^{-13} \times (T_e/0.026)^{0.5}$	0	[6]
15	$e + \text{N}_4^+ \rightarrow 2\text{N}_2$	$2.0 \times 10^{-12} \times (T_e/0.026)^{0.5}$	0	[6]
16	$\text{He}_2^* + M \rightarrow 2\text{He} + M$	1.0×10^6	0	[7]
17	$2\text{He} + \text{He}^+ \rightarrow \text{He} + \text{He}_2^+$	1.1×10^{-43}	0	[6]
18	$\text{He}^* + 2\text{He} \rightarrow \text{He}_2^* + \text{He}$	2.0×10^{-46}	0	[6]
19	$\text{He}^* + \text{He}^* \rightarrow e + \text{He}_2^+$	1.5×10^{-15}	0	[6]
20	$\text{He}_2^* + \text{He}_2^* \rightarrow e + 2\text{He} + \text{He}_2^+$	1.5×10^{-15}	0	[6]
21	$\text{N}_2 + \text{He}_2^+ \rightarrow \text{He}_2^* + \text{N}_2^+$	1.4×10^{-15}	0	[6]
22	$2\text{N}_2 + \text{N}_2^+ \rightarrow \text{N}_2 + \text{N}_4^+$	1.9×10^{-41}	0	[6]
23	$\text{He} + \text{N}_2 + \text{N}_2^+ \rightarrow \text{He} + \text{N}_4^+$	1.9×10^{-41}	0	[6]
24	$\text{N}_2 + \text{N}_4^+ \rightarrow 2\text{N}_2 + \text{N}_2^+$	2.5×10^{-21}	0	[6]
25	$\text{He} + \text{N}_4^+ \rightarrow \text{He} + \text{N}_2 + \text{N}_2^+$	2.5×10^{-21}	0	[6]
26	$\text{He}^* + \text{N}_2 \rightarrow e + \text{He} + \text{N}_2^+$	5.0×10^{-17}	0	[6]
27	$\text{He}_2^* + \text{N}_2 \rightarrow e + 2\text{He} + \text{N}_2^+$	3.0×10^{-17}	0	[6]

注: $f(\bar{\mathcal{E}})$ 是平均电子能的函数, 通过向 Bolsig⁺ 导入电子碰撞反应截面数据计算得到; He* 代

表 He(2^3S)及 He(2^1S), He $_2^*$ 则代表 He $_2(a^3\Sigma_u^+)$; M 代表模型所包含的所有重粒子; 双体和三体反应的速率常数分别为 $m^3 \cdot s^{-1}$ 和 $m^6 \cdot s^{-1}$ 。

表 S2 介质板表面反应^[3]

Table S2. Surface reactions considered in dielectric plate^[3].

序号	反应式	黏附系数	二次电子发射系数	二次电子平均能量/eV
1	He $^+ \rightarrow$ He	1	0.02	5
2	He $_2^+ \rightarrow$ 2He	1	0.02	5
3	He $^* \rightarrow$ He	1	0	0
4	He $_2^* \rightarrow$ 2He	1	0	0
5	N $_2^+ \rightarrow$ N $_2$	1	0.001	3
6	N $_4^+ \rightarrow$ 2N $_2$	1	0.001	3

参考文献

- [1] Zhang Y H, Ning W J, Dai D, Wang Q 2019 *Plasma Sci. Technol.* **21** 074003
- [2] Rauf S, Kushner M J 1999 *J. Appl. Phys.* **85** 3460
- [3] Lazarou C, Belmonte T, Chipier A S, Georghiou G E 2016 *Plasma Sources Sci. Technol.* **25** 055023
- [4] Yuan X H, Raja L L 2003 *IEEE Trans. Plasma Sci.* **31** 495
- [5] Wang Q, Economou D J, Donnelly V M 2006 *J. Appl. Phys.* **100** 023301
- [6] Martens T, Bogaerts A, Brok W J M, Dijk J V 2008 *Appl. Phys. Lett.* **92** 041504
- [7] Golubovskii Y B, Maiorov V A, Behnke J, Behnke J F 2003 *J. Phys. D: Appl. Phys.* **36** 39