

sub-Gfps 域高速イメージングのための高効率分光結像光学系の開発

○ 漕江 駿太¹, 山根 啓作¹, 爲本 龍汰¹, 本田 亜沙美¹, 鈴木 雅人¹, 戸田 泰則¹, 尾松 孝茂^{2,3}, 森田 隆二¹

(1. 北大工, 2. 千葉大融合理工, 3. 千葉大分子キラリティー)

E-mail: k-yamane@eng.hokudai.ac.jp

レーザープロセッシングにおいては、光パルスと照射対象が相互作用した後、しばしば物質の融解を経て質量移動が起きる。近年、光源に光渦パルスを用いた場合において、照射対象に光渦パルスの持つ軌道角運動量 (OAM) が転写され、特異的な構造変化が起きることが報告されている¹⁾。その際、光と物質の相互作用時間は典型的にはナノ秒以下と極めて短く、また、顕著な構造変化が起きるのはマイクロ秒域である。OAM が質量移動に影響を与える物理メカニズムを解明するためには、サブマイクロ秒域スナップショット計測技術の確立が不可欠である。

近年、STAMP(Sequentially Time All-optical Mapping Photography) などに代表されるように、時間情報を周波数などにエンコードすることで超高速イメージングを実現する手法が報告されている²⁾。こうした手法でキーとなるのは光波の時間情報を周波数などの自由度にエンコードする技術及び、観測光をデコードする技術である。STAMP では前者を光パルスのチャープに基づく周波数スイープパルス列の生成で実現しているが、元来フェムト秒からピコ秒域の計測に適した手法である。我々は独自の拡張により、堅牢かつ比較的コンパクトな装置サイズでナノ秒域の周波数スイープパルス列の生成に成功している³⁾。しかしながら、観測光のデコードにあたる分光結像光学系においては、光波変換効率及び結像の分解能に大きな課題が残されていた。今回我々は、典型的に用いられる回折格子を組み込んだ $4-f$ 光学系 (変換効率: $\sim 10\%$) に代わり、エッジロングパスフィルタ及び偏光分離を利用した新たな分解結像光学系を開発したので報告する。

今回我々は、Fig.1(A) に示すように誘電体多層膜エッジロングパスフィルタと高反射ミラーをわずかに非平行に配置した構成を採用した。よく知られているように誘電体多層膜フィルターのカットオン波長には入射角依存性があるため、反射毎に切り出される波長成分が変化する。従って適切にこれらフィルタとミラーのなす角度をチューニングすることにより、原理的にはほぼ無損失で光波の波長 (あるいは周波数) 分離が可能となる。原理実証として、観測光を USAF 1951 テストターゲットに照射し、開発した分解結像光学系によって得た像を Fig.1(B) に示す。フレーム間の時間間隔は約 5.5 ns であり、どのフレームでも 102 lp/mm のラインが明瞭に分離できていることを確認した。現在光学系の評価及び装置の最適化を行っており、詳細は講演で報告する。

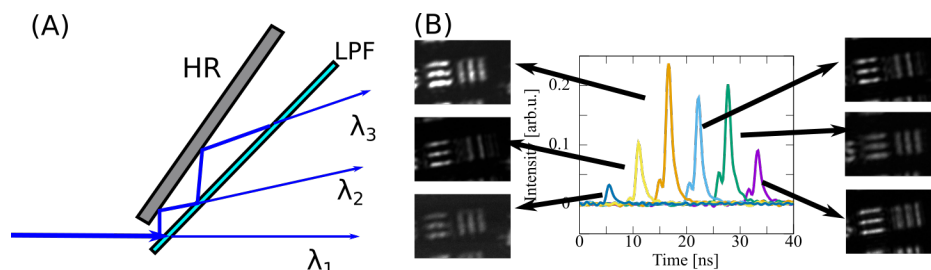


Fig.1 (A) Concept of optical-filter-based angular disperser. (LPF: edge dielectric long pass filter, HR: high reflection mirror). (B) Generated pulse train with measured snapshot images.

References: 1) R. Nakamura et al., Opt. Express **27**, 38019-38027 (2019). 2) K. Nakagawa et al., Nature Photon. **8**, 695-700 (2014). 3) A. Honda et al., Proceedings of Conference on Lasers and Electro-Optics(CLEO) 2022 STh4L.7(2022).