

電子サイクロトロン共鳴イオン源の動作条件が最適化された イオンビーム減速特性に与える影響

Optimized Deceleration Characteristics of Multicharged Ion Beams from Electron Cyclotron Resonance Ion Source

阪大院工 °佐藤滉一, 針崎修平, 久保渉, 大和田一誠, 津田知輝, 阿南雅大, 加藤裕史

Osaka Univ., °K. Sato, S. Harisaki, W. Kubo, I. Owada, K. Tsuda, M. Anan and Y. Kato

E-mail: k.sato@nf.eie.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】現在, 人工衛星の宇宙空間における航行において, 衛星寿命を 10~15 年保障する必要がある. 人工衛星のイオン推進エンジンの燃料として Xe が使用されている. このエンジンからの低エネルギーXe イオンの照射やスパッタリングによる構成材料への蓄積ダメージが問題となっている. しかし, 衛星構成材料のデータが不十分なため, 低エネルギー領域(1keV 以下)におけるイオンビームのスパッタリング収率データベースを実験的に構築する必要がある. 本研究では高電圧で引き出し, 低エネルギーかつ単一の Xe^{q+} イオンビームを輸送, 減速を最適化した後に照射し, 材料に対するスパッタリング収率を実験的に調査している. 本研究で使用するのは各種イオンビームを生成する電子サイクロトロン共鳴イオン源(Electron Cyclotron Resonance Ion Source:ECRIS)である. 照射実験では数百 eV 程度のビームエネルギーの制御を行うため, 数十 eV のイオン源内でのプラズマの空間電位の寄与が無視できない. より正確な照射実験を行うためにはイオン源プラズマパラメータのイオンビーム減速特性への影響の把握が必要である. 本研究では異なるイオン源動作条件における最適化したイオンビーム減速特性並びにプラズマ内部パラメータの評価を行う. 本講演では, これらの詳細について報告する.

【実験方法】本実験では, 真空チャンバー内部に Ar および Xe ガスと 2.45GHz のマイクロ波を導入し $10^{-3} \sim 10^{-4}$ Pa 程度の動作圧力でプラズマを生成する. イオン源に取り付けられたラングミュアプローブにてプラズマ内部パラメータの測定を行う. 三枚の単孔電極 PE, E1, E2(それぞれ電圧 V_{PE}, V_{E1}, V_{E2})から構成されている引き出し電極によりイオンビームとして引き出す. 引き出されたビームはビームライン上のアインツェルレンズ(EL1)で収束し, ステアリングコイル(S1,S2)で偏向され最適化される. また, 分析磁石により質量分析を行うことでビームライン上のファラデーカップ(FC)でイオンビームの質量価数分布(Charge State Distribution:CSD)を取得する.[1] ビームライン下流側にはイオンビーム照射系(Ion Beam Irradiation System:IBIS)を構築している. IBIS はエミッタンス測定等を行うイオンビーム計測部と, ターゲットへイオンビーム照射を行う照射部により構成されている.[2] IBIS に導入されたイオンビームは計測部, 照射部のアインツェルレンズ(EL2, EL3)で最適化される. 照射部は減速電圧(V_D)を印加でき, これによってイオンビームを減速させる. 後端の FC_i で電流測定を行い, ケーシングにより二次電子の影響を抑える.[3]

【実験結果】Fig.1 に A 高圧力,マイクロ波低パワーおよび B 低圧力,マイクロ波高パワーでそれぞれ最適化された Ar^{q+} イオンビームの減速特性を示す.それぞれの条件下でビームエネルギーが負の領域で電流値が 0 となることが確認され, 比較すると動作条件の違いによってビーム電流値が 0 となるビームエネルギーの値に違いが見られることがわかる. また, B の条件下では Ar^{q+} ビーム電流値が 0 となるビームエネルギーについて, 価数依存性が見られる. また, これらの条件下での減速特性から得られる空間電位と, プローブにより測定したプラズマの空間電位について相関性が見られた. 本講演では様々なイオン源動作条件での減速特性の詳細とプローブより測定した内部パラメータの比較の結果, 減速時のビームプロファイルについて報告する予定である. [1,2]佐藤滉一,他第 81 回応用物理学会秋季学術講演会(2020) [3]佐藤滉一,他第 68 回応用物理学会春季学術講演会(2021)

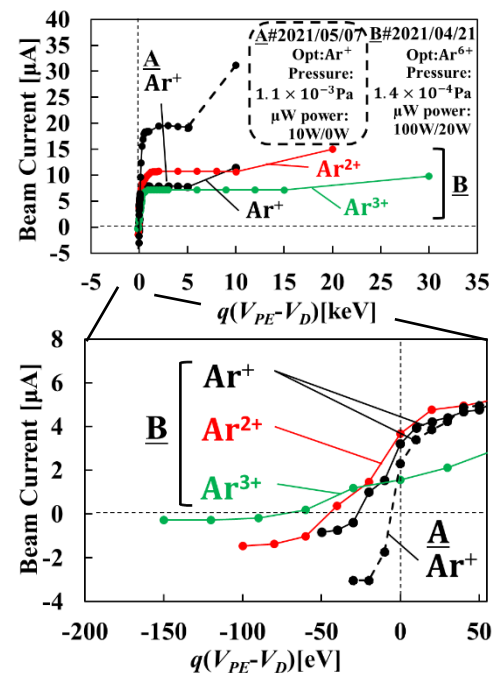


Fig.1 動作条件での Ar^{q+} 減速特性の比較