波長可変を可能した3D発光マイクロレーザ

スロベニアのヨーゼフ・ステファン研究所とリュブラナ大学の研究グループは、3次元(3D)の全方向レーザ発振色素ドープコレステリック液晶(CLC)微小液滴のマイクロレーザからの完全な波長可変レーザ発振を初めて実証した[1]。発振波長の同調はレーザ媒質の温度を変えて行われる。

半径方向ブラッグ共振器

今までのマイクロレーザ(または微小共振器レーザあるいはナノレーザ)は、ウィスパリングギャラリーモード設計を用いて形成されてきたが、3D波長可変レーザは等方性分散媒質に埋め込まれたCLC微小液滴(15～50μmの直径)を用いて形成された。グリセロールなどの不混和性媒質中に小量のCLC混合物が分散すると、液滴は1秒以内に自然な自己集合を示した。

CLC分子がCLC液体の中心から表面へ移動すると、CLCのカイラルティは分子の螺旋状ねじれを引き起こし、半径方向の強い屈折率変調が生じて、タマネギ状のブラッグ反射器が生成される(**図1**)。このタマネギ型の層状構造は完全な回転対称性をもつため、微小共振器には光を半径方向に放出するフォトニック(禁止)ギャップが形成される。光励起を行うと、CLC共振器内に分散した色素分子は光を放出し、光はブラッグ共振器から反射し中心に戻る。閾値を超えると、全方向へのレーザ発振が起こる。レーザ発振波長は共振器内部のCLC分子の螺旋ピッチだけに依存し、数十nmの波長帯でのチューニングが温度の変化だけで可能になる。今までのところ、3Dマイクロレーザによる波長可変レーザ発振は実証されていなかった。

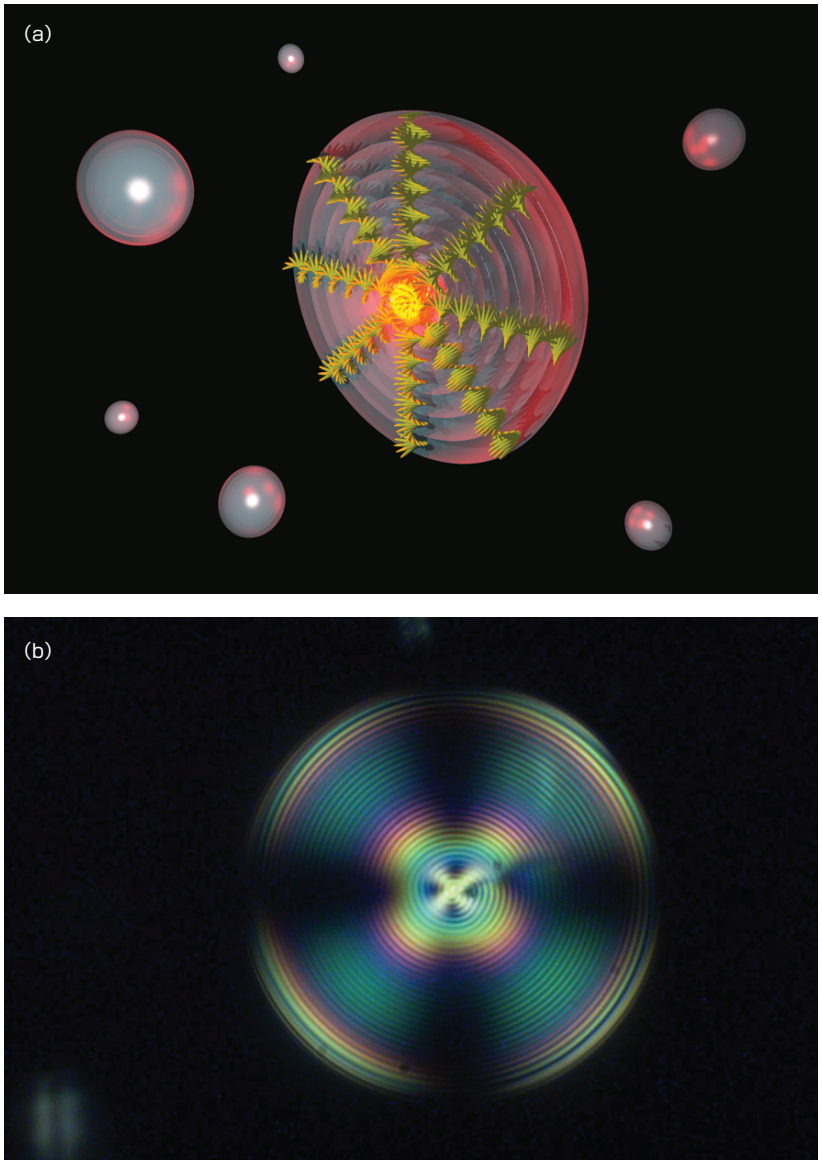

図1 CLCの微小液滴の内部に自己集合した螺旋液晶構造は屈折率コントラストをもつ同心シェルとなり、(a)に示すように、タマネギ型ブラッグ微小光共振器として知られる誘電体構造を示す。この3Dレーザは全方向に発光し(b)、レーザ発振媒質の温度を変えるだけで波長がチューニングできる。(資料提供:ヨーゼフ・ステファン研究所)

3Dレーザ発振と可変同調性

3Dマイクロレーザからの波長可変レーザ発振を実証するために、研究グループは二つの異なる色素ドープCLC溶液を調製し、それぞれに小量(1%ほど)のグリセロールを分散し、その十分に高い屈折率を利用して、低い屈折率のCLCから生じるウイスパリングギャラリーモードを抑圧した。次に、1mm厚の2枚の顕微鏡スライドガラスとスペーサを使用して厚さ150μmの試料セルを構成し、そのなかに微小球の液

滴を封入して観察した。

この顕微鏡観察から、この「タマネギ」状の同心シェルから成る明暗の周期構造（屈折率の半径方向変調構造による）をもつコレステリック液晶の液滴は、マイクロメートルレベルの螺旋周期をもつことがはっきりと見られた。液滴は100μm以下の直径で、完全な球形であった。次に、Qスイッチ周波数2倍化Nd：YAGレーザ（パルス幅1ns、繰返し速度200Hz、最大パルスエネルギー10μJ）を使用し、ビームウエストを液滴の約100μmの直径に合せて集束して、単一球形CLCマイクロレーザの光励起が行われた。

励起エネルギーが増大すると、マイクロレーザは突然600nmのレーザ発振を開始し、液滴の中心からは明るい赤色発光が観測された。このレーザは直線偏光もしくは円偏光のいずれでもない0.1nmのスペクトル線幅を示した。液滴の混合溶液をガラス毛細管の内部に入れた実験からは、毛細管の周りから全方向性の均一発光が確認された。さらに、混合溶液の温度だけを変えることで、600nmのレーザ発振波長を中心にして35nmの範囲のチューニングが可能になった。このチューニングは温度に対して線形に近い依存性（3.5nm/K）を示し、完全な可逆性が得られた。

ヨーゼフ・ステファン研究所とリュブラナ大学の教授を務めるイゴール・ムゼヴィク氏は、「このような波長可変3D発光レーザ材料は、遠隔センシング、非接触センシング、内部3D光源ホログラフィなど多数の応用を期待できる。これらの波長可変3D発光マイクロレーザは、軟質材料に基づくフォトニック素子の長期プロジェクト研究から生まれた。われわれは、波長可変微小共振器に基づく微小デバイスやコヒーレント光源が、3D流体マイクロレーザの結合アレイから作製できると期待している。物理学者の私から見ると、これらの液体マイクロレーザは非常に美しい物体であり、非常に簡単な原理に基づいて形成されている」と語っている。（Gail Overton）

参考文献

（1）M. Humar and I. Muševič, Opt. Exp., 18, 26, 26995-27003（Dec. 20, 2010）.

LFWJ

究極の安定性を追求した
再生増幅システム

- 独自のXPert™安定化技術により、オプティカルパラメトリックアンプ（OPA）及び高調波発生器からの出力、ビームポインティングそして波長安定性を追求
- 平均出力5W以上@1kHz
- 卓越したモード品質（M^2<1.3）
- デジタル同期エレクトロニクス
- 1, 5, 10kHz

超短パルス再生増幅システム

NEW Spitfire® Ace™

アプリケーション：
時間分解分光、
非線形光学、
ポンプアンドプローブ、
物性特性分析など

50 YEARS Spectra-Physics

製品情報・お問い合わせは http://www.spectra-physics.jp

スペクトラ・フィジックス株式会社

本　社 〒153-0061 東京都目黒区中目黒4-6-1 大和中目黒ビル TEL(03)3794-5511 FAX(03)3794-5510
大阪支社 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町3-1-43 西本町ソーラービル TEL(06)4390-6770 FAX(06)4390-2760

Newport. Family of Brands – Corion® • New Focus™ • Oriel® Instruments • Richardson Gratings™ • Spectra-Physics®