

波長掃引超高速レーザパルス列を用いた透明固体材料中のレーザ誘起 応力波ダイナミクスのシングルショット 2 次元バーストイメージング

Single-shot 2-D Burst Imaging of Laser-induced Stresswave Dynamics in Transparent Solid
Materials by Spectrally Sweeping Ultrafast Pulse Train

慶大理工：[○](B) 松下一輝, 鈴木 敬和, 山口 勇輝, 根本 寛史, 神成 文彦

Keio Univ.: [○]Kazuki Matsushita, Takakazu Suzuki, Yuki Yamaguchi, Hirofumi Nemoto

E-mail : kannari@elec.keio.ac.jp

サブピコ秒以下の時間領域における高速過渡現象をシングルショットでバーストイメージングする手法として、線形周波数チャープレーザパルスをプローブ光に用いた STAMP [1] がある。STAMP は、チャープパルスの瞬時周波数に遅延時間を対応させ、スペクトル帯ごとに空間的に分離することで 2 次元高速バースト撮影を実現する。フレーム間隔、全体の時間窓はパルスの 2 次分散量で可変にできる。回折光学素子 (DOE) とバンドパスフィルタ (BPF) によりスペクトルイメージ分割を実現した改良型 SF-STAMP (Fig. 1) では最大 25 枚の同時撮影が実現されている [2]。しかし、材料分散を利用したプローブパルスの時間幅伸張方法には限界があり、これまでの SF-STAMP の撮影時間窓は最大で ~70 ps に制限されていたため、適応できる超高速過渡現象は限られてしまっていた。我々は、SF-STAMP 法の時間窓を拡大し、衝撃波やアブレーションルーム等をシングルショットで観測するために、傾斜ミラー対の多重反射を利用して自由空間でパルス幅の伸張を行う光学系 FACED (free-space angular-chirp enhanced delay) [3] (Fig. 1) を応用し、計測時間窓を 300 ps に拡大し 5 枚のバーストイメージングを行うことに成功した [4]。

今回、この FACED を用いて、300 ps 間隔のパルス列を生成し、撮影可能な時間窓を数 ns まで拡大した。Fig. 2 に FACED から出射した各パルスの中心スペクトルを示す。各パルスの時間幅はそれぞれのスペクトル幅でほぼ決定されるが、FACED の特性上、出射パルスは時空間的に僅かな周波数チャープを示す。そこで、可変アパーチャを用いた FACED 出射光の周波数分解強度相互相関計測と CODE V 数値シミュレーションにより詳細に特性を調べた。

我々はこの計測系を用い、フッ化リチウム (LiF) 単結晶内にフェムト秒レーザパルスを集光した際に発生する応力波発生と伝搬過程をシングルショットでイメージング計測した。講演では、FACED 出射パルスの特性評価実験の結果と合わせてこれを報告する。また、SF-STAMP と 1 kfps 高速カメラを組み合わせた繰り返しレーザ照射におけるイメージング計測についても報告する。

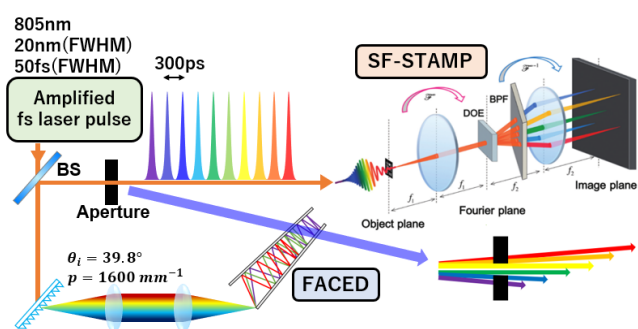


Fig. 1 Experimental setup of ultrafast burst imaging by SF-STAMP with FACED.

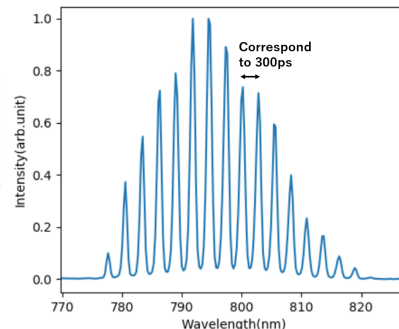


Fig. 2 Spectrum of output pulses from FACED.

- [1] K. Nakagawa, *et al.*, “Sequentially timed all-optical mapping photography (STAMP),” *Nat. Photonics* **8**, 695 (2014)
- [2] T. Suzuki, *et al.*, “Sequentially timed all-optical mapping photography (STAMP) utilizing spectral filtering,” *Opt. Express* **23**, 30512 (2015); T. Suzuki, *et al.*, “Single-shot 25-frame burst imaging of ultrafast phase transition of $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ with a sub-picosecond resolution,” *Appl. Phys. Express* **10**, 92502 (2017).
- [3] J. Wu, *et al.*, “Ultrafast laser-scanning time-stretch imaging at visible wavelengths,” *Light Sci. Appl.* **6**, e16196 (2017).
- [4] 根本, 鈴木, 山口, 肥田, 神成, “異波長パルス列を用いたサブナノ秒間隔でのバーストイメージング” 第65回応用物理学会春季学術講演会, 19p-B301-19, (2018)