

課題番号 : F-14-NM-0018  
 利用形態 : 技術代行  
 利用課題名 (日本語) : レーザーアブレーション及び FIB エッチングによりホウ酸塩ガラスおよび結晶表面に形成されたナノホールのモルフォロジー  
 Program Title (English) : Morphology of nanoholes in borate glasses and crystals fabricated by laser ablation and FIB etching  
 利用者名 (日本語) : 小玉 展宏, 坂下 智美, 工藤 瑞己  
 Username (English) : N. Kodama, T. Sakashita, M. Kudo  
 所属名 (日本語) : 秋田大学大学院工学資源学研究所  
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University

### 1. 概要 (Summary)

(1) Li<sup>+</sup>/B<sup>3+</sup> 組成比 1/2 をもつ 1/3Li<sub>2</sub>O·2/3B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LTB) ガラスと Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> (LTB) 結晶、および Li<sup>+</sup>/B<sup>3+</sup> 組成比 13 の 1/4Li<sub>2</sub>O·3/4B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (LBO) ガラスと LiB<sub>3</sub>O<sub>5</sub> (LBO) 結晶の 4 つの試料表面に、フェムト秒レーザーアブレーションでナノホールを形成した。LTB と LBO ガラスでは、ビームプロファイルを反映したほぼ円形のナノホールが、LTB と LBO 結晶では、単位格子構造に関する四角形状のナノホールが形成された。

(2) FIB エッチングにより SrO·2B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (SBO) ガラス表面に照射量 5, 10, 15×10<sup>7</sup> ions/hole で直径 160nm のホールで周期 220nm の 5×6, 11×11, 21×18 ドットの三角格子のアレイを形成し、照射量とドット数均一なホールアレイが形成される条件を絞った。

### 2. 実験 (Experimental)

#### 【利用した主な装置】

- ・ FIB-SEM ダブルビーム装置
- ・ 走査電子顕微鏡装置

#### 【実験方法】

結晶表面に波長 775nm のフェムト秒レーザーアブレーションによりナノホールを作製した。FE-SEM と FIB-SEM で観察からホール形状と断面を調べた。FIB-SEM を用いてイオンエッチングで三角格子ホールアレイを描画した後ホールアレイ形状を観察した。

### 3. 結果と考察 (Results and Discussion)

アブレーションで形成されたホールは、LTB, LBO ガラスでは組成比にかかわらず、ビームプロファイルと同様のほぼ円形状の、結晶では、LTB は {hh0} 型面に、LBO では {h00}, {00l} 型面に平行な断面をもつ 4 角形状 (LTB は正方晶, LBO は斜方晶に關係) となった。LTB ガラスと LBO ガラスは、各々、表面の直径は 3λ/2-5λ/2 と 5λ/3-3λ で、ビームスポット径 (約 2μm) 以下の、LTB と LBO 結晶では、一辺 4λ/5-7λ/5 と λ/3-7λ/4 で、ビームスポット径 (約 2μm) 及び波長以下の大きさをもつナノホールが形成された。

(Fig.1(a)-(d)) ホール深さは、LTB ガラスと結晶が浅く (0.59-1.69μm), LBO ガラスと結晶は (0.59-1.69μm) と深いことが分かった。(Fig.2(a)-(d))

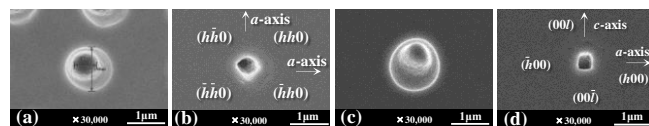


Fig.1 SEM images of ablated holes on the surface of LTB and LBO glasses and crystals with a laser intensity of 0.15mW. (a) LTB glass, (b) LTB crystal. Ablated holes on (c) LBO glass and (d) LBO crystal using a laser intensity of 0.15 mW.

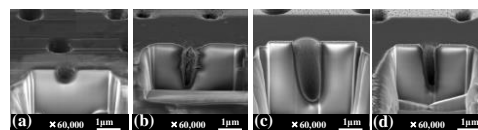


Fig.2 FIB-SEM three dimensional images (cross sectional view) of nanoholes (a) LTB glass, (b) LTB crystal. (c) LBO glass and (d) LBO crystal

FIB エッチングでは、ホール形成数 (ドット数) は 1 ホール当たりの照射量およびホール形成数 (ドット数) が少ない程、チャージアップが影響が少なく真円に近くなる。5×10<sup>7</sup> ions/hole、5×6, 11×11 ドットで、ほぼ真円で深さ 183nm のホールが形成された。また、Y 字導波路の作製ができた。(Fig.3(a)-(c)) シミュレーションでは、不完全フォトリソニックバンドギャップが形成するが、光の伝播方向により一部漏れることが分かった。

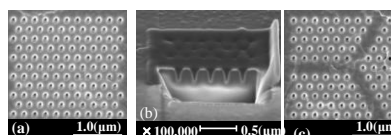


Fig.3 FIB-SEM images of holes fabricated by FIB etching with dose amount of 5×10<sup>7</sup> ions/hole. (a) top view, (b) cross sectional view, (c) Y-type wave guide.

### 4. その他・特記事項 (Others)

科研費 挑戦的萌芽研究 26630301 代表 小玉展宏

### 5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) N.Kodama *et al.*, 6<sup>th</sup> EUROPHOTON, Switzerland August 28 (2014) Switzerland
- (2) 坂下智美, 等 日本セラミックス協会秋季シンポジウム第 27 回秋期大会, 平成 24 年 9 月 10 日.

### 6. 関連特許 (Patent)

なし。