

CO₂レーザーを用いたテーパー状光ファイバーチップの加工

森永研究室 1610282 齊藤樹征

1. はじめに

現在の光通信システムは第三者による盗聴の危険性を強く内包している。この盗聴への対策として通信情報は数理暗号で暗号化されている。数理暗号は、暗号が素数の組み合わせで作られていて、暗号を解くための計算量を増やし、解読のための時間を増大させることで安全性を保っている。しかしこの安全性は計算量的安全性を根拠にしているため、暗号の解読方法が新たに発見されたり、近い将来に量子コンピューターが更なる発展をすれば盗聴の危険性は更に増大する。そこで量子暗号通信を用いることで計算量による安全性に依存し切らない通信に移行する必要があると考える。

量子通信の実用的な手段の一つとして、単一光子源を光ファイバーの先端に付着させ、単一光子をファイバーに送り込む手法がある。そのためにまずテーパー状の光ファイバーチップの作成を目指す必要がある。理想的な形のテーパー状光ファイバーチップの作成を行えば、断熱条件から光の損失を低減させ、光ピンセットとしての役割を担わせて先端に単一光子源としての量子ドットを付着させることができる。本研究ではそれに先駆けてテーパー状光ファイバーチップの作成を行っている。

2. 実験装置

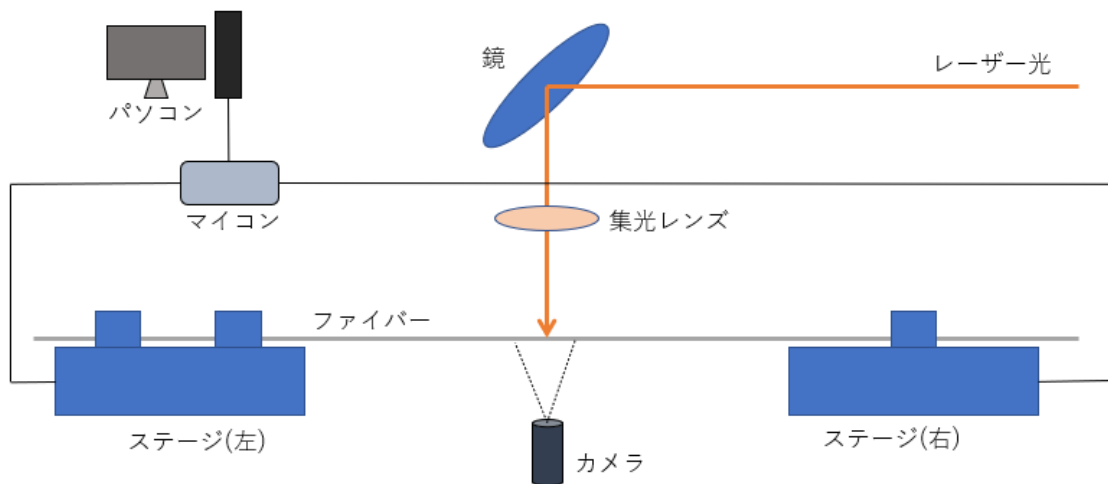


図1：実験装置

ファイバーを固定できる左右のステージを配置し、CO₂ レーザー光を鏡で反射させ集光レンズを通しファイバーに光が当たるように配置する。パソコンでプログラムされた通りに左右のステージを動かす、レーザーがファイバーに熱を与え、左右のステージでファイバーを引き延ばす様子をカメラで確認できるような装置である。

3. 加工方法

ファイバーの加工として、以下の手順で加工を行った。この加工はレーザーの当たる部分を一定の体積変化の領域に留まらせる加工ではなく、片側の動く距離を任意の距離 ℓ 、もう片側の移動距離を 1.2ℓ に固定した。これにより、ファイバーの勾配の角度が緩やかになることを目的としている。片側の移動距離を多くしているのはファイバーの張りを強くしファイバーの加工時の揺れを軽減させるためである。

- ① 光ファイバーを 15cm 程度切り取り、中央 5cm 部分の被覆を剥いだ。
- ② 切り取った光ファイバーを二つのステージに固定した。
- ③ 左右のステージを動かすプログラムを起動し、レーザーを起動しファイバーに照射した。
- ④ 右側のステージを右に ℓ 左側のステージを右側に 1.2ℓ 動かした。この時 ℓ は任意の距離であり複数回試行した。
- ⑤ 右側のステージを左に 1.2ℓ 左側のステージを左に ℓ 動かした。
- ⑥ 以下、8往復分④～⑤を繰り返した。

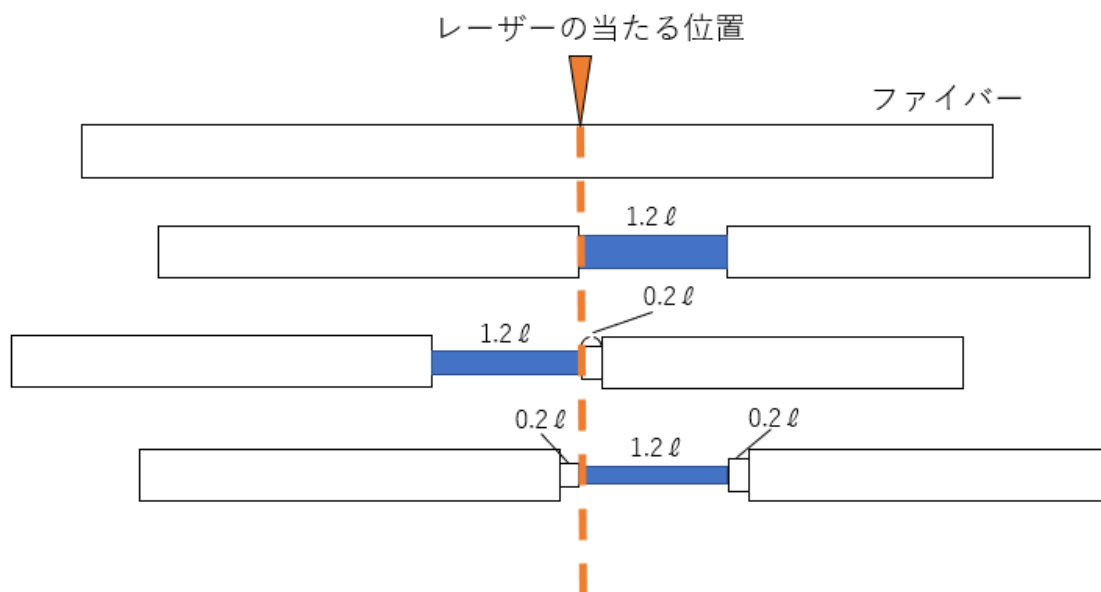


図 3 : 1.2 倍で固定しレーザーを照射する方法

4. 結果

ファイバーの延伸の加工結果は次の図4のようになった。

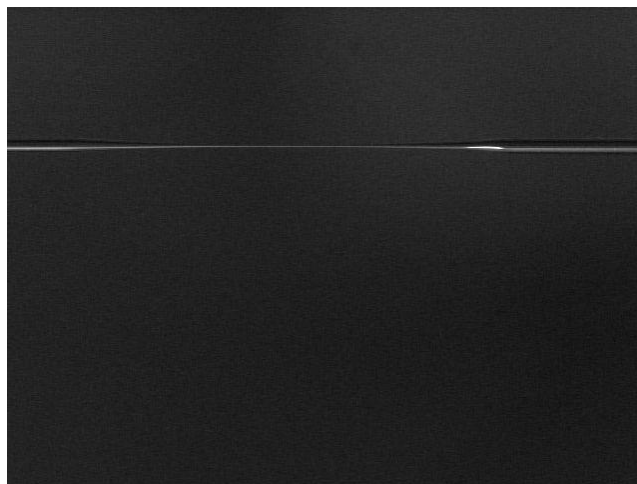


図4：ファイバーの延伸の加工結果

またファイバーの右側からレーザー光を入射し、左側から透過光を測定した結果、加工途中から加工後までの透過光の強度の推移は次の図5のようになった。

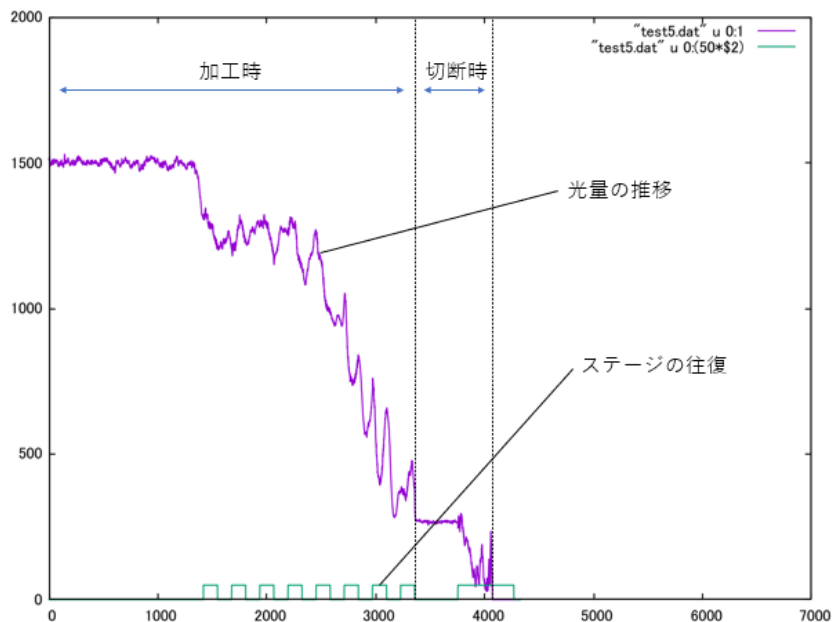


図5：加工中の光強度の推移

図5より、加工後の光ファイバーの光の透過率は約20%となった。また、図3の状態から更にレーザーを照射し熱を加え、左側のステージを肯定し右側のステージのみを右に動かすことにより光ファイバーを切断した。その図が次の図6である。

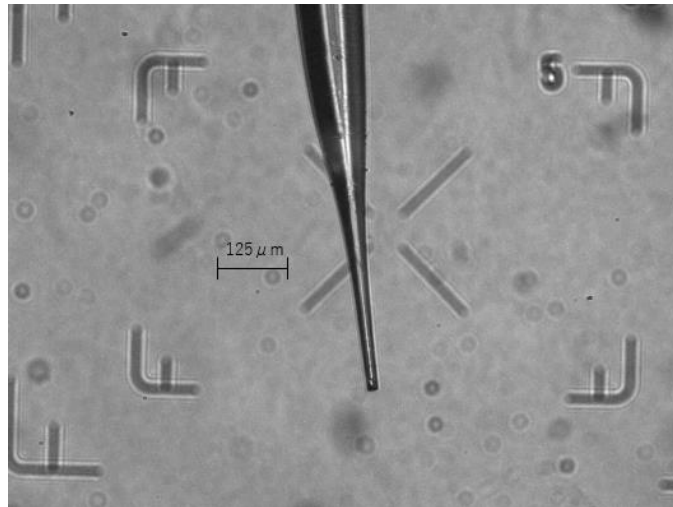


図7：テーパ状光ファイバーチップ

5. まとめ

今回の実験での成果は、ある程度の断熱的な形のテーパ状光ファイバーチップを再現度高く加工できる装置とプログラムを作成できたことにある。今後、更に光の損失が少なくなるように、テーパ状光ファイバーチップの加工後の形を断熱的な形に近づけられるよう修正を加える必要がある。また、オージェ過程とブリッキングを用いて一つの量子ドットから単一光子を繰り返し排出させて実際に観測するのが今後の目標となる。

参考文献

- [1] Mario Krenn, Mehul Malik, Thomas Scheidl, Rupert Ursin, and Anton Zeilinger, Quantum Communication with Photons, *Optics in Our Time*, 18, pp. 455–482 (2016).
- [2] 大草 聖也、修士論文「単一発光体と結合したテーパードファイバーの作成と評価」令和2年1月23日
- [3] 竹村 武士、「ナノ光ファイバーの作成と、それを用いた量子ドット特性評価」平成29年3月10日