

印刷した分布帰還レーザーによるファイバー型センサーの開発

Development of optical fiber type sensor based on printed DFB lasers

九州大学大学院システム情報研究院 平川 昇, 久保田 寛之, 吉岡 宏晃, 〇興 雄司

Kyushu Univ, Noboru Hirakawa, Hiroyuki Kubota, Hiroaki Yoshioka, 〇Yuji Oki

E-mail: oki@ed.kyushu-u.ac.jp

有機材料を利用した色素レーザーの固体化は従来から研究されてきたレーザー媒質の一つであり、我々はプリンタブルフォトニクスレーザー展開への足がかりとして固体色素レーザーを研究している。固体色素レーザーの実用化には依然、耐久性の問題など解決すべき課題が残るが、印刷的技法による低温プロセス・ディスプレイブルーの実現は耐久性問題への回答の一つであるといえる。さらに印刷を 3 次元空間に拡張したレーザー構築とすることにより新しいデバイスアイデアの実証を行う事が可能である。

我々が提案するマイクロディスペンスによる導波路直描法¹⁾は、オンデマンドな導波路の印刷のみならず、リソグラフィーの適用が難しい曲面への光回路構築も容易にする。このことに着目し、光ファイバー上へのレーザーの構築を行い、ファイバー型センサー応用を試みた。

図 1 は印刷により構築したレーザーと光ファイ

バーの断面図である。マルチモードのクラッドを除去し、その上に 0.005 程屈折率を大きくしたポリマー導波路を「描画」する。固体色素レーザー導波路の膜厚は約 $3\mu\text{m}$ (横幅は $100\mu\text{m}$) の描画が可能であり、屈折率設計から縦方向はシングルモード、横方向はマルチモードとなっている。描画開始点・終了点は速度制御でテーパ状結合としてあるため、導波路内のレーザー光はファイバーコアへと結合される。レーザー導波路には屈折率型グレーティングが刻まれており、これが分布帰還(DFB)共振器構造として動作する。励起光としてパルスレーザー光を光ファイバー中に伝搬させ、これが漏洩結合モードでレーザーに一部吸収されて DFB 色素レーザーが発振する。レーザーの発振波長はレーザー導波路にかかる strain や温度変化、表面の屈折率状態などで変化するため、これらを利用すれば光ファイバー周囲に複合的センサーを集積する事が可能となる。

基本応用として二つのレーザーをファイバーに沿って上部・側部に描画した X-Y 空間曲げ検出を行った。POF (三菱レーヨン, SK-20, コア径 0.48mm) を利用し、Rhodamine6G ドープのポリメタクリル酸(メチル:ヒドロキシエチル)DFB レーザーを構築した。実験より 2 つのセンサーの信号が干渉であること、温度に対して自己補償が可能であることが確認された。DFB レーザーの波長幅は 0.072nmFWHM と狭帯域で、曲げ感度は幾何学的モデルとよく一致し、曲げ半径の逆数 r に対する波長変化量は $d\lambda/dr=14.2 \times 10^{-11} \text{ m}^2$ であった。²⁾

次に光回路の 3D 化を目指して、光ファイバーを回転しながらスパイラル描画を行った。図 2 はピッチが極端に小さな例であるが、この構造ではねじれを検出することが可能である。3 次元的にスパイラル化した場合にも DFB 構造を一部に作ることで DFB 発振を確認する事に成功しており、現在ねじれセンサー構築について最適化を行っている。

本研究の成果は研究成果展開事業研究成果最適展開支援プログラム(課題番号: AS232Z01693A)の実施により得られたものです。

参考文献

[1] Y. Yang, R. Goto, S. Omi, K. Yamashita, H. Watanabe, M. Miyazak, and Y. Oki, Optics Express, 18, 22080-22089 (2010)

[2] H. Kubota, S. Oomi, H. Yoshioka, H. Watanabe, and Y. Oki, Optics Express, 20, 14938-14944 (2012)

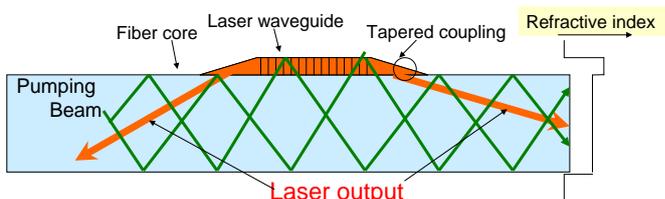


図 1 光ファイバー上に構築した DFB 色素レーザーの断面図

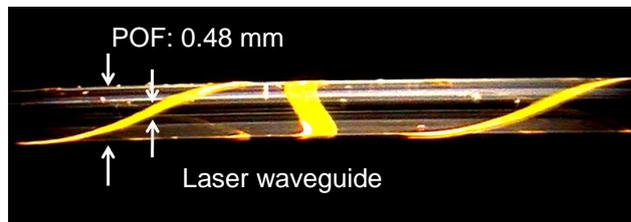


図 2 レーザー上にスパイラル的に描画したレーザー導波路