

3P041

有機半導体キャビティポラリトンのコヒーレント制御に向けて

(奈良先端大・物質) ○水野 英之,香月 浩之,柳 久雄

Preparation for the Coherent Control of Organic Cavity Polariton

(NAIST) ○Hideyuki Mizuno, Hiroyuki Katsuki, Hisao Yanagi

【はじめに】量子情報通信において光の情報を固体中に保持するための中核的な技術として、物質の量子状態を制御することのできるコヒーレント制御法が注目されている。半導体量子井戸を挟むように2枚のミラーを置くことで光子を中に閉じ込めることができ、このような構造を微小共振器(マイクロキャビティ)と呼ぶ。キャビティ内に閉じ込めた光子と励起子を強結合させることによって生成される準粒子である励起子ポラリトンは、有効質量が非常に小さいことや、閾値以上の強度で励起を行い励起子ポラリトンが高密度になった場合にポラリトン凝縮と呼ばれる量子凝縮により自発的なコヒーレンスを形成するというような特徴を示すことが知られている

[1]。この自然発生的なコヒーレント状態はコヒーレント制御の対象として興味深い。これまで、室温において TDAF などの有機半導体ポリマー薄膜を用いたマイクロキャビティにおいてポラリトン凝縮が観測されている[2],[3]。本研究では、有機半導体薄膜を用いたキャビティポラリトン状態において形成されるポラリトン凝縮体を対象として、その状態を外部からのレーザー光照射でコヒーレント制御することを最終目標とし、まず TDAF 薄膜を挟んだマイクロキャビティの作製および励起子ポラリトンの観察を行った。

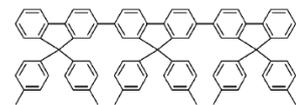


図 1: TDAF の分子構造

【実験】実験に使用するサンプルは2通りの方法で作成した。方法(1)では SiO_2 と Ta_2O_5 を石英基板上に繰り返してスパッタした反射率 90% の DBR ミラーを基板として用い、DBR 上に真空蒸着法で有機半導体 TDAF(図 1)の薄膜を作製し、もう1枚の DBR で TDAF 薄膜を挟んでマイクロキャビティを作製した。方法(2)では同様のミラーで先に空のキャビティを作成しておき、溶液中に溶かした TDAF 分子を隙間に浸透させ、その後溶媒を蒸発させることにより作成した。(2)の手法ではより結晶性のよいサンプルが生成される傾向があるが、厚さの制御が困難となる。次に、白色光源を用いて TDAF マイクロキャビティの角度依存反射スペクトルを測定し、最後に波長 355 nm のナノ秒励起レーザーを光源として用いてマイクロキャビティからの発光スペクトルの角度分解測定を行った。

【結果と考察】TDAF 薄膜の発光・吸収スペクトルを図 2 に示す。吸収スペクトルにおいて、約

3.3 eV 付近にブロードなピークを観測することができた。また、振動準位に起因する複数の構造を持った発光スペクトルが見られた[2]。次にキャビティ内における光子・励起子結合状態の分散関係を観察するために角度依存反射スペクトル(図 3)及び角度分解発光スペクトル(図 4)を測定した。角度依存反射スペクトルでは、DBRの高反射率帯域において、角度すなわち運動量が大きくなるにつれて高エネルギー側へシフト

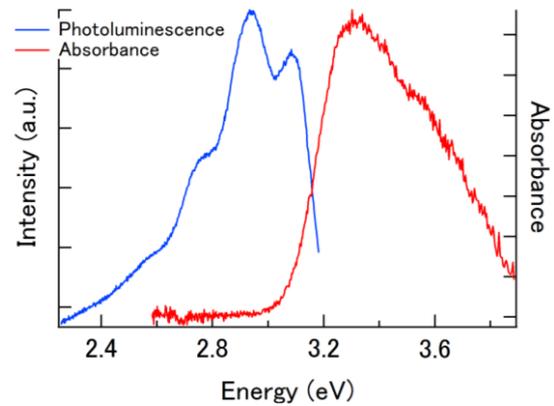


図 2: TDAF 薄膜の発光・吸収スペクトル

するディップが観測された。4つのディップがポラリトンの分散曲線の各分枝に対応している可能性があるが、詳細は現在解析中である。角度分解発光スペクトルにおいては、非共鳴的に励起されたエネルギーは短時間でより低エネルギーのポラリトン分枝に緩和するために、通常下方のポラリトン分枝からの発光しか見えない[4]。図 4 で 2.8 eV 周辺を底に観測されている曲線がそれに対応していると考えられる。より明確な強結合状態を生成するためには、薄膜の厚さの評価を行い、キャビティフォトンと効率よく結合するような薄膜を作製することが重要となる。現在使用しているナノ秒励起レーザーでは、十分な強度で励起をする以前にサンプルが破壊されてしまうために、強度依存性の測定では凝縮体の形成は観測できていない。今後、超短パルス光源を用いて、励起光強度によって発光の分散曲線がどのように変化するかを観測する予定である。

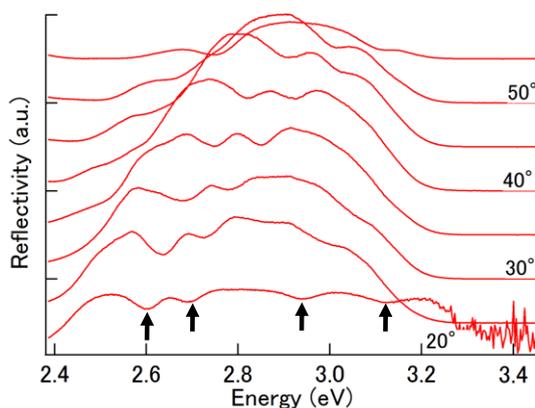


図 3: 角度依存反射スペクトル

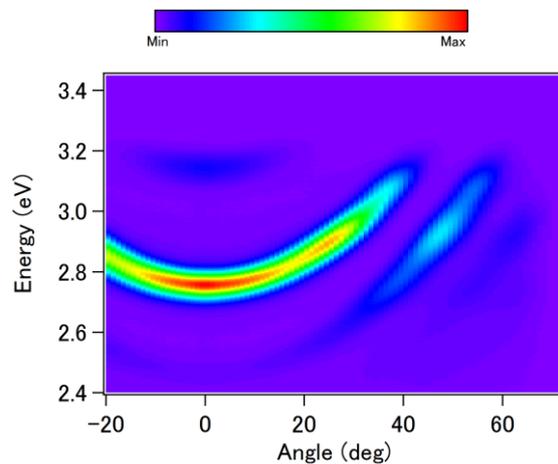


図 4: 角度分解発光スペクトル

- [1] Kasprzak, J. et al. *Nature* 443, 409–414 (2006).
- [2] Daskalakis, K. S. et al. *Nature Mater.* 13, 271–278 (2014).
- [3] Plumhof, J. D. et al. *Nature Mater.* 13, 247–252 (2014).
- [4] Kena-Cohen, S. et al. *Phys. Rev. B* 78, 153102 (2008).