

新しいOCT用途を加速するVCSEL

光コヒーレンストモグラフィ(OCT)は、数ミリメートルの深度まで、非侵襲的に撮像する能力から医学と産業用途で定評があるが、垂直共振器形面発光レーザ(VCSEL)光源のおかげで、より高速で動作し、より深くまで撮像できるようになった⁽¹⁾。新たに開発された波長可変VCSELは、極めて高いイメージング速度を維持したまま、OCTイメージング距離を数10センチメートルからメートルの深度範囲へと拡張した。

2011年の半ば、Laser Focus Worldは、同調範囲110nm、ピーク波長1310nmの単一モードマイクロエレクトロメカニカルシステム(MEMS)ベースの波長

可変VCSEL使用の760kHz繰り返し周波数OCTイメージングについて報告した。2012年後半には、MEMS-VCSELの同調範囲が150nmに拡大された。今や、米国のソーラボ社(Thorlabs)、プレビウム・リサーチ社(Praevium Research)、マサチューセッツ工科大学(MIT)から集まった共同研究チームは、国立予防衛生研究所の支援の下、記録的に深い距離の超高速OCTイメージング用の1060nm MEMS-VCSELを開発し、実証した。この深度範囲の拡張によって、全眼軸長イメージングや大型で高アスペクト比製品の評価にも利用されるようになった。MEMS-

VCSELで実現された高い位相安定性はドップラーOCTを初めとする機能イメージングをも可能にした。

全眼軸長と血流のイメージング

掃引光源OCT用の波長可変VCSELは、1060nm波長が眼球のガラス質内の水を透過し、白内障の影響もほとんど受けず、網膜組織背後の深部にまで届くため、重要である。VCSELの記録的に長いコヒーレンス長は1回の眼軸長測定で前眼部の3D体積画像を実現し、医師に前眼部疾患についての追加情報を提供し、白内障手術のための人工水晶体移植片の処方をも助けると期待

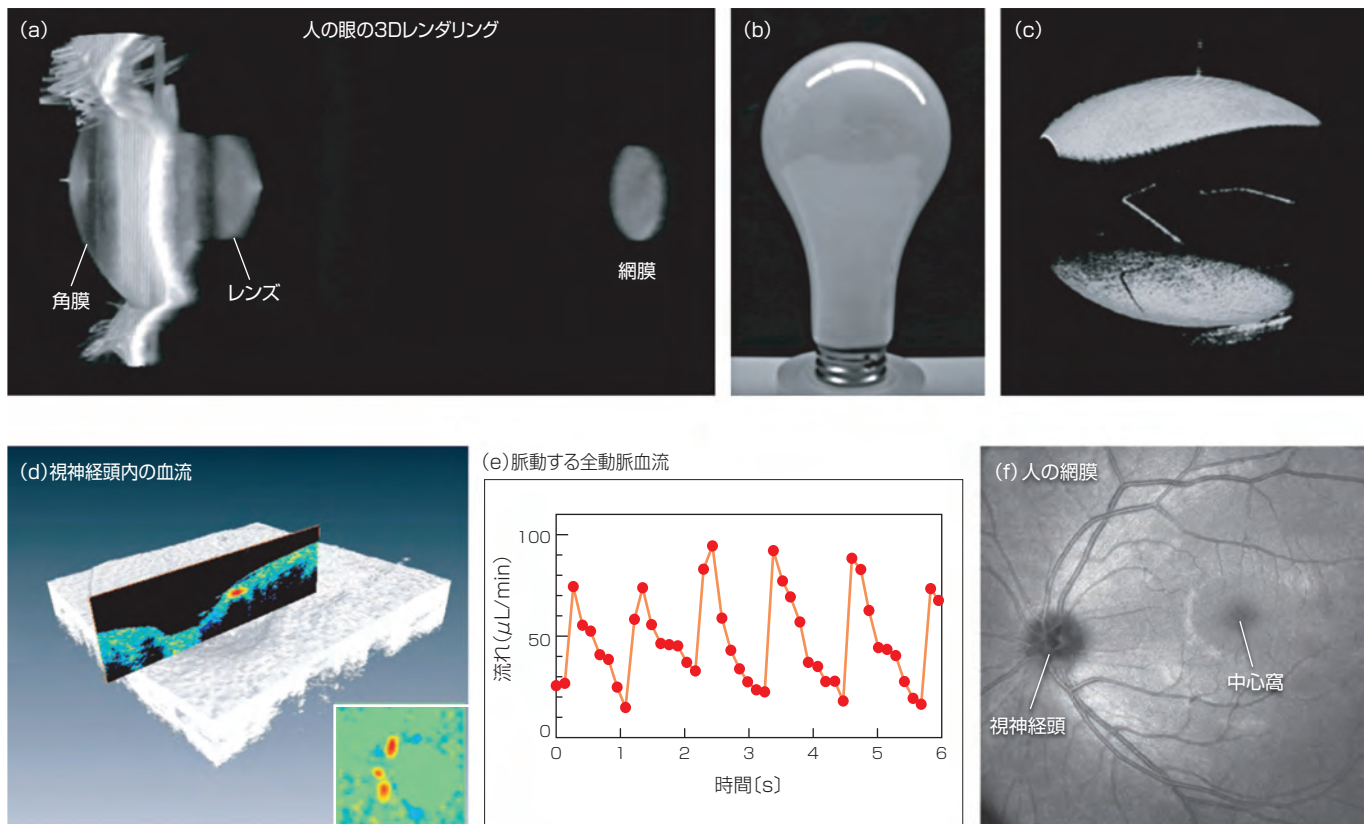


図1 1060nmのMEMS-VCSELイメージング結果として、(a)網膜までの軸方向眼長測定による前眼部の3D OCTデータ；(b) OCTイメージング実験で使われた電球；(c) MEMS-VCSELによる長距離イメージングを示す電球のOCTボリュームレンダリング；(d) 視神経頭内のドップラーOCT血流測定；(e) 全動脈血流対時間のプロット。各データ点は完全な3D体積測定解析から得られている。そして(f) 広視野OCT投影像は1.2MHzの走査周波数で得られた人の網膜についての3Dデータを示した。(資料提供:MIT)

される⁽²⁾。

さらなる利点は、VCSEL掃引光源OCTは、ほとんどのクリニックで使われているスペクトルフーリエ領域OCTに比べて、ビーム走査によるフリッジウォッシュアウト現象を起こしにくいことである。400kHzの高速軸方向走査速度で動作するプロトタイプ撮像装置でVCSEL掃引光源を使用すれば、軸方向速度範囲±80mm/sで血流を高速検出できる。高い軸方向走査速度は、1心周期あたり複数の3Dボリューム収集による眼内の血流と「拍動性」(血流速度の変動)の評価を可能にする⁽³⁾。この同一VCSELを使って1.2MHzの軸方向走査を実施すれば、網膜の広いエリアの包括的なOCTデータセットが得

られる。

掃引光源OCTイメージングの深度範囲はレーザーのコヒーレンス長、掃引反復率、波長可変範囲、検出帯域幅などに依存する。MITのジェームス・G・フジモト (James G. Fujimoto) 教授は、「VCSELは、モードホッピングのない縦モードチューニングによって極めて長いコヒーレンス長を実現するため、OCTで実証された従来の掃引光源に比べて、かなり優れている。ほとんどのOCT光源の撮像範囲が数ミリメートルに限

定されるのに対して、VCSELは数10センチメートルから1メートル以上までの深度範囲を撮像することができる」と語っている。

最近、この研究チームは加工されたアルミニウム光学ポストの3D表面プロファイリングを15.2cmの深度範囲で実行し、電球内の非破壊3Dイメージングを実現した(図1)。これらは製造業における組み立て、検査、品質管理などに有用な代表的動作例である。

(Gail Overton)

参考文献

- (1) B. Potsaid, "MEMS Tunable VCSEL Technology for Ultrahigh-Speed OCT," SPIE Photonics West Hot Topics session (Feb. 2, 2013).
- (2) I. Grulkowski et al., Opt. Lett., 38, 5, 673-675 (Mar. 1, 2013).
- (3) W. Choi et al., Opt. Lett., 38, 3, 338-340 (Feb. 1, 2013).

LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー

OITDA

Optoelectronics Industry and Technology Development Association

プログラム (8~9月)

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 363 回 8月20日(火) 15:30-17:30	「ファイバレーザによる加工技術の最新動向」 講師：三瓶 和久氏 (前田工業株式会社 レーザー事業部 事業部長)
第 364 回 9月17日(火) 15:30-17:30	「Additive Manufacturing課題と可能性」 講師：新野 俊樹氏 (東京大学 生産技術研究所 教授)

- 場所 一般財団法人光産業技術振興協会
- 定員 各60名
- 参加費 光協会賛助会員：1,500円(税込み) / 一般参加：3,000円(税込み)
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

- 申込方法 オンライン申込フォーム >>> http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html
- 申込締め 定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

問い合わせ先

一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当 白井、潮田
〒112-0014 東京都文京区関口 1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F TEL:03-5225-6431 FAX: 03-5225-6435
E-mail: mly@oitda.or.jp URL: <http://www.oitda.or.jp/>