

低エネルギーXe イオンビーム照射による衛星材料の損傷評価のための 引き出し電極・ビームラインの改良

Improvement of extractor and beam line for estimating the damage of satellite materials by low energy Xe ion beam irradiation

阪大院工, [○]竹田樹人, 大西広司, 濱田滉太, 奥村一起, 大森貴之, 加藤裕史
Osaka Univ., [○]T. Takeda, K. Onishi, K. Hamada, K. Okumura, T. Omori and Y. Kato

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

【はじめに】電気推進機は従来の化学燃料と比べて比推力が高いという特徴を持ち、人工衛星に広く搭載されている。10~15 年にわたる長期間の運用においては、電気推進機から射出される低エネルギー(100~1000eV)イオンビームによる衛星材料のスパッタリング損傷が問題となっている。また、このような低エネルギー領域に対する実際の衛星構成材料のスパッタリングデータが十分でないことから、実験的な評価が必要となっている。そこで、本研究の電子サイクロトロン共鳴(Electron Cyclotron Resonance: ECR)イオン源を用いて、実際の衛星材料に低エネルギーイオンビームを照射し、スパッタリング量を定量評価することを目指している。

【経緯と改良指針】低エネルギーイオンビームは空間電荷効果により発散し電流値が減少するため、本研究では高電圧で引き出し、照射直前で減速させる照射実験系(Ion Beam Irradiation System: IBIS)を構築している[1]。過去のビーム減速実験の結果、ビーム減速時の電流密度分布の測定が困難であることに加え、1keV 以下の照射は現状の電流量では長時間となるため、効率的に実験を行うには電流量の向上が必要であることが分かった[2]。そこで、2018 年 6 月に発生した大阪北部地震からの実験装置の復旧に際して、引き出し電極とビームラインについて三点の変更を行った。i) 永久磁石を延長し、電極位置における磁場閉じ込めの改善を行った。ii) 絶縁改善のために各電極の径方向距離の拡大を行った。iii) IBIS の後端に減速時の電流密度分布測定可能な多チャンネル FC を設置した。本研究では改良前後での引き出される全イオンビーム電流量、多価イオンビーム電流量について比較し、改良結果について評価する。

【装置図】Fig.1(a),(b)に改良前後の引き出し電極の概要図を示す。ECR イオン源中央に座標原点を取り、ミラー磁場軸を z 軸とする。引き出し電極は 3 枚の単孔電極 PE, E1, E2 から構成され、各電極に印加される電圧を V_{PE} , V_{E1} , V_{E2} とする。通常 $V_{PE}=10\text{kV}$ の電圧を印加しイオンビームを引き出す。E1 と E2 はそれぞれ絶縁されており、E1 は独立で -5kV から 10kV の範囲で変化させ最適化を行い、E2 はグラウンドに接続されている。今回、プラズマ閉じ込めを改善するため永久磁石の長さを 500mm から 850mm へと変更し、それに伴い PE 電極位置とコイル B 中心位置を $z=414$ から $z=425$ へ変更した。また、本体とビームラインの絶縁フランジを ICF152 から ICF203 へと変更することで、PE, E1, E2 各電極の径方向距離を拡大し絶縁を改善した。Fig.2(a),(b)に改良前後での磁力線の計算結果を示す。磁石を延長することで磁力線が装置壁方向へ開いていることが確認できる。磁力線に沿った磁束密度値からミラー比を計算すると磁力線が開いている箇所において局所的にミラー比が高くなっていることが分かった。また、ビーム電流分布測定用に小径のファラデーカップを一行に配置した多チャンネルの FC を IBIS 最下流側に設置した。本講演では改良後の装置におけるプラズマ測定、ビーム引き出し実験の結果について報告する予定である。

[1]大塚拓郎,他 第 64 回応用物理学会春季学術講演会(2017) [2]竹田樹人,他 IIT(2018)

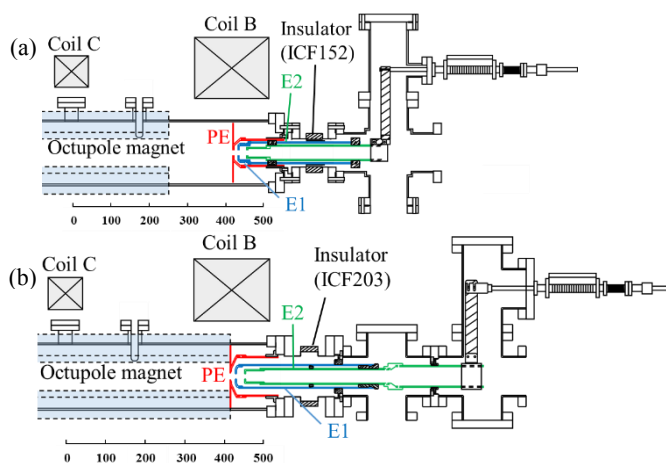


Fig.1 (a)改良前と(b)改良後の引き出し電極概要図

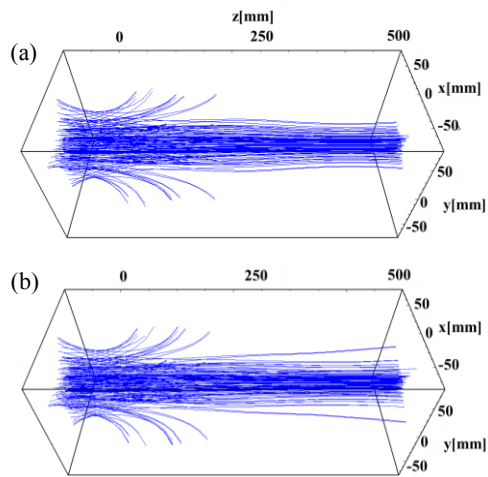


Fig.2 (a)改良前と(b)改良後の磁力線計算結果