

課題番号 : F-16-TT-0017
 利用形態 : 技術代行
 利用課題名(日本語) : 高アスペクト比の Volume binary 回折格子用シリコンの鋳型の開発
 Program Title (English) : Development of silicon mold for volume binary grating with high aspect ratio
 利用者名(日本語) : 海老塚 昇
 Username (English) : Noboru Ebizuka
 所属名(日本語) : 理化学研究所 光量子工学研究領域 先端光学素子開発チーム
 Affiliation (English) : Ultrahigh Precision Optics Technology Team, Center for Advanced Photonics, RIKEN

1. 概要(Summary)

本課題研究においてシリコン基板にサイクルエッチングにより Line & Space が反転した高アスペクト比の Volume binary (VB) 回折格子用の鋳型を開発した。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

マスクアライナ装置、Deep Reactive Ion Etching 装置 (Bosch プロセス)、シリコン専用の各種熱処理(酸化・拡散)装置一式、エリプソメーター

【実験方法】

すばる望遠鏡の nu-MOIRCS に搭載するエシェル・グリズムに使用される、高アスペクト比の VB 回折格子 (格子周期 $\Lambda=5.1 \mu\text{m}$ 、 $L\&S=4.6 \mu\text{m}:0.5 \mu\text{m}$ 、厚さ $t=16 \mu\text{m}$) を加工する技術を確認することを目的とする。本課題研究においてシリコン基板にサイクルエッチング (Bosch プロセス) を行うエッチングガスおよび Passivation (側壁保護) ガスに酸素を僅かに入れ、クリーニングしながらエッチングと側壁保護を行い、かつエッチング量を少なくすることで、スキヤロップ (エッチングサイクル毎に形成される凹凸) を減らし、次工程において酸化膜形成と除去を数回繰り返すことによって、Line & Space が反転した高アスペクト比の VB 回折格子用の鋳型を開発した。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

これまでの試作により、可視光においても平滑な光学面が得られるようになった。具体的には $L\&S$ が $2 \mu\text{m} : 3.1$

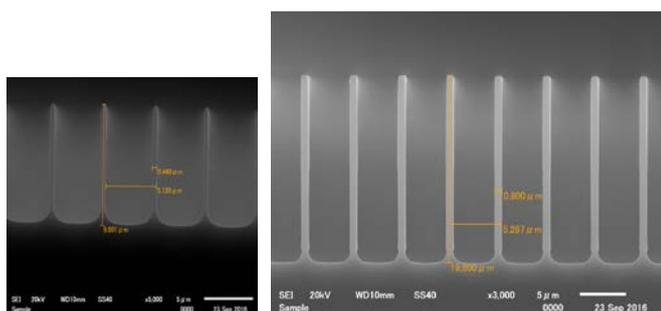


Fig. 1 SEM photograph of silicon mold for volume binary grating with high aspect ratio.

μm のマスクパターンでシリコン基板上にレジストを形成して、サイクルエッチングによって深さ $10 \mu\text{m}$ と $20 \mu\text{m}$ の溝を形成し、厚さ $1 \mu\text{m}$ (目標) の酸化膜形成と除去を 2 回行った結果、それぞれ、幅 $0.44 \mu\text{m}$ と $0.8 \mu\text{m}$ の壁面の格子が得られている (Fig. 1)。このシリコンの鋳型は理想的な形状であり、VB 回折格子は高い回折効率を達成できると期待される。

4. その他・特記事項 (Others)

【競争的資金】

- (1) 平成 27 年度科学研究費 挑戦的萌芽研究 (日本学術振興会)
- (2) TMT 戦略的基礎開発研究経費 (国立天文台)

【謝辞】

佐々木 実 教授には微細で高アスペクト比の回折格子の開発に関して新しい製作方法のご提案および技術指導をしていただいた。技術支援員の梶原 健氏と奥村 俊雄氏には高アスペクト比の回折格子の新しい製作方法に創意と工夫を持って取り組んでいただき、理想的な格子形状の VB 回折格子の鋳型を開発していただいた。

5. 論文・学会発表 (Publication/Presentation)

- (1) N. Ebizuka, et. al., "Novel diffraction gratings for next generation Spectrographs with high spectral dispersion", Proc. SPIE Astronomical Telescope + Instrumentation, 9912 (2016) 2Z1-2Z10.
- (2) 海老塚 昇 他, "次世代天文学観測装置用の新しい高分散回折格子 II", 第 41 回光学シンポジウム, 東京大学生産技術研究所, 2016 年 6 月 24 日.
- (3) N. Ebizuka, et. al., "Diffraction Gratings for the Latest Visible and Infrared Astronomical Observations", 日本赤外線学会誌, 26 (2017) 印刷中.

6. 関連特許 (Patent)

- (1) 海老塚 昇 他, "回折格子 (溝型導光格子構造およびその製造方法)", 特許第 5468195 号, 平成 26 年 2 月 7 日登録.
- (2) 海老塚 昇 他, "回折格子およびその製造方法ならびにグリズム", 特許第 4537318 号, 平成 22 年 6 月 25 日登録.