誘導ラマン散乱を用いた広帯域モード同期レーザー

Broadband mode-locked laser assisted by stimulated Raman scattering

東大物性研 [1], ○木村祥太 [1], 谷峻太郎 [1], 小林洋平 [1]
ISSP, Univ. Tokyo[1], Shota Kimura[1], Shuntaro Tani[1] and Yohei Kobayashi[1]
Email: s-kimura@issp.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】

モード同期レーザーのパルス幅を短縮することは物性研究や新規光源開発において大きな役割を果たす。モード同期レーザーで実現可能なパルス幅はレーザー結晶の発光利得帯域で制限されており、2008 年以降モード同期レーザーの最短パルス幅は進展していない。この現状を打破するために共振器内で利得帯域を拡大する手法が実現できれば、パルス幅短縮の強力な一手となり得る。我々のグループでは高い Q 値を有する $Yb:CaGdAlO_4$ カーレンズモード同期レーザーにおいて、レーザー結晶の発光利得帯域を超えるスペクトルの拡大を観測し[1]、またパルス幅 22 fs を実現した[2]。今回理論的解析からこのスペクトル拡大の要因が誘導ラマン散乱であることを見出し、また本現象を複数の材料で確認したので報告する。

【実験】

図 1(a)にモード同期レーザーのスペクトル、$Yb:CaGdAlO_4$ の発光利得とラマン利得を示す。中心波長 1050 nm のピーク(P_m)は一般的なモード同期レーザーのピーク、1110 nm のピーク(P_k)はケリーサイドバンドと考えられる。発光利得の小さな波長で 2 つのピーク(P_{s1}, P_{s2})を確認した。4 つの特徴的なピークに対する出力強度のポンプ光強度依存性を図 1(b)に示す。モード同期の基本ピーク(P_m)は典型的な飽和特性を示した。新たに出現したピーク(P_{s1}, P_{s2})は、あるしきい値でポンプ光強度に対して線形な振る舞いを示した。このように発光利得の無い波長で線形に立ち上がる振る舞いはラマンレーザーの出力特性と類似している。我々は Haus らにより構築されたモード同期レーザーの理論[3]に誘導ラマン散乱の効果を取り入れることで、この振る舞いを説明することに成功した。講演ではこの理論的解析の詳細について議論する。また異なるレーザー結晶に対して得た結果についても報告する。本結果はモード同期レーザーの利得帯域を拡大し、超短パルスを生成する新たな手法として誘導ラマン散乱が有用であることを示す。

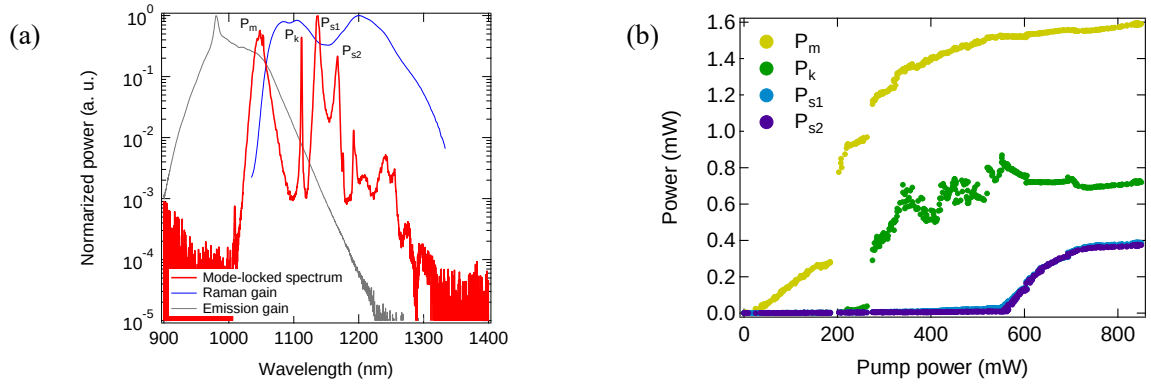

図 1(a) Optical spectrum of mode-locked pulses (red) with emission gain spectrum (gray) and the Raman gain spectrum (blue).
1(b)Pumping power dependence of output power integrated and calibrated optical spectrum.

[1] 木村祥太 他, 第 78 回応用物理学会秋季学術講演会 6p-S45-17, 福岡国際会議場
[2] 木村祥太 他, 第 65 回応用物理学会春季学術講演会 20a-B301-9, 早稲田大学西早稲田
[3] H. A. Haus et al., J. Appl. Phys. 46(7), 3049-3058(1975).