

TPCO 単結晶からの面発光の微小共振器効果

Microcavity effects on surface emission from TPCO single crystals

京工繊大院工芸¹, 奈良先端大物質² 早川昂志¹, ○山下兼一¹, 山雄健史¹, 堀田収¹, 柳久雄²Kyoto Inst. Technol.¹, NAIST² T. Hayakawa¹, ○K. Yamashita¹, T. Yamao¹, S. Hotta¹, H. Yanagi²

E-mail: yamasita@kit.ac.jp

【はじめに】有機半導体結晶や π 共役系高分子薄膜を発光層とした微小共振器構造が、室温動作可能なポラリトンレーザ光源の候補として近年注目を集めている [1,2]。大きな遷移双極子モーメントを有する励起子を高 Q 値共振器内の光子と効率よくカップリングさせることが重要であり、我々はシアノ基置換（チオフェン／フェニレン）コオリゴマー（TPCO）単結晶を活性層材料に用いることに着目している [3]。本研究では、フラットな結晶平板面と高反射率ミラーを組み合わせた TPCO 垂直微小共振器からの面発光の分散特性について調べた。

【実験及び結果】 $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$ ($n=1.46/2.16$, 12 pairs) による誘電体多層膜 DBR ミラー上に、気相成長により得た 2,5-bis(4'-cyanobiphenyl-4-yl)thiophene (BP1T-CN) の板状の単結晶（膜厚 $\sim 3 \mu\text{m}$ ）を静電吸着させた（図 1）。この BP1T-CN 板状結晶は面内成分に大きな遷移双極子モーメント $\mathbf{P}_m$ を有する。DBR ミラーは BP1T-CN の発光帯をカバーする 460–560 nm において、 $R > 99\%$ の反射帯域を持つ。垂直伝搬光（ $\equiv c$ 軸方向）に対する分極方向成分の屈折率を 3.0 – 3.5 と見積もっており、底面 DBR ミラーと結晶表面反射により、 $Q \sim 120$ 程度のファブリペロー共振器が構成される。cw レーザ光励起（405 nm, $\sim 10 \text{ mW}/\text{cm}^2$ ）による表面発光スペクトルを図 2 に示す。 $\mathbf{P}_m$ と偏光方向 $\mathbf{P}_l$ が平行の時に鋭いキャビティモード発光が複数本観測されており、良好な微小共振器が構成されていることがわかる。キャビティモードの発光角度分散の測定結果を図 3 に示す。 $\mathbf{P}_m // \mathbf{P}_l$ で観測される通常のキャビティモードは発光角の増加に伴い高エネルギー側にシフトする。一方、本来は発光成分を持たない $\mathbf{P}_m \perp \mathbf{P}_l$ の条件においては、 $\theta = 30 - 40^\circ$ 及び $50 - 60^\circ$ において非常に鋭いピークが新たに出現した。これらの発光は $\mathbf{P}_m // \mathbf{P}_l$ でも観測されており、双方の偏光方向の間でモードが強く結合している。これは光学異方的な有機結晶中での共振器ポラリトンの形成に由来しており [4]、新たに観測された鋭い発光ピークの要因として、分散曲線のボトルネック近傍での量子状態の蓄積が一つの可能性として考えられる。共振器のさらなる高 Q 値化を図ることでポラリトンレージングの発現が期待できる。

BP1T-CN Crystal
 $\text{SiO}_2/\text{Ta}_2\text{O}_5$

Fig. 1 BP1T-CN on DTF

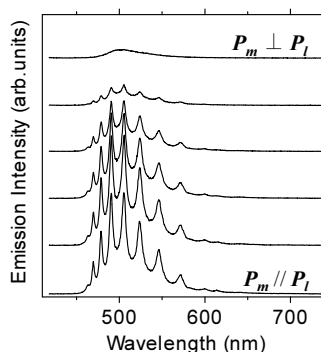


Fig. 2 Polarized surface emission

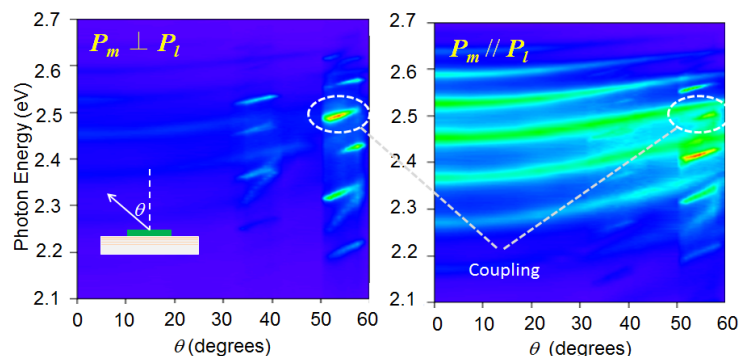


Fig. 3 Dispersion of emission modes