分子配向性制御によるポラリトン緩和速度の高速化

Acceleration of the polariton relaxation efficiency by the control of the molecular orientation

○石井智大 [1.], Lydia Sosa Vargas[4], F. Mathevet[1.4], F. Bencheikh[1.3], 宮田潔志 [5], 恩田健 [5],
安達千波矢 [1.2.3], 九大・OPERA[1], WPI-I[2]CNER[2], Koala Tech Inc[3], Sorbonne Univ.[4], 九大・理学部 [5]
OPERA, Kyushu Univ.[1], WPI-I[2]CNER, Kyushu Univ.[2], Koala Tech Inc.[3],
IPCM, Sorbonne Univ.[4], Department of Chemistry, Kyushu Univ.[5], ○T. Ishii[1], Lydia Sosa Vargas[4],
F. Mathevet[1.4], F. Bencheikh[1.3], K. Miyata[5], K. Onda[5], C. Adachi[1.2.3]
E-mail : ishii@opera.kyushu-u.ac.jp

光共振器中の共振モードと有機分子の励起状態が強結合した励起子ポラリトンは室温で Bose-Einstein 凝縮(BEC)相へ転移する。この BEC 相はポラリトンレーザー等の応用が可能であるが、その凝縮閾値は P_{th} ~ 20 – 500 μJ cm^{-2} と高く、実用化には更なる低閾値化が必要である [1]。

最近、この BEC の閾値はポラリトンの緩和速度と密接に関係していると考えられている。無機材料の場合、ポラリトンの緩和の速度定数は 10^{10} - 10^{13}[s^{-1}] 程度であり、超低閾値 P_{th} ~ 0.1 –1 μJcm^{-2} での BEC 転移が報告されている。一方で、有機物の場合、ポラリトン緩和の速度定数は 10^5 – 10^7[s^{-1}] 程度であり、無機物と比較すると格段に遅い[2]。BEC の低閾値化にはこのポラリトン緩和効率の高速化が鍵として考えられているが、そのための分子設計指針は明確化されていない。そこで我々は、分子の配向性というパラメータに着眼し、配向性とポラリトン緩和効率の相関関係を明らかにすることで、BEC の低閾値化に向けた分子設計指針を確立することを目的として研究を行った。

本研究では、有機分子として、Perylene bisimide 骨格を含んだ液晶分子 (PBLC)に着眼した(図 1 : (a))。PBLC は室温で planar 配向と homeotropic 配向を有する液晶相を示すため、分子配向性を共振器内で容易に制御することが可能となる。そのため、分子配向性とポラリトンの緩和効率の相関関係を系統的に評価するうえで、最適な分子である。

今回我々は、2 つの誘電体多層膜ミラー(DBR)で PBLC を挟み込んで、その配向性を制御した 2 種類の有機マイクロ共振器を作製した(図 1 : (b))。角度分解反射率測定により励起子ポラリトンの検出を試みたところ、ポラリトンのエネルギー分散に対応した共振モードが各々の共振器で観測され、その Rabi 分裂の大きさは面内の遷移双極子モーメントの増大に伴って増強されるような振る舞いが観測された。更に、過渡 PL 測定を行い、その結果を 2 準位模型で近似したレート方程式を用いて解析したところ、分子配向性の違いによってポラリトンの緩和効率が大きく変化することを明らかにした。当日は、実験結果の詳細に関して議論する。

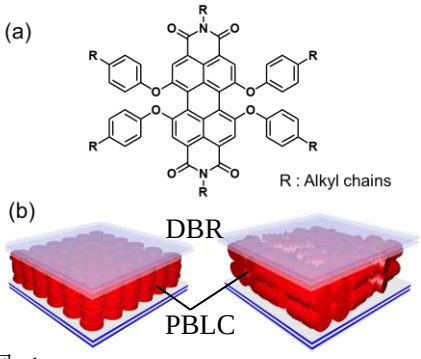

図 1.
(a) PBLC の分子構造
(b) Homeotropic 配向(左図)及び Planar 配向(右図)有する PBLC を含んだマイクロ共振器の構造

[1] S. Kéna-Cohen *et al.*, Nature Photonics., **4**, 371 (2010).
[2] L. Mazza *et al.*, Phys. Rev. B **88**, 075321 (2013).