

# マルチモードファイバによる損傷対策を施したファイバレーザシステムの最適化と加工への応用

岩切 翔吾 高橋 純平 水波 徹  
(九州工業大学 大学院工学府)

## 1 はじめに

本研究で扱うファイバレーザシステム(図 1)とは、受動モード同期 8 の字型エルビウムドープファイバレーザで光パルスを発生させ、この光パルスを光変調器とエルビウムドープファイバ増幅器(EDFA)を用いて増幅させ出力するものである。光変調器では光パルスの切り出しを行う。このファイバレーザシステムをマイクロ加工に応用しようと考えている。

しかし、過度な増幅を行うと、レーザの熱によって光ファイバの出力端面が損傷するという問題が生じる。この問題を解決するため、マルチモードファイバ(MMF)を出力端に融着接続し、温度上昇を防ぐ方法を考えた。また、この手法によるレーザへの影響を調査するため、接続する MMF の長さを変え最適化を図った。

## 2 実験方法及び結果

### 2.1 損傷対策と最適化

損傷対策として図 2 のようにレーザシステムの出力端に MMF を融着接続した。MMF はシステムに使用しているシングルモードファイバ(SMF)と比べコアの直径が大きくなっている。これによって熱の集中を防ぐ考えである。この損傷対策によって、出力端が損傷することは無くなり、EDFA での増幅率を高めることができた。しかし、MMF によってレーザ出力に影響が出ることが考えられた。

次に、MMF の長さとして 100mm、10mm、0.5mm の三種類を準備し、それぞれのレーザ出力への影響を検証した。この時発生させた光パルスの繰り返し周波数は 11.87MHz、ピーク電圧 5.0V、平均出力 5.30mW、パルス幅 818fs であった。この光パルスを増幅させ出力した。表 1 に三種類の MMF を使用した時の出力を示す。最もパルス幅が狭くピークパワーが高いのは 0.5mm の場合である。以上のことから最適な損傷対策 MMF は 0.5mm のものであるとした。損傷対策前と後のレーザ出力を比較すると、ピークパワーは増加しているがパルス幅は少し広がっていた。以下の実験では 0.5mm の MMF を接続した状態でを行った。

### 2.2 マイクロ加工

この測定結果を基に近赤外アクロマティックレンズを用いて五種類の試料にマイクロ加工を行った。本実験ではガリウムヒ素に加工痕を残すことを目標としているが、今回のレーザ出力ではガリウムヒ素に加工痕を残すことはできなかったが、他の試料は加工することができた。また、損傷対策後は加工痕の幅が少し広がっていた。図 3 に比較的わかりやすいテフロン加工結果を示す。

### 3 まとめ

損傷対策を施したことで EDFA を最大規格で使用できるようになったが、パルス幅が少々広がるようになってしまった。これはマルチモードファイバを接続したことでモード分散が発生したからだと考えられる。このモード分散の影響を可能な限り減らすために MMF を短いものに設定した。0.5mm 以上に短いものを作ることができればさらに良くなる可能性があるが、現状作ることはできない。

マイクロ加工においては、加工痕の幅が広がってしまっ

た。これはレーザのパルス幅が広がった影響であると考えられる。しかし、ピークパワーは上がったので、損傷対策前より深く加工することができた。

今後はガリウムヒ素に加工できるようにするため、レーザ出力をさらに高める必要がある。現在のシステムでは今以上の出力を得ることは難しいため、他の増幅器を追加する必要がある。

### 参考文献

- [1] T.Mizunami and A.Ehara, Microelectronic Eng. **88**, pp.2334-2337 (2011).

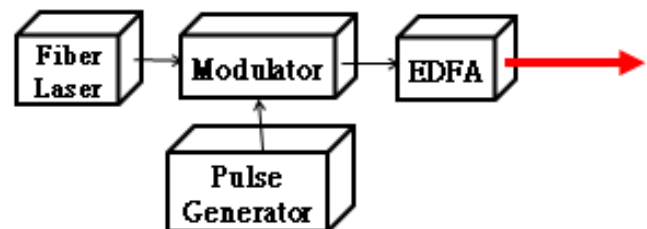


図 1.ファイバレーザシステムの全体図

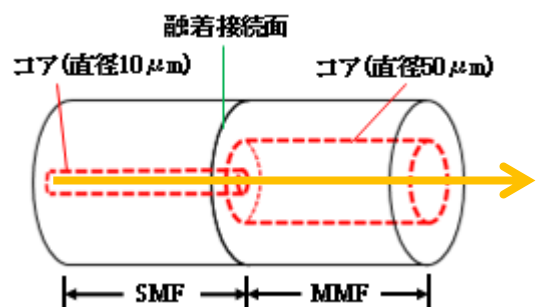
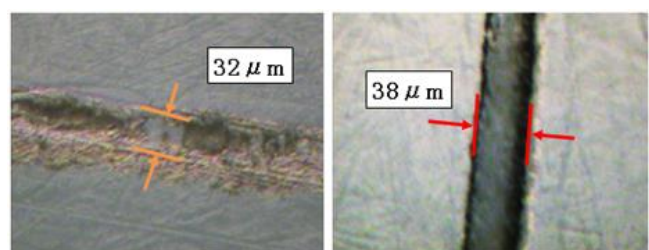


図 2 損傷対策を施した出力端の光ファイバ

表 1.MMF の長さごとのレーザ出力比較

MMF length [mm]	Pulse width [fs]	Peak power [kW]
100	184	77.7
10	167	81.6
0.5	124	109.7



a.損傷対策前 b.損傷対策後  
図 3.テフロン加工結果