

課題番号 : F-20-AT-0158  
利用形態 : 技術代行  
利用課題名(日本語) : ポジトロニウム生成のための極微細キャビティ反応器の作製  
Program Title (English) : Fabrication of ultrafine cavity reactors for positronium formation  
利用者名(日本語) : 石田明  
Username (English) : A. Ishida  
所属名(日本語) : 東京大学大学院理学系研究科  
Affiliation (English) : Graduate School of Science, The University of Tokyo  
キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、成膜・膜堆積、膜加工・エッチング、形状・形態観察、SiO<sub>2</sub>

## 1. 概要(Summary)

本研究の目的は、ポジトロニウム(Ps)原子による反物質系ボース・アインシュタイン凝縮(BEC)を実現し、基礎物理学研究や世界初ガンマ線レーザー光源に活用することである。Ps-BEC 実現に必須となる Ps 生成のための極微細シリカキャビティ反応器を、ナノプロセッシングを駆使して開発する。本課題では Si 基板上における格子パターンおよび表面酸化膜を形成し、その評価を行った。

## 2. 実験(Experimental)

### 【利用した主な装置】

電界放出形走査電子顕微鏡(S4800)、スピコーター、ドラフトチャンバー、反応性イオンエッチング装置(RIE)、多目的エッチング装置(ICP-RIE)、プラズマアッシャー、分光エリプソメータ、赤外線ランプ拡散炉(RTA)、高速電子ビーム描画装置(エリオニクス)

### 【実験方法】

15 mm<sup>2</sup>の Si 基板上にスピコーターで SOG/SOC 膜を形成しネガレジストを塗布した。高速電子ビーム描画装置(エリオニクス)を用いて 1nA のビーム電流でレジスト上に 4 mm<sup>2</sup>の格子パターンを描画した。現像後、多目的エッチング装置(ICP-RIE)で Si 基板を深堀加工し、残留した SOG/SOC 膜を取り除き、格子パターンの形成状態を調べた。その後、赤外線ランプ拡散炉(RTA)により 1000°C 2.5 分 (Dry O<sub>2</sub> 1 SLM) の酸化処理を行った。直前に BHF 洗浄(撥水確認)したベア Si 上の SiO<sub>2</sub> 膜厚を分光エリプソメータで計測することによって酸化膜厚を評価した。

## 3. 結果と考察(Results and Discussion)

4 mm<sup>2</sup>のパターン全景を Fig. 1 に示す。また、エッチング前後の格子パターンの拡大像を Fig. 2 に示す。エッ

チング前のレジストパターン像では線幅 20 nm 近傍の格子像が確認できた一方、エッチング後は線幅 30 nm 近傍で、場所によって 30 nm-40 nm のバラツキがあった。正方形の描画範囲で、4 個の頂角から対角線上で約 450 μm より外側および辺から中心線上で約 200 μm より外側でパターンの崩れが見られたが、80 %以上の範囲では描

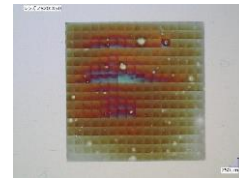


Fig. 1 Picture of the whole lattice pattern area of 4mm x 4mm.

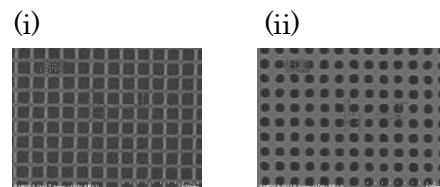


Fig. 2 SEM images of (i) before etching, (ii) after etching.

画パターンが形成できた。ベア Si 上で評価した酸化膜厚は  $8.099 \pm 0.017$  nm であった。

## 4. その他・特記事項(Others)

- ・公益財団法人 三菱財団 第 50 回 (2019 年度) 自然科学研究助成(若手助成)「ナノプロセッシングを駆使した反物質系ボース・アインシュタイン凝縮実現「ナノ反応器」の開発」
- ・有本宏様、佐藤平道様、大塚照久様(産総研 NPF)に感謝します。

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

なし。

## 6. 関連特許(Patent)

なし。