

博士学位論文審査要旨

2020年07月14日

論文題目：Spectroscopic Studies of Excited Species Reflected from Solid Surfaces Irradiated
by DC Plasma Cathode Systems

(DC プラズマカソード系に照射された固体表面反射励起種の分光学的研究)

学位申請者： GUHIT JHOELLE ROCHE MENDIOLA

審査委員：

主査：	理工学研究科	教授	和田 元
副査：	理工学研究科	教授	粕谷 俊郎
副査：	理工学研究科	教授	佐藤 祐喜

要 旨：

核融合プラズマ閉じ込め装置の、ダイバーターと呼ばれる核融合反応生成物を排気する構造体の寿命を正確に予測するためには、プラズマ対向壁表面での水素やヘリウム等のプラズマ粒子の反射特性詳細データが必要不可欠となる。1 keV 以下のエネルギー領域では試料ターゲットをプラズマ照射し、反射粒子の発光スペクトルを分析する方法が用いられる。本論文ではこの方法の有効性を調査するため、水素反射について核融合機器に用いられるタングステン試料に対するスペクトルと、類似の質量を持つパラジウムを試料とした場合のスペクトルと比較している。また、ターゲット温度による効果について検討を行い、開発した分光計測法が微妙な速度分布関数の変化を測定する上で有効であることを示している。さらにヘリウムプラズマをタングステンに照射する実験を行い、ヘリウム反射の分光データを世界で初めて報告している。

開発した反射粒子速度分布関数測定法は 1 keV 以下、数 100 eV 以上のエネルギーに対しては有効な方法であるが、原因不明の発光スペクトル線幅の増大が生じ、100 eV 以下の粒子速度分析を行うことが困難となる。この原因不明の線幅増大が装置に固有な中性ガスの加熱によるもので無いか確認するため、中性の水素分子の回転励起状態の温度について調査し、プラズマによる大きな加熱がないことを確認している。その上でプラズマの不均一性に着目し、磁化プラズマの電子密度空間分布を、光学計測を用いて調査することにより、弱磁場中に保持されたプラズマの空間分布が不均一となることを明らかにした。この不均一性を抜本的に解消するため、デュオプラズマトロン構造の電子源を設計・製作し、直径数 mm のプラズマ柱を形成することにより、ターゲットへのプラズマ照射実験を行うことを可能にした。その結果輝線スペクトル幅が減少し、水素原子の速度分布関数に対応するスペクトル広がりの詳細観測に成功している。

本論文は、分光法を用いて低エネルギー粒子の固体表面反射基礎データを取得する上で適正な手順について纏め、新規プラズマ源の採用によりデータの信頼性向上が可能であることを示した。また、さらなる装置改良についても具体的な方針を示している。よってその学術的価値は博士(工学)(同志社大学)の学位論文として十分高いものと認める。

総合試験結果の要旨

2020年7月14日

論文題目: Spectroscopic Studies of Excited Species Reflected from Solid Surfaces Irradiated
by DC Plasma Cathode Systems

(DC プラズマカソード系に照射された固体表面反射励起種の分光学的研究)

学位申請者: GUHIT JHOELLE ROCHE MENDIOLA

審査委員:

主査:	理工学研究科	教授	和田 元
副査:	理工学研究科	教授	粕谷 俊郎
副査:	理工学研究科	教授	佐藤 祐喜

要 旨:

本論文の提出者はフィリピン大学ディリマン校物理学専攻修士課程を2012年3月に、社会人大学院生として同校経営学修士課程を2017年4月に修了し、2017年8月まで勤務していたHitachi Global Storage Technologies社を退職、2017年9月に本学理工学研究科電気電子工学専攻博士課程(後期課程)に入学し、現在、在籍中である。

本論文の内容の一部は、2件のジャーナル論文と1件の同志社大学ハリス理化学研究報告に掲載され、既に十分な評価を得ている。2020年7月11日午後一時より二時間に亘り、提出論文に関する博士論文公聴会が開かれた。講演後種々の質疑が行われたが、提出者の説明により十分な理解が得られた。公聴会終了後、審査委員による学力確認のための口頭試験を実施したところ、論文提出者の十分な学力を確認することができた。語学力については国際会議に第一著者として論文を提出して自ら発表を行っているのに加え、公聴会の自己紹介から研究の動機に至る部分を日本語で発表するなど、十分な能力を有すると判断した。以上、論文提出者の専門分野における学力、並びに語学力は十分であることを確認した。よって総合試験の結果は合格であると認める。

博士學位論文要旨

論文題目： Spectroscopic Studies of Excited Species Reflected from Solid Surfaces Irradiated by DC Plasma Cathode Systems
(DC プラズマカソード系に照射された固体表面反射励起種の分光学的研究)

氏名： GUHIT JHOELLE ROCHE MENDIOLA

要旨：

In this study, the author studied the Excited Species Reflected from Solid Surfaces Irradiated by DC Plasma Cathode Systems through spectroscopic investigation. The author also develops a new duoplasmatron ion source that can be used as a plasma cathode and positive ion source. The author employed the technique to investigate the excited states particle reflected using Doppler spectroscopy previously developed for detecting hydrogen Balmer emissions.

Doppler-broadening of the H α emission spectra from hydrogen reflected at surfaces of palladium and tungsten sheet metal surfaces held at clamp holders were presented in this study. The reflected hydrogen atoms were observed with velocity components produced by the back scatterings of H_3^+ , H_2^+ and H^+ ion incident regions. Palladium exhibited higher spectrum emission intensities than tungsten for both clamp structures. Modification of the clamp structure should produce cooler surface condition due to direct contact of metal surface to the substrate holder thus having H atoms adsorbed more on the palladium sheet.

Hydrogen plasma-metal surface interactions accompany molecular excitations and de-excitations associated with particle reflection at the surfaces. Optical light emissions from molecular species of the hydrogen Fulcher- α ($d^3\Pi_u^- \rightarrow a^3\Sigma_g^+$) Q-Branch at near metal surface region of palladium and tungsten metals were investigated. A wide wavelength range spectrometer indicated a higher emission spectrum of hydrogen plasma on the surface of palladium than tungsten. Meanwhile a high-resolution spectrometer showed the distinct rovibronic lines of the Fulcher- α for electronic levels $v = v' = 0 - 4$ transitions. Rotational temperature, T_{rot} , were computed from the emission spectra lines of hydrogen from palladium and tungsten surfaces. The obtained temperature, T_{rot} for both metal targets showed increase at increasing negative bias voltages applied onto the target of these materials. Hydrogen plasma on palladium surface indicated higher molecular excitations than that on the tungsten surface.

For duoplasmatron plasma cathode, a 280 G linear magnetic field sustained a 2.5 mm diameter stable hydrogen plasma column produced by a duoplasmatron plasma cathode. A high-intensity magnetic field created by a pair of permanent magnets and the field compression structure realized the passage of a dense plasma flow through a 2 mm diameter hole. Both ions and electrons can be extracted from the downstream plasma where a linear magnetic field can be induced to guide the plasma for striking a tungsten target. Luminous intensity distribution around a tungsten target located at another end of the magnetic field confronting to the plasma cathode was examined. A substantial reduction in the H α line spectral broadening was observed that enabled a precise spectroscopic study of the hydrogen particle reflection at the solid target surface.