

放電プラズマ中ヘリウム原子発光線の偏光変調分光計測

**Polarization modulation spectroscopy on
a helium atomic emission line in a discharge plasma**

安井 健二, 四竈 泰一, 東 孝紀, 蓮尾 昌裕
K.Yasui, T.Shikama, T.Higashi, M.Hasuo

京大院工
Kyoto Univ

非等方な電子衝突励起を起因とする原子の発光は偏光する[1]. この際, 偏光度と偏光方向は電子の速さと運動方向に依存する. プラズマ中では外部電場や磁場, 加熱等により電子の速度分布に非等方性が生じ, 非等方成分による励起で原子発光線に偏光が生じる. 先行研究では ECR プラズマ中のヘリウム原子発光線に最大 10 % 程度の偏光度が観測され, プラズマ中の速度分布関数の推定が試みられている[2].

本研究ではヘリウム原子 2^1P-3^1D 発光線(波長 668 nm)の高精度偏光計測を目的として, 光弾性変調器を用いた偏光変調分光計測システムを開発した. 図 1 に開発したシステムの模式図を示す. ストークスベクトル $\vec{S} = [I \ Q \ U \ V]$ で表される偏光状態の光を入射すると, 透過光強度が $I' = \frac{1}{2}I - UJ_1(A)\cos\{2\pi ft\} - QJ_2(A)\cos\{2\pi(2f)t\} \dots$ と変調される. ここで, f は光弾性変調器の変調周波数を表し, 約 42 kHz で固定, A は位相差の振幅を表し, 2.408 rad とした. 透過光強度の時系列データを FFT 解析し, DC, f , $2f$ の周波数成分の振幅からそれぞれ I , U , Q を求めることができる. なお, 本研究では量子化軸に垂直な方向から発光を観測するため $V = 0$ を仮定でき, I , U , Q から偏光度と直線偏光成分の偏光方向が得られる.

システムの性能評価を行うために, 既知の直線偏光を計測した. 図 2 に $\vec{S} = [I \ 0 \ I \ 0]$ の入射光に対する周波数スペクトルを示す. 光弾性変調器における位相差の誤差および高次高調波の影響を校正し, FFT に伴うスペクトル漏れの影響をゼロ詰めにより低減した結果, 光強度が十分大きい場合に誤差 1 % 未満での偏光計測が可能となった.

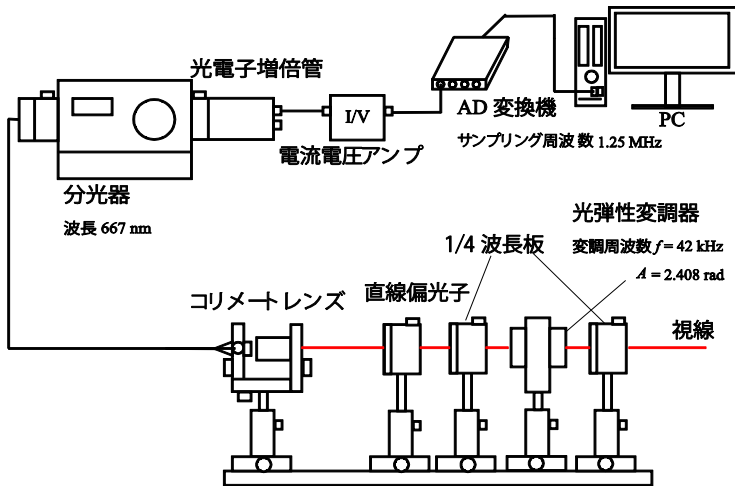


図 1. 変調偏光分光システムの模式図

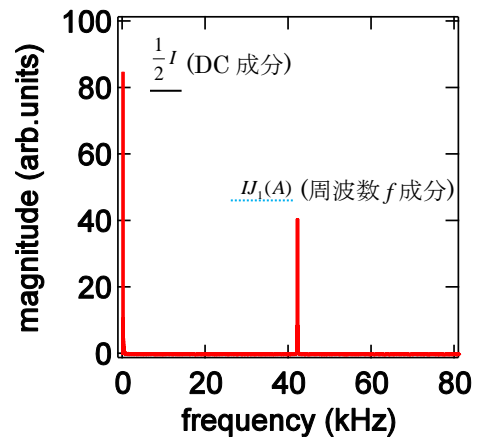


図 2. 周波数スペクトル
(透過光強度: $I' = \frac{1}{2}I - UJ_1(A)\cos\{2\pi ft\}$ の FFT)

[1] G. Csanak and D. C. Cartwright, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys. 22, 2769-2778 (1989).
[2] T. Fujimoto and A. Iwamae ed. "Plasma Polarization Spectroscopy" Springer (2008).