

電界印加時におけるアルゴン $4s[3/2]_2^0 - 5p[3/2]_2$ 遷移の飽和吸収分光計測 Saturation spectroscopy of argon $4s[3/2]_2^0 - 5p[3/2]_2$ transition spectrum in electric field

北大院工¹, 核融合研²○西山 修輔¹, 後藤 基志², 佐々木 浩一¹Hokkaido Univ.¹, NIFS²○Shusuke Nishiyama¹, Motoshi Goto², and Koichi Sasaki¹

E-mail: shu@eng.hokudai.ac.jp

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。しかしながら、高精度、高感度なプラズマ中の電界計測は困難であり、その実測例は限られている。我々は、高分解能のドップラーフリー分光法である飽和吸収分光法を用いてシュタルク効果によるスペクトルの変化を検出しプラズマ中の電界計測を目指している。今回は、電界中のアルゴン $4s[3/2]_2^0 - 5p[3/2]_2$ 遷移における飽和吸収分光計測について報告する。

実験方法 プラズマ源は直径 260mm の円筒形チャンバーからなる内部アンテナ型 ICP プラズマ装置であり、中央部に直流電源に接続された直径 150mm の円盤電極が設置されている。アルゴン圧力 3 mTorr、RF 電力 50 W でプラズマを生成した。光源は波長可変の半導体レーザーで、ファブリ・ペロー共振器とサーボコントローラを用いたフィードバックによる波長の安定化を施し、アルゴン $4s[3/2]_2^0 - 5p[3/2]_2$ 遷移の波長 415.859 nm を含む 200MHz の範囲を 25.6MHz/s の速度で掃引した。レーザー光の一部を分岐してプローブ光 (40μW) として用い、残りは ND フィルタで強度を調整し (200μW)、光チョップで 1kHz で断続してからポンプ光として用いた。プローブ光とポンプ光はチャンバーのほぼ中心を、円盤電極の表面から 0.5mm 離れた位置を通る光軸上に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の一部をビームサンプラで取り出してフォトダイオードで検出した。フォトダイオードからの信号はロックインアンプでポンプ光の断続と同期した成分を増幅し、飽和吸収スペクトルを得た。

実験結果および考察 得られた飽和吸収スペクトルを Fig. 1 に示す。円盤電極の電位をチャンバーと同電位にした場合のスペクトルの形状は、飽和吸収分光法の理論で予測されるローレンツ型におおむね一致し、FWHM (半値全幅) は 7.0MHz であった。この幅は吸収の飽和によって広がっており、ポンプ光強度に比例する飽和パラメータを S とすると $(1 + \sqrt{1+S})/2$ 倍になっている。ポンプ光強度を 8 倍にした場合に FWHM が 9.7MHz に増加したことから、 $S = 0.38$ と求められ、

飽和広がりを除いたスペクトルの FWHM は 6.4MHz となった。この値は自然幅 (FWHM=0.27MHz) に比べて非常に大きく、安定化した半導体レーザーの線幅が数 MHz 程度であると思われる。電極に -100V ~ -300V を印加して光路上に電界を生成した場合は、シース領域の拡大によって光路上の準安定アルゴン密度が減少するために飽和スペクトルの高さが 0.82 倍 ~ 0.78 倍になるものの、スペクトル形状や FWHM に目立った変化は見られず、より高分解能の計測が必要と思われる。

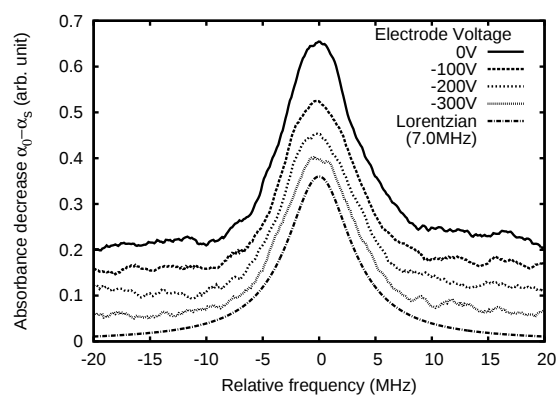


Fig.1: Saturation spectrum of Ar $4s[3/2]_2^0 - 5p[3/2]_2$ transition line with various electrode voltage.

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24540529 および JST A-STEP シーズ顕在化タイプ AS2511140K の助成を受けたものであり、ここに謝意を表する。