

水素原子バルマーアルファ線のレーザー吸収分光法によるプラズマ中の電界計測

Electric field measurement in plasma by laser absorption spectroscopy at Balmer-alpha line of atomic hydrogen

北大院工¹, ○(M1)高田 晃佑¹, 西山 修輔¹, 佐々木 浩一¹

Hokkaido univ., ○K.Takada¹, S.Nishiyama¹, K.Sasaki¹

E-mail: k_wars-1115334@eis.hokudai.ac.jp

【はじめに】

現在、プラズマプロセッシングは半導体デバイス製造をはじめとする様々な技術に応用されている。プラズマプロセッシングではシースと呼ばれる空間電荷層が大きな役割を担うため、シースの電界構造を理解することは非常に重要である。しかし、使用しやすいシース電界の計測法が存在しないことが課題となっている。本実験では、レーザー吸収分光法を用いて水素原子バルマーアルファ線のドップラー広がりした吸収スペクトルを測定し、理論スペクトルと比較することによって電界強度を推定するとともに、計測下限電界を評価することを目的とした。

【実験方法】

水素ガス圧 47 mTorr の内部アンテナ型誘導結合水素プラズマに移動可能な平板電極を挿入し、電極に負の直流電圧を印加した。光源には中心波長が 656.280 nm の波長可変半導体レーザーを使用し、光ファイバーを用いて伝送して、直径約 0.7mm のレーザー光が平板電極の表面近傍に平行に通るように調整した。水素原子バルマーアルファ線の吸収量は微少なため、プラズマの生成を ON/OFF 変調し、プラズマを透過したレーザー光に生じる強度の変化をロックインアンプを用いて増幅する方法で、吸収スペクトルを得た。電界の大きさとガス温度をフィッティングパラメータとし、観測した吸収スペクトルをシュタルク効果を考慮した理論スペクトルに対してフィッティングすることにより、ガス温度および電界を推定した。

【実験結果及び考察】

図 1 は、平板電極とレーザービームの距離が約 0.5 mm で、電極電圧が -80 V の場合に得られた吸収スペクトルを、2 つの理論スペクトルでフィッティングした結果を示している。この時のシース電界とレーザー光の偏光方向は直交している。Theory A ではシュタルク効果を考慮していないが、この場合のフィッティングは不完全で、ガス温度は 650 K と評価された。Theory B ではシュタルク効果を考慮している。シュタルク効果の考慮

によりフィッティングは改善し、電界として 580 V/cm, ガス温度として 460 K が評価された。図 2 は電極電圧を 0 V と 160 V の間で変化させた時に得られた吸収スペクトルから推定した電界とガス温度である。ガス温度は電極電圧に影響されず一定であり、電界が電極電圧に対して増加するというリーズナブルな結果が得られた。これらの結果より、約 400 V/cm を越える電界であればこの方法で測定可能であると考えられる。

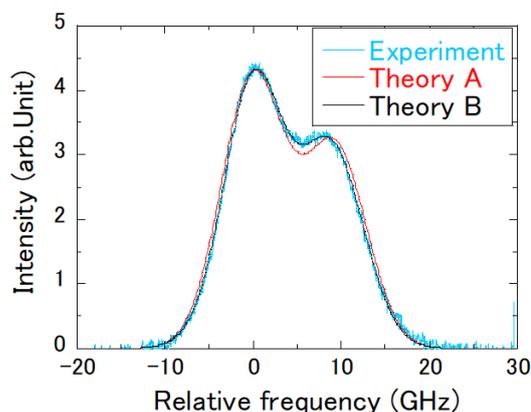


Figure 1. Comparison between experimental and theoretical absorption spectra observed at an electrode voltage of -80 V. The distance between the electrode surface and the laser beam was 0.5 mm. The Stark effect is not considered in Theory A, while we consider the Stark effect in Theory B.

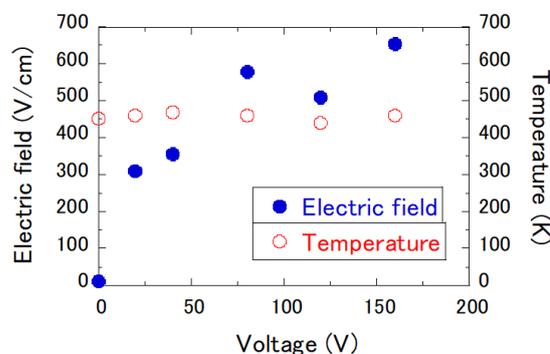


Figure 2. Electric field and gas temperature estimated by the present method as a function of the voltage applied to the electrode. The distance between the electrode surface and the laser beam was 0.5 mm.