

ラゲールガウスビームを用いた原子・分子の多自由度ドップラー分光計測法の開発

日本大学生産工学部 荒巻光利

これまで、ドップラー分光で得られる速度の情報がレーザーの入射方向に制限されることは、原理的に避けられないものとして受け入れられてきた。しかし、ラゲールガウス(LG)ビームを利用することで、この制限を克服できる可能性が指摘されている。LGビームは、螺旋状の等位相面をもつため、光波中で運動する原子・分子は伝搬方向だけでなく、径方向、周方向の運動に対してもドップラー効果を受ける。以下に各速度成分による、ドップラー効果を示す。

$$\delta_{LG} = - \left[k + \frac{kr^2}{2(z^2+z_R^2)} \left(\frac{2z^2}{z^2+z_R^2} - 1 \right) - \frac{(2p+|m|+1)z_R}{z^2+z_R^2} \right] V_z - \left(\frac{krz}{z^2+z_R^2} \right) V_R - \left(\frac{m}{r} \right) V_\phi$$

ここで、 V_z, V_R と V_ϕ は、光の伝搬方向、径方向、周方向の速度成分を示す。LGビームをプラズマ分光に利用することで、これまで1自由度のみに依存していたレーザーと原子・分子の相互作用が3自由度に拡張されるため、既存のレーザー計測のビームラインを変更せず、光源のみの変更で、従来測定不可能であった自由度の計測が可能になる。従って、このレーザー分光法は光アクセスに制限のある大型装置等において、計測自由度を向上させる重要な分光技術となると期待される。本研究では、波長可変光渦レーザーを新たに開発し、それを用いた新しいドップラー分光法を確立することを目的としている。

図1に、LGビームドップラー吸収分光計測系を示す。

光源にはアルゴン準安定原子励起用の外部共振器型ダイオードレーザー(ECDL, 697nm, 10mW)を用いている。ECDLの出力を、空間位相変調器(SLM)に描画したホログラムに入射することでLGビームに変換している。SLMに表示するホログラムを変更することで、容易にトポロジカルチャージが異なる光渦を生成することができる。LGビームをドップラー分光に用いて、回転方向の感度を向上させるには、出来るだけトポロジカルチャージが大きいLGビームを用いた方が有利となる。ホログラムを変更し、試験的にトポロジカルチャージが1から10までのLGビームを発生させた。LGビームと平面波を干渉させ、ビーム断面での強度分布を観測することで、ビーム断面内の位相変化を確認した(図2)。光強度の強い部分と弱い部分の1組が 2π の位相変化を示している。図2には、トポロジカルチャージに対応した数の干渉縞が得られており、所望の次数のLGビームが生成されていることがわかる。講演では、

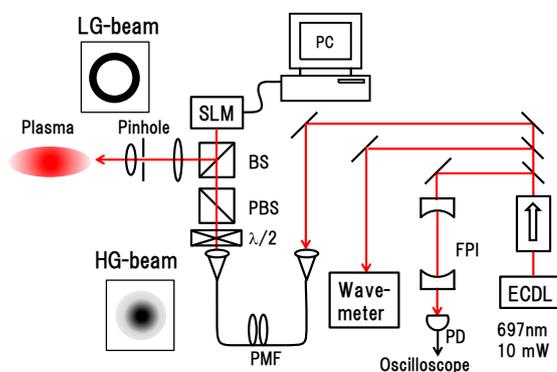


図1 光渦ドップラー吸収分光測定系

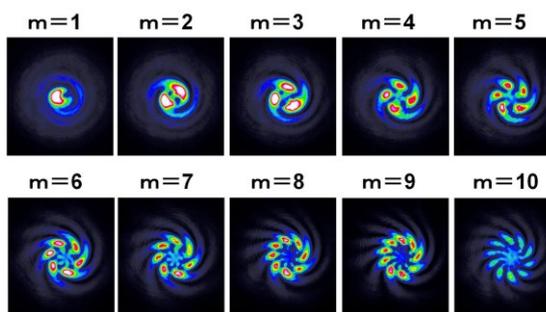


図2 LGビームの位相構造

本光源をプラズマ分光に応用した予備実験について報告する.