

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	西岡 宗
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学教授	工学博士 畑山 明聖
	副査	慶應義塾大学准教授	工学博士 横井 康平
		慶應義塾大学准教授	博士(工学) 中野 誠彦
		慶應義塾大学教授	博士(工学) 泰岡 顕治
<p>(論文審査の要旨) 学士(工学)、修士(工学) 西岡宗君提出の博士学位請求論文は「Study of formation mechanism of ion-ion plasma layer and negative ion beam optics in negative hydrogen ion sources (水素負イオン源におけるイオン性プラズマ層の形成機構と負イオンビーム収束性に関する研究)」と題し、全6章から構成されている。</p> <p>現在、水素負イオン源は核融合プラズマ加熱装置、高エネルギー物理学用加速器、医療用加速器などで幅広く応用されている。これらの応用における共通の開発課題として、引き出し負イオンビームの電流密度および収束性の向上が挙げられる。近年、電流密度向上を目指し、イオン源ビーム引き出し孔近傍(引き出し領域)で水素負イオンを生成し、ビームとして引き出す、いわゆる表面生成型水素負イオン源の開発が進められてきた。このような水素負イオン源では、引き出し領域において水素正イオンと水素負イオンからなるイオン性プラズマ層が観測されている。しかしながら、イオン性プラズマ層の形成機構は未解明である。さらに、イオン性プラズマ層から引き出される水素負イオンビームの収束性は、イオン性プラズマの空間電位構造に大きく依存する。したがって、イオン性プラズマ層形成機構の解明とその電位構造の制御は負イオンビーム収束性の向上に対して必須の課題である。以上の背景を踏まえ、本論文では水素負イオン源引き出し領域を対象とした数値計算モデルを構築し、イオン性プラズマ層形成機構の解明と、イオン性プラズマ層が負イオンビーム収束性へ与える影響を明らかにすることを目的としている。</p> <p>第1章は、序論であり本研究の目的と意義が述べられている。</p> <p>第2章では、本論文の著者が新たに開発した3次元プラズマ超粒子シミュレーションモデル(以下3D PICモデルと呼ぶ)について説明されている。本モデルを用いることにより、負イオン引き出し領域中の3次元電位構造、磁場配位を考慮した上で、電子、正イオン、負イオンの運動を自己矛盾なく解析することが可能である。</p> <p>第3章では、開発した3D PICモデルを用いて、イオン性プラズマ層の形成機構について議論している。従来の3D PICモデルで考慮されてこなかった電子温度制御用のフィルター磁場に沿った大域的な電子損失過程を、磁力線平行方向と垂直方向それぞれの電子閉じ込め時間を考慮することにより、数値的にモデル化したことを特徴とする。これにより、従来の3D PICモデルでは困難であったイオン性プラズマ層の再現に初めて成功している。</p> <p>第4章では、イオン性プラズマ層がビーム収束性へ与える影響を明らかにするため、第3章で構築された3D PICモデルを用いて引き出し孔近傍の空間電位構造を詳細に解析している。解析結果から、イオン性プラズマ層が形成されることで負イオン放出面(メニスカス)の曲率が増大し、その結果、引き出し負イオンビームが過収束し、ビーム収束性が悪化することを明らかにしている。</p> <p>第5章では、水素負イオンの負イオン源からの引き出し機構とそのビーム収束性に対する影響を詳細に論じている。プラズマ電極表面で生成された水素負イオンは、表面近傍のいわゆるシース電位効果により引き出し方向とは逆方向、すなわちイオン源内部に向かって加速される。このような水素負イオンが、何故、引き出し方向の速度成分を持ちイオン源内部から引き出されるのかは未解明であった。本論文の著者は、上述の3D PICモデルに表面生成水素負イオンと水素正イオンとのクーロン衝突を考慮することで、イオン源内部からの負イオン引き出しを再現することに成功している。さらに、イオン源内部から引き出された負イオンは、主として比較的曲率の小さいメニスカス中央部を通過する。したがって、水素負イオンビームは過収束することは少なく、ビームハロ成分も減少する。以上の計算結果は、実験におけるビーム電流密度の大きさはもちろん、ビームコア成分に対する発散成分(ビームハロ成分)の割合などのビーム収束性の指標も実験と定量的によい一致を示している。</p> <p>第6章は、本論文の結論であり、得られた成果および今後の展望を述べている。</p> <p>以上、要するに本論文は、水素負イオン源内部に生成されるイオン性プラズマ層形成機構と負イオンビーム引き出し、およびそのビーム収束性への影響を論じたものであり、収束性に優れた水素負イオン源の設計・開発に寄与することが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士(工学)の学位を受ける資格があるものと認める。</p>			
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査委員会で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学(英語)についても十分な学力を有することを確認した。</p>		