

Yb 添加媒質を用いたカーレンズモード 同期レーザーの開発

戸倉川 正樹

本研究では Yb³⁺添加媒質を用いた超短パルスレーザー光源の開発を行った。Yb³⁺添加媒質を用いた超短パルスレーザー光源は他の超短パルスレーザー光源と比べて多くの利点を有する。Yb³⁺イオンは市販の高出力 InGaAs 系レーザーダイオード (LD) による直接励起が可能であり、容易に高効率な励起用高出力光源が得られる。また量子欠損が 10%以下と非常に小さく、さらに量子効率も 1 に近い値を得ることができ、発熱の少ない高効率、高出力なレーザー動作が可能となる。Yb³⁺添加媒質の分光特性や熱機械特性はそのホスト媒質によって強く影響を受け、現在までに多くの Yb³⁺添加媒質が研究開発されている。近年、不均一広がりを持つ Yb³⁺添加媒質と高い Q 値を持った共振器を用いることにより、サブ 60fs 幅の超短パルス発生が報告されている。しかしながらそのような Yb³⁺添加媒質（例えばガラス材料や disordered material）は熱特性や機械特性に欠点を有することが多く、高出力動作は制限されてしまう。さらに短パルスを得る為に、共振器の取り出し鏡の反射率を出力最適化条件の値よりも高くし、共振器全体の Q 値を高めている場合が多く、一般的に出力は 100mW 以下、光変換効率も 10%以下と制限されていた。

本研究では安価な LD による直接励起、熱特性および機械特性に優れた一層の高出力化に対応できる利得媒質(主として Yb³⁺ : Re₂O₃, Re=Y,Lu,Sc)の利用という条件の下、カーレンズモード同期、複合利得媒質モード同期レーザーなどの技術を利用することにより、高効率、高出力サブ 100fs Yb³⁺添加超短パルスレーザー光源の開発を行った。

はじめに Z 型の非点収差補正共振器を構築し、半導体可飽和体ミラー (SESAM) を用いた SESAM モード同期をおこなった。分散補償には SF10 プリズム対を用い、実験的にパルスが最短となる最適な分散補償長を選択した。このとき得られた最短パルス幅マルチパルス発振への移行により制限され、200 fs 程度であった。次により短いパルス幅を得るためにカーレンズモード同期共振器を構築した。カーレンズ効果により深い変調を与えることにより、最適な取り出し効率の共振器から超短パルス光を得る事を可能とし、高効率に 80 fs 以下のパルス幅で 1 W 以上の平均出力を得ることに成功した。このとき broad-stripe LD (BLD) 励起という条件のもとカーレンズ効果による利得変調効果が最大となるように、BLD の fast axis のみが連続発振状態において不安定条件に近くなるよう共振器を設計した。さらに一層の短パルス化を進めるために異種の Yb³⁺添加利得媒質を同一共振器内で用い、実行的な利得帯域幅を広げた複合利得媒質カーレンズモード同期レー

ザーの開発を行い、53 fs のパルス幅で 1 W 以上の平均出力を得ることに成功した。また上述の共振器内でのカーレンズ効果によるビーム径変化の計算を行い、カーレンズ効果の大きさ及び共振器条件依存性を数値的に評価した。次に利得媒質の飽和競合効果に基づいて、超短パルス発振時に CW 発振成分を抑制する為に必要とされる共振器内損失変化量、およびビーム径変化量の必要条件に関する計算を行い、上述のカーレンズ効果の重要性を数値的に再提示した。今後の展望として、上記計算をもとに更なる高出力化についての考察をおこなった。また我々の研究室はここ数年来新しいレーザー媒質形態としてセラミック媒質を提唱しており、本論文においても種々のセラミック媒質および単結晶媒質を用い、セラミック媒質が超短パルスレーザー光源において単結晶と同様に利用可能であることを実証した。