

MHz 帯域振動検知によるレーザー損傷の事前検出

Detection of Pre-Laser Damage by Induced Vibration in MHz Range

近大生物理工¹, 量研関西研² ◯(M1) 秋吉諒一¹, 三上勝大¹, 宮坂泰弘²

Kindai Univ.¹, QST KPSI², ◯(M1) Ryoichi Akiyoshi¹, Katsuhiko Mikami¹, Yasuhiro Miyasaka²

E-mail: 2433730016m@waka.kindai.ac.jp

1. はじめに

レーザー損傷は高強度レーザーシステムの運転を妨げる重大な要因である。従来の損傷検出方法は、目視や顕微鏡検査により実施されている。したがって、見落としの発生や時間を要するといった問題がある。そこで、我々は、損傷発生時に誘起される振動を検知することで、in-situ な損傷検出手法を開発した。前回の講演では、熱拡散が本手法における決定的なパラメータであることを明らかにした^[1]。レーザー損傷が生じる主要な原因として、微小吸収に起因する電子雪崩が報告されている^[2]。微小吸収の立ち上がりや光音響信号として検出し、直ちにレーザーを停止することで、光学素子の不可逆的な損傷を避けることができる。本研究では、計測振動の周波数帯域を MHz 領域に広げることで、損傷が生じる予兆の検出を目指した。

2. 実験方法

ダメージテストは、波長 1064 nm、パルス幅 7 ns の Nd:YAG レーザーを使用し、N-on-1 方式で実施した。サンプルとして、石英基板 (Φ 30 mm, 厚さ 1 mm) 上に成膜した Ta₂O₅ 単層膜を使用した。パルスレーザー照射時に、周波数帯域 30 k ~ 3 MHz の振動計測を同期したレーザードップラー振動計で行った。レーザー未照射時より強い振動を検知した時を、本研究における N-on-1 試験の停止条件とし、実体顕微鏡による損傷発生有無の確認を行った。

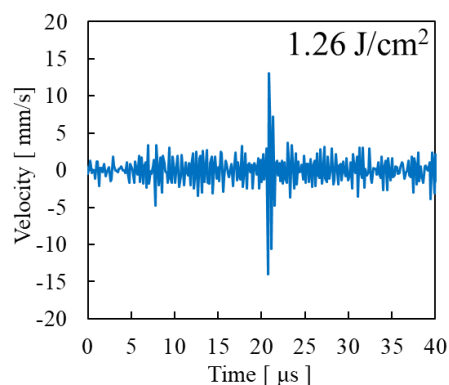


Fig. 1. Waveform of laser-induced vibrational velocity

3. 結果

パルスレーザー照射後に顕微鏡でサンプルを観察したところ、照射箇所ではレーザー損傷が発生せず、振動が生じた計測点が確認された。この時、同実験系で得られた顕微鏡評価による損傷閾値 (8.32 J/cm²) と比較し、振動検出した最低のフルーエンスは Fig.1 に示すように約 1/7 倍低い 1.26 J/cm² であった。Fig.1 における横軸は計測時間、縦軸はレーザードップラー振動計で検出した振動速度波形である。この振動をフーリエ解析したところ、MHz 帯域の周波数が支配的であった。これらの知見から、基材の固有周波数である可聴領域の振動では損傷検出や発生位置特定ができると同時に、MHz 帯域の超音波振動を組み合わせることで、レーザー損傷の予兆を振動発生で事前検出できることが示唆された。詳細は講演に譲る。

[参考文献]

- [1]. 秋吉諒一, 他; 第 85 回応用物理学会秋季学術講演会, 20p-A37-3
- [2]. 西岡一, 河角孝行, 植田憲一, 宅間宏. (1992). 紫外光学薄膜の多光子吸収と電子雪崩の測. レーザー研究, 20(5), 344-354.