

レーザー駆動中性子共鳴分光法による 瞬間・透過・元素選別温度計測

レーザー科学研究所

教授 余語 覚文

Researchmap <https://researchmap.jp/7000018584>

研究の概要

超高強度レーザーとターゲット物質との相互作用によって発生する中性子を用い、単一ショットで物質内部の温度分布を測定する「レーザー駆動中性子共鳴分光法」を開発しました。本手法により、従来は平均化された情報しか得られなかった物質の瞬間温度を、元素・同位体ごとに選別して瞬間的に計測できるようになります。

研究の背景と結果

レーザー核融合研究では、燃料プラズマの温度・密度・均一性を精密に把握することが成功の鍵となります。従来の中性子分光法は、データの時間積算が必要で、瞬間的な変動を把握することが困難でした。本研究では、超短パルスレーザーで生成される高エネルギーイオンを金属ターゲットに照射し、単一ショットで共鳴エネルギー領域をカバーする中性子を発生させる新手法を確立しました。これにより、生成された中性子スペクトルの共鳴吸収を解析することで、試料内部の温度をリアルタイムで取得することに成功しました。Nature Communications誌およびPhysical Review X誌に報告した成果では、単一ショットでの中性子共鳴分光測定を世界で初めて実現し、実験的に得られた中性子エネルギースペクトルが理論モデルと良く一致することを示しました。この技術は、レーザー核融合や高エネルギー密度科学だけでなく、極限環境下での物質状態計測や新材料評価にも応用可能であり、学際的インパクトの高い診断ツールとして期待されています。

研究の意義と将来展望

この成果は、レーザー核融合研究や高エネルギー密度物理の精密診断に革新をもたらすとともに、宇宙・惑星内部環境や新エネルギー開発研究への応用も期待されます。将来的には、シングルショットで得られる高輝度中性子源を活用した新しい非破壊評価技術や、極限条件下での物質科学研究の加速に寄与することを目指します。

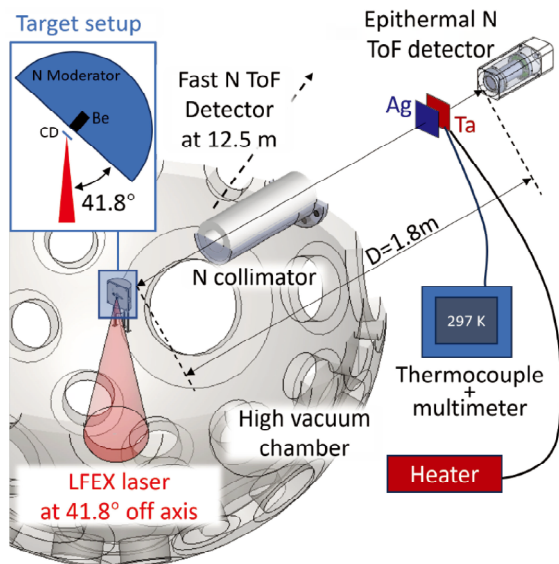


Fig. 1 The experimental setup of the laser-driven epithermal neutron generation and resonance absorption measurement using the TOF method.

Source: 2024 Yogo et al., Single-Shot Laser-Driven Neutron Resonance Spectroscopy for Temperature Profiling. Nature Communications (10.1038/s41467-024-49142-y), licensed under CC BY

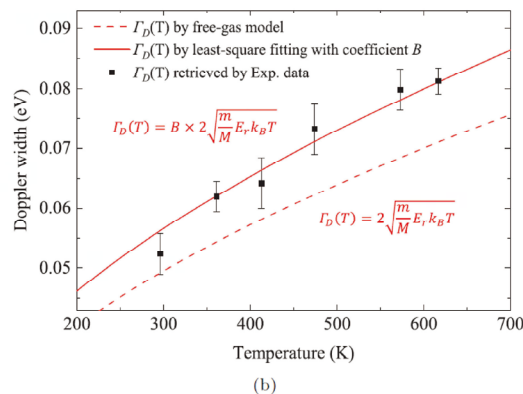
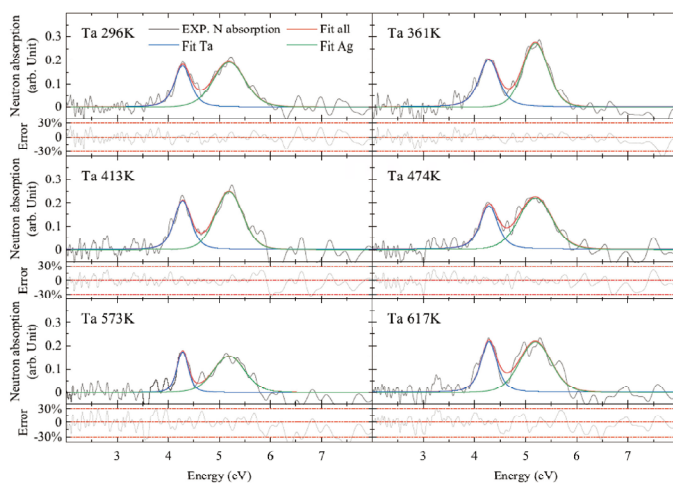


Fig. 2 (a) Experimental neutron absorption results and model. The temperature of Ag was kept at 296K and Ta was heated to $T = 297, 361, 413, 474, 573$ and 617 K. (b) Theoretical Doppler width and experimental results. The error bars of Doppler width depend on the fitting error and the noise level of the original signal. The temperature of each data point was measured by the thermocouple in the experiment.

Source: 2024 Yogo et al., Single-Shot Laser-Driven Neutron Resonance Spectroscopy for Temperature Profiling. Nature Communications (10.1038/s41467-024-49142-y), licensed under CC BY

特許

論文

Lan, Zechen; Yogo, Akifumi et al. Single-shot laser-driven neutron resonance spectroscopy for temperature profiling. Nature Communications. 2024, 15(1), 5365. doi: 10.1038/s41467-024-49142-y
Yogo, Akifumi; Arikawa, Yasunobu et al. Laser-driven neutron generation realizing single-shot resonance spectroscopy. Physical Review X. 2023, 13, 011011. doi: 10.1103/PhysRevX.13.011011

参考URL <https://www.ile.osaka-u.ac.jp>

キーワード レーザー核融合、中性子共鳴分光、温度計測、高エネルギー密度物理、単発診断