

基板上の微小液滴光共振器を用いた高感度温度センサーの開発

On-substrate Microdroplet Optical Resonator as a Precise Temperature sensor

筑波大院数理解物質¹ ○(M1) 藤田 圭太郎¹, 山岸 洋¹, 山本 洋平¹

Grad. Sch. Pure Appl. Sci., Univ. Tsukuba¹, °Keitaro Fujita¹, Hiroshi Yamagishi¹, Yohei Yamamoto¹

E-mail: s2020366@s.tsukuba.ac.jp

緒言】 マイクロメートルスケールの球体内部では、光が全反射を介して閉じ込められる Whispering Gallery Mode (WGM) と呼ばれる共振現象が生じる。WGMによる周期的な共振ピークは、粒径や媒体の屈折率、表面のモルフロジーの変化などに対してシフトや強度変化などの敏感な応答を示すことから、高感度な化学センサーや温度センサーなどへの応用が期待できる。より高感度なセンシングを実現するためには、大きな屈折率変化や形状変化を起こす材料を共振器として用いることが望ましい。本研究では、液体を用いた光共振器を作製し、高感度温度センサーの実現を目指した。

【結果・考察】 共振器の素材として、高い表面張力をもち揮発性が低いグリセリンを用いた。超撥水微粒子をスプレーコートすることで作製した超撥水基板表面上にグリセリンを滴下したところ、接触角 149.2° の液滴を形成した。得られた液滴の共振器特性を評価するため、蛍光色素としてローダミン 6G を 5 mg/mL の濃度で含む粒径 3-10 μm のグリセリン微小液滴の顕微発光分光 (μ-PL) 測定を行った。液滴に対し、波長 450 nm のパルスレーザーを照射したところ、発光スペクトルに WGM 共振に由来する周期的なピークが観測された (Fig. 1a)。ガラスヒーター上に石英基板を設置し、基板の温度を変化させながら μ-PL 測定を行ったところ、温度上昇に伴い WGM ピークが青方遷移した。このピークシフトは温度変化に対し可逆的であった (Fig. 1b)。温度に対するピークシフト比 (感受性) は 2.40 nm/°C であり、この値は液体 WGM 温度センサーとして過去最高値である。

グリセリンにおける屈折率の温度依存性は -3.0×10^{-4} /°C なので、上記のピークシフトを屈折率が要因であるとは説明できない。そこで温度変化に対して球体の形状を保持したまま粒径が変化すると仮定し、Fig. 1a におけるピークトップの波長 (λ) を式 (1) に代入し、各温度における液滴の赤道直径の平均値 (d) を TE、TM モードそれぞれで算出した。

$$n\pi d = l\lambda \quad (1)$$

ここで n はグリセリンの屈折率、 l は周回方向のモード数を表す。算出された d は、温度上昇に伴い単調に減少した (Fig. 2)。温度変化に伴う液滴の形状変化とモードシフトの相関について当日発表する。これらの結果は、形状変化を容易に起こす液体共振器が高感度なセンサーとして機能することを示す。

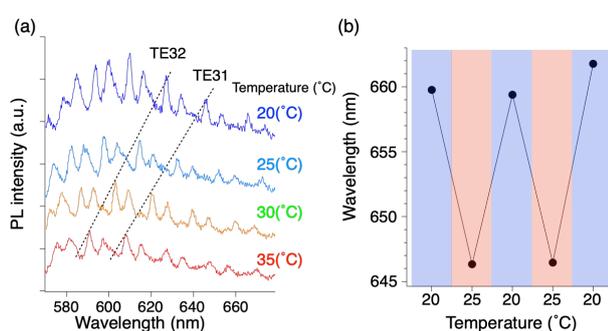


Fig. 1. (a) PL spectra of microdroplet on hydrophobic substrate upon heating from 20°C to 35°C. (b) Peak positions of TM62 upon heating and cooling cycles between 20 and 25°C.

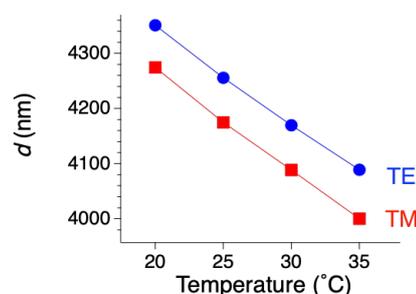


Fig. 2. Temperature-dependent change in diameter of a microdroplet calculated based on the peak positions of TE (red squares) and TM modes (blue circles).