

単一の蛍光色素を添加したポリマーマイクロ共振器からの多色共鳴発光と光伝搬 Polymorphic Dye-Doped Polymer Microcavities with Tunable Multicolor Resonant Photoemission and Intersphere Energy Transfer

¹筑波大院数理物質, ²Duisburg-Essen 大学, ³物質材料機構, ⁴CREST-JST

○岡田大地¹・中村貴志¹・Daniel Braam²・Dao Thang^{3,4}・石井智^{3,4}・長尾忠昭^{3,4}・Axel Lorke²・鍋島達弥¹・山本洋平¹

¹Faculty of Pure and Applied Sciences, Univ. of Tsukuba, ²Duisburg-Essen University, ³NIMS, ⁴CREST-JST

○Daichi Okada¹, Takashi Nakamura¹, Daniel Braam², Dao Thang^{3,4}, Satoshi Ishii^{3,4}, Tadaaki Nagao^{3,4}, Axel Lorke², Tatsuya Nabeshima¹, Yohei Yamamoto¹
e-mail: s-okada@ims.tsukuba.ac.jp

【緒言】マイクロ共振器は、レーザー素子や光スイッチング素子、光導波路、センシング材料など様々な光学素子への応用が可能である。共振器内に光を閉じ込めて共鳴させる Whispering Gallery Mode (WGM) は、共振器構造の多様性や、自己組織化によるボトムアッププロセスによる簡便な構造形成化能などの利点がある^[1,2]。WGM 共振器として典型的なものに蛍光色素を添加したポリマーマイクロ球体がある。しかしながら、これらの共振器において異なる発光色を発現させるためには、蛍光色の異なる複数の色素を選択し、ポリマー球体内に添加させる必要がある。本研究では、分子の凝集状態の違いにより様々な発光色を示す色素分子 (BODIPY 1, Fig. 1) を用いることで、一種類の蛍光色素分子から多様な発光色を示す発光性ポリマー球体の選択的形成に成功した。またこれらの粒子を連結させた際の球体間の光伝搬挙動について興味深い結果を得た。

【実験】色素 1 とポリスチレン (PS) をテトラヒドロフラン中に溶解し ($[1] = 0.002\text{--}1.0\text{ mg mL}^{-1}$, $[PS] = 1.0\text{ mg mL}^{-1}$)、水を貧溶媒として界面析出法を行うことでポリマー球体の析出を行った (Fig. 1)。顕微蛍光測定 (μ -PL) により、析出した球体一粒子の発光特性を測定した。また、マイクロマニピュレーション技術を用いることで粒子を配列させ、 μ -PL を用いて球体間の発光伝搬挙動について検討した。

【結果・考察】ポリマー溶液中に溶解する 1 の濃度を変化させて界面析出法を行うことで、緑から赤色にわたる発光色を示す球体を選択的に作成することに成功した (Fig. 1)。これら一粒子の発光特性を μ -PL により測定すると、いずれの球体からも明確な WGM 発光を示した (Fig. 2a)。WGM 発光が発現する波長領域は、1 の添加量の増加に伴い長波長側にシフトした。マイクロマニピュレーション技術を用いて 2–4 つの球体を連結し、その一端を光励起すると、WGM を介した球体間エネルギー移動により、緑発光の球体から長波長側発光の球体に向かって多段階カスケードエネルギー移動による発光色変化が観測された (Fig. 2b–d)。一方、長波長発光側の球体を光励起すると、光伝搬後の発光色は変化しないことを明らかにした。

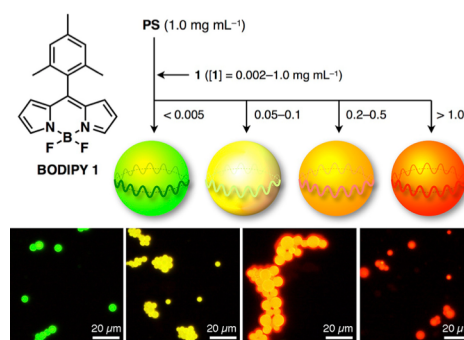


Fig. 1. Schematic representations of the formation of PS microcavities with multicolor resonant emission.

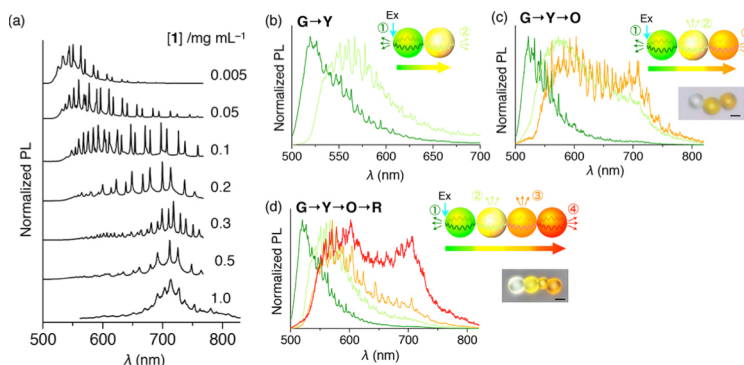


Fig. 2 (a) μ -PL spectra of a single microsphere of 1-doped PS with different concentration of 1. (b–d) PL spectrum of coupled microspheres of G→Y (b), G→Y→O (c) and G→Y→O→R (d), upon focused laser irradiation to the left microspheres and detection to each microsphere.

[1] K. Tabata *et al.*, *Sci. Rep.* 4, 5902/1–5 (2014).

[2] S. Kushida *et al.*, *Macromolecules* 48, 3928–3933 (2015).