

二重エミッタ電極構造の 高密度エレクトロスプレースラスタの作製

SATテクノロジー・ショーケース2020

■ はじめに

超小型衛星は低コストかつ短期間での開発が可能であり、その打ち上げ数は年々増加している。最近では複数の衛星を連携させて運用する衛星コンステレーションや深宇宙探査等の高度なミッションが計画および実施されている。このようなミッションには姿勢制御や能動的な軌道変更を行うための推進機が必要である。種々な推進機の中で、イオン液体を推進剤とするエレクトロスプレースラスタが注目されている。イオン液体は蒸気圧が極めて小さく、真空中でも液体として存在する。この性質により、気体推進剤を使用する場合に必要な高圧ガス系が不要となり、推進系の大幅な小型化を実現可能である。一方、エレクトロスプレースラスタは得られる推力密度が小さいため、エミッタの高密度実装による推力密度増大が必要である。我々はFEA (Field Emitter Array) の作製工程を応用して、従来型と比べ4桁大きい最大約400万个/cm²のエミッタ数密度を有するエレクトロスプレースラスタの開発を行ってきた。

これまでにこのエレクトロスプレースラスタの高密度エミッタアレイ作製とイオン引き出し実験を報告してきたが、電極間へのイオン液体漏出により、エミッタ数密度の飛躍的な向上に対して想定できる引き出し電流密度が得られていない。そこでエミッタアレイの構造を改良することによってイオン液体の漏出を防止し、引き出し電流密度向上を図る。本研究ではイオン液体の漏出防止が期待できる構造として、キャピラリー型の電極内部にニードルを配した二重電極構造のエミッタアレイ作製を目的とする。

■ 開発内容

1. 概要

図1に作製したエミッタアレイの模式断面図を示す。推進剤となるイオン液体は裏面開口部より供給され、エミッタ電極とエクストラクタ電極の電位差によってイオン液体からイオンを引き出す。エミッタはキャピラリー内部にニードルを配したキャピラリー・ニードル構造を有し、キャピラリーとニードルの隙間に極めて狭い流路を形成する。これによりイオン液体の流動抵抗を増加させることができ、また濡れ性の良い金属製のニードル表面でイオン液体を保持することが可能なため、イオン液体の漏出防止が期待できる。

2. 作製方法

高密度エミッタアレイの作製はFEAの作製プロセスを基に、半導体製造に使用される微細加工技術を用いて行った。特に、フォトリソグラフィと深掘りエッチングの工程は、

変量多品種製造に適したミニマルファブを利用して行うことで試作スピードの向上を実現した。また、作製工程において、円錐形状のニードルは十字形のパターン上に作製した。これによって、ニードルをキャピラリー内に配置しつつ、十字パターンのコーナー部を通るイオン液体流路の確保を同時に実現することができる。

3. 作製結果

図2に作製したエミッタアレイのSEM画像を示す。図2 (a)より、エミッタが10 μmピッチで作製できており、約100万个/cm²のエミッタ数密度を実現した。また、図2 (b)から、キャピラリー開口径が0.6 μmとなっており、その内部にニードルが存在することが確認できる。これにより二重エミッタ電極構造の形成に成功し、キャピラリーとニードルの間に極めて狭いイオン液体流路を実現した。

■ 今後の予定

今回作製した二重エミッタ電極のエミッタアレイを用いたイオン引き出し実験を行い、イオン液体漏出防止効果の検証および電流電圧特性の取得を行う予定である。

■ 関連情報等 (特許関係, 施設)

特許: 特開2018-63946「イオン源」 鷹尾祥典 他

本研究の一部はJSPS科研費JP18H01623, 双葉電子記念財団, および, JAXA研究開発部門の助成を受けて行われたものである。

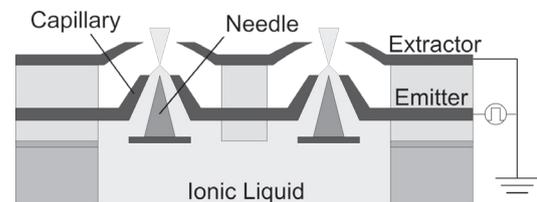


図1 エミッタアレイの模式断面図

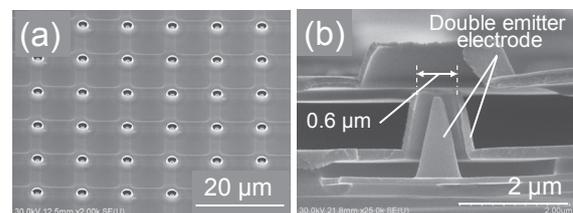


図2 エミッタのSEM像 (a) 10 μmピッチで並べられたエミッタ, (b) エミッタの断面

代表発表者 鈴木 貴太(すずき かんた)
所属 横浜国立大学大学院 理工学府
機械・材料・海洋系工学専攻
産業技術総合研究所
ナノエレクトロニクス研究部門
問合せ先 〒240-8501
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
TEL:045-339-3014

■キーワード: (1)電気推進
(2)エレクトロスプレースラスタ
(3)フィールドエミッタアレイ
■共同研究者: 長尾 昌善, 村上 勝久 (産総研)