

3P051

有機半導体マイクロキャビティにおける緩和・凝縮過程の観測

(奈良先端大・物質) ○水野 英之, 香月 浩之, 柳 久雄

Observation of Relaxation and Quantum Condensation in Organic Microcavity

(Graduate School of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology)

○Hideyuki Mizuno, Hiroyuki Katsuki, Hisao Yanagi

【はじめに】 半導体活性層を2枚のミラーで挟んだマイクロキャビティの中では、光子と励起子が強く相互作用しキャビティポラリトンが形成される。さらに高密度の光励起によりポラリトン凝縮と呼ばれる量子凝縮を形成することが知られている。このような量子凝縮は無機半導体を活性層として用いたマイクロキャビティにおいて初めて報告され[1]、近年、有機半導体マイクロキャビティにおいても同様の量子凝縮が室温で起こると報告された[2][3]。ポラリトンの凝縮過程ではまず熱浴状態の励起子が緩和し、その後キャビティポラリトンの最低エネルギー状態へさらに緩和する。熱浴状態の励起子は、無機半導体マイクロキャビティにおいてフォノンを介して緩和するが、一方で有機半導体マイクロキャビティでは有機分子の振動構造を介して緩和することが知られている[4]。そのような緩和のダイナミクスを調べる手法として、フェムト秒レーザーをゲート光として用いることにより発光の高時間分解(約 100 – 200 fs)が可能なアップコンバージョン分光が有効である。

本研究では、アップコンバージョン分光を用いた有機半導体マイクロキャビティにおけるポラリトンの緩和および凝縮過程に対する振動構造の影響の解明に向けて、キャビティポラリトンの観測を行ったのでそれについて報告する。

【実験】 サンプルの調製として、まず SiO_2 と Ta_2O_5 を石英基板上に交互に11周期スパッタした反射率90%のDBRミラー上に真空蒸着法で有機半導体TDAF(図2)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。次にマイクロキャビティにおける強結合を観測するために、白色光源を用いてマイクロキャビティの反射スペクトルの角度依存性を測定した。さらに励起光源として波長355 nmのナノ秒レーザーをマイクロキャビティに垂直入射した際の発光スペクトルの角度依存性を測定し、

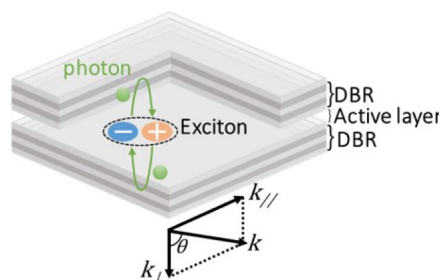


図1: マイクロキャビティ

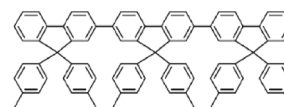


図2: TDAFの分子構造

その分散関係について調べた。

【結果と考察】 作製したマイクロキャビティの角度分解反射スペクトル(TM 偏光)を図 3 に示す。角度すなわち運動量が大きくなるにつれて、TDAF 分子の励起子の吸収(3.51 eV)より低エネルギー側において高エネルギー側へシフトするキャビティポラリトンのディップが観測された。角度分解発光スペクトル測定(TM 偏光)においても、同様の角度・エネルギーの位置にキャビティポラリトンのピークが観測された(図 4)。

図 4 の運動量(角度)空間における発光強度の分布から、生成した励起子がポラリトンの低エネルギー状態まで緩和し、その後発光が起こっていることが考えられる。マイクロキャビティ内で強結合が形成されている時、励起子の吸収の高エネルギー側においても角度依存性を示すキャビティポラリトンの分枝は存在するが、角度分解発光スペクトル測定において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側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だけ観測できる。励起子の吸収より高エネルギー側に形成されるキャビティポラリトンの分枝は角度分解反射スペクトル測定において観測され得るものであるが、現段階で観測には至っていない。

次の段階として、ポラリトン凝縮の観測を目指して、フェムト秒レーザーを用いた励起による発光スペクトルの励起強度依存性の測定を現在行っている。その詳細については当日発表する。

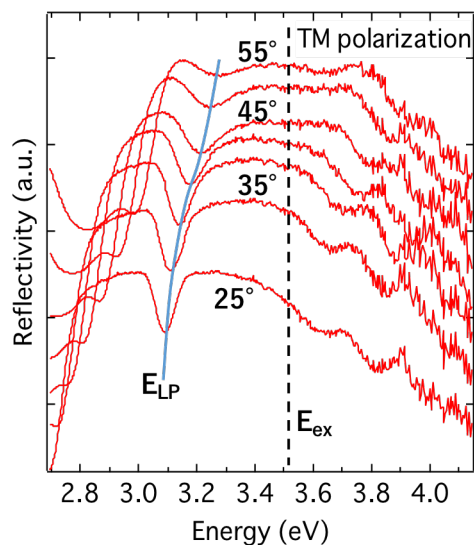


図 3：角度分解反射スペクトル

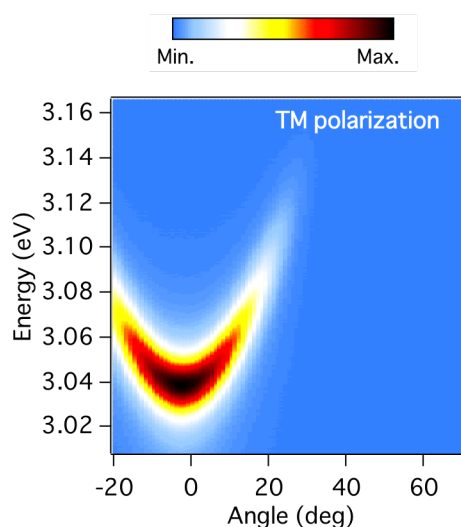


図 4：角度分解発光スペクトル

- [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] Agranovich, V. M. et al. *Chem. Rev.* 111, 5179–5214 (2011).