

フェムト秒レーザー生成現象の時間分解デジタルホログラフィ

Time-resolved digital holography of femtosecond laser produced phenomena

宇都宮大学オプティクス教育研究センター ○早崎 芳夫

Center for Optical Research and Education, Utsunomiya Univ., °Yoshio Hayasaki

E-mail: hayasaki@cc.utsunomiya-u.ac.jp

フェムト秒からナノ秒の時間領域における時間分解画像観測による、フェムト秒レーザーパルス照射後に生じる物理過程の理解は、所望の加工を行うためのレーザーパルスの時空間制御やパラメータ探索を助ける。フェムト秒レーザー加工を用いて実用デバイスを高効率に作製するために、微細化と高スループット化との相反する課題を克服する高度なパルスパラメータ制御を必要とする。微細化のためには、高 NA 対物レンズを用いた加工しきい値近傍のエネルギーによるレーザーパルス照射を必要とし、その生成現象について、水[1]とガラス[2, 3]での観測を行った。ガラスでは、横方向[2]と縦方向[3]の観測を行った。

一方、高スループット化には多点並列レーザー照射[4]を必要とするが、照射位置と照射時間を制御したフェムト秒レーザーの並列照射時の誘起現象の観測[5]も行い、少ないエネルギーで広い領域を励起できる興味深い現象を観測した。

さらに、サブ ps から数 10ps にかけて、励起領域内でのキャリアの激しい動きを示唆する複雑な時空間構造が観測された。屈折率の減少として観測されるキャリアの生成と局所加熱が同時に生じる時間領域において、それらを分離して観測するために、プローブ光を波長 400 nm と 800 nm として同時観測した [6]。

本稿では、2 波長同時観測を示す。Fig. 1 に実験システムを示す、再生増幅型チタンサファイアフェムト秒レーザー(中心波長 800 nm) から出射されたパルスは、ポンプパルスとプローブパルスに分けられた。ポンプパルスは、100 倍の油浸対物レンズ (1.25NA) を用いて、白板ガラス(B270, Schott)内部に照射された。800 nm と 400 nm のプローブ光は、ともに光学遅延を調整された。サンプル通過後のプローブパルスは、50 倍の対物レンズ(0.55NA)とレンズ($f = 500$ mm)で拡大され、干渉計に導入された。

干渉像から誘起現象の複素振幅像(位相像と振幅像)を、フーリエ変換法を用いて取得する。得られた複素振幅像の、色収差による焦点位置のずれを回折計算により補正した。

Fig. 2 は照射エネルギー $E_p = 200$ nJ の時、ポンプパルスの焦点位置での位相と振幅の時間変化を示す。 $t < 0.2$ ps の時間領域では 800 nm の透過率が低く、 $t > 0.2$ ps では 400 nm の透過率が低いという結果が得られた。それぞれ、 $t < 0.2$ ps では相対的に高密度なプラズマ生成による光吸収により長波長側の光吸収の増大による透過光の減少、 $t > 0.2$ ps ではキャリアの拡散に伴う励起領域の拡大による短波長側の光散乱の相対的な増大による透過光の減少による。

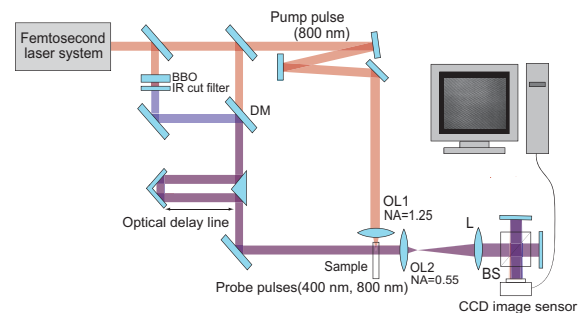


Fig.1 Experimental setup.

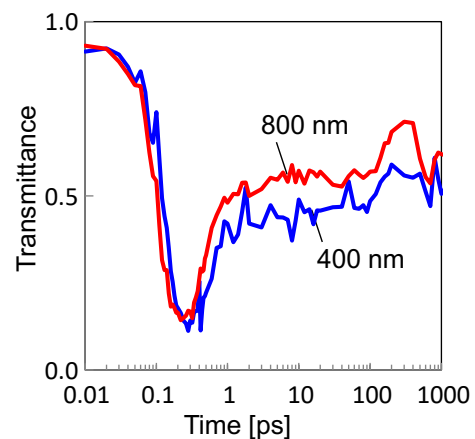


Fig. 2 Temporal changes of transmittance.

- 1) Jpn. J. Appl. Phys. **48**, 09LD04 (2009).
- 2) Opt. Express **19**, 5725 (2011).
- 3) Opt. Mater. Express **1**, 1399 (2011).
- 4) Appl. Phys. Lett. **87**, 031101 (2005).
- 5) Opt. Mater. Express **2**, 691-699 (2012).
- 6) Sci. Rep. **7**, 10405 (2017).