

金属のフェムト秒レーザーアブレーションにおけるプラズマ発光ダイナミクスの観測

Observation of Plasma Luminescence Dynamics Excited by Femtosecond Laser Ablation

東大院理¹, 東大物性研²

○山田 涼平¹, 櫻井 治之^{1,2}, 小西 邦昭¹, 三尾 典克¹, 湯本 潤司¹, 五神 真¹

Sch. of Sci., The Univ. of Tokyo¹, ISSP, The Univ. of Tokyo²

○Ryohei Yamada¹, Haruyuki Sakurai^{1,2}, Kuniaki Konishi¹, Norikatsu Mio¹, Junji Yumoto¹,

Makoto Kuwata-Gonokami¹

E-mail: yamada@gono.phys.s.u-tokyo.ac.jp

高強度の超短パルスレーザーによる物質のアブレーションを利用したレーザー加工は、自由形状・非接触・微細など特徴を兼ね備えたユニークな加工法として近年注目されている。このレーザー加工技術の制御性のさらなる向上には、レーザー条件に依存したアブレーションダイナミクスの物理的な理解が重要となる。特に、光パルスの照射から物質の破壊が起きるまでの時間は、フェムト秒からミリ秒の12桁以上に渡るため、そのマルチスケールな現象を観測する手法の開発が必要とされている。金属の場合、光励起された電子系のエネルギーが格子系と熱平衡に達する時間はおよそ数ピコ秒だと考えられており[1]、その後、物質は高温状態を経てプラズマ化し、高エネルギーの電子・イオン・中性粒子が物質表面から爆発的に放出される。この間、物質からはそのエネルギー状態に固有の発光現象を伴うことが実験的に知られている。そのため、発光スペクトルの時間分解観測は、レーザーアブレーションにおいて物質が破壊に至るまでのダイナミクスを調べるための有力なツールになると考えられる。従来、アブレーション時の発光ダイナミクスの観測には、時間ゲート型 ICCD カメラが用いられてきた[2]。しかしながら、破壊現象という不可逆過程を扱う際には、その測定効率の低さが発光ダイナミクスの詳細なレーザー条件依存性を調べる上で大きな課題となっていた。

そこで、本研究では、ピコ秒からミリ秒までの時間領域を一度の測定で観測可能なストリークカメラを用いて、レーザーアブレーション時の発光を時間分解測定する実験系を構築し、プラズマ発光ダイナミクスの観測を行った。Fig.1(a)に実験系の模式図を示す。波長 800 nm、パルス幅 35 fs の光パルスを銅に照射し、破壊を行った。その際生じた発光を分光器付きストリークカメラで観測した。Fig.1(b)は、フルーエンス 17.6 J/cm² で加工した際の時間分解発光スペクトルである。光パルス照射直後から、連続的なスペクトルが立ち上がり、およそ 10 ns 経過するとプラズマ中の高励起中性原子の脱励起に由来する線スペクトルが観察された。本手法により、発光スペクトルの時系列データの取得効率が大幅に向上したため、破壊過程を理解する上で重要なプラズマ発光ダイナミクスのレーザー条件依存性を詳細に調べることが可能となった。講演では、線スペクトルに対して Boltzmann plot 法[2]を用いて算出したプラズマ温度の時間変化のフルーエンス依存性について議論する。

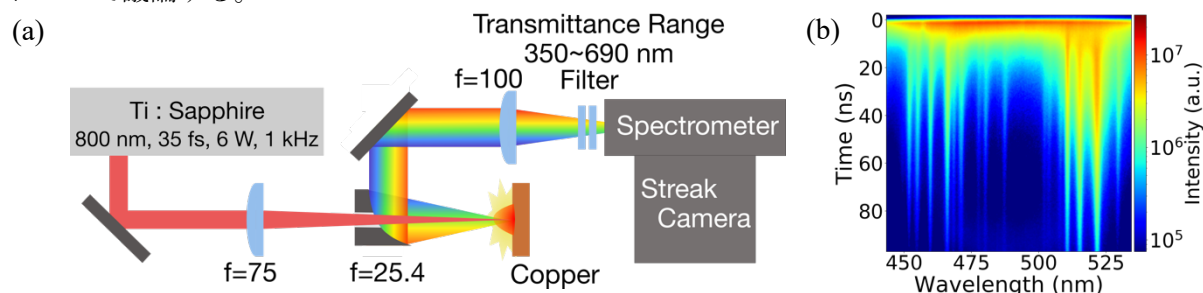


Fig.1. (a) Sketch of the experimental setup. We used short pass filters in front of the spectrometer to avoid scattering from the fundamental beam. (b) The streak image of copper plasma luminescence. The laser fluence was 17.6 J/cm².

[1] B. H. Christensen *et al.*, Appl. Surf. Sci. **253**, 6347 (2007). [2] B. Verhoff *et al.*, J. Appl. Phys. **112**, 093303 (2012).