

課題番号 : F-21-AT-0030
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 : 成膜・膜堆積、熱処理、分析、SiO₂

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。本課題では昨年度に製作した Si 基板上における格子パターンに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】

分光エリプソメータ、赤外線ランプ拡散炉(RTA)

【実験方法】

昨年度 NPF において、15 mm²の Si 基板上にスピコンコーターで SOG/SOC 膜を形成しネガレジストを塗布し、エリオニクスを用いて 1 nA のビーム電流でレジスト上に 4 mm²の格子パターンを描画し、ICP-RIE で Si 基板を深堀加工し、残留した SOG/SOC 膜を取り除いて格子パターンを形成し、表面酸化膜生成のため RTA により 1000°C 2.5 分 (Dry O₂ 1 SLM) の酸化処理を行い、8 nm の酸化膜厚を得た。高エネルギー加速器研究機構(KEK)物質構造科学研究所(IMSS)低速陽電子実験施設(SPF) B2 ビームラインにおいて、当該試料を用いて Ps 飛行時間(TOF)測定を行ったところ、酸化膜厚がより厚い方がよいことが判明した。そこで今年度は試料の酸化膜をさらに厚くするため、NPF において RTA により 1000°C 6分23秒+2分30秒+30分(Dry O₂ 1 SLM)の酸化処理を追加で行った。格子パターンを形成していない試料平坦部で分光エリプソメータにより酸化膜厚を評価したところ、最終的に 46 nm の酸化膜厚の形成に成功した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

KEK-IMSS-SPF-B2 ビームラインにおいて、製作した試料の Ps-TOF 測定を行った。時間スペクトルを Fig. 1 に示す。打ち込み陽電子エネルギー依存性が確認できおり、現在詳細な解析を行っている。

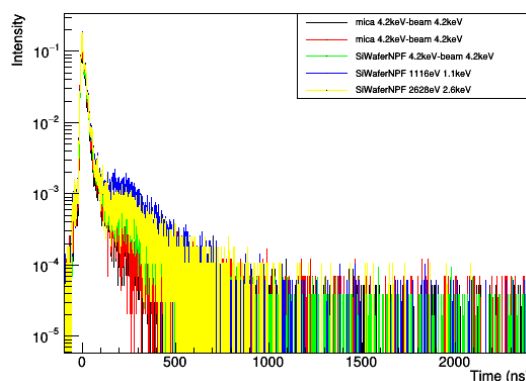


Fig. 1 Ps-TOF data. The black and red lines are the background data taken with a mica sample. The green, blue, and yellow lines show the Ps-TOF data of the sample with 4.2 keV, 1.1 keV, and 2.6 keV positrons, respectively.

4. その他・特記事項(Others)

- ・JSPS 科研費 基盤研究(B) JP19H01923「反物質系ボース・アインシュタイン凝縮のためのポジトロニウム生成・濃縮・冷却の実現」
- ・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)

- (1) 石田明 他、日本物理学会 2021 年秋季大会、2021 年 9 月 21 日、オンライン開催。

6. 関連特許(Patent)

なし。