フェムト秒ディスクレーザの紹介と今後の展望

イエナオプティック・ジャパン株式会社　矢野泰則

短パルスレーザといえば、産業用レーザとして近年注目されている。ピコ秒レーザにおいては、これまでの5年間で産業用途として成熟に至っているのではないかと考えられている。昨今においては、ピコ秒よりもさらに短いパルス幅のフェムト秒レーザが注目を集めているが、これは産業分野のみならず、医療分野や計測、研究用途等の理化学分野からも注目を集めている。これは、パルス幅が短くなることで、今まで出来なかった分子レベルでの反応や細胞レベルでの生体観察が可能となったからである。現在もフェムト秒を使用した新たなアプリケーションを求めて各企業や、研究機関では研究が進められている。

では、フェムト秒とはどのような時間なのであろうか。フェムト秒とは、1/1千兆秒。これは、光が0.3μmしか進めない時間であり、理化学用途で使用されるフェムト秒レーザは、観察用の光源として使用される事が多い。いわゆる、カメラでいうストロボの役割をフェムト秒レーザが担う事である。これを利用することにより、物体の分子レベルでの物性や、細胞レベルでの生体の観察をする事が出来る。

図1　JenLas Disk D2fs

次に、短パルスレーザについてであるが、独イエナレーザ社（JENOPTIK Laser GmbH）のフェムト秒レーザを参考に紹介していく。イエナオプティック社では、短パルスレーザとしてフェムト秒レーザの製造、販売を行っている（**図1**）。本レーザは、フェムト秒ファイバレーザをオシレータとして使用し、レーザ結晶としてはディスク状のYb:KYWの結晶を使用したディスクレーザタイプのフェムト秒レーザ（**図2**）。

レーザ結晶をディスク状に薄くする事で冷却効率を上げ熱影響を減少させ、高出力時においても優れたビーム品質を保持する事が出来る。他には、高出力を得る為にディスクアンプ方式を採用したり、フェムト秒のレーザパルスを得る為にパルスコンプレッサーを使用している（**図3**）。

レーザの仕様は、

- 波長：1025nm、512.5nm（オプション）
- 平均出力：> 5W
- 繰返し周波数：100～500kHz
- パルスエネルギー：40μJ@≦125kHz、10μJ@500kHz
- パルス幅：< 400fs
- M^2：< 1.25

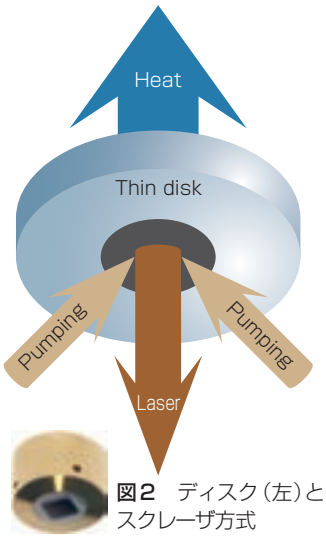

図2　ディスク（左）とディスクレーザ方式

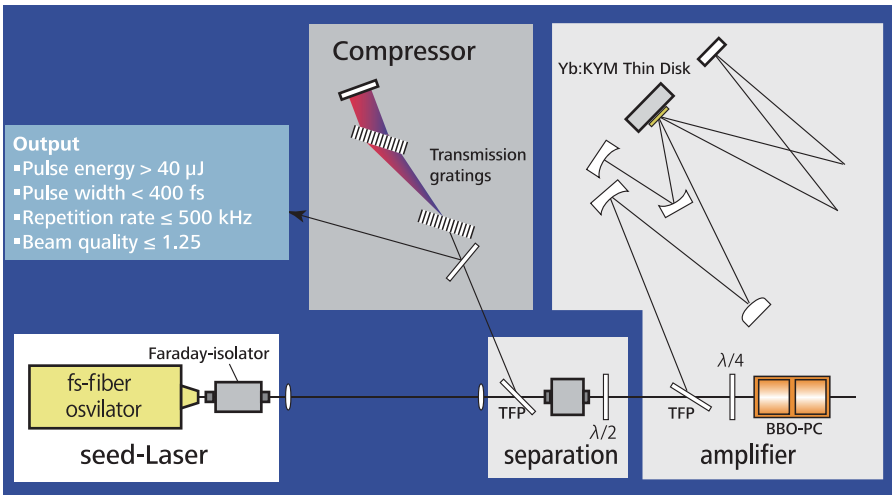

図3　レーザ内部構成

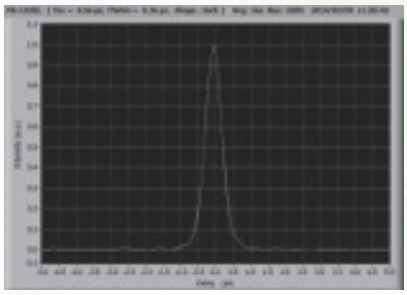

図4　すその少ないパルス波形

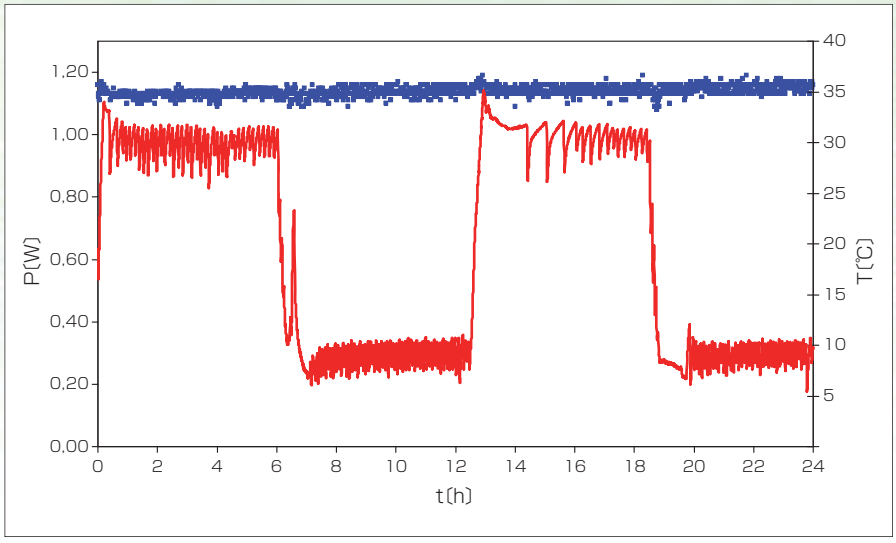

図5　出力 vs 周囲温度変化

特長

・優れたビーム特性、安定したパルス幅
・高平均出力、高パルスエネルギー
・高信頼のThin Disk技術を採用
・コールド精密微細加工
・完全PC制御による安易な操作性
・すその少ないクリーンな波形(**図4**)

アクセサリの第二高調波発生モジュールを使用することで、波長512.5nmのグリーン光を獲得することが出来るこのモジュールは、とても高い光変換効率を持っており、その変換効率は約48%である。基本波の1025nmに加え、512.5nmの光も使用することもでき、幅広い研究用途への応用が可能。通常のピコ秒レーザも含めた短パルスレーザは、とてもセンシティブな構造なので少しの振動や周囲温度の影響をとても受けやすい。イエナオプティック社のフェムト秒レーザは産業用途に耐えうる堅牢な作りとなっており、周囲温度の変化や振動にも影響されず、安定感のあるレーザ発振が可能(**図5**)。

周囲温度を変化させた時のレーザ出力の安定性を計測している(**図6**)。周囲の温度変化（約10℃から約35℃で温度を振っている)に影響されずに安定したレーザ発振を続けていることがわかる。衝撃、振動テストは、次のようなISO規格に準拠した条件にて行っている。

・Single shock:50g/3ms
（ISO9022-3-30-05-01）
・Multiple shock:10g/6ms
（ISO9022-3-31-01-1）
・Topping:25mm to all edges
（ISO9022-3-32-01-1）
・Mechanical noise:20…
2000Hz/0.01g2/Hz
（ISO9022-3-37-22-1）

イエナオプティック社のフェムト秒レーザは工業用途向けに使用することも視野にいれているため、振動試験や温度試験に合格出来る堅牢な設計を行っている。理化学用途においても、今後は室温変化耐性や、振動耐性についてさらなる改善が要求されるものと考えられる。また、理化学用途において高い出力安定性や、高ビーム品質が求められているが、ディスク方式を採用した本レーザであればそれらの要求を満たす事が可能となる。

短パルスレーザの今後の展望

短パルスレーザに今後求められてくるものとして、高出力化が一つ上げられる。しかし、ただ出力を上げるだけでは意味が無く、ビーム品質や、安定性についても同等、もしくはそれ以上の物も兼ね備えてなくてはならない。

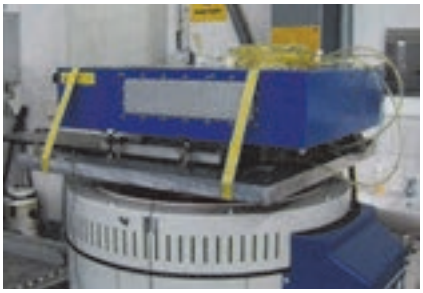

図6　振動･衝撃テスト

出力を上げてしまうと、ビーム品質が落ちてしまうといったトレードオフの関係が一般的にはあるが、それに対しても対策がなされている。今後は、地球環境を考えた新しい素材の開発や、少子高齢化による医療技術の発達が考えられる。その際フェムト秒レーザが使用され、新素材の開発、医療技術の研究に貢献し、それが結果的に社会に大きな貢献を果たす時が来ることを期待している。

会社概要
イエナオプティック ジャパン株式会社
〒224-0053
神奈川県横浜市都筑区池辺町4666
TEL:045-345-0003
FAX:045-345-0013

ILSJ