P-40

地球・宇宙

厚膜レジスト SU-8 を用いた エレクトロスプレースラスタの作製

■ はじめに

近年，低コストかつ短期間で開発可能な10 kg以下の超小型衛星の打ち上げ数が増加傾向にある．最近ではコンステレーションのような高度なミッションに超小型衛星を用いる計画が増えている．このようなミッションでは衛星の軌道制御を行うため，推進機を搭載する必要がある．

推進剤にイオン液体を用いるエレクトロスプレースラスタは，推進剤供給系の小型化が可能であり，超小型衛星に搭載する推進機として注目されている．一方で，得られる推力密度が小さく，エミッタの高密度実装による推力密度の増加が必要である．これまでにエミッタ間距離5 μm，エミッタ実装密度約400万個/cm^{2}のナノキャピラリエミッタアレイの作製に成功した．これは従来型のエミッタ実装密度480個/cm^{2}と比較して約4桁増となり，その結果，世界最高となる43 mA/cm^{2}の電流密度が得られた．しかし，エミッタ間距離の縮小によって電極間距離も1 μm程度まで狭まったため，十分な推力を得るための数百V程度の高電圧印加ができなかった．絶縁破壊を防ぎながら十分な推力を得るためには別途加速電極を要するため，システムが複雑になる．

そこで電極間絶縁層に厚膜レジストSU-8を利用し，電極間距離をナノキャピラリエミッタアレイの10倍となる10 μmにしたSU-8エミッタアレイを提案する．図1にSU-8エミッタアレイの断面概略図を示す．基板裏側からエミッタにイオン液体を供給し，ディスタル電極とエクストラクタ電極間に電圧を印加することでエミッタ先端からイオンを放出し，推力を得る．SU-8のフォトリソグラフィにおける露光解像度は数十μmであるため，エミッタ実装密度は約1万個/cm^{2}である．これは従来型の約2桁増，ナノキャピラリエミッタアレイの約2桁減になるが，電極間に数百V程度の電圧を印加することができ，加速電極のない簡素な推進系の実現が期待できる．本研究ではこのSU-8エミッタアレイの作製を目的とした．

■ 活動内容

1．SU-8エミッタアレイの作製

フォトリソグラフィ，反応性イオンエッチング，スパッタリング，真空蒸着，化学気相成長等を用いて以下の手順でエミッタアレイを作製した．

(1) エッチバック技術を用い，Si基板上に先端に穴の開いたコーン状のSiNエミッタを作製する．
(2) 電極間絶縁層として開口パターンを有したSU-8形成する．
(3) SU-8 上に Nb エクストラクタ電極を形成する．
(4) 基板の裏面に Cr ディスタル電極を形成する．深掘りエッチングで基板裏面を開口して，イオン液体リザーバを形成する．

2．作製結果

図2(a) に全工程終了後のエミッタアレイの表面SEM画像を示す．SU-8穴パターンの中に先端が開口したSiNエミッタを確認できる．エミッタ間距離は30 μmであった．図2(b) にエミッタを拡大したSEM画像を示す．エミッタが先端径約2 μmで開口しており，キャピラリ型エミッタ構造を得られたことが確認できる．以上より，図 1で示したSU-8エミッタアレイの作製に成功した．

■ 関連情報等（特許関係、施設）

本研究成果の一部は，JSPS 科研費 JP21H01530，キヤノン財団，双葉電子記念財団の助成を受けたものである．

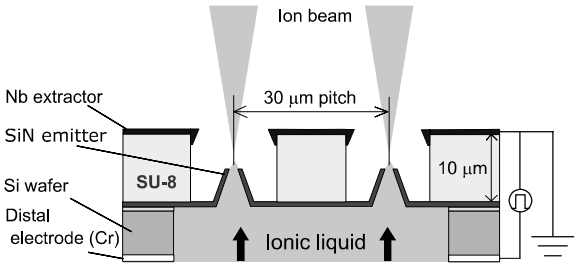

図 1　SU-8 エミッタアレイの断面概略図

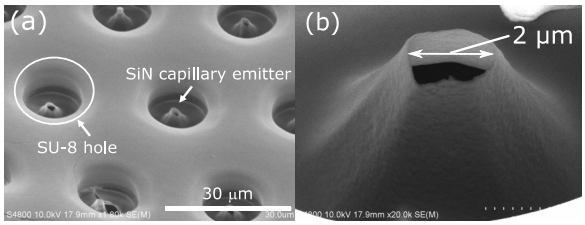

図 2　エミッタの SEM 画像，(a) 30 μm で並べられたエミッタ，(b) 拡大した 1 つのエミッタ

代表発表者　新宮　拓実（しんぐう　たくみ）
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
デバイス技術研究部門
問合せ先　〒240-8501
神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5
TEL：045-339-3889

■キーワード：(1) エレクトロスプレースラスタ
(2) SU-8
(3) 電気推進

■共同研究者：長尾　昌善，村上　勝久，村田　博雅（産総研），鷹尾　祥典（横国大）