

課題番号 : F-19-NU-0018
 利用形態 : 機器利用
 利用課題名(日本語) : ナノオーダーの周期構造を用いた光学素子の作製に関する研究
 Program Title (English) : Study on the fabrication of optical devices with nano-order periodic structure
 利用者名(日本語) : 元垣内敦司、松尾和樹、田中凌雅、鈴木翔大、伊藤峻汰、清水清義、中川翔輝
 Username (English) : A. Motogaito, K. Matsuo, R. Tanaka, S. Suzuki, R. Ito, S. Shimizu, S. Nakagawa
 所属名(日本語) : 三重大学大学院工学研究科
 Affiliation (English) : Graduate School of Engineering, Mie University
 キーワード/Keyword : リソグラフィ・露光・描画装置、膜加工・エッチング、形状・形態観察、周期構造、光学素子

1. 概要(Summary)

我々は今まで石英ガラス基板の上に電子線レジストを塗布して、電子線描画によって電子線レジストによる回折レンズの作製を行ってきた[1]。本研究では電子線露光装置と反応性イオンエッチング装置を利用して、高出力レーザーの光に耐えられる石英ガラスの回折レンズの作製を行った。また、今年度は新たに金属回折格子を用いた表面プラズモンセンサーや光学フィルター[2]などを、電子線露光装置を用いて作製を行った。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

電子線露光装置、RIE エッチング装置、原子間力顕微鏡

【実験方法】

回折レンズは、ミクロンオーダーの同心円状の構造である。ガラス基板にクロムをスパッタで堆積後、電子線レジストを塗布して電子線露光装置を用いて 2 nA のビーム電流で 200 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の条件で電子線露光を行った後に現像してレンズパターンを作製する。レンズパターンの現像後、クロムが剥き出しになっている部分を Cr エッチング液で除去する。次にレジストが残っている部分をマスクにして、反応性イオンエッチング装置で CF₄ を 20 sccm, 5Pa, 150 W の条件で 7 分 45 秒のエッチングを行った。エッチング後、残ったレジストを確実に除去するために酸素でアッシングを行った後に、Cr のエッチング液で Cr を除去して、ガラスレンズを作製した。

一方、金属回折格子は周期が 500 nm 以下の構造で、ガラス基板に電子線レジストを塗布して電子線露光装置を用いて 200 pA のビーム電流で 200 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$ の条件で露光を行った後に現像して回折格子パターンを作製した後に Au や Ag をスパッタ装置で堆積させて作製した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 に回折レンズの中心部の原子間力顕微鏡像を

示す。中央部は周期 27.9 μm 、深さ 507 nm で設計通りの構造が作製できた。末端部も同様に周期 7.4 μm 、深さ 510 nm と設計通りの構造が作製できた。次にこのレンズの集光特性を評価した。Fig. 2 にその結果を示す。このレンズは焦点距離が 6 mm のレンズであるが、設計通り 6 mm で光が集光できていることを確認した。強度分布もシミュレーションと一致した結果が得られ、石英ガラスでもこれまでレジストで作製していた回折レンズと同等のものが作製できた。今後は構造を変えることで、様々な集光パターンが実現の目指すこととハイパワーのレーザーに対する耐久性の評価性の評価を研究を進める予定である。

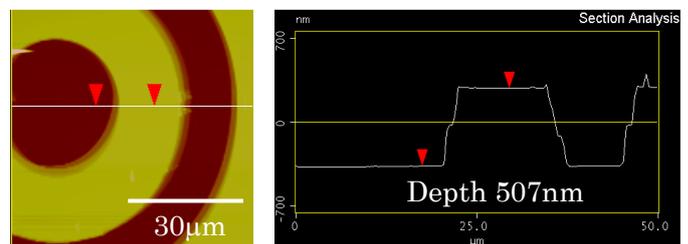


Fig. 1 AFM image of the fabricated lens in the center part.

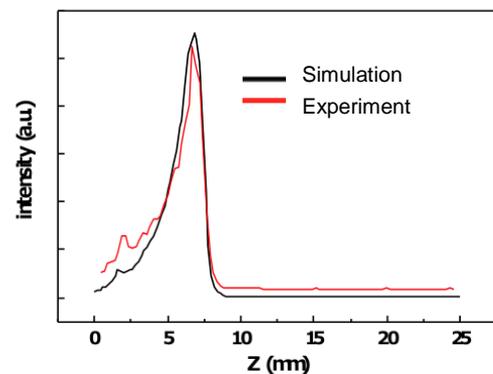


Fig. 2 The results of the optical characterization for fabricated diffractive lens.

一方、金属回折格子についても設計通りのパターンが作製できたので、今後光学的特性評価を進め、シミュレー

シヨン通りの特性が得られるか検討する予定である。

4. その他・特記事項 (Others)

・参考文献

[1] A. Motogaito et al., Applied Optics, 59,
pp.742-747 (2020)

[2] A. Motogaito et al., Plasmonics, 10,
pp.1657-1662 (2015)

・謝辞

本研究を実施するにあたり試料作製や設計でご協力いただきました名古屋大学 加藤剛志准 教授、大島大輝 助教、三重大学 平松和政 名誉教授に感謝いたします。また、本研究は(公財)天田財団平成 29 年度 一般研究 開発助成、(公財)住友電工グループ社会貢献基金 学術・研究助成、アカデミスト(株)クラウドファンディング、三重大学研究支援事業、三重大学中小企業との共同研究スタートアップ支援事業によるものである。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

(1) 松尾他 日本光学会年次学術講演会 5pB1 (2019)

(2) 田中他 日本光学会年次学術講演会 5pC4 (2019)

(3) 鈴木他 日本光学会年次学術講演会 5pC5 (2019)

他国内会議発表 1 件 (2020 年 3 月)、国際会議発表 1 件 (2020 年 4 月)を予定

6. 関連特許 (Patent)

なし。