

CF<sub>3</sub>I の電子衝突断面積セットの推定Estimating the Set of Electron Collision Cross Section for CF<sub>3</sub>I

室蘭工大, °川口 悟, 佐藤 孝紀, 伊藤 秀範

Muroran I. T., °Satoru Kawaguchi, Kohki Satoh and Hidenori Itoh

E-mail: s2124049@mmm.muroran-it.ac.jp

## 1. はじめに

プラズマエッチングに用いられる CF<sub>4</sub> およびガス絶縁遮断器に用いられる SF<sub>6</sub> の代替ガスとして CF<sub>3</sub>I が注目されている。これまでに、武田ら<sup>[1]</sup>は平等電界および不平等電界下における CF<sub>3</sub>I の絶縁破壊特性を報告し、Samukawa *et al.*<sup>[2]</sup>は CF<sub>3</sub>I を用いた low-*k* 膜のエッチング特性の調査から、CF<sub>4</sub> よりも低ダメージ・高選択比のエッチングが可能であることを明らかにしている。代替ガスとして CF<sub>3</sub>I を効果的に利用するためには、CF<sub>3</sub>I ガス中の電子の挙動を正確に把握することが不可欠であり、確かな CF<sub>3</sub>I の電子衝突断面積のセットが求められている。

Kimura *et al.*<sup>[3]</sup> は、CF<sub>3</sub>I の電子衝突断面積の推定を行った結果を報告しているが、平均到着時間ドリフト速度  $W_m$  において実験値と一致していない部分がある。本研究では、モンテカルロ法を用いた電子スオーム法により CF<sub>3</sub>I ガスの電子衝突断面積を推定した結果について報告する。

## 2. 電子衝突断面積

Fig. 1 は、推定した CF<sub>3</sub>I の電子衝突断面積のセットを示す。電子付着衝突断面積  $q_a$  では、0.3 eV 以下で Ruf *et al.*<sup>[4]</sup>の実験値を用い、その他の範囲においては Christophorou *et al.*<sup>[5]</sup>が報告したものを参考に推定した。振動励起衝突断面積  $q_{vib}$  には、Kimura *et al.*<sup>[3]</sup>が推定したものを 0.5~0.8 倍に変更したものをを用いた。電子励起衝突断面積  $q_{ex}$  については、Kimura *et al.*<sup>[3]</sup>が推定したものをベースにしており、高エネルギー領域でその値を大きく下げるように修正した。電離衝突断面積  $q_i$  は、7 種類の解離性電離衝突断面積(CF<sub>3</sub>I<sup>+</sup>, I<sup>+</sup>, CF<sub>3</sub><sup>+</sup>, CF<sub>2</sub>I<sup>+</sup>, CF<sup>+</sup>, CF<sub>2</sub><sup>+</sup>および CI<sup>+</sup>)で構成されており、断面積の値には Jiao *et al.*<sup>[6]</sup>の実験値をそのまま用いている。運動量移行断面積  $q_m$  については、Christophorou *et al.*<sup>[5]</sup>が報告した全衝突断面積の実験値から今回推定した非弾性衝突断面積の総和を減算したものとした。

## 3. 計算方法および条件

Monte Carlo Simulation によって Pulse Townsend 実験、Steady State Townsend 実験および Time of Flight 実験をシミュレートし、平均到着時間ドリフト速度  $W_m$ 、縦方向拡散係数  $D_L$ 、電離係数  $\alpha$ 、電子付着係数  $\eta$ 、実効電離係数  $\alpha-\eta$  などの電子輸送係数を求め、これらが実験値と一致するように電子衝突断面積の推定を行った。また、電子飛行時間の決定には Null Collision 法を用いた。シミュレーションでは、電子と中性分子の衝突のみを考え、ガス温度を 0 °C、ガス圧を 1 Torr と仮定した。

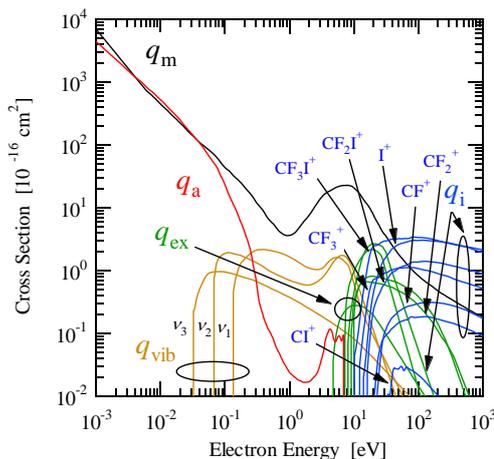
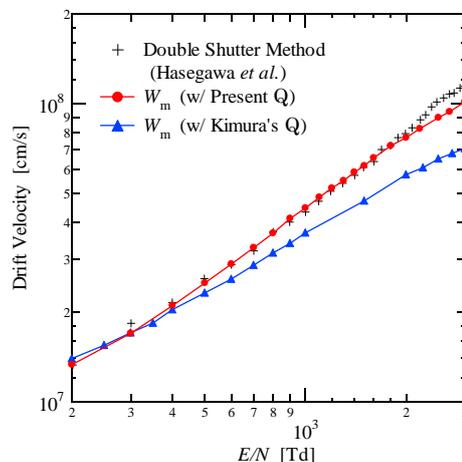
## 4. 計算結果および考察

Fig. 2 は、推定した電子衝突断面積のセットを用いて算出した平均到着時間ドリフト速度  $W_m$  の結果を Double shutter 法で測定された  $W_m$  の結果<sup>[7]</sup>と併せて示

す。シミュレーションで得られた  $W_m$  の値は、 $E/N$  が 2000 Td 以下の範囲で実験値と非常に良く一致した。また、実効電離係数  $\alpha-\eta$  および CF<sub>3</sub>I-N<sub>2</sub> 混合ガス中の電子輸送係数についても、シミュレーションで得られた値と実験値がよい一致を示しており、提案した電子衝突断面積セットの妥当性が確認できる。

## 参考文献

- [1] 武田 他 : 電気学会放電研資 ED-08-41 (2008).
- [2] S. Samukawa *et al.* : J. Appl. Phys. **103** (2008) 53310.
- [3] M. Kimura *et al.* : J. Phys. D: Appl. Phys. **43** (2010) 145202.
- [4] M-W. Ruf *et al.* : J. Phys. Conf. Ser. **88** (2007) 012013.
- [5] L. G. Christophorou *et al.* : J. Phys. Chem. Ref. **29** (2000) 553.
- [6] C. Q. Jiao *et al.* : Int. J. Mass. Spectrom. **208** (2001) 127.
- [7] H. Hasegawa *et al.* : Appl. Phys. Lett. **95** (2009) 101504.

Fig.1 Electron collision cross sections for CF<sub>3</sub>I.Fig.2 Mean-arrival-time drift velocity as a function of  $E/N$ .