

# 波長可変レーザ、光周波数コム、 光集積フォトニクスが構築する 光周波数シンセサイザ

米コロラド大 (University of Colorado)、米国基準技術局 (NIST)、米カリフォルニア工科大 (California Institute of Technology)、スイス連邦工科大ローザンヌ校 (École Polytechnique Federale de Lausanne)、米オーリオン社 (Aurrion) の研究者は、米国防高等研究計画局 (DARPA) のダイレクト・オンチップ・デジタル光学シンセサイザ (DODOS) プログラムの技術的要件を満たすための研究から、光領域で機能するラジオ周波数 (RF) シンセサイザに相当するものの開発に成功している<sup>(1)</sup>。彼らの光周波数シンセサイザは、超高速科学や計測学のアプリケーションに応じて正確な光周波数を発生できる。

## マイクロ波を光変換

これまで光周波数シンセサイザは、マイクロ波領域と光領域の間で位相同期をもたらすモードロックレーザの周波数コムを使用して開発されてきた。典型的なエルビウムドープのファイバコムシステムでは、約2Wの光ポンプ能力とキロワットの電力を要する。しかし、パラメトリック四波混合が可能な連続波 (CW) レーザでポンプされるチップベースの微小共振器の周波数コム (マイクロコム) からなるシリコンフォトニクス (あるいは光集積デバイス) を用いると、これらの微小共振器はわずかミリワットの外部ポンプ能力だが、非常に高いポンプ変換効率で光コム周波数を発生できる。

光シンセサイザを組み立てるために、外部の波長可変レーザは、シリコン窒化物の光コムから構成される2つの散逸カーソリトン (DKS) ベースのマイクロコムに、オクターブ帯域幅と1THzのモード間隔を与える。同時に、Cバンドに及ぶ帯域幅と22GHzのモード間隔と熔融石英コムが通信する。コム間隔の相安定とオフセット周波数は、10MHzのRFクロックの位相コヒーレ

ントが光領域まで増加する。一方、マイクロコムに制限されたチップスケールのIII-V/シリコン (Si) の波長可変レーザは正確な出力の光周波数を作る。これは、Cバンド領域の32nm (4THz) ウィンドウを超えて変化できる (図1)。

光周波数シンセサイザは、Cバンド領域内であらゆる周波数を発生できる。波長の相対精度は  $7.7 \times 10^{-15}$ 、絶対精度は1.2Hzだ。III-V/Si レーザから生じる線幅と出力は、それぞれ約300kHzと4mW以上である。広い波長オペレーションに達するために、III-V/Si レーザ空洞と統合した2つのSiベースのリング共振器はバーニアスタイルの変化を可能としている。ユーザーが選択したRFクロックから生じ、マイクロコムシステムを通過した時の長期的な周波数の安定性は、複数の波長に渡って10分以上と実証されている。

「初めて、国際標準に完全に帰する正確かつ精密な光周波数を、これらの低出力で微小なデバイスを用いることで達成できた」と、NISTの物理学者で論文の筆頭著者であるダリル・スペンサー氏 (Daryl Spencer) は述べる。「我々のチームは、これらの革新的なデバイスが、今日のマイクロ波シンセサイザがありふれたものとなったように、光学アプリケーションで遍在するようになることを望んでいる」。

(Gail Overton)

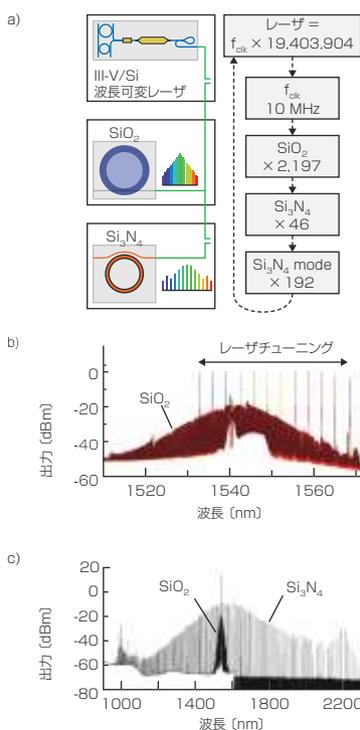


図1 模式図は、10MHzクロックが増加して光ドメインになるための集積デバイスと周波数チェーンのスペクトル混合を示す (a)。光スペクトルアナライザで測定したものとして、Cバンドと通信するIII-V波長可変レーザで22GHzのマイクロコムの混合スペクトル (b)と、オクターブに及ぶシリコン窒化物のマイクロコムと22GHzのコムの混合スペクトル (c)を示す。(画像提供: NIST)

## 参考文献

- (1) D. T. Spencer et al., Nature, 557, 7703, 81-85 (Apr. 25, 2018).