

# 可視光帯用ノンドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスコア PLC の研究(1) ホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスの成膜と評価

A Study of non-doped silica core PLC for visible light applications (1)

Fabrication and evaluation of boron-doped SiO<sub>2</sub> glass films

○藤原裕士, 片寄里美, 小勝負信建, 平林克彦, 笠原亮一

日本電信電話株式会社 NTT 先端集積デバイス研究所

NTT Device Technology Labs., NTT Corporation

○Yuji Fujiwara, Satomi Katayose, Nobutatsu Koshoubu, Katsuhiko Hirabayashi and Ryoichi Kasahara

E-mail: yuji.fujiwara.vu@hco.ntt.co.jp

## 1. はじめに

石英系平面光波回路(Planar Lightwave Circuit: PLC)は量産性・集積性に優れ, 光位相を高精度に制御可能なため, 適用波長を近赤外光帯とする光通信デバイスとして広く用いられてきた. 近年では, これに加えて適用波長を可視光帯にまで拡大した石英系 PLC が提案されている[1].

しかしながら, 詳細な報告例はないものの, 従来の石英系 PLC は可視光入力により経時的に導波路損失が増加する恐れがある. なぜなら, 従来の石英系 PLC と同様の材料で構成されている, ゲルマニウム等がドーパされた SiO<sub>2</sub> ガラスをコアに用いた光ファイバを可視光帯で用いる場合, コアのドーパントに起因して入力光が短波長・高パワー密度であるほど経時的に導波路損失が増加するためである[2]. この損失増加を抑制するため, 一般的に可視光用光ファイバではノンドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスをコアに用いる場合が多い.

そこで本研究では, ノンドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスをコアに用いた PLC(ノンドーパコア PLC) を作製し, 短波長・高パワー密度でも使用可能な可視光帯用 PLC を実現することを目的としている. 今回, ノンドーパコア PLC の実現に向けて, まずクラッドの候補の一つとして, ホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜の成膜について検討した結果を報告する.

## 2. ホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスの成膜

ホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスは, ノンドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスより低い屈折率を持つことから, ノンドーパコア PLC のクラッドとして有望である. 堆積手法には, クラッドに必要な膜厚十数 μm の膜を高速に堆積可能な火炎堆積法(Flame Hydrolysis Deposition: FHD)を採用した. 原料には三塩化ホウ素(BCl<sub>3</sub>)と四塩化ケイ素(SiCl<sub>4</sub>)を用い, 6 インチの Si ウェハ上に堆積を行った. クラッド膜として用いるため, より低い屈折率を持ち, 且つ膜の内部応力が圧縮方向である膜の堆積を目的とした. 膜に存在する内部応力を圧縮応力としたのは, 引張応力が存在する膜と比較して外部刺激に強くクラックが発生しにくいからである.

以上 2 つの基準を満たす膜を得るため, 原料の BCl<sub>3</sub> と SiCl<sub>4</sub> の比を変えて膜堆積を行った. Fig.1 にホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜の屈折率・内部応力の原料モル比 BCl<sub>3</sub>/(BCl<sub>3</sub>+SiCl<sub>4</sub>)依存性を示す. 同図より, 原料における BCl<sub>3</sub> の割合が大きくなるほど, 膜の圧縮応力は低下し, また屈折率も低

下することが分かった. BCl<sub>3</sub> の割合が 50%を超えると膜が支持基板から剥離してしまうため, 屈折率・内部応力は評価していない. また Fig.1 より, 原料モル比 47%にて屈折率が 1.4541@632 nm, 内部応力が圧縮方向で 40 MPa のホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラスを得ることができた. この屈折率はノンドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜をコアとした場合の比屈折率差 Δ に換算すると 0.3%であり, 既報告のホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜の Δ と近い値である[3]. よって, FHD 法にて堆積したホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜においても, 既報告と同等の屈折率を得ることができると分かった.

## 3. まとめ

ノンドーパコア PLC の実現に向けて, ホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜の成膜プロセスの最適化を行った. 結果, 得られた膜は屈折率が 1.4541, 内部応力が圧縮方向で 40 MPa であった. この屈折率はノンドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜に対する比屈折率差に換算すると Δ 0.3% @ 632 nm であり, PLC のクラッドに使用可能である見込みが得られた. 今後, このホウ素ドーパ SiO<sub>2</sub> ガラス膜をクラッドに用いてノンドーパコア PLC を作製し, 特性評価を行う.

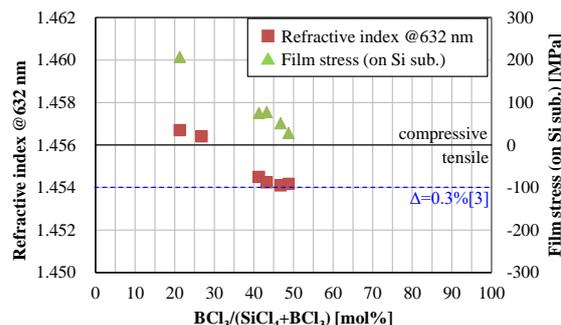


Fig. 1. Mass flow ratio BCl<sub>3</sub> / (BCl<sub>3</sub> + SiCl<sub>4</sub>) dependence of the refractive index and Film stress of boron-doped SiO<sub>2</sub> film.

## 【参考文献】

- [1] J. Sakamoto, *et al.*, Opt. Commun., Vol. 420, pp. 46-51, 2018.
- [2] L. J. Poyntz-Wright, *et al.*, Electronics Lett. Vol. 25, Issue. 7, pp. 478-480, 1989.
- [3] S. H. Wemple, *et al.*, Jour. Appl. Phys., Vol. 44, pp. 5432-5437, 1973.