

ファイバーレーザー励起 4 μm 帯 Fe:ZnSe レーザーの開発

Mid-IR Fe:ZnSe laser pumped by an Er:ZBLAN fiber laser

阪大レーザー研¹, モスクワ大²

○上原日和¹, 合谷賢治¹, 韓冰羽¹, Andrey Pushkin²,

Migal Ekaterina², Fedor Potemkin², 時田茂樹¹

E-mail: uehara-h@ile.osaka-u.ac.jp

近年、中赤外波長コヒーレント光源に対する需要が学術・医療・産業分野において高まっており、既存光源の希少な新波長帯レーザーの開発やその小型化・高効率化は重要な課題である。Fe:ZnSe 結晶は、波長 3 μm 近傍での励起により、3~5 μm の広い波長範囲で高い利得を呈するため、高効率レーザー発振やモード同期による超短パルス化が期待できる。また、3~5 μm の波長域には、水、炭酸ガス、メタンガス、ホルムアルデヒド、窒素酸化物、硫黄酸化物等の分子の吸収線が含まれており、小型で高効率な Fe:ZnSe レーザーを開発すれば、分子分光や同位体計測などのセンシング分野において極めて優位性の高い光源となる。しかしながら、高出力で高安定な 3 μm 帯励起光源が希少なことが、これまで Fe:ZnSe レーザーの高出力化の障壁となっていた。

著者らは、これまでに、高出力・高安定・高ビーム品質な 3 μm 帯 Er:ZBLAN ファイバーレーザーを開発し、連続波出力 20 W 超を得ることに成功している[1]。本研究では、独自開発した 3 μm 帯ファイバーレーザーを励起光源とした中赤外 Fe:ZnSe 固体レーザーを新たに提案する。

Fe:ZnSe レーザーの発振実験光学系を図 1 に示す。長さ 50 mm の比較的小型な共振器を用い、Fe:ZnSe 単結晶 (Fe^{2+} 密度: $3.5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) は液体窒素冷却した。これは、低温下での Fe:ZnSe の上準位寿命が室温時と比較して著しく長いためである。励起光源には、最大出力 7 W、波長 2.8 μm の Er:ZBLAN ファイバーレーザーを用い、250 μm のスポット径で Fe:ZnSe 結晶を励起することで、4 μm 帯のレーザー発振特性を評価した。

図 2 に入出力特性を示す。3.5 W 励起時に、2.13 W の CW 出力を得た。スロープ効率は 59% であり、これまでに 4 μm 帯 Fe:ZnSe レーザーで報告されている最高効率である[2]。スペクトル測定の結果、レーザー波長は、4.1~4.2 μm の範囲で数 10 nm のバンド幅を有しており、出力増加とともに長波長シフトしていることがわかった。ストークス効率が約 67%であることから、本結果がいかに高効率であるかがわかる。著者らは、現在、液体窒素冷却の π 型共振器を用いた受動モード同期 Fe:ZnSe レーザーの開発を行っており、今後の展望についても報告予定である。

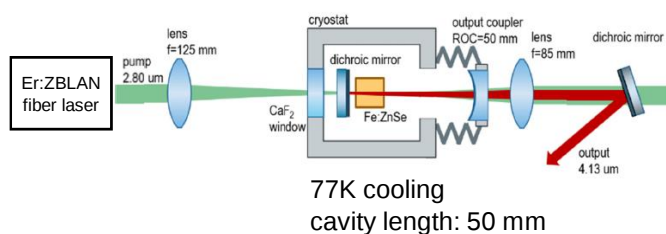


図 1 ファイバーレーザー励起 Fe:ZnSe レーザーの光学系

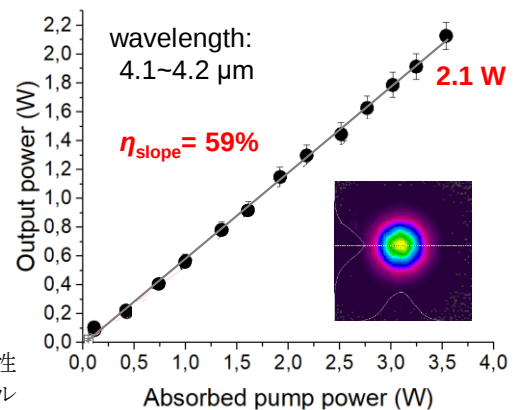


図 2 中赤外 Fe:ZnSe レーザーの入出力特性とビームプロファイル

[1] C. A. Schäfer, H. Uehara, S. Tokita et al., *Opt. Lett.* **43**, 2340 (2018).

[2] A. V. Pushkin, H. Uehara, K. Goya, S. Tokita, F. V. Potemkin et al., *Opt. Lett.* **43**, 5941 (2018).