

## 液晶を用いた波長可変干渉計

黒川 隆志\*・武田 光夫\*\*

### 1. 波長可変ファブリー・ペロー干渉計

液晶の大きな特長のひとつは低電圧で大きな屈折率変化が得られることであり、この特長を利用して可変な波長干渉計への応用を試みた。これは高性能で簡易な波長チューナーとして通信や計測の分野へ応用できることを紹介する。

液晶を用いた波長可変ファブリー・ペロー干渉計 (LC-FPI: liquid crystal Fabry-Perot interferometer) は、平行配向した液晶層が配向膜、誘電体ミラー透明電極に挟まれた構造をもつ。電圧が印加されていない状態では、液晶が基板に対して平行に配向しているが、電圧がかかると液晶分子が傾き、その屈折率が変化する。屈折率変化は液晶の材料によって異なるが、5~10%である。ファブリー・ペロー干渉計はミラー間の光学長に応じた波長に鋭い透過スペクトルをもつが、キャビティの屈折率が変化すると、その光学長が変化し、透過スペクトルが連続的に変化する<sup>1)</sup>。代表的な LC-FPI の透過特性を図 1 に示す。透過スペクトルの半値幅は 0.1 nm、波長可変範囲は約 50 nm のものが得られている。LC-FPI は基本的に偏波依存性をもつため、応用によっては偏波無依存化が必要である。

### 2. 波長多重通信への応用

将来のネットワークはオフィスや家庭まで光ファイバーがひかれることになるが、通信容量の増大に伴い波長多重の導入が必須である。波長多重された光信号のなかから特定のチャンネルだけを選びだすために光のチューナーが必要になる。たとえば光ケーブルテレビなどで各映像を異なる波長に割り当てたような場合の選局に使うことができる。1 nm 間隔の 3 つの波長多重信号から 1 つを LC-FPI によってチューニングしている例を図 2 に示す。

LC-FPI はこのようなチューナーとしての応用のほかに、半導体レーザーと組み合わせて外部共振器型の可変波

長レーザーや波長変換レーザーに応用できる。可変波長レーザーでは位相調整領域付きのファブリー・ペロー型レーザーと外部ミラーで構成される外部共振器内に LC-FPI を置きその発振波長を制御する<sup>2)</sup>。

### 3. 干渉計測への応用

コンパクトな波長可変光源は、光計測など多くの分野で有用である。ここでは物体形状の干渉計測に応用した例を紹介する。ヘテロダイン干渉法などにおいて不連続な段差で生じる位相の不確定さを回避する方法のひとつに、光源の波長を走査する時間周波数走査スペクトル干渉計測法が知られている。この方法では波長を走査するとき物体の高さに比例した周波数で干渉信号が正弦波的に変化する。この周波数を解析することにより物体の高さ分布を求めることができる。

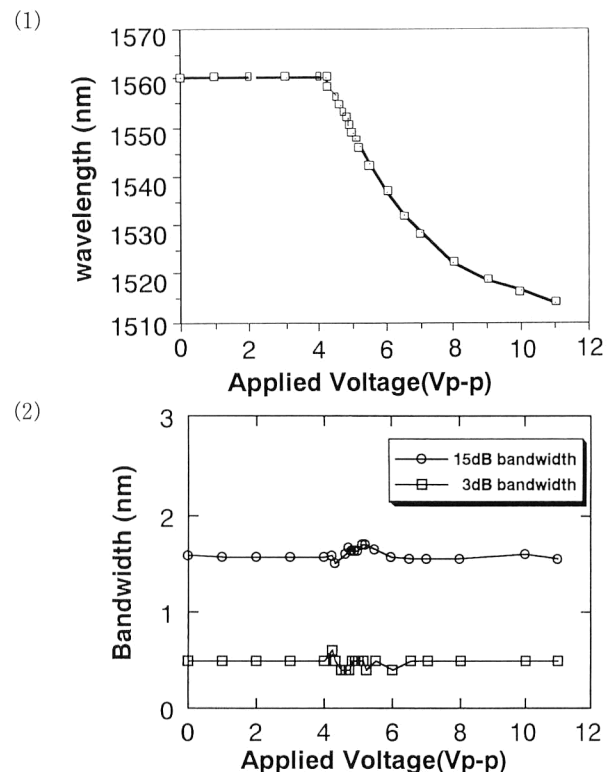


図1 LC-FPI の特性。(1) 透過中心波長の印加電圧依存性、(2) 透過波長幅 (○: -15 dB での幅、□: -3 dB での幅)。

\*東京農工大学電気電子工学科 (〒184-8588 小金井市中町 2-24-16)

E-mail: tkuro@cc.tuat.ac.jp

\*\*電気通信大学情報通信工学科 (〒182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1)

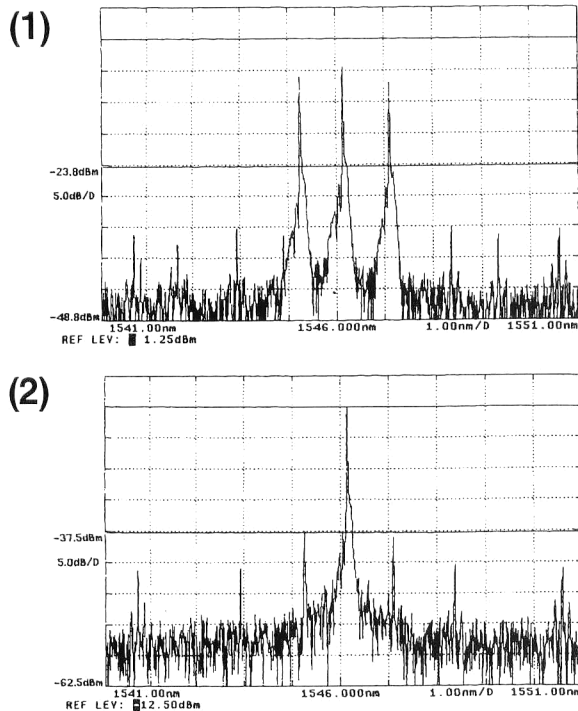


図2 単一モード光ファイバー内の1 nm 間隔の3波多重信号のチューニング特性。横軸：波長1 nm/div. 縦軸：光強度5 dB/div.

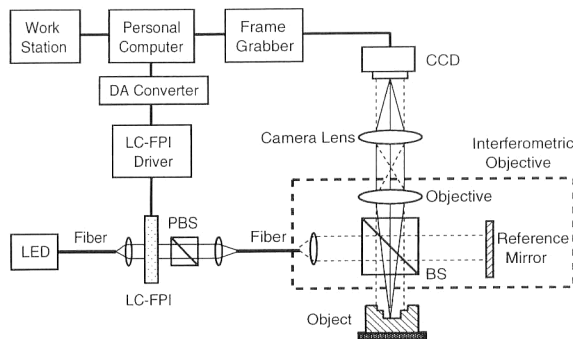


図3 LC-FPIを用いた時間周波数走査スペクトル干渉計測の実験系。

波長走査のできる光源としてレーザーを用いる場合、装置が大きく高価となるなどの問題がある。そこでLED (light emitting diode) とLC-FPIの組み合わせにより、コンパクトで広範囲な波長走査が可能な計測システムを実現した<sup>3,4)</sup>。図3にその実験系を示す。光源には波長655 nmのLEDを用い、LC-FPIは半値幅1.1 nm、可変波長幅23 nmのものを用いた。LC-FPIの印加電圧とイメージセンサーはコンピューターによって制御され、波長を走査しながら同時にその瞬間の画像を取り込んでいく。測定結

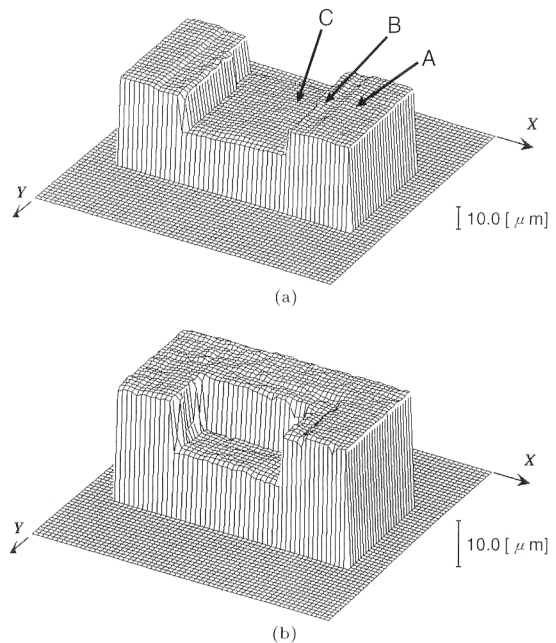


図4 段差物体の計測結果。A-B間は約1  $\mu\text{m}$ 、A-C間は約12  $\mu\text{m}$ 。測定精度約 $\pm 0.2 \mu\text{m}$ 。

果の一例を図4に示す。LC-FPIを多段に接続してフィネスをさらに向上させることにより、より段差の大きな物体を高精度に測定することが可能である。

本研究の一部はNTTフォトンクス研究所および矢崎総業(株)研究開発センターにおいて行われたものであり、両社の関係各位に感謝する。本研究の一部は文部省科学技術研究費(展開B: 11555012)の補助のもとに行われた。

## 文献

- 1) K. Hirabayashi, H. Tsuda and T. Kurokawa: "Tunable liquid-crystal Fabry-Perot interferometer filter for wavelength-division multiplexing communication systems," *IEEE J. Lightwave Technol.*, **11** (1993) 2033-2043.
- 2) H. Tsuda, K. Hirabayashi, Y. Tohmori and T. Kurokawa: "Tunable light source using a liquid crystal Fabry-Perot interferometer," *IEEE Photonics Technol. Lett.*, **3** (1991) 504-506.
- 3) M. Kinoshita, M. Takeda, H. Yago, Y. Watanabe and T. Kurokawa: "Optical frequency-domain imaging microprofilometry with a frequency-tunable liquid-crystal Fabry-Perot etalon device," *Appl. Opt.*, **38** (1999) 7063-7068.
- 4) M. Takeda and T. Kurokawa: "Photonic sensing and metrology using novel liquid crystal devices (invited paper)," *Optics and Optoelectronics 2*, eds. O. P. Najihwan, A.K. Gupta, A.K. Musla and K. Singh (Narosa Pub., New Delhi, 1998) pp. 1377-1387.

(2000年9月18日受理)