

博士論文(要約)

アノードレイヤ型ホール推進機への
磁気シールドング適用に関する研究

(Application of Magnetic Shielding
to Anode Layer Type Hall Thrusters)

濱田 悠嗣

論文内容の要約

電気推進機の一つであるホールスラスタには、マグネティックレイヤ型とアノードレイヤ型があり、アノードレイヤ型はマグネティックレイヤ型に比べ高効率、軽量なうえ、長寿命が期待されるなどの利点があるとされる。しかしながら先行研究における損耗率測定では、マグネティックレイヤ型と同程度の損耗率が報告されており、実用化にむけてはより低損耗な推進機設計指針が必要である。本研究では、磁気シールドイングと呼ばれる磁力線設計法の適用により、プラズマ生成加速領域を放電室出口付近に押し出し、放電室壁表面への流入電流測定を抑えることでの壁面損耗低減を期待している。

第1章は序論であり、研究の背景及び目的を述べている。ホールスラスタにおける磁束密度最大点とプラズマ加速領域の位置関係に関する理論、イオンパツタによる壁面損耗の原理、およびマグネティックレイヤ型での磁気シールドイング適用研究をレビューし、アノードレイヤ型において壁面損耗低減の可能性を述べている。

第2章では、磁気シールドイングを搭載した RAIJIN66 と呼ばれるアノードレイヤ型 2kW 級ホールスラスタの設計指針を述べ、基本性能を評価している。トリムヨークと呼ばれる磁極部品を導入し磁束密度最大点を押し出す磁力線設計が行われており、先行して開発された 5 kW 級ホールスラスタ RAIJIN94 と磁力線形状の相似性および放電室形状の相似性を有する設計である。これにより、本実験の結果が、5 kW 級推進機へとフィードバック可能なものであると述べている。

第3章では、特に推力密度の高いアノードレイヤ型推進機のプラズマ診断において、フィラメント加熱電力を適切に管理する方法を開発した。適切な電力範囲を定義し加熱電力量を制御することで、測定に必要な熱電子放出量を維持しつつ、金属探針の熱溶解を避けて効率的にエミッシブプローブ測定を行うことができる。数回のテスト測定から作動条件に対して必要な加熱電力量の範囲を探索し、30 回以上の挿入を経てもなお連続してプラズマ診断を行える手法であることを示している。

第4章では、壁面イオン電流密度測定に基づいて壁面損耗率を推定している。トリムヨーク付加、および放電電圧を 200 V から 300 V に高めることによりイオン電流密度が低減されることを示している。マグネティックレイヤ型の先行研究と比較して、壁面に流入するイオンエネルギーは大きいながらも電流密度が減少するため、磁気シールドイング適用により 1 万時間超の長寿命がアノードレイヤ型推進機においても期待できると結論付けている。

第5章では、第3章で開発したエミッシブプローブ加熱量管理の手法を用いてプラズマ加速領域の同定をし、壁面イオン電流密度の低減効果との関係を議論している。トリムヨークの付加によって放電室出口付近に加速領域が押し出され、さらに 200 V から 300 V の高放電電圧印可時に出口付近の軸方向電界が変化しイオン引出しが改善されたこと等から、イオン電流密度低減の効果を説明している。さらに 2 次元のプラズマ電位測定の結果、推進剤ガスの供給路の外側にプレシースが存在し、生成されるイオンのうち同領域で生成し流れ込むものの割合は限定的であるとしている。

第6章は結論であり、本研究で得られた結果を要約している。

以上要するに、本論文はアノードレイヤ型ホールスラストに磁気シールドリングを搭載した際の壁面イオン電流低減効果を実験的に明らかにしたものであり、これらの結果からアノードレイヤ型ホールスラストにおいても1万時間超の長寿命が期待できることを示している..