

# ファイバー伸長による赤外広帯域光の発生

米田研究室 小澤辰光

## 1. はじめに

レーザー光の出現により、非常に輝度が高く、可干渉性、単色性、指向性などの点で、通常光に比べて特性の優れた光源を得た。このレーザーの特性を生かして誘導 Raman 散乱などの非線形効果が容易に実験できるようになった。現在、誘導 Raman 散乱分光法を用いた研究として分子の反応の過程で起こるエネルギー移動による分子構造の超高速の変化を解明するのにとても重要な方法である。これから先、この誘導 Raman 散乱分光法は生物学、化学、そして物理学の発展に大きく影響を与えるだろう。

本研究では誘導 Raman 散乱で使われる広帯域の Probe 光であるスーパーコンティニューム光を発生させる装置を製作し、その効果を検証する。その装置は高出力 CO<sub>2</sub> レーザーを使ってファイバーを加熱延伸させ極端に細くしたテーパファイバー製作できるものとなっている。

## 2. 実験方法

### 2.1 本実験でのファイバーの延伸方法

中が空洞になっているガラス棒を縦に切って D 型にしてその内部を金で蒸着させフォーラム全体に CO<sub>2</sub> レーザーが反射されるようにしている。

本実験はガラス棒の長さを変えることでヒーター部分大きさを変化させファイバーのテーパ部分の構造を変えられる設計になっていて、テーパファイバーの形状によって赤外広帯域光のスペクトルの広がり方を測定することができる仕組みになっている。

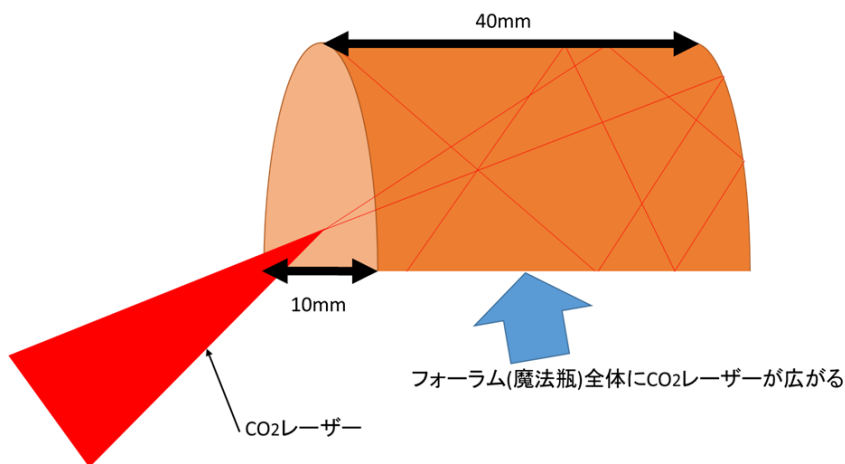


図1 フォーラム内の様子

## 2.2 実験装置

本実験では 40mm のフォーラムのヒーターを使い CW Green レーザーをファイバーに入射させながら実際にファイバーを延伸させ出力された値によってファイバーが耐えられる限界値を観測する。また、コアが  $3\mu\text{m}$  以下になるとスペクトルが広がり始めるので本実験方法で実際にコア  $3\mu\text{m}$  以下なるのかを検証する

実験に使用した装置や光学機器

- ・ CO<sub>2</sub> レーザー: DIAMOND E-400 OEM Laser System
- ・ パワーメーター: ADVABTEST OPTICAL POWER MULTIMETER TQ8215
- ・ ファイバー: THORLABS Fiber Optics HI1060-100

→ファイバー径  $125\mu\text{m}$  コア径  $6\mu\text{m}$  シングルモードファイバー

ヒーター部分の詳細

金の蒸着は全て約  $1000\text{\AA}$  の厚さにしている。

- ガラスの上面に金を蒸着している
- CO<sub>2</sub> レーザーを入射する穴とファイバーを通す穴をあけて、表面に金を蒸着する
- ファイバーを通す穴をあけて表面に金を蒸着する
- 中が空洞のガラス棒を縦に切って内側を金で蒸着する

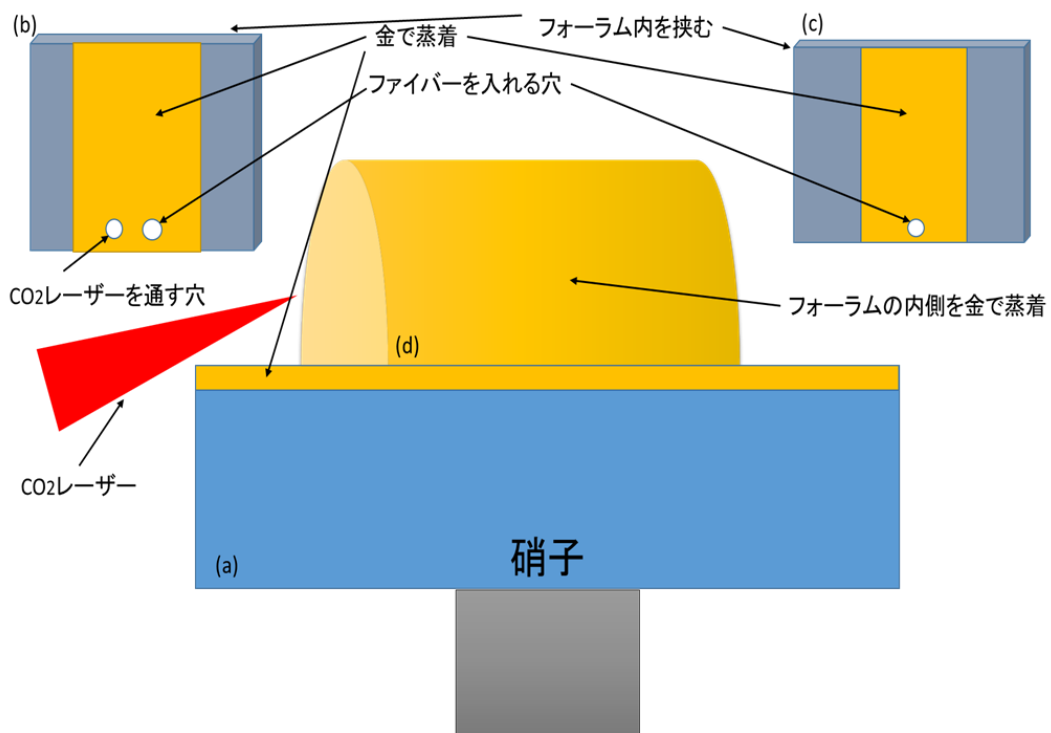


図 2 ヒーターの概略図

## 全体の構成

滑車の構造をとりファイバーを両側から引っ張る構造になっていて、ファイバーの片方は固定し、もう片方に重りをつけ重りの動いた長さでファイバーの伸びた長さを測っている。ファイバーの切れるタイミングがファイバーの伸びた量だけでは分からないので、1mWの CW Green レーザーを一方から入射させ、もう一方からパワーメーターで出力される光を観測しながらファイバーをテーパさせる。

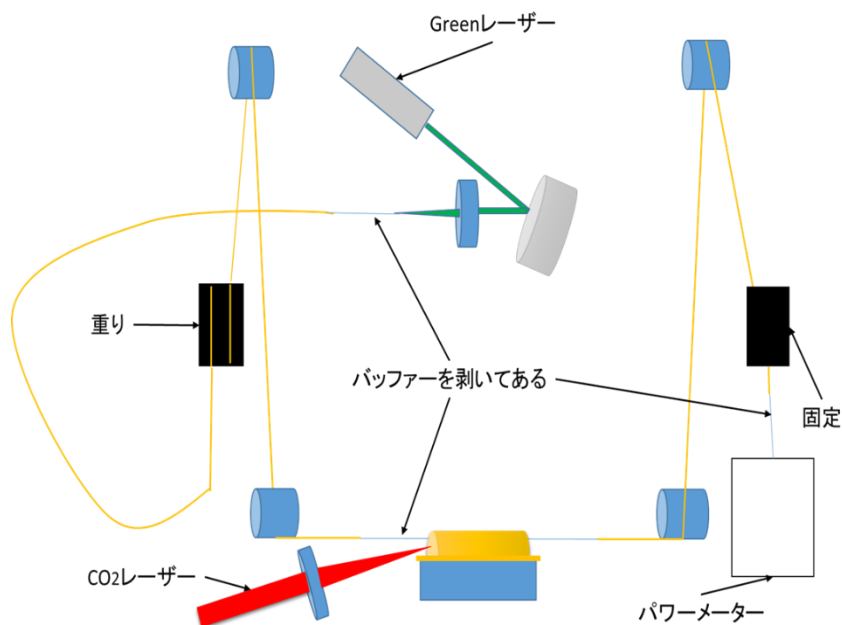


図 3 Green レーザーを入射させながらファイバーを伸ばした構成

## 3. 実験結果

周期 10000.0[ $\mu$ s]パルス幅 600.0[ $\mu$ s]の CO<sub>2</sub> レーザーを出力させ、照射時間 6 秒照射し 20 秒照射しないを繰り返した。重りを 80g にし、16 回目の照射によりファイバーは断裂した。その時のファイバー伸びは 3mm となった。

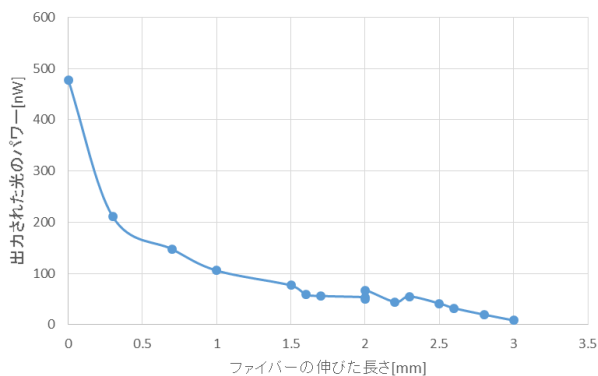


図 4 Green レーザーの出力パワー-伸びグラフ

実験のテーパーされたファイバーは全体で 10mm 程度の範囲で伸びて、伸びが 3mm 程度なのは中心に向かって細くなっているということが分かる。ファイバーが断裂するタイミングとしては、CO<sub>2</sub> レーザー照射前のファイバーを通る Green レーザーのパワーの 2% ほどになる。実験のコアは 33%程度になっていて太さとしては 2.0 $\mu$ m になっていた。また、ファイバー全体でみると 20%程度になっていた。

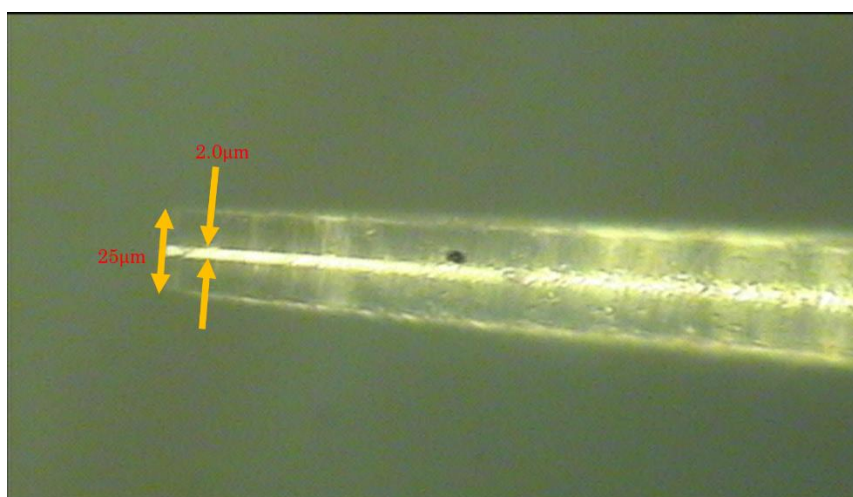


図 5 テーパーされたファイバーの様子

#### 4. 今後の展望

本実験によりコアが 3 $\mu$ m以下となったので赤外パルスを入射したときに出力される光が広帯域化すると予測され、実際に本実験装置に超短パルスレーザーを入射し CO<sub>2</sub> レーザーの入射時間とスペクトルの広がり方を測定し、CO<sub>2</sub> レーザーの照射時間あるいはファイバーの伸びとスペクトルの広がり方を測定する

また、本実験装置はヒーター部分を変えられテーパーファイバーの形状も変えられる設計になっており、どのような形状で最もよくスペクトルが広がりやすいか測定することができる

#### 参考文献

- [1] David W. McCamant, Philipp Kukura, Sangwoon Yoon, and Richard A. Mathies : Femtosecond broadband stimulated Raman spectroscopy: Apparatus and methods(2004)
- [2] Chong Fang, Renee R. Frontiera, Rosalie Tran & Richard A. Mathies : Mapping GFP structure evolution during proton transfer with femtosecond Raman spectroscopy(2009)
- [3] Charles W. Rudy, Alireza Marandi, Konstantin L. Vodopyanov, and Robert L. Byer : Octave-spanning supercontinuum generation in in situ tapered As<sub>2</sub>S<sub>3</sub> fiber pumped by a thulium-doped fiber laser(2013)
- [4] T. A. Birks, W. J. Wadsworth, and P. St. J. Russell : Supercontinuum generation in tapered fibers (2000)
- [5] Dan Oron, Nirit Dudovich, and Yaron Silberberg : Femtosecond Phase-and-Polarization Control for Background-Free Coherent Anti-Stokes Raman Spectroscopy(2003)
- [6] Masayuki Yoshizawa and Makoto Kurosawa : Femtosecond time-resolved Raman spectroscopy using stimulated Raman scattering(1999)
- [7] 花村榮一 : 岩波講座 現代の物理学 8 量子工学(1992)