

三重項励起子の蓄積と TADF 過程が連続レーザー発振特性に与える影響 についての理論検討

Simulation for the effects of triplet accumulation and TADF upconversion on lasing

九大¹, OPERA² °安部彩乃¹, 合志憲一^{1,2}, 小松龍太郎², 藤原隆², 儘田正史^{1,2}, 安達千波矢^{1,2}

Kyushu Univ.¹, OPERA², °Ayano Abe¹, Kenichi Goushi^{1,2}, Ryutaro Komatsu², Takashi Fujihara²,

Masashi Mamada^{1,2}, Chihaya Adachi^{1,2}

E-mail: abe@adachilab.com

有機半導体レーザーは優れた波長可変性を示す次世代のレーザーデバイスとして注目されている。しかし、現状では光励起下における連続レーザー (CW) 発振時間が極めて短く、これが実用化に対する大きな課題となっている。CW 発振阻害過程としては一重項-三重項励起子消光 (STA) や、長寿命性の三重項励起子蓄積による基底状態分子数の減少などが指摘されており、CW 発振阻害に三重項励起子が深く関与していることが知られている。従って、誘導放出速度定数が系間交差 (ISC) の速度定数に比べて極めて大きくなる ($k_{\text{stimulated}} \sim 10^{12} \text{ s}^{-1}$, $k_{\text{ISC}} \sim 10^6 \text{ s}^{-1}$) と考えられるレーザー発振中に、三重項励起子の生成・蓄積過程がどのように生じているかを明らかにすることは重要である。また、発光材料の三重項励起子密度を低下させることで CW 発振時間の長時間化を実現するために、三重項励起子から一重項励起子への熱的なアップコンバージョンが可能である熱活性化遅延蛍光 (TADF) 材料の利用が検討されているが、TADF 過程が CW レーザー特性に与える影響について明らかにした報告例は無い。そこで本研究では、レーザー特性を示す TADF 材料である TPA-BCm をゲスト、CBP をホストとして用いた系について、レート方程式を用いたシミュレーションを行い、(1) レーザー発振時の三重項励起子生成過程と (2) TADF 過程がレーザー特性に与える影響の 2 点について考察を行った。各速度定数は、実際に CBP 中に TPA-BCm を 6wt% ドープした薄膜を作製し、基礎光学特性や過渡発光測定から算出した。

Fig. 2 にレーザー発振条件下における三重項励起子密度の時間変化と流入速度を示す。三重項起

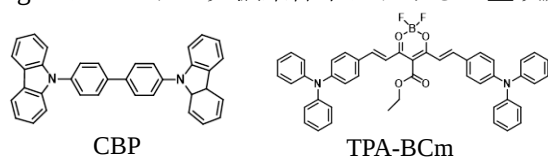


Figure 1. Chemical structures of CBP and TPA-BCm

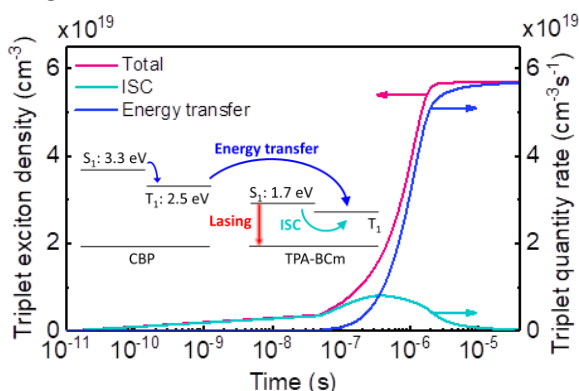


Figure 2. Simulation of triplet accumulation.

Inset: Energy diagram

子の流入速度は、ISC 経由とホスト-ゲスト間での三重項励起子間のエネルギー移動経路の 2 過程からなる。CW レーザー発振時間は 20 ns であり、その間、ISC 経由による三重項励起子によって、レーザー発振が阻害される結果得られた。また、CW 励起時間 ~ 100 ns 以降においては、ホスト-ゲスト間での三重項励起子間のエネルギー移動による三重項励起子生成が支配的となることが明らかとなった。この結果から、TADF 分子の逆系間交差過程を積極的に利用することで、CW 発振の実現が可能となると考えられる。