

スペクトル域 2.5 ~ 9.5 μm の超狭線幅中赤外レーザファミリ

米ニューメキシコ大 (University of New Mexico) のグループは、新設計の狭線幅中赤外 (mid-IR) レーザファミリを開発した。レーザは分布帰還ラマンファイバレーザ (DFB RFL) で、低フォトンエネルギーファイバと言われるガラスファイバに描いた π 位相シフトファイバブラッググレーティング (PPS-FBG) をベースにしている。このファイバレーザファミリは、ギャップなしでスペクトル域が 2.5 μm から 9.5 μm に広がる⁽¹⁾。

励起はトリウムドープシリカ (Tm : シリカ) ファイバレーザ 1.9 ~ 2.1 μm 発振またはエルビウムドープフッ化物 (Er : ZBLAN) ファイバレーザ 2.7 ~ 3.0 μm 発振のいずれかであり、PPS-DFB-RFL は、硫化ヒ素 (AsS)、セレン化ヒ素 (As₂Se₃)、あるいはテルル (TeO₂) でできている。材料と励起レーザの選択によりレーザのチューニングレンジが決まる (図 1)。

概念証明

理論研究の目的は3部構成であった、と著者は言う。まず、新しいラマンレーザタイプの実行可能性を実証したかった。次に、シングルモード、つまりこのタイプの単一周波数レーザの最適設計を規定することが目的だった。3番目に、将来の実験に向けてアプローチの概要を述べたかった。

レーザは潜在的に発展しうる。高ラマン利得の誘導ラマン散乱は、低損失の光ファイバで達成可能だからである。広範なストークスシフトに対応する励起波長で適度な励起パワーを用い

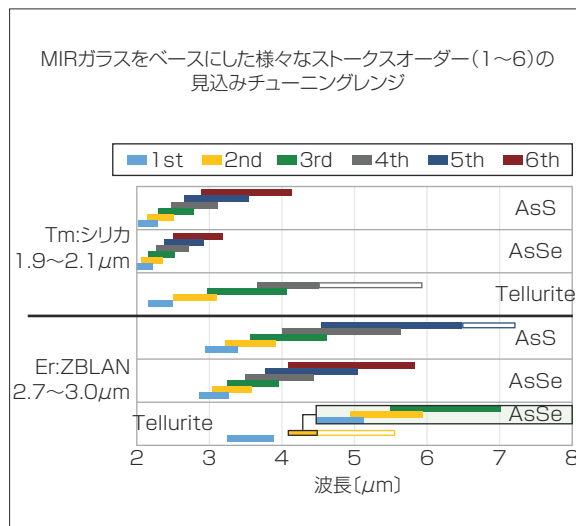


図 1 Tm : シリカファイバレーザまたは Er : ZBLAN レーザのいずれかで励起されたラマンファイバレーザファミリの考えられる出力波長を示している。ファイバは、AsS、As₂Se₃、または TeO₂ で造られている。効率的なカスケードラマン波長 (1 番目から 6 番目) を色違いで表示。下部に示したのは、TeO₂ および As₂Se₃ ベースのレーザの両方の利用で、入子型 TeO₂ ファイバベースのレーザ、続いて 3 種の入れ小型カスケード As₂Se₃ レーザ (下部右に緑の長方形)、これらが超狭線幅波長を 7 から 9.5 μm の範囲で生成している。

ることで、ファイバの透過ウインドウのほとんどの波長で達成できる。加えて、カスケードマルチストークスプロセスが新しい波長の可能性を開く。

特殊な波長範囲を目的にラマンファイバレーザ用ガラスの選択は、近似シングルモードファイバの利用に基づいている。その波長範囲で、ピークラマン利得係数、ラマンシフトに必要な値と範囲、それに高効率の PPS-FBG がそのファイバで実現可能かどうかによる。

計算の一例では、レーザ出力波長 3.596 μm が選択された。これは、吸収分光法でホルムアルデヒドのセンシングに使われる波長である。研究者は、2つのレーザをモデル化した。1つは TeO₂ (コア屈折率 2.7、非線形指数 1.1 × 10⁻¹⁷ m²/W)、もう 1つは As₂Se₃ グラスベース (コア屈折率 2.1、非線形指数 5.0 × 10⁻¹⁹ m²/W)。これらのタイプの商用ファイバはモードエリアが 100 μm² 程度、新開発のフォトニック結晶ファイバは遥かに小さなモードエリアで 10 μm² 程度。

研究者は、これらをモデリングに使用した。

計算の示すところでは、As₂Se₃ と TeO₂ レーザそれぞれで、しきい値励起パワーは 3.3 μm で 80 mW 以下、2.8 μm で 500 mW、両方のレーザ長は 10 から 12 cm。

モデルは、超狭線幅 <1 MHz が達成可能であることを示している。研究者の考えでは、最適化により、これらのファイバレーザを 50 W 以上で励起でき、ある波長範囲ではワットレベルの領域で超狭線幅出力が得られる。最終的な出力は、材料/損傷しきい値によって制限される。

レーザは、たとえば機械的に FBG を伸ばす、圧電アクチュエータを利用することで可変でき、1 nm オーダーで連続可変が達成可能である。

(John Wallace)

参考文献

- (1) B. Behzadi et al, arXiv:1705.02535v1 [physics.optics] (May 6, 2017).