

ブラッグ回折チャープファイバーを用いたシングルショット分光

Fiber-Based Single-Shot Spectroscopy with Chirped Fiber Bragg Grating

横浜国立大学¹, Brigham Young University², 徳島大学³, 大阪大学⁴

○小林真隆¹, Jeremy A. Johnson^{1,2}, 嵐田雄介¹, 南康夫^{1,3}, 武田淳¹, 山下元気⁴, 芦田昌明⁴, 片山郁文¹

Yokohama National Univ.¹, Brigham Young Univ.², Tokushima Univ.³, Osaka Univ.⁴

○M. Kobayashi¹, Jeremy A. Johnson^{1,2}, Y. Arashida¹, Y. Minami³, J. Takeda¹, G. Yamashita⁴, M. Ashida⁴ and I. Katayama¹
E-mail: katayama@ynu.ac.jp

近年の超高速分光法の進歩により、レーザー1パルスで信号波形を取得することが可能となり、測定時間の大幅な短縮および不可逆現象の分光などが可能となってきている。しかしながら、従来のシングルショット分光法[1-4]では測定の繰り返し速度がカメラの読み出し速度で制限されていたため、超高速過渡現象を高繰り返しでシングルショット測定することは困難であった。これを解決するために我々は、長距離ファイバーにおける群速度分散を利用したシングルショット分光法を開発したが [5]、プローブパルスが長距離ファイバー内を透過することによる損失がある上、非線形性による信号歪みを低減するために強度を弱くする必要があり、S/N比の向上が課題となっていた。これを解決するために、Chirped Fiber Bragg Grating (CFBG) を用いることでファイバー内での伝搬ロスを軽減し、高感度で信号波形を取得することを試みた。

実験にはTi:Sapphire再生増幅レーザー（繰り返し1 kHz、パルス幅200 fs、出力4 mJ）を用い、光パラメトリック増幅器（OPA）を通して1300 nmのプローブ光を発生させた。発生したプローブ光はSF-11のガラスロッドを用いて0.8 ps程度のパルス幅に伸張した。ポンプ光は基本波の800 nmを使用し、プローブ光と共に1 mm厚のZnTeに照射することで、ZnTeの過渡透過率の時間情報を波長にマッピングした。プローブ光は試料の透過後に長さ3 mのCFBGを通した上で、帯域4 GHzのオシロスコープと高速フォトダイオードを用いてパルス波形を検出した。CFBGは1300 nmを中心に帯域60 nmを反射する設計とし、-140 ps/nm程度の波長分散がつくようにした。この波長分散により元来の1 psが15 ns程に約15,000倍に拡張される。

図1に、ZnTe結晶のポンププローブ測定を行った結果を示した。CFBGを利用することによって、基本波800 nmをプローブ光とし全長3 kmの800 nmシングルモードファイバーを用いた場合よりも、信号強度が5倍近く大きくなった。またパルス幅は8 ns程度にまで伸長されており、ファイバー長に対して高効率で伸長できた。ポンプ光の有無によるそれぞれのパルス波形を取得し、その差から求めた透過率変化の時間依存性を図1に示した。実時間軸との対応により数百fsの超高速の変化が、シングルショットベースで観測されていることが分かる。得られた結果はCFBGがシングルショット測定に有効であることを示している。本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE #145003103)の委託研究として実施した。

[1] Z. Jiang *et al.*, APL 72 (1998) 1945.

[2] J. Shan *et al.*, Opt. Lett. 25 (2000) 426.

[3] G. P. Wakeham *et al.*, Opt. Lett. 25 (2000) 505.

[4] Y. Minami *et al.*, APL 103 (2013) 051103.

[5] M. Kobayashi *et al.*, Sci. Rep. 6 (2016) 37614.

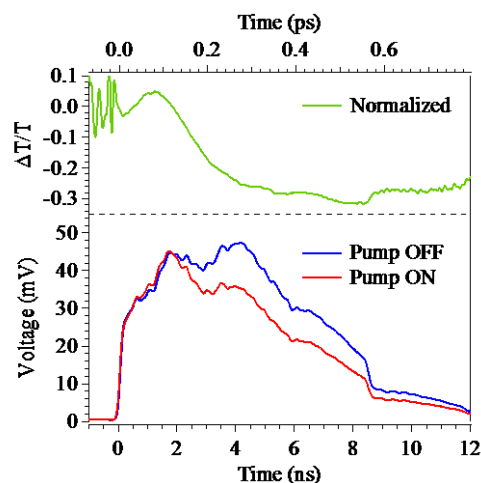


Fig.1 : (bottom) Oscilloscope traces of probe pulses with and without pump pulses and (top) the transient signal calculated from the bottom data. The time axis was normalized by a factor of 15,000.