

## FBG 温度補償用低ヒステリシス負熱膨張セラミックの開発

Fabrication of low-hysteresis negative thermal expansion ceramic substrate for athermalization of FBG

俣野高宏 吉原 聡 坂本明彦  
Takahiro Matano Satoru Yoshihara Akihiko Sakamoto

日本電気硝子株式会社  
Nippon Electric Glass Co., Ltd.

### 1. はじめに

ファイバーブラッググレーティング (FBG) は WDM 技術において狭帯域の波長フィルターとして用いられる。しかしながら、FBG は反射中心波長 ( ) の温度依存性 ( $d\lambda/dT$ ) を有するため温度補償技術を必要とする。我々は負熱膨張性セラミック基材を開発し、温度補償 FBG コンポーネントへの適用性及び、その信頼性について報告した [1][2]。今回、さらに高機能 FBG コンポーネントへの適用を目指すため、負熱膨張セラミック基材の熱膨張特性におけるヒステリシス低減に取り組み、改良を行ったので報告する。

### 2. 低ヒステリシス負熱膨張セラミック基材の熱膨張特性

試作した負熱膨張セラミック基材 (LH-NECS) の熱膨張特性として熱膨張係数 (CTE) 及びヒステリシスを表 1 に示す。ヒステリシスは基材に熱サイクルを与えた場合の同一温度における昇温及び降温時の試料長差の最大値を試料長で割った値を示す。試作した LH-NECS のヒステリシスは、従来の負熱膨張セラミック基材 (NECS) のヒステリシス 20 ppm に比べ、8 ppm と半分以下の値を示した。

また、LH-NECS の長期信頼性を調べるため、85% 湿度環境下に 2000 時間曝露する高温高湿試験を実施した。その結果、CTE の変化は  $1 \times 10^{-7}$  / と測定精度相当であり、ヒステリシスも 12 ppm 以下の低い値を維持していた。

### 3. FBG コンポーネントの反射中心波長の温度特性

上記の熱膨張特性を有する LH-NECS を用いた温度補償 FBG コンポーネントを作製し、反射中心波長 ( ) の温度特性を評価した。なお、FBG には予めテンションを付与し、 $3 \times 3 \times 4$  mm の基材上の溝に沿って UV 硬化接着剤で固定した。比較のため、NECS を用いた FBG コンポーネントを同様の方法で作製した。

の測定には光スペクトラムアナライザーを用い、 $d\lambda/dT$  及び のヒステリシスを調べた。 $d\lambda/dT$  は  $-40 \sim 85$  で熱サイクルをかけた場合の の最大値と最小値の差を温度範囲で割った値とした。また、のヒステリシスは同じ熱サイクルでの同一温度における昇降温時の の差の最大値で定義した。図 1 及び表 1 に FBG コンポーネントの の温度特性を示す。LH-NECS を用いた場合の のヒステリシスは、NECS ののヒステリシス 24 pm に比べ、10 pm と半分以下の値を示した。なお、今回の実験では  $d\lambda/dT$  は過補償状態にあるが、基材の熱膨張係数を補正することにより、調整することが可能である。

また、FBG コンポーネントの信頼性試験として基材

と同じ 2000 時間の高温高湿試験を実施した。基材を直接環境に曝すため、FBG を基材に固定しただけの状態で行った。なお、 $d\lambda/dT$  の変化、のヒステリシスに加えて、20 における の変化 ( ) を評価項目とした。その結果、は 15 pm 以下の値を維持し、 $d\lambda/dT$  の変化は 0.1 pm/ 以下、のヒステリシスは 15 pm 以下の値を示した。これらの安定性は DWDM 技術における 2.5 GHz (波長間隔 0.2 nm) 用光フィルターにも適用可能な特性であると考えられる。

### 4. 結論

低ヒステリシス負熱膨張セラミック基材 (LH-NECS) を試作した。これを用いた温度補償 FBG コンポーネントにおいて、のヒステリシスが小さくなることが確かめられた。また、基材及び、その FBG コンポーネントの高温高湿試験を行った結果、いずれも安定な特性が得られたため、長期的にも本コンポーネントは高機能用途に適用可能であると考えられる。

Table 1 Thermal expansion of negative thermal expansion ceramic substrates and temperature dependence of the athermal FBG components.

	NECS	LH-NECS	
Thermal expansion	Hysteresis (ppm)	20	8
	CTE ( $\times 10^{-7}/$ ) [-40 ~ 100 ]	-66	-64
Temperature dependence of	Hysteresis (pm)	24	10
	$d\lambda/dT$ (pm/ )	-0.81	-0.72

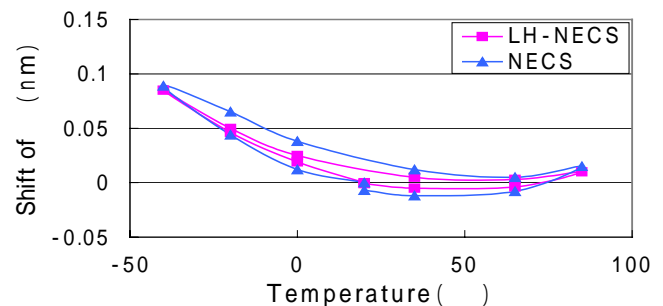


Fig. 1 Temperature dependence of athermal FBG components with negative thermal expansion ceramic substrates.

文献[1] A. Sakamoto et al., IEICE Trans. Electron., vol.E83-C, pp.1441-1446, 2000.

[2] S. Yoshihara et al., IEICE Trans. Electron., vol.E86-C, pp. 2501-2503, 2003.