

定積パルスパワー放電を用いた種々のWarm Dense Matter状態の 輸送特性計測とその依存性

Measurement of Transport Properties in Warm Dense Matter by using Isochoric Pulsed-power discharge and its dependence

佐々木徹, 草野慎吾, 廣瀬岳志, 高橋一匡, 菊池崇志
Toru Sasaki, Shingo Kusano, Takeshi Hirose, Kazumasa Takahashi, Takashi Kikuchi

長岡技科大
Nagaoka UT

低温・高密度プラズマの Warm Dense Matter(WDM)は、固体やプラズマの中間状態であり、イオン同士のクーロン相互作用や電子の縮退、相変化を含む物質状態である。この状態を詳細に理解することは、固体やプラズマまでの物性を統一的に理解することにつながることや、高エネルギー密度プラズマ実験を行う際の状態予測の精度を高めることなど、様々な基本的・応用的理解につながる。現在、このWDMの物性評価を行うため、パワーレーザーとXFELを用いてWDM状態のバンド内の計測[1]やパルスパワー装置を用いてマクロスコピックな輸送特性の計測が進められている。その中で、電気伝導率と熱伝導率の比からなるローレンツ数は、固体およびプラズマではそれぞれの衝突モデルを基に一定値をとることが知られている[2]。一方、WDM領域に関わる理論モデルの予測から、水素のWDM状態でのローレンツ数は、固体密度近傍で大幅に異なることが知られている[3]。ローレンツ数は、主として荷電粒子同士の衝突モデルから現れる運動量輸送とエネルギー輸送の比率を表すパラメータであり、衝突モデルそのものを表すパラメータとなる。これを実験的に明らかにする必要がある。本研究の目的は、準定常状態におけるWDMを生成し、これらの輸送特性を明らかにすることで、統一的な輸送モデルの構築を目指すことである。

本研究では、WDMの輸送特性を計測するために、生成したプラズマの密度を一定とする剛体キャピラリーを用いた定積加熱放電により、電気伝導率および熱伝導率を評価する[4,5]。本手法の特徴は、パルスパワー放電により比較的

大きな体積のプラズマを形成し、それを剛体キャピラリーにより閉じ込めることで、生成したプラズマを一様に加熱することができる点である。さらに、パルスパワー放電によって負荷に投入された電圧電流の時間変化は、プラズマの内部エネルギーの変化の評価と電気伝導率の計測に用いることができる。また、WDMからの熱伝導については、ルビーキャピラリーによる蛍光温度計測を利用して、実験的に求めることができる。これにより、状態方程式モデルによらず生成したプラズマの温度・密度を定めることができ、また、独立に輸送特性が観測されることになる。

その結果、ローレンツ数に対する密度依存性より、固体密度の1/100の領域まで、一般的な金属中の自由電子モデルのローレンツ数よりも約10倍高いことが明らかになった。このため、金属中の自由電子モデルでは記述できないこととともに、電気伝導性に寄与する自由電子が少なく、フォノンとして熱伝導率が高まっていることが示唆される。また、種々の材料に対して電気伝導率等の関係について検討した結果を報告する予定である。

本研究は、JSPS 科研費 JP18H01193 の助成により実施されたものである。

[1] O. S. Humphries, et al, Phys. Rev. Lett. **125**, 195001(2020).

[2] S. Ichimaru, “Statistical Plasma Physics Vol.1 and 2”, Westview press (2004)

[3] B. Holst, et. al, Phys. Rev. B, **83**, 23512 (2011).

[4] Y. Amano, et al, Rev. Sci. Instrum., **83**, 085107 (2012).

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