

カスケード型チャープ長周期光ファイバグレーティングを用いた ひずみおよび温度計測

Strain and temperature measurements by using cascaded chirped long period fiber gratings

防衛大学校 ゴ タン トウン, 月田 統, 田中 哲, 内村 良太郎, 和田 篤, 高橋 信明

National Defense Academy Thanh Tung Ngo, Osamu Tsukida, Satoshi Tanaka,

Ryotaro Uchimura, Atsushi Wada and Nobuaki Takahashi

E-mail: em53007@nda.ac.jp

これまで我々は、長周期光ファイバグレーティング (LPG) やカスケード型長周期光ファイバグレーティング (C-LPG) を用いた各種のセンサを提案してきた[1,2]。また、前回の講演では、LPGの格子周期 (Λ) を光ファイバの長手方向に沿って変化させたチャープ長周期光ファイバグレーティング (CLPG) を作製し、より広い帯域幅をもつ損失ピークが得られることを示した[3]。本研究では、1 対のCLPGからなるカスケード型チャープ長周期光ファイバグレーティング (C-CLPG) をいくつか条件を変えて試作し、ひずみや温度に対する特性を調べるとともに、センサ応用の観点から検討した。

C-CLPGの作製においては、これまでと同様に書き込み用に光感受性ファイバ (Nufern, GF1AA) を使用し、KrFエキシマレーザ (GAM Laser, EX10) による逐次書き込み法を採用した。C-CLPGを構成する際には、間隔 (D) をあけて一対のCLPGを同じ条件で書き込むが、ここでは、表1に示すように5種類のC-CLPGを作製した。例としてCCLPG1タイプでは、チャープ方向が光の入射側から徐々に Λ が大きくなる同じCLPGを用いており、6次のクラッドモードによる損失ピークが測定を行うCバンド帯に現れるように Λ を290~309 μm の範囲で変化させる。このとき、一定の範囲 (セクション) で同じ Λ で書き込みを行い、セクションごとに順次一定の増分 (ステップ) で Λ を大きくする。なお、CCLPG1では各セクションのグレーティング数を2とし、同じ値の Λ を2回繰り返す。また、ここでは、チャープ率をLPG長 (L) に対する Λ の変化量 ($\Delta\Lambda$)、すなわち、 $\Delta\Lambda/L$ で定義した。

C-CLPGのひずみ特性および温度特性を調べる実験においては、広帯域光源と光スペクトラムアナライザを用いてC-CLPGの透過スペクトル (チャネルスペクトル) を測定した。図2および図3に印加ひずみおよび温度変化に依存して変化するC-CLPGのチャネルスペクトルの測定結果の一例を示す。これらの図からチャネルスペクトルがひずみや温度に対して形状を変えることなく波長に関してシフトすること、また、ひずみの増加に対しては長波長側へ、一方、温度の上昇に対しては短波長側へシフトすることがわか。作製した種々のC-CLPGに対して、印加ひずみや温度変化に対するチャネルスペクトルのピーク波長の変化量を測定した結果をまとめて示す。ひずみおよび温度に対する波長シフト感度を比較すると、クラッドモード次数が同じであればほぼ同等な波長シフト感度が得られることがわかる。また、フーリエ変換法に基づいた手法でひずみ特性および温度特性を調べ、広い帯域でチャネルスペクトルが得られるC-CLPGの有効性について検討を行った結果、より高精度な測定が期待されることがわかった。講演では、これらの結果についても合わせて報告する。

<参考文献>

- [1] 田中 他: 第71回秋季応物予稿集 (6a-M-9), 05-150 (2010).
- [2] 竹内 他: 第73回秋季応物予稿集 (13p-C-6), 05-126 (2012).
- [3] ゴ 他: 第77回秋季応物予稿集 (18p-C-7), 04-126 (2014).

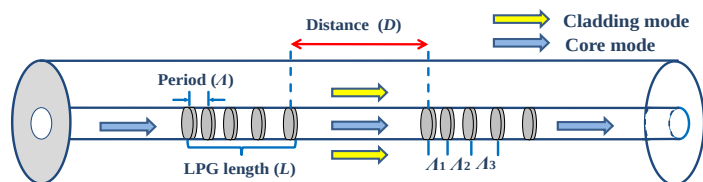


図1 カスケード型チャープ長周期光ファイバグレーティング (C-CLPG) の概念図

表1 試作したC-CLPGの作製条件とひずみおよび温度に対する波長シフト感度

タイプ	CCLPG1 (短長-短長)	CCLPG2 (短長-長短)	CCLPG3 (長短-短長)	CCLPG4 (短長-短長)	CCLPG5 (短長-長短)
クラッドモード (m)	6	6	6	6	6
チャープ率 [$\mu\text{m}/\text{mm}$]	1.59	1.59	1.59	1.98	3.16
グレーティング間隔 (Λ) [μm]	290 - 309	290 - 309	309 - 290	292 - 308	291 - 310
セクションのグレーティング数	2 (1 μm step)	2 (1 μm step)	2 (1 μm step)	3 (2 μm step)	1 (1 μm step)
LPG間隔 (D) [mm]	40	40	40	40	40
LPG長 (L) [mm]	63.96	63.96	63.96	56.2	52.02
グレーティング数 (N)	40	40	40	27	20
ひずみに対する波長シフト感度 [pm/ μe]	0.57	0.54	0.48	0.53	0.56
温度に対する波長シフト感度 [nm/degC]	-0.17	-0.16	-0.16	-0.17	-0.16

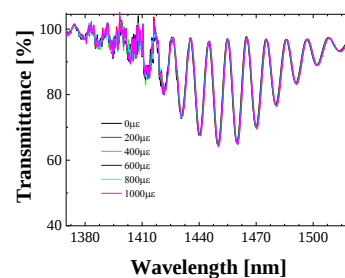


図2 印加ひずみに依存するチャネルスペクトル (CCLPG5)

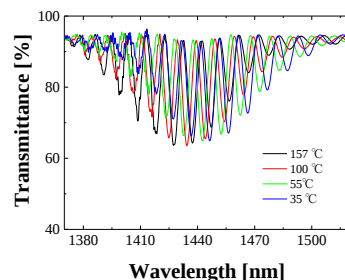


図3 温度変化に依存するチャネルスペクトル (CCLPG5)