

光ファイバ屈折率センサの小型化へ向けた検討

1220136 原口 菜々美 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

1. 研究背景・目的

現在、世界中で感染が拡大している新型コロナウイルスの検査方法にPCR検査がある。PCRとはポリメラーゼ連鎖反応(polymerase chain reaction)の略称で、感染者の鼻咽頭から採取した粘液中のウイルス遺伝子を増幅させて検査を行っている。また2001年に人類最大の感染症として歯周病がギネスに登録されている。歯周病は自覚症状がないまま進行してしまうことが多く、早期発見のため唾液を用いたスクリーニング検査が行われている。歯周病唾液検査は希釈した唾液中のヘモグロビンや乳酸脱水素酵素の濃度を測ることによって検査が行われている。この2つのような少量の体液を用いる感染症検査について光ファイバセンサでの代用が可能ではないかと考えた。

本研究では、濃度測定が可能な光ファイバ屈折率センサを少量の液体にも使用できるように小型化すること、また小型化したセンサの精度を確認することを目的とする。

2. 製作したセンサの原理

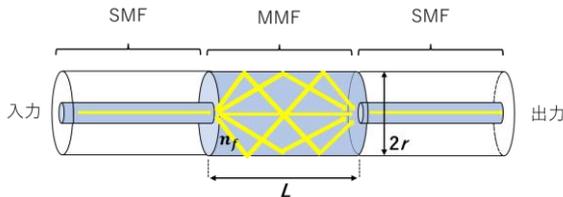


図1 マルチモード干渉(MMI)構造のセンサ

被覆を剥いたコアレスマルチモードファイバ(CMF)を2本のシングルモードファイバ(SMF)の間に融着し製作した。マルチモードファイバ(MMF)内の干渉波長 λ は式(1)で得られる。

$$\lambda = \frac{4n_f r^2 m}{L} \quad (1)$$

CMFを使用することでMMF内のモード分散だけでなく、光が全反射して進むときに低屈折率側の物質に染み出すエバネッセント光[1]も利用できる。

3. 実験

MMF=60, 55, 50, 40, 30, 20, 10, 5, 1 (mm)の光ファイバセンサを製作した。それぞれのMMF長で空気中と水中での干渉スペクトルを測定し、任意の波長で空気中の干渉スペクトルに対し水中の干渉スペクトルがどれほどシフトしているかを確認した。図2に実験系を示す。

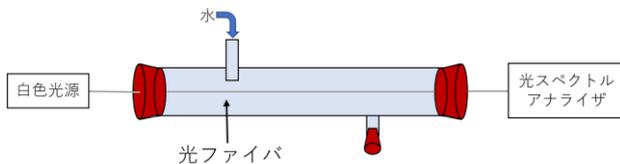


図2 実験系

センサを通したガラス管を固定し空気中の干渉スペクトルを測定したのちに精製水を入れ、水中の干渉スペクトルを測定した。

4. 測定結果

図3に実験結果を示す。

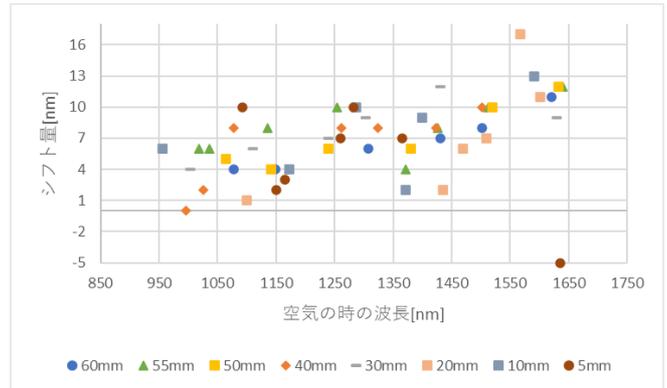


図3 実験結果

図3をより、長波長側でシフト量が大きく、短波長側でシフト量が小さい傾向が見てとれた。MMF=1(mm)の時は干渉スペクトルが確認できなかったため載せていない。

5. 考察

結果についてエバネッセント光によりMMFの見かけ上の半径が大きくなったためではないかと考えた。エバネッセント光の染み出しの長さ d_p (nm)は式(2)で得られる。

$$d_p = \frac{\lambda}{4\pi\sqrt{(n_{core})^2 \sin^2 \theta_i - (n_{clad})^2}} \quad (2)$$

式(2)の n_{core} にMMFの屈折率1.46を、 n_{core} に空気または水の屈折率1または1.33を代入して得られた d_p を式(1)の半径にたしてエバネッセント光を考慮した波長シフト量の理論値を図4に示す。

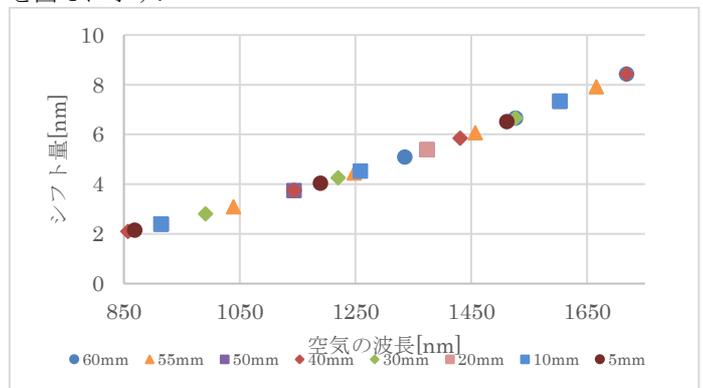


図4 エバネッセント光を考慮した波長シフト量の理論値
図4より、MMFの長さに関係なくシフト量は一直線上にあることがわかった。またエバネッセント光を用いた考察が正しいこと、MMFの長さによってシフト量は大きく変わらないことも分かった。

6. まとめ・今後

センサとして有効なのはMMF=5(mm)までだった。エバネッセント光により長波長側でのシフト量が大きくなることが分かった。また図4より、MMFの長さでシフト量が変化しないことも分かった。

今回の研究では水と空気のみでの比較であるため溶液の濃度変化でも干渉を確認していきたい。

7. 参考文献

[1]Carlos A. J. Gouveia, Jose M. Baptista and Pedro A.S. Jorge, "Current Developments in Optical Fiber Technology", Intech Open, pp.345-374, 2013

