

光波制御素子に向けたファイバ型結晶化ガラスにおける空洞発生抑制

Suppression of pore in fiber-type glass-ceramic device for application of electro-optics

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】電圧駆動による光波の位相制御デバイスは Pockels 効果に基づくことから、 LiNbO_3 など反転対称性の欠如した単結晶がデバイス作製に用いられる。一方で、デバイス構造は薄膜導波路型であり、生産性および光ファイバとの接続性に関し、重大な課題を残している。我々はこれら問題の解決のため、ガラス中への非線形光学結晶 $\text{Sr}_2\text{TiSi}_2\text{O}_8$ の配向結晶化と Pockels 効果の発現を実証した[1,2]。最近、光ファイバ網への高い親和性を目指した $\text{Sr}_2\text{TiSi}_2\text{O}_8$ 結晶化ファイバの創製およびその光変調動作に成功した[3]。しかし、結晶化の際にファイバ試料中央には空洞が形成し、コアクラッド構造を有する光ファイバとの空間的整合性が取れず、試料の細線化・長尺化に困難が生じた。本研究では、上述の結晶化ファイバで用いた前駆体ガラスの特異な結晶化機構に注目することで、空洞発生抑制を試みた。

【実験方法】結晶化後に高い緻密性と配向性を示す $32\text{SrO}-20\text{TiO}_2-48\text{SiO}_2$ 組成[4] (STS48 ; mol%) のガラスによりファイバおよび板状形態の試料を作製した。これらガラス試料に対し、以下の熱処理条件で結晶化試料を得た：① 940°C , 1 h, ② 800°C , 36 h. また結晶化試料について、偏光顕微鏡や透過型電子顕微鏡 (TEM) , 干渉計を用いた光強度変調の評価などを実施した。

【結果・考察】STS48 ガラスファイバに熱処理を施した結果、試料表面から中心へ向かう放射状ドメイン構造の形成を確認した。また条件①で得た結晶化ファイバには中央に空洞が生じたのに対し、条件②ではほぼ消失し、均一な結晶化組織を有するファイバ試料の作製に成功した (Fig. 1 左)。さらに TEM 観察により、 $\text{Sr}_2\text{TiSi}_2\text{O}_8$ 結晶ドメイン内部への残存ガラス相が観察され、その大きさは条件①では約 20 nm であったのに対し、条件②では約 10 nm と大幅に縮小していることを見出した (Fig. 1 右)。条件②では、より結晶成長速度が低いと考えられ、その場合には結晶一過冷却液体界面で取り込まれなかった残存ガラスの一部が、試料中心部に排除されたために空洞形成が抑制されたと推察される。さらに、条件②で得た結晶化ファイバ試料において、顕著な光変調動作を実証した。

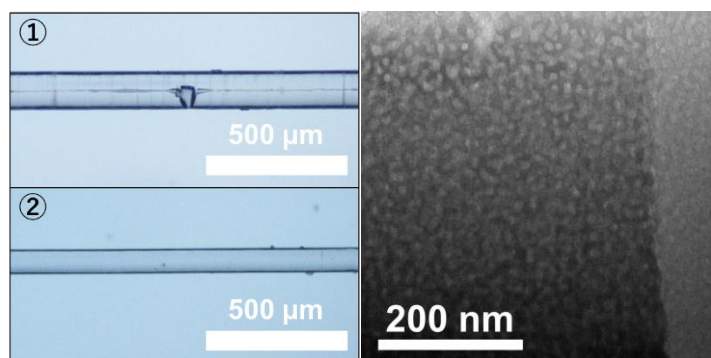


Fig. 1. Left: Micrographs of the fiber samples obtained at 940°C (upper) and at 800°C (bottom). Right: TEM image in the crystal domain of the sample obtained at 800°C .

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