

単層カーボンナノチューブフィルムを用いた Cr²⁺:ZnS 中赤外モード同期レーザー III

Cr²⁺: ZnS mid-infrared mode-locked laser using single walled carbon nanotubes III

東大生研¹, 東大工², アールト大学³, 産総研⁴

○(D)岡崎 大樹¹, 荒井 隼人², Esko Kauppinen³, 千足 昇平², 丸山 茂夫^{2,4}, 芦原 聡¹,

IIS, UTokyo¹, Faculty of Eng., UTokyo², Aalto Univ.³, AIST⁴

D. Okazaki¹, H. Arai², E. Kauppinen³, S. Chiashi², S. Maruyama^{2,4}, S. Ashihara¹

E-mail: dokazaki@iis.u-tokyo.ac.jp

中赤外域 ($\lambda = 2 - 25 \mu\text{m}$) の超短パルス光源は古くから分子分光計測に重宝されてきた。近年では、光電場駆動現象や難加工性樹脂のレーザー加工においても、その有用性が認識されはじめ、その需要が急速に高まっている。Cr²⁺イオンを添加したカルコゲナイド材料は波長 $2 - 3 \mu\text{m}$ において広い蛍光スペクトルを有する。加えて、量子蛍光効率・熱伝導度にも優れ、高い電力-光変換効率と優れたビーム品質を有する小型で高繰り返しの中赤外パルス光を発生させるためのレーザー媒質として有望視されている¹。以上の背景から、我々は Cr²⁺:ZnS を用いたモード同期レーザーの開発を目的として研究を進めている²。

本研究では単層カーボンナノチューブ(SWCNT)を可飽和吸収体として使用している。浮遊触媒 CVD 法の環境を制御し、通常よりも直径の大きな SWCNT フィルムを精製することで³、半導体 SWCNT の S₁₁ 共鳴吸収と Cr:ZnS の発振波長($2.35 \mu\text{m}$)とを合致させている。今回、我々は、この直径制御によって、Cr²⁺:ZnS の発振波長において優れた SWCNT の可飽和吸収特性が得られることを示した。計測には Z スキャン法とポンプ・プローブ分光法を用いた。Fig.1 に示す過渡透過スペクトルより、波長 $2.3 \mu\text{m}$ 近傍の広い波長範囲において可飽和吸収が確認できる。その緩和定数は、 $\tau_1 = 0.3 \text{ ps}$, $\tau_2 = 1.0 \text{ ps}$ という高速な緩和を示している。前者は S₂₂ から S₁₁ への遷移あるいはチューブ間相互作用によるものと考えられ、後者はフォノンを介した非輻射のバンド間遷移に起因する。また、透過率変化は $\Delta T/T \sim 10 \%$ と求まり、近赤外域と同程度に優れた可飽和吸収動作が波長 $2.3 \mu\text{m}$ においても実現されていることがわかる。

続いて、厚みの異なるサンプルを準備し (Fig.2 inset), それらを用いて得られたモード同期 Cr:ZnS レーザーの発振特性の評価を行なった。得られたレーザー発振スペクトルを Fig.2 に示す。現在までに最短で 47 fs のパルス幅を実現している。このときのポンプ光の出力は 2.9 W で、中心波長 $2.27 \mu\text{m}$, スペクトル半値幅 146 nm (8.5 THz), 繰り返し周波数 39.6 MHz , 出力 1.1 nJ が得られている。モード同期はセルフスタートが可能であり、長期安定性にも優れる。今後は結晶長と出力ミラーの最適化による高出力な Few-cycle パルスの実現を図る。

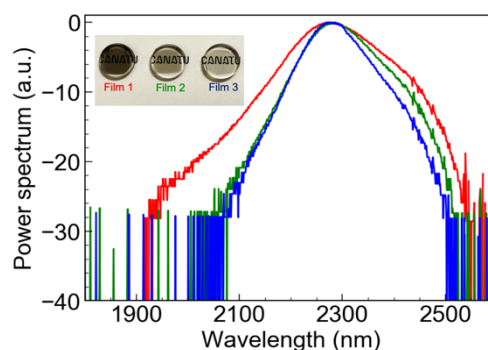
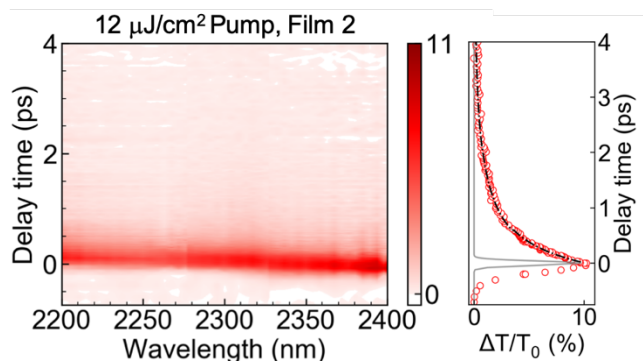


Fig. 1 Transient transmission dynamics of SWCNT. Fig. 2 Laser spectrum with several SWCNT thickness

- 【参考文献】 1) S. B. Mirov, et al., IEEE J. Sel. Topics Quantum Electron. 24, 5 (2018).
2) D. Okazaki, et al., Opt. Lett., **44**, 7, 1750 (2019). 3) Y. Tian et al., Nano. Res., **4**, 807 (2011)