

ディジタルコヒーレント受信による波長掃引非線形性の測定と補償

Compensation for Wavelength Sweeping Nonlinearity with Digital Coherent Detection

東京大先端研¹ ○白畑 卓磨¹, セット ジ イョン¹, 山下 真司¹

RCAST, Univ. of Tokyo¹, ^{*}Takuma Shirahata¹, Set Sze Yun¹, Shinji Yamashita¹

E-mail: shirahata@cntp.t.u-tokyo.ac.jp

分散チューニングレーザ[1]は共振器内に高分散媒質を挿入することによって、特定の変調周波数で強度変調をかけると特定の波長でのみモード同期が起きることを利用した波長可変レーザである。分散チューニングレーザは共振器中に機械的駆動部を含まず発振波長を電気的に制御できるため、高速・広帯域な波長掃引をすることが可能である。分散チューニングレーザの応用の一つに Swept-source optical coherence tomography (SS-OCT)がある。

SS-OCT[2]とは波長掃引レーザを光源として用いる断層画像撮影技術である。SS-OCT では光源の波長掃引の線形性が重要となり、線形な掃引ができない光源を用いる際には点像関数が悪化してしまい信号処理などによる補償が必要となる。分散チューニングレーザは任意の波形で波長掃引が可能であるため線形な掃引が可能な光源ではあるが、実際には掃引にわずかな非線形性があり点像関数が悪化してしまう。

本研究では光通信で最近用いられるようになったディジタルコヒーレント受信機を SS-OCT システムに用いられる干渉計に応用することにより、強度情報と位相情報を分離して測定を行い、分散チューニングレーザの波長掃引時の特性を明らかにするとともに、リスケーリング法[3]を用いて波長掃引の非線形性を補償して点像関数の改善を行った。

Fig.1 に本実験で本実験で使用した分散チューニングレーザの構成を示す。増幅媒体として中心波長 1550nm の半導体光増幅器(BOA1004P:Tholabs)を、分散媒質として 10ps/nm の CFBG(TeraXion)を、モードロッカーとして LN 光強度変調器(Optilab)を用いた。光強度変調器への入力波形をパルスジェネレータを用いて正弦波からパルスにすることによってコヒーレンス長の改善を行っている[1]。

Fig.2 に干渉系とディジタルコヒーレント受信部を示す。分散チューニングレーザは掃引帯域 60nm、掃引速度 10kHz で掃引を行った。90° 光ハイブリッド(COH24:Kyria)と帯域 1.6GHz バランスフォトリテクタ(PDB480C-AC:Tholabs)を用いてディジタルコヒーレント受信機を構成した。参照側の光路差は 2mm としている。

Fig.3 に光強度をフーリエ変換した結果と、波長掃引速度を表す干渉波形の位相を微分したものをフーリエ変換した結果を示す。337kHz と 450kHz に大きなピークが存在しており、光強度と掃引速度がわずかに上下していることがわかる。ピークの周波数の位相は光強

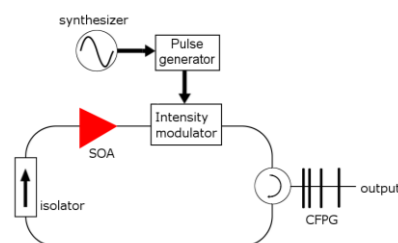


Fig. 1 Dispersion-tuned fiber laser

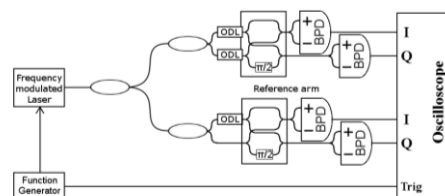


Fig. 2 Experimental set up

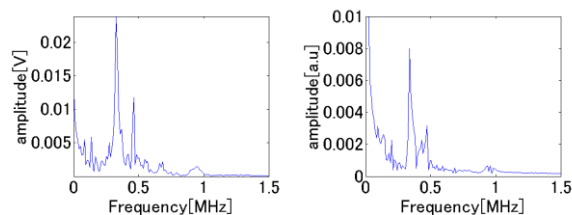


Fig. 3 FFT analysis

left: Optical intensity, right: differential phase

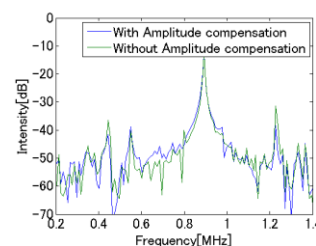


Fig. 4 Pointed spread function

度と掃引速度で一致しており、光強度が高くなると掃引速度も速くなっていることが確認できた。Fig.4 は 3.5mm の光路差における点像関数を測定し、位相情報を用いてリスケーリング法で補償を行った後に強度補償を行ったときの点像関数を示す。サイドピークを 10dB 抑制できている。

参考文献

- [1] Y.Takubo, and S.Yamashita. Opt. Express 21.4 (2013): 5130-5139.
- [2] S. R. Chinn, E. A. Swanson, and J. G. Fujimoto, Opt.Lett. 22.5 (1997): 340-342.
- [3] Lee, K.S, et al. Opt.Lett. 35.7 (2010): 1058-1060.