

氏名(本籍)	いしもと ゆう き 石本祐樹(兵庫県)
学位の種類	博士(理学)
学位記番号	博甲第3111号
学位授与年月日	平成15年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
審査研究科	物理学研究科
学位論文題目	Study of the Carbonized Plasma Facing Component and Its Application to the GAMMA 10 Tandem Mirror (炭素材料を用いたプラズマ対向機器に関する研究とそのGAMMA 10への適用)
主査	筑波大学教授 理学博士 谷津 潔
副査	筑波大学教授 理学博士 大塚 洋一
副査	筑波大学助教授 理学博士 板倉 昭慶
副査	筑波大学助教授 工学博士 中嶋 洋輔

論文の内容の要旨

本論文は、電場と磁場でプラズマを閉じ込めるタンデムミラー型装置ガンマ10のプラズマ閉じ込め性能を改善するために、水素リサイクリングを低減する必要性を明らかにし、水素排気を炭素材料を用いて行うために炭素材の水素排気特性を調べ、さらにガンマ10プラズマに適用した場合の効果の予測を行ったものである。

水素リサイクリングとは、壁に吸着している水素原子(分子)がプラズマからの高速中性水素によって脱離され、プラズマ中に混入する現象である。脱離した水素原子(分子)がプラズマに混入すると、荷電交換反応によりプラズマのエネルギーが失われるため、高温イオンを閉じ込める領域では水素リサイクリングを低減する必要がある。その方法として、高速中性水素を炭素材に保持して水素を排気するカーボンシートポンプ(CSP)の使用を考えて、水素の排気特性を明らかにした。まづモンテカルロシミュレーションにより、CSPでは高速イオンが炭素材料中に捕捉されて水素が排気される高速水素排気機構を調べた、CSPは、捕捉水素が飽和すると温度を750℃に上げて水素を放出し、排気性能を再生して使用される。テストモジュールでの実験結果から、CSP表面に水素等のガスが吸着されていることが分かり、この吸着ガスの影響を調べるために、CSPの温度を室温から250℃まで変化させ、排気特性を評価した。250℃において表面の吸着ガスは70%程度減少するが、高速でCSPに当たり内部に捕捉された水素は250℃でも放出されることはなく、排気能力は維持されることを実験的に示し、CSPの使用条件を明らかにした。CSPの温度は、CSPの加熱電流で制御される。CSPの排気能力を微視的な観点から調べるために、サンプルに高速中性水素を照射し、水素同位体の深さ方向分布が得られる弾性反跳粒子検出法と、表面近傍に存在する粒子の同定を行うことができるラザフォード後方散乱分光法によって表面分析をした。その結果、CSPは入射した高速水素をその飛程近傍で捕捉していることが明らかになり、シミュレーションと一致する結果が得られた。これ等の結果から、CSPを250℃の表面吸着ガスが少ない状態で高速水素の排気に使用し、長時間使用の後750℃に上げて内部に捕捉された水素を放出して再生することにより、CSPは繰り返して有効に使用できることを示すとともに、排気の機構を微視的にも明らかにした。

ガンマ10セントラル部にはプラズマの加熱と粒子補給を目的として、中性粒子ビーム入射装置が設置された。実験では、中性粒子ビーム入射により電子密度は増加する一方、反磁性量は減少し、荷電交換損失によるイオン温度の低下と解釈された。この状況を改善するために、セントラル部真空容器内壁を高速水素排気に有効なCSP

で被覆することを検討し、実施可能な30%程度の面積にCSPを使用すると、密度とともに反磁性量も増加することをシミュレーションから予測し、CSPの有効な利用方法を明らかにした。

審 査 の 結 果 の 要 旨

プラズマの閉じ込め研究において、エネルギー閉じ込めを改善することは重要な課題である。その一つの方法として、水素リサイクリングを低減するためのカーボンシートポンプの使用を考え、その特性を実験的に明らかにするとともに、高速水素の排気機構を微視的な表面分析から明らかにした。さらに、ガンマ10セントラル部の中性粒子ビーム入射の効果を上げるために、カーボンシートポンプの適用方法を検討し、エネルギー閉じ込め改善の方法と見通しを明らかにした。これ等の結果は、ガンマ10の実験に貢献するばかりでなく、他の核融合プラズマ研究装置にも適用できる重要な成果として評価できる。

よって、著者は博士（理学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。