

審査の結果の要旨

氏名 濱田 悠嗣

修士（科学）濱田悠嗣提出の論文は「アノードレイヤ型推進機への磁気シールドリング適用に関する研究」と題し、6章と付録から成っている。

電気推進機の一つであるホール推進機には、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高効率、軽量なうえ、放電室壁面の損耗が少なく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壁面損耗率測定では、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、実用化に向けてより低損耗な推進機設計が必要である。本研究では、マグネティックレイヤ型において磁気シールドリングという印可磁場設計法を適用することより壁面損耗が低減されることに着目し、アノードレイヤ型においても磁気シールドリングを適用し、プラズマ加速領域を放電室出口付近まで押し出して放電室壁面へのイオンスパッタを抑えることで、壁面損耗率の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。ホール推進機における印可磁場の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、イオンスパッタによる放電室壁面損耗の原理、およびマグネティックレイヤ型での磁気シールドリング適用研究例についてレビューをした後、アノードレイヤ型においても磁気シールドリングを適用することによる壁面損耗低減の可能性について述べている。

第2章では、磁気シールドリングを適用したRAIJIN66と呼ばれるアノードレイヤ型2kW級ホール推進機的设计指針を述べ、その基本性能を評価している。RAIJIN66の磁力線形状は、トリムヨークと呼ばれる磁極部品を付加することによって磁束密度最大点が放電室の外側に位置するよう設計されており、先行して開発が始まった5kW級ホール推進機RAIJIN94と磁力線形状および放電室形状の相似性を有している。そのためRAIJIN66で得られた壁面損耗率低減に関する知見は、将来RAIJIN94の改良にもフィードバックが可能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ホール推進機のプラズマ診断を行う際にプラズマ内部に挿入する金属製静電探針の熔融を防ぎ、高速で効率的に計測を行うことを目的として、エミッシブプローブの加熱電力を適切に管理する方法を開発している。適切な電力範囲を定義し加熱電力量を制御することで、30回以上のプローブ挿入を経ても熔融することなく、結果として真空チャンバーの大気開放を行うことなくプラズマ診断を続けて行える手法であることを示している。

第4章では、推進機作動中に放電室壁面に流入するイオン電流密度を測定し壁面損耗率を推定している。トリムヨークの付加、および放電電圧を200Vから300Vに高めることによって壁面イオン電流密度が顕著に低減されることを定量的に示している。さらにマグネティックレイヤ型で計測された壁面損耗率と比較して、壁面に流入するイオンのエネルギーは増大するものの電流密度が大きく減少するため、結果としてアノードレイヤ型においても1万時間を超える十分な推進機寿命が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位置を同定し、壁面イオン電流密度の低減効果との相関を議論している。測定された空間電位分布が示すプラズマ加速領域、すなわち電界強度が最大となる位置は、トリムヨークを付加することにより放電室出口付近に押し出され、放電電圧を200Vから300Vに高めることによってさらに外側に押し出されることが示され、第4章で得られた壁面イオン電流密度低減効果をプラズマ加速領域の移動から説明することに成功している。さらに2次元の空間電位分布測定の結果、壁面から形成されるプレシースが推進剤ガスの供給路の外側に存在し、プレシース内で生成され壁面に流れ込むイオン流束は限定的であり、この構造がマグネティックレイヤ型より壁面イオン電流密度が小さい理由であると述べている。

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推進機に磁気シールドリングを適用することにより、プラズマ加速領域が放電室出口まで押し出され、その結果として放電室壁面のイオン電流密度が顕著に低減され、1万時間を超える推進機寿命が期待できることを示しており、その成果は、先端エネルギー工学、特に宇宙推進工学上貢献するところが大きい。

よって本論文は博士（科学）の学位請求論文として合格と認められる。

以上 1841 字