

光ファイバを使用したデバイス

(株)フジクラ 光エレクトロニクス研究所
真田 和夫

Optical Devices Using Optical Fiber Components

Kazuo Sanada

Fujikura Ltd., Opto Electronics laboratory

Abstract

A review is presented of fiber optics sensors and fiber optics systems. As for fiber optics sensors, simultaneous measurement of strain and temperature using fiber grating is described and also presented fiber optics optrodes for chemical sensing. On the other hand, regarding fiber optics systems, Er doped fiber laser using fiber grating and all-fiber femtosecond-pulse amplification circuit using in-fiber chirped Bragg gratings are presented in this paper.

1. はじめに

ファイバ型光部品を基本として構成されている各種デバイスについて述べる。ファイバ型光部品は光ファイバとの接続が容易であるという大きな特徴をもっているほか、長い距離に渡って伝搬光と材料との相互作用を生じさせることが出来るため、受動光部品だけでなく非線形光学効果を応用した能動部品としても注目されている。ファイバ型受動光部品としては方向性結合器(ファイバカップラ)、ファイバ型偏光子、ファイバ型偏波制御素子、ファイバ型光波長フィルタなどがあり、一方、ファイバ型非線形光部品としてはファイバ型光増幅器、ファイバレーザー、光ソリトン素子、ファイバ型光パルサー、ファイバ型光波長変換素子等がある。光部品にはファイバ型の他にバルク型と薄膜導波路型があり、バルク型光部品はミラー、ハーミ

ラー、プリズム、光学結晶板およびそれらを組み合わせて構成される光部品であり、導波路型部品は平面基盤状にガラス、半導体、光学結晶などの素材により光導波路を作製したものである。これらはそれぞれ長所短所を持っており使用状況に合わせて光ファイバ通信系や光ファイバセンサに用いられている。ここでは、ファイバンプ、ブラッグ回折格子等進捗が著しいファイバ型部品の使用例および検討例について述べる。

2. 光ファイバセンサ

光ファイバの出現以来、多くの光ファイバセンサが生まれ、また育った。現在までに開発あるいは市場に導入されている光ファイバセンサの測定対象を表1に示す(1)。1994年における世界中の光ファイバセンサの使用内訳は温度センサ、光電センサ、圧力センサの3分野で約50%を、化学センサと液面センサで20%を占め、残

Table 1 Measurands

Temperature
Pressure
Flow
Liquid Level
Displacement
Acceleration
Force
Turbidity
Gas
pH
Dissolved Species
Dissolved Gases
Miscellaneous

りの20%は23種類の異なるセンサで占められると言われている(2)。ファイバブラッググレーティングを用いた歪みセンサは最近多数例報告されているが、歪みセンサの場合は温度を、温度センサの場合は歪みを補正するために種々の工

夫がなされている。

図1には最近報告(3)された異なる波長をスーパーインポーズしたファイバブラッググレーティングを用い歪みと温度を同時測定する実験系を示す。これは photoelastic と thermooptic 係数が波長依存性を示すことを利用したものである。

ケミカル用のファイバセンサは、ファイバの先端部に蛍光指示薬を塗布し、その蛍光強度変化を測定することによりセンシングが行われている。図2は血液中のpH、pCO₂、pO₂を同時に直接測定するプローブであり、ファイバ径125 μmのものが3本内蔵されており、プローブ径は0.65mmである(4)。pH、pCO₂にはインディケイターとして1-hydroxypyren-3,6,8-trisulfonate (HPTS)が用いられ、pO₂にはtris(2,2'-bipyridyl) ruthenium (II) dichloride (RTDP) が用いられている。

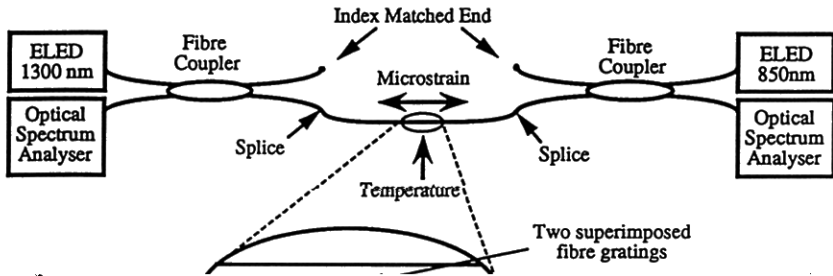


Fig.1 Experimental set using two superimposed fibre graings

up of simultaneous measurement of strain and temperature using two superimposed fibre graings

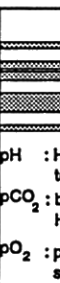
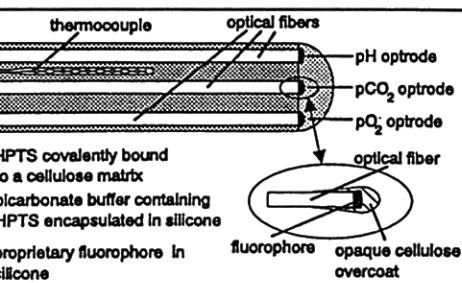


Fig. 2 Simultaneous detection of pH, pCO₂ and pO₂ in human blood.

3. 通信用光ファイバ型部品

光ファイバの伝送容量は数メガより始まり現在数ギガが実用化されており、実験的には 100 Gb/s の伝送も行われている状況である。更に、将来のワールドワイドな計画としてテラビット通信の模索も始まっている。ここではテラビット通信に使われる光源として最近話題になっているファイバレーザおよびフェムト秒パルスのファイバンプについて述べる。

ファイバ長の短縮化を図るため高濃度 E_r ドーピングによる短共振器化は可能であるが、 E_r のゲイン幅は 30nm もあるためファイバ長の短縮化だけで単一モード化することはなかなか困難であった。そこで図 3 に示すような複合共振器を用いることが試みられた(5)。つまり E_r のドーピングを高濃度とし、ドーピング長 1cm を確保した上で、複合共振器によるモード選択性によって単一モード化を実現した。その発振線幅は 30kHz であり、ポンプ光源としては 0.98 μ m の LD が使用された。図中 G1 ~ G3 はファイバグレーティング、PC は偏波制御を示す。

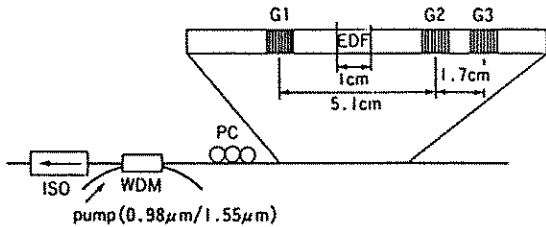


Fig. 3 E_r doped fiber laser using fiber Bragg grating

フェムト秒パルスのファイバンプにおいてはインファイバ チャーフト ブラッググレーティングを用いた効率的なアンプの検討が行われている。これはフェムト秒パルスの幅をアンプする前にチャーフト ブラッググレーティングにより広げ、アンプ後に反対方向のブラッググレーティングを用いて圧縮する方法である。つまり、パルスの波高値を低くすることにより、ファイバの非線形相互作用のしきい値を超える

ことなしに高パルスエネルギーを得ることが出来る。その様子を図 4 に示す(6)。また図 5 には初期のパルス波形と再圧縮した後のパルス波形を示す。使用されたファイバグレーティングの長さは 5 mm であり、反射率は 80% であった。

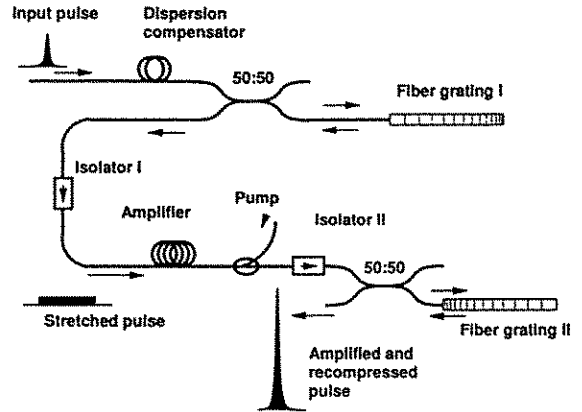


Fig. 4 All-fiber-based chirped-pulse amplification circuit.

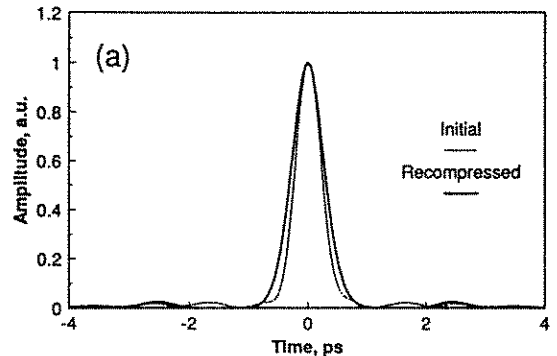


Fig. 5 Autocorrelation traces of initial and recompressed pulses obtained with (a) two chirped Bragg gratings as a stretcher and a compressor

4. まとめ

以上ファイバンプ、ブラッググレーティングなど進捗が著しい光ファイバ型部品のセンサおよび通信系における使用例および検討例について述べた。この分野は世界中の多くの研究者が精力的に行っているため、今後も急激な進歩が予想され、重要な技術として発展していくと考えられる。

参考文献

- 1) F. Baldini, M. Bacci, Proc. SPIE 1172 (1992) 206
- 2) S. D. Crossley, Proc. 10th OFS, Glasgow, October (1994) 249
- 3) M. G. Xu, J. L. Archambaut, L. Reekie, J. P. Dakin, Proc. 10th OFS, Glasgow, October (1994) 191
- 4) M. Brenci, F. Baldini, Proc. 10th OFS, Glasgow, October (1994) 313
- 5) S. V. Chernikov, J. R. Tayloy, R. Kashyap, Optics Letters, 18 (1993) 1274
- 6) A. Galvanauskas, M. E. Ferman, D. Harter, K. Sugden, Proc. OFC95, Sandiego, March (1995) w13

(29頁からの続き)

の水素が結合したT-H(以下gem型)の2種類がある。これらの与えるIR吸収(またはラマン散乱)ピークは、iso型の方がgem型よりも低波数側にピークを持つ。例えば、T=Siの場合、iso-Si-H, gem-Si-Hはそれぞれ 2230cm^{-1} , 2300cm^{-1} となる[C. Morterra et al., J. Phys. Chem., 73, 327 (1969).]。

T=Geの場合、やはりiso型の方がgem型よりも低波数側にピークを与える。[G. Nakamura et al., Jpn. J. Appl. Phys., 20, Suppl. 20-1, 291 (1981).ただし、この場合はa-Ge:Si中の例のためピーク

のシフトが見られる。]

- [28] IR吸収やラマン散乱における 2200cm^{-1} 付近の吸収の帰属を、混同している論文があるので注意を要する。
- [29] J. Shelby et al., J. Am. Ceram. Soc., 65, C59, 60 (1982).
- [30] J. Shelby, J. Appl. Phys., 50, 3702 (1979).
- [31] J. Stone et al., Opt. Lett., 7, 6 (1982).
- [32] J. Shackelford et al., J. Appl. Phys., 43, 1619 (1972).