

# カスケード型長周期光ファイバグレーティングを用いた振動センサの高次のクラッドモードによる高感度化の検討

## Sensitivity enhancement of cascaded long period fiber grating vibration sensors by employing higher-ordered cladding mode

防衛大学校 ○月田 統, 竹内 誠, 田中 哲, 手倉森 新伍, 内村 良太郎, 和田 篤, 高橋 信明

National Defense Academy ○Osamu Tsukida, Makoto Takeuchi, Satoshi Tanaka, Shingo Tekuramori, Ryoutarou Uchimura, Atsushi Wada and Nobuaki Takahashi

E-mail: em52008@nda.ac.jp

長周期光ファイバグレーティング (LPG) は、数十～数百 $\mu\text{m}$ の間隔で光ファイバに屈折率変調を与えることによって作製され、その周期構造によってコアモードとクラッドモードの間に結合生じるため、透過スペクトルには結合条件をみたす特定の波長で損失ピークが表れる。LPGをセンサに用いる際には、その損失ピークがひずみ、温度、周囲の屈折率などに依存することを利用する[1]。これまで我々は、強度変調方式に基づいたLPG振動センサを提示するとともに、センサの高感度化に関して高次のクラッドモードによる損失ピークの利用と屈曲特性の利用について検討してきた[2,3]。また、前回カスケード型LPGのチャネルスペクトルを用いた高感度化について提案した[4]。本研究では、高次のクラッドモードを用いたカスケード型LPGを作製し、振動センサの高感度化の観点から検討した。

カスケード型LPGは、図1の模式図に示すように、一対の同じ特性をもつLPGを一定の間隔 ( $D$ ) で書き込むことによって作製される。このとき、各LPG間のコアモードとクラッドモードの間の干渉効果によって、透過スペクトルのLPGの損失ピーク近傍に図2に示すようなチャネルスペクトルが表れる。これを振動センサに应用する場合は、レーザのような狭帯域光をスペクトルの傾斜部に同調させて、強度変調方式により振動検出を行う。また、この時の振動の検出感度は、チャネルスペクトルの波長シフト量の伸びひずみ依存度と光源の波長におけるスペクトル傾きの積によって決まる。ここでは、8次のクラッドモードを利用してカスケード型LPGを異なる間隔 ( $D = 20, 40, 60, 80 \text{ mm}$ ) で作製し、ひずみへの応答特性を評価した。実験では、カスケード型LPGに静ひずみ ( $0 \sim 1000 \mu\epsilon$ ) を印加し、光源に半導体光増幅器のASE光を用いて光スペクトラムアナライザによりスペクトルの測定を行った。図3に得られた結果の例として規格化波長シフト量のひずみへの依存性を示す。なお規格化波長シフト量は、ひずみを印加していない時のチャネルスペクトルのピーク波長( $\lambda_0$ )とその波長シフト量( $\Delta\lambda$ )から  $\Delta\lambda/\lambda_0$  により定義される。図に示されているように、この依存度は  $D$  の値に依存せず、前回報告したカスケード型LPGと比較して、約8倍の値が得られており、この特性から高次のクラッドモードを利用することで、更に高感度化が期待できるものと考えられる。また、振動検出の確認のため、カスケード型LPG ( $D = 80 \text{ mm}$ ) にPZT による振動を印加したときに得られた結果を示す。図から、明瞭なセンサ出力が得られていることが分かる。講演ではこの他の結果についても合わせて報告する。

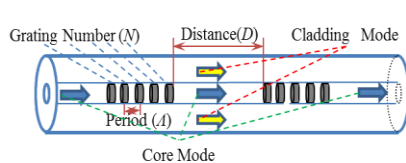


図1 カスケード型 LPG の模式図

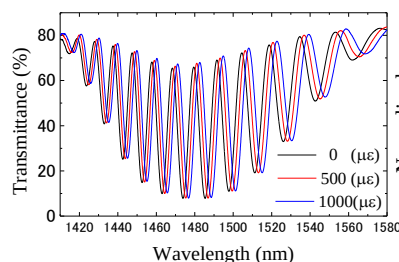


図2 静ひずみ印加時の透過率の変化

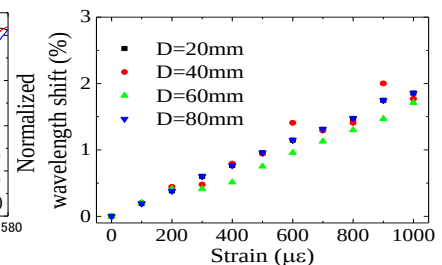


図3 規格化波長シフト  
vs. 印加ひずみ

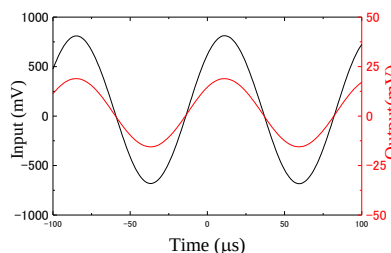


図4 PZT への印加信号とセンサ出力の波形例

### <参考文献>

- [1] B.H. Lee and J. Nishii: Appl. Opt. 38, 34501 (1999).
- [2] 柚友 他: 第 69 回秋季応物予稿集, 4a-ZM-7, 1065 (2008).
- [3] 田中 他: 第 71 回秋季応物予稿集, 6a-M-9, 05-150 (2010).
- [4] 竹内 他: 第 73 回秋季応物予稿集, 13p-C-6, 05-126 (2012).