

ハロゲン光源を用いた波長走査型 FFOCM の基礎検討

Basic Study on Swept Source Full Field OCM using Halogen Lamp

山形大学 ○(M2) 伊藤達朗, (M2) 渡邊大輝, 増田純平, 佐藤 学

Yamagata Univ., °Tatsuro Ito, Daiki Watanabe, Junpei Masuda, and Manabu Sato

E-mail: msato@yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 医学・生物学分野において, 高い空間分解能と無侵襲性を特徴とする OCT(Optical Coherence Tomography)が, すでに眼科臨床で実用化され, その応用が広がっている. 現在, 測定速度と感度からフーリエドメイン OCT が主流であり, 波長走査型 OCT(SS OCT)とスペクトルドメイン OCT(SD OCT) に大別される. 我々は, 小型で汎用な顕微鏡タイプの FF OCM(Full Field Optical Coherence Microscopy) を目標としており, 高い空間分解能や高感度が必須となる. 光源では, 高い深さ方向分解能から広い波長スペクトルを有し, スペックルノイズの少ない高い横方向分解能のためには低い空間コヒーレンスを有する汎用性な光源としてハロゲンランプ光源に着目して検討を進めてきた.

本発表では, ハロゲン光源を用いた波長走査型 FFOCM を試作し, FFOCM としての動作確認と基礎特性を測定したので報告する.

2. 実験光学系

実験光学系を Fig.1 に示す. 光源には, 汎用ハロゲンランプを用いており, 対物レンズ(10×)でコリメート後, コールドミラー(Edmund, #64446)で可視光をカットし, 干渉フィルター(Edmund, #68886, λ_c :808nm, FWHM:3nm)で波長選択し, リニック干渉計に導入している. 対物レンズ(10×)は, 両光路とも同一である. 干渉フィルターはステッピングモーターでの角度制御により, 波長走査を行っている. 中心波長は 775.6nm であり, 波長走査幅は 55.9nm である. 測定プログラムにより, 波長ごとの干渉画像は, CCD (Photon focus, MV1-D1024E-160-CL12, 1024×1024pixels, 12bit) を介して PC に取り込まれる. 取り込み画像は画像サイズが 400×400pixels, 測定枚数 100 枚, 全波長の走査時間は約 20sec である. オフライン処理により, 走査角度, 波長, 周波数へ変換後, フーリエ変換により 3D 画像データを得ている.

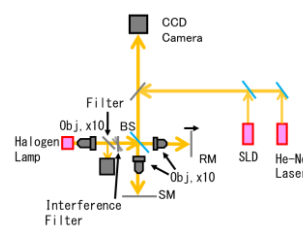


Fig.1 SSOCT system.

3. 実験結果

まず, サンプルとしてテストパターンを信号光路に置き, 横方向分解能を評価した. 測定干渉画像を Fig.2 に示す. テストパターンの間隔は 4.38 μ m(7group, 6line)であるので, 強度プロファイルから横方向分解能は 4.38 μ m 以下であることがわかる. 計算値は $\Delta x = 1.22 \times \lambda / NA$ で求められ, 中心波長は 775.6nm, 開口数は 0.25 より, 計算値は 3.78 μ m と算出され, 測定結果にほぼ対応するのがわかる.

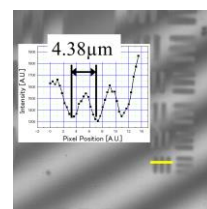


Fig.2 Interference image.

次に SLD で参照光路と信号光路の光路長を合わせた後, 参照ミラー(RM)を 10 μ m ずつ動かし, それぞれの変位での強度プロファイルを測定した. 深さ方向空間分解能の深さ依存性を Fig.3 に示す. 深さ方向分解能の計算値は $\Delta z = 0.442 \times \lambda_0^2 / \Delta \lambda$ より, 4.76 μ m と求められ, 赤線で示してある. 測定では, 8 μ m 程度から深さが 100 μ m 程度になると約 14 μ m に劣化するのがわかる. これは, コヒーレンス長が充分長くないこと, 波長走査の際スペクトル幅が変化することに依存する. Fig.4 では, 波長走査速度から求めた RM 変位と周波数の関係であり, 測定結果が計算結果とほぼ一致していることが確認できた.

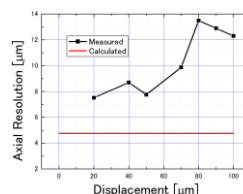


Fig.3 Axial resolution at each depth.

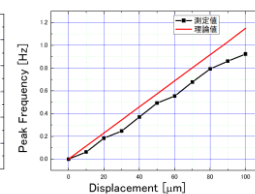


Fig.4 Peak frequency vs RM displacement.

4. まとめ

ハロゲン光源を用いた波長走査型 FFOCM を試作し, 基礎特性の評価を行った. 横方向分解能は計算値 3.78 μ m に対して測定値 4.38 μ m 以下が得られた. 深さ方向分解能は計算値 4.76 μ m に対して, 実測では 8 μ m 程度で深さ 100 μ m 程度では深さ方向分解能が劣化することがわかった. より精度の高い波長校正方法などが今後の課題である.