

BP3T 単結晶における遅延時間とスペクトル分裂を伴った特異な 光励起レーザー発振

Unique lasing behaviors with spectral splitting and time delay in BP3T single crystals

○松尾 匠¹, 水野 斎¹, 佐々木 史雄², 柳 久雄¹

奈良先端大物質¹, 産総研電子光技術²,

NAIST¹, ESPRIT AIST², °T. Matsuo¹, H. Mizuno¹, F. Sasaki², H. Yanagi¹

E-mail: matsuo.takumi.mp2@ms.naist.jp

[概要] 電流励起によるレーザー発振の実現が期待されているが、最近になりロバストで発光収率が大きい thiophene/phenylene co-oligomer (TPCO)の一種である 5,5''-bis(4-biphenyl)-2,2':5',2''-terthiophene (BP3T)の単結晶を活性層として用いたトランジスタ素子から電流注入による狭線化増幅発光が観測されている^[1]。また BP3T 単結晶からはこれまでに超蛍光などの協同的発光増幅現象が確認されており^[2]、他の TPCO 単結晶からもポラリトンレージングに類似した特異な発光増幅現象の関与が示唆されている^[3]。BP3T 単結晶はこれまで主に気相成長法により作製されてきたが、丸みを帯びた結晶端面により Fabry-Pérot (F-P)モードでの共振が困難であった。これに対し、溶液成長法を用いて作製した BP3T 単結晶からはパラレルな結晶端面での F-P 共振によるレーザー発振が得られる。今回、その時間分解発光スペクトル測定を行い、協同的発光増幅現象の特徴であるスペクトル分裂と遅延時間を伴ったレーザー特性を調べた。

[実験と結果] BP3T を 190°C の 1,2,4-trichlorobenzene に溶解した飽和溶液を調製し、これを一定の同溶媒で希釈した後、再び 190°C まで加熱した。36 時間かけて 30°C または 40°C まで冷却することにより、棒状に伸びた結晶が析出した。選別した結晶をガラス基板に転写し乾燥させた。フェムト秒パルスレーザー ($\lambda_{2\omega} = 397$ nm, 150 fs width, 1 kHz) を励起源として光励起し、ストリークカメラを用いた時間分解発光スペクトル測定を行った。励起密度を上げていくと、0-1 帯と 0-2 帯の両方の発光ピークが狭線化増幅し、0-2 帯では励起密度閾値 ($85 \mu\text{J}/\text{cm}^2$) 直後にほぼ等間隔なモード間を伴いながら複数の帯域に分裂したレーザー発振スペクトルが得られた (Fig.2 (a))。これに対して 0-1 帯では一つの帯域で増幅した通常のレーザー発振スペクトルが得られた。0-2 帯発光の時間分解プロファイルは、レーザー発振閾値直後からパルス型に変化し、励起密度 $115 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ において励起時間原点から最大 67 ps の遅延時間を示した (Fig.2 (b))。一方、0-1 帯においてはこのような長い遅延時間は伴わず、通常の誘導放射に特徴的な発光増幅特性を示した。発表では発振モードスペクトルを用いて算出したエネルギー分散特性も併せて協同的発光増幅現象の起源を議論する。

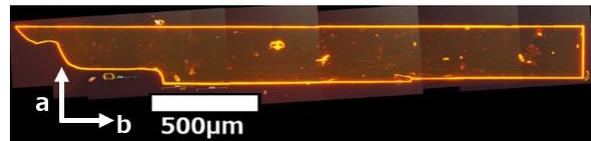


Fig. 1 Fluorescence micrograph of a solution-grown BP3T single crystal.

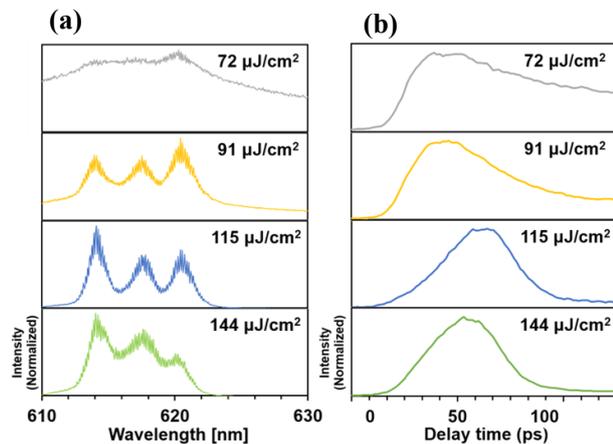


Fig. 2 Excitation density dependences of photoluminescence spectra (a) and time profiles (b) at 0-2 emission line.

[1] 下谷ら, 第 78 回応用物理学会春季学術講演会, 20a-D102-1 (2018). [2] T. Hiramatsu *et al.*, *phys. stat. sol. c*, **6**, 338 (2009). [3] H. Yanagi *et al.*, *Appl. Phys. Express*, **4**, 062601 (2011).