

テーパードファイバチップの作製

森永研究室 1710244 駒村 佑

・背景

光ファイバーは1950年に工業化が始まり、現在では伝送路の他にも様々な用途で普及している。現在の社会で利用されている光ファイバーによる公開鍵暗号方式では第三者からの盗聴に気づくことができず、セキュリティの堅牢度が数学的推測に依存している。しかし、量子コンピュータは計算速度が大幅に発達したため現在とは異なる通信方法の発見を余儀なくされた。この新しい通信方法として光子を用いた量子暗号通信が提案されている。[1]

量子暗号通信という通信技術は光子一つが情報を持ち、量子状態を保ったまま伝送される。単一光子は観測行為により量子状態が変化する性質を持っており、その変化を検知することにより第三者からの盗聴を防ぐことができる。我々はこの単一光子の伝送路である光ファイバーに伝送することを目的として行っており、そのための手法としてファイバー先端に単一発光体を結合させるため、光ファイバーの先端をテーパ状に加工したテーパードファイバチップの作製を行っている。また、本実験では理想的なファイバー切断用の切断機を新しく作製し、試用した。

・原理

テーパードファイバーとは光ファイバーを加工して先端を先細りさせた形状のファイバーである。形状を先細りさせることにより先端付近ではコアが極細化するため、この部分ではクラッドがコアの役割を果たし、空気または真空がクラッドの役割となる。テーパードファイバーの模式図を図1に示す。

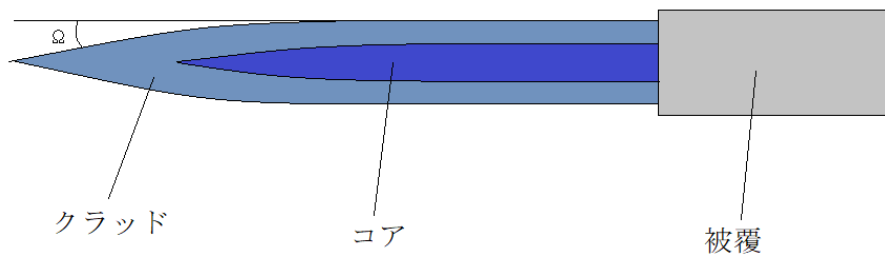


図1 テーパー状光ファイバーの形状

・実験方法と結果

ファイバー加工に用いた装置の概略図を以下の図2,3に示す。

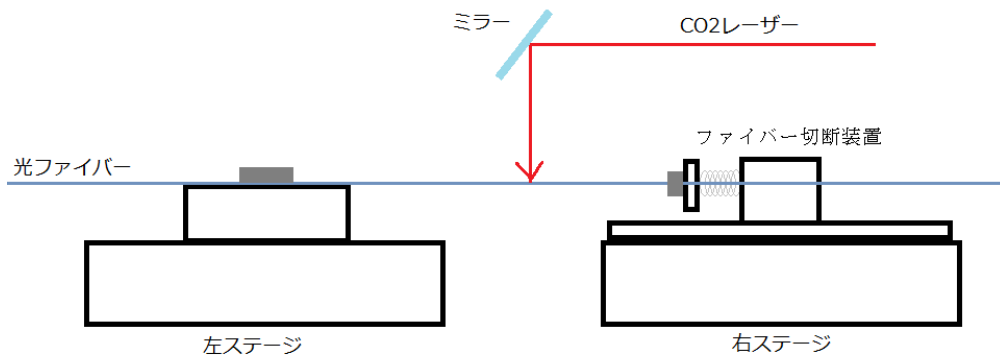


図2 ファイバー加工装置の模式図

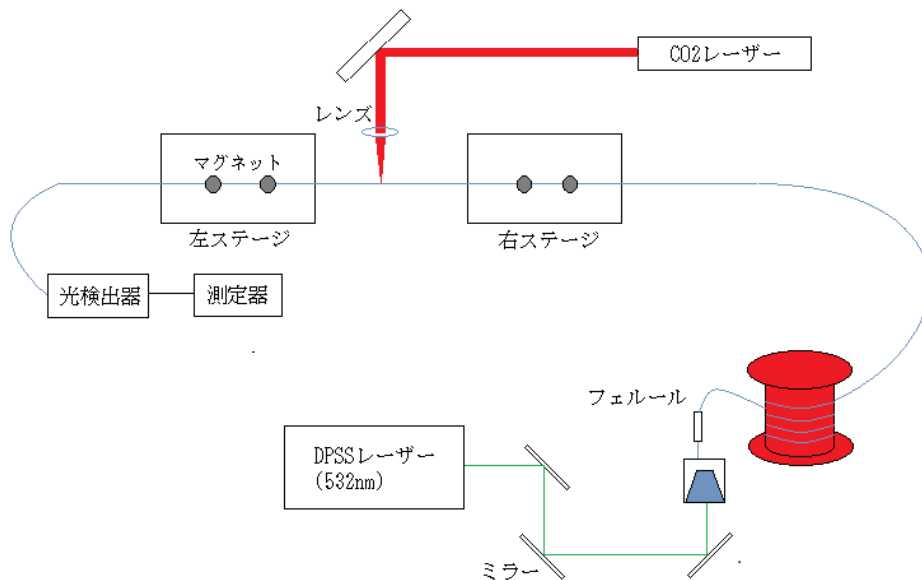


図3 透過光強度測定装置

右ステージのファイバー固定部分を新しく作製したファイバー切断装置で固定した。

ファイバー切断における実験結果を以下の図4,5示す。図4ではCO2レーザーの加熱により切断を行っていたのに対し、図5では延伸後時間を置いてからファイバー切断装置で急速に引き延ばすことで切断した。

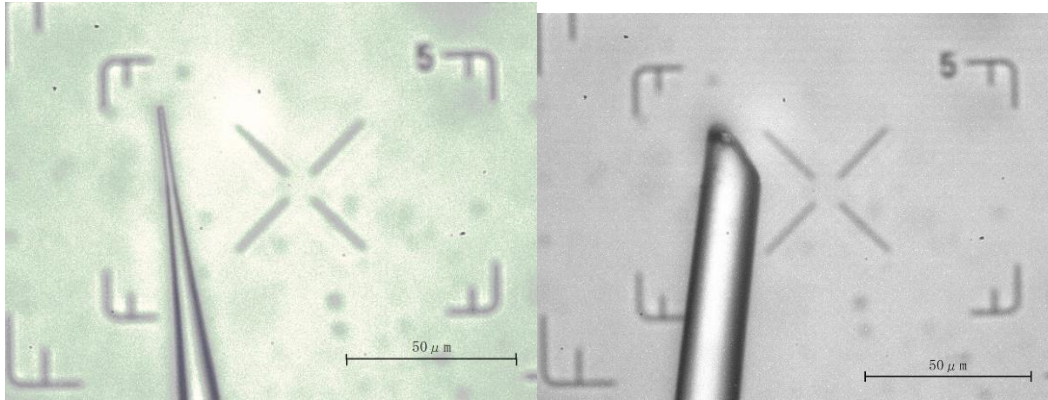


図4. 延伸により切断したもの

図5. ファイバー切断機で急速に引っ張ったもの

ファイバーチップ先端の直径を計算すると $2\mu\text{m}$ 程度であることが分かった。 $1\mu\text{m}$ が理想の細さであるので、より先端を細くする必要がある。そのため、ファイバー切断機で急速に引っ張ることでさらに細く加工することを目論んだが、実際には図5のような無理やり引きちぎったかのような形になってしまった。これは、延伸後に時間を置いたためファイバーの熱が完全に逃げてしまったからであると考えられる。今後は、CO₂レーザーで加熱しながらファイバー切断機を作動させるか、延伸後すぐにファイバー切断機を作動させるプログラムを作り、実行するべきである。

次に、透過率測定の実験結果をまとめる。図3のような装置を用いて透過光強度を行った。強度測定におけるステージ動作を以下の図6に示す。

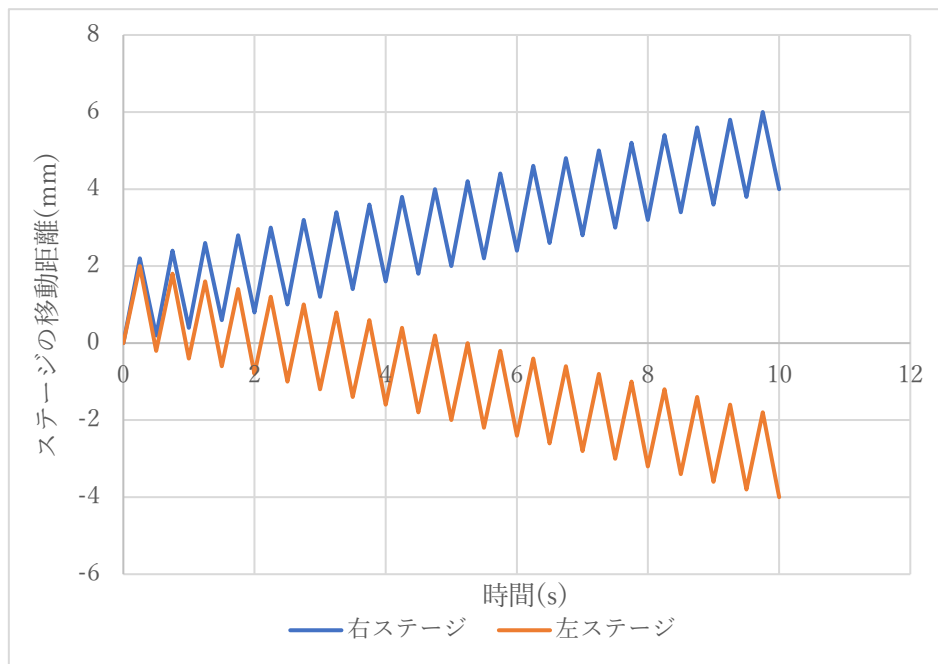


図6 ステージ動作

1 往復 0.5 秒でステージを同じ方向に往復させる。進行方向側のステージ速度を 1.1 倍にすることでファイバーを延伸させた。ここでは 20 往復行った。このステージ動作での測定結果を以下の図 7 に示す。ただし、グラフを見たときのステージ動作を分かりやすくするために、両ステージが右に移動しているとき 1 となるように設定し、透過光強度と同時に表示できるようにした。

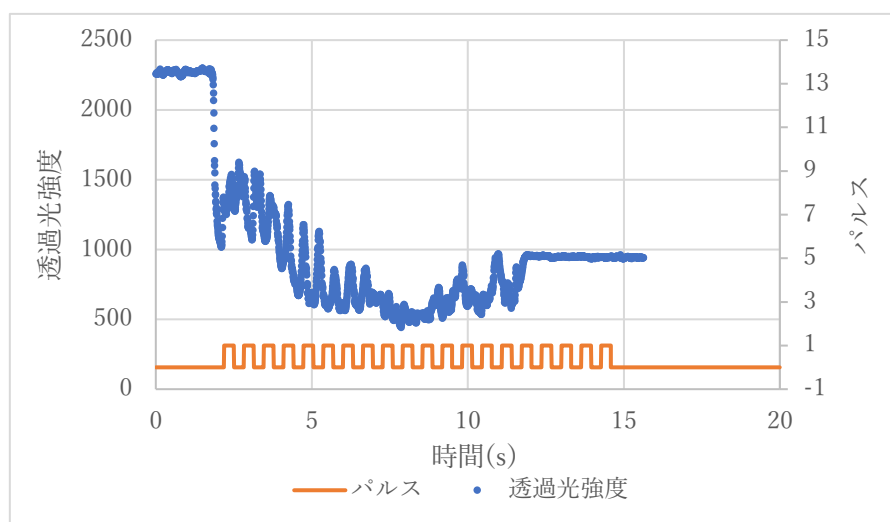


図 7 透過光強度の測定結果

以上から透過率は 41.7% という結果を得ることが出来た。また、このグラフからステージが右移動しているときに透過光強度が下がる傾向にあるということが分かる。これは、ファイバーの固定を手動で行っているため、手作業による精度の低下があったのではないかと考えられる。また、新しく作製したファイバー切断機で右側を固定していたため、ステージの移動軸がファイバーと並行ではない可能性があると考えられる。これには再度調整が必要である。

・結論と展望

ステージが右移動しているときに透過光強度が下がる傾向にあるということが分かる。したがって、ステージだけに問題があるのではなく、ファイバーの固定を手動で行っているため、手作業による精度の低下があったのではないかと考えられる。また、新しく作製したファイバー切断機で右側を固定していたため、ステージの移動軸がファイバーと並行ではない可能性があると考えられる。これには再度調整が必要である。

・参考文献

[1]卒業論文「単一光子伝送実現のためのテーバードファイバーの作製と評価」相馬康人 情報理工学域 物理工学プログラム 令和 2 年度