

1-5-2

高感度変形 SPIDER 法によるフェムト秒光パルスの位相決定 とフィードバック位相制御

† 科技団 CREST, * 北海道大学大学院, ** シチズン時計 平澤正勝†, 中川直也†*, 山本和樹†*,
橋本晃仁†*, 勝呂彰**, 山下幹雄†*

Femtosecond optical-pulse characterization by a modified-SPIDER technique and feedback phase control

M. Hirasawa†, N. Nakagawa†*, K. Yamamoto†*, A. Hashimoto†*, A. Suguro**, M. Yamashita†*
†CREST JST, * Dept. of Applied Physics, Hokkaido Univ., **Citizen Co.

これまで我々は石英ファイバーを用い、光パルスの広帯域化とその圧縮による超短光パルス発生を行ってきた。従来パルス圧縮にはプリズム対や回折格子対がよく用いられてきているが、5 fs を切るような極短パルスに対しては、広帯域にわたって適切な位相補償を与えることが難しい。これに対し空間位相変調器 (SLM) を用いた 4f パルス整形器は、周波数の関数として任意の位相補償量を与えることができるため、非常に柔軟に位相変調を行うことができる [1-2]。ところが精密な補償のためには調整パラメータが多く、試行錯誤的な手法での最適化は非常に難しくなるため、位相計測と位相変調を直接組み合わせた手法が必要である。また石英ファイバーにおいては、材質に由来するダメージ閾値があり、シングルモード条件で伝搬する光パルスのエネルギーは、時間幅 90 fs 程度の光パルスに対して、高々数十 nJ 程度に制限される。位相補償にともなう強度ロスも考慮にいと、これまで用いられてきた各種 FROG 法や SPIDER 法では感度が不足し、位相特性を決定することは困難である。この困難を回避できる高感度な位相計測装置として、我々はこれまで変形 SPIDER 法を研究してきた。

図 1 に、この高感度変形 SPIDER 法による位相決定の実験結果を示す。光源には再生増幅した Ti:Sapphire 光 (800 nm, 1 μJ, 1 kHz, 90 fs) を高強度チャープ光源として用い、被測定パルスは再生増幅パルスの一部を石英ファイバー中で自己位相変調効果を用いて広帯域化したもの (800 nm 中心, 3.6 nJ, 200 fs) を用いた。図 (A) は変形 SPIDER の信号スペクトルであり、図 (B) はそこから再構築した被測定パルスのスペクトル位相とスペクトルである。感度の点では従来の SPIDER 法に比べて、二桁向上している。このような高感度な位相決定法から再構築した位相を用いて、石英ファイバー出力光パルスの非線形 chirp 補償結果について報告する予定である。

さらに、高感度変形 SPIDER 装置を検出器として用いた、フィードバック位相補償 (あるいは位相変調) 装置を図 2 に示す。石英ファイバーからの出力パルスを、SLM を用いた 4f パルス整形器に導き、位相補償したのち、変形 SPIDER 法により計測、スペクトル位相をリアルタイムで再構築するというものである。得られたスペクトル位相は SLM 変調器の制御にフィードバックされ、最適な位相変調量が得られるように印可電圧が調整される。この位相補償法では、SPIDER 法の利点である、短時間で完了する計測法と高速な位相再構築アルゴリズムによって、1 サイクル 1 秒程度のフィードバック制御が可能であり、自律的なパルス圧縮 (位相変調) と出力パルスの安定化を行うことができる。

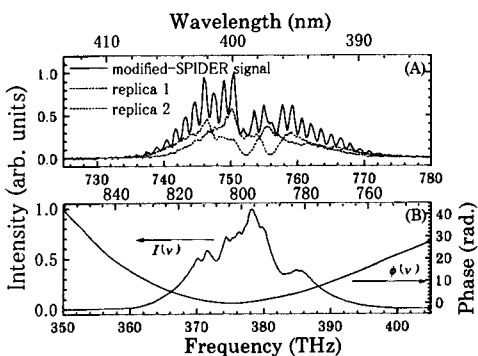


図 1 変形 SPIDER 法を用いた微弱光パルス (シングルモード石英ファイバー出力パルス 3.6nJ/pulse) の計測結果 (A) と、決定されたスペクトル位相と強度 (B)。

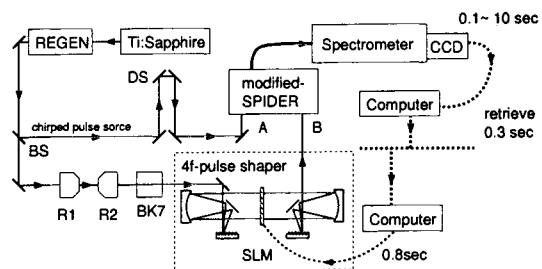


図 2 変形 SPIDER による位相測定と、フィードバック位相制御の実験配置図

- [1] L. Xu, L. Li, N. Nakagawa, R. Morita, and M. Yamashita: IEEE Photonics Technol. Lett. **12** (2000) 1540.
[2] N. Karasawa, L. Li, A. Suguro, H. Shigekawa, R. Morita and M. Yamashita: J. Opt. Soc. Am. B (2001) in press.