課題番号　　　　　　　　：F-16-TT-0053
利用形態　　　　　　　　：技術代行
利用課題名（日本語）　　：Bosch プロセスおよびシリコン酸化による新しい回折格子の製作法の開発
Program Title (English)　：Development of a new grating based on Si etching using Bosch process and oxidation
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）

本研究においてシリコン基板に Bosch プロセスによりシリコンの Volume binary (VB) 回折格子を加工する。その格子に酸化膜形成と除去する工程を繰返し、最終的にシリコンの格子を全て酸化させて畝の幅: L = 0.5 μm 程度、厚さ: t = 10~20 μm の高アスペクト比の石英の VB 回折格子の製作方法を開発する。

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

【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（高次の直視回折格子）に使用される、高アスペクト比の VB 回折格子（格子周期: Λ = 5.1 μm、L&S = 0.5 μm：4.5 μm、t =16 μm）を加工する技術を確立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、スキャロップ（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返し、L = 0.22 μm のシリコンの畝を形成する。そのシリコンの畝全体を酸化して、L = 0.5 μm の平滑な石英の畝の高アスペクト比 VB 回折格子を製作する方法を開発する。

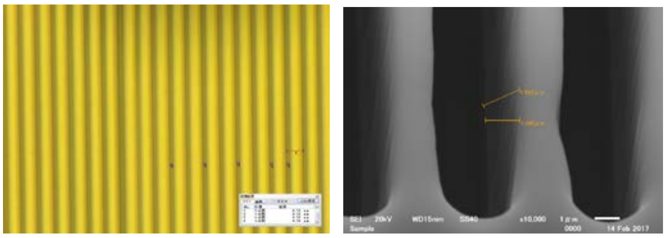

Fig. 1 SEM photograph of silicon mold for volume binary grating with high aspect ratio.

3．結果と考察（Results and Discussion）

L&S = 1.5 μm：3.6 μm のマスクパター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 μm と 20 μm の溝を形成し、酸化膜形成と除去を 3 回ほど繰り返して L = 0.2 μm 程度のシリコンの畝を形成させた。最終的にシリコンの畝を全て酸化して、L = 0.5 μm 程度の石英の VB 回折格子を試作した（Fig. 1）。試作した VB 回折格子を観察した結果、若干の畝の蛇行や幅のバラツキ、壁面の凹凸があることが分かった。

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（継続課題、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 教授にはシリコンのサイクルエッチング、酸化膜形成と除去、畝を酸化させる工程により、高アスペクト比の石英の VB 回折格子を製作する方法をご提案いただいた。技術支援員の梶原 健氏と奥村 俊雄氏は実際に高アスペクト比の石英の VB 回折格子を試作して、製作上の問題点を明らかにしていただいた。

5．論文・学会発表（Publication/Presentation）

(1) 海老塚 昇, 他, “次世代天文学観測装置用の新しい回折格子 IV”, 第 6 回 可視赤外線観測装置技術ワ

ークショップ, 国立天文台（三鷹), 2016 年 11 月 24-25 日.

(2) N. Ebizuka, et al., “Current Status of Novel Gratings for Next Generation Astronomical Instruments III”, Subaru Users' Meeting FY2015, 国立天文台（三鷹), 2017 年 1 月 19-21 日

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 21 年 3 月 26 日.

(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 16 年 12 月 23 日.