

超短パルスレーザー加工の現象解明 に向けた超高速時間分解測定

SATテクノロジー・ショーケース2022

■ はじめに

超短パルスレーザーと呼ばれるフェムト秒からピコ秒の時間幅をもつパルスレーザーは、超短パルス性や超高強度性などの特徴を持つが、このレーザーパルスのある一定以上のエネルギーで物質に照射すると破壊現象が生じる。この非可逆的な破壊現象は、前述の超短パルスレーザーの特徴によって引き起こされる非線形吸収等により、加工された母材に熱影響を極めて減少させたり、レーザー集光の回折限界を下回る数百ナノメートル以下の形状を形成させたりすることが報告されている。このように形状加工としての優位性から、超短パルスレーザーを用いた高品質かつ高精細な微細加工技術が注目されている。

超短パルスレーザーによる微細加工技術を最大限活用するためには、その破壊現象の解明が求められる。超短パルスレーザーの破壊現象の特異性は、物質の電子系と格子系の温度で非平衡状態になり、フェムト秒からピコ秒の時間領域において非熱的過程を経ていることに起因する。しかし、その理論的解釈に関して多くの議論がなされており、さらなる実験的な検証が必要である。

我々は、超短パルスレーザーによる微細加工現象の解明、特に非熱的過程に対応するフェムト秒からピコ秒の超高速時間領域の過渡状態の解明を研究目的としている。本研究では、ポンプ-プローブ分光法を用いた超高速時間分解イメージング技術を開発し、レーザー加工中の表面変化を過渡反射イメージングすることで現象の学理解明に取り組んできた[1]。本講演では、超短パルスレーザー加工の利用が期待される石英ガラス[2]に対して、その

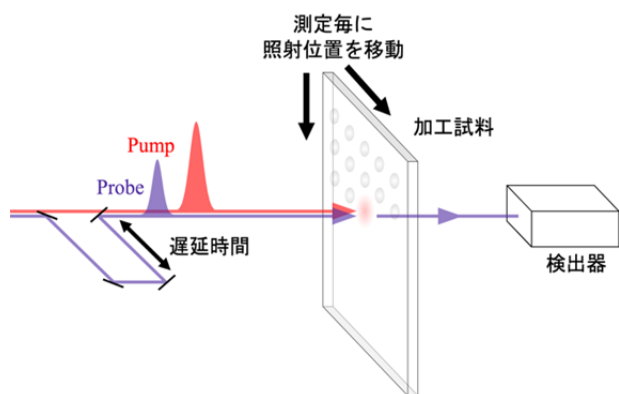


図1 ポンプ-プローブ法による
超短パルスレーザー加工現象の超高速時間分解測定

内部加工現象の透過測定(図1)のために開発した、ポンプ光を加工光としプローブ光を透過測定光とするポンプ-プローブイメージング装置とその測定結果を報告する。

■ 活動内容

本実験で使用したポンプ-プローブイメージング装置は、波長800 nmのチタンサファイアフェムト秒レーザーを使用した。加工用のポンプ光には波長800 nm、透過測定用のプローブ光にはBBO結晶によって二倍波変換した波長400 nmのレーザーパルスを用いて測定を行った[3]。測定試料は石英ガラスである。

上記の装置を用いて、石英ガラスの内部加工現象の時間分解イメージを行った(図2)。図2において、ポンプ光照射領域の周辺に干渉縞が確認された。講演ではこの干渉縞の由来やその時間変化について報告する。

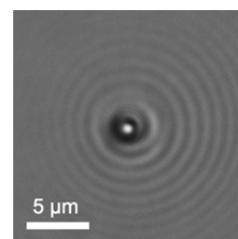


図2 時間分解
イメージの一例[3]

■ 関連情報等(特許関係、施設)

本レーザー光源は、「超短パルスレーザー加工オープンイノベーションプラットフォーム(Ultra-short pulse Laser Processing Open innovation Platform, ULPOP)」[4]のものをを使用した。

■ 参考文献

- [1] E. Terasawa *et al.*, The 22nd International Symposium on Laser Precision Microfabrication, 42, online, 2021/6.
- [2] E. Terasawa *et al.*, Appl. Phys. A **126**, 446 (2020).
- [3] 寺澤英知他, 放射線化学 **111**, 67 (2021).
- [4] 産総研: 深紫外光を含む超短パルスレーザー加工プラットフォームを構築,
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2019/pr20190924_2/pr20190924_2.html.

■ 謝辞

本研究の一部は、NEDO 委託事業「高輝度・高効率次世代レーザー技術開発」、及びNEDO 新産業創出新技術先端研究プログラム「ICT データ活用型アクティブ制御レーザー加工技術開発」により実施した。

- キーワード: (1) 超短パルスレーザー加工
(2) 超高速時間分解測定
(3) 石英ガラス

■ 共同研究者:

- 佐藤大輔^{2,3}, 澁谷達則³, 盛合靖章^{2,4}, 小川博嗣^{2,3}, 田中真人^{2,3}, 坂上和之^{1,5}, 鷲尾方一¹, 小林洋平^{2,4}, 黒田隆之助^{2,3}
1. 早稲田大学 理工学術院総合研究所
 2. 産業技術総合研究所 先端オペランド計測技術 OIL
 3. 産業技術総合研究所 分析計測標準研究部門
 4. 東京大学大学院 物性研究所
 5. 東京大学大学院 工学系研究科附属 光量子科学研究センター

代表発表者 寺澤 英知(てらさわ えいち)
所 属 1. 早稲田大学 理工学術院総合研究所
2. 産業技術総合研究所 先端オペランド計測
技術オープンイノベーションラボラトリ
問合せ先 〒162-0044 東京都新宿区喜久井町 17
早稲田大学 理工学総合研究センター 第2研究棟
TEL: 03-3203-4454
wisdom_terasawa@akane.waseda.jp