

3P162

CHF₃ プラズマ下流領域における中性種、陽イオン種の分子成長

(九大院理¹、九大院総理工²) ○白山靖之¹、奥村洋史²、古屋謙治²、原田 明²

【序】我々は、Ar/CF₄ プラズマ下流において質量数 400 を超える種々の大きな中性種や陽イオン種が生成していることを発見した。さらに、中性種と陽イオン種では、それらの強度が CF₄ の分圧に対して全く逆の傾向を示すことから、大きな陽イオン種は大きな中性種のイオン化によって生成しているのではなく、小さな陽イオン種が反応を繰り返すことにより成長していることを明らかにした[1]。陽イオンの成長過程については本討論会での発表 3P161 において詳しく議論している。本研究では、水素原子を含んだ系において生成している中性種や陽イオン種を同定するため、Ar/CHF₃ プラズマおよび Ar/CF₄/H₂ プラズマ下流で質量分析を行った。

【実験】図 1 に実験装置の概略図を示す。Ar と CHF₃ を全圧 1.1 Pa のもと、マスフローコントローラで流量を制御して種々の分圧でチェンバー内に導入し、150 W の RF 電力を供給して誘導結合プラズマを発生させた。プラズマの中心部分から 90 cm 下流に存在する陽イオンを直接四重極質量分析器へ導き、1–410 amu の範囲で質量スペクトルを測定した。また中性化学種に Li⁺イオンを付着させ、中性化学種を全く解離させずに質量分析スペクトルを測定した。比較の為に、Ar、CF₄、H₂ をチェンバー内に導入してプラズマを発生させ、同様の実験を行った。

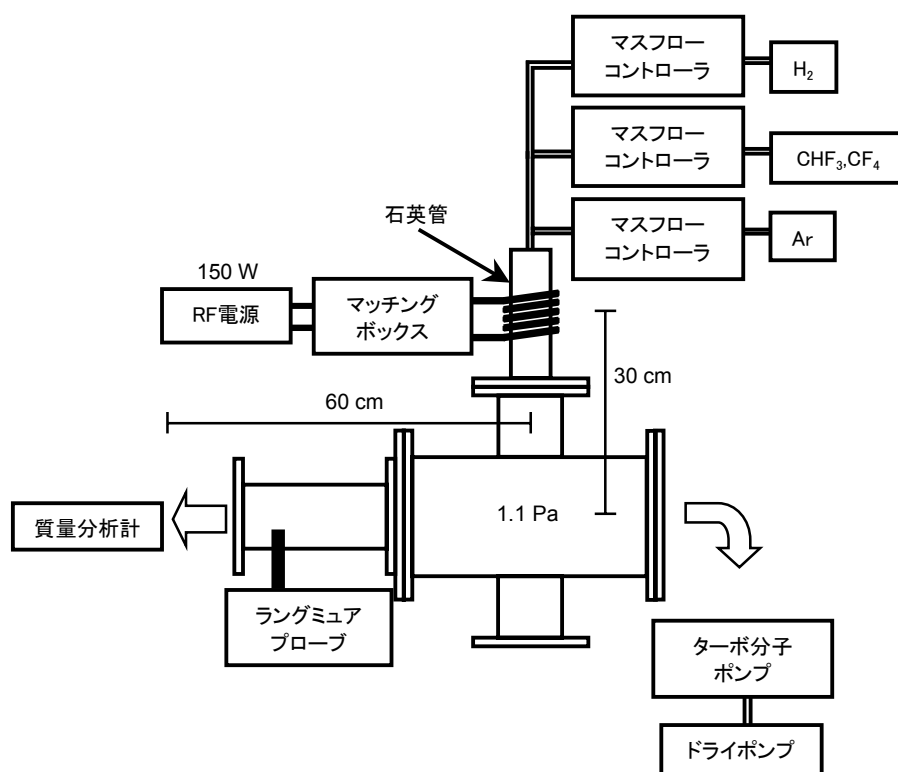


図 1. 実験装置の概略図

【結果】図 2 は Ar/CHF₃ プラズマ (CHF₃ の分圧 0.15 Pa) 下流で測定した陽イオンの質量スペクトルである。比較のために図 3 には Ar/CF₄ プラズマ下流で測定した陽イオンの質量スペクトルを示す。CHF₃ の場合の陽イオン測定では、CF₄ の場合と同様、C_nF_{2n+1}⁺、C_nF_{2n-1}⁺、C_nF_{2n-3}⁺、C_nF_{2n-5}⁺ 系列に加えて、C_nF_{2n-1}⁺ 系列の高質量数側に、水素原子を 1 個または 2 個追加した C_nHF_{2n-1}⁺ 系列、C_nH₂F_{2n-1}⁺ 系列が観測された。この 3 系列の強度を比較すると、C_nF_{2n-1}⁺ 系列 > C_nH₂F_{2n-1}⁺ 系列 > C_nHF_{2n-1}⁺ 系列であった。これは C_nF_{2n-3}⁺ 系列、C_nF_{2n-5}⁺ 系列につ

いても同様のことが言える。また、 CF_4 の場合では非常に弱かった $C_nF_{2n}^+$ 系列と $C_nF_{2n-2}^+$ 系列が CHF_3 の場合では非常に強く観測され、さらに、 $C_nF_{2n-4}^+$ 系列、 $C_nF_{2n-6}^+$ 系列も現れた。この系列についても水素原子を 1 個追加した $C_nHF_{2n}^+$ 、 $C_nHF_{2n-2}^+$ 、 $C_nHF_{2n-4}^+$ 、 $C_nHF_{2n-6}^+$ 系列に加え、水素原子を 3 個追加した $C_nH_3F_{2n-2}^+$ 系列も存在している。 $C_nF_{2n-4}^+$ 系列、 $C_nF_{2n-6}^+$ 系列も $C_nF_{2n-2}^+$ 系列と同様のことが言える。

中性化学種では、 CF_4 の場合に観測された C_nF_{2n+2} 、 C_nF_{2n} 、 C_nF_{2n-2} 、 $C_nF_{2n-4}^+$ 系列に加えて、 C_nHF_{2n+1} 、 C_nHF_{2n-1} 、 C_nHF_{2n-3} 、 C_nHF_{2n-5} 系列が観測され、フッ素数が $2n$ 個以下の系列においては、水素原子を 2 個追加した化学種も観測された。これら水素原子を含む陽イオン種や中性種の成長過程について、検討を進めている。

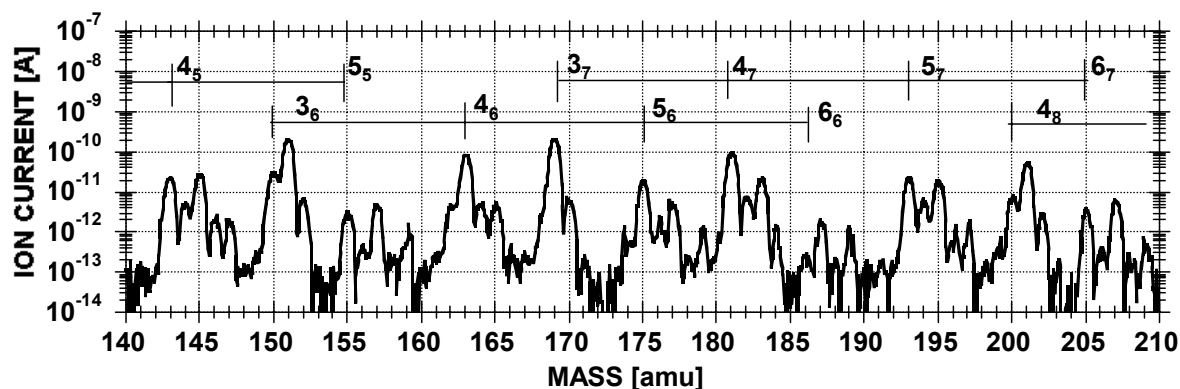


図 2. Ar/ CHF_3 プラズマ下流における陽イオンの質量スペクトル(質量数 140–210 領域)。図中の M_N は $C_MF_N^+$ 、 M_N^H は $C_MF_NH^+$ を表す。

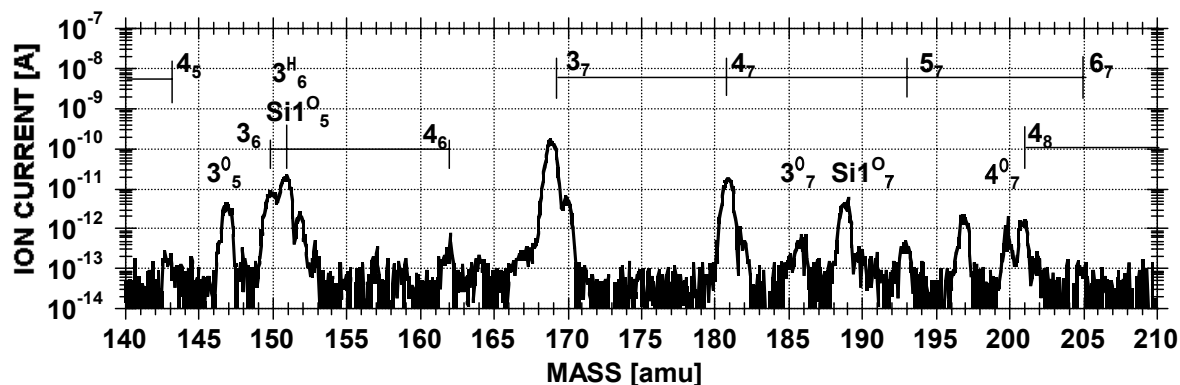


図 3. Ar/ CF_4 プラズマ下流における陽イオンの質量スペクトル(質量数 140–210 領域)。図中の M_N は $C_MF_N^+$ 、 M_N^H は $C_MF_NH^+$ 、 M_N^O は $C_MF_NO^+$ 、 SiM_N^O は $SiC_MF_NO^+$ を表す。

【参考文献】

[1] K. Furuya, S. Yukita, H. Okumura, and A. Harata, Chem. Lett., 34 (2005) 224.

【謝辞】 本研究の一部は科学研究費補助金(No. 17540471)の助成により行われたことを記し、謝意を表します。また、イオン付着質量分析装置の導入にご尽力いただきました伊藤 仁博士(ASET)と、アネルバテクニクス(株)の方々に感謝いたします。