

カーレンズモード同期レーザーにおける Q スイッチ不安定性の理論

Theory of q-switched instability in the Kerr-lens mode-locked laser

東大物性研¹, [○](DC) 木村 祥太¹, 谷 峻太郎¹, 小林 洋平¹

ISSP, Univ. Tokyo¹, [○]Shota Kimura¹, Shuntaro Tani¹ and Yohei Kobayashi¹

E-mail: s-kimura@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】

フェムト秒レーザーは物性計測やレーザー加工など幅広い分野で利用されている。特にカーレンズモード同期レーザーは短いパルス幅をシンプルな構成で得られることから、様々な応用を切り拓いてきた[1]。応用にあってこれらのレーザーにはパルス毎の強度安定性が求められる。しかし特定の条件下においては Q スイッチモード同期と呼ばれる現象が発現し[2]、パルス毎強度が不安定となる (図 1)。これまでカーレンズモード同期レーザーにおける Q スイッチモード同期の発生条件は定量的に理解されておらず、その抑制は経験と勘に頼られてきた。今回我々はこの不安定性を理論的に考察し、強度安定なパルス列を得るための指導原理を導出したので報告する。

【理論】

レーザー出力の時間発展は、反転分布に対するマスター方程式と共振器内光パワーに対するマスター方程式の二つの微分方程式で記述される。これらは非線形連立微分方程式であるため解析解を求めることは難しいが、定常解近傍での安定条件を議論することができる[3]。我々はカーレンズ効果による非線形なパワー変動を方程式系に導入することで、カーレンズモード同期レーザーのパルス毎強度が安定になる条件を導出した。

$$\frac{F_{\text{pulse}}}{F_{\text{sat}}} > \alpha \frac{P_{\text{peak}}}{P_{\text{cr}}} \frac{w}{2} \frac{dq}{dw}$$

ここで F_{pulse} はパルスのフルエンス、 F_{sat} は利得媒質の飽和フルエンス、 P_{peak} はパルスのピークパワー、 P_{cr} はカー媒質におけるカー効果のクリティカルパワー、 w は共振器内集光点でのビーム径、 q はビーム径に依存する光損失である。 α は共振器構造に由来する補正係数で、モノリシック共振器の場合は $\alpha = 1$ となる。講演では本式の詳細と実験による検証結果を報告する。

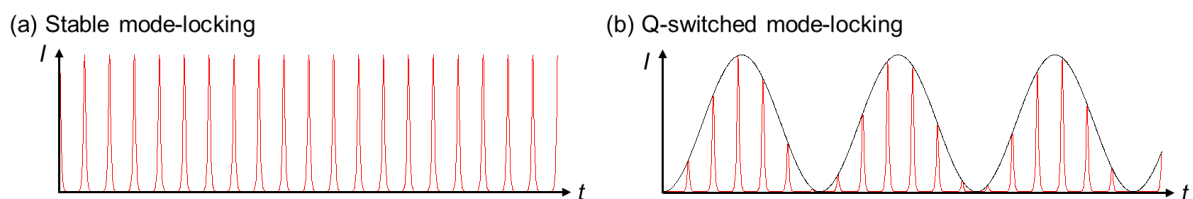


図 1 (a) Schematics of stable mode-locking. (b) Schematics of Q-switched mode-locking.

[1] S. Kimura *et al.*, *Optica* **6**, 532 (2019).

[2] 木村祥太 他, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会 21a-E203-6, 北大札幌キャンパス.

[3] H. Haus, *IEEE J. Quantum Electron.* **12**, 169 (1976).