

＊課題番号 : F-12-NM-0068
 ＊支援課題名 (日本語) : フェムト秒レーザーアブレーションならびに EB リソグラフィーによる
 ホウ酸塩結晶およびガラスにおけるナノホールの形態観察
 ＊Program Title (in English) : Morphology of nanoholes in borate crystal and glass by femtosecond
 laser ablation and EB lithography
 ＊利用者名 (日本語) : 小玉 展宏
 ＊Username (in English) : Nobuhiro Kodama
 ＊所属名 (日本語) : 秋田大学
 ＊Affiliation (in English) : Akita University

＊概要 (Summary) :

2次元フォトニック結晶を目指し、同じ組成をもつ $\text{Li}_2\text{O} \cdot 2\text{B}_2\text{O}_3$ (LTB) ガラスと $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ (LTB) 結晶表面にフェムト秒レーザーアブレーションによりホールを作製した。ガラスではほぼ円形のホールが、結晶では四角形状のホールが形成されることを見出した。大きさはフルーエンスに依存し集光スポット径より小さいナノホールが形成され、閾値加工であると分かった。LTB ガラスで EB 描画されたホールアレイに基づいたシミュレーションで完全フォトニックバンドギャップ (PBG) の存在が予測された。

＊実験 (Experimental) :

【利用した主な装置】

- ・電子ビーム描画装置
- ・多目的ドライエッチング装置 (CCP-RIE)
- ・化合物ドライエッチング装置 (ICP-RIE)
- ・走査電子顕微鏡 (FE-SEM)

【実験方法】

LTB ガラス表面に電子ビーム描画装置とドライエッチング装置を用いて 3 角格子ホールアレイの描画した後、FE-SEM によりホール形状を観察した。また同じ Li/B 組成の LTB ガラスと LTB 結晶に対して、パルス幅 150fs、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 観察からホール形態の出力 (フルーエン: $4.7\text{--}15.9\text{J}/\text{cm}^2$) 依存と構造依存を調べた。

＊結果と考察 (Results and Discussion) :

図 1(a)(b) はアブレーション後の LTB ガラスの SEM 画像、(c),(d) は LTB 結晶のホールの表面 SEM 画像で (a), (c) はフルーエンス $15.9\text{J}/\text{cm}^2$ 、(b), (d) は $6.4\text{J}/\text{cm}^2$ での加工である。フェムト秒レーザーを表面に集光したアブレーションによって、LTB ガラスでは、ビームプロファイルを反映したほぼ円形 (楕円状) のホールが、LTB 結晶では、プロファイル

とは異なり、結晶の構造 (正方晶) を反映したと考えられる四角形状のホールが形成される。その加工断面は $\{hh0\}$ 型面となっているとみられる。LTB ガラスおよび LTB 結晶ともに、ホールサイズはレーザーフルーエンスの減少とともに小さくなること、閾値加工であることが分かった。フルーエンス $4.7\text{J}/\text{m}^2 \sim 6.4\text{J}/\text{cm}^2$ の場合、内部のホールサイズは、ビームスポット径 (約 $2\mu\text{m}$) および波長以下のナノホール (LTB ガラス: 直径 $\sim 500\text{nm}$, LTB 結晶: 一辺 $165\sim 200\text{nm}$) が形成できることが分かった。図 2(a),(b) は LTB ガラスの EB 描画後の SEM 画像と平面展開法による PB 計算結果である。EB 描画では 3 角格子で比較的大きさの揃ったナノホール (平均直径 220nm) が形成されたが、ホール断面が円柱状とはならなかった。描画された 2 次元ホールアレイを基にシミュレーションした結果、波長 $990\sim 1050\text{nm}$ の近赤外用域で完全 PBG が存在する可能性を示した。

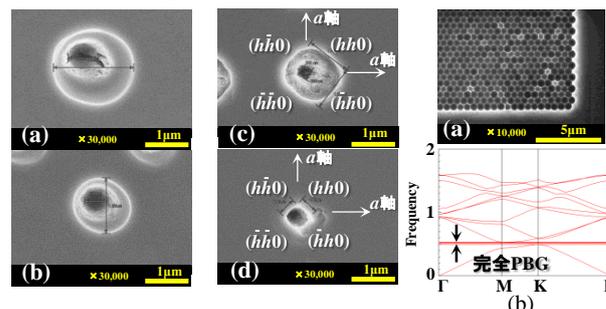


Fig.1 アブレーション後の SEM 画像 Fig.2 EB 描画後 SEM 画像と PB 図

＊その他・特記事項 (Others) :

今回得られた結果を基に、アブレーション条件を最適化しホールアレイを作製する。併せて FIB を用いホールアレイを作製評価し 2 次元 PB 結晶の研究を加速したい。

共同研究者等 (Coauthor) :

塚本雅裕 (大阪大学)

論文・学会発表 (Publication/Presentation) :

N.Kodama, T.Takahashi, K. Yamamoto, N. Ikeda, Y. Sugimoto:
 Nanohole Arrays in Borates by Femtosecond Laser Ablation
 toward Realizing Two-Dimensional Photonic Crystals
 5th EUROPHOTON, Stockholm, Sweden 30 August (2012).