電子源技術を使った超小型宇宙推進機の開発

Development of Micro Space Propulsion Using Electron Source Fabrication Techniques

横国大工 [1]，産総研 [2]，京大工 [3]
°鷹尾 祥典 [1]，(M1) 井上 直樹 [1,2]，(M1) 江本 一磨 [1]，(B) 山田 涼平 [1]，
土屋 智由 [3]，長尾 昌善 [2]，村上 勝久 [2]
YNU [1], AIST [2], Kyoto Univ. [3]
°Yoshinori Takao[1], Naoki Inoue[1,2], Kazuma Emoto[1], Ryohei Yamada[1],
Toshiyuki Tsuchiya[3], Masayoshi Nagao[2], Katsuhisa Murakami[1]
E-mail: takao@ynu.ac.jp

近年、超小型人工衛星（< 数 10 kg）の研究開発が盛んであり、年間打ち上げ基数も 100 基を越える状態になっている [1]。しかし、そのうち大部分は 10 kg 以下と非常に小さい一方、従来型推進機は重くかさばる高圧ガスタンクを必要とするため、推進機をほとんど搭載できていない。

このような中、高圧ガス系を排除するため、蒸気圧がほぼゼロとなるイオン液体を推進剤とし電界放出現象を利用したエレクトロスプレー式推進機（ILEST: Ionic Liquid ElectroSpray Thruster）が注目を集めており、特に欧米で早くから盛んに研究が行われている。

図 1 に ILEST の概略図を示す。エミッタとエクストラクタの各電極間に高電圧を印加し、イオンビームを引き出すことで推力を得る。ここで、イオン液体は陽イオン（カチオン）と陰イオン（アニオン）のみから構成されるため、両極性パルス電圧を繰り返し印加することにより両イオンが引き出せ、自己中和するとともにカチオンと同程度の質量があるアニオンも推力に寄与する利点がある。

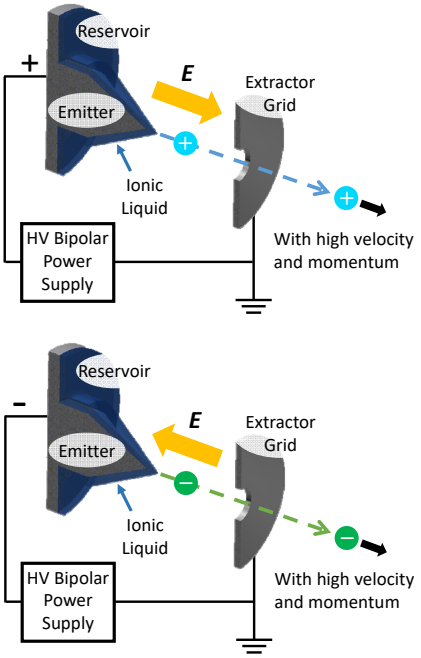

Fig. 1. Schematic of the ILEST [2].

しかし、エミッタ 1 つから抽出される電流は非常に小さく（< ~ 1 μA）、推進機として利用するには大規模なエミッタアレイを製作する必要がある。これまでに一般的な MEMS 技術を利用することで、数 100 μm スケールの間隔を持つエミッタアレイは製作されているが、従来型推進機と比較して 1 桁以上推力密度が小さかった。

本研究では、数μm スケール間隔となるエミッタアレイを製作することで推力密度の飛躍的な向上を目的に、電界放出電子源（FEA: Field Emitter Array）の製作技術を利用して高実装密度イオン源を製作した。その結果とともにイオンビーム抽出過程の数値解析結果も合わせて紹介する。

[1] Nano/Microsatellite Market Forecast 2017, SpaceWorks Enterprises, Inc.
[2] K. Nakagawa, T. Tsuchiya, and Y. Takao, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 06GN18 (2017).

© 2018年 応用物理学会