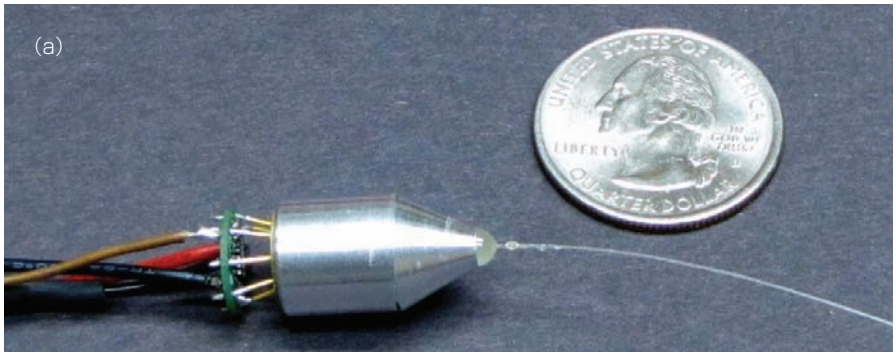
50fmの波長変化を分解する小型読出しセンサ

多くの光センサは、温度、歪み、生体粒子の付着、試験中のシステム内化学環境などの変化によって起きる、わずかな波長変化の検出に頼っている。例としては、ファイバブラッググレーティング（FBG）に基づくセンサ、レーザ共振器、ミクロスフェアまたはマイクロリングを使ったセンサ、表面プラズモン共鳴またはフォトニック結晶センサなどがある。光センサは、電磁干渉（EMI）に対して耐性があり、遠隔または分散センシング用途にも使用できるなどの利点をもつ一方、サブナノメートルまたはピコメートルのわずかな波長シフトを分解する能力をもつ大型で高価なインタロゲーションシステム（広帯域光源／グレーティングに基づくスペクトルアナライザまたは光検出器を備えた波長可変光源など）が一般に必要になる。しかし、米パロ・アルト・リサーチ・センタ（PARC）の研究チームによって新しい技術が開発され、位置有感検出器を組込んだ50フェムトメートル（fm）程度のわずかな波長変化を分解することができる小型読出しインタロゲータユニットが作製された[1]。



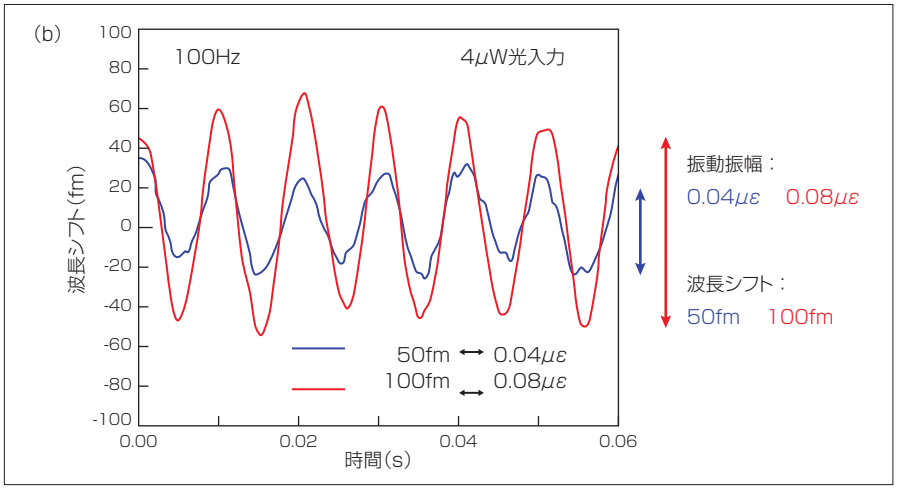


図1　TOヘッダに適合する小型インタロゲーションモジュール（a）は位置有感検出器と線形可変フィルタを使ってわずかな波長変化を分解する。振動実験（b）では、50fm程度のわずかな波長変化が検出された。（資料提供：PARC）

研究チームは、米国で昨年開催されたPhotonics West 2010でプレゼンテーションを行って以来、標準トランジスタアウトライン（TO）ヘッダに適合するプロトタイプ読出し波長モニタの開発に取組んできた。

波長シフト検出器

高速で起きる極めて小さな波長変化を監視するために、線形可変光フィルタを位置有感検出器（線形光検出器アレイまたは位置有感光検出器）上に設置した。フィルタの光学的性質がフィルタの特定方向の位置とともに直線的に変化するため、この横方向に変化する透過率が入射光の波長とフィルタを通過した光スポットの位置との相関を定義する。したがって、透過光スポットの位置から入射光の波長を求めることができる。フィルタコーティングの最適化によって、さまざまな波長範囲のアクセスが可能になる。動作中、スプリットダイオード上の直線的に変化するファブリペローフィルタが入射光のスペクトル情報を位置有感検出器上の空間情報へと変換する。

線形可変フィルタ向けに、研究チームは、横方向に勾配を持つ共振器によって分離された二つの分布ブラッグ反射器から成る最適化1550nmファブリペローフィルタコーティングを開発した。フィルタの勾配2.4nm/mmによって、フィルタ上の位置が変更された時の透過率ピークのスペクトルシフトが指定される。研究チームは、選択されたアプリケーション向けに検出器を最適化するための、検出器暗電流、増幅

器雑音、ショット雑音などの光センシング雑音因子を考慮したMatlabベースのシミュレーションツールを開発した。後者は、光入力パワーが低い多くのFBGや他の光バイオセンサにおける主要な雑音源である。

概念実証

プロトタイプの波長シフト検出器をTOヘッダ内に取付け、これを使って圧電アクチュエータに応答するFBG歪みセンサからの出力を記録した（図1）。1550nmのスーパールミネセンスLED（SLED）を光ファイバに結合し、その光を環境チェンバ内の圧電アクチュエータ上に搭載されたFBGに誘導した。圧電アクチュエータが発生する100Hzの振動信号によってFBGに歪みを誘起し、スペクトル応答を引き起こしながら、FBG（～0.2nmのFWHMをもつ共振ピークで90%の反射率）からの反射光を波長シフト検出器に導いた。観察された振動信号の振幅は、0.04$\mu\varepsilon$と0.08$\mu\varepsilon$の歪みをもち、検出された50fmと100fmの波長シフトとそれぞれ一致した。

PARCの主任科学者であるピーター・キーゼル氏は、「検出器、コーティング、エレクトロニクスをモノリシックにオンチップ集積することによって、波長読出しをさらに小型化することができ、その設計は波長シフト検出器の2Dアレイさえも可能にする。この技術特有の強みは、わずかな波長変化でも、高速、容易、ロバストに読出し可能な点である。われわれは10Hzで15fm程度の小さな波長シフト分解能を実証した。また、10kHzでも分解能は依然として300fmよりも良く、これによって、10kHzで0.25マイクロ歪み程度となる小さな振幅の監視が可能になる。この概念は、いくつかの波長の同時監視に拡張することもできるが、ハイレベルの多重化は複雑さを増すことになるであろう」と語っている。（Gail Overton）

参考文献

（1）K. Bellmann, P. Kiesel, and N. Johnson, "Compact and fast read-out for wavelength-encoded biosensors," Proc. SPIE, 7593-32（2010）.

LFWJ

SolsTiS™

低ノイズ、高出力、チューナブル、超小型CW 単一周波数Ti:Sapphireレーザ

SolsTiS は最新のエレクトロニクス、メカニクス、コーティング技術を駆使して開発された最新の CW 単一周波数 Ti:Sapphire（チタンサファイア）レーザ。きわめて小型の筐体・共振器は高い機械的安定性を提供し、結果として優れた光学特性と信頼性を実現しました。全ての操作・制御は付属ノート PC で行います。

パフォーマンスは向上
プライスはダウン

SolsTiS-SRX SolsTiSレーザヘッド：右側 リファレンスキャビティ：左側

SolsTiS 基本性能（カスタムのご提供も可能です）

出力[1]	>5.0W
チューニング波長幅	250 nm or 150 nm（交換ミラー必要なし）
線幅(FWHM)[2]	<50kHz
スキャン域	>20GHz
ノイズ	<0.5% rms above pump noise, added in quadrature
レーザヘッド寸法(-SRX)	180mm (255mm) x 145 mm x 60 mm: L x W x H

※ その他ラインナップ： 励起レーザー体型システム、周波数ダブラ
※ 全仕様は、チューニングカーブのピーク、周囲温度変化<±2°C、システムウォームアップ 30 分以上の条件下で測定。
[1] CW グリーン (532nm)DPSS 励起レーザ使用、TEMoo。
[2] チューニングカーブのピーク、最大励起出力において、付属リファレンスキャビティでの比較測定

主なアプリケーション

高分解分光、ホログラフィー、原子冷却、ボーズ=アインシュタイン凝縮、量子コンピュータ、光ピンセット、共鳴ラマン、フォトルミネッセンス等

【展示会出展のお知らせ】 3/24 ～ 27：応用物理学関係連合講演会展示会 3/26 ～ 28：日本化学会第 91 春季年会付設展示会

Ocean Photonics

オーシャン フォトニクス 株式会社
日本総代理店

※ 2010 年 11 月に本社を移転いたしました。
〒169-0051 東京都新宿区西早稲田 3-30-16 ホリゾン 1 ビル
Tel: 03-6278-9470 Fax: 03-6278-9480 sales@oceanphotonics.com

http://www.oceanphotonics.com