

サファイアキャピラリーを用いた定積パルス加熱放電による

Warm Dense Matterの導電率評価

Evaluation of Electrical Conductivity in Warm Dense State by using Isochoric Pulsed-heating Discharge with Sapphire Capillary

三木 康稔, 齋藤 弘隆, 佐々木 徹, 菊池 崇志, 阿蘇 司, 原田 信弘
Yasutoshi Miki, Hirotaka Saito, Toru Sasaki, Takashi Kikuchi, Tsukasa Aso, Nob. Harada

長岡技術科学大学
Nagaoka University of Technology

● はじめに

Warm Dense Matter (WDM)と呼ばれる高密度 ($0.01\rho_s \sim 10\rho_s$: ρ_s は固体密度)で比較的低温 ($0.1 \sim 10\text{eV}$)の状態の物性を知ることは巨大惑星内部の構成の理解, 並びに慣性核融合における燃料標的の設計において重要な意味を持つ. しかしWDM領域における導電率等の輸送特性, 及び状態方程式等の特性はよく分かっておらず定式化が困難である. それらを明らかにする上でWDMの特性の実験的評価が必要となる[1,2]. 本研究の目的は, サファイアキャピラリーを用いた定積パルス加熱放電により金属のWDMを生成し, その導電率の温度-密度依存性を評価して, WDM領域の物性を明らかにすることである.

● 実験方法

$11.4\mu\text{F}(1.9\mu\text{F} \times 6)$ のコンデンサバンクを約15kVに充電し, 自爆型ギャップスイッチを介してパルス放電を発生させる. 短絡試験により回路インダクタンスは275nHと見積もった. キャピラリー($\phi 5 \times 10\text{mm}$)に封入された金属試料へパルス放電によって定積加熱を行い, WDMを生成する. 放電時の電圧・電流波形の観測によりWDMの導電率を直接測定する. また, ストリークカメラにマウントした分光器によりWDMからの発光スペクトルの時間変化を観測する[3]. WDMの密度はキャピラリーに封入する試料の量により任意に決定できる. また, WDMの温度は観測された発光スペクトルから線対法, 並びに投入エネルギーよりSESAMEの状態方程式テーブル[4]を用いてそれぞれ評価する.

金属試料には, 銅及び金について, 微細構造を持つ発泡金属(気孔率89~90%, 気孔径50~600 μm), 又は箔(厚さ0.08mm)を使用した. 試料の表皮効果の影響は交流磁場印加による磁束制限の観測により確認する.

● 実験結果

金属試料の表皮効果を, 交流磁場を印加し, 表皮効果によって制限される磁束を観測, 空心及び金属棒の結果と比較した. その結果, 発泡金属並びに箔について, 放電の周波数約120kHzにおいて十分表皮効果を見逃す事が確認できた. またストリークカメラにてWDMからの発光を観測した結果, キャピラリーによる閉じ込め効果を確認した. 以上の結果より, 表皮効果の影響を見逃した均一定積加熱により均一なWDMが生成されることが確認できた.

銅の密度 $0.1\rho_s$, 温度4000Kにおいて 10^4S/m 程度の導電率であることが明らかとなった[3]. また金の密度 $0.1\rho_s$, 温度3000Kにおいて 10^4S/m 程度の導電率であることが明らかとなった.

● まとめ

サファイアキャピラリーを用いた定積パルス加熱放電により金属のWDMを生成, その導電率の温度-密度依存性を評価した. 銅の密度 $0.1\rho_s$, 温度4000Kにおいて 10^4S/m 程度の導電率を, また金の密度 $0.1\rho_s$, 温度3000Kにおいて 10^4S/m 程度の導電率となることが明らかとなった. 本発表では, WDM領域の導電率を評価した結果について報告する.

本研究は科研費(23740406)及び大阪大学レーザエネルギー学研究センター共同研究費の助成を受けて実施したものである.

- [1] 米田仁紀 : プラズマ・核融合学会, Vol.81 suppl, pp.172-180 (2005).
- [2] T. Sasaki, et. al : Phys. Plasmas, Vol.17, 084501 (2010).
- [3] Y. Amano, et. al., Rev. Sci. Instrum., Vol.83, 080107 (2012).
- [4] S. P. Lyon, J. D. Johnson, T-1 Handbook of the SESAME Equation of State Library, LA-CP-98100 (1998).