

ツリウム添加ファイバーによるフェムト秒レーザーの開発

Development of a femtosecond thulium-doped fiber laser

分子研 ○野村 雄高, 藤 貴夫

Institute for Molecular Science, ○Yutaka Nomura, Takao Fuji

E-mail: nomura@ims.ac.jp

波長 $2\mu\text{m}$ から $20\mu\text{m}$ に渡る中赤外領域は精密計測や生物学、医療への応用など様々な分野での応用が見込まれるため、この領域でのコヒーレント光源の開発が注目を集めている。特に、時間幅がフェムト秒 (10^{-15} 秒) 領域にある超短レーザーパルスを用いることにより、超高速時間分解分光のみならず、広帯域に渡るスペクトルを利用した分光や、高強度を生かした非線形分光など多くの応用が見込まれる。特に、周波数コムとしての応用を考えるならばMHz以上の繰り返しを実現する必要がある。そのための光源としては、高繰り返しを保ちつつ高出力化が可能なファイバーレーザーを用いるのが適切だと考えられる。

中赤外領域での光源の実現には、赤外の光を非線形結晶によって波長変換する手法が有力である。特に、波長 $5\mu\text{m}$ 以上の領域を達成するにはヒ化ガリウム結晶など、中赤外に透明な結晶を用いる必要があるが、一方でこの結晶は波長 $1.7\mu\text{m}$ 以下の光を吸収してしまうため、基本波としてこれより長い波長の光が必要となる。そこで、我々はツリウム添加ファイバーを用いたレーザーシステムを開発することにした。ツリウムは波長 $2\mu\text{m}$ 近傍で広い発光スペクトルを持っているため、ツリウム添加ファイバーによるレーザー光はヒ化ガリウム結晶に吸収されないだけでなく、広いスペクトル幅を生かして短パルス化が可能であり、非線形波長変換にも適している。

実際に組んだレーザー共振器の概略図を図 1 に示す。レーザー媒質としては長さ 2.5m のシングルモードツリウム添加ファイバーを用いた。それを用いてリング型共振器を組み、CW 発振したチタンサファイアレーザーによって励起した。光の進行方向を一方方向に制限するため、共振器内にはアイソレーターを導入した。また、ファイバーによる負分散を補償するため、回折格子と凹面鏡による簡易的な正分散系を導入することにより、共振器内の分散量を調整した。さらに、 $\lambda/2$ 波長板と $\lambda/4$ 波長板を一枚ずつ入れて共振器内の偏光を制御することにより、非線形偏波回転によってモード同期を試みた。その結果、得られたスペクトルを図 2(a) に示す。なお、出力パワーは 30mW 程度であった。また、この出力のパルス幅を見積もるために測定したフリンジ分解自己相関波形を図 2(b) に示す。この波形より、得られたパルス幅はおよそ 150fs 程度であると見積もられる。

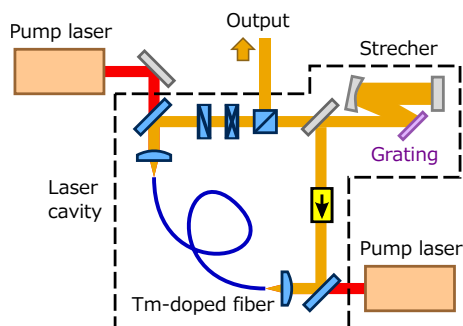


図 1: レーザー共振器の概略図。

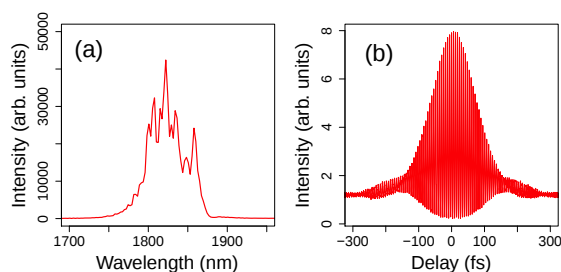


図 2: 共振器からの出力パルスの (a) スペクトルおよび (b) フリンジ分解自己相関波形。