

高侵達・高感度光コヒーレンストモグラフィのための 波長 1.9 μm 帯スーパーコンティニウム光生成

Generation of supercontinuum at 1.9 μm wavelength region for highly penetrative and sensitive optical coherence tomography

名大院工 ○川越 寛之, 西澤 典彦

Dept. Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University

○Hiroyuki Kawagoe, Norihiko Nishizawa

E-mail: kawagoe.hiroyuki@e.mbox.nagoya-u.ac.jp

1. はじめに

光コヒーレンストモグラフィ(OCT: Optical coherence tomography)は, 非侵襲で高分解能な断層像を取得できるイメージング技術であるが, プローブ光の侵達長が 2-3 mm 程度と短いため表層近傍しか画像化することができず, OCT の応用範囲の拡大を制限している. 近年, 従来 OCT よりも長波長の光源を用いた高侵達 OCT が研究されている[1]. 我々は超短パルス光源と光ファイバーを用いてスーパーコンティニウム光(SC: Supercontinuum)を 0.8-1.7 μm 帯で生成し, 超高分解能 OCT の高感度化を試みている[2,3]. これまでのところ, 皮膚等の高散乱体の計測では臨床応用に必要な新達長を得ることはできていない. 散乱による信号減衰の低減のために, より長波長帯の SC 光源の活躍が期待される.

本研究では, 平坦で広帯域なスペクトルをもつコヒーレントな波長 1.9 μm 帯の SC 光を生成し OCT 計測を行ったので報告する.

2. 波長 1.9 μm 帯 SC 光生成

今回は, エルビウム添加ファイバーを用いた超短パルス光源・エルビウム添加ファイバー増幅器・偏波保持ファイバー(PMF: Polarization maintaining fiber)から構成されるシステムを用いて波長 1.9 μm 帯 SC 光を生成した. 増幅器によって増幅された超短パルスを PMF に入射すると, 誘導ラマン散乱が生じ長波長帯にラマンソリトンパルスが生成される. 本研究では数値解析によるシミュレーションを行い, 波長 1.9 μm 帯にラマンソリトンパルスが生成される条件を求めシステムの最適化を行った. 1.9 μm 帯に生成したラマンソリトンパルスを高非線形ファイバーに入射し, 1.9 μm 帯 SC 光を得た. 図 1 に生成した 1.9 μm 帯ソリトンパルスと SC 光の光スペクトルを示す. SC 光出力は 29 mW, 中心波長は 1874 nm, スペクトル幅は半値全幅(FWHM)で 179 nm であった. OCT 光源として用いた場合の理論分解能は空気中で 8.7 μm となる. SC 光生成に正常分散を持つ高非線形ファイバーを用い, 主に自己位相変調(SPM)の効果でスペクトルを広げたため, 広帯域で高いスペクトル平坦性を持つ, コヒーレントで低雑音な SC 光を生成できた.

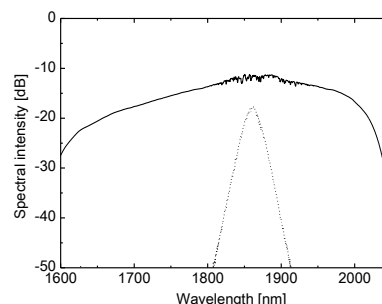


図 1 生成した波長 1.9 μm 帯ラマンソリトンパルスと SC 光の光スペクトル (実線: SC 光, 点線: ラマンソリトンパルス)

3. 波長 1.9 μm 帯 OCT 計測

生成した 1.9 μm 帯 SC 光を用いて OCT 計測を行った. OCT の感度は 90 dB で, 深さ方向分解能は 10.2 μm であった. 図 2 に 1.9 μm 帯 SC 光を用いて撮影した, 人の乳歯の OCT イメージを示す. 波長 1.9 μm 帯 SC 光を生成し, 長波長帯 OCT を実現した. SC 光の高強度化によって更なる高侵達化・高感度化を図ることができると期待できる.

参考

- 1) U. Sharma et al., Opt. Express **16**(24), 19712 (2008)
- 2) S. Ishida et al., Biomed. Opt. Express **3**(2), 282 (2012)
- 3) 川越寛之, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 29a-A2-9 (2013)

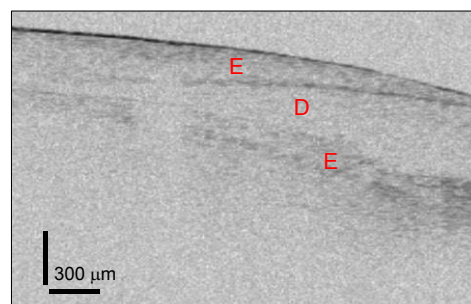


図 2 波長 1.9 μm 帯 SC 光を用いた人の乳歯の OCT イメージ E: エナメル質, D: 象牙質