

## 最近の技術から

# 光集積ファイバーレーザードップラー速度計

春名 正光・西原 浩

大阪大学工学部電子工学科 〒565 吹田市山田丘 2-1

### 1. ま え が き

ファイバーレーザードップラー速度計(ファイバーLDV)は、被測定物に容易に接近させることができる、また実時間で微小物体の速度を精度良く測定できるなどの特徴をもっている。実際の血流速度計測用ファイバーLDVシステムの光学系では、信号光のピックアップ部に多モードファイバーを使用し、参照光にブラッグセルで周波数シフトを与え、ドップラーシフト信号光とのヘテロダイン検波を行なうことで、流れの方向の識別を可能にしている<sup>1)</sup>。この干渉光学系は定盤上に個別光学部品を組み合わせて構成されており、各部品間の微妙なアライメントが必要である。これに対して、必要な光学部品を薄膜導波技術を用いて一つの基板上に集積化すれば、LDVシステムの小型・安定化を図ることができ、アライメントも不要になる。本稿では、筆者の研究室で最近試作したファイバーLDV用光ICを紹介する<sup>2,3)</sup>。

### 2. ファイバーLDV用光ICの構成

図1に試作したファイバーLDV用光ICの構成を示す。この場合にはドップラーシフト信号光のピックアップ部に偏波保存ファイバーを用いているので、ブラッグセルの役割を果たす導波形周波数シフター以外に、偏光を制御するための導波形素子をも集積化する必要がある。光ICの基板には、光損傷を防ぐために、Z軸伝播LiNbO<sub>3</sub>(LN)を用い、Ti拡散法で幅3μmの単一モード導波路が作製されている。周波数シフターとして、鋸歯状波電圧を印加するタイプのセラダイン形単一側帯波(SSB)変調器を用いている。また、プレーナー3電極構造のTE/TMモード変換器<sup>4)</sup>はλ/2板に対応し、金属装荷方向性結合器形のモードスプリッターはバルクの偏光ビームスプリッターと同等の役割を果たす。

まず、光ICにTE導波光( $f_0$ )が励起され、これが最初の分岐で2等分される。上のアームに入った光はモードスプリッターを経て偏波保存ファイバーに導かれる。ファイバー先端部にλ/4板を置くと、移動物体によ

ってドップラーシフトを受けた反射光の偏光は90°回転し、再びファイバーを通して光ICに戻りTM信号導波光( $f_0+f_s$ )を励起する。これに対して、TE参照導波光はモード変換器で完全にTMモードに変換され、LN端面の蒸着ミラーで反射されて、SSB変調器で所定の周波数シフトを受ける( $f_0+f_R$ )。出力部の分岐で、信号光と参照光が合波・干渉し、APDでヘテロダイン検波される。

### 3. 光ICの作製とその速度検出特性

図1の光ICの全長は32mmであり、既存のフォトリソグラフィ法では幅3μmの導波路を精度良くパターンニングするのは困難である。そこで、われわれは新たにこのような大面積光ICパターンニング用として、レーザービーム直接描画装置を試作した<sup>5)</sup>。これは50×50mm<sup>2</sup>以上の面積にわたって、0.2μm以下の精度で導波路パターンが自動的に描画できるものである。Tiのリフトオフ、熱拡散で導波路を作製した後、所望のアルミ電極を配置した。

試作した光ICでは、まずセラダイン形SSB変調器の電極長10mmに対して、半波長電圧は7.5V、1MHz以下での不要サイドバンド抑圧比-30dBであった。モード変換器では、電極長10mmで、印加電圧 $V_C=62$ V、 $V_M=5.2$ Vで98%以上の変換効率を得ている。さらに、モードスプリッターについては、単体でモードスプリティング比10dB以上のものが得られているが、なお特性の改善を要するため、今回はモードスプリッターを3dB方向性結合器形カップラーに置き換えて実験を行なった。

コア径4μmの偏波保存ファイバーと導波路の接続にはいわゆる端面ブロック装荷法を用い、UV光硬化樹脂で両者を永久接着して、約70%の結合効率を得た。

試作したファイバー付光ICの特性を評価するため、図1に示すように、移動鏡の速度検出を行なった。光源には0.633μmのHe-Neレーザーを用い、対物レンズを通して導波光を励起した。このときの参照導波光の周

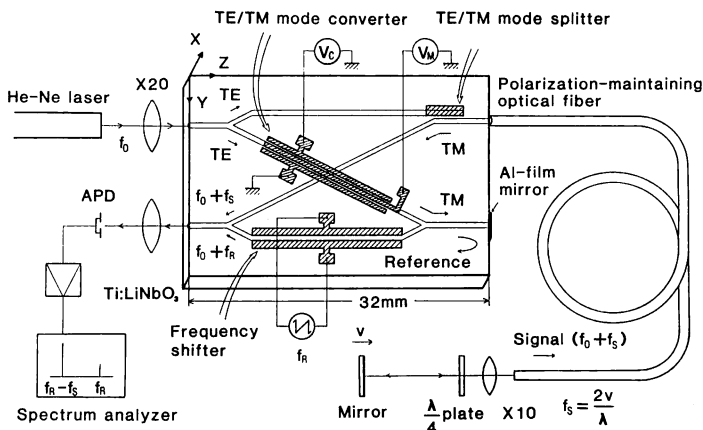


図 1 試作した偏波保存ファイバー付レーザードップラー速度計測用光 IC の構成

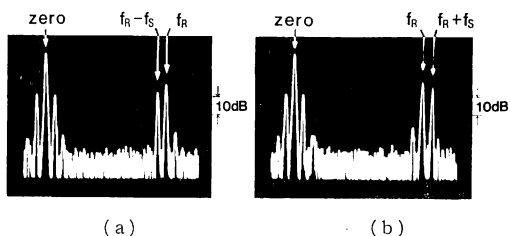


図 2 速度検出特性

(a), (b)はそれぞれ移動鏡が近づいたとき、遠ざかったときの周波数スペクトラム.  $f_R = 350 \text{ kHz}$ ,  $f_s = 25 \text{ kHz}$  ( $v \sim 8 \text{ mm/s}$ )

波数シフトは  $f_R = 350 \text{ kHz}$  である. APD からの出力の周波数スペクトルをスペクトルアナライザーで観測した. 結果の一例を図 2 に示す. 周波数  $f_R$  を基準にして, 移動鏡がファイバー出射端に近づいたときは  $(f_R - f_s)$ , 遠ざかったときには  $(f_R + f_s)$  の信号周波数を観測した. このとき, 移動鏡の速度は  $8 \text{ mm/s}$  であり,  $f_s = 25 \text{ kHz}$  である. いずれの場合も,  $f_R$  の反対側に現れるイメージとの振幅比, すなわち S/N 比は  $-25 \text{ dB}$  である.

#### 4. ま と め

このように, ファイバー LDV 用光 IC を試作し, そ

の基本的な速度検出特性を評価した. 現在, モードスプリッターの集積化および光源に LD を用いた場合の光 IC の構成について検討している. 基板に Z 軸伝播 LN を用いているので光損傷を受けないこと, そしてファイバー LDV 自体周囲温度などの変化に強いセンサー光学系であることを考え合わせると, この光集積ファイバー LDV は実用化に最も近い光 IC といえる. このセンサー用光 IC を手掛りにして, LN 光 IC の実用面からの検討を行なっていきたいと考えている.

#### 文 献

- 1) H. Nishihara, J. Koyama, N. Hoki, F. Kajiya, M. Hironaga and M. Kano: Appl. Opt., 21, 10 (1982) 1785.
- 2) 戸田裕之, 春名正光, 西原 浩: 電子通信学会・光量子エレクトロニクス研究会資料, OQE 85-160 (1986).
- 3) H. Toda, M. Haruna and H. Nishihara: 4th Int. Conf. Optical Fiber Sensors, Paper 4.7, Tokyo, Oct. 1986.
- 4) M. Haruna, J. Shimada and H. Nishihara: Trans. IECE Jpn., E 69, 4 (1986) 418.
- 5) M. Haruna, S. Yoshida and H. Nishihara: 1st Optoelectronics Conf., A3-5, Tokyo, July 1986.

(1986年9月25日受理)