

水素プラズマのシース部とプレシース部に対する異種イオンの影響

Effect of multiple ion species on sheath and presheath regions in an H₂ plasma

北海道大学大学院工学院¹, (M1)川上 皓太郎¹, 西山 修輔¹, 佐々木浩一¹

Hokkaido Univ.¹, Kotaro Kawakami¹, Shusuke Nishiyama¹, Koichi Sasaki

E-mail: kawakami@athena.qe.eng.hokudai.ac.jp

緒言 シースの電界構造はプラズマ物理学における古くからの課題だが、現実のプラズマプロセスの条件で形成されるシースの電界構造には依然として未解明な問題が多く残っている。これは、これまでに高励起状態のシュタルク効果を利用したいくつかの電界計測法が研究されてきたものの、様々なプラズマに適用できる使いやすい方法が存在していなかったからである。我々は、水素原子のバルマー α 線のシュタルク効果を飽和吸収分光法により計測することでシース電界を求める方法を開発した。今回は、開発した方法を純水素プラズマと水素／アルゴン混合プラズマに適用し、シース領域の電界構造の比較を行った結果を報告する。

実験 水素原子のバルマー α 線の微細構造スペクトルを飽和吸収分光法で計測し、 $2P_{2/3}$ - $3D_{2/3}$ 遷移と $2P_{2/3}$ - $3D_{2/5}$ 遷移のピーク間隔がシュタルク効果によって変化することを利用して電界を求めた。飽和吸収分光法はドップラーフリーの波長分解能を持つため、バルマー α 線のような低励起準位間の遷移であってもシュタルク効果によるスペクトル変化を検出できる。内部アンテナ型ICPプラズマ源に周波数13.56 MHzのRF電源から1 kWの電力を供給してプラズマを生成した。バルマー α 線は光学的に薄いので、RF電力を20 kHzでON-OFF変調し、ロックインアンプを用いて20 kHzの成分を抽出・増幅することにより吸収スペクトルを得た。真空容器に対して-10 Vにバイアスした位置を調整することが可能な電極をプラズマ中に設置し、計測に用いた波長可変半導体レーザー光と電極表面との間の距離を変化させて計測を行った。ガス圧33 mTorrの純水素プラズマ、および、水素分圧とアルゴン分圧がともに33 mTorrの水素／アルゴン混合プラズマで計測を行った。

結果および考察 Fig. 1 に純水素プラズマと水素／アルゴン混合プラズマのシース部の電界構造を示す。どちらのプラズマでも、電極からの距離が 0.2-0.3 mm 以内の領域では明瞭な飽和吸収スペクトルが測定できず、電界の算出は難しかった。一方、シース端付近に目を向けると、水素／アルゴン混合プラズマでは純水素プラズマと比較してシースの厚さが 1/2 程度であるとの結果が得られた。簡単なボームのシース理論によると、プラズマ電位と浮遊電位との間の差電圧はイオン質量に依存し、イオン質量が大きいほどプラズマ電位は高くなる。Fig. 1 の結果はこれから予想される結果と異なっており、電子温度計測などの結果を得て理論との比較を厳密化した上で、異種イオンがシース電界構造にどのような影響を与えるのかについて検討する必要がある。

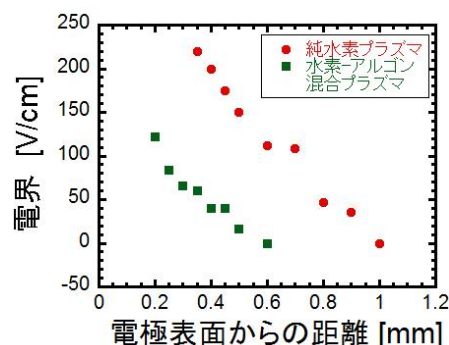


Fig.1 Electric field as a function of the distance from the surface of the electrode