

剛体キャピラリーの誘起蛍光を利用した高密度プラズマの熱伝導率計測
Measurement of thermal conductivity in dense plasma using
laser-induced fluorescence from rigid-cappillary

佐々木徹, 草野慎吾, 高橋一匡, 菊池崇志

TORU Sasaki, SINGO Kusano, KAZUMASA Takahashi, TAKASHI Kikuchi

長岡技科大

Nagaoka UT

慣性核融合の燃料標的爆縮時の非局所熱伝導 [1] や磁場閉じ込め核融合のダイバータ壁での熱負荷などによるアブレーション [2] を検討するために, Warm Dense Matter(WDM) の熱伝導率の検討が必要とされている。これまでに, WDM の物性評価を行うために数多くの実験手法が検討され, 状態方程式や電気伝導率等が明らかとなってきた。また第一原理計算などでもバンド構造などがわかるようになってきたが, 本領域で実験的に熱伝導率を計測した例は, レーザー生成熱非平衡プラズマの WDM に対する場合のみとなっている。近年, パルスパワー放電法によって発生した WDM の熱伝導率を計測するため, 剛体キャピラリーとしてルビーを用いて WDM の生成し, その熱伝導率と温度及び密度依存性の計測が進められている。ルビー蛍光は圧力及び温度により波長シフト及び蛍光強度が変化することが知られている。これによって, WDM および外壁の温度から WDM の熱伝導率を評価し, 同時に電気伝導率を計測する手法を構築することができた [3]。また, WDM 領域の熱伝導率を表現するため, プラズマ中の分布関数モデルをトーマスフェルミモデルとボルツマン分布関数モデルを滑らかに連結させ, 有効エネルギーと電子-イオン衝突を考慮することで, その温度及び密度依存性を評価することができるようになってきた [4]。本研究の目的は, パルスパワー放電法によって発生した WDM の熱伝導率の計測を行い, その温度及び密度依存性について検討することである。

WDM の熱伝導率を実験的に計測するために, 定積加熱パルスパワー放電により WDM を発生させ, Nd:YAG レーザーの 2 倍波をポンプ光として, ルビーに照射することで蛍光を誘起する。同時に WDM の温度については分光器により別途計測を行うことで, 独立して温度の時間変化を取得することができる。通常, WDM からの可視光域の発光は黒体放射様の発光が得られることから, 温度を評価した。これにより, WDM および外壁の温度から熱伝導率を評価する [3]。まず, 定積加熱パルスパワー放電により発生させた WDM は, 放電開始後数 μs 後には一様な密度分布を取り, 剛体キャピラリーは放電中に渡ってその形状を保っていることが確認された。また, この時の WDM の温度は, 0.7eV~1.2eV 程度であることが分光結果から観測された。これらにより, 本手法により密度及び温度を保ったまま WDM を生成することができることが示された。また, 固体密度の 1/10 の密度, 温度 7000K 前後のタングステンの WDM の場合には, 熱伝導率が 40 W/m/K 程度となることが明らかとなった。複数の密度-温度領域でも熱伝導率を観測し, WDM の熱伝導率の密度依存性には大きな依存性がないことを明らかにした。一方, WDM の熱伝導率の温度依存性については, 参考文献 [4] で検討されたものと比較すると, 値が大きくなっていたが, その依存性については, 概ね一致していることが明らかとなった。

[1] A. McKelvey, *et. al.*, Scientific Reports, **7**, 7015 (2017)

[2] T. Sasaki, *et. al.*, IEEE Trans. Plasma Sci., **40**, 3455 (2012)

[3] S. Sugimoto, *et. al.*, Phys. Plasmas, **24**, 072703 (2017)

[4] G. Faussurier, *et. al.*, Phys. Plasmas, **24**, 102701(2017)