

プラズマ電界計測のための
水素原子バルマーアルファ線におけるラムディップレーザー誘起蛍光法
Lamb-dip laser-induced fluorescence spectroscopy at Balmer- α line of atomic hydrogen
for measuring electric field in plasma

北大工¹, 日本医療大², [○](M1)菱田 悠斗¹, 西山 修輔², 佐々木 浩一¹

Hokkaido Univ.¹, Japan Health Care College², [○]Y. Hishida¹, S. Nishiyama², and K. Sasaki¹

E-mail: yolu_cern314@eis.hokudai.ac.jp

[はじめに]

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。これまでに、シース電界の計測法として波長可変半導体レーザーを光源に用いた飽和吸収分光法が開発されたが、半導体レーザーを利用して測定できる水素原子のバルマーアルファ線はレーザー光の吸収が非常に弱く、吸収スペクトルを測定できる条件は限られる。ラムディップレーザー誘起蛍光法は、飽和吸収分光法と同様に、電界中でのシュタルク効果により変化した励起スペクトル構造をドップラーフリーの波長分解能で計測することが可能であり、吸収分光より高い信号感度が期待できる。本講演では、ラムディップレーザー誘起蛍光法を用いて水素プラズマ中の水素原子バルマーアルファ線のラムディップ LIF スペクトルを計測した結果を報告する。

[測定方法]

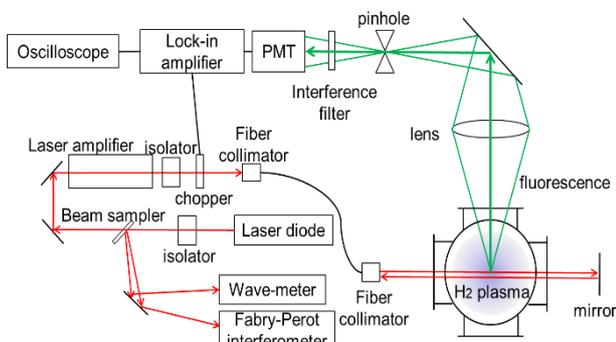


図1：水素プラズマにおけるラムディップ LIF の測定装置

Fig1: Measurement system of Lamb-dip LIF in hydrogen plasma

水素ガス圧約 40mTorr の真空容器内で、真空容器内部に設置したアンテナに約 500W の高周波電力を投入し、誘導結合水素プラズマを生成した。中心波長 656.283nm の波長可変半導体レーザー光を光ファイバーを用いて伝送し、容器反対側のミラーで反射させ、同じ光路を逆向きに伝搬させた。レーザー光とほぼ同じ波長で発生するレーザー誘起蛍光を、直径 10cm、焦点距離 15cm のレンズを用いて集光し、絞りを用いることで焦点以外からくる雑音源となりうるプラズマの自発光を取り除き、干渉フィルターで分光して光電子増倍管で検出した。検出されるレーザー誘起蛍光はプラズマの発光に対して微弱なため、励起レーザー光を光チョッパーを用いて変調し、光電子増倍管で検出された信号に含まれる変調周波数

成分をロックインアンプを用いて増幅する方法で、レーザー誘起蛍光の信号を得た。励起レーザー光の波長を、バルマーアルファ線のドップラー広がりカバーする 40GHz(0.06nm)の範囲で 600 秒間かけて掃引し、レーザー波長に対するレーザー誘起蛍光の強度の変化から、水素原子のバルマーアルファ線のラムディップ LIF スペクトルを得た。

[実験結果及び考察]

図 2 は図 1 の装置を用いて得られたラムディップ LIF スペクトルである。横軸は励起レーザー光の周波数の相対的变化をあらわしている。図中に書き入れた縦線は、水素原子バルマーアルファ線の微細構造スペクトルをあらわしている。横軸 0GHz および 10GHz において、微細構造線に一致したラムディップが検出された。これまでに行った飽和吸収分光法では、プラズマの生成を ON/OFF 変調し透過光に含まれる変調周波数成分をロックインアンプを用いて増幅しなければ飽和吸収スペクトルを得ることができなかったが、今回のラムディップレーザー誘起蛍光法では連続放電プラズマにおいてラムディップ LIF スペクトルが得られた。しかしながら、電界計測に適用するためには図 2 に示したスペクトルにおけるラムディップの深さは不十分であり、飽和パラメータを増加させる方策が必要である。現在、レーザー光の伝送方法の見直しおよび折り返しレーザー光の集光方式の改善を行っている。

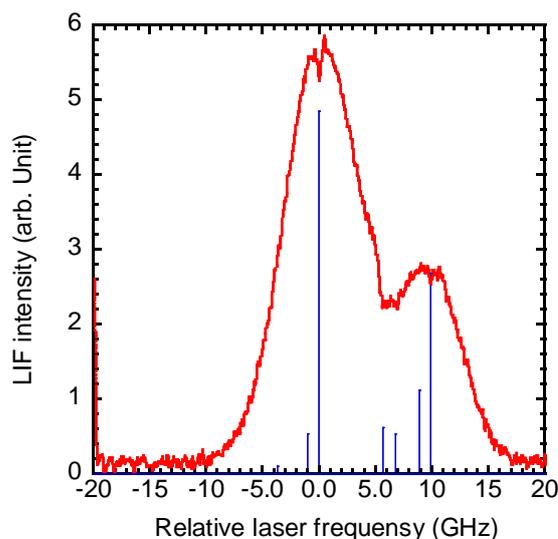


図2：水素原子バルマーアルファ線のラムディップ LIF スペクトル

Fig2: Lamb-dip LIF spectrum at Balmer- α line of atomic hydrogen