多孔質球体共振器を用いた高感度有機汚染物質センサーの開発

Nanoporous polymer microresonator for VOCs sensing at ppm concentration ranges

筑波大院数理物質 [1] ○(M1)丹治 憲治 [1], 山岸 洋 [1], (M2)藤田 圭太郎 [1], 山本 洋平 [1]

Grad. Sch. Pure and Appl. Sci., Univ. of Tsukuba [1], °Noriharu Tanji[1], Hiroshi Yamagishi[1], Keitaro Fujita[1], Yohei Yamamoto[1]

E-mail: s2120347@s.tsukuba.ac.jp

【諸言】数マイクロメートル程度の球体内部に光が閉じ込められて干渉する現象は、Whispering Gallery Mode (WGM) 共振として知られている [1] 。この光の共振現象は粒子の形状と屈折率の変化に敏感なため、揮発性有機化合物(VOC)を検出する化学センサーとしての応用が可能である。しかしながら、従来の共振器では、共振器表面へのVOCの吸着のみに依存することから、対象物質の濃度が数十ppm を下回る極低濃度域では、化学センサーとしての利用が困難であった (Fig. 1a)。本研究では、凝集状態で数 Å の細孔を形成する発光性高分子 PIM-1 (Polymer of Intrinsic Microporosity-1, Fig. 2) [2]を用いて光共振器を作製することで、低濃度領域での有機汚染物質の検出が可能な化学センサーの作製を試みた (Fig. 1b)。

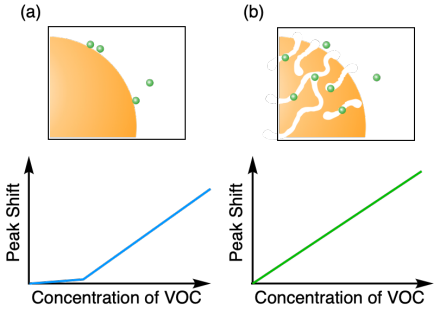

Fig. 1. Top: Schematic representations of dense (a) and porous (b) polymer microsphere resonators that adsorb organic vapor molecules on the surface (a) and inside (b) of the microspheres. Bottom: Typical behaviors of the WGM peak shifts of dense (a) and porous (b) polymer microspheres upon exposure to certain concentration of VOC.

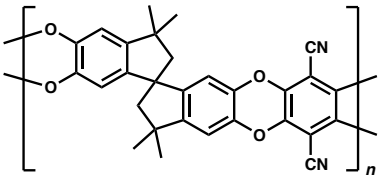

Fig. 2. Molecular structure of PIM-1.

【実験・結果】 界面析出法により PIM-1 を有機溶媒中で徐々に析出することで、PIM-1 のマイクロ球体化を試みた。析出した PIM-1 の凝集物の走査型電子顕微鏡観察から、直径 1-5 μm 程度の球状構造体（μ-PIM）が形成していることを確認した。波長 450 nm の cw レーザーを励起光として μ-PIM の顕微発光測定を行なった結果、μ-PIM が WGM 光共振器として機能することを明らかにした。μ-PIM に対し、飽和有機溶媒蒸気を任意の割合で混合した窒素ガスを μ-PIM に晒して顕微発光測定を行なった結果、有機溶媒蒸気の種類や濃度に応じて、WGM 共振ピークのシフト量が異なることを明らかにした。とりわけ、ピリジン蒸気を用いた場合には、4 ppm という極低濃度まで直線的に WGM ピークのシフトを検出可能であることを確認した。これらの結果は、多孔質ポリマー球体が極低濃度有機溶媒蒸気センサー応用に適していることを示すものである。

【参考文献】[1] Yamamoto, Y., *Polym. J.* **2016,** *48* (11), 1045-1050. [2] McKeown, N. B., *Science China-Chemistry* **2017,** *60* (8), 1023-1032.

© 2021年 応用物理学会