

皆川裕貴¹, 吉村信次², 寺坂健一郎³, 荒巻光利¹Hiroki MINAGAWA¹, Shinji YOSHIMURA², Kenichiro TERASAKA³, Mitsutoshi ARAMAKI¹日大生産工¹, 核融合研², 九大総理工³Nihon Univ.¹, NIFS², Kyushu Univ.³

光渦と呼ばれる螺旋状の等位相面を持つ光波中を運動する粒子は、方位角方向への追加のドップラーシフトを経験する。我々は、方位角ドップラーシフトを利用して、プローブビームと垂直な方向の速度成分に感度を持つ光渦レーザー吸収分光法 (OVLAS) を開発している。光渦の方位角方向への位相変化は、位相の方位角方向量子数を定義するトポロジカルチャージ ℓ によって1周で $2\pi\ell$ となる。光渦を方位角方向への速度 V_ϕ を持って運動する粒子が経験する方位角ドップラーシフトは光渦の位相勾配に依存するため、そのシフト量はトポロジカルチャージに比例した $-(\ell/r)V_\phi$ となる[1]。このとき、 r は光渦の中心からの距離である。したがって、高次の光渦を実験に用いることでドップラーシフトの絶対値をより大きく測定することができる。本研究では、トポロジカルチャージ $\ell = \pm 10$ の高次の光渦をOVLASに適用する。

Fig.1にOVLASの実験系を示す。外部共振器型半導体レーザー (波長: 697nm) の出力光を分岐させ、ファブリペロー干渉計、波長計、シングルモードファイバーにそれぞれ入射する。シングルモードファイバーから出射したビームを空間フィルタに通して高品質なガウシアンビームとし、空間光変調器 (SLM) に入射する。SLMには光渦生成用のブレード回折格子を描画し、ガウシアンビームを一次回折光として光渦に変換する。ガス流量の制御によって、中性粒子流の速度制御が可能なアルゴンの誘導結合プラズマをテストプラズマとして用いる。プラズマを透過した光渦は4f光学系によって、カメラに結像される。カメラのシャッターとECDLの周波数掃引を同期させ、周波数ごとの光渦の透過光強度を2次元画像として撮影する。撮影毎のレーザーの周波数変化はファブリペロー干渉計のスペクトルから算出する。2次元画像のピクセルごとの吸収スペクトルからドップラーシフト分布を解析する。

Fig.2にトポロジカルチャージ $\ell = +10$ の高次の光渦を用いたOVLASによって得られたドップラーシフト分布を示す。このとき、ガスは画像右から左方向に流れ、プローブビームは紙面奥側方向に伝播している。この実験では、レーザー周波数の絶対値校正を行っていないため、ドップラーシフトの相対値に注目する。また、紫の破線で示された2重の円に挟まれた領域が有効なデータである。この領域の上下において、ドッ

プラーシフトの相対値が $\pm 2.5\text{MHz}$ 程度となっていることが分かる。我々が従来用いていたトポロジカルチャージ $\ell = \pm 1$ の低次の光渦においては光渦の中心から $20\mu\text{m}$ 以内の非常に小さい領域を解析していたが、本講演における高次の光渦では、ドップラーシフトの絶対値がトポロジカルチャージに比例して大きいため、光渦の中心から $250\mu\text{m}$ 程度離れた空間的に広い領域のドップラーシフトを解析に利用することができる。本講演では、高次の光渦を適用したOVLASの実験結果について詳細に報告する。

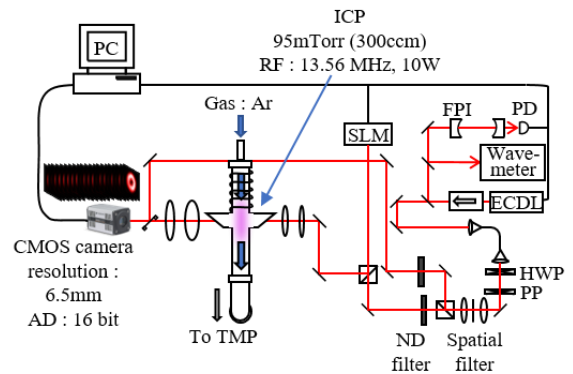


Fig.1. Experimental setup

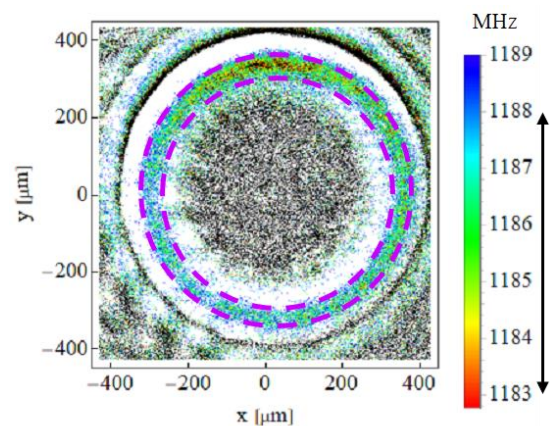


Fig.2. Doppler shift distribution

References

- [1] L. Allen, M. Babiker, and W. L. Power, Opt. Commun. 112, 141 (1994).