

課題番号 : F-20-TT-0033
利用形態 : 技術代行
利用課題名(日本語) : 天文学観測用 Volume binary (VB) grating の製作法の開発 II
Program Title (English) : Development of Volume binary (VB) grating for astronomical observations II
利用者名(日本語) : 海老塚昇¹⁾
Username (English) : Noboru Ebizuka¹⁾
所属名(日本語) : 1) 理化学研究所
Affiliation (English) : 1) RIKEN
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、熱処理、表面処理

1. 概要(Summary)

月極域探査計画 (LUPEX) の Advanced Lunar Imaging Spectrometer (ALIS) に搭載される高効率な新しい Volume binary (VB) grating の製作法を開発して実用化することを目的とする。

シリコン基板に Bosch プロセスおよびシリコンの酸化・酸化膜除去により製作されたシリコンの高アスペクト比の矩形格子を鋳型にしてテンパックスガラスの VB grating の製作方法を開発する。

2. 実験(Experimental)

【利用した主な装置】

洗浄ドラフト一式、シリコン専用の各種熱処理(酸化、拡散)装置一式、マスクレス露光装置、マスクアライナ装置、Reactive Ion Etching 装置(非 Bosch プロセス)、Deep Reactive Ion Etching 装置(Bosch プロセス)、デジタルマイクロスコープ群、エリプソメーター、表面形状測定器(段差計)

【実験方法】

マスク利用の近接露光では光源の i 線波長が 365nm であるため、パターン幅が 1 μm 程度になるとレジストに照射される光の強度は Sinc 関数の自乗の分布になり、L&S が 1:1 [μm] の格子パターンの場合には光の強度が、ほぼ正弦波に変調される。このような露光条件でパターンニングされたレジストによってシリコンの VB grating 鋳型を製作する方法を検討した。

- ・使用 Si ウェハ: $\phi 2$ インチ, $\langle 100 \rangle$, $t=280\mu\text{m}$, p 型 1~10 $\Omega\text{-cm}$ 。
- ・レジスト: PMER P-HA1300, 25wt%膜厚, 約 1.5 μm 。
- ・ガラスマスクのパターン: L&S=1:1 [μm]。
- ・現像後デスカム: パワー100W, O₂, 100sccm, 0.5Torr, 1分以上。
- ・Si エッチ: Deep RIE, エッチングサイクル数: 18~24 サイクル。
- ・Si エッチ後の酸化: 1100°C, H₂/O₂流量: 2/1.5 [slm], 80分, 膜厚 680nm ねらい。
- ・酸化膜エッチング前処理: 純水にドライウェル(界面活性剤)滴下したものに浸漬し、真空チャンバにて -70cmHg 以下で 30分脱泡。
- ・酸化膜エッチング: HF/NH₄F=1/5 (vol 比)のバッファードフッ酸液にて 90分以上浸漬, エッチレート約 100nm/分。

- ・水洗後はエタノール置換し、真空チャンバにて -70cmHg 以下で 2時間真空乾燥。

3. 結果と考察(Results and Discussion)

Fig. 1 の右の拡大図のように通常のマスク近接露光では限界に近い細線幅パターンが形成され、理想形状の VB grating を製作可能であることがわかった。

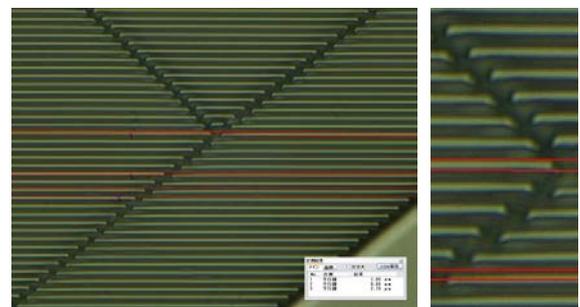


Fig. 1 Microscope photograph of silicon mold for VB grating patterned by contact mask. Grating period: $\Lambda=2\mu\text{m}$, depth: $t=10\mu\text{m}$.

4. その他・特記事項(Others)

【謝辞】

佐々木 実 教授はシリコンの高アスペクト比の矩形格子を鋳型にしてテンパックスガラスの VB grating の製作方法等をご提案いただいた。梶浦 敬三氏は超密着露光により、ライン-アンド-スペース幅 1 μm のパターンニングを実現し VB grating 用のシリコン鋳型を試作していただいた。

5. 論文・学会発表(Publication/Presentation)

- (1) 海老塚 昇 他, “すばる望遠鏡及び次世代大型望遠鏡用の新しい回折格子 V,” 第 26 回 天体スペクトル研究会, 2021 年 2 月 27, 28 日, Web 会議, 口頭発表。
- (2) N. Ebizuka, et al., “Novel gratings for astronomical observations II,” ICSO 2020 (International Conf. on Space Optics), 2021 年 3 月 30 日~4 月 2 日, Web 開催, ポスター発表。

6. 関連特許(Patent)

- ・2021 年 3 月に「シリコンの高アスペクト比の矩形格子を鋳型にしたテンパックスガラスの VB grating の製作方法」に関する特許を仮出願。