

白色 LED を用いた SDOCT による物体内部三次元観測システムのシミュレーション

Simulation of SDOCT using white LED for three-dimensional observation

北海道大学大学院工学院¹, 工学研究院², ○(M2)永井等也¹, 富岡智², 山内有二², 松本裕²

Hokkaido Univ., Graduate School of Engineering,¹ Faculty of Engineering,²,

○T. Nagai¹, S. Tomioka², Y. Yamauchi², Y. Matsumoto²

1. はじめに

深さ方向の情報を観測し得る干渉法の一つとして光干渉断層撮影法 (OCT) が知られている。OCT は高い空間分解能性と高感度・高浸透性を持っているという利点に対し、撮像高速化に限界があるという欠点がある。それに対して Spectral Domain OCT (SDOCT) は分光器を用いることで深さ方向の情報を一度に取得できる。通常 OCT では、光源として幅の広いスペクトルをもちながら位相のそろった光を発することのできる赤外域の Super Luminescent Diode (SLD) が用いられる。本研究では入手しやすく、かつ、光軸調整が容易な可視光域において比較的高輝度な白色 LED を用いることを検討している。白色 LED と SLD それぞれの観測信号をシミュレーションし、それらの比較により、白色 LED の有用性について検討した。

2. シミュレーション方法

被写体として、光軸上に N 個の離散的な層状の媒質があると仮定した。ビームスプリッタから i 番目の層の奥側の距離を z_{Si} 、そこでの反射係数を r_{Si} とし、周波数 ω の光がビームスプリッタ上で複素振幅 $E(\omega)$ を持つとすると、被写体からの後方散乱光のビームスプリッタ上での電場は、

$$E_{Si}(\omega) = E(\omega) \sum_{i=1}^N r_{Si} e^{-j2n_{i-1,i}k_0 z_{Si}} \quad (1)$$

となる。ここで $n_{i-1,i}$ は z_{Si} と z_{Si-1} 間の層の屈折率を表す。本研究では試料内部で屈折率が変化する場合などでシミュレーションを行った。光源は、1) 白色 LED を模した青色部に幅狭ピークと黄色部に幅広ピークを持つ 2 つのガウス分布の組み合わせ、2) SLD を模した赤外部に幅広ピークを持つガウス分布、を用いて結果を比較した。

3. 結果

後方散乱面 ($z_{S1} = 50 \mu\text{m}$, $z_{S2} = 100 \mu\text{m}$, $z_{S3} = 105 \mu\text{m}$, $z_{S4} = 155 \mu\text{m}$, $n_{0,1} = n_{2,3} = n_{4,5} = 1$, $n_{1,2} = n_{3,4} = \sqrt{6.1}$) による信号強度の時間遅れの一例を Fig. 1 に示す。

白色 LED を用いた結果では、SLD の場合より幅の狭いピークと低強度部に幅の広いピークの 2 種類が確認できる。幅狭の鋭いピークを持つことは高分解能を実現する上で SLD に対して優位である。一方で、低強度部の幅広ピークは、断層像を劣化させる可能性がある。

また、被写体内部の屈折率の変化によって、ピーク位置や信号強度に変化が生じることがわかった。

4. まとめ

白色 LED を用いた SDOCT のシミュレーションを行った。その結果、SLD と比べ高分解能を持つ可能性があることがわかった。一方で強度の小さい信号には不確かさが残ることによる影響も懸念されるため、低強度信号に着目する場合には何らかの対策が必要であると考えられる。

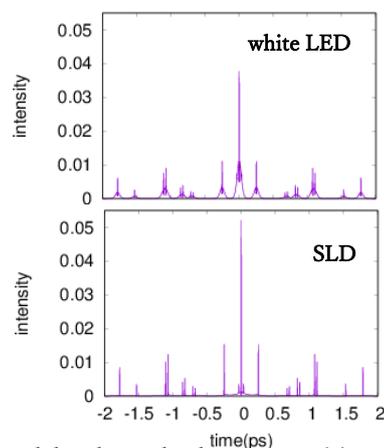


Fig.1 Time delay due to backscatter position for white LED and SLD light source. Intensities are normalized.