

# CO<sub>2</sub> レーザーを用いた Tapered Fiber の作製

電子工学科 植田研究室 杉山和也

## 1、はじめに

テーパファイバーはカップラーやセンサとして使われている。これまで、テーパファイバーを作る時はマイクロバーナーやマイクロヒーターでファイバーを熱して伸ばしていた。しかし、この方法では炎やヒーターからの汚物で汚れたり、制御が困難であるという問題があった。CO<sub>2</sub> レーザーを使うことの利点は、炎やヒーターのように汚物が発生しない。また、その他の利点として、ファイバーが伸びる過程が自己調整されることである。これはレーザー出力が炎に比べて安定であるから、あるファイバ径まで到達すると自動的に温度がファイバーの軟化点に到達しなくなるからである。そこで、制御が容易であるCO<sub>2</sub> レーザーを使ってテーパファイバーを作製した。

研究の目的としてはCO<sub>2</sub> レーザーを使った方法でのファイバ径がどこまで細くなるかを調べ、用途に応じたファイバ径をつくる制御システムを確立することである。

## 2、熱伝導方程式

ファイバーの到達径を予測する為に定常状態での熱伝導方程式 ( (2.1)式 ) を計算した。下図 2.1 がその計算結果である。

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \frac{4H}{dK} (T - T_{air}) + \frac{4\epsilon\sigma}{dK} (T^4 - T_{air}^4) - \frac{q(x)}{K} \quad (2.1)$$

H : 熱伝達率(418.68[W/m<sup>2</sup>K])

K : 熱伝導率(17.206[W/mK]@1700K)

T : 温度[K]

T<sub>air</sub> : 室温 ( 293K )

: 放射率 ( 0      1 )

d : ファイバ径[m]

: ステファン・ボルツマン定数(5.667 \* 10<sup>-8</sup>[W/m<sup>2</sup>K<sup>2</sup>])

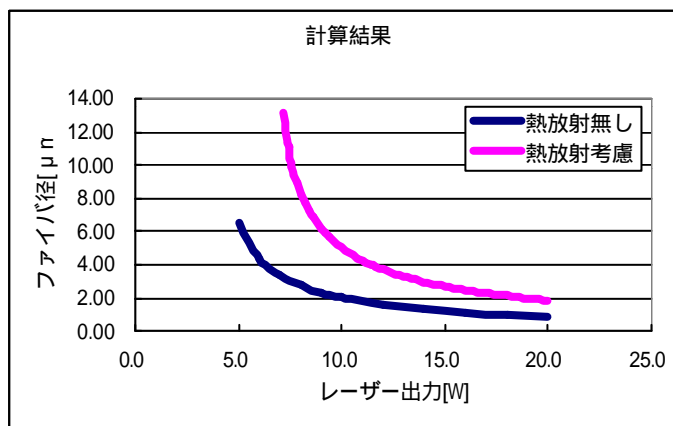


図 2.1 熱電導方程式の計算結果



これは、空気への熱伝導と熱放射がファイバ径に影響されて大きくなっていくからであり、それによってファイバがあたたまりにくくなるからである。

前述した熱伝導方程式の計算結果と実験結果と比べてみると、レーザー出力が高くなったときに（7.2W以上）では一致した値となっている。

図 3.1.4 は最も細くなったときの写真である。図 3.1.4、3.1.5 を見ても明らかなように片面だけの照射ではテーパーファイバの形が対称にはならず、照射側(写真上で下側)のほうが形が急峻である。この問題を解決し、ファイバの形が対称に伸びるように両面から照射をして、実験を行った。

### 3.2 両側照射による実験

#### 3.2.1 実験装置

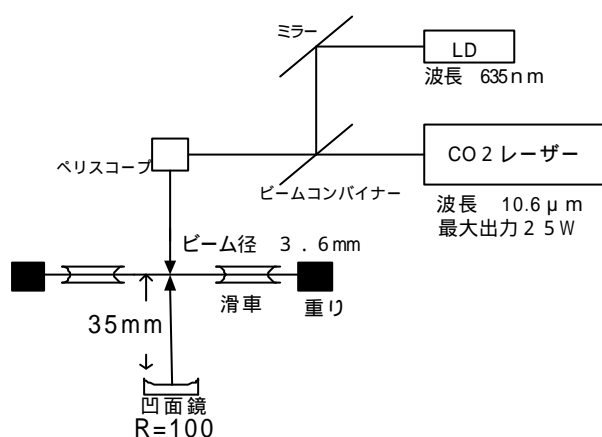


図 3.2.1 両面照射の実験装置

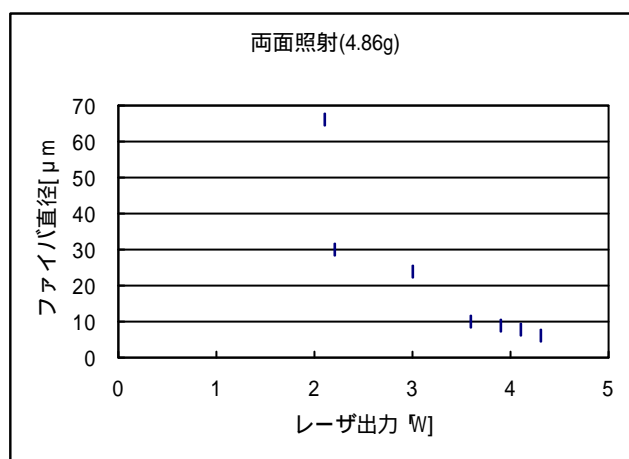


図 3.2.2 両面照射による実験結果



図 3.2.3 テーパーファイバ (両面照射、4.86g)

図 3.2.1 に実験装置を示す。この実験装置で、レーザー出力を上げていながらファイバ径を測定した。

#### 3.2.2 結果と考察

図 3.2.2 に実験結果を示す。また、図 3.2.3 は最も細くなったときの写真である。

両面照射と片面照射の結果を比べると、同じ重りの時では、レーザー出力が違うだけ（4.3W）で最終的な径は共に 8 μm だった。この結果から、ファイバ径は熱ではなく、重り(引張り強さ)によって決まると考えられる。

凹面鏡をおいて両面照射をすることにより、ほぼ対称なテーパーファイバを作ることが出来た。

## 4、透過率測定

### 4.1 実験装置

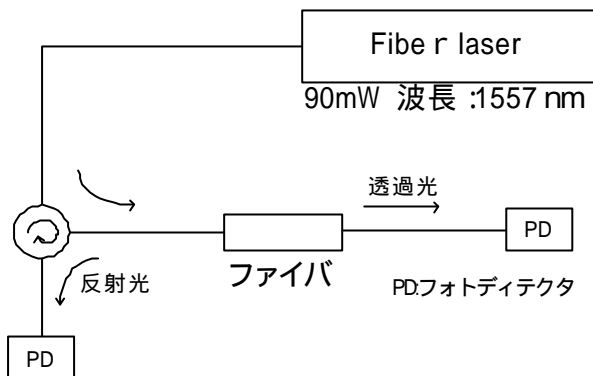


図 4.1 実験図

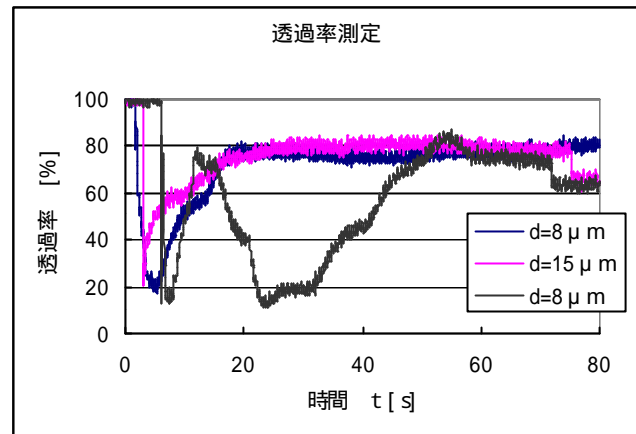


図 4.2 実験結果

図 4.1 に実験装置を示す。サーキュレータを用いることにより、透過光と反射光を測定した。光源には  $1.5 \mu\text{m}$  の LD を用いた。実験では  $\text{CO}_2$  レーザーを照射しながら、透過項と反射光を測定した。また、 $\text{CO}_2$  レーザーは 7W 一定、重りは 4.86 g である。

### 4.2 結果と考察

透過率は 65% から 80% という結果になった。 $\text{CO}_2$  レーザーを照射した瞬間に透過率は急激に下がる、また、 $\text{CO}_2$  レーザーを止めると透過率は変化する。これは、 $\text{CO}_2$  レーザーを照射した時、ファイバの温度が室温 (293K) から 1700K に上がり、またレーザーを止めたときに温度が室温になり、屈折率が変化するからこのような変化が起こると考えられる。またより透過率の高いテーパファイバを作るには形が緩やかなものを作る必要があると考えられる。

## 5、まとめと今後の課題

### 5.1 まとめ

- ・重りとファイバ径  $d$  の関係を測定した。片面照射の実験では重り 10.81g の時は  $d = 14 \mu\text{m}$ 、重り 4.86g の時は、 $d = 8 \mu\text{m}$  が得られた。ただし、ファイバの形は非対称であった。両面照射では重り 4.86g で、 $d = 8 \mu\text{m}$  となった。ファイバの形は対称となった。
- ・透過率の測定をした。透過率は 60% ~ 80% を得た。
- ・光を通しながらファイバを伸ばした所、透過率はファイバの形に依存していることがわかった。

### 5.2 今後の課題

- ・今回の実験では、テーパファイバの長さは考慮せずに実験を行っていた。今後はある程度長いものを作るためにビーム径を大きくする必要があるため、シリンドリカルレンズを使用していく予定である。
- ・透過率を安定させる為にテーパファイバの形について検討していく必要がある。