

完全表面結晶化ガラスの電子顕微鏡学的研究および 光波制御素子への応用

Perfectly Surface-Crystallized Glass-Ceramics: Microscopic Study and Application to Optical Device

東北大院工 °高橋 儀宏, 寺門 信明, 藤原 巧

Tohoku Univ., °Yoshihiro Takahashi, Nobuaki Terakado, Takumi Fujiwara

E-mail: yoshihiro.takahashi.a6@tohoku.ac.jp

二酸化ケイ素 SiO_2 を主成分とするガラスはその材料的優位性（透明性・生産性）から、光通信網の情報伝送を担う光ファイバに利用されているが、不規則構造に起因する光学的等方性ゆえに光波制御に不可欠な電気光学効果が原理的に発現しない。それゆえ LiNbO_3 など強誘電体結晶が光波制御素子に用いられるが、伝送系と制御系の間には生産性や接続性などに関し重大な課題が残されている。またガラスは温度上昇により過冷却液体状態に移行した場合、近～中距離秩序構造を反映した構造再配列／規則化、いわゆる結晶化を経る。我々の研究グループは、光ファイバ網へ高い親和性を有する光波制御素子の開発を目指し、多成分系ガラスの結晶化を利用したファイバ型電気光学素子の開発に向けた材料創製と実証研究を推進してきた。

本講演では、ケイ酸塩ガラスの結晶化による材料創製法である“結晶化ガラス法”から得た透明多結晶材料の組織構造^{1,2)}および電気光学効果に基づく光強度変調^{3,4)}、そしてファイバ型素子の試作と光波制御特性⁵⁾について述べる。一例として、 $\text{SrO-TiO}_2\text{-SiO}_2$ 系前駆体ガラスの結晶化組織構造の観察結果を示す。板状ガラス試料に熱処理を施すと、表面から $\text{Sr}_2\text{TiSi}_2\text{O}_8$ 結晶が自発分極方向へ配向成長し、最終的に結晶ドメインが衝突する（完全表面結晶化）¹⁾。また、残存ガラスは結晶成長フロントにおいてナノ粒子と変化し、結晶ドメイン中へ凍結されることで完全表面結晶化ガラスの光散乱が抑制され、その結果として単結晶導波路に匹敵する光伝搬損を示す⁶⁾。

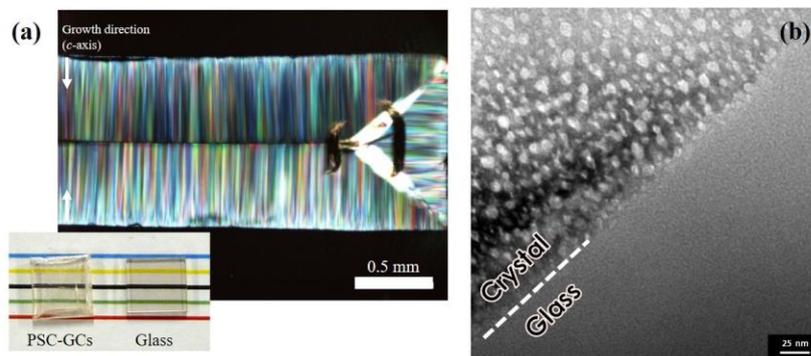


Fig. 1. Micro-/nanoscopic observations in the perfectly surface-crystallized glass-ceramics (PSC-GCs): (a) Polarization microscopic image of the cross-section and the appearance of PSC-GCs and its precursor glass (inset). (b) FE-TEM image at the crystal-glass boundary in the sample. White particles in the crystal domain correspond to the amorphous nanophase, which mainly consists of SiO_2 .

参考文献：1) Y. Takahashi *et al.*, *Sci. Rep.* **3**, 1147 (2013); 2) Y. Takahashi *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **103**, 071909 (2013); 3) K. Yamaoka *et al.*, *Sci. Rep.* **5**, 12176 (2015); 4) K. Takano *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **112**, 021904 (2018); 5) 中村ら, 第 68 回応用物理学会春季学術講演会 16p-Z29-13 (2021); 6) Y. Yamazaki *et al.*, *Appl. Phys. Lett.* **104**, 031901 (2014).