光非線形結晶化ガラスファイバの超低損失化

Ultra-low propagation loss in nonlinear-optical glass-ceramic fiber

東北大院工　○(M2)中村 拓真，寺門 信明，高橋 儀宏，宮崎 孝道，藤原 巧

Tohoku Univ., °Takuma Nakamura, Nobuaki Terakado, Yoshihiro Takahashi, Takamichi Miyazaki, Takumi Fujiwara

E-mail: takumi.fujiwara.b1@tohoku.ac.jp

【緒言】光通信の光波制御には Pockels 効果を有する $LiNbO_3$ により構成される光導波路素子が用いられるが，光学品質が要求されることや光ファイバとの形状不一致による光結合の困難さなどから光波制御素子の生産性や長期信頼性に問題を抱えている．我々はこれらの解決策として，光ファイバと同じガラス材料をベースとしたファイバ型光波制御素子の開発を提案してきた．これまでに非線形光学結晶である $Sr_2TiSi_2O_8$ が配向結晶化した透明結晶化ガラスの創製と光物性評価，さらにファイバ型試料において電圧印加による光変調動作の実証に至っている [1–3]．しかしながら，前駆体ガラスファイバの結晶化後にボイド（細孔）が試料の中心部に発生し，10 dB/cm を超える致命的な光伝搬損失を与える [4]．本研究では，既往の $LiNbO_3$ 光導波路に匹敵する 1 dB/cm 以下の伝搬損失をファイバ型試料で実現するため，ボイド発生の抑制及び低損失化に取り組んだ．

【実験方法】$32SrO–20TiO_2–48SiO_2$ 組成（mol%）の前駆体ガラスファイバを作製し，以下の熱処理条件で結晶化試料を得た：①940ºC–1 h，②830ºC–12 h，③800ºC–36 h．試料の組織構造は光学顕微鏡及び電子線後方散乱回折（EBSD），透過型電子顕微鏡（TEM），伝搬損失はカットバック法により評価した．

【結果・考察】条件①～③で得られたファイバ試料において，熱処理温度の低下に伴うボイドの縮小が確認された[Figs. 1(a) and (b)]．特に条件③ではボイドは完全に消失し，試料中心部への緻密な $Sr_2TiSi_2O_8$ 結晶のドメイン成長が EBSD により観察された．また試料内部を TEM により観察した結果，条件③の結晶ドメイン中に存在する残存ガラス相の領域が，他の条件と比較して減少していることを確認した．これら結果より，結晶ドメインに取り込まれなかった残存ガラス相が結晶成長により中心部へ排出された結果，ボイドが抑制されたものと推察される．ボイドの消失に伴う伝搬損失の低減は効果的であり，条件③のファイバ試料において単結晶材料級の 0.37 dB/cm を光通信波長帯で達成した[Fig. 1(c); red plots].

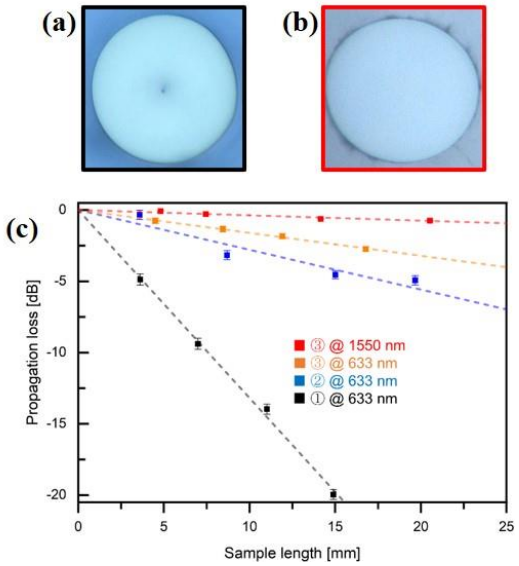

Fig. 1. Cross-sections of the glass-ceramic fibers obtained at (a) 940ºC and (b) 800ºC (diameter: ca. 75 μm and 120 μm). (c) Results of propagation-loss measurement using a cut–back technique. Light source wavelength is 633 nm and 1550 nm.

1) Y. Takahashi *et al.*, *Sci. Rep.* **3,** 1147 (2013) ; 2) K. Yamaoka *et al.*, *Sci. Rep.* **5,** 12176 (2015); 3) K. Takano *et al.*, *APL* **112**, 021904 (2018) ; 4) 中村ら，第 68 回応用物理学会春季学術講演会，16p-Z29-13 (2021).

© 2022年 応用物理学会