

MEMS チューナブルVCSEL で可能になった 760kHzのOCT走査

マイクロエレクトロメカニカルシステム(MEMS)チューナブル垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)は、高掃引速度のためのミクロンスケールの共振器長と軽いミラー質量、モードホップなしのシングルモード動作、長いイメージング範囲に適した長い動的コヒーレンス長などによって、波長走査型光干渉断層撮像計(OCT)用途に理想的であろう。しかし、MEMSチューナブルVCSELはウエハスケールでの製造と検査、相応したコスト低減も可能にするが、出力と波長可変性に限界があり、1550nmで65nmの波長可変範囲がこれまでの最良の性能である。

幸いにも、米プレビュウム・リサーチ社、米ソーラボ社、米アドバンスト・オプティカル・マイクロシステム社および米マサチューセッツ工科大学(MIT)の研究チームは、分数波長可変範囲($\Delta\lambda/\lambda$)における2倍の改良に相当する110nmの波長可変範囲をもつ1310nmシングルモードMEMSチューナブルVCSELの開発によって、これまでのシナリオを好転させた。この新しい広範囲波長可変光源は記録的な760kHzの軸方向走査速度を達成し、光増幅を使って40mWの平均出力を実現した。これによって波長走査型OCTの新しいアプリケーションへの道が開かれるであろう。

MEMSチューニング

波長可変VCSELは、利得幅が広いりん化インジウム(InP)ベース量子井戸活性領域をヒ化ガリウム(GaAs)ベース酸化ミラーに接着することによって

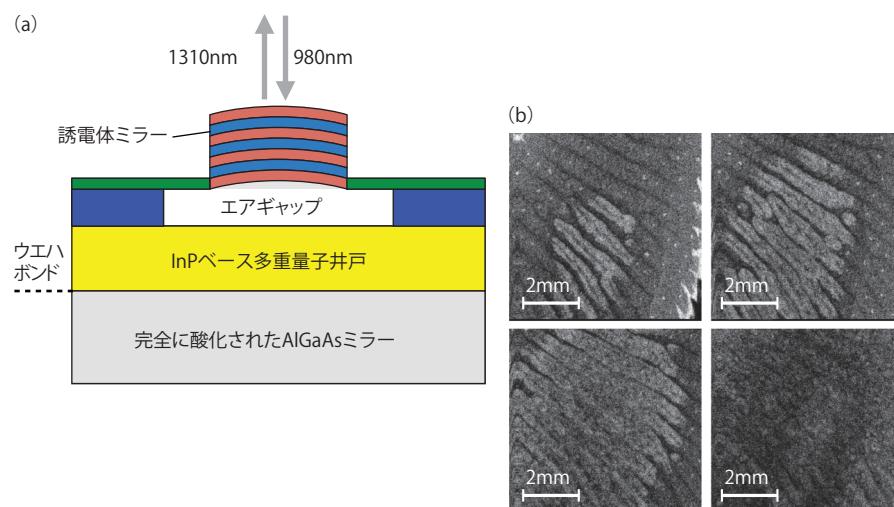


図1 量子井戸構造に接着されたミラーは、この構造の上部に配置された静電駆動誘電体ミラーの支援で波長可変な1310nmを放射する垂直共振器型面発光レーザ(VCSEL)の心臓部を構成する(a)。光干渉断層撮像計(OCT)システムのチューナブル光源としての波長可変VCSELは760kHzの軸方向走査速度による指腹の撮像を可能にする(b)。ここで、深度方向に125μm間隔で取得された一連の4枚の512×512画素の正面指腹画像は波長可変VCSELによって可能になった走査型OCTの性能を示している。[資料提供:プレビュウム・リサーチ(a)とソーラボ(b)]

構成されている。この構造のトップに懸架され、エアギャップで分離された静電駆動誘電体ミラーは、デバイスが980nmのレーザ光源で励起された時に、1310nmの可変波長放射が発生するよう動作する(図1)。次いで、この放射は広帯域半導体光増幅器に結合され、光増幅器は波長可変VCSELのスペクトル出力を、それがOCTシステムに入力される前に、增幅し、成形する。

軸方向走査による760kHzの超高速撮像の場合、6dBのロールオフが、測定帯域幅によって制限された波長可変VCSELの最小9mmコヒーレンス長に相当する4.5mmのイメージング深度で観察された。軸方向走査による150kHz

の比較的に遅い撮像速度では、25mm以上のコヒーレンス長が実験で測定されている。撮像速度と範囲は他の掃引レーザ光源に比べてかなり良好である。VCSELがモードセットではなく真の単一縦モードで動作するので、優れたコヒーレンス長を維持しながら、調節可能な反復率で掃引することができる。

MITの電気工学が専門のジェームズ・フジモト教授は「シングルモード高速波長走査は次世代OCT用途に極めて有望である。これらの光源は記録的なイメージング性能を補償し、新しいアプリケーションと市場の範囲を拡大するであろう」と語っている。

(Gail Overton)

参考文献

- (1) V. Jayaraman et al., 2011 Conf. on Lasers and Electro Optics (CLEO), post deadline paper PDPB2, Baltimore, MD (May 2011).