

一次元有機半導体結晶における空間コヒーレンスの評価

¹奈良先端科学技術大学院大学 物質創成科学研究科

○西脇圭佑¹, 香月浩之¹, 柳久雄¹

Evaluation of spatial coherence in one-dimensional organic semiconductor crystals

○Keisuke Nishiwaki¹, Hiroyuki Katsuki¹, Hisao Yanagi¹

¹ Graduate School of Materials Science, Nara Institute of Science and Technology, Japan

【Abstract】

TPCOs (Thiophene-Phenylene co-origomers) are promising organic materials for their high carrier mobility and quantum efficiency. BP1T – CN, which is a cyano-substituted TPCO material, is an n-type material known to show strong optical confinement effect when it is crystallized in low dimension, such as a rod-like and platelet crystals. When the excitation light is incident on the crystal of BP1T – CN above the threshold intensity, a coherent output with narrow spectral width can be observed. This phenomenon is considered to be a result of the strong confinement of the electromagnetic field within the crystal, and due to the optical amplification with the both edges of the crystal as cavity ends. In this research, we will develop a method to evaluate the spatial coherence built inside the crystal. We will measure the fluorescent image of the crystal, and pick up the light from two distant points by a double slit. The interference fringes of those output beams can be a good signature of the spatial coherence grown inside the crystal.

【序】

チオフェン/フェニレンコオリゴマー(TPCO)は高キャリア移動度、高発光効率、高耐久性などの特徴を持ち、有機半導体を用いた光デバイスの活性媒体として注目されている。TPCOはチオフェン環の両端にフェニレン環が2つ付いた分子構造をもっており、その組み合わせや分子長を制御することで、様々な発光色を示す。また、TPCOの単結晶を光励起すると、弱励起時のブロードな線幅の蛍光が閾値以上の励起強度では線幅の細いコヒーレントな出力光に変化するレーザー特性が観測される。この際、発光が結晶内に強く閉じ込められるため、結晶の端面のみで強く発光する。この現象は結晶の両端をキャビティ端とした光増幅が起こり、Fabry-Pérot干渉の結果生じていると考えられる。有機結晶におけるレーザー発振を考える際、励起状態が結晶中でどの程度の広がりを持しているのか、という情報は非常に重要である。本研究では結晶内を伝搬する励起子ポラリトン状態の空間コヒーレンスを評価する方法として、結晶内の異なる二点から放出される光をダブル

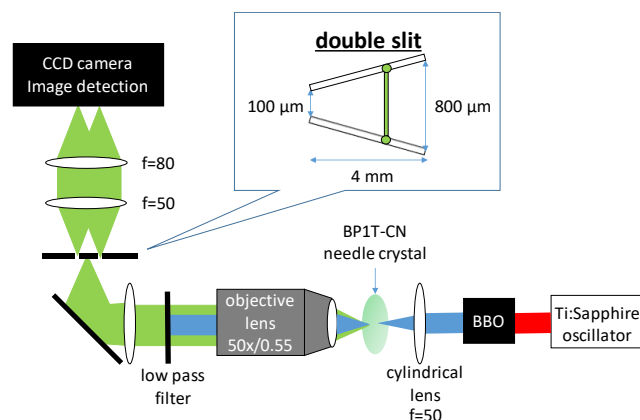


Fig. 1. Optical system for the evaluation of spatial coherence in TPCO crystal.

スリットで切り出し、両者の干渉を測定することでコヒーレンスを評価する手法の開発を行う。

【実験方法】

TPCO の一種で両端にシアノ基のついた BP1T-CN 単結晶を気相成長法により作製した。針状結晶及び板状結晶をガラス基板に転写し、これを試料台に載せ、フェムト秒 Ti:sapphire 再生増幅器の出力の二倍波を励起光として蛍光測定を行った。

光学系を Fig.1 に示す。励起光と蛍光の集光を別々に行う透過型光学系を構築した。結晶が破損しないように、集光レンズにシリンドリカルレンズでライン状に集光し、単位面積当たりの光の強度を抑えた。対物レンズで捕集した光はフィルターを透過させて蛍光のみを CCD カメラで分光スペクトルの測定を行なった。また、空間コヒーレンス測定のために、レンズ系で拡大した蛍光イメージ像を結び、その位置にダブルスリットを配置することで、空間的に離れた二点からの蛍光の干渉イメージの測定を行なった。

【結果・考察】

フェムト秒 Ti:sapphire 再生増幅レーザーで励起したときの長さ 116 μm の針状結晶の蛍光スペクトルの励起密度依存性を図 2(a)に示す。 $\lambda=500, 530 \text{ nm}$ にそれぞれ 0-1, 0-2 遷移に対応するピークがある。160 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ の閾値を超える励起密度では、スペクトルの 0-1 成分が非線形的に増幅していることがわかる。図 2(b)には 500 nm のスペクトル成分の励起強度依存性を示した。この結果から励起密度 131 $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ 周辺が閾値であった。

今後はダブルスリットを利用して、図 3 に示したような空間的に離れた二点からの蛍光を切り出すことを行い、強励起時における空間干渉測定を行い、ASE(amplified spontaneous emission)及びレーザー発振状態における干渉観測を行う。

【参考文献】

- [1] H. Mizuno, et al., *Adv. Opt. Mater.* **2**,529(2014)
- [2] L. Legrand, et al., *phys. stat. sol.* **245**, 2702(2008)

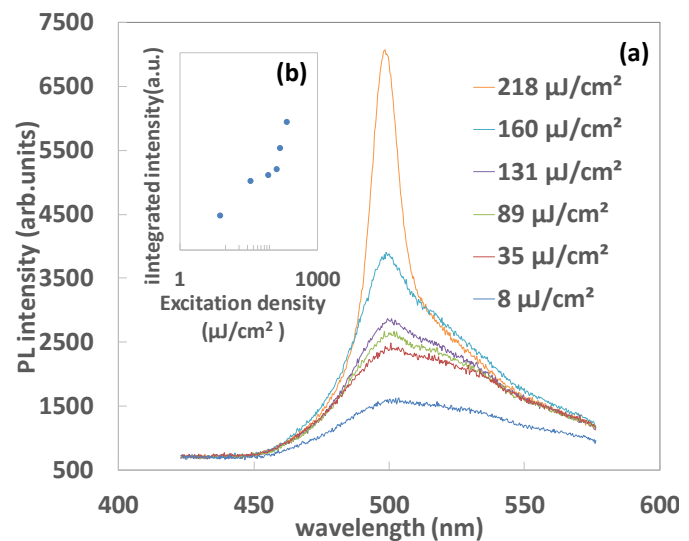


Fig. 2. (a) Photoluminescence spectra of BP1T-CN needle-shape crystal at different excitation densities. (b) Excitation density dependence of 0-1 transition intensity.

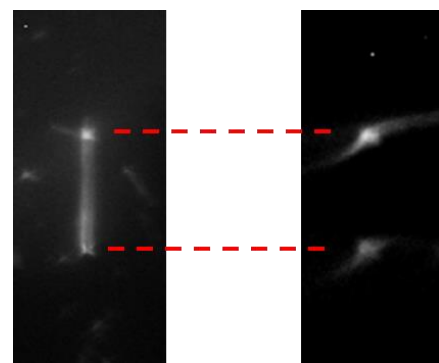


Fig. 3. (left) Fluorescence image from a needle-shaped crystal. (right) Fluorescence image clipped by a double-slit.