

## 第12回光学シンポジウム

## 光ファイバ干渉計を用いた温度測定

村上卓也\*・山口一郎\*\*

\*大倉電気(株)技術本部  
〒351-01 和光市白子 2-9-20\*\*理化学研究所光学計測研究室  
〒351-01 和光市広沢 2-1

光ファイバ干渉計を応用した温度測定にはすでに種々の報告があり、得られる温度分解能は最高  $10^{-5}^{\circ}\text{C}$  程度と言われている。しかし実用のためには外乱に弱いことや符号も含めた干渉縞の位相検出が必ずしも容易でないことの問題がある。われわれはマッハ・ツェンダー型光ファイバ干渉計<sup>1)</sup>で得られるヤング縞の移動の検出に電子走査型空間フィルタ検出器<sup>2)</sup>を用いて系の簡素化を図り、温度センサーとしての検討を行なった。

図1のように He-Ne レーザー光を同じ長さの2本の単一モード光ファイバに入射させ、出射端を並べて得られるヤング縞の方向と間隔を空間フィルタ検出器のそれに合致させる。一方の光ファイバの一部はループ状に巻きセンサー部とし、参照部は他方を別の位置で同じ長さだけ巻き、残りは両方を密着させている。センサー部と参照部の間に温度変化が生じるとヤング縞は移動する。このとき空間フィルタ検出器からの正弦波信号 (62.5 kHz) の位相が変化し、位相変化量に比例した電圧が制御回路から出力される。光ファイバ長は 10m, センサー部および参照部は長さ 5m でループ径 6cm である。また空間フィルタ検出器は幅  $20\mu\text{m}$ , 長さ 5.12mm の Si 光電池をピッチ  $40\mu\text{m}$  で 128 本並べてあり、各光電池出力を 8 素子おきに結線して得られる 16 本のタップを巡回的に差動接続することで上記の信号が得られる。これにより  $320\mu\text{m}$  ピッチの縞の移動が感度  $160\text{mV}/\text{fringe}$ , 応答速度 20 kHz で容易に検出できる。

参照部を氷水中に固定し、センサー部は 200 cc の水に浸した。図2は範囲  $45\sim 25^{\circ}\text{C}$  での温度変化と縞移動

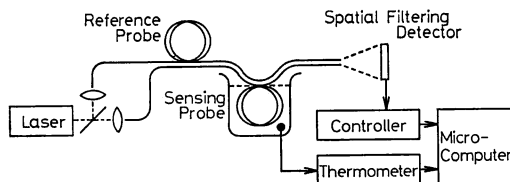


図1 マッハ・ツェンダー型光ファイバ干渉計

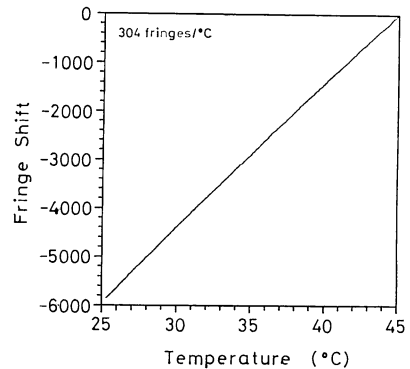


図2 温度と縞移動の関係

の関係である。線形近似して得た感度は  $61\text{ fringe}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$  となる。光ファイバのコアの屈折率は 1.462, 各断面径はコア  $4.5\mu\text{m}$ , クラッド  $125\mu\text{m}$ , シリコン被覆  $400\mu\text{m}$ , ナイロン被覆  $900\mu\text{m}$  である。理論式<sup>3)</sup>から算出した感度は  $62\text{ fringe}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$  となり、よく一致する。しかし図2は厳密には上に凸の曲線である。さらに範囲  $6\sim 25^{\circ}\text{C}$  では  $69\text{ fringe}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$  の値が得られた。これら非線形特性の主な原因としては被覆の熱膨張率の温度依存性が考えられる。一方、出力変動には対流の影響が大きいと思われる。すなわち温度変化が緩やかになるほど変動の振幅および周波数は小さくなり、振幅の標準偏差は変化速度が  $-0.94^{\circ}\text{C}/\text{min}$  から  $-0.13^{\circ}\text{C}/\text{min}$  となる間に  $2.5\times 10^{-3}\text{ fringe}$  から  $0.8\times 10^{-3}\text{ fringe}$  に減少した。出力変動分から温度分解能を換算すると  $10^{-3}^{\circ}\text{C}$  程度となる。

空間フィルタ検出器は縞検出を簡素化し、また広いダイナミックレンジの測定を可能にする。さらに受光面積が大きいので、微弱光量や低コントラストの干渉縞にも有効と思われる。本実験で得られた感度は  $25\sim 45^{\circ}\text{C}$  の範囲で  $60.8\pm 2.2\text{ fringe}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$ ,  $6\sim 25^{\circ}\text{C}$  で  $68.6\pm 1.6\text{ fringe}/^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}$ 。分解能は  $10^{-3}^{\circ}\text{C}$  である。実用上の問題として本質的に空間積分型の測定であること、干渉計各部の安定を保つのが困難なことがある。

## 文 献

- 1) G.B. Hocker: Appl. Opt., **18** (1979) 1445-1448.
- 2) I. Yamaguchi, T. Furukawa, T. Ueda and E. Ogita: Opt. Eng., **25** (1986) 671-676.
- 3) T. Yoshino, K. Kurosawa, K. Itoh and T. Ose: IEEE J. Quantum Electron., **QE-18** (1982) 1624-1633.