

塗布法による WGM 光共振器の合成 量産化と大面積化へ向けた簡便なプロセスを実現

【概要】

有機LEDや光センサーなどのデバイスに利用する次世代の光源として、光共振器（*1）が注目されています。光共振器は、光を一定時間閉じ込められる構造を持つため、光損失が少なく、低エネルギーでデバイスを作動させることができます。中でも、WGM光共振器（*2）は、円形の形状で、光が全反射しながらループし続けるという有意な性質を持っています。マイクロスケールのマイクロ球体は、WGM光共振器として共振光を生じさせ、その球体サイズや屈折率によって光出力の高い光源となります。

しかし、マイクロ球体のような有機光共振器は、発光性分子の自己組織化（*3）によって作製されるため、均質性を確保することが難しく、作製プロセスが複雑で大量生産に向かないという問題を抱えています。

高知工科大学の松尾 匠助教、林 正太郎教授らは、シリカゲルなどのマイクロ球体への発光性分子の塗布法を新たに開拓し、WGM光共振器の簡便な作製に成功しました。さらに、それらが環境変化を感度よく捉えるセンサーとして機能することを明らかにしました。

このことにより、多様な物性を持つ光共振器を大量に作製し、たくさん並べて大面積にすることが可能となり、マイクロ光センサーやレーザー光源として、幅広く応用することができます。

この成果は、2024年7月19日、Advanced Optical Materials誌（Wiley）に掲載されました。

【用語解説】

*1) 光共振器

光が何度も往復または周回するように鏡を配置し、光の定常波を作り出す装置。

*2) WGM光共振器（Whispering Gallery mode光共振器）

微小な領域に光を効率良く閉じ込める球状や円盤状などの光共振器。

*3) 自己組織化

結晶化など、分子が規則的に集合する秩序立った構造や形状をとること。

【研究の背景】

WGM光共振器は、共振器内での光の全反射により高Q値共振器として機能するため、高感度センサーや低閾値レーザーなど光デバイスとしての応用が期待されます。これまでに、発光性高分子や発光性分子とポリマーの混合物を自己組織化させることでマイクロ球体を作製する手法が注目され、この方法により、様々なWGM光共振器を作製し、高感度センサーや低閾値レーザーを実現できることを示してきました。しかし、量産化や大面積化するためには、より簡便な方法が求められます。

【研究内容と成果】

そこで、林教授らは、直径5 μm 程度の市販シリカ粒子と発光性分子または高分子のクロロホルム溶液を混合した懸濁液を調製し、吸引ろ過・真空乾燥することで、それぞれの複合粒子を得ました（図1 a）。この粒子1個をガラス基板上で集光レーザー励起し、顕微蛍光スペクトル測定を行ったところ、球体内でのWGM共振に基づく発光が観測されました（図1 b）。

また、球体を密閉容器内で濃度350ppmのトルエン蒸気に暴露し、暴露前後のスペクトルを比較したところ、WGM共振ピークはおよそ5nmシフトしました（図1 c）。このときのトルエンへのセンシング能は14pm/ppmと算出され、従来のWGM共振器でのトルエンセンシング能よりも一桁大きい値を示しました。この粒子を乾燥させ、再度スペクトル測定を行うと、WGM共振ピークは、トルエン暴露前の波長に戻りました（図1 c）。

よって、得られたWGM光共振器は、感度よく繰り返しセンシングが可能であることが示されました。

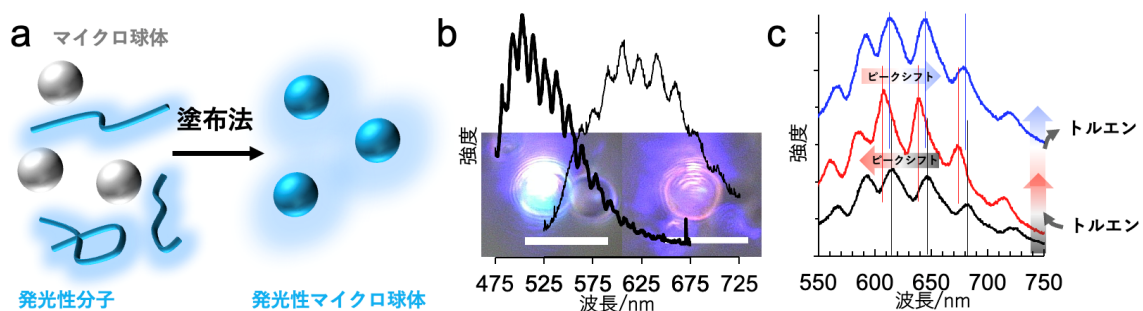


図1 (a) 塗布法による発光性マイクロ球体の合成イメージ

(b) WGM共振に基づく発光スペクトル。写真は青色発光WGM共振器と赤色発光WGM共振器の顕微鏡像

(c) トルエン雰囲気による赤色発光WGM共振器のセンサー応答性

【今後の展開】

本研究以外の様々なマイクロ球体物質に対し、様々な発光色素を安定的に塗布することができれば、様々な状況で対応可能なマイクロ光センサーやレーザー光源として、多様な応用に対応できます。

【研究資金】

本研究は、JST創発的研究支援事業JPMJFR211W、日本学術振興会科学研究費補助金（17H05171、22K14671）の支援を受けて行われました。

【論文情報】

タイトル : Facile Wet-Process to Free-Standing Whispering Gallery Mode Resonators Mixed with Spherical Silica Gel and π -Conjugated Molecules (シリカ球体と π 共役系分子を混合した簡便な塗布法による自立型WGM共振器)

著 者 : Takumi Matsuo, Hiroki Tanikubo, Shotaro Hayashi

掲載誌 : Advanced Optical Materials

公開日 : 2024年7月19日

D O I : <https://doi.org/10.1002/adom.202401119>

【研究に関するお問い合わせ先】

高知工科大学 理工学群 林 正太郎

TEL. 0887-57-2516

E-mail: hayashi.shotaro@kochi-tech.ac.jp

【広報に関するお問い合わせ先】

高知工科大学 広報課

TEL.0887-53-1080 E-mail : kouhou@ml.kochi-tech.ac.jp