02pB05

飽和吸収分光法で観測した水素原子バルマーα線のシュタルクスペクトルの検討

A study of stark spectrum of atomic hydrogen Balmer-alpha line observed by saturation spectroscopy

西山 修輔, 片山 健斗, 中野 治久[1], 後藤 基志[1], 佐々木 浩一
Shusuke Nishiyama, Kento Katayama, Haruhisa Nakano[1], Motoshi Goto[1], Koichi Sasaki

北大院工, 核融合研[1]
Hokkaido Univsersity, NIFS[1]

はじめに　プラズマと固体表面の界面に形成されるシースおよびプレシース領域における電界構造は、プラズマ物理学の基礎的な課題として議論が続けられており、プラズマからのイオン入射による表面加工などの応用面からも関心が持たれている。プラズマや電界分布に擾乱を与えない光学的な電界測定法には、原子の発光または吸収スペクトルが電界により影響を受けるシュタルク効果を利用する方法があるが、100V/cm 程度のシース領域の電界で熱運動によるドップラー広がり以上のシュタルク効果が得られる高主量子数状態 (Rydberg 状態) への励起には高出力の波長可変レーザーが必要なため、その実測例は限られている。しかしながら、1 次のシュタルク効果が得られる水素原子でドップラーフリー分光法を用いれば、シース領域の電界程度でも計測可能な程度のシュタルク効果が得られ、取扱いが容易な半導体レーザーで電界計測が可能となる。本報では、半導体レーザーを用いてドップラーフリー分光法である飽和吸収分光法によって得られた、シース領域における水素原子のバルマーα線のシュタルクスペクトルを検討した。

実験方法　プラズマ源は内部アンテナ型 ICP プラズマ装置であり、直径および高さが 260mm の円筒形チャンバー内にプラズマが生成される。水素ガス圧力を 70mTorr として 1kW, 13.56MHz の RF 電源で水素プラズマを生成した。チャンバー中央部には直流電源に接続された 50mm × 150mm の矩形電極を設置した。光源は波長可変半導体レーザーで、ドップラー広がりをした水素原子バルマーα線 (656.285nm) を含む 50GHz の範囲を掃引した。レーザー光はプローブ光とポンプ光に分岐し、ポンプ光は吸収の飽和が十分生じるように半導体レーザー増幅器で増幅した。ポンプ光、プローブ光共にシングルモード光ファイバを通し、ファイバカプラで直径約 0.5mm のコリメート光としてプラズマ中に入射した。プローブ光 (245μW) とポンプ光 (15.8mW) は、電極の表面に対して平行となる光軸上を互いに対向する方向で入射させ、プラズマを透過したプローブ光をフォトダイオードで検出した。水素プラズマのバルマーα線は光学的に薄いため、プラズマ生成の RF 電源を 20kHz で ON-OFF 変調し、フォトダイオードからの信号はプラズマの変調と同期した成分をロックインアンプで増幅することで吸収スペクトルが得られた。ポンプ光の有無による吸収スペクトルの差を飽和吸収スペクトルとして求めた。

結果と考察　レーザーの偏光をシース電界に対して平行となるようにして、電極表面とレーザー光の距離を 0.4mm とした場合の飽和吸収スペクトルを Fig. 1 に示す。電極をチャンバーと同電位とした場合は、バルマーα線の微細構造がほぼそのまま現れ、電極に負電圧を印加した場合には微細構造の各ピークがそれぞれシュタルク分裂していることがわかる。−1GHz から低周波数側へシフトするピークの位置を理論計算で求めたシュタルクスペクトルと比較すると図中の電界強度が求められた。シュタルク分裂したピークには半値幅が大きく広がるものもあり、講演では理論スペクトルと比較して議論する。

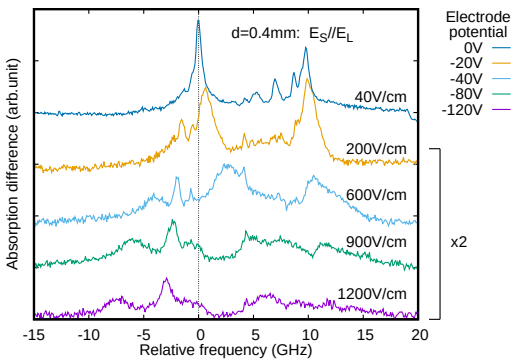

Fig. 1 負電圧が印加された電極近傍における Hα 線の飽和吸収スペクトル